

VETRNE ELEKTRARNE PRIPRAVA

Za učitelje:

1. Cilji vaje

1.1 Pri vaji pridobljeno znanje in razumevanje:

- Spoznajo, da je veter je obnovljiv vir energije.
- Merijo hitrost vetra.
- Očitati hitrost vetra iz anemometra.
- Pretvorba enot m/s v km/h .
- Vetrna turbina pretvarja kinetično energijo vetra v mehansko delo, tako da se vrti vetrnica.
- Izkoristek vetrnice nam pove kolikšen delež vetrne energije se je pretvoril v električno energijo oziroma v mehansko delo.
- Izkoristek vetrne turbine manjši od 100 % (max. 59 %).
- Izračun izkoristka vetrne elektrarne.
- Na izkoristek vetrne elektrarne vplivajo različni parametri, kot so velikost lopatic, oblika lopatic, število lopatic.
- Sestavni deli vetrne elektrarne in njihova naloga.
- Učenci spoznajo kaj je parameter in hipoteza.

1.2 Pri vaji pridobljene spretnosti in veščine:

- Uporaba miselnih procesov, ki jih uporabljajo tudi znanstveniki pri razlagi pojavov: tvorba idej in razlag na ustvarjalen način in testiranje teh idej in razlag. Testiranje vsebuje načrtovanje testnih eksperimentov, napovedovanje izida na podlagi razlag, idej in predhodnih izkušenj, praktični izvedbo testnih eksperimentov ter presojo razlag in idej na podlagi izida testnega eksperimenta.
- Risanje in primerjanje nelinearnih grafov.
- Kritični razmišljanje ob presojanju o hipotezah na podlag izidov eksperimentov.
- Sposobnost ocene tveganj in varno delo v laboratoriju.
- Veščina pridobivanja ter analize podatkov iz različnih virov (eksperimenti, članki...) ter uporaba teh podatkov za vrednotenje razlag in idej.
- Uporaba strokovno ustreznega jezika in metod, vključno z ICT, za medsebojno komuniciranje, sporočanje znanstvenih idej ter pogovarjanje o dani tematiki.
- Sposobnost utemeljevanja idej.

2. Potrebno predznanje

Pred izvedbo vaje naj bi učenci poznali:

- Pojem električne energije.
- Merske enote kot je npr. km/h , m/s ...
- Tehnološke postopke kot so rezanje pločevine, vrtanje z vrtnim strojem, piljenje, vijačenje.
- Zveze, kot je lepljenje.

- Varstvo pri delu - pri rezanju pločevine, vrтанju z vrталnim strojem, piljenju, vijačenju.
- Vrtalni stroj in uporabo le-tega.
- Pravila tehničnega risanja. Branja podatkov iz tehnične risbe.

Potrebne veščine/spretnosti:

- Zmožnost kontroliranega gibanja v učni delavnici, sposobnost tveganja pri uporabi materialov in rezalnimi orodji.
- Navajenost na delo v skupinah.
- Zmožnost sodelovanja med seboj v skupini.
- Zmožnost komuniciranja znotraj skupine ter med skupinami.

3. Pripomočki za izvedbo prvega dneva vaje

Pripomočki, stroji in orodja	Na skupino	Na 5 skupin
Zarisovalna igla	1	5
Svinčnik	1	5
Vzvodna škarje	/	3
Škarje za pločevino	/	3
Pila za kovino	1	5
Primež	/	3
Rokavice	1	5
Očala	1	5
Kleščce	/	3
Vrtalni stroj	/	1
Sveder $\phi 3$	/	1
Anemometer	/	2
Križni vijač	1	5
Kladivo	1	5
Žebelj za označevanje	1	5
Sekundarno lepilo	/	2

Material	Na skupino	Na 5 skupin
Vrvica	130 cm	650 cm
Uteži (matice po 5, 10 in 25 g)		
Kovinska žica		
Nosilna lesena palica $\phi 30$	50 cm	250 cm
Lesena palica $\phi 10$	13 cm	65 cm
Postružen rotor	1	5
Kroglična ležaja	2	10
Vijaki 3X12	8	40
Pocinkana pločevina debeline 0,55 mm	115 x240	920 x 240
Lesena deska za stojalo		
Ventilator premer 40 cm in moči 45W	1	5

Za demonstracijo:

- Sestavljen model vetrne elektrarne.

Pripomočke, ki jih bojo učenci potrebovali za drugi tehnični dan, določimo proti koncu prvega tehničnega dne. Na drugem tehničnem dnevu učenci dobijo materiale, ki smo jih določili.

4. Varnostna opozorila

Pri izdelavi modela vetrne elektrarne moramo biti pozorni:

- Na postavitve ventilatorja. Postavimo ga tako, da ne bi le-ta pihal tudi k skupinam v bližini.
- Na osebno zaščito pri delu s stroji, orodji ter pripomočki.
- Pri preizkušanju oziroma izvedbi meritev, da v ventilator ne vtikamo raznih stvari.
- Pri preizkušnji pazimo, da učenec v sam rotor ne posega.
- Paziti moramo, da v bližini ni prisotna voda.
- Pazljivi moramo biti pri delu s pločevino, saj je njen odrezan rob zelo oster. Le-te popilimo.
- Pri izboljšanjem modelu uporabljamo enake parametre, kot pri preprostem modelu. Spreminjamo zgolj en parameter.

5. Kratak opis vaje

Učenci raziskujejo različne parametre, ki vplivajo na delovanje vetrne elektrarne. Takšni parametri so:

- velikost lopatic,
- število lopatic,
- sprememba kota lopatic,
- material vetrnice,
- višina postavitve vetrnice,
- itd.

Aktivnost je razdeljena na tri dni.

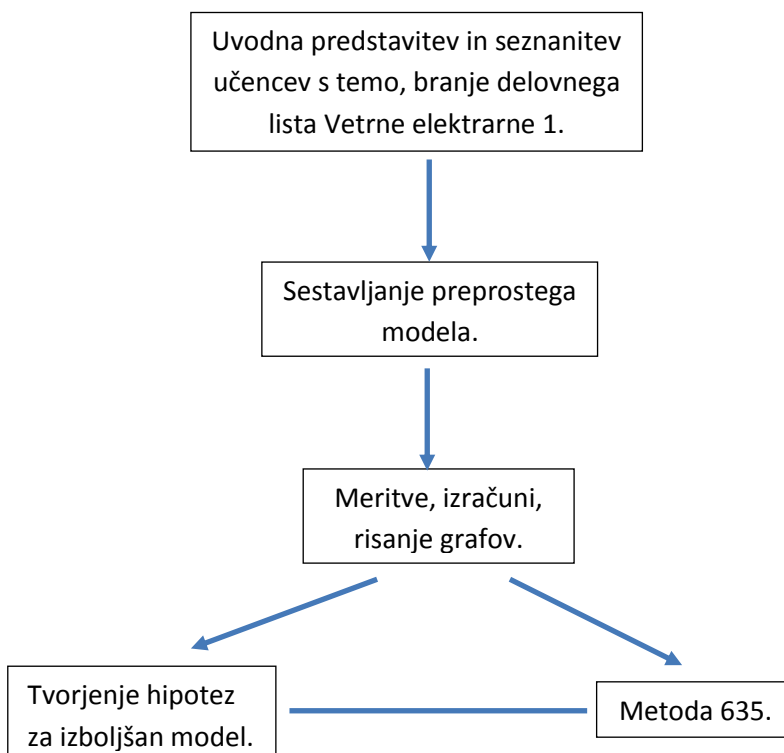
Prvi dan znotraj sklopa Vetrne elektrarne 1, učenci spoznajo osnovne elemente vetrne elektrarne, delovanje vetrne elektrarne ter fizikalne osnove delovanja vetra. Učenci, ki so razdeljeni po skupinah, sestavijo preprost model vetrne elektrarne ter izvedejo meritve. Na koncu dneva učenci sestavijo hipoteze o izboljšavi modela vetrne elektrarne.

Drugi dan tehniškega dne učenci sestavijo izboljšan model svoje vetrne elektrarne ter izvedejo meritve. Na podlagi meritev svoje hipoteze sprejmejo ali ovržejo.

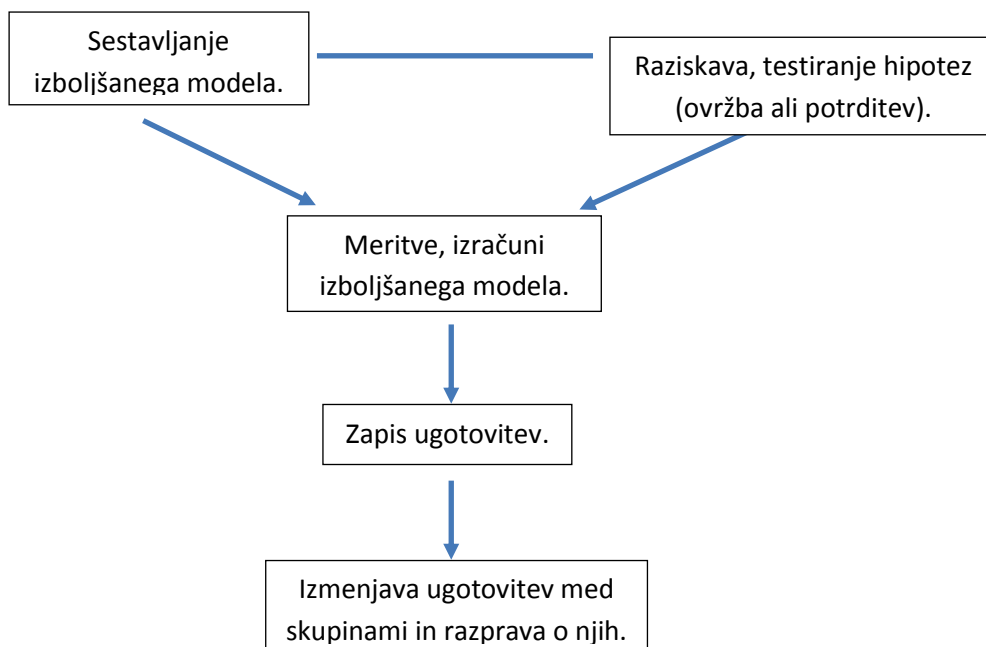
Tretji dan učenci predstavijo svoje ugotovitve in meritve ostalim sošolcem ter oblikujejo skupne zaključke.

Schema poteka aktivnosti:

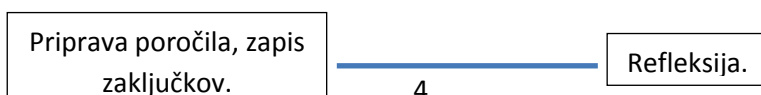
1.DAN



2.DAN



3.DAN



6. Izvedba

Pri izvedbi smo pozorni na *učne oblike*, ki jih uporabimo ter na *časovno usklajenost*.

Pri izvedbi mora biti *dostopna elektrika*, saj le-ta omogoča delovanje ventilatorja.

6.1 Učne oblike

Učenci delajo individualno in v manjših skupinah. Za vsako od aktivnosti se predlaga naslednje učne oblike:

Tabela 1: Aktivnosti skozi tehniške dni.

FAZA AKTIVNOSTI	OBLIKA
Uvodna predstavitev in seznanitev učencev s temo, branje delovnega lista Vetrne elektrarne 1.	Frontalna oblika, učenci niso razdeljeni v skupine.
Sestavljanje preprostega modela.	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Meritve, izračuni, risanje grafov.	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Postavitev hipotez.	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Metoda 635.	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Sestavljanje izboljšane modela.	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Raziskava, testiranje hipotez (ovržba ali potrditev).	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Meritve, izračuni izboljšane modela.	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Zapis ugotovitev.	Delo v manjših skupinah, največ 3-4 učenci.
Izmenjava ugotovitev med skupinami in razprava o njih.	Skupinska oblika - vključen celoten razred.
Priprava poročila, zapis zaključkov.	Individualna oblika.
Refleksija.	Individualna oblika.

6.2 Časovna usklajenost

Projekt je razdeljen na tri tehniške dni, ki potekajo tri šolske dni. Prvi in drugi dan potekajo aktivnosti od 5 do 6 šolskih ur. Tretji dan pa se lahko aktivnost skrajša, odvisno od časa, ki ga vzame poročanje skupin. Tretji šolski dan se lahko izvede tudi razredna konferenca, zanj pa je potrebno malo več časa.

6.3 Opis aktivnosti

1. dan

Učitelj učencem razdeli delovne liste, ki naj poleg tabel, v katere učenci sproti vpisujejo svoje komentarje, ugotovitve in rezultate, vsebujejo tudi sestavek Vetrne elektrarne 1. Ko si učenci sami preberejo sestavek Vetrne elektrarne 1, se skupaj z učiteljem pogovorijo o prebranem. Učitelj na preprostem modelu pokaže kako deluje vetrna elektrarna ter obrazloži ozadje njenega delovanja. Vsaka skupina izdela svoj preprost model vetrne elektrarne ter izvede meritve. Podatke si skrbno zapisujejo v tabelo, izračunajo izkoristek ter narišejo graf odvisnosti. Kasneje predlagajo kako bi lahko model še izboljšali. Učitelj se z učenci pogovori o njihovi nalogi in preveri razumevanje pojma, kaj je to parameter. Skupaj naštejejo nekaj parametrov. Na koncu prvega tehničnega dne učenci na podlagi lastnih vsakdanjih izkušenj postavijo hipoteze o možnih izboljšavah. Učenci načrtujejo poskuse, pri čemer so pozorni, da vsakič spreminjajo le en parameter. Učenci

spišejo seznam pripomočkov in materialov, ki jih bodo potrebovali naslednji dan. Učitelj do naslednjega dne priskrbi vse zapisane pripomočke, orodja in materiale.

2. dan

Učenci z izbranimi pripomočki in materiali sestavijo in izdelajo svoj model vetrne elektrarne in s tem preverjajo hipoteze, le-te sprejmejo ali ovržejo. Ko sestavijo model, izvedejo meritve in si jih zapisujejo. Ob končanih meritvah učenci izračunajo izkoristek njihovega modela ter narišejo graf. Na koncu med seboj primerjajo grafa in zapišejo ugotovitve. Učiteljeva naloga je, da učence spremlja, jih opozarja na varnost pri delu.

3. dan

Tretji dan učenci predstavijo ugotovitve svojim sošolcem. Pred tem napišejo poročilo po skupinah.

7. Možnost nadaljnjega raziskovanja

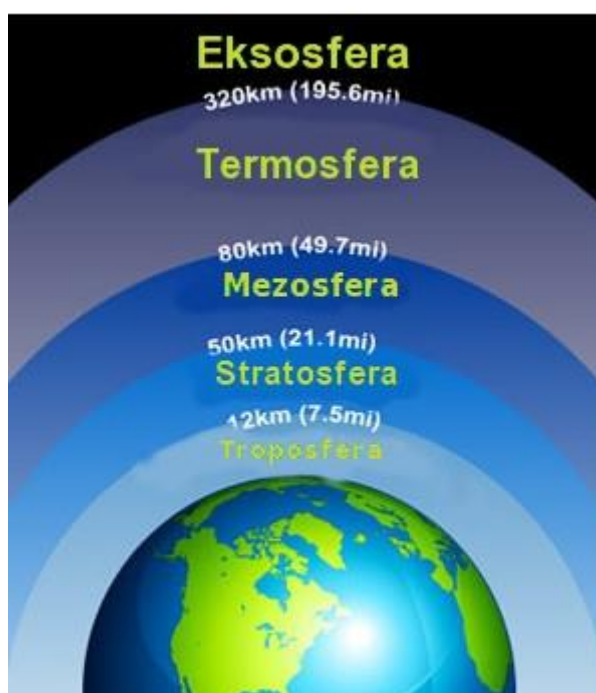
Učencem lahko tekom drugega tehničnega dne ne uspe sestaviti modela vetrne elektrarne. Lahko jim to nalogo zastavimo, kot domači projekt. Doma naj razmislijo tudi o dodatnih izboljšavah, predlogih.

VETRNE ELEKTRARNE

Obnovljivi viri energije so v splošnem opredeljeni kot energija, ki se naravno obnavlja. Mednje spadajo sonce, veter, dež, plimovanje, valovi, biomasa in geotermalna energija. Obnovljive vire lahko tudi izkoriščamo za ogrevanje prostorov, ogrevanje sanitarne vode, pridobivanje električne energije. Približno 16% svetovne končne energije je pridobljene iz obnovljivih virov. Izkoriščanje obnovljivih virov se povečuje. Mednje spada tudi izkoriščanje vetra z zato prilagojenimi vetrnimi elektrarnami [1].

NEKAJ BESED O VETRU NA SPLOŠNO

Ozračje, ki obdaja Zemljo lahko poimenujemo tudi zemeljska atmosfera. Razdelimo jo na več slojev: troposfero, stratosfero, mezosfero, termosfero ter eksosfero (slika 1) [2].



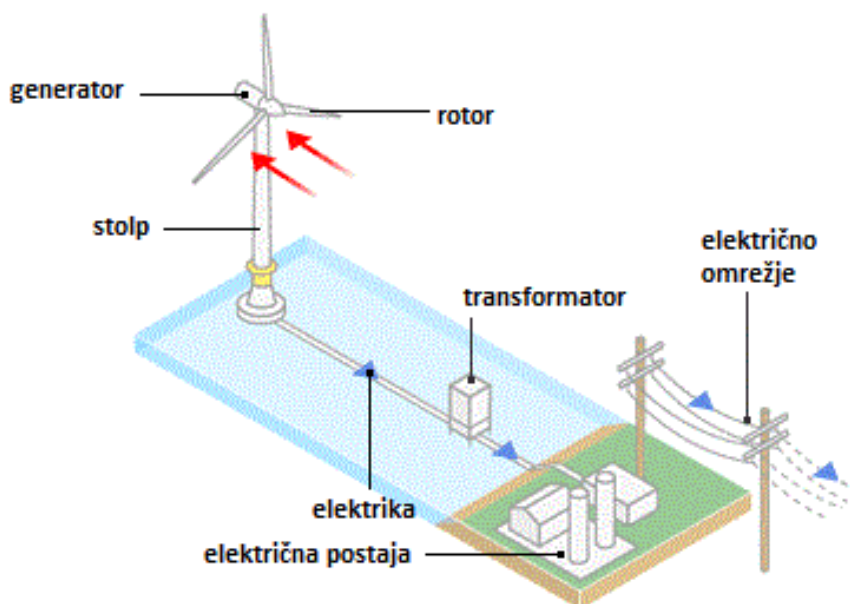
Slika 1: Atmosfera [2].

V troposferi so velika področja nizkega in visokega zračnega tlaka. Ker je zemljino površje zelo raznoliko in tudi polno vode, se ta segreva različno hitro. Spremembe v temperaturah povzročajo vetrove, saj se zrak meša. Hitrost vetrov se meri v metrih na sekundo (m/s) z napravami, ki jim pravimo *anemometri* [3, 4].

Vetrovi spadajo med obnovljive vire, ki jih lahko tudi izkoriščamo tako, da postavimo vetrno elektrarno. Namen vetrne elektrarne je, da kinetično energijo vetra pretvori v električno energijo. Pri tem uporabi dva sistema: prvi sistem pretvarja kinetično energijo v mehansko delo, drugi pa mehansko delo v električno energijo[5].

VETRNA ELEKTRARNA

Vetrna elektrarna v grobem sestoji iz rotorja, generatorja električne energije, strojnice, sistema za sledenje vetra, stolpa vetrnice in temeljev (slika 2) [6].



Slika 2: Deli vetrne elektrarne [7].

Vetrna elektrarna za delovanje potrebuje veter, ki piha s hitrostjo med 4 m/s do 25 m/s. Veter vrti rotor z določeno hitrostjo. Tako se kinetična energija pretvori v mehansko delo. Nato generator mehansko delo pretvori v električno energijo. Ta gre v transformator in naprej v električno postajo, ki električno energijo pošlje v električno omrežje.

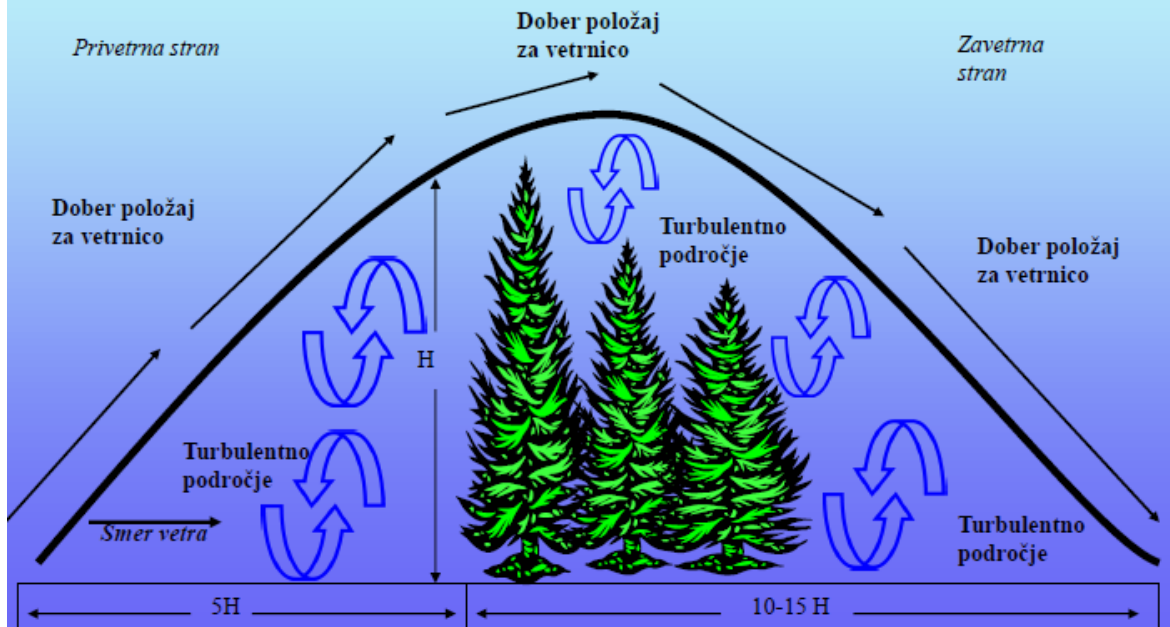
Koliko kinetične energije vetra se pretvori v električno energijo prikažemo z izkoristkom. Izkoristek ne more biti večji od 100 % (max. 59 %, realno 20-35 %).

Izkoristek vetrne elektrarne lahko povečamo ali zmanjšamo z oblikovanjem različnih parametrov kot so: število lopatic na rotorju, oblika lopatic, velikost lopatic, obrnjen kot lopatic, material rotorja, višina postavitve rotorja, itd.

Slika 3 (na naslednji strani) prikazuje kako pomembna je lokacija postavitve vetrnice.

Namestitev vetrnic v okolici dreves

Področje pod črno, krepko krivuljo je zelo turbulentno in neprimerno za namestitev vetrnice.
Višino določa najvišje drevo. Nad krivuljo pa je področje, ki je idealno za postavitev.
TURBULENCA = ko se srečata dve zračni masi z zelo različnimi hitrostmi.



Slika 3: Namestitev vetrnic v okolici dreves [8].

IZKORISTEK VETRNE ELEKTRARNE

Tudi preprostemu modelu vetrne elektrarne, ki kinetično energijo vetra spremeni v mehansko delo lahko izračunamo izkoristek. Mehansko delo dobimo tako, da opazujemo za kolikšno višino dvigne rotor določeno maso, pomemben je tudi čas dvigovanja. Upoštevati je potrebno tudi velikost vetrnice in moč vetra.

Pri izračunu izkoristka torej potrebujemo naslednje podatke:

- moč vetra P_1 ,
- hitrost vetra v ,
- gostoto zraka ρ ,
- površino rotorja skozi katero gre zrak S ,
- potencialno energijo W_p ,
- maso m ,
- gravitacijski pospešek g in
- čas vzdigovanja uteži t .

S temi podatki lahko izračunamo izkoristek η [5].

FORMULE, S KATERIMI IZRAČUNAMO POTREBNE KOLIČINE

Moč vetra P_1 :

$$P_1 = \rho \cdot \frac{S \cdot v^3}{2},$$

kjer je ρ gostota zraka in znaša $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Delo vetrnice je enako spremembi potencialne energije:

$$W_p = m \cdot g \cdot h,$$

Kjer je g gravitacijski pospešek in vedno znaša 10 m/s^2 .

Moč vetrnice:

$$P_2 = \frac{W_p}{t}.$$

Izkoristek:

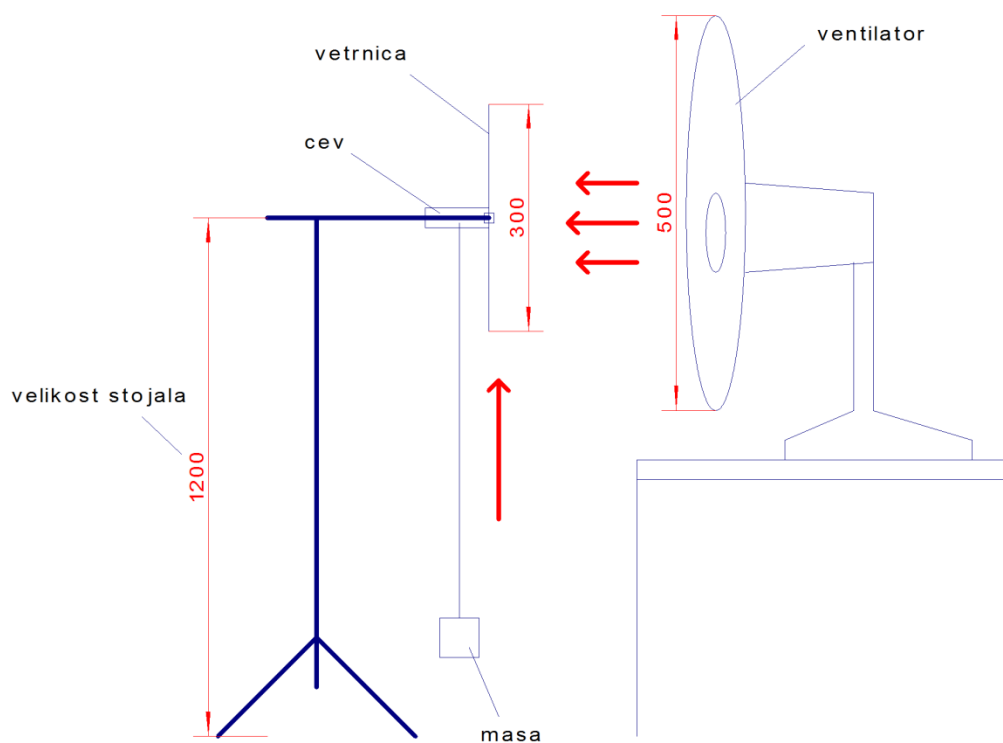
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100.$$

Dobljeni izkoristek bo vedno neko število med 1 in 100 in izraženo v odstotkih (%). To je delež pretvorjene kinetične energije vetra v mehansko delo. V našem primeru je to delež moči vetrnice z deležem moči vetra [5].

Priloga 2: Zasnova preprostega modela vetrne elektrarne

1. Mehanizem delovanja vetrne elektrarne

Na sliki 4 je prikazan osnovni model delovanje vetrne elektrarne, katero bomo izdelali. Vključeni so parametri, ki vplivajo na izkoristek vetrne elektrarne.



Slika 4: Sistem delovanja modela vetrne elektrarne.

RAZLAGA DELOVANJA VETRNE ELEKTRARNE

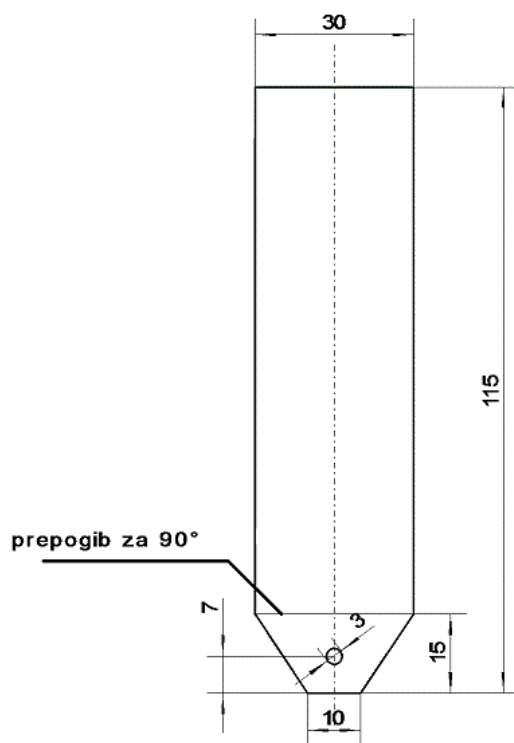
Ventilator, ki ima večji premer kot rotor modela elektrarne, ustvari veter z določeno hitrostjo. Ta povzroči, da se rotor oziroma vetrnica vrti. Ob vrtenju rotor z določeno hitrostjo dviga maso (slika 3).

KAKO IZVESTI MERITVE?

Meritve bodo izvedene tako, da merimo čas, ki ga potrebuje vetrnica, da dvigne maso na višino 1m. Meritve izvedemo trikrat, potem pa se izračuna povprečen čas, ki ga upoštevamo pri izračunu izkoristka modela vetrne elektrarne.

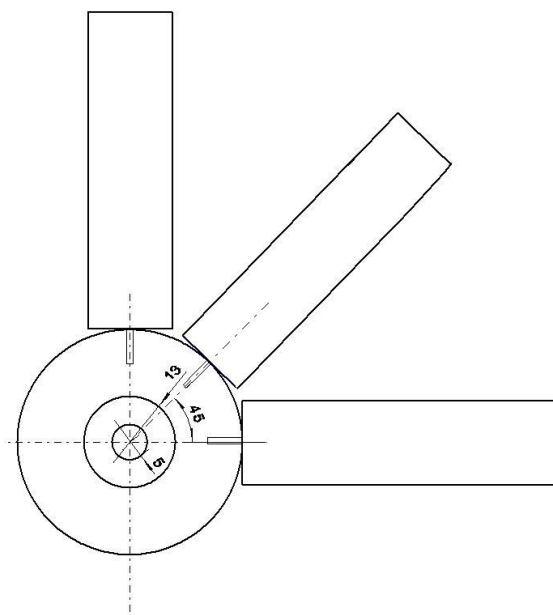
OPIS VETRNICICE IN TEHNIŠKE RISBE

Osnovni element vetrne elektrarne je rotor oziroma vetrnica. Na rotor so pritrjene lopatice. Lopatic je 8, ki takšne oblike, kot prikazuje slika 5.



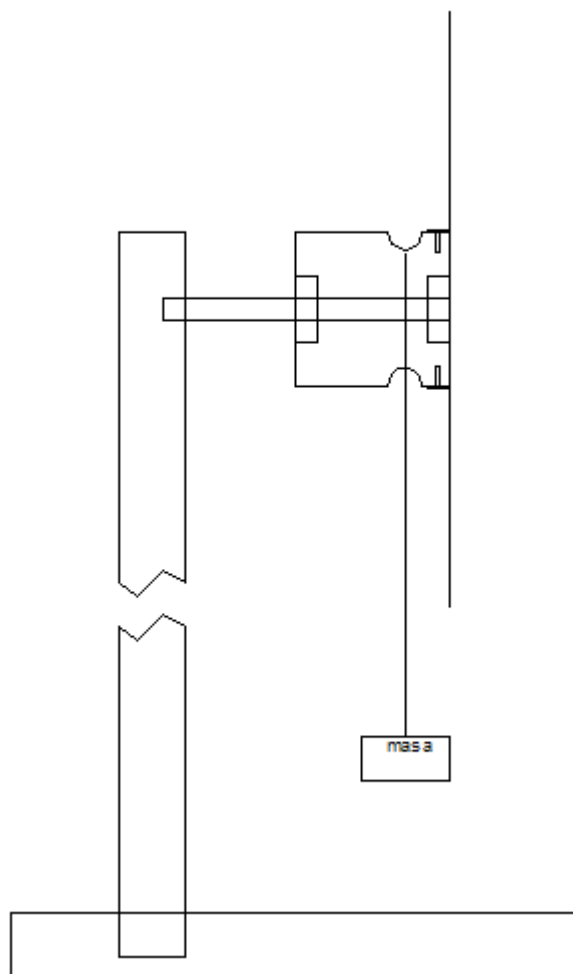
Slika 5: Oblika ene lopatice.

Lopatice pritrdimo na rotor z vijakom dimenzij 3x12 mm, tako kot prikazuje slika 6. Lopatice naj bodo zasukane za **kot 30°**.



Slika 6: Pritrjene lopatice na rotor.

Vse sestavne dele zložimo skupaj, tako kot prikazuje slika 7.



Slika 7: Sestavljena vetrnica.

Priloga 3: Tabele in izračuni za preprosti model

Tabela 1: Podatki za določeno maso.

Masa [kg]	Hitrost vetra [km/h]	Čas [s]

Tabela 2: Izračuni izkoristka preprostega modela.

P_1 - moč vetra ($kg \cdot m^2 / s^3$)	v - hitrost vetra (m/s)	m - masa (kg)	t - povprečen čas (s)	S - presek površine vetrnice (m^2)	W_p - potencialna energija vetrnice ($kg \cdot m^2 / s^2$)	P_2 - moč vetrnice ($kg \cdot m^2 / s^3$)	η - izkoristek (%)

PRAZNA STRAN ZA IZRAČUNE

Priloga 4: Tabele in izračuni za izboljššan model

Tabela 3: Podatki za določeno maso glede na parameter, ki ga spreminjamo.

Masa [kg]	Hitrost vetra [km/h]	Čas [s]	Parameter

Tabela 4: Izračuni izkoristka izboljšane modela.

P_1 - moč vetra ($kg \cdot m^2 / s^3$)	v - hitrost vetra (m/s)	m - masa (kg)	t - povprečen čas (s)	S - presek površine vetrnice (m^2)	W_p - Potencialna energija vetrnice ($kg \cdot m^2 / s^2$)	P_2 - moč vetrnice ($kg \cdot m^2 / s^3$)	η – izkoristek (%)

PRAZNA STRAN ZA IZRAČUNE

LITERATURA

- [1] Obnovljivi viri [http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy].
- [2] S. Medved, P. Novak, *Varstvo okolja in obnovljivi viri energije* (Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 2000).
- [3] Atmosfera [<http://green.comuv.com/Plasti-Zemljinega-ozra%C4%8Dja/>].
- [4] Nastanek vetra [http://www.eia.gov/Energyexplained/?page=wind_home].
- [5] T. Skrt, *Obravnava vetrnih elektrarn v tehniškem izobraževanju, diplomsko delo* (Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, 2013).
- [6] S. Medved, C. Arkar, *Energija in okolje: Obnovljivi viri energije* (Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, 2009).
- [7] Delovanje vetrne elektrarne [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/6969865.stm].
- [8] Postavitev elektrarne med drevesi [www.aig.si/05/...17.../04_Veter%20kot%20alternativni%20vir.pps].