



Středoškolská technika 2013

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Savoniův Rotor

Martin Trejbal

Integrovaná střední škola
Kumburská 846, Nová Paka

Adresa autora projektu:

**Jméno, příjmení autora(ů) projektu Enersol 2013: Martin Trejbal,
martin.trejbal@tiscali.cz,
Pelikánova 1998, 508 01 Hořice**

Učební, studijní obor, ročník studia: 26-41-L/01 Mechanik elektrotechnik, III. ročník

Adresa školy: ISŠ Nová Paka, Kumburská 846, 509 31 Nová Paka

Jméno učitele-koordinátora projektu: Ing. Václav Hájek

Kontakt: ISŠ Nová Paka, Kumburská 846, 509 31 Nová Paka

Tel/fax: 493 723 364, 605447823

Email: hajek@issnp.cz

Webové stránky školy: www.issnp.cz

Práce zaslaná (předložená) regionálnímu centru dne:

Podpis(y) autora (autorů) projektu: Martin Trejbal

Podpis učitele-koordinátora projektu: Ing. Václav Hájek

Obsah

| | |
|--|-------|
| Úvod..... | 1 |
| Základní údaje..... | 2 |
| Výhody Savoniova rotoru..... | 3 |
| Nevýhody Savoniova rotoru, konstrukce..... | 4 |
| Schéma zařízení..... | 5-7 |
| Zabezpečení..... | 8 |
| Výkon..... | 9 |
| Místa využití..... | 10 |
| Závěr..... | 11 |
| Zdroje, poděkování, prohlášení, příloha..... | 12-13 |

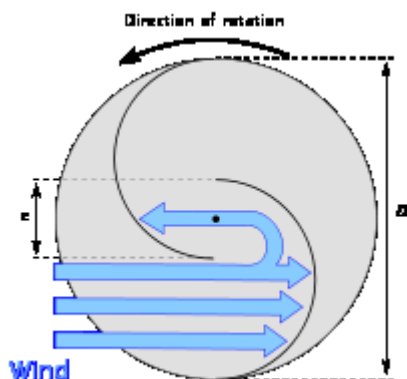
Úvod

V dnešní energeticky náročné době se hodně využívá větrná energie. Tato energie se nachází zcela všude a je zadarmo. Na její využití se ovšem používají veliké, prostorně i cenově náročné větrné elektrárny, tudíž to není věc, kterou byste si mohli postavit doma na zahradě. Ve své práci se zaměřím na menší a levnější elektrárnu, která se nazývá Savoniův rotor.

Základní údaje

Savoniův rotor vynalezl kolem roku 1995 finský lodní důstojník Sigurd J. Savonius.

Tento rotor je složen ze dvou vodorovných kruhových desek, mezi kterými jsou ve svislé poloze dvě polokruhovitě zahnutá křídla, tedy lopatky. Tyto lopatky jsou umístěny excentricky, tudíž přesahují do protisměru asi o 20 % průměru. V důsledku toho dochází k vyrovnání tlaku. Část větru, který působí na zadní stranu lopatky, je v tu chvíli pasivní a je směřován na přední stranu aktivní lopatky. Podle uspořádání lopatek lze postavit rotor s otáčením doleva, nebo doprava.



1. Průtok větru Savoniiovým rotorem

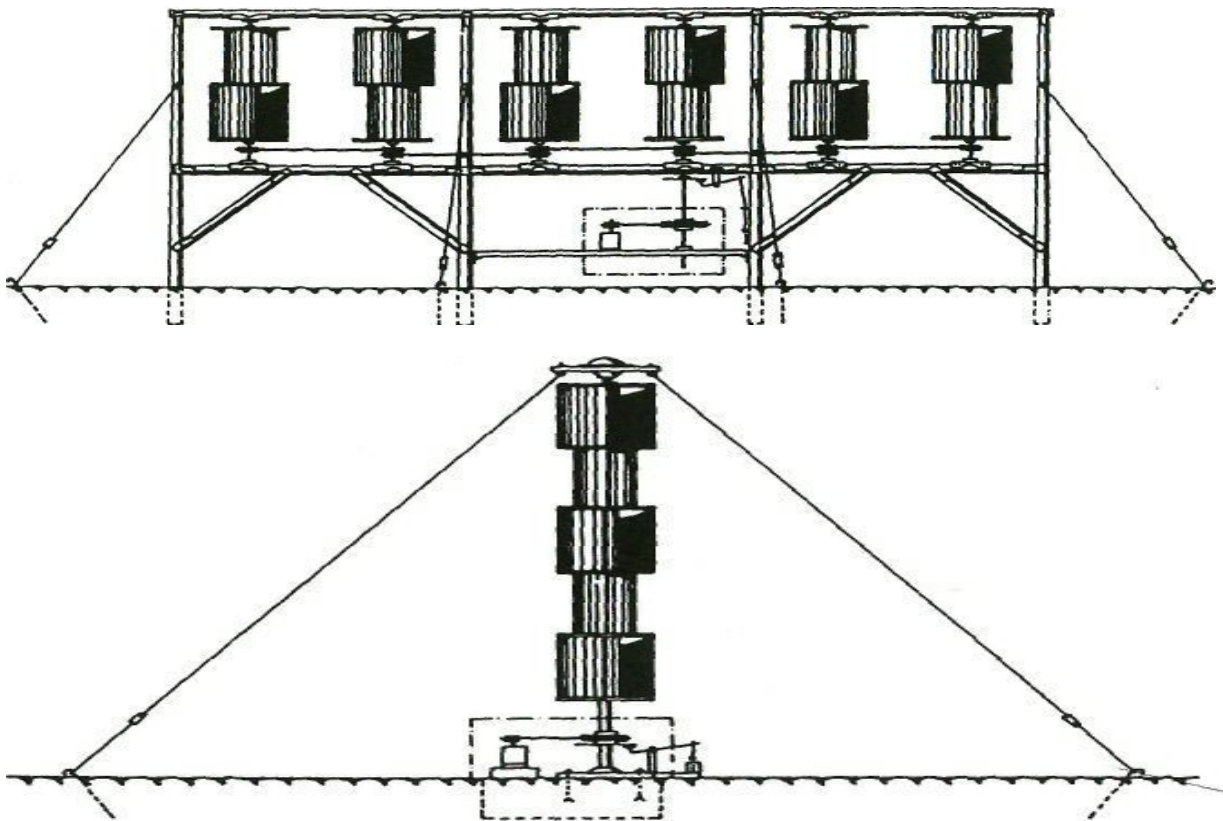
Savoniův rotor se používal často na pohon chladicích boxů u automobilů. Rotor byl v menším provedení a při jízdě roztáčel lopatky vítr. Ovšem Savoniův rotor se nepoužívá jen na výrobu elektrické energie, ale někteří lidé jej používají na jiné účely, například jako mechanický pohon k vodnímu čerpadlu. V 80. letech se rotor doplnil o jednu lopatku a lze úspěšně použít i pro podstatně větší elektrické zatížení o výkonu až 2 kW.



2. Zhotovený rotor

Výhody Savoniových rotorů

- Stavba rotoru není náročná na materiál, postavit se dá ze snadno dostupných materiálů (např. z 200litrového barelu).
- Na směru větru nezávisí, nemusíme proto přidávat natáčecí křídlo.
- Jeho otáčivá mechanická energie je přenášena na svislou hřídel spojenou s rotorem a na jejím druhém konci je generátor elektrického proudu, nebo mechanické zařízení.
- Na jeho provoz stačí buď nízká rychlost větru (2 až 3 m/s), nebo i střední rychlost (4 až 10 m/s) a vysoká (15 až 25 m/s), tím se liší od jiných turbín, které jsou optimalizované na určitou rychlost větru. Lze jej tedy použít pro široké spektrum rychlostí větru.
- V případě potřeby je možno propojit více Savoniových rotorů k většímu zařízení s relativně většími otáčkami, oproti horizontálním vrtulím či turbínám, kde při zvětšení své plochy se sníží otáčky. Rotory lze propojit jeden vedle druhého, či nad sebou (obr.3).
- Vysoká odolnost vůči bouřím při správném provedení, mají zvláště sníženou citlivost vůči vírům a turbulencím.



3. Nahoře: rotory vedle sebe, propojené klínovým řemenem, dole: rotory svisle na sobě.

Nevýhody Savoniiových rotorů

- Nezvykle mohutný vzhled, je třeba si na něj přivyknout.
- Vysoká hmotnost, možno zhotovit z lehčího materiálu, avšak je nutno vyvážit pečlivěji, protože při vysokých otáčkách by vznikalo kritické kmitání a samotný rotor by se mohl poškodit. Při poryvech větru je vyšší hmotnost lepší, neboť stabilizuje otáčky a s pevnou konstrukcí je více odolný proti bouřím.
- Nízké otáčky, vysoký točivý moment, u generátoru je nutno zpřevodovat ozubenými koly, řemeny či řetězy.
- Poměrně nízká účinnost oproti moderním lopatkovým turbínám je vyvážená širokým pásmem rychlosti větru pro pohon rotoru.

Konstrukce

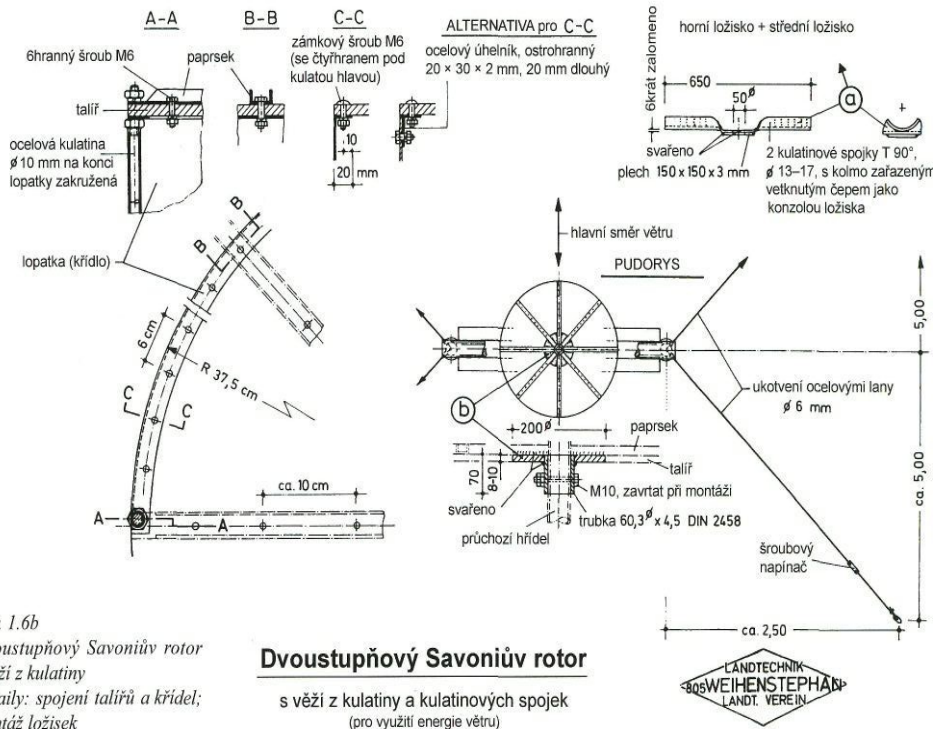
Savoniiov rotor lze zkonstruovat různým způsobem a z různých materiálů, pro talíře a lopatky je možno použít ocelový plech, plech z lehkých kovů, plasty se skleněnými vlákny, případně vodovzdorně kříženou překližku. Pro křídla rotoru o průměru 1 m lze použít i polovinu 200 litrového barelu.

Pro stabilnější otáčky je doporučen dvoustupňový rotor, kde stupně rotoru jsou pootočené o 90°. Když bude jedno křídlo rovnoběžné se směrem větru, druhé bude plně ve větru a i při malé síle větru se rotor snadno roztočí. Lze zhotovit i třístupňové, a to tak, že stupně pootočíme o 60°, ale to už se efektivita příliš nezvýší.

Středem rotoru je vedená hřídel, která je k rotoru pevně přivařená. Na jednom konci hřídele se nachází ložisko připevněné k nosné konstrukci. Na druhé straně je také ložisko, ale hřídel jde přes něj do přímo spojeného generátoru, nebo do převodů mechanického zařízení.

Nosnou konstrukci je možno zhotovit z jakéhokoli k tomu vhodného pevného materiálu (ocelový plech, dřevěné kůly nebo trubková konstrukce apod.)

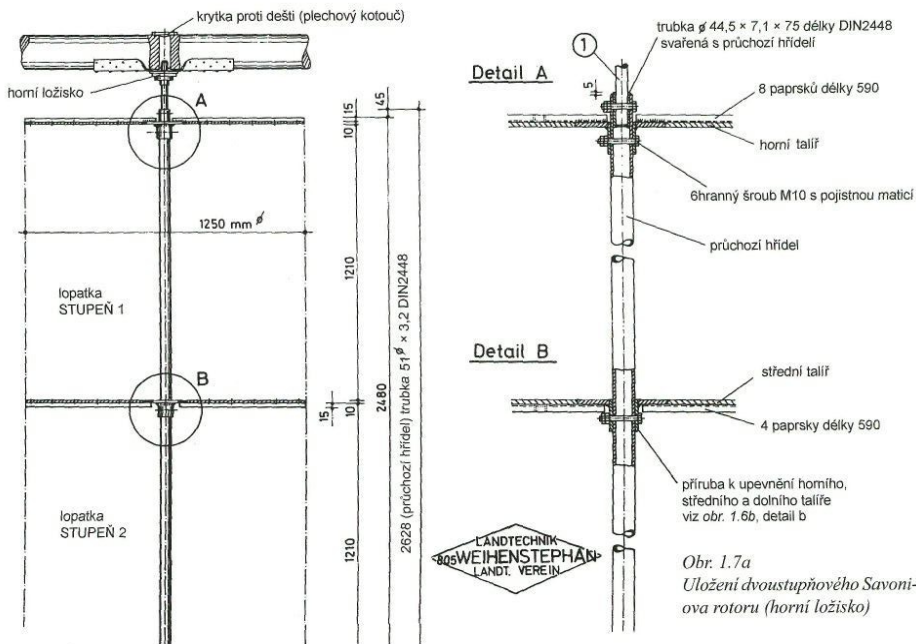
Důležitý je také brzdící systém. Když je velice silná bouře, mohla by rotor poškodit. Pokud by byl rotor nevyvážený, vznikaly by kmitání a vibrace, kterými by následně mohly povolit upevňovací šrouby a zapříčinit tak pád rotoru. Proto se na nosnou konstrukci přimontuje brzdící systém; na obr. 4 je brzda kotoučová s tažným lankem.



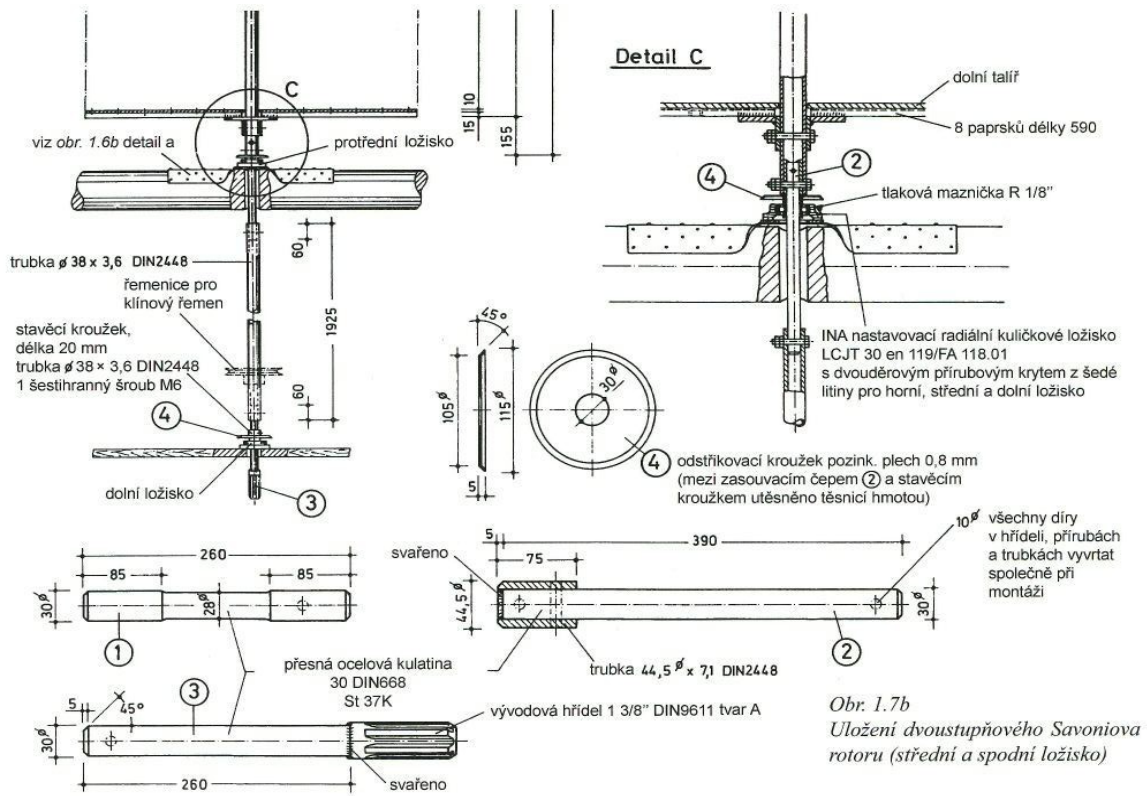
Obr. 1.6b
 Dvoustupňový Savoniův rotor
 s věží z kulatiny
 Detaily: spojení talířů a křídel;
 montáž ložisek

Dvoustupňový Savoniův rotor
 s věží z kulatiny a kulatinových spojek
 (pro využití energie větru)

Uložení dvoustupňového Savoniiova rotoru



Obr. 1.7a
 Uložení dvoustupňového Savoniiova rotoru (horní ložisko)



Obr. 1.7b
Uložení dvoustupňového Savoniova rotoru (střední a spodní ložisko)

4. Schéma sestavení rotoru i se základnou

Zabezpečení

Když už budeme mít Savoniův rotor, musíme počítat s jeho řádným zabezpečením, protože špatně upevněný rotor může při silném větru či bouři spadnout. Proto se musí všechny šrouby zajistit a znovu po jednom dnu provozu dotáhnout. Zařízení není ovšem bezúdržbové, musí se kontrolovat ukotvení lan, kontrolovat ložiska, dotahovat šrouby, tím předejeme nežádoucím poruchám.

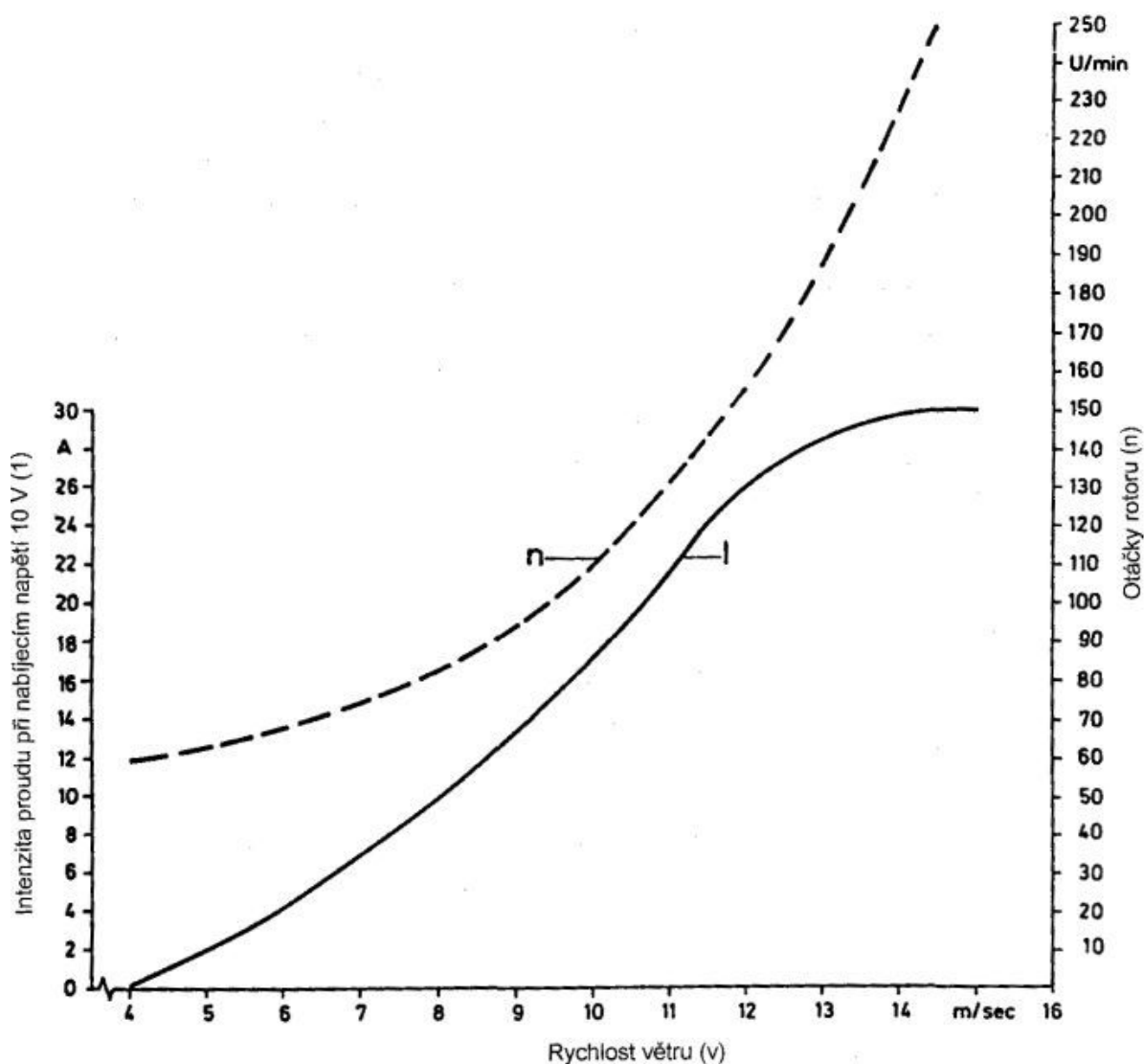
Důležitým zabezpečením je také brzda, musí být schopná rychle zabrzdit a na dobu potřebnou znehybnit. Nedoporučuje se bubnová brzda, při dlouhém nepoužívání může zkorodovat nebo v zimě zamrznout. Nejlepší je otevřená kotoučová brzda.

Nezbytné je také opatřit pracovní hřídel a místa, kde by se snadno dalo zranit, zabezpečit ochrannou mříží. Kvůli dětem je třeba ohradit plotem celé zařízení.

Výkon

U výkonu je důležitý počet otáček, kde jednoznačně platí, že počet otáček rotoru závisí na průměru, rychlosti větru a zatížení. Čím větší je průměr, tím menší je počet otáček, a tím větší točivý moment. Pokud je rotor nezatížený, jeho obvodová rychlost je 1,8x větší než rychlost větru, můžeme tak vypočítat otáčky naprázdno. Změření otáček za chodu naprázdno je nepřesné, jelikož okamžiky stabilního větru je těžké najít a rotor při změně rychlosti větru reaguje setrvačně. Museli bychom udělat více měření a hodnoty zprůměrovat nebo vyzkoušet ve větrném tunelu.

Pod zátěží počet otáček rotoru přirozeně klesá. Nejvyšší výkon (součin točivého momentu a otáček) podává rotor tehdy, je-li jeho obvodová rychlost přibližně rovna rychlosti větru. Na obr.5 jsou výsledky měření, které byly, zjištěny na generátoru větrné elektrárny.



5. Otáčky rotoru a intenzita el. Proudu z generátoru v závislosti na rychlosti větru

Z grafu lze vidět, že proud se vyrábí už při 4 m/s a rotor se točí už 60 ot./min., ovšem záleží na typu generátoru na elektrárně.

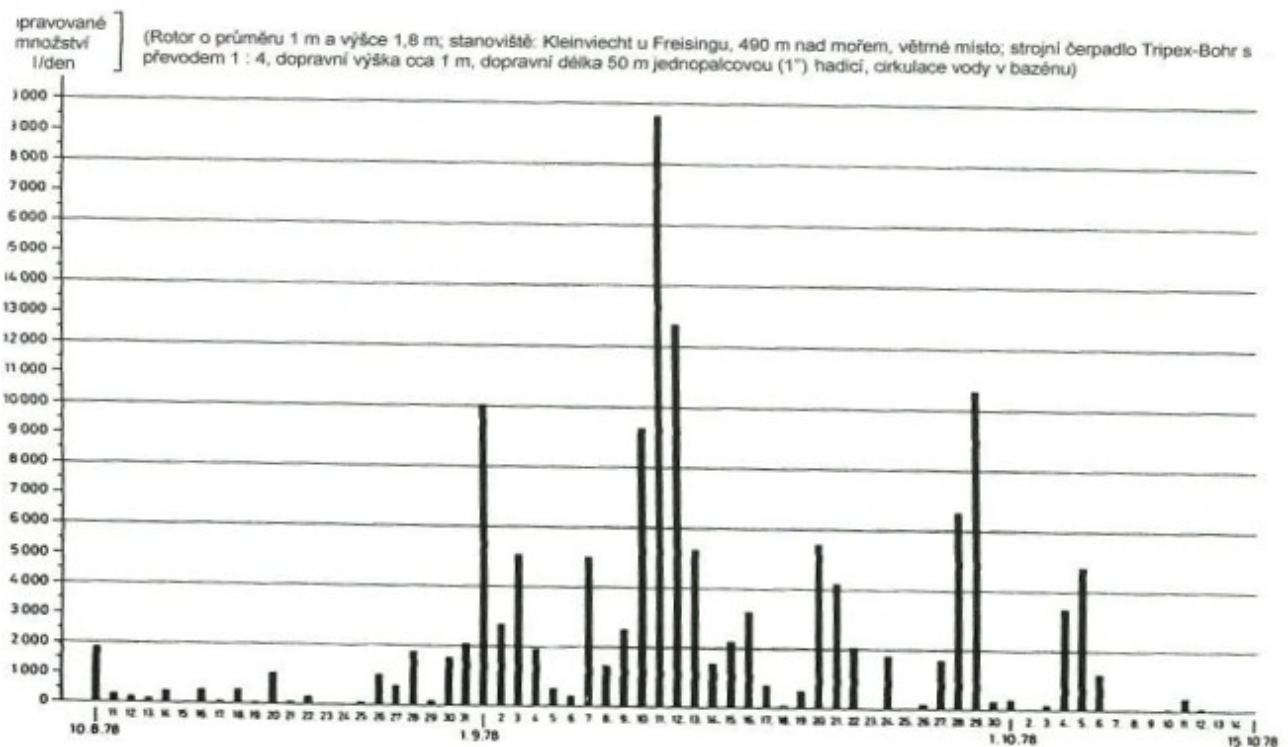
Místa využití

Savoniův rotor je sice vhodný i pro málo větrná území, ovšem je potřeba najít místo s nejpříznivějšími povětrnostními podmínkami pro jeho provoz. Závěťtí tvořené stromy nebo budovami je místem nevhodným. Nejlepší místa jsou v horských oblastech, běžně platí, že čím výše jste, tím rychlejší vítr fouká, zde může být použit k výrobě proudu. Může ale také být v nížinách, nemusí vyrábět proud, ale může čerpat vodu ze studně, nebo provzdušňovat rybník, ohřívat vodu přes vířivou brzdu, či vyrábět stlačený vzduch.

Ve městech není potřeba, ale někde na venkově se dá plně využít ať už k výrobě proudu, tak k zavlažení zahrady, nebo přísunu vody.

Za velmi příznivých povětrnostních podmínek a s použitím speciálního generátoru je možno vyrábět proud, například pro nabíjení baterií k napájení malé nízkovoltové sítě. Tímto způsobem lze nejnütnější proudem napájet lovecké a horské chaty, salaše, tábořiště, zahradní domky, chaty, nepravidelně obývaná místa, rybářské sádky a podobná zařízení. Pro nabíjení baterie v bezvětrném letním období se dobře osvědčila kombinace větrné turbíny a solárního generátoru.

Savoniův rotor nelze použít pro stavbu velkých elektráren. Přestože je méně náročný materiálově, prostorově nebo finančně, velkým vrtulovým elektrárnám se však nevyrovná, výkonostně je pouze u 1 kW, což stačí pro potřebu např. venkovského člověka, který usiluje o nezávislé zásobování energií.



4. Graf efektivnosti Savoniova rotoru během dne

Závěr

Savoniův rotor nelze použít pro stavbu velkých elektráren.. Ovšem s dostupným materiálem se může postavit menší větrná elektrárna se Savoniiovými rotory, a tím by mohl výkon být větší. Vítr tu byl, je a stále bude, proč ho tedy nevyužít více. Mně se tento rotor líbí, sám bych si ho chtěl v budoucnu zhotovit a využívat jeho energii, případně i zlepšit.

Jeho vzhled je tedy netypický a velká plocha zabraná těmito rotory může vypadat odpudivě, může vydávat i nepříjemné zvuky, avšak s tím se už musí počítat, když si tento rotor vyrábíme. Dopad rotoru na přírodu je minimální, do ovzduší nevyučuje žádné zplodiny, žádný CO₂, tudíž nezapříčiňuje skleníkový efekt.

| Množství znečišťujících látek přepočtené na množství energie kg | | | | | | |
|---|----|----------|-------------|---------------------|----------------|-------------------|
| Typ znečišťující látky | | kotel ZP | kotel dřevo | Elektřina systémová | Kotel HU pevný | kotel HU mostecké |
| Tuhé látky | kg | 0,000 | 0,08013677 | 0,00222086 | 0,060943 | 0,04825714 |
| SO ₂ | kg | 0,000 | 0,00641091 | 0,04194651 | 0,115029 | 0,10328571 |
| NO _x | kg | 0,004 | 0,01923283 | 0,03563126 | 0,014657 | 0,01457143 |
| CO | kg | 0,001 | 0,00641091 | 0,00336857 | 0,219771 | 0,21977143 |
| C _x H _y | kg | 4,762 | 0,00570574 | 0,00334286 | 0,048857 | 0,04328571 |
| CO ₂ | kg | 4,8 | 0 | 27,8571429 | 8,571429 | 8,57142857 |
| | | | | | | |

Tabulka ukazuje, o kolik méně zplodin se dostane do ovzduší při výkonu jedné elektrárny 1kW, tedy za jeden den, 24kWh, v ideálních podmínkách, při stabilním větru.

| Množství znečišťujících látek přepočtené na množství energie kg | | | | | | |
|---|----|--------------|-------------|---------------------|----------------|-------------------|
| Typ znečišťující látky | | kotel ZP | kotel dřevo | Elektřina systémová | Kotel HU pevný | kotel HU mostecké |
| Tuhé látky | kg | 0,018 | 29,2499216 | 0,81061286 | 22,24414 | 17,6138571 |
| SO ₂ | kg | 0,009 | 2,33998371 | 15,3104777 | 41,98543 | 37,6992857 |
| NO _x | kg | 1,472 | 7,01998243 | 13,0054089 | 5,349857 | 5,31857143 |
| CO | kg | 0,294 | 2,33998371 | 1,22952857 | 80,21657 | 80,2165714 |
| C _x H _y | kg | 1 738,234 | 2,08259614 | 1,22014286 | 17,83286 | 15,7992857 |
| CO ₂ | kg | 1 738,2 | 0 | 10167,8571 | 3128,571 | 3128,57143 |
| | | | | | | |

Tabulka ukazuje, o kolik méně zplodin se dostane do ovzduší při výkonu jedné elektrárny 1kW, tedy za jeden rok, v ideálních podmínkách, při stabilním větru.

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Václavu Hájkovi za podporu v projektu.

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že tuto práci jsem vypracoval samostatně.

Zdroj

Savoniův rotor - Návod na stavbu – Heinz Schulz

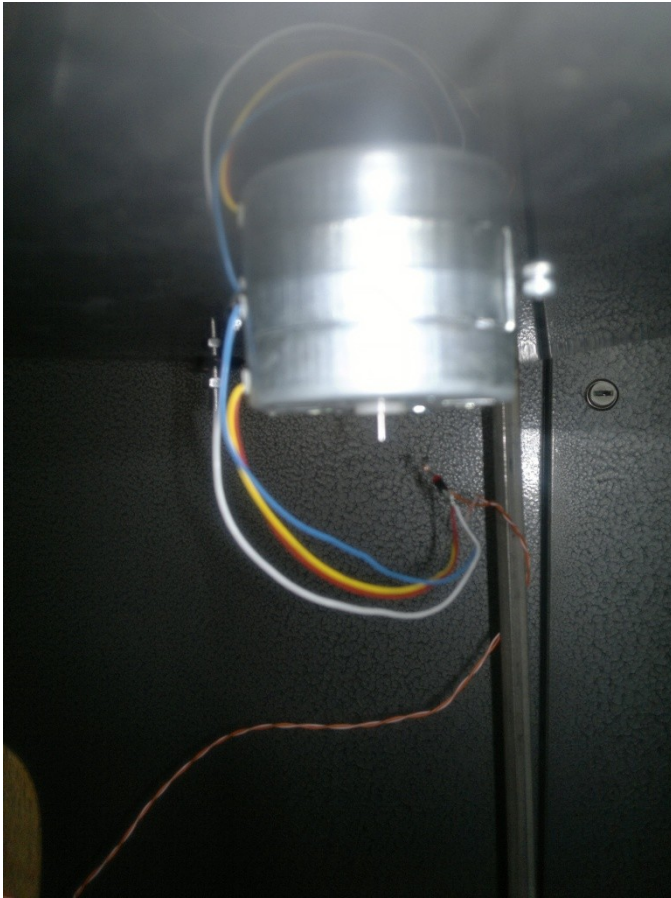
Příloha - fotografie mého funkčního modelu



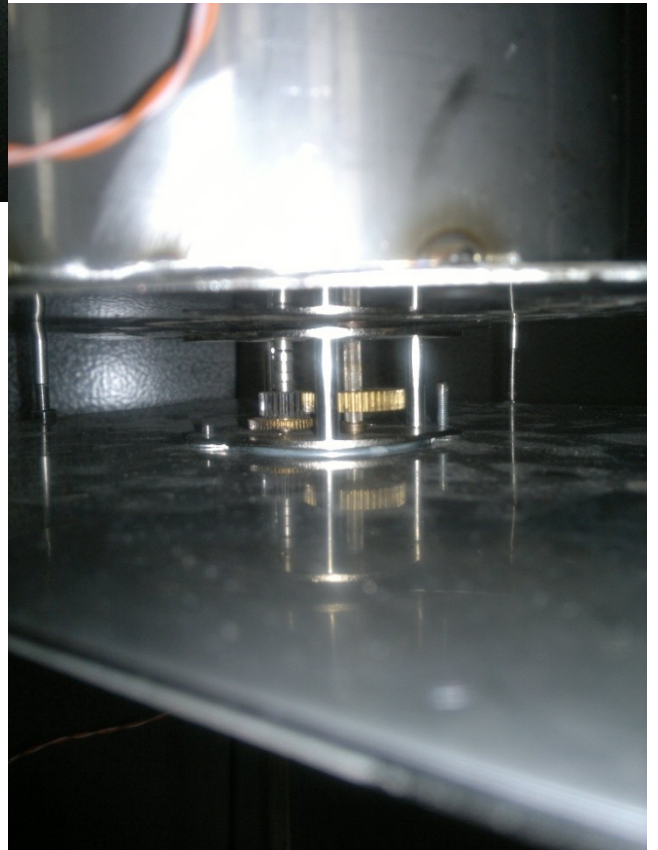
Celý rotor



Turbína



Motorek použitý jako generátor



Převody