



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN KRYTU STŘEŠNÍ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

DESIGN OF ROOF WIND POWER PLANT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ANDREA AUGUSTOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

akad. soch. JOSEF SLÁDEK

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Andrea Augustová

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Průmyslový design ve strojírenství (2301R008)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Design krytu střešní větrné elektrárny

v anglickém jazyce:

Design of Roof Wind Power Plant

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza a návrh designu krytu střešní větrné elektrárny.

Návrh má splňovat obecné předpoklady průmyslového designu - respektovat funkční, konstrukční, technologické, estetické a ergonomické zákonitosti.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Vývojová, technická a designérská analýza tématu
2. Variantní studie designu
3. Ergonomické řešení
4. Tvarové (kompoziční) řešení
5. Barevné a grafické řešení
6. Konstrukčně-technologické řešení
7. Rozbor dalších funkcí designérského návrhu (psychologická, ekonomická a sociální funkce).

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva (text), sumarizační poster, model.

Seznam odborné literatury:

BRAMSTON, D.: Design výrobků / Hledání inspirace. Brno : Computer Press, 2010

JOHNSON, M.: Problem solved. London : Phaidon, 2002.

LIDWELL, W., HOLDEN, K., BUTLER, J.: Universal Principles of Design. Gloucester : Rockport, 2003.

LIDWELL, W., MANASCA, G.: Deconstructing Product Design. Beverly : Rockport, 2009

NORMAN, D. A.: Emotional Design. New York : Basic Books, 2004.

TICHÁ, J., KAPLICKÝ, J.: Future systems. Praha: Zlatý řez, 2002.

Časopisy: Design Trend, Designum, Form, ID, Idea magazine ap.

Vedoucí bakalářské práce: akad. soch. Josef Sládek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 16.11.2011



prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Předmětem a cílem mé bakalářské práce je analýza a návrh krytu na malou střešní větrnou elektrárnu, a to v souladu s technickými, estetickými a ekologickými požadavky. Cílem designu je vytvořit takový kryt, který bude minimalistický a moderní, nebude rušivým elementem v zastavěných oblastech a svým tvarem bude napomáhat zvýšit účinnost větrné elektrárny.

KLÍČOVÁ SLOVA

Větrná energie, větrná elektrárna, ekologie, aerodynamika, minimalistický design

ABSTRACT

Topic and aim of my bachelor thesis is research and design of rooftop power plant cover in accordance with technical, aesthetic and ecological requirements. The aim is to create a cover, which will be minimalistic and modern, won't be a disturbing element in urban areas and its shape will increase the efficiency of the wind turbine.

KEYWORDS

Wind energy, wind power plant, ecology, aerodynamics, minimalistic design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

AUGUSTOVÁ, A. *Design krytu střešní větrné elektrárny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 54 s. Vedoucí bakalářské práce akad. soch. Josef Sládek.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Krypt střešní větrné elektrárny zpracovala samostatně s využitím zdrojů, které jsou řádně uvedené v seznamu literatury na konci teoretické části bakalářské práce.

.....
v Brně dne

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu své bakalářské práce akad. soch. Josefu Sládkovi za jeho přínosné rady zkušeného odborníka a trpělivé vedení celou bakalářskou prací. Dále bych ráda vyjádřila vděk ing. Robertovi Popelovi, PhD. z ústavu letectví za jeho odborné vyjádření k mému návrhu z hlediska aerodynamiky. Nemalé poděkování patří i mé rodině a přátelům za jejich láskyplnou podporu, rady a inspirativní nápady.

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	5
PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI	7
PODĚKOVÁNÍ	9
OBSAH	11
ÚVOD	13
1 VÝVOJOVÁ ANALÝZA	14
1.1 Větrné mlýny	14
1.2 Průmyslová revoluce	15
1.3 První větrné turbíny	15
1.4 20. století	15
1.5 Historie větrných zařízení v ČR	16
2 TECHICKÁ ANALÝZA	17
2.1 Vznik větru a jeho vlastnosti	17
2.2 Větrné mapy	17
2.3 Větrná energie	18
2.4 Malé větrné elektrárny	18
2.4.1 Základní konstrukce větrné elektrárny	19
2.4.2 Kritéria výběru vhodné lokality	20
3 DESIGNÉRSKÁ ANALÝZA	21
3.1 Typy elektráren s horizontální osou	21
3.1.1 Klasika mezi turbínami	21
3.1.2 Architectural Wind	22
3.1.3 Turbína Windtronics	22
3.1.4 Japonská turbína LoopWing	22
3.1.5 Turbína Enflo 0071	23
3.1.6 Elektrárna SpiralAirfoil	23
3.1.7 Větrné farmy firmy Jetpro Technology	24
3.1.8 The Archimedes	24
3.2 Typy elektráren s vertikální osou	25
3.2.1 PacWind Seahawk – nenápadná klasika	25
3.2.2 Torch Style Wind Turbine	25
3.2.3 Quiet Revolution	25
3.2.4 Turbína Vindz 1000	26
3.2.5 Elegantní obr	26
3.3 Létající elektrárny	27
4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	28
4.1 První varianta – organický tvar	28
4.2 Druhá varianta – čistě geometrický tvar	29
4.3 Výsledný tvar	29
5 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	31
5.1 Montáž a bezpečnost	31
5.2 Další ergonomické aspekty	31

6 TVAROVÉ (KOMPOZIČNÍ) ŘEŠENÍ	32
6.1 Tvarové varianty	33
6.2 Směrová lopatka	34
6.3 Nosná konstrukce	34
7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	35
8 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ	37
8.1 Vnitřní uspořádání	37
8.2 Rozměry	38
8.3 Sestavení krytu a nosné konstrukce	39
8.4 Materiály	40
8.5 Umístění na střeše	40
9 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU	42
9.1 Psychologická funkce	42
9.2 Společenská funkce	42
9.3 Ekonomická funkce	43
ZÁVĚR	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	45
SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ	47
SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	49
SEZNAM PŘÍLOH	50
FOTOGRAFIE MODELU	51
ZMENŠENÝ POSTER (A4)	53

ÚVOD

V rámci volby tématu bakalářské práce pro mne bylo výzvou zajít do oblasti, která není pro design zcela typická – alternativní energie; konkrétně větrná energie. Rozhodla jsem se navrhnout kryt na malou větrnou turbínu, která se dá umístit na soukromý či komerční pozemek nebo samozřejmě také na střechu rodinného či bytového domu. Úkolem zmíněného krytu by mělo být zvýšení účinnosti větrné elektrárny, zesílení přívodu větru, možnost natáčení turbíny vzhledem ke směru větru a v neposlední řadě estetická funkce – elegantní a nadčasový design.

Větrná energie je v dnešní době jednou z neekologičtějších a neekonomičtějších řešení, a proto jsem se rozhodla podpořit alespoň touto cestou její propagaci a naznačit směr, kterým by se měl vývoj a vzhled malých větrných elektráren ubírat. Mnoho vyspělých států má v záměru v budoucích letech a desetiletích podpořit výstavbu větrných elektráren včetně malých domácích turbín. Myslím si, že je tedy důležité se v této oblasti zaměřit i na design a inovativní výtvarné pojetí.

1 VÝVOJOVÁ ANALÝZA

Vítr a větrná energie měly od nepaměti velký význam a důležité místo v lidských životech, kultuře i mytologii. Každá kultura měla své vysvětlení vzniku větru, uctívala jeho sílu, popřípadě i větrná božstva. Větrná energie posléze znamenala nahrazení lidské či zvířecí síly v drtičích a žernovech. Později měla nezanedbatelný význam v zavlažovacích systémech, námořní dopravě a větrných mlýnech.

1.1 Větrné mlýny

Není známo, kdo vynalezl větrné kolo, avšak má se za to, že ho objevili již několik tisíc let př. n. l. v persko-arabské oblasti kvůli nedostatku vody. Dosud zachované mlýny u Alexandrie jsou zřejmě staré 3000 let. Do Evropy přišla větrná kola až později. První zmínkou o jejich využití je návrh Řeka Héróna z Alexandrie z 1. stol. n. l. První větrný mlýn je zmíněn v anglosaské listině z roku 833 a od počátku 12. století jsou známy větrné mlýny ve Francii, Nizozemí, Německu a Čechách.

První prakticky využitelné mlýny měly 6 – 12 listů rotujících kolem vertikální osy a byly již používány k drcení zrn obilovin nebo k pumpování vody. Tyto mlýny se rozšířily po středním východě a odtud do Číny a Indie (za průmyslové revoluce byly v Evropě opět budovány, avšak nezávisle na starověkých mlýnech).

Koncem 12. stol. se v severní Francii, východní Anglii a Flandrech začaly objevovat mlýny s lopatkami rotujícími kolem horizontální osy. Byly to nejdříve mlýny sloupové, jejichž základem byl velký pilíř, na kterém stála celá další struktura. Výhodou byla možnost natáčet se za směrem větru a zvýšit tím efektivitu mlýnu. První takovéto mlýny měly pilíř zabudovaný hluboko v zemi, později byl přidán podstavec obvykle obklopený kruhovitou budovou, která sloužila jako skladiště a ochrana před nepřízní počasí. Tento typ byl v Evropě i Čechách nejrozšířenější až do 19. století. Poté jej nahradily mlýny věžové a mlýny holandského typu.

Věžové mlýny byly většinou zděné a za větrem se otáčela pouze horní část. To umožnilo stavět mlýny vyšší a lopatky delší. Zděné věže byly postupně nahrazeny dřevěnou konstrukcí zvanou v angličtině „smock“ (tzn. halena, plášť) s obvykle osmistěnnou podstavou. Výhodou byla jejich lehkost; mlýn mohl být tudíž postaven i na nezpevněném podkladu v bažinatých oblastech. Tento typ byl v Čechách a na Moravě zastoupen již méně, dostal se sem zřejmě přes Německo až v 18. století.



Obr. 1 Sloupový mlýn

Obr. 2 Věžový mlýn

Obr. 3 Mlýn typu „smock“

1.2 Průmyslová revoluce

Začátkem 19. století vznikla díky vynálezu parního stroje potřeba pumpovat vodu do parních lokomotiv. Z toho důvodu byla v roce 1854 Danielem Halladayem vynalezena větrná pumpa. Tyto pumpy měly více menších lopatek, tudíž byly citlivější i na menší poryvy větru a měly samoregulační schopnost. Pro provozování železniční dopravy byly budovány ve Spojených státech, jižní Africe a Austrálii a brzy se rozšířily i na soukromé pozemky a tvořily samostatné jednotky zavlažovacího systému. Dřevěné lopatky a konstrukce mlýnů a pump byly postupně nahrazovány ocelovými a mlýny začaly být doplňovány o generátory a baterie, čímž vznikly první malé větrné elektrárny.

1.2

1.3 První větrné turbíny

V červnu roku 1887 podnikl skotský profesor James Blyth první pokusy s větrnou energií na třech konstrukčně různých turbínách. V zimě stejného roku Američan Charles F. Brush vyprodukoval elektřinu pomocí 12 kW turbíny, která nabíjela 408 baterií ve sklepě jeho domu. Takto vzniklým elektrickým proudem po 20 let napájel svůj dům i laboratoř. V 90. letech 19. století započal dánský vědec a vynálezce Poul la Cour své testy s úmyslem přivést elektrickou energii do zemědělských oblastí. Tyto testy přinesly poznatek, že nejúčinnější jsou rychle rotující turbíny s menším počtem lopatek. Tyto turbíny jsou považovány za první moderní větrné elektrárny.

1.3

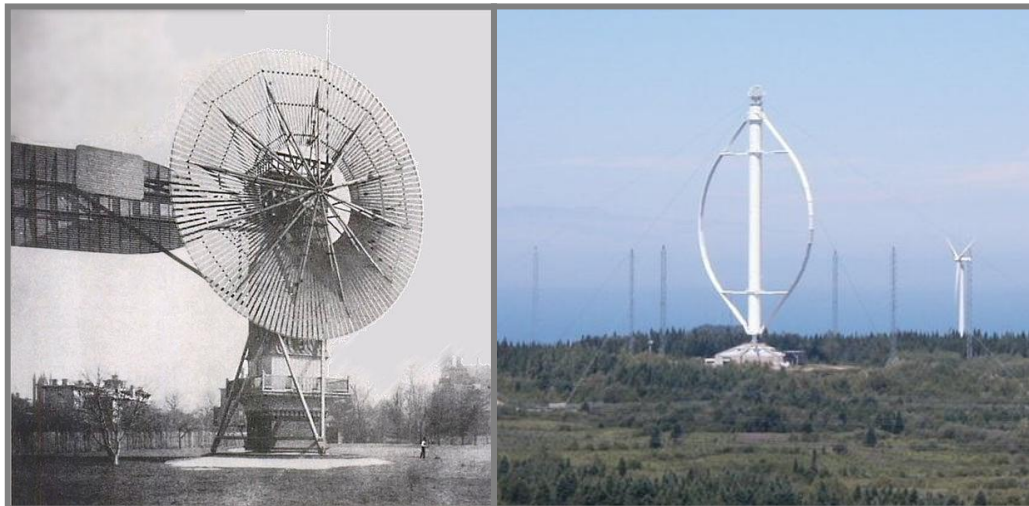
1.4 20. století

V roce 1927 je v Minneapolis v USA otevřena první továrna na generátory větrných turbín, které byly používány na farmách k nabíjení baterií a osvětlení. Francouz George Darrieus si v roce 1931 nechal patentovat vynález první turbíny rotující kolem svislé osy. Tato byla stejně výkonná jako turbína vertikální, ale nebylo možno ji tak dobře chránit před extrémní počasí. I dnes se však tento typ vyskytuje.

Roku 1941 byla ve Vermontu v USA postavena první megawattová turbína, která měla lopatky dlouhé téměř 23 m a vážila 240 tun. Velký vynález byl uskutečněn v roce 1956 Johannesem Juulem. Jednalo se o pohotovostní aerodynamické brzdy, které jsou v turbínách používány dodnes. Konečně, v roce 1980 byla v Ohio spuštěna první větrná farma, sestávající z 20 turbín. Vědci však podcenili sílu tamního větru a mnoho turbín se rozbilo.

Významným činitelem ve výzkumu a výstavbě větrných turbín byla NASA, která v roce 1981 postavila 7,5 megawattovou turbínu Mod-2, následovanou v roce 1987 3,2 MW turbínou Mod-5B. Obě lámaly rekordy jak velikostí lopatek, tak i množstvím vyrobené energie. Roku 1991 vznikla na jihu Dánska první námořní větrná farma, skládající se z jedenácti 450 kW turbín.

1.4



Obr. 4 Turbína Charlese F. Brushe

Obr. 5 Typ turbíny podle G. Darrieuse

1.5 Historie větrných zařízení v ČR

Na našem území se větrná energie používala po dlouhou dobu k pohonu větrných mlýnů. První byl postaven v zahradě Strahovského kláštera v roce 1277 (podle neznámého Kosmova pokračovatele). Rozkvět výstavby větrných mlýnů byl zaznamenán až ve 40. až 70. letech 19. století, přičemž základními typy byly mlýny sloupové (nejrozšířenější) a mlýny holandského typu („smock“).

Počátkem 20. století se využívalo větrných turbín k pohonu vodních čerpadel. Počátek zájmu o využívání větrné energie u nás se datuje do 70. let 20. století v důsledku ropné krize. Výroba větrných elektráren u nás začala na přelomu 80. a 90. let. Ukázalo se však, že větrné elektrárny tuzemské výroby nebyly vyzrálým komerčním výrobkem a neprošly ani atestačním měřením. V letech 1993 – 1995 tedy na náš trh vstoupili velcí výrobci a dodavatelé větrných elektráren ze zahraničí a zároveň i některé typy tuzemských elektráren dosáhly dostačující technické úrovně. Tím byla zahájena nová etapa rozvoje větrné energetiky v ČR.

Větrné elektrárny jsou u nás budovány od roku 2004. V tom roce byl celkový instalovaný výkon 17 MW a výroba 8,3 GWh. V současné době počet větrných sloupů čítá na 190 s celkovým výkonem 217 MW a výrobou 397 GWh a mnoho dalších menších turbín je vystavěno pro soukromé účely občanů.

Je však třeba konstatovat, že v blízké budoucnosti alternativní zdroje u nás v žádném případě nemohou nahradit dosavadní energetický systém ani při spojení všech uvažovaných alternativních zdrojů při plném nasazení do provozu. Při postupném doplňování a stálém využívání těchto zdrojů však může dojít k odlehčování energetického systému velkozdrojů a tím k optimalizaci naší energetické soustavy.

2 TECHNICKÁ ANALÝZA

Větrná energie odedávna sloužila lidem k dopravě, zavlažování, mletí obilovin a získávání energie v jiné formě, ať už mechanické či elektrické. Vítr je v nejjednodušším slova smyslu horizontální proudění vzduchu v atmosféře.

2.1 Vznik větru a jeho vlastnosti

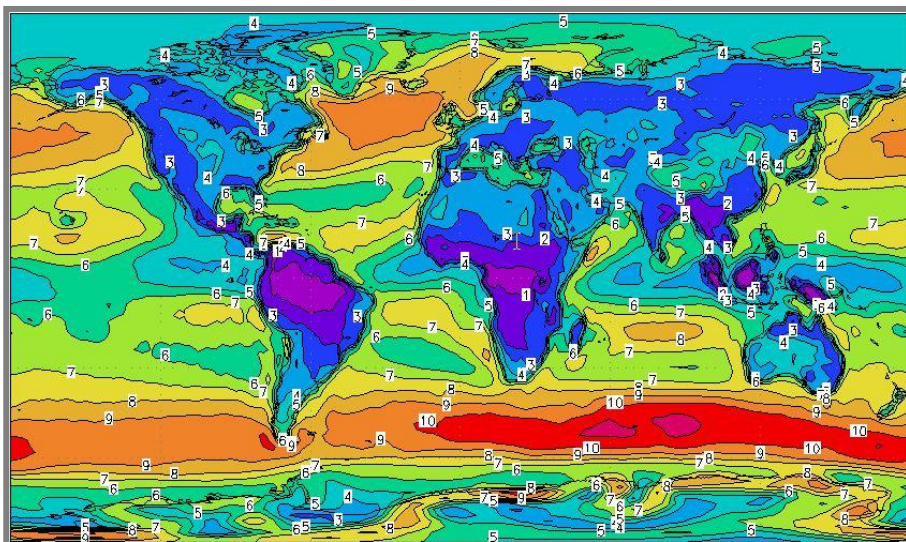
Jelikož povrch Země je tvořen mnoha různými materiály, zahřívá jej sluneční světlo velmi nerovnoměrně; obrovské rozdíly existují také mezi teplotou na rovníku a na pólech. To způsobuje rozdíly v tlaku vzduchu, který je tlačěn z oblastí s vyšším tlakem do oblastí s nižším tlakem. Dalším hlavním důvodem vzniku větru je rotace Země. Slabší vítr vzniká také díky rozdílnému ohřívání vzduchu v různých nadmořských výškách.

Vlastnostmi větru, které měříme, jsou směr, rychlost a ochlazovací účinek.

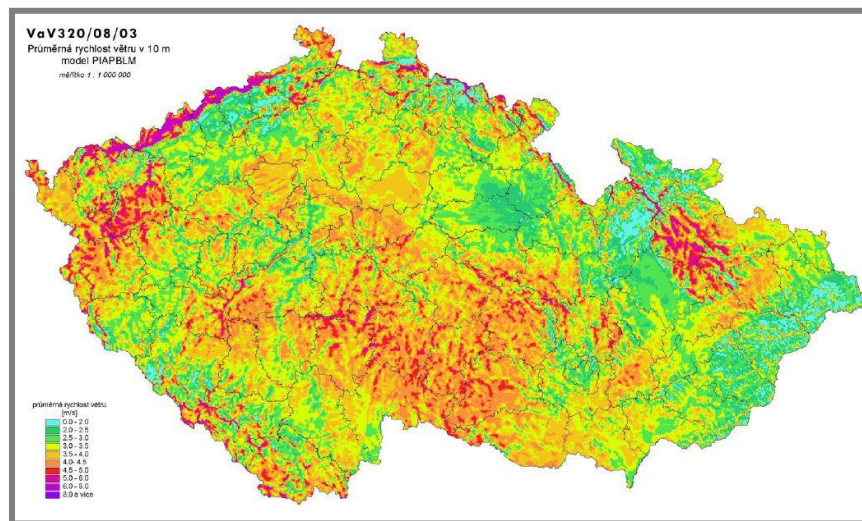
Směr se udává dle směru, odkud vane, a to buď pomocí světových stran nebo přesněji pomocí azimutu (0 až 360°). Rychlost se měří pomocí anemometru, který má nejčastěji tvar mističek rotujících kolem svislé osy. Rychlost větru se v čase mění, proto je každých 5-10 minut zaznamenána naměřená hodnota a posléze vypočtena průměrná rychlost. S rostoucí výškou se rychlost logaritmičtě zvyšuje. Je tedy velký rozdíl mezi rychlostí větru ve výšce 10 m a 100 m nad zemí.

2.2 Větrné mapy

Při plánování výstavby větrných elektráren je nutné znát povětrnostní podmínky určeného místa. Zejména je nutné vytipovat oblasti s dostatečnou průměrnou rychlostí větru, a to v předpokládané výšce umístění osy rotoru. Tyto údaje lze získat z větrných map, které v každé zemi vytvářejí tím pověřené orgány. V České republice je toto úloha Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR.



Obr. 6 Větrná mapa světa ve výšce 10 m nad terénem



Obr. 7 Větrná mapa ČR ve výšce 10 m nad terénem

2.3 Větrná energie

Je to kinetická energie vzduchu v pohybu a přepočít energie větru na energii užitnou. Celková energie proudící oblastí o ploše A v čase t je:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(Avt\rho)v^2 = \frac{1}{2}At\rho v^3,$$

kde v je rychlost větru a ρ je hustota vzduchu.

K zachycení kinetické energie větru jsou používány lopatkové stroje. Vítr proudí kolem lopatek a vytváří tak efekt zdvihnutí, který způsobí otáčení lopatek.

Větrná energie je jednou z nejčistších, nejekologičtějších a nejekonomičtějších. Její velikost se zvyšuje s kvadrantem síly větru. To znamená, že pokud se rychlost větru zdvojnásobí, větrná energie se zvýší osmkrát.

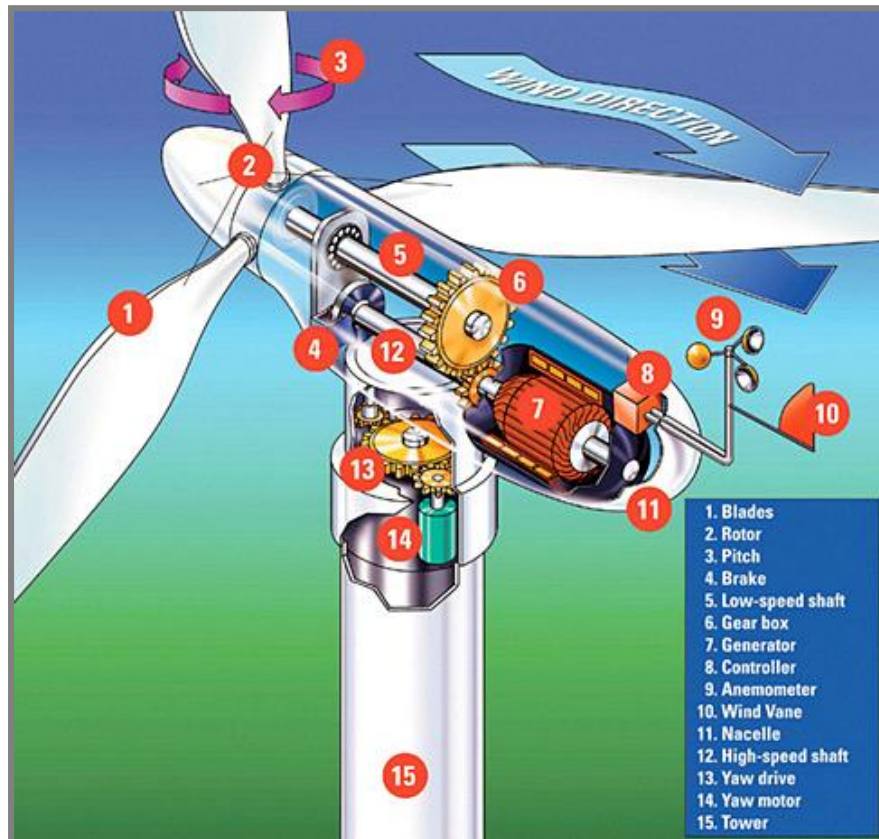
2.4 Malé větrné elektrárny

Větrná energie je segment obnovitelných zdrojů, který se v posledních letech rozvíjí nejrychleji a je považován za nejčistší druh energie. Proto se projektují i malé větrné turbíny pro běžné uživatele a jejich soukromé účely. Tyto turbíny lze umístit do běžné zástavby či na střechy budov a slouží jako náhrada či doplnění klasických zdrojů energie (avšak neobnovitelných).

Za malé větrné elektrárny se považují turbíny s nominálním výkonem menším než 60 kW a průměrem vrtule do 16 m. Nejvýznamnější kategorií jsou elektrárny do 10 kW, které dále dělíme na mikroelektrárny (výkon do 2,5 kW, průměr vrtule 0,5 – 3 m, výroba stejnosměrného proudu při napětí 12 V nebo 24 V, určené výhradně k nabíjení baterií, které posléze slouží k osvětlení a napájení spotřebičů) a elektrárny s výkonem 2,5 – 10 kW (průměr vrtule 3 – 8 m, napětí 48 – 220 V, určené pro vytápění domů, ohřev vody, případně pohon motorů).

2.4.1 Základní konstrukce větrné elektrárny

I když typů větrných turbín je mnoho, všechny mají podobné základní uspořádání. Základními částmi jsou: lopatky (na obrázku č. 1), rotor (2), mechanismus natáčení lopatek (3), brzda rotoru (4), převodovka (6), nízkorychlostní a vysokorychlostní hřídel (5, 12), generátor (7), řídicí elektronika (8), anemometr (9), lopatka pro určení směru větru (10), gondola (11), systém natáčení gondoly (13, 14), stožár (15):



Obr. 8 Konstrukce větrné elektrárny

Gondola je tělo, ve kterém je umístěna celá strojová část elektrárny. Rotorem je vrtule s horizontální osou rotace s 2 - 5 lopatkami. Ty jsou většinou ze sklolaminátu a jejich tvar je konstruován tak, aby umožňoval přenášení síly větru na rotor s největší účinností (40 – 45 %). Převodovka slouží k přeměně mechanické energie na elektrickou. Pro malé větrné elektrárny se obvykle používají stejnosměrné generátory (pro dobíjení baterií). Kontrolní systém je rozdělen na část technickou (řídicí počítač a ovládací prvky) a programovou (sledování chodu). Natáčení strojovny ve směru větru zajišťuje ocasní lopatka, boční pomocné rotory a elektromotory. Stožáry jsou pro co největší pevnost a nejmenší odpor většinou trubkové (z oceli nebo betonu), u menších elektráren se můžeme setkat jen s trubkou ukotvenou lany.

2.4.2 Kritéria výběru vhodné lokality

Nejlepší podmínky pro využití větrných elektráren jsou zajisté v přímořských oblastech, avšak i v České republice existují vhodné oblasti. Je však zejména nutné vytipovat místo s dostatečnou roční průměrnou rychlostí větru. Dalšími aspekty ovlivňujícími výběr lokality jsou: umístění lokality, geologické podmínky, přístupnost pro stavební mechanismy, majetkoprávní vztahy k pozemku, vzdálenost elektrického vedení a kapacita trafostanice, ochrana přírody atd. U malých elektráren je důležitá zejména bezpečnost – pokud máme turbínu na zahradě či na střeše, musí být opravdu vhodně umístěna kvůli bezpečnosti dětí, ptactva apod. Samozřejmě čím výše turbínu umístíme, tím lépe. V ČR je nevýhodou, že běžné obytné domy stojí příliš blízko u sebe, takže větrné podmínky nejsou velmi dobré.

2.4.3 Výrobci malých větrných elektráren v ČR

Mezi přední výrobce malých větrných turbín u nás patří firmy Agroplast Olešnice, AVEE Hranice, Bohemia Vráběč – Boršov, EfEf Omice, MEA Brno a TAA WIN Brno.

3 DESIGNÉRSKÁ ANALÝZA

Velkých i malých větrných elektráren existuje z hlediska konstrukce velké množství, což ovlivňuje jejich estetickou rozmanitost. Základními typy jsou elektrárny horizontální, vertikální a jako novinka i létající. Úlohou designu je v tomto případě zejména podpořit výkonnost větrných elektráren (nahnat do nich více vzduchu, zlepšit možnosti otáčení po směru vzduchu apod.) a zlepšit jejich vzhled, jelikož malé větrné elektrárny jsou umísťovány na soukromé pozemky a do zastavěných oblastí (a dotváří tamní prostředí).

Větrná energie jako obor se může zdát poměrně neumělecká. Je to mladý obor a u turbín je důležitější funkčnost a výkonnost než jejich vzhled. Avšak s nástupem malých větrných elektráren je nově kladen i důraz na estetickou funkci. V blízké budoucnosti tak budeme dle mého názoru moci sledovat vývoj turbín i v tomto směru.

3.1 Typy elektráren s horizontální osou

Základním požadavkem na tento typ turbín je schopnost natáčení se po směru větru. Je to nejhojněji se vyskytující typ větrných elektráren, ať už malých či velkých. Konstrukčně jsou si tedy velmi podobné, lišit se mohou počtem a tvarem lopatek a tvarem ocasní lopatky či bočních křídel. Avšak i ve zdánlivě tak neuměleckém oboru je možné se designově realizovat, což zaznamenáváme zejména v posledních letech.

3.1

3.1.1 Klasika mezi turbínami

Nejtypičtějším a jistě také osvědčeným tvarem je vrtule se 2 – 5 lopatkami. Z mnoha výrobců jmenuji například italskou firmu Flexi Energy či německou Superwind.

3.1.1



Obr. 9 Turbína firmy Superwind



Obr. 10 Turbína firmy Flexienergy

3.1.2 Architectural Wind

Designově propracovanějším modelem je tzv. Architectural wind od firmy AeroVironment. Je to turbína určená k přimontování na okraj střechy budovy tak, aby zachytila vítr, který je rychle tlačěn po stěně budovy nahoru.



Obr. 11 Turbína Architectural wind

3.1.3 Turbína Windtronics

Tento velmi propracovaný typ je vyvinut tak, aby se lopatky roztočily již při rychlosti 2 míle za hodinu (3,2 km/hod). Místo převodů má v koncích lopatek magnety, díky kterým vyrábí elektřinu při nižším odporu. Tento model byl v roce 2009 oceněn cenou Breakthrough Technology Award amerického časopisu Popular Mechanics a v roce 2010 prestižní cenou Edison Award.



Obr. 12 Turbína firmy Windtronics

3.1.4 Japonská turbína LoopWing

Tento model byl představen v roce 2006 na japonském veletrhu Eco-Products a o rok později získal ocenění od tokijského zastupitelstva za inovativní technologii. Jeho lopatky se roztočí již při rychlosti 1.6 m/s. Lopatky jsou zahnuty tak, že oba jejich konce jsou připojeny k hřídeli, čímž lze předejít některým problémům, jako je hluk, vibrace a hmotnost. Tento model navíc vypadá z estetického hlediska velmi dobře a promyšleně.



Obr. 13 Turbína LoopWing

3.1.5 Turbína Enflo 0071

Tuto malou větrnou elektrárnu začala vyrábět švýcarská firma Enflo-Windtec v roce 2006. Zaručuje vyšší výkonnost, nižší cenu za kW, žádný stroboskopický efekt vržených stínů, nízké náklady na instalaci a žádné náklady na údržbu. Elektrárna by měla generovat 500 wattů při rychlosti 14 m/s.

3.1.5



Obr. 14 Elektrárna Enflo 0071

3.1.6 Elektrárna SpiralAirfoil

Tento model na první pohled ani nevypadá jako větrná elektrárna. Navíc s každým jemným závanem se promění v hypnotizující spirálu. Je to však velmi účinná elektrárna, a to zejména díky své lehkosti a velké ploše „lopatek“. Tyto lopatky jsou na rozdíl od ostatních turbín vyrobeny z odolného plastu, který může být navíc natřen barvou, která ladí s domem. Mezi lopatkami nejsou žádné mezery, takže tento model není nebezpečný pro ptactvo.

3.1.6



Obr. 15 Elektrárna SpiralAirfoil

3.1.7 Větrné farmy firmy Jetpro Technology

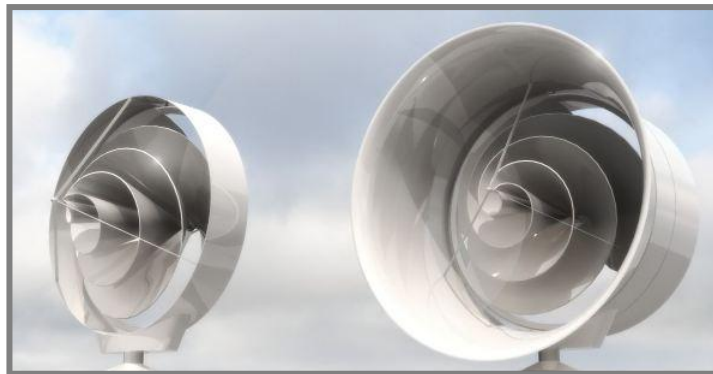
Tato taiwanská firma pro své turbíny navrhla speciální držáky, aby bylo možné umístit více turbín na jedno místo. Jedna turbína má průměr 68 cm a začíná se otáčet přibližně při rychlosti větru 3 m/s.



Obr. 16 Model JPS-600 firmy Jetpro Technology

3.1.8 The Archimedes

Tato turbína vychází konstrukčně ze známého Archimedova šroubu. Výhodou je, že je možné ji použít jako větrnou elektrárnu, ale také jako hydroelektrárnu po umístění pod vodní hladinu. Vyrábí ji nizozemská firma The Archimedes. Principiálně je design této turbíny velmi jednoduchý, ale dle mého názoru povedený a zajisté by ho lidé upřednostnili před ostatními typy turbín.



Obr. 17 Turbíny The Archimedes

3.2 Typy elektráren s vertikální osou

Základem konstrukce těchto typů je svislá tyč, kolem které rotují lopatky. Není tedy třeba, aby se turbína natáčela za směrem větru, protože je schopna reagovat na vítr ze všech směrů. Jejich další výhodou je, že nemají žádné „konce“ lopatek, jak tomu je u horizontálních turbín, takže nedělají takový hluk.

3.2.1 PacWind Seahawk – nenápadná klasika

3.2.1

Klasický příkladem je turbína Seahawk od firmy PacWind, Inc., která je konstrukčně i vzhledově nenáročná, ale velmi elegantní a nenápadná, což se v zastavěných oblastech zajisté ocení.



Obr. 18 Turbína Seahawk

3.2.2 Torch Style Wind Turbine

3.2.2

Velmi elegantně vyřešila větrnou turbínu čínská firma Green Power, která ve svém návrhu vycházela z tvaru pochodně. Sestává se z dvou zatočených lopatek, které pohltnou velké množství větru ze všech směrů. Působí tvarově velmi organicky.



Obr. 19 Turbína čínské firmy Green Power

3.2.3 Quiet Revolution

3.2.3

Elegantní zatočený design lopatek této elektrárny zaručuje pravidelnou rotaci i při nárazových větrech, nízkou hlučnost a eliminaci vibrací. Na výšku má tento model 5 m a v průměru 3 m a stojí na sloupu vysokém 9 m.



Obr. 20 Quiet Revolution

3.2.4 Turbína Vindz 1000

Tento model vychází tvarově z mističkového anemometru – zachytává velmi účinně vítr do lopatek tvaru misek. Vyrábí ji firma Vindz Power.



Obr. 21 Turbína Vindz 1000

3.2.5 Elegantní obr

Tento typ má pouze dvě obrovské lopatky (průměr 424 cm), je nutno je na střeše domu postavit na podestu. Velké lopatky zaručují větší stabilitu a odolnost prudkým větrům, ale nejsou tak citlivé na vítr o nižších rychlostech.

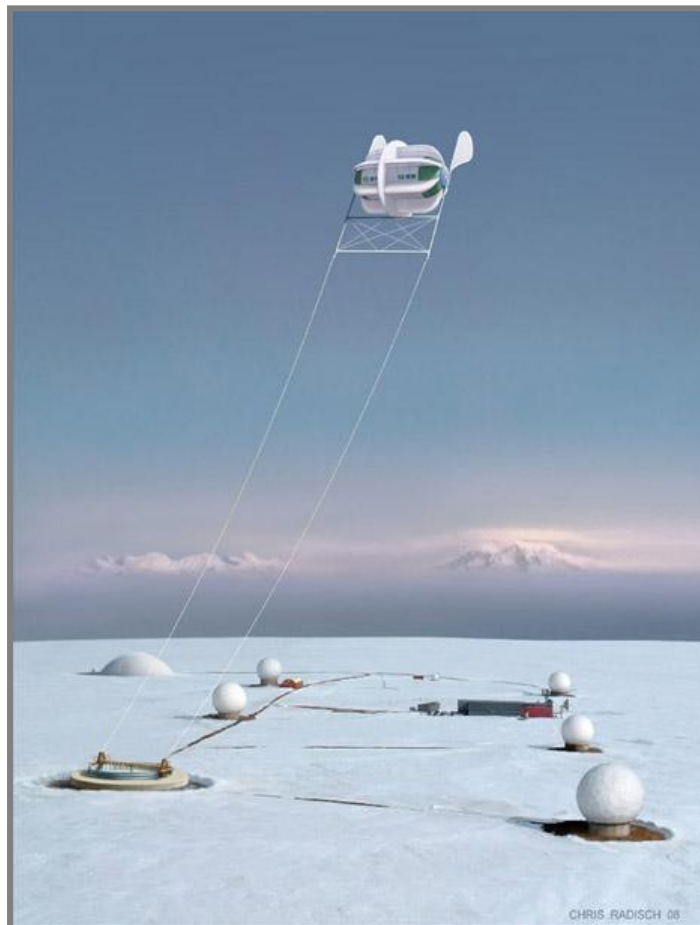


Obr. 22 Turbína firmy Enviro-Energies

3.3 Létající elektrárny

Jelikož rychlost větru se zvyšuje s nadmořskou výškou, vznikl nový koncept větrných turbín létajících ve vzduchu a uchycených na laně. Mohou létat například ve výšce 350 m a účinnost tím velice vzroste.

Příklady takových elektráren jsou modely MARS 10kW a MARS 100kW od firmy Magenn z let 2008 a 2010. Jsou výborné pro použití v místech špatně přístupných pro techniku, pro arktické výpravy a zejména pro rozvojové země.



Obr. 23 Příklad použití létající elektrárny MARS

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Po historické a technické rešerši a zmapování výrobků na českých i světových trzích jsem se rozhodla navrhnout kryt na větrnou elektrárnu firmy Windtronics (model BTPS6500), zmíněnou výše v kapitole 3.1.3. Tato turbína má jednoduchý geometrický tvar vycházející z kružnice (o průměru 160 cm), tudíž bude možno na ni přizpůsobit větší množství krytů než například na turbíny s vertikální osou otáčení. Dalším důvodem byl fakt, že tato turbína po namontování ze střechy nepřírozně vyčnívá, takže by bylo vhodné ji krytem tvarově více zkloubit a navázat na plochy střechy. V neposlední řadě byla důvodem mého výběru velká uživatelská oblíbenost tohoto výrobku v Evropě i v USA. Tím vzniká důraz na individualitu designu krytu pro různé spotřebitele.

Kromě krytu bylo potřeba navrhnout i jeho podpůrnou a nosnou konstrukci, protože turbína s krytem bude o dost těžší a rozměrnější a tudíž nosná konstrukce turbín Windtronics nebude dostačující.

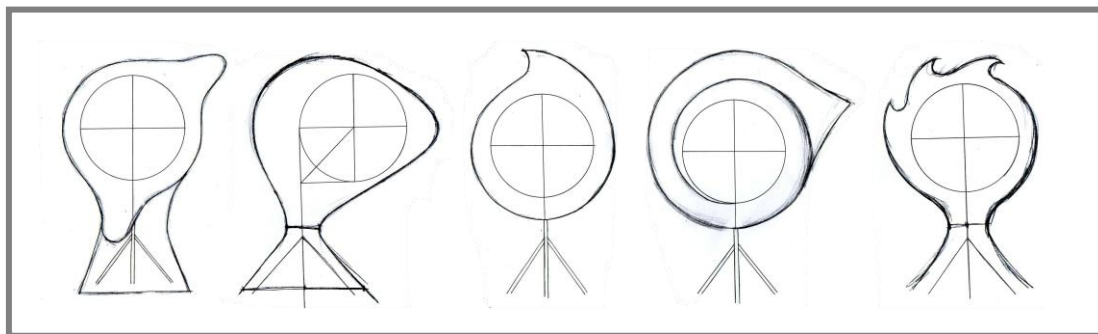
Základními podmínkami, které bylo nutno při navrhování krytu dodržet, byly:

- technické uspořádání komponent turbíny Windtronics
- požadavek rotace turbíny za směrem větru
- malá hlučnost provozu a nenáročnost údržby
- malá hmotnost krytu a vhodné rozměry, stabilita
- estetická vospěllost a nadčasovost designu

Navíc jsem si položila za cíl alespoň mírně tvarem navrženého krytu zvýšit účinnost turbíny, tj. přivést do ní více vzduchu, zvýšit její stabilitu apod.

4.1 První varianta – organický tvar

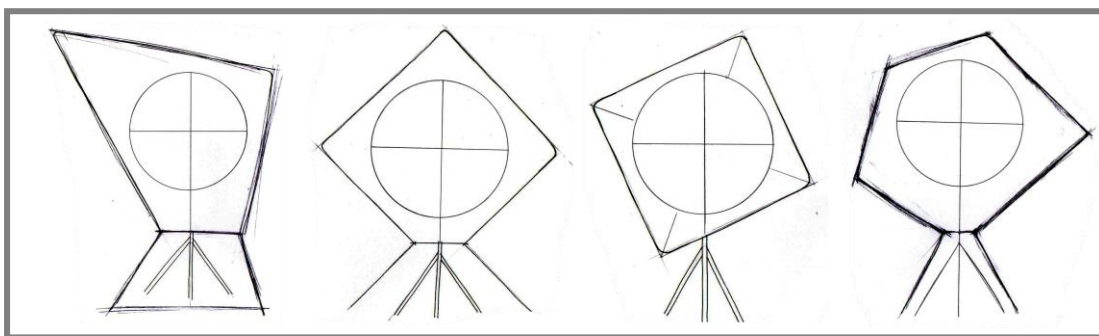
Jako první návrhy se zrodily skici vycházející z myšlenky proudění větru a jeho symbolických vlastností jako jednoho ze základních živlů. Takto vznikaly tvary organického původu: ladné křivky vycházející z tvaru listů, spirál, plamenů apod. Nevýhodou některých těchto návrhů byla neschopnost turbíny natáčet se za směrem větru a v některých případech by také mohla při vysokých rychlostech větru vznikat příliš velká páka (nápor na místa krytu vzdálená od upevnění) a tím by došlo k narušení stability (třetí a pátý obrázek). Vycházet tvarově ze spirály by bylo také nekonstruktivní z důvodu nerovnoměrného přísunu vzduchu do turbíny – lopatky by v takovémto případě byly nepravidelně namáhány a rozdílně opotřebovávány, což by způsobilo zkrácení doby životnosti elektrárny.



Obr. 24 První varianta návrhu

4.2 Druhá varianta – čistě geometrický tvar

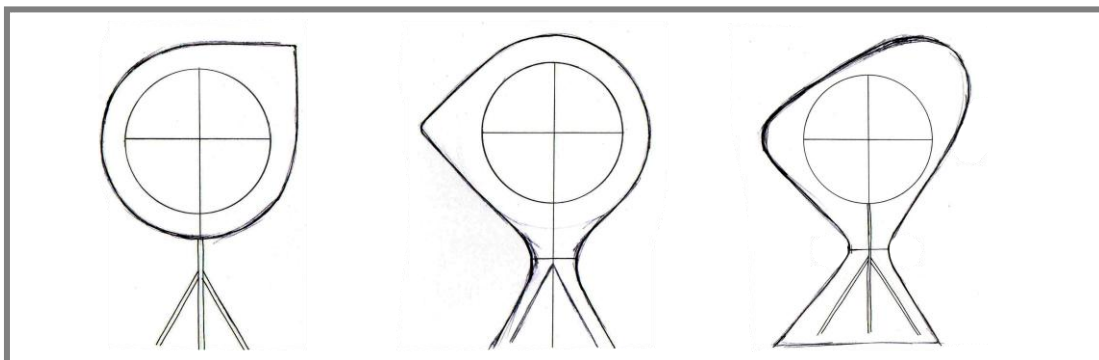
Opakem první varianty byly skici kombinující tvrdé hrany a ostré úhly. Tato varianta vznikla jako reakce na symbolické oblé křivky proudění vzduchu, které jsem se snažila ostrými tvary krytu vykompenzovat a přivést tak kompozici do rovnováhy. Avšak při uvážení základního tvaru turbíny, který vychází z kružnice, nebylo vhodné takto ostré hranaté tvary použít. Tyto tvary by také ostře kontrastovaly s hranami střechy a tím by byla celá kompozice příliš ostrá a působila by na uživatele nepříjemně až drsně. Navíc stejně jako v první variantě by některé tvary mohly narušit stabilitu elektrárny (první návrh v sérii níže). Bylo tudíž potřeba se v návrzích posunout ještě dále a pokusit se o vytvoření tvarové harmonie mezi krytem a samotnou turbínou.



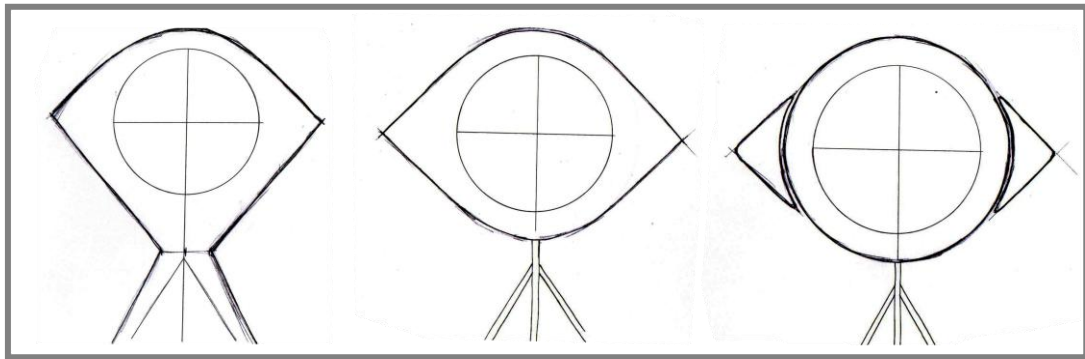
Obr. 25 Druhá varianta návrhu

4.3 Výsledný tvar

Výsledný tvar krytu vychází stejně jako turbína sama z kružnice. Touto volbou se naskytlo mnoho kompozičních řešení kombinujících kružnici jak s ostrými geometrickými tvary, tak i s organickými křivkami, jak je vidět na skicích níže. Potupně vznikla myšlenka, že nejlepší bude symetrický tvar a bylo by vhodné využít samotný tvar krytu i jako nástroj pro určování směru větru a následné otočení turbíny čelně k tomuto směru. Podobně jako u všech předchozích variant i vývoj profilu finální verze vycházel z trychtýřovitého tvaru. Tento tvar esteticky i aerodynamicky podporuje dojem vyšší účinnosti díky nahnání většího proudu větru do turbíny.



Obr. 26 Cesta k výsledné variantě návrhu I.



Obr. 27 Cesta k výsledné variantě návrhu II.

Jako výslednou variantu jsem zvolila prostřední návrh z obrázku č. 27. Tento návrh je tvarově nejčistší, elegantní, minimalistický a bude dobře působit i v prostorovém ztvárnění. Z profilu jsem již od začátku přemýšlela o tvaru vycházejícím z trychtýře, jen poněkud organičtěji tvarovaným, aby umožnil přivést do turbíny více vzduchu a alespoň mírně tak zvýšil její účinnost. O prostorovém tvarování více v kapitole 6.

5 ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Jelikož větrná elektrárna bude umístěna na střeše a člověk s ní nebude běžně v kontaktu a kryt ani nemá sloužit přímo jemu, není třeba se zabývat ergonomickým tvarováním, které by bylo přizpůsobeno křivkám a rozměrům lidského těla podle všeobecně uznávaných norem. Důležité však je usnadnit pokud možno co nejvíce manipulaci s krytem, jeho montáž a následnou údržbu. Kryt má však z ergonomického hlediska jiné kladné vlastnosti a přínosem je zejména tlumení hluku turbíny a redukce stroboskopického efektu.

5.1 Montáž a bezpečnost

5.1

V podstatě jediný osobní kontakt uživatele s krytem nastává v okamžiku jeho montáže na střešní turbínu. Ta je řešena co možná nejjednodušeji a to přímo na její základní rám pomocí jednoduchého mechanismu, kdy je kryt rozdělen na 3 větší části (popis viz kapitola 8.3), které se do sebe pouze zasunou a poté se na ně našroubuje směrová lopatka. Samozřejmě i tato práce by měla být z hlediska bezpečnosti uživatele vykonávána kvalifikovanými pracovníky. Nejlepším řešením by byla možnost zakoupit turbínu již s připevněným krytem a celou tuto soustavu posléze namontovat na střechu pomocí dostupných kotvících prvků společnosti Windtronics, díky kterým je možno turbínu namontovat jak na šikmou, tak i na plochou střechu či například na sloup nebo nějakou prutovou konstrukci.

Díky tomu, že kryt chrání turbínu před nepříznivými vlivy počasí, a díky jeho tvarovému řešení není po montáži nutná častá ani nijak náročná údržba krytu ani turbíny. Kryt nezadržuje déšť ani sníh – tyto přirozeně stékají po jeho plochách dolů. Uživatel tudíž nemusí zbytečně často lézt na střechu (například kvůli čištění krytu či turbíny), což by mohlo být nebezpečné a znepokojující.

Z hlediska bezpečnosti je také důležité, že kryt je vyroben z nevodivých materiálů a nepřitahuje tudíž při bouři blesky. Kryt také vymezuje celý prostor turbíny, takže je při pohybování kolem ní jasné, kam by člověk neměl strkat ruce a jak by se měl kolem turbíny v provozu pohybovat. Toto také zabraňuje průletu ptáků skrz turbínu a tím šetří jejich životy.

5.2 Další ergonomické aspekty

5.2

Důležitou funkcí krytu z hlediska ergonomie je omezení hlučnosti turbíny a také stroboskopického efektu. Tento efekt vzniká při otáčení turbíny a znamená rytmické vrhání stínů lopatek na zem, což je pro lidské oči a psychiku velice nepříjemné a výrobci všech turbín se tento efekt snaží co nejvíce potlačit. Kryt zastiňuje turbínu tak, že slunce skrz ni svítí pouze v brzkých ranních a pozdních večerních hodinách, takže při otáčení turbíny vrhají lopatky stín pouze v těchto hodinách a tím pádem horizontálním směrem do dálky (případně na sousední dům), takže tyto stíny jsou jemné a často v nedohlednu. Během dne však kryt zastiňuje turbínu úplně a lopatky vrhají stín jedině přímo zevnitř na kryt.

Na střechu se člověk běžně dívá z úrovně země, čili i na turbínu bude pohlížet zejména ze spodního pohledu. Kryt je z tohoto pohledu esteticky příjemný, nijak nenarušuje dojem z okolního prostředí a ani úplně nezakrývá turbínu, takže je možné ji sběžně kontrolovat pohledem ze země.

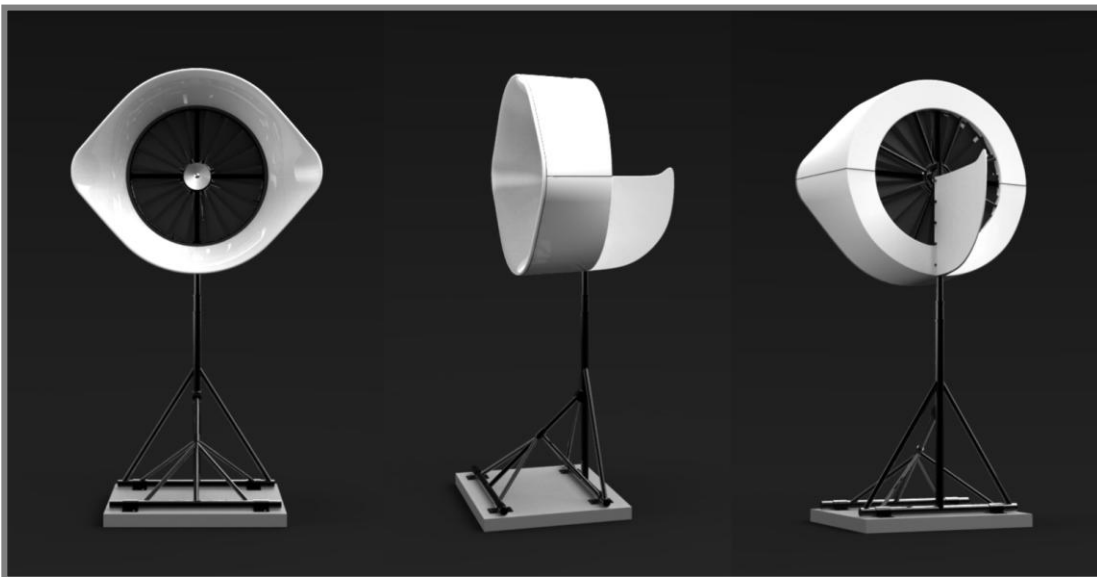
6 TVAROVÉ (KOMPOZIČNÍ) ŘEŠENÍ

Základním požadavkem bylo pomocí krytu navodit tvarovou harmonii v kompozici střecha–turbína s uvážením toho, že střecha rodinného či bytového domu má většinou tvar štítu, čili jde o geometrické tvary s ostrými úhly, přičemž tvar turbíny Windtronics vychází z kružnice. Logickým řešením tedy bylo spojit tyto dva typy a propojit tvar kružnice s ostrými úhly střechy. Po mnoha skicách a variantních studiích vznikl jednoduchý čistý tvar vycházející z propojení kružnice a čtverce, který v čelním pohledu činí dojem jakéhosi oka, v jehož středu se budou otáčet lopatky turbíny.

Z bočního pohledu jsem už od začátku přemýšlela o trychtýřovitém tvaru složeném ze dvou plášťů (od okrajů krytu směrem k turbíně se postupně zmenšuje průměr základní kružnice), který by umožnil zvětšit proud vzduchu přivedený do turbíny. V průřezu je kryt dutý, jeho pláště vycházejí z vnitřní a vnější hrany základního rámu turbíny a spojují se v přední části. Tato myšlenka přetrvala až do finálního řešení a zdokonalovala se v detailech. Jde zejména o to, aby kryt při určitém zvýšení účinnosti turbíny stále vypadal elegantně a aby bylo zjevné, že nejdůležitějším aspektem je výtvarné řešení.

Základní tvarovou variantou je kryt o šíři 1900 mm. Pomyslná horní a dolní hrana vnějšího obrysu krytu je z profilu téměř vodorovná a trychtýřovitě se sbíhá pouze vnitřní plocha, která musí zůstat jednoduše, aby nějaké její nerovnosti nezpůsobovaly výkyvy rychlosti větru přicházejícího do turbíny a tím nerovnoměrnou zátěž lopatek. Z tohoto důvodu jsou všechny konstrukční spáry pouze na vnějším povrchu. Tyto spáry navazují na tvar směrové lopatky a tím ucelují celkový vzhled obou hmot.

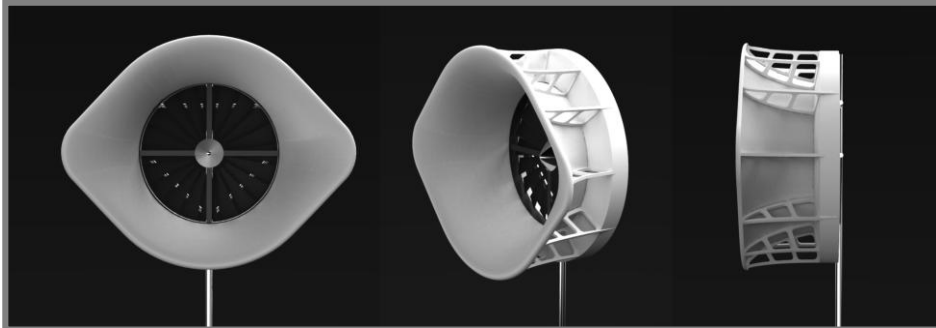
Součástí komplexního tvarového řešení je i nosná konstrukce, která se skládá ze svařených trubek (viz kapitola 8) a základní betonové desky.



Obr. 28 Finální návrh krytu s nosnou konstrukcí

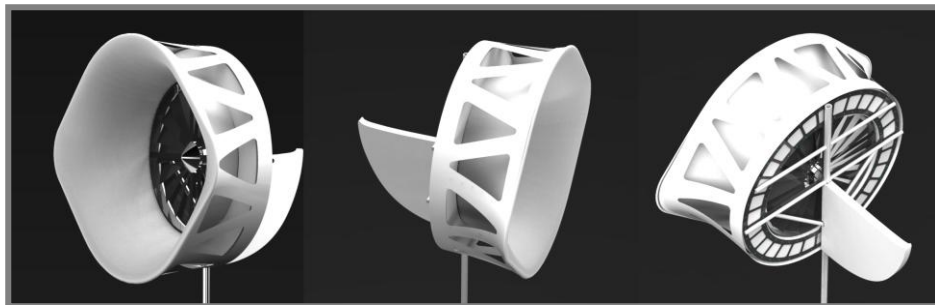
6.1 Tvarové varianty

V průběhu navrhování vznikaly i další varianty co se týče odlehčení krytu či jeho dělení. Níže můžeme vidět variantu s přiznanými žebry, která však působí neuceleně.

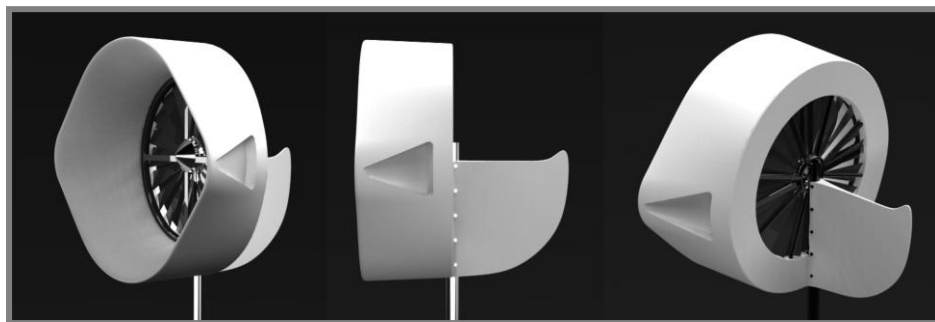


Obr. 29 Varianta s přiznanými žebry

Další variantou byl kryt s trojúhelníkovými výřezy ve vnějším plášti, díky kterým je kryt fyzicky i opticky odlehčen (obr 30). Na taškové střeše však tento kryt může vypadat příliš členitě. Z toho důvodu dále vznikla jednodušší varianta pouze se dvěma prolisy na stranách, která je zobrazena na obrázku 31. Nejlepší variantou však stále zůstala původní verze, a to z důvodů estetických, technických i ekonomických.



Obr. 30 Varianta s prolisy po celém obvodu



Obr. 31 Varianta se dvěma prolisy

6.2 Směrová lopatka

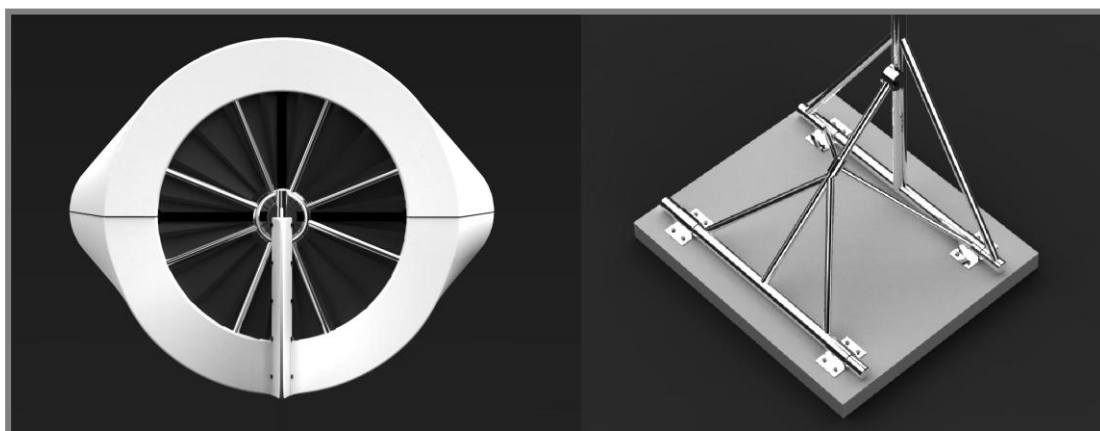
Na kryt tvarově navazuje i směrová lopatka umístěná na zadní straně turbíny v její svislé ose. Křivky obrysu lopatky navazují na křivky průřezu krytu. Funkcemi této lopatky je stabilizace turbíny ve větru a umožnění natačení turbíny za směrem větru tak, že vítr se opře do plochy lopatky a natočí turbínu tak, že vítr bude proudit rovnoběžně s horizontální hranou lopatky. Je tedy důležité, aby plocha směrové lopatky byla větší než plocha samotného krytu ve všech potenciálních směrech proudění vzduchu, což je ve finální verzi návrhu splněno. Lopatka je s krytem provázána také díky konstrukčním spárám, které vedou horizontálně v ose turbíny, stejně tak jako horní hrana lopatky.



Obr. 32 Směrová lopatka

6.3 Nosná konstrukce

Kryt je vyztužen trubkovým svařencem, který je schovaný ve vnitřním prostoru mezi vnějším a vnitřním pláštěm a v zadní části jsou na něj navařeny další trubky, které směřují do středu turbíny, kde se spojují a navazuje na ně základní nosná trubka. Tvarové schéma tohoto svařence a také spodní nosné konstrukce vychází stejně jako tvar krytu z kružnice a z trojúhelníků. Konstrukční řešení je popsáno v kapitole 8.



Obr. 33 Nosná konstrukce krytu a celé elektrárny

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Minimalistický tvar krytu umožňuje celkem širokou škálu barevných variant. Lze jej řešit jak jednobarevně, tak i nějak členitě s jinak barevnými částmi – například barevně oddělit konstrukční spáry. Použitými materiály jsou laminát a ocelové trubky, což jsou materiály, které je možno povrchově upravit mnoha způsoby.

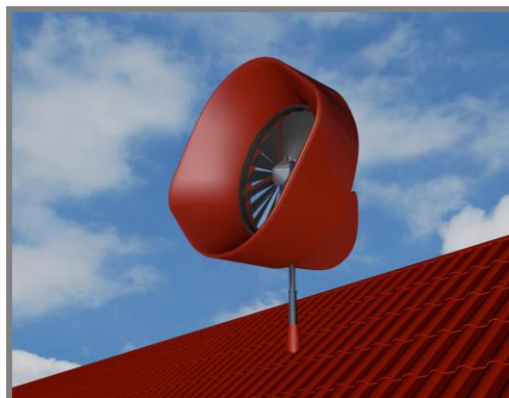
Základní barevnou variantou je kryt v bílé lesklé barvě a trubková konstrukce v černé lesklé úpravě. Oba tyto materiály lze však barevně uzpůsobit prostředí v místě použití – kryt může být barevně sladěn s omítkou domu, s barvou střešní krytiny či s nimi naopak kontrastovat, aby poutal pozornost. Důležité je, aby lak krytu nebyl příliš lesklý z důvodu velké odrazivosti světla.

Bílou variantu jsem zvolila jako základní z důvodu její elegance a čistoty. Při pohledu na turbínu ze země nebude bílé provedení působit nijak křiklavě a bude příjemně nenápadné ve svém okolí.



Obr. 34 Základní barevné provedení

Někteří uživatelé by jistě uvítali i možnost, kdy by barva krytu byla stejná jako barva střešní krytiny. Tato varianta je znázorněna na obrázku 36.



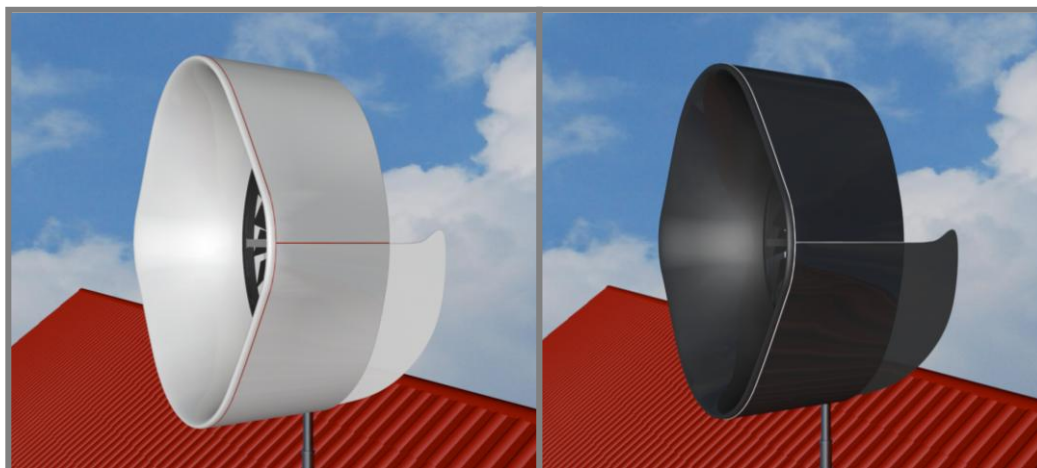
Obr. 35 Kryt v barvě střešní krytiny

Dalšími možnostmi jsou zejména pastelové či neutrální barvy. Volila jsem variantu černou, vanilkovou a šedomodrou. Černý a šedomodrý kryt by se hodil zejména na průmyslové stavby či na ploché střechy. Vanilkovou jsem zvolila z důvodu její oblíbenosti v použití na omítkách rodinných domů.



Obr. 36 Barevné varianty

Zajímavé provedení by vzniklo barevným rozlišením ploch krytu a konstrukčních spár. Celkovému vzhledu to tak dodá určitý vtíp, odlehčení a tvarové propojení se směrovou lopatkou.



Obr. 37 Barevně odlišené spáry

8 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

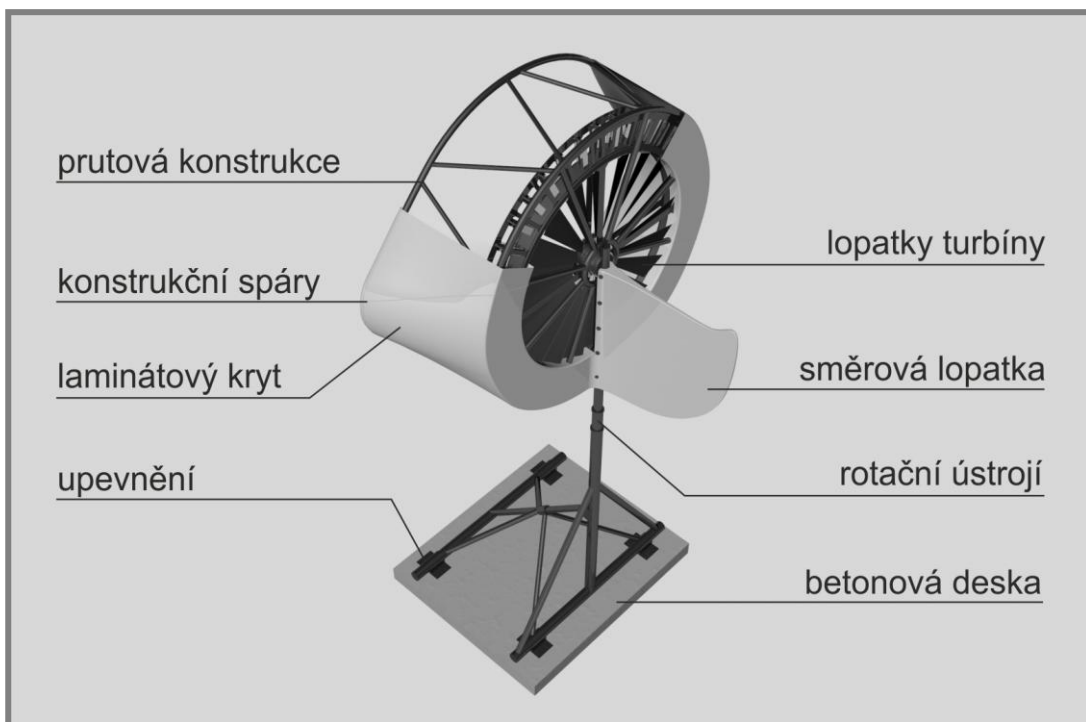
Jelikož laminátový kryt je o dost větší a těžší než samotná turbína, bylo nutné řešit návrh krytu komplexně i s jeho nosnou konstrukcí a také vyztužit kryt zevnitř pomocí ocelových trubek. Tím bude zajištěna stabilita turbíny a také pevnější spoj mezi turbínou a krytem.

Celá konstrukce bude rozebíratelná na jednotlivé části (viz kapitola 8.2) a po smontování u zákazníka bude přišroubovaná k základní betonové nosné desce. Pro snadnou manipulaci a kompletaci krytu je nutno vyrobit jednotlivé části z běžně dostupných, lehkých, ale zároveň odolných materiálů, které bude možno k sobě navzájem přišroubovat.

8.1 Vnitřní uspořádání

Turbína firmy Windtronics má tyto základní části: základní rám, lopatky, soustava magnetů, středová hřídel, nosná konstrukce. Tyto části musí být samozřejmě všechny zachovány. Jedinou změnou bylo přetvoření nosné konstrukce, která se nyní skládá z ocelových trubek o průměru 30 mm a to tak, že podél přední i zadní hrany krytu vede obruč, na kterou jsou navařeny spojovací trubky, které vyztužují kryt zevnitř. Ze zadní obruče dále vedou trubky do středu turbíny, kde je přivařena základní trubka o průměru 60 mm, která je nasazena na rotační ústrojí a na nosnou trubku, která má průměr 80 mm. Ta se v dolní části větví v zavětrovací konstrukci.

Snahou bylo schovat co možná největší část trubek dovnitř krytu, aby nenarušovaly estetický dojem a zároveň aby byly chráněny před nepřízní počasí.

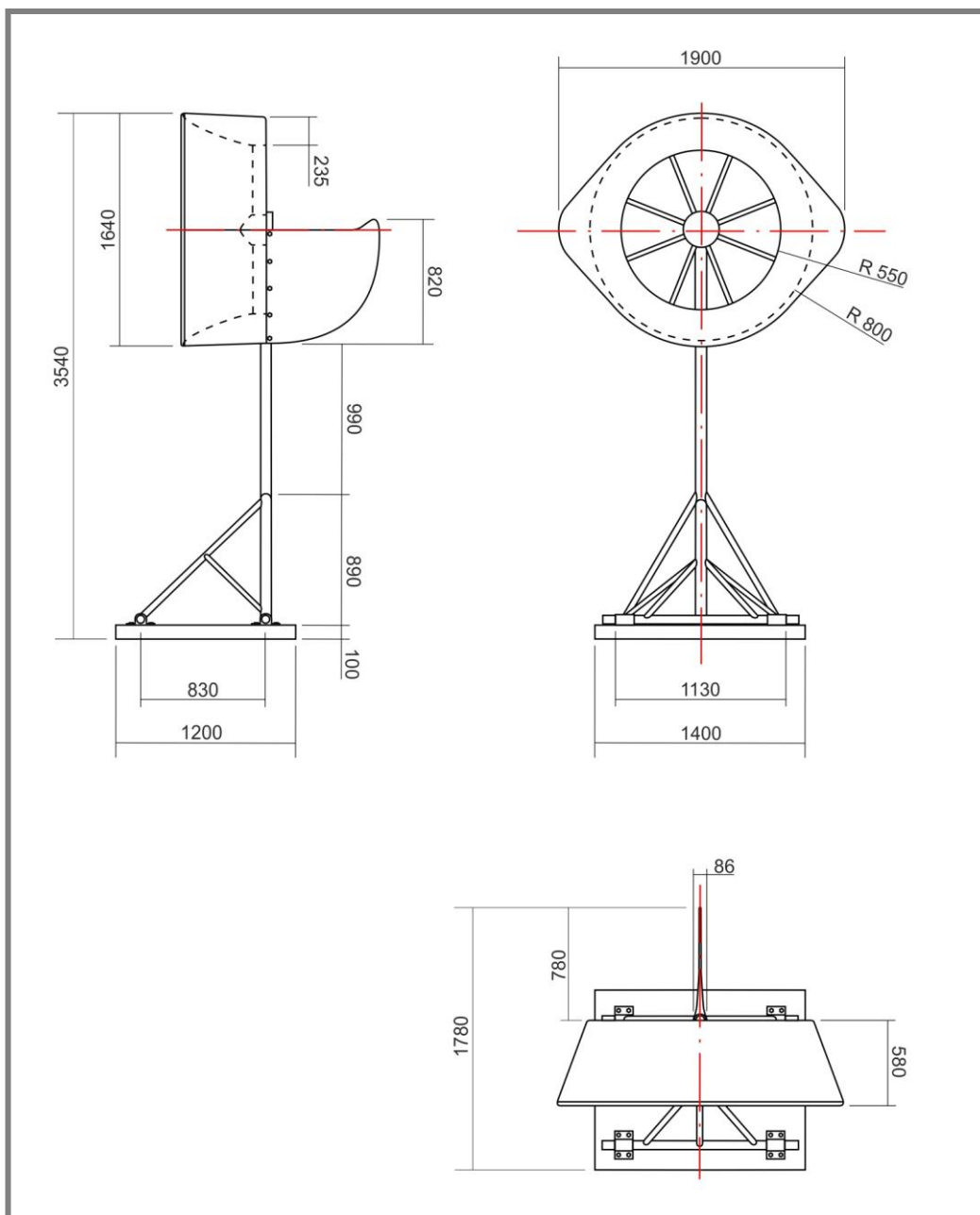


Obr. 38 Schéma rozložení částí turbíny a řez krytem

8.2 Rozměry

Na orientačním výkrese níže jsou zakótovány nejdůležitější rozměry krytu včetně tyčové nosné konstrukce. Výkres je v měřítku 1:50, rozměry jsou udávány v milimetrech. Čárkovaná čára znázorňuje neviditelné hrany – vnitřní průběh krytu a zjednodušenou středovou hřídel turbíny.

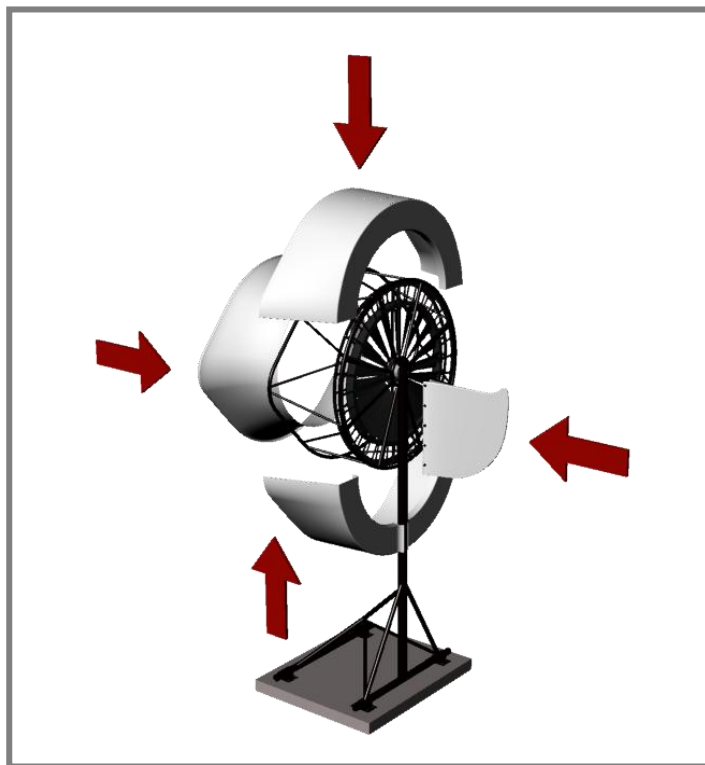
Rozměry samotného krytu jsou 1900 x 1640 x 580 mm (š x v x h), rozměry celku s nosnou konstrukcí jsou 1900 x 3540 x 1780, směrová lopatka má v nejširším místě tloušťku 86 mm, v nejvyšším místě výšku 820 mm a délku 780 mm. K nosné tyči je připevněna pět páry šroubů.



Obr. 39 Orientační výkres M 1:50

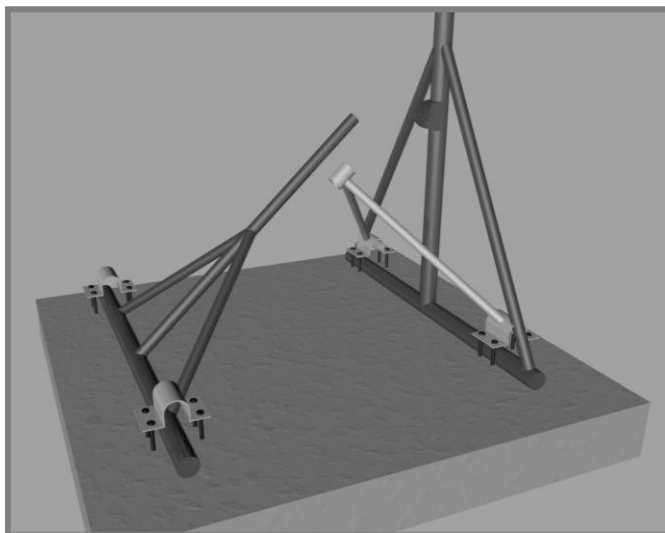
8.3 Sestavení krytu a nosné konstrukce

Jak již bylo řečeno výše v kapitole 6, kryt se skládá ze dvou plášťů – jeden vychází z předního vnitřního obvodu a druhý ze zadního vnějšího obvodu základního rámu turbíny. Tyto pláště se ze zadní části postupně sbíhají a vepředu se spojují do oblého lemu. Celý kryt však nemůže být vyroben v celku, a to jak z důvodu technického, tak i z důvodu pozdější kompletace krytu na místě použití a aplikace na turbínu. Je tedy nutné rozdělit kryt na tři části – vnitřní plášť může zůstat v celku a vnější plášť je asymetricky rozdělen na dvě poloviny. Všechny tyto tři části stačí do sebe zasunout (vnitřní plášť se na turbínu nasune zepředu a vnější zezadu) a sešroubovat k sobě. Směrová lopatka se posléze přišroubuje k nosné tyči. Schéma tohoto sestavení je na obrázku níže. Výhodou tohoto řešení je snazší manipulace (včetně převozu od distributora k zákazníkovi) s jednotlivými částmi, jejich kompletace na místě použití a také možnost kdykoliv kryt rozebrat z důvodu čištění, přemístování apod.



Obr. 40 Schéma kompletace krytu

Pro snazší převoz a kompletaci bylo třeba rozčlenit i zavětrovací konstrukci. Vzniklo tak několik samostatných plochých svařenců, které lze jednoduše do sebe zasunout a sešroubovat a případně opět rozložit. Schéma skládání jednotlivých částí do sebe je na obrázku níže.



Obr. 41 Schéma složení nosné konstrukce

8.4 Materiály

Nejvhodnějším materiálem pro výrobu tohoto krytu je laminát, který lze tvářet do různých tvarů pomocí lisování na formy. Je to materiál běžně používaný například pro výrobu lodí, velkých nádob, skluzavek a krytin. Jeho výroba a tváření jsou průmyslově nenáročná a finančně nenákladná, velkou výhodou je možnost sériové výroby, což také ve výsledku sníží cenu výrobku. Tento materiál je velmi pevný, trvanlivý a odolný, ale zároveň lehký. Dobře poslouží i pro výrobu zadní směrové lopatky, která tedy bude dutá a díky tomu lehčí.

Trubková konstrukce bude vyrobena z pevných ocelových trubek o průměru 20 až 30 mm, které budou navzájem posvařovány a napojeny na výše zmíněné kruhy v předním a zadním lemu krytu. Hlavní nosná trubka musí mít z důvodu stability průměr alespoň 80 mm.

8.5 Umístění na střeše

Z důvodu stability a lepšího estetického působení bude elektrárna ukotvena již pod střechou v půdních prostorách a ne až na střeše. Tento způsob je možný díky speciálním střešním anténním či prostupovým taškám, které jsou běžně dostupné na českém trhu a díky široké škále kotvicích dílů nabízených přímo společností Windtronics. Důsledkem tohoto způsobu upevnění bude větší stabilita elektrárny (nad povrch střechy bude vyčnívat pouze samotná turbína bez kotvicí konstrukce) a lepší vzezření celé kompozice střecha–turbína–kryt. Možnost natáčení za směrem větru ani jiné funkce turbíny nebudou omezeny.



Obr. 42 Umístění na střeše

9 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU

9.1 Psychologická funkce

Důležitými vlastnostmi produktu z hlediska psychologického působení na uživatele jsou zejména: proporce, barva, světlo, umístění, bezpečnost a další. Vzhledem k velikosti turbíny je důležité designem krytu navodit zejména dojem harmonie, stability a bezpečí. Vybavení větrné turbíny tímto krytem zajistí zvýší bezpečnost při manipulaci a pohybování se v blízkosti turbíny tím, že přesněji vymezí prostor, kde je bezpečné se pohybovat. Toto platí i pro pohyb ptactva v blízkosti turbíny. Díky krytu je její prostor lépe vymezen a nehrozí vlétnutí ptáků do rotujících lopatek, což se u větrných elektráren běžně stává a jen těžko lze tento jev eliminovat. Díky krytu tedy bude ušetřeno mnoho ptačích životů.

Tím, že je nosná konstrukce umístěna pod střechou, jsou schovány na pohled subtilní trubkové svařence a nad střechu vyčnívá pouze hmota krytu s turbínou. Celek tak působí stabilněji, hmotněji.

Důležitým aspektem z hlediska psychologického působení je také schopnost krytu eliminovat stroboskopický efekt, jak bylo popsáno v kapitole 5. Lopatky turbíny bez krytu rytmicky vrhají stíny na prostředí kolem turbíny. To je pro lidské oko velice nepříjemné a nepříjemné. Díky krytu se tento efekt projevuje pouze v brzkých ranních a pozdních večerních hodinách, kdy slunce prosvítí kolmo skrz turbínu.

Po koupi tohoto produktu by měl být zákazník spokojen, protože bude mít něco neobvyklého a zároveň účinného a trvanlivého. Měla by to být výhledově dobrá investice.

9.2 Společenská funkce

V dnešní době se čím dál více rozmáhá získávat elektřinu z nahraditelných zdrojů. Jsou budovány velké solární či větrné farmy, ale oblibu si získávají také malé domácí elektrárny, a to zejména z důvodu nezávislosti na energetických společnostech, ekologie a levnější energie. Tím vzniká důraz na individualitu těchto elektráren – nabídka musí být dostačující pro širokou veřejnost. Vybavení větrné turbíny krytem pozvedne její estetickou hodnotu a díky použitým materiálům je možno si kryt barevně přizpůsobit dle vkusu každého uživatele. Tím by měla alespoň trochu stoupnout popularita větrných elektráren a tím i procento energie získané z nahraditelných zdrojů.

Z geografického hlediska samozřejmě není možné využít větrnou energii všude. Navíc v zemích třetího světa zajisté nebude designový kryt přínosem. Je tedy určen spíše do urbanistických oblastí vyspělých moderních států.

Větrná turbína Windtronics je určena hlavně do urbanistických oblastí, kde žije mnoho lidí. Obyvatelé si tedy zajisté všimnou, že jejich soused má na střeše turbínu s designovým krytem a možná se budou ptát, co to je a k čemu to slouží. Tím vzniknou přátelské sousedské rozhovory a možná i pevnější vztahy a zároveň se lidé budou navzájem podněcovat k využití obnovitelných zdrojů energie. Doporučení produktu stávajícími zákazníky je koneckonců ta nejlepší reklama.

Ze společenského hlediska by tento návrh designu krytu mohl nastartovat vznik nového odvětví designu, čímž by snad vznikla i nová pracovní místa.

9.3 Ekonomická funkce

V kapitole 8 jsme popisovali výběr materiálů vhodných pro výrobu krytu a nosné trubkové konstrukce. Oba tyto materiály (laminát i ocelové trubky) jsou běžně dostupné a snadno průmyslově zpracovatelné, lze je také různě povrchově upravit. Jejich výhodou je nízká cena, vysoká pevnost a trvanlivost a možnost sériové výroby. Jednotlivé díly krytu i trubkových svařenců je možno spojit pomocí jednoduchých mechanismů a šroubů. To by mělo nemálo snížit cenu výsledného produktu. Investice do krytu by se měla alespoň mírně vrátit díky vlastnostem krytu, které zvyšují účinnost větrné turbíny.

Prodej výrobku by mohl být podpořen prezentací na veletrzích s tematikou ekologie či větrné energetiky, veřejnými prezentacemi na různých venkovních akcích, sponzoringem či formou billboardů. Z důvodů podpory prodeje a také z důvodů bezpečnosti by měla být součástí kampaně možnost dopravy a montáže zdarma, aby nebyli uživatelé nuceni si kryt kompletovat sami v nebezpečných výškách na šikmých střeších.

Díky individualitě designu krytu by měla stoupnout popularita turbíny firmy Windtronics a tím i její konkurenceschopnost na trhu.

ZÁVĚR

K volbě tohoto tématu bakalářské práce mě vedly tyto myšlenky: zvýšení popularity větrné energie, pozvednutí estetického dojmu větrné turbíny umístěné na střeše, minimalistický inovativní design a výroba možná z běžně dostupných materiálů. Za cíl jsem si položila také alespoň mírně zvýšit účinnost větrné turbíny firmy Windtronics pomocí trychtýřovitého tvaru krytu.

Osobně můžu říct, že tyto požadavky se mi podařilo splnit a kdyby se kryt opravdu vyráběl a poskytoval k turbínám, zajisté by to zvýšilo jejich konkurenceschopnost a zákazníci by byli spokojeni, protože by měli možnost si kryt barevně přizpůsobit svým obydlím a lépe tvarově i esteticky propojit hmotovou kompozici turbína – střecha.

Koncepce návrhu vychází ze základních geometrických tvarů – z kružnice a trojúhelníků. Tím je splněn požadavek minimalistického designu, přičemž výrobek působí spíše organicky. To lépe podtrhuje místo jeho použití – znázorňuje vlastnosti větru, aerodynamické proudění vzduchu a i přes svou objemnost jeho lehkost.

Kryt bude v urbanistických oblastech jedinečným designovým kouskem a zajisté zaujme oko nejednoho kolemjdoucího.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Větrné mlýny v Čechách, na Moravě a ve Slezsku* [online]. 2012 [cit. 2012-02-12]. Dostupné z: <http://vetrnemlyny.unas.cz/index2.htm>
- [2] *The history of wind power* [online]. 2012 [cit. 2012-02-12]. Dostupné z: <http://www.windmachine.biz/the-history-of-wind-power/>
- [3] *Energy KIDS: US Energy Information Administration* [online]. [2012] [cit. 2012-02-21]. Renewable energy. Dostupné z: http://www.eia.gov/kids/energy.cfm?page=wind_home-basics-k.cfm
- [4] *Want to know it?* [online]. © 2012 [cit. 2012-02-26]. Who Invented the Windmill. Dostupné z: <http://wanttoknowit.com/who-invented-the-windmill/>
- [5] *Větrné elektrárny* [online]. © 1999 [cit. 2012-02-21]. Historie. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/vitr.htm>
- [6] *Nazeleno: chytrá řešení pro každého* [online]. © 2008 [cit. 2012-02-23]. Domácí větrná elektrárna: Instalace + přehled modelů. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/domaci-vetrna-elektrarna-instalace-prehled-modelu.aspx>
- [7] *ARES: Alternative Renewable Energy Sources* [online]. © 2012 [cit. 2012-02-23]. Dělení větrných elektráren dle výkonu. Dostupné z: <http://www.aresico.com/cz/m/deleni-vetrnych-elektraren-dle-vykonu/>
- [8] *All small wind turbines* [online]. [2012] [cit. 2012-02-26]. Home of the small wind turbines. Dostupné z: <http://www.allsmallwindturbines.com/>
- [9] *Popular Mechanics* [online]. © 2012 [cit. 2012-02-26]. 10 Wind Turbines That Push the Limits of Design. Dostupné z: http://www.popularmechanics.com/science/energy/solar-wind/4324331?click=main_sr
- [10] JAROŠ, Jiří. *Větrná energie: Úvahy o faktech a argumentech*. Brno: Samizdat, 1997. ISBN 2-1046.174.
- [11] *Mywindpowersystem* [online]. 2011 [cit. 2012-02-28]. Innovative Wind Turbine Designs: The LoopWing Turbine. Dostupné z: <http://www.mywindpowersystem.com/2011/09/innovative-wind-turbine-designs-the-loopwing-turbine/>
- [12] *Enflo-windtec* [online]. 2010 [cit. 2012-02-28]. Products. Dostupné z: <http://www.enflo-windtec.ch/>
- [13] *Windfair* [online]. 18. 3. 2010 [cit. 2012-02-28]. Wind Energy Industry News. Dostupné z: <http://www.windfair.net/press/7187.html>
- [14] *Jetpro Technology, Inc.* [online]. © 2008 [cit. 2012-02-28]. Our products. Dostupné z: <http://www.jetprotech.com.tw/en/products/jps600.htm>
- [15] *The Archimedes: Energy Company* [online]. 11. 12. 2011 [cit. 2012-02-28]. What is The Archimedes. Dostupné z: <http://www.dearchimedes.nl/what-is-the-archimedes.html>
- [16] *Alibaba* [online]. © 1999-2012 [cit. 2012-02-28]. PacWind Seahawk. Dostupné z: http://www.alibaba.com/product/kdj5095-11834417-11104626/PacWind_Seahawk.html
- [17] *Green Power* [online]. © 1999-2012 [cit. 2012-02-28]. Torch Style. Dostupné z: http://www.chinagreenpower.com.hk/product_view.asp?id=51
- [18] *Quietrevolution* [online]. © 2011 [cit. 2012-02-28]. Qr5. Dostupné z: <http://www.quietrevolution.com/qr5-turbine.htm>

- [19] *Savonius Balaton Wind Rotor* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-02-28]. Enviro Energies Holdings Inc. – USA. Dostupné z: <http://savonius-balaton.hupont.hu/32/enviro-energies-holdings-usa>
- [20] *Vindz Power* [online]. [2012] [cit. 2012-02-28]. VINDZ 1000. Dostupné z: <http://www.vindzpower.com/products.htm>
- [21] *Magenn: Wind Power Anywhere* [online]. [2005] [cit. 2012-03-08]. Applications. Dostupné z: <http://www.magenn.com/applications.php>
- [22] WINDTRONICS™ Wind Turbine BTPS6500 Owner's Manual. 27. 5. 2011.

SEZNAM ZDROJŮ OBRÁZKŮ

- [1] *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online]. © 2001- [cit. 2012-02-12]. Shrewley post mill. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Shrewley_Post_Mill.jpg
- [2] *Pictures of England* [online]. © 2001-2012 [cit. 2012-02-12]. Pictures of Stemberidge Tower Mill. Dostupné z: http://www.picturesofengland.com/England/Somerset/High_Ham/Stemberidge_Tower_Mill/pictures
- [3] *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online]. © 2001- [cit. 2012-02-12]. Smock mill. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Smock_mill
- [4] *The history of wind power* [online]. 2012 [cit. 2012-02-12]. Dostupné z: <http://www.windmachine.biz/the-history-of-wind-power/>
- [5] *Windatlas* [online]. © 2002-2010 [cit. 2012-02-21]. The World of Wind Atlases: Wind Atlases of the World. Dostupné z: <http://www.windatlas.dk/>
- [6] *Ufa.cas.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-02-21]. Větrná mapa. Dostupné z: <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/>
- [7] *AE Wind Turbines* [online]. 2006 [cit. 2012-02-23]. Wind turbines. Dostupné z: <http://www.alternative-energy-news.info/technology/wind-power/wind-turbines/>
- [8] *Flexienergy* [online]. © 2011 [cit. 2012-02-27]. Wind. Dostupné z: <http://www.flexienergy.it/eng/wind.php>
- [9] *Super Wind* [online]. 2004 [cit. 2012-02-27]. Superwind 350. Dostupné z: <http://www.superwind.com/swe/index.htm>
- [10] *Popular Mechanics* [online]. © 2012 [cit. 2012-02-26]. 10 Wind Turbines That Push the Limits of Design. Dostupné z: http://www.popularmechanics.com/science/energy/solar-wind/4324331?click=main_sr
- [11] *Mywindpowersystem* [online]. 2011 [cit. 2012-02-28]. Innovative Wind Turbine Designs: The LoopWing Turbine. Dostupné z: <http://www.mywindpowersystem.com/2011/09/innovative-wind-turbine-designs-the-loopwing-turbine/>
- [12] *Enflo-windtec* [online]. 2010 [cit. 2012-02-28]. Products. Dostupné z: <http://www.enflo-windtec.ch/>
- [13] *Windfair* [online]. 18. 3. 2010 [cit. 2012-02-28]. Wind Energy Industry News. Dostupné z: <http://www.windfair.net/press/7187.html>
- [14] *Jetpro Technology, Inc.* [online]. © 2008 [cit. 2012-02-28]. Our products. Dostupné z: <http://www.jetprotech.com.tw/en/products/jps600.htm>
- [15] *The Archimedes: Energy Company* [online]. 11. 12. 2011 [cit. 2012-02-28]. What is The Archimedes. Dostupné z: <http://www.dearchimedes.nl/what-is-the-archimedes.html>
- [16] *Alibaba* [online]. © 1999-2012 [cit. 2012-02-28]. PacWind Seahawk. Dostupné z: http://www.alibaba.com/product/kdj5095-11834417-11104626/PacWind_Seahawk.html
- [17] *Green Power* [online]. © 1999-2012 [cit. 2012-02-28]. Torch Style. Dostupné z: http://www.chinagreenpower.com.hk/product_view.asp?id=51
- [18] *Quietrevolution* [online]. © 2011 [cit. 2012-02-28]. Qr5. Dostupné z: <http://www.quietrevolution.com/qr5-turbine.htm>

- [19] *Savonius Balaton Wind Rotor* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-02-28]. Enviro Energies Holdings Inc. – USA. Dostupné z: <http://savonius-balaton.hupont.hu/32/enviro-energies-holdings-usa>
- [20] *Vindz Power* [online]. [2012] [cit. 2012-02-28]. VINDZ 1000. Dostupné z: <http://www.vindzpower.com/products.htm>
- [21] *Magenn: Wind Power Anywhere* [online]. [2005] [cit. 2012-03-08]. Applications. Dostupné z: <http://www.magenn.com/applications.php>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Sloupový mlýn	14
Obr. 2	Věžový mlýn	14
Obr. 3	Mlýn typu „smock“	14
Obr. 4	Turbína Charlese F. Brushe	16
Obr. 5	Typ turbíny podle G. Darrieuse	16
Obr. 6	Větrná mapa světa ve výšce 10 m nad terénem	17
Obr. 7	Větrná mapa ČR ve výšce 10 m nad terénem	18
Obr. 8	Konstrukce větrné elektrárny	19
Obr. 9	Turbína firmy Superwind	21
Obr. 10	Turbína firmy Flexienergy	21
Obr. 11	Turbína Architectural Wind	22
Obr. 12	Turbína firmy Windtronics	22
Obr. 13	Turbína LoopWing	23
Obr. 14	Elektrárna Enflo 0071	23
Obr. 15	Elektrárna SpiralAirfoil	23
Obr. 16	Model JPS-600 firmy Jetpro Technology	24
Obr. 17	Turbíny The Archimedes	24
Obr. 18	Turbína Seahawk	25
Obr. 19	Turbína čínské firmy Green Power	25
Obr. 20	Quiet Revolution	26
Obr. 21	Turbína Vindz 1000	26
Obr. 22	Turbína firmy Enviro-Energies	26
Obr. 23	Příklad použití létající elektrárny MARS	27
Obr. 24	První varianta návrhu	28
Obr. 25	Druhá varianta návrhu	29
Obr. 26	Cesta k výsledné variantě návrhu I.	29
Obr. 27	Cesta k výsledné variantě návrhu II.	30
Obr. 28	Finální návrh krytu s nosnou konstrukcí	32
Obr. 29	Varianta s přiznanými žebry	33
Obr. 30	Varianta s prolisy po celém obvodu	33
Obr. 31	Varianta se dvěma prolisy	33
Obr. 32	Směrová lopatka	34
Obr. 33	Nosná konstrukce krytu a celé elektrárny	34
Obr. 34	Základní barevné provedení	35
Obr. 35	Kryt v barvě střešní krytiny	35
Obr. 36	Barevné varianty	36
Obr. 37	Barevně odlišené spáry	36
Obr. 38	Schéma rozložení částí turbíny a řez krytem	37
Obr. 39	Orientační výkres M 1:50	38
Obr. 40	Schéma kompletace krytu	39
Obr. 41	Schéma složení nosné konstrukce	40
Obr. 42	Umístění na střeše	41

SEZNAM PŘÍLOH

fotografie modelu
zmenšený poster A4
postery A1
model v měřítku 1:5

FOTOGRAFIE MODELU



ZMENŠENÝ POSTER (A4)



