

OZE

Větrná energie

1

Větrné elektrárny

Větrné motory

- přeměňují větrnou energii v energii mechanickou
 - větrné pumpy
 - větrná čerpadla

Větrná elektrárna je určena k přeměně energie větru v energii elektrickou.

2

Energie větru

- Ideální výkon větrného proudu je dán součinem
 - plochy, na kterou působí,
 - dynamického tlaku
 - rychlosti.
- vyhodnocuje se měrná energie větrného proudu (hustotou výkonu), která by působila na plochu 1 m² kolmo a směr větru.

3

Energie větru

hustota výkonu větru P_V (wind power density) = výkon, který by bylo možno získat stoprocentním využitím kinetické energie větru proudícího jednotkovou plochou kolmou na směr proudění

$$P_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \quad (\text{W/m}^2)$$

kde ρ je hustota vzduchu a v je rychlost větru.

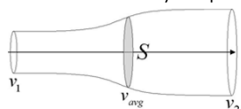
Hustota výkonu větru proudícího plochou S [m²] kolmou na směr proudění je určena vztahem

$$P_V = \frac{1}{2} \cdot S \cdot \rho \cdot v^3 = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3$$

4

Betzův zákon

- = teoretické maximální množství energie kterou lze odebrat z větrné turbíny
- Předpoklady:
 - rotor není na stožáru, má nekonečně mnoho listů s nulovým odporem;
 - pouze axiální tok vzduchu;
 - konstantní hustota vzduchu;
 - žádná výměna tepla vzduch – rotor a naopak



Rychlost větru na rotoru:

$$v_{avg} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (\text{m/s})$$

Výkon v nerušeném toku vzduchu:

$$P_V = S \cdot v_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = S \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^3 \quad (\text{W})$$

Hmotnostní tok vzduchu rotorem:

$$\dot{M} = S \cdot \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot \rho \quad (\text{kg/s})$$

Výkon odebraný větru na rotoru:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_2^2 - v_1^2) \cdot S \cdot \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (\text{W})$$

Betzův zákon

Poměr odebraného výkonu a nerušeného výkonu větru se nazývá výkonový součinitel jinak též Betzova konstanta

$$c_p = \frac{P}{P_V} \quad (-)$$

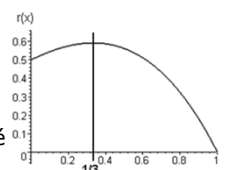
Pokud položíme $x = \frac{v_2}{v_1}$, $x \in [0,1]$ ze vztah pro P/P_V vyjádřit jako

$$P/P_V = \frac{1}{2} \cdot (1+x) \cdot (1-x^2)$$

Tato funkce má svoje maximum pro $x = 1/3$, hodnota je 0,593.

To znamená že:

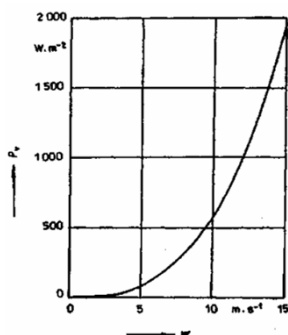
- ideální poměr rychlostí před a za rotorem je $v_2 = v_1/3$
- c_p může být **nejvýše 0,593**, tj. maximální možná odebraná energie proudů větru je 59,3% jeho kinetické energie, reálně 20 až 35 %



Energie větru

Výkon větru bude s rostoucí rychlostí silně stoupat a naopak.

Prahová rychlost, od které začínají větrné motory pracovat je cca $v = 3,5$ m/s.



7

Energie větru

Závislost výkonu větru na hustotě vzduchu

- je v reálné atmosféře vyjádřena funkcí nadmořské výšky,
- je funkcí neperiodického střídání teplých a studených vzduchových hmot.

Orientačně lze říci, že v porovnání s výkonem větrné elektrárny v úrovni hladiny moře bude výkon

- ve výšce 500 m nižší o 5%,
- ve výšce 800 m nižší o 7%,
- ve výšce 1200 m nižší o 11 %.

8

Energie větru

Z uvedených vztahů vyplývá, že výkon větrné elektrárny je závislý mimořádně citlivě na rychlosti větru.

Je zřejmé, že i chyby určení rychlosti větru při hodnocení větrného potenciálu se z toho důvodu mohou nepříznivě promítnout do výsledku.

9

Proudění vzduchu a jeho variabilita

- Proudění vzduchu je výsledkem působení řady sil,
 - síla tlakového gradientu - má dominantní význam
 - Coriolisova síla,
 - odstředivá síla v mezní vrstvě atmosféry
 - síla tření, vyvolaná strukturou zemského povrchu
 - teplotní pole, vyjádřené horizontálním a vertikálním gradientem.
- Tlakový gradient je v našich zeměpisných šířkách určován základními složkami všeobecné cirkulace atmosféry, tj. cyklonami a anticyklonami.
 - podmiňují cirkulace v makroměřítku (rozsah 1000-3000 km),
 - doba jejich trvání leží v mezích
 - 2 až 3 dnů (cyklony)
 - 5-6 dnů (anticyklony).
- Neperiodické změny rychlosti větru způsobují kolísavou výrobu elektrické energie z větru.
- Rychlost větru dále vykazuje změny periodické, vyjádřené denním a ročním chodem.

10

Proudění vzduchu a jeho variabilita

- deformace proudění vyvolává členitost zemského povrchu
 - obtékání a přetékání orografických překážek (návětrná, závětrná strana),
 - zúženém profilu mezi dvěma překážkami - zvláštní případ zesílení proudění v , které se označuje jako dýzový efekt.
- Pro praktické využití energie větru jsou zajímavé výšky 40 až 100 m nad zemským povrchem.
 - rychlost větru závisí zejména na tvaru okolního terénu
 - čím hladší je jeho povrch, tím vyšší je rychlost větru,
 - nerovnosti se projevují tvorbou turbulencí.

11

Proudění vzduchu a jeho variabilita

- mocnný zákon – platí pro rovný terén, kde je závislost mezi výškou a rychlostí ovlivňována pouze drsností povrchu

$$\frac{v_h}{v_o} = \left(\frac{h}{h_o} \right)^n$$

- kde
 - v_o je naměřená rychlost větru ve výšce h_o (m/s),
 - v_h je vypočítaná rychlost větru (m/s),
 - h_o je výška, ve které se provádí měření (m),
 - h je výška umístění osy rotoru (m),
 - n je exponent závislejší na drsnosti povrchu.

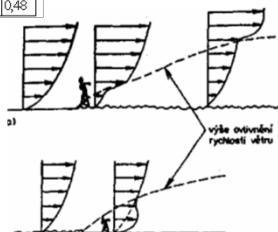
12

Proudění vzduchu a jeho variabilita

Druh povrchu	n
a - hladký povrch - vodní hladina, písek	0,14
b - louka s řízkým travnatým porostem nebo oranize	0,16
c - vysoká tráva, nízké obilné porosty	0,18
d - porosty vysokých kulturních plodin, nízké lesní	0,21
e - lesy s mnoha stromy	0,28
f - vesnice a malá města	0,48

při přechodu z hladkého terénu na drsnější dochází k prudkému zvýšení rychlosti

při přechodu z drsného povrchu na hladký je pod čárkovanou oblastí v poměrně velkém rozsahu rychlost větru téměř konstantní



13

Metody pro určení pole rychlosti větru a jejich přesnost

- používají se matematicko-fyzikální modely
- modely lze rozlišit
 - podle metody řešení
 - statistické
 - dynamické
 - podle kroku sítě, ve kterém model pracuje.
- Základním zdrojem vstupních údajů jsou meteorologická, případně účelová měření směru a rychlosti větru.

14

Metody pro určení pole rychlosti větru a jejich přesnost

- meteorologické stanice podávají synoptická hlášení pravidelně 8 krát denně po 3 hodinách.
- směr větru udává
 - světová strana, odkud vane vítr k nám
 - směr se udává v celých desítkách stupňů,
 - větrná růžice má tedy 36 směrů větru (severní vítr - směr 36, jižní vítr - směr 18)

15

Metody pro určení pole rychlosti větru a jejich přesnost

- model WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) pro výpočet zásob větrné energie v jednotlivých lokalitách
 - modeluje proudění v přizemní vrstvě atmosféry,
 - skládá se z dílčích modelů postihujících různé účinky zemského povrchu na větrné charakteristiky
 - nutným vstupem pro simulaci ve vybraném bodě je
 - řada měření rychlosti a směru větru z blízké meteorologické stanice
 - popis okolní orografie vrstevnicemi
 - klasifikace území z hlediska drsnosti povrchu.

16

Metody pro určení pole rychlosti větru a jejich přesnost

- statistický model VAS (Větrný atlas) vyvinutý v letech 1993-1994 v Ústavu fyziky atmosféry AV ČR
- interpoluje naměřené hodnoty do ostatních bodů prostoru. Metoda interpolace vychází z následujících předpokladů:
 - Naměřené hodnoty jsou reprezentativní pro okolí stanice, tj. zahrnují v sobě vliv drsnosti terénu, orografické, případně další vlivy charakteristické pro širší okolí stanice.
 - Parametr drsnosti a vliv orografie se mění spojitě v horizontální rovině i ve vertikálním směru.
 - Hustota stanic je taková, že jejich okolí, pro která jsou měření reprezentativní, pokrývají celé území ČR
 - Při výpočtech byl použit digitální popis zhlazené orografie území ČR se čtvercovým krokem 2 km.
- výstupem modelu je soubor základních charakteristik
 - průměrná roční rychlost větru ve výšce 10 m,
 - pravděpodobná chyba,
 - profil rychlosti větru do výšky 70 m pro čtyři typy parametru drsnosti. pro každý čtverec o straně 2 km na území ČR.
- při zadání typu větrné elektrárny a výšky tubusu umožňuje model provést výpočet roční výroby elektrické energie.

17

Metody pro určení pole rychlosti větru a jejich přesnost

- Výsledky teoretických modelů jsou zatíženy chybami.
- Z provedených porovnání vyplývá
 - modelový výpočet průměrné rychlosti větru v intervalu nadmořských výšek 500 až 750 m dává všemi ověřovanými modely obdobné výsledky s přijatelnou chybou
 - pro větší nadmořské výšky, vzhledem ke značné vertikální členitosti terénu, se chyba výpočtu všech modelů zvětšuje a přesahuje se zvětšující se výškou významně hodnotu 1 m/s.
 - U modelu WASP se projevuje systematické podhodnocování rychlosti větru ve výškách nad 900 m.
- Pouze v rámci uvedené přesnosti může být v současné době predikován větrný potenciál.
- Před realizací elektrárny je třeba lokální větrné podmínky zkontrolovat měřením

18

Větrný potenciál na území ČR

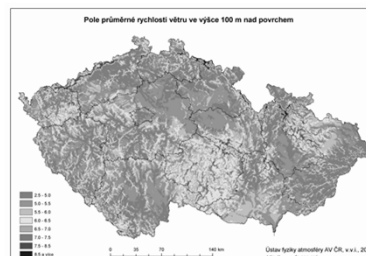
- v České republice se vítr měří v síti meteorologických stanic
- je sledována rychlost a směr větru
- měření se standardně provádí ve výšce 10 m nad "hladkým" povrchem, tj. v otevřeném terénu s povrchem pravidelně kosené trávy.
- podle rychlosti větru v referenční výšce 10 m nad terénem u_{10} můžeme rozlišit 3 třídy rychlosti větru

Třídy rychlosti větru	Typ větru	u_{10} (m/s)	Třídní rychlost
I	slabý	$0 < u_{10} < 2,5$	1,7
II	mírný	$2,5 < u_{10} \leq 7,5$	5
III	silný	$u_{10} > 7,5$	11

19

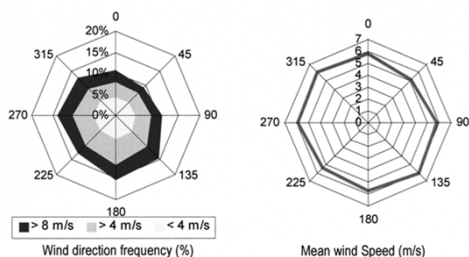
Větrný potenciál na území ČR

- Určujícím faktorem pro výpočet úhrnu zářob větrné energie je dlouhodobý charakter cirkulačních poměrů v přízemní vrstvě atmosféry, vyjádřený
 - polem průměrných rychlostí větru
 - větrnými růžicemi v dostatečně husté síti.



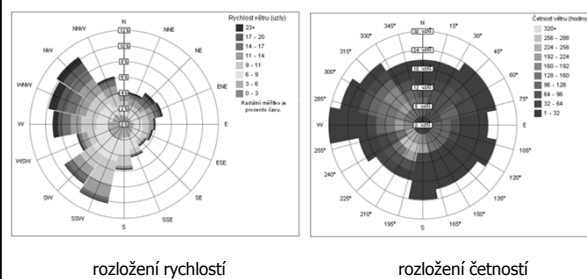
20

Větrná růžice



21

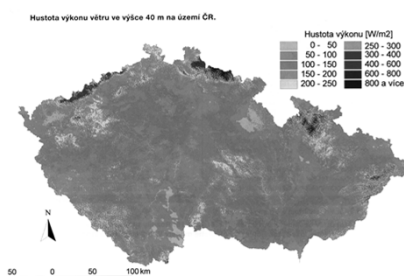
Větrná růžice



22

Větrný potenciál na území ČR

- Tato data umožňují určit klimatologický potenciál.
- Toto teoretické pole je základním údajem pro určení realizovatelného potenciálu.



23

Větrný potenciál na území ČR

Z ploch, které jsou vhodné pro výstavbu větrných elektráren, se musí vyloučit

- plochy podléhající zákazu zakládání staveb podle zákona o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. (národní parky, chráněné krajinné oblasti, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, okolí národních přírodních památek a přírodních památek).
- lokality v blízkosti zástavby dle nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, které při určování realizovatelného potenciálu je nezbytné.
- pásma ve stanovených vzdálenostech od vojenských zón, letišť, vysokonapěťových vedení, dálnic, vysílačů, hrází, hranic CHKO.

24



Větrný potenciál na území ČR

Data VE pro ČR za r. 2018

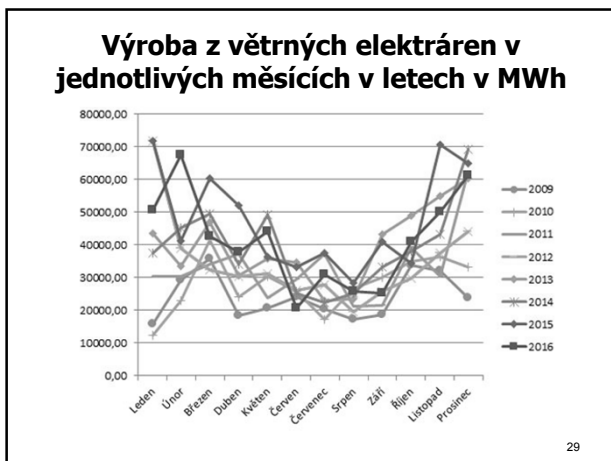
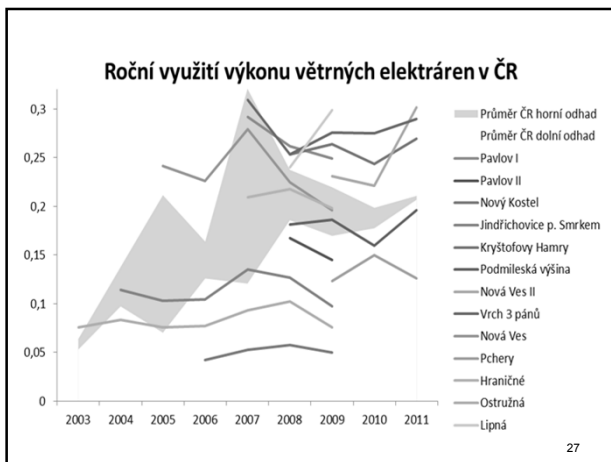
- instalovaný výkon 316 MW
- vyrobená elektřiny 609 GWh
- průměrné využití instalovaného výkonu cca 2038 h/r

Optimistický odhad vývoje pro ČR

- počet velkých větrných elektráren 900-1100,
- pravděpodobný instalovaný celkový výkon 570-680 MW
- očekávaná roční výroba 1250-1550 GWh

Prognóza pro MVTE
<http://vitr.ufa.cas.cz/male-vte/>

26



Větrný potenciál na území ČR

Střední scénář odhadu realizovatelného potenciálu větrné energie v České republice dle studie Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR zpracované pro ČSVE

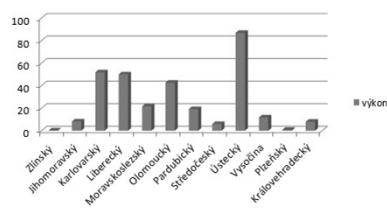
kraj	Počet VTE	Výkon [MW]	Výroba [GWh/r]
Středočeský	47	141	337
Jihočeský	52	156	398
Plzeňský	30	90	226
Karlovarský	33	99	254
Ústecký	160	480	1361
Liberecký	16	48	126
Královéhradecký	9	27	67
Pardubický	34	102	253
Vysočina	140	420	1088
Jihomoravský	83	249	595
Olomoucký	46	138	360
Zlínský	10	30	68
Moravskoslezský	99	297	788
ČR	759	2277	5922

30

Větrné elektrárny na území ČR



Instalace větrných elektráren podle jednotlivých krajů v MW k 31.12.2017



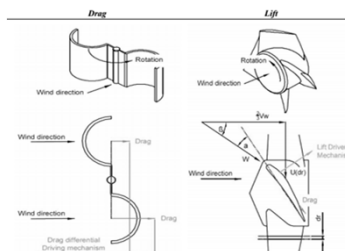
Dělení větrných elektráren

- 1) Dělení podle aerodynamického principu na větrné turbíny:
 - vztlkové,
 - odporové.
- 2) Dělení podle osy rotace na:
 - svislé,
 - vodorovné.
- 3) Dělení podle výkonu větrného motoru na

malé			střední				velké			
vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW	vrtule		výkon do kW		
průměr [m]	plocha [m ²]		průměr [m]	plocha [m ²]		průměr [m]	plocha [m ²]			
≤ 8	≤ 50	10	16,1-22	200,1-400	130	45,1-64	1600,1-3200	1500		
8,1-11	50,1-100	25	22,1-32	400,1-800	310	64,1-90	3200,1-6400	3100		
11,1-16	100,1-200	60	32,1-45	800,1-1600	750	90,1-128	6400,1-12800	6400	33	

Větrné turbíny

- Vztlkové - využívá se síly vznikající na rotorovém listu při obtékání vzduchem, tzv. aerodynamické vztlkové síly
- Odporové - princip rozdílu sil působících na lopatky, v důsledku jejich různého odporu vůči proudícímu vzduchu



Odporové (drag) a vztlkové (lift) turbíny. Zdroj: Alternative Power Sources – Surkov, Lukutin

Vztlkové větrné elektrárny



Vztlkové větrné elektrárny



Odporové větrné elektrárny



Odporové větrné elektrárny



38

Technické charakteristiky větrných elektráren

Regulace „stall“ a „pitch“

různé aerodynamické regulační principy
přizpůsobení výkonu na nominální výkon
generátoru:

- rotory s pevně nastavenými listy s autoregulací výkonu výkonu odtržením proudu na listech vrtule (stall control),
- rotory s nastavitelnými listy (pitch control)
- regulace přestavováním listů vrtule na menší úhly nastavení a tím snížení vztahové síly, zvýšení odporu a pokles výkonu, tzv. regulace „aktivní stall“

39

„Pitch“ regulace

- představuje aktivní systém, který pracuje se vstupním signálem o výkonu generátoru
- při překročení nominálního výkonu generátoru
 - změní listy rotoru úhel nastavení vůči natékajícímu proudění
 - dojde ke zmenšení hnacích aerodynamických sil
 - zmenšení využití výkonu turbíny
 - pro všechny rychlosti větru větší než „nominální rychlost“, která je nutná pro dosažení nominálního výkonu, nastaví se úhel náběhu tak, aby turbína dávala právě nominální výkon.

40

„Pitch“ regulace

Větrné elektrárny s „pitch“ regulací jsou více sofistikované než turbíny se „stall“ regulací, protože nastavení listů rotoru se mění průběžně.

„Pitch“ regulace má následující výhody:

1. dovoluje aktivní kontrolu výkonu v celém rozsahu rychlosti větru,
2. zajišťuje vyšší produkci energie ve stejných podmínkách vůči „stall“ regulaci,
3. jednoduchý start rotoru turbíny změnou nastavení úhlu náběhu,
4. nepotřebuje silné brzdy pro náhlé zastavení rotoru,
5. snižuje zatížení listů rotoru při zvýšení rychlosti větru nad „nominální rychlost“,
6. výhodná poloha rotorových listů s ohledem na nízké zatížení v případech extrémních rychlostí větru,
7. nižší hmotnosti rotorových listů a tím i hmotnosti celé větrné elektrárny.

41

„Stall“ regulace

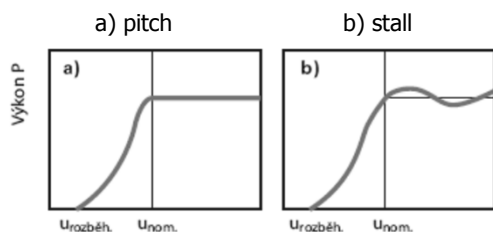
- je mnohem jednodušší, protože nemá technický systém měnící nastavení listů rotoru.
- regulace výkonu „stall“ má principiálně následující výhody:
 - jednoduchá konstrukce,
 - nenáročná údržba s ohledem na menší počet pohyblivých částí,
 - vysoká spolehlivost regulace výkonu

V nové generaci megawattových větrných elektráren se většina výrobců orientuje na „pitch“ systém regulace.

42

Výkonová křivka

- udává výkon, který může produkovat větrná turbína, která je základní indikací každého typu větrné elektrárny
- je základní indikací každého typu větrné elektrárny

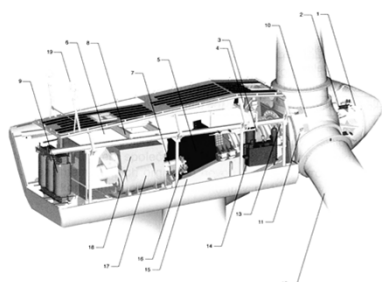


43

Větrné elektrárny s převodkou a bez převodky

- Tradiční konstrukce větrných elektráren sestává z
 - hnacího hřídele,
 - ložisek,
 - převodovek
 - spojek
 - klasických generátorů
- převodovka zajišťuje převod nízké rychlosti rotoru na mnohem vyšší rotační rychlost konvenčních generátorů

44



Větrná elektrárna Vestas V-90 – schéma

- | | | |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 řízení listů rotoru | 8 servisní jeřáb | 15 základní rám |
| 2 pitch válec | 9 transformátor | 16 osádkový věnec |
| 3 hnací hřídel | 10 rotorová hlava | 17 OptiSpeed generátor |
| 4 chlazení oleje | 11 ložisko listu rotoru | 18 chlazení generátoru |
| 5 převodovka | 12 list rotoru | 19 anemometr |
| 6 VMT Top řízení | 13 aetace | |
| 7 disková brzda | 14 hydraulická jednotka | |

45

Větrné elektrárny s převodkou a bez převodky

- nové bezpřevodkové řešení je založeno na využití nízkorychlostních multipólových generátorů,
- výhody
 - významně se sníží počet strojních částí
 - není potřebná rozměrově velká převodková skříň
 - odpadají spojovací prvky
 - je zmenšený počet rotujících prvků
 - zjednodušila se gondola
 - jednodušší údržba.
- nevýhoda
 - velké rozměry, což může způsobit jisté problémy v transportu, zejména v megawattové třídě.

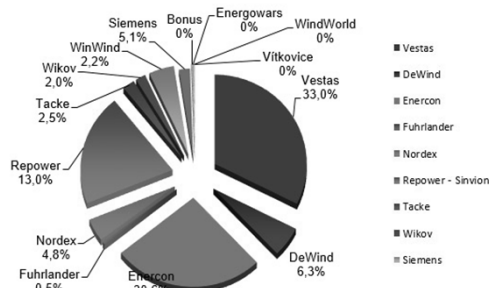
46



- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. Nosič strojovny | 5. Hlava rotoru |
| 2. Motor pro natačení gondoly | 6. List rotoru |
| 3. Generátor | |
| 4. Adaptér pro natačení listu | |

47

Instalace větrných elektráren v ČR podle výrobců



48

Stožáry větrných elektráren

- provedení stožárů (věží) větrných elektráren
 - v podobě mírně kónických ocelových tubusů - nejčastější
 - betonové stožáry – pro velké výkony s výškou 100 až 120 m. (např. Enercon 4,5MW u Magdeburgu) a
 - věže v podobě příhradové konstrukce.
 - nepříznivě hodnoceny pro svůj „neestetický“ vzhled
- Předností je
- výrazně menší spotřeba oceli,
 - jednodušší doprava i montáž

49



50

Specifické vlivy VTE na elektrizační soustavu

- největší problémy souvisí s vyvedením výkonu (roste se třetí mocninou rychlosti větru)
- je obtížné zajistit konstantní dodávku do místa spotřeby – při rychlostech větru pod 3 m/s VTE elektřinu nevyrobí, nad 20 m/s je nutné je odstavit

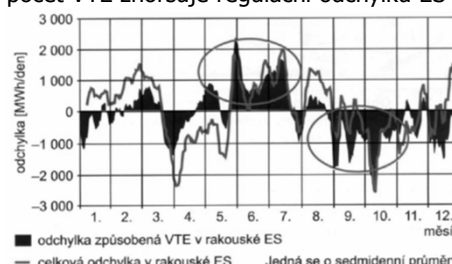
Lokální vlivy: přetěžování sítě v místě připojení, kolísání napětí, kvalita dodávky (rušení výkonové elektroniky, nutnost sledovat vyšší harmonické frekvence)

Systémové vlivy: začlenění do diagramu zatížení – VTE je nestabilní zdroj, vyšší počet VTE v síti vyžaduje vyšší regulační výkon, chování při velkých poruchách – hrozí plošný výpadek připojených VTE, výrazný dopad na stabilitu sítě v případě nárazových větrů, popř. bezvětří, snížení přenosové schopnosti sítě

51

Vliv provozu VTE na elektrizační soustavu

- vliv kolísání VTE na regulační odchylku, kterou je třeba dodržovat
- začlenění VTE do diagramu pokrývání zatížení je obtížné s ohledem na nestálost dodávky
- větší počet VTE zhoršuje regulační odchylku ES



52

Vliv provozu VTE na elektrizační soustavu

- vliv na mezinárodní přenos – při podmínkách umožňujících provoz větrných farem dochází k velkému zvýšení výroby, zvýšení požadavků na přenos výkonu
- nutnost posilovat přenosové sítě přímo ve vazbě na velikost výroby ve VTE

53

Předpověď výroby energie větrnými elektrárnami

- z důvodu časové nestability výkonu VE musí být řešeno zálohování jinými zdroji
- tento nepříznivý vliv lze minimalizovat meteorologickou předpovědí pole proudění ve výšce rotorů větrných elektráren a z toho odvozenou předpovědí výkonu větru
- předpověď výkonu větru na dobu až 48 hodin může být základní informací pro energetický dispečink

54

Větrné elektrárny a životní prostředí

- výroba elektrické energie větrnými elektrárnami vyvolává minimální negativní vlivy na životní prostředí
- Větrné elektrárny
 - nezatěžují při svém provozu okolní prostředí žádnými odpady
 - neprodukují do atmosféry plynné či tuhé emise včetně CO₂ nebo jiných skleníkových plynů
 - není nutné ukládat vyhořelé jaderné palivo nebo popílek
 - nevžadují pro svůj provoz vodu a tudíž ji také neznečišťují
 - neprodukují odpadní teplo.
- Negativní důsledky se obvykle souvisejí s následujícími vlivy:
 - výstavba větrných elektráren ve vztahu ke krajině
 - hluk emitovaný větrnými elektrárnami
 - avifauna
 - šíření radiového a televizního signálu
 - krajinný ráz

55

Ekonomika větrné elektrárny

- stupeň využití větrných elektráren je poměrně nízký z důvodu závislosti na existenci a vhodné intenzitě větru,
- využití instalovaného výkonu elektrárny v našich podmínkách 1100 až 2000 hod/rok (12 až 23 %)

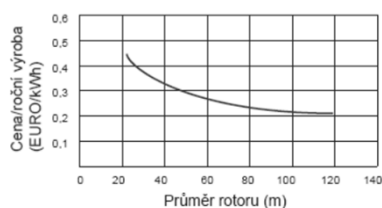


- nepříznivý poměr nákladů (investiční + provozní) a ročních tržeb (vyrobených kilowathodin)
- rozvoj větrné energetiky je proto velmi úzce spjat s ekonomickou problematikou, přestože samotný zdroj energie je zadarmo

56

Ekonomika větrné elektrárny

- malá koncentrace větrné energie vyvolává relativně vysoké investiční náklady



- do posuzování přínosu obnovitelných zdrojů vstupují i ekologická hlediska, která lze jen obtížně hodnotit čistě ekonomicky

57

Ekonomika větrné elektrárny

- Podstatou zjišťování ekonomické efektivity je porovnání průměrných ročních nákladů s ročními příjmy.

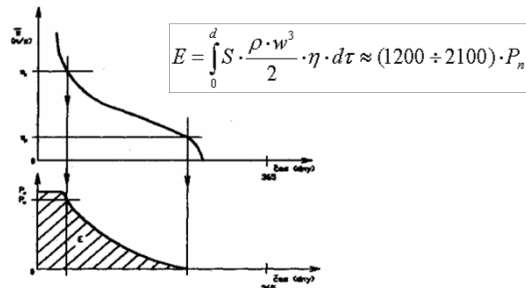
$$K = \frac{N}{P}$$

- V čitateli zlomku budou roční náklady
 - měrné investiční náklady,
 - měrné provozní náklady,
 - měrný úrok.
- ve jmenovateli zlomku je množství produkce za časovou jednotku

58

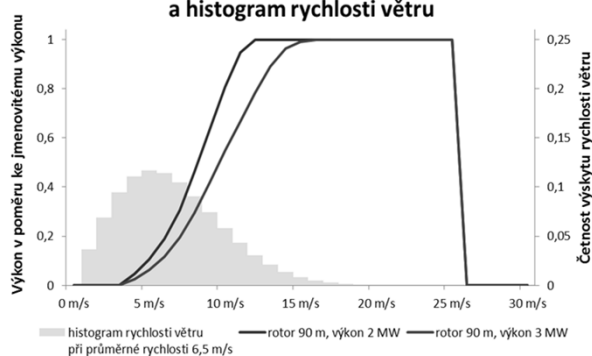
Ekonomika větrné elektrárny

- Roční množství vyrobené energie úměrné ploše pod křivkou četnosti větru a výkonu větrného motoru



59

Normalizovaná výkonová křivka a histogram rychlosti větru



60

Ekonomika větrné elektrárny – příklad Jindřichovice pod Smrkem

- turbíny Enercon E40 2x600 kW
- investiční náklady 62 mil. Kč, z toho 53 mil. SFŽP, 9 mil. obec Jindřichovice, v přepočtu cca 51 600 Kč/kW
- předpokládaná roční produkce při projektu 2000 MWh, tj. cca 19 % (1670 h) využití instalovaného výkonu - při 3 Kč/kWh = 6 mil. Kč tržby/rok
- **realita v průběhu tří let provozu:** koeficient využití cca 10,6 %, plánovaných 19% překročeno jen ve dvou měsících, skutečný výnos cca 600-700 tis. Kč ročně.

61

Ekonomika větrné elektrárny

- Kontrola hospodárnosti:
 - náklady (28000 - 35000) Kč/kW,
 - životnost 20 roků,
 - roční odpis cca 1600 Kč/kW,
 - vyrobená energie (1200 až 2100) kWh,
 - cena vyrobeného proudu jen z odpisů 1,33 až 0,76 Kč/kWh

62

Podpora – výkupní cena elektřiny

ř.č.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
400	Větrná elektrárna	-	31.12.2003	4 254	3 372
401		1.1.2004	31.12.2004	3 643	2 991
402		1.1.2005	31.12.2005	3 657	2 775
403		1.1.2006	31.12.2006	3 338	2 456
404		1.1.2007	31.12.2007	3 280	2 388
405		1.1.2008	31.12.2008	3 200	2 318
406		1.1.2009	31.12.2009	2 918	2 036
407		1.1.2010	31.12.2010	2 730	1 848
408		1.1.2011	31.12.2011	2 670	1 788
409		1.1.2012	31.12.2012	2 612	1 730
410		1.1.2013	31.12.2013	2 435	1 553
411		1.1.2014	31.12.2014	2 268	1 386
412		1.1.2015	31.12.2015	2 186	1 304
413		1.1.2016	31.12.2016	2 089	1 207
414		1.1.2017	31.12.2017	2 048	1 166
415		1.1.2018	31.12.2018	2 008	1 126
416		1.1.2019	31.12.2019	1 969	1 087
417	1.1.2020	31.12.2020	1 930	1 048	

63