

Aspekty uplatnenia veternej energetiky na Slovensku

D. Kudelas, R. Rybár: Wind Energy in Slovakia. Život. Prostr., Vol. 40, No. 3, p. 133 – 136, 2006.

Climatic conditions in Slovakia are different when compared with countries having high wind energy potential (such as Germany, Denmark, and Spain). Also in comparison with the closest neighbours (Czech Republic, Hungary, and Austria) they are less favourable. However, it doesn't mean that there are not localities convenient for exploitation of wind energy, especially South-West and East Slovakia can be considered. Higher speed and directional variability of wind sets constrains to installing turbines with low power capacity (250 kW up to 1 MW), and in the most appropriate localities up to 1.5 MW. Technological efficiency of such installations is on the standard level and they obviously have their place in the structure of energy production. The legislative and economic conditions are much less favourable than the natural ones. Reduction of energy dependency and progressive diversification of energy sources in Slovakia is impossible without effective support from the national government or from the European Union Structural Funds.

Špecifiká veternej energetiky

Veterná energetika je založená na využívaní jedného z obnoviteľných zdrojov energie (OZE) – energie vetra. Disponuje obrovským potenciálom, avšak vyznačuje sa relatívne nízkou energetickou hustotou v prízemnej časti atmosféry a značne variabilným charakterom v čase i priestore. Základným výrobným prostriedkom sú veľké vrtulové veterné elektrárne s bežným inštalovaným výkonom 500 kW – 3 MW.

Energia vetra, ktorú môže energetický konvertor – veterná elektrárň – zachytiť a využiť, je funkciou rýchlosti prúdenia vetra, hustoty vzduchu, plochy rotora veternej turbíny a účinnosti energetickej konverzie vo veternom zariadení.

Prírodné podmienky Slovenska z hľadiska využívania veternej energie

Charakter veternosti je podmienený vnútrokontinentálnou polohou Slovenska. Významným parametrom, ktorý reprezentuje potenciál lokality z hľadiska využívania veternej energie, je ročná priemerná rýchlosť vetra. Rýchlosť vetra rozhodujúcou mierou ovplyvňuje reliéf zemského povrchu, u nás značne členitý.

V horných častiach svahov vyšších pohorí a hrebeňových vrcholových polohách nižších pohorí dosahuje ročná priemerná rýchlosť vetra 3,5 – 5,0 m.s⁻¹ (Šefer, 1991).

Na území Slovenska sa nachádzajú dve oblasti s dominanciou určitého smeru prúdenia vetra. Je to Podunajská nížina s prevládajúcim západným prúdením a Východoslovenská nížina s veľkou časťou priľahlého územia, kde prevláda severné prúdenie. Na východnom Slovensku to zodpovedá prevažujúcemu smeru riečnych koryt a smeru horských chrbtov (Šefer, 1991).

V lokálnej mierke sa môžu uplatniť niektoré významné efekty súvisiace s prúdením vzduchu vertikálne členitým terénom. V niektorých pretiahnutých zníženinách vzniká zhustenie prúdnic, a tým akcelerácia vzdušného prúdu, s čím súvisí vyššia veternosť v prevažnej časti lokalít perspektívnych z aspektu možnosti výstavby veterných zariadení (tab. 1).

Potenciál veternej energie na Slovensku

Podľa Energetickej politiky SR, ktorú vypracovalo ministerstvo hospodárstva (www.economy.gov.sk), predstavuje rozloha územia vhodného na umiestnenie veternej turbín (s rýchlosťou vetra vyššou ako 5 m.s⁻¹)

Tab. 1. Potenciál veternej energie v jednotlivých oblastiach Slovenska

Lokalita	Energetický potenciál [MW]	Očakávaný výkon [MW]	Ročná výroba [GWh]
Košická kotlina	1 200	200	1 668,0
Popradská kotlina	70	25	61,2
Liptovská kotlina	30	10	27,8
Dunajská kotlina	200	50	111,2
Levická kotlina	126	50	122,3
Spolu	1 626	335	1 992,1

Tab. 2. Investičné náklady projektu veternej elektrárne

Nákladové položky	Investičné náklady [euro.kW ⁻¹]	Podiel [%]
Turbína	748	81,9
Založenie	44	4,8
Elektrická inštalácia	10	1,1
Pripojenie na sieť	60	6,6
Kontrolný systém	2	0,2
Konzultačná činnosť	8	0,9
Pozemok	27	2,9
Finančné náklady	8	0,9
Výstavba ciest	7	0,7
Celkom	914	100,0

spolu 257 km² a nachádza sa v 43 okresoch Slovenska. Na základe zahraničných skúseností sa uvažuje s rozmiestnením 25 turbín na km². Ročná výroba elektrickej energie týmito turbínami s jednotkovým inštalovaným výkonom 600 kW, resp. energetická produkcia bude 25 GWh z km². Na základe uvedeného predpokladu možno stanoviť celkový potenciál produkcie elektrickej energie na Slovensku na úrovni 6,4 TWh . rok⁻¹ (Šefter, 1991).

Súčasný stav využívania veternej energie na Slovensku

Doterajšie využívanie veternej energie na Slovensku sa obmedzuje na niekoľko nedávnych a zatiaľ ojedinelých prípadov.

- **Cerová.** Od augusta 2003 je v prevádzke prvá veterná farma na Slovensku – Cerová – so štyrmi veternými generátormi s jednotkovým inštalovaným výkonom 660 kW. Prevádzkovateľom veternej farmy je obec a prostredníctvom distribučného závodu ZSE sa vyro-

bený elektrický prúd dodáva do verejnej siete. Elektrárňu má projektovanú životnosť 25 rokov. Celkové investičné náklady dosiahli 132 mil. Sk, na realizáciu projektu získala Cerová podporu z fondu Phare vo výške 1,8 mil. eur a štátny rozpočet prispel 0,5 mil. eur. Praktická využiteľnosť inštalovanej kapacity doteraz dosiahla 18 % teoretického maxima (t. j. výkon 0,66 MW počas 8 760 h.rok⁻¹). Vyrobená elektrická energia pokrýva spotrebu asi 1 500 priemerných domácností.

Prevádzka tejto veternej farmy predstavuje elimináciu produkcie CO₂ na úrovni 3 000 t ročne v porovnaní s ekvivalentnou výrobnou kapacitou, založenou na využívaní fosílnych palív (www.sea.gov.sk/seainfo).

- **Ostrý vrch.** Ďalším realizovaným projektom je veterná elektrárňu na Ostrom vrchu (Myjava) s výkonom 500 kW, ktorá bola daná do skúšobnej prevádzky v júli 2004.

- **Skalité.** Najnovším projektom je výstavba veterného parku Skalité (Kysuce) s kapacitou 4 x 500 kW. Náklady na inštaláciu predstavujú okolo 45 mil. Sk.MW⁻¹.

Podpora využívania veternej energie

V súčasnosti je jedným z najdôležitejších kritérií ekonomická návratnosť veterných elektrární v podobe vyrobenej elektrickej energie. Náklady na inštaláciu 1 kW výkonu na Slovensku predstavujú 50 000 – 60 000 Sk. Súčasná výkupná cena elektriny z veternej elektrárne podľa výnosu Úradu pre reguláciu sieťových odvetví (URSO) č. 2/2005, príloha č. 1, pre zariadenia uvedené do prevádzky do 1. 1. 2005 predstavuje 2 500 Sk/MWh, pre nové zariadenia uvedené do prevádzky po tomto dátume 2 800 Sk/MWh, pre zariadenia staršie ako 3 roky uvedené do prevádzky po 1. 1. 2005 je to 1 900 Sk/MWh. Tieto ceny však nie sú garantované na dlhšie obdobie, korešpondujúce s projektovanou dobou prevádzky veternej elektrárne. Aj pri týchto cenách je doba návratnosti vložených investícií zhruba 17 rokov (Rybár, 2000).

Najväčšou investíciou v súčasnosti je samotná veterná turbína (tab. 2). Môže predstavovať 65 – 82 % celkových nákladov. V priebehu nasledujúcich 20 rokov sa však predpokladá zníženie investičných nákladov o viac ako 40 %.

Podpora veternej energetiky môže mať rôznu formu a môže sa využívať vo vzájomných kombináciách. Ide predovšetkým o nasledujúce možnosti:

- podpora financovania (nenávratné pôžičky),
- nízke úrokovanie úverov,
- daňové úľavy,
- garančné fondy,
- priame zainteresovanie obyvateľstva na financovaní,
- zvyšovanie spoločenského povedomia.



Prvá veterná farma na Slovensku nad obcou Cerová-Lieskové. Foto: internetový zdroj

Základným predpokladom je, aby distribučným spoločnostiam povinnosť nakupovať elektrickú energiu z veterných elektrární a iných OZE vyplývala zo zákona. V prvej fáze podpory je efektívnym a legislatívne jednoduchým opatrením zvýhodnenie výkupných cien energie a garantovanie ich platnosti na obdobie 15 – 20 rokov, potom sa môžu progresívne znižovať. Na Slovensku bola donedávna jedinou formou podpory OZE výkupná cena, ktorá však bola pre všetky zdroje jednotná a nezohľadňovala jednotlivé technologické a prevádzkové špecifiká.

Z hľadiska dynamického rozvoja veternej energetiky je kľúčový program Windforce 12. Ide o globálny priemyselný plán poukazujúci na absenciu relevantných technických, ekonomických a iných bariér, ktoré by mohli zabrániť tomu, aby do r. 2020 bolo 12 % svetových energetických potrieb krytých z veterného potenciálu. A to napriek projektovanému zvýšeniu dopytu po elektrine až o dve tretiny. Do r. 2020 môže byť inštalovaných 1 250 GW veterného výkonu. Súčasný energetický priemysel využívajúci energiu vetra je schopný stať sa dynamickým, inovatívnym sektorom s ročným obratom 80 biliónov eur do r. 2020. Pomôže uspokojiť globálny energetický dopyt a naštartovať novú éru ekonomického rastu, technologického rozvoja a ochrany životného prostredia. Veterný priemysel dneška je jedným z najrýchlejšie rastúcich energetických sektorov na svete a ponúka príležitosť prejsť na globálnu ekonomiku založenú na OZE

(www.ewea.org/index.php?id=30). Celkový inštalovaný výkon veterných elektrární v niektorých európskych krajinách k 31. 12. 2004 uvádza tab. 3.

Možné smery rozvoja veternej energetiky na Slovensku

V súčasnosti veternú energiu na výrobu elektriny u nás prakticky nevyužívame. Aj napriek tomu, že táto technológia je už dnes vo viacerých krajinách EÚ (Nemecku, Dánsku, Španielsku) konkurencieschopná z hľadiska ceny. U nás sa veterná energetika nerozvíja z viacerých dôvodov. Okrem nepriaznivejšieho charakteru prúdenia (v porovnaní so susednými krajinami), je to predovšetkým v dôsledku nedostatočne vysokých

Tab. 3. Celkový inštalovaný výkon veterných elektrární v niektorých európskych krajinách

Krajina	Inštalovaný výkon [MW]	
	december 2004	december 2005
Česká republika	17	26
Maďarsko	3	17
Nemecko	16 629	18 428
Poľsko	63	73
Rakúsko	606	819
Slovensko	5	5
Ukrajina	72	82

a garantovaných výkupných cien elektriny a nedostatku legislatívnej, resp. vládnej podpory.

Na druhej strane, na rozdiel od susedov, predovšetkým Rakúska, ktorého veterné turbíny vidieť v bezprostrednej blízkosti štátnej hranice, sú veterné podmienky na našom území odlišné (horšie) a prípadnú analógiu s rakúskymi pomermi možno aplikovať len na veľmi malé územie v rámci Podunajskej nížiny, ktoré v žiadnom prípade nie je reprezentatívnou vzorkou Slovenska.

Ide predovšetkým o veľkosť veternej turbíny. Vo vhodných podmienkach sa v príbrežných oblastiach Európy inštalujú turbíny s výkonmi až 6 MW (Enercon), avšak vo vnútrozemí kontinentu s vhodnými podmienkami len 500 kW – 2 MW. Turbíny 1 až 2 MW, aké sú inštalované v Rakúsku v blízkosti našich hraníc, by sa vo väčšine lokalít Slovenska nemohli použiť, vzhľadom na vysoké dynamické namáhanie listov rotora počas prevádzky elektrárne v dôsledku veľkej srtomosti krivky strihu vetra a vysokej časovej, smerovej a priestorovej variability čiastkových elementov prúdenia v rámci rotorom opisovanej plochy. Prevádzkovanie nevhodnej turbíny by sa prejavilo enormným opotrebovaním jednotlivých častí (ložísk a prevodov), jej značne komplikovaným riadením v sústavne sa meniacich podmienkach a v celkovo nízkej úrovni časovej využiteľnosti zariadenia, a teda nízkej úrovni energetickej produkcie na jednotku inštalovaného výkonu. V konečnom dôsledku by sa s vysokou pravdepodobnosťou turbína zakrátko poškodila, prípadne výrazne by sa skrátila doba jej životnosti.

Z technologického hľadiska existujú vo využívaní zariadení v mierke malej energetiky a menších inštalovaných výkonov značné rezervy, ktoré môžu vhodným spôsobom doplniť štruktúru výrobných kapacít a prispieť k zníženiu nárokov na základné zdroje.

Rozvoj veternej energetiky na Slovensku možno dosiahnuť synergiou prevádzky veterného zariadenia v systéme s iným regulačným zdrojom, napr. vhodne situovanou vodnou elektrárnou. Takéto prevádzkovanie veterných elektrární môže výrazne eliminovať primárne negatívum veterných výrobných kapacít, a to vysokú variabilitu dodávky energie spôsobenú dynamikou vetra, umocnenú charakterom veternosti na Slovensku. Táto variabilita sa poväčšine premieta do zníženia stability a úrovne parametrov siete. Možnosť „akumulácie veternej energie“ zadržaním energetickeho ekvivalentu potenciálnej energie vody posúva takýto veterno-hydroenergetický celok do akumuláčno-regulačnej polohy.

Ďalšou cestou rozvoja veternej energetiky môže byť hľadanie špecifických lokalít s pozitívnym charakterom rýchlostného profilu v dôsledku nižšej drsnosti terénu, kde možno očakávať zvýšenie rýchlosti prúdenia umocnené vylúčením turbulentnej zložky vetra.

* * *

Prírodné podmienky Slovenska v porovnaní s krajinami s vysokou úrovňou veternej energetiky (Nemeckom, Dánskom, Španielskom) sú do značnej miery odlišné. Aj v porovnaní s najbližšími susedmi (Českom, Maďarskom a Rakúskom) menej priaznivé, čo však neznamená, že na našom území neexistujú lokality s podmienkami vhodnými na ekonomicky priaznivé elektroenergetické využívanie veternej energie, predovšetkým v juhozápadnej a východnej časti. Zvýšená miera rýchlostnej a smerovej variability prúdenia vetra v dôsledku jeho turbulentného charakteru vyvolaného orografickými efektmi znamená možnosť uplatnenia zariadení nižších výkonov, t. j. od 250 kW do 1 MW, v najlepších lokalitách výnimočne do 1,5 MW. Technicky využiteľný potenciál však dosahuje energeticky relevantnú úroveň, ktorá má nesporné miesto v štruktúre elektroenergetických výrobných kapacít.

Oveľa nepriaznivejšie ako prírodné podmienky, v porovnaní s našimi susedmi, sú však podmienky legislatívne a ekonomické. Vyznačujú sa absenciou účinných podporných nástrojov štátu, ktorý sa do značnej miery obmedzuje len na deklarovanie pozitívneho stanoviska k využívaniu OZE. Bez efektívnej podpory štátu, resp. štátom sprostredkovaných podporných nástrojov EÚ, sa nedá uvažovať o znižovaní energetickej závislosti SR a progresívnej diverzifikácii energetických zdrojov v zmysle medzinárodných záväzkov, environmentálnych požiadaviek, zabezpečenia potrieb a životnej úrovne spoločnosti, ako aj zásad udržateľného rozvoja.

Literatúra

- Energetická politika SR, <http://www.economy.gov.sk>
 Exkurzia v Cerovej, <http://www.sea.gov.sk/seainfo>
 Náklady a cena, <http://www.ozepport.sk/zdroje/veterna.html>
 Rybár, P.: Oceňovanie projektu veternej elektrárne. Košice, 2000 (manuscript).
 Šefter, J. I.: Využití energie vetru. Praha : SNTL, 1991.
 Šimko, V., Kováč, D., Kováčová, I.: Teoretická elektrotechnika I. Košice : Vydavateľstvo Elfa, s. r. o., 2000.
 ÚRSO výnos 02_2005, http://www.urso.gov.sk/pl_predpisy/doc/vynos_02-2005_sk.pdf
 Wind Force 12, <http://www.ewea.org/index.php?id=30>

Ing. Dušan Kudelas, PhD., dusan.kudelas@tuke.sk
Ing. Radim Rybár, PhD., radim.rybar@tuke.sk
 Centrum obnoviteľných zdrojov energie, UPaCR, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 043 84 Košice