

# Vėjo energetika ir jos artimiausia perspektyva Lietuvoje

Vladislovas Katinas,

Antanas Markevičius,

Andrejus Burlakovas

*Lietuvos energetikos institutas,  
Atsinaujinančių energijos šaltinių laboratorija,  
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas,  
el. paštas res@mail.lei.lt*

Europos Sąjungos direktyvai 2001/77/EC įgyvendinti Lietuvos Vyriausybė nutarė šalyje iki 2010 metų pasiekti 7% bendrosios elektros gamybos iš atsinaujinančių energijos šaltinių bei skatinti vėjo elektrinių (VE) pagamintos elektros energijos pirkimą. Valstybė remia 200 MW bendrosios galios VE įrengimą šalyje garantuodama energijos supirkimo kainą 0,22 Lt/kWh.

Nustatyta: jei instaliuotoji galia bus ne didesnė kaip 200 MW, tai egzistuojanti elektros tinklų sistema praktiškai neturės reguliavimo ir plėtros išlaidų dėl VE prijungimo iki 2010 metų. Daugėjant VE, tenka vertinti jų įtaką elektros sistemos aktyviosios galios balansavimui, dažnio valdymui ir kitiems svarbiems sistemos režimų parametrams: reaktyviosios galios ir įtampų reguliavimui, elektros kokybei.

**Raktažodžiai:** vėjo energija, vėjo išteklių, vėjo elektrinė, instaliuota galia, aplinkosauginis efektas

## 1. ĮVADAS

Lietuva ir kitos šalys, 2004 m. įstojusios į Europos Sąjungą (ES), siekdamos apsirūpinti energijos ištekliais, daug dėmesio kreipia į naujų energijos šaltinių paiešką. Europos Sąjungos (ES) direktyva 2001/77/EC įpareigoja ES šalis nares ir kandidates nustatyti ir suderinti su ES elektros gamybos normas, naudojant atsinaujinančių energijos šaltinių (AEŠ) išteklius [1]. Lietuvos Respublikai (LR) siektina elektros norma naudojant AEŠ yra nustatyta 7% nuo bendros elektros energijos gamybos mūsų šalyje. Tokios energetikos plėtros strategijos ES laikosi neatsitiktinai. Kaip žinia, iškastinio kuro atsargos yra baigtinės, jos gana greitai senka, o kainos nuolat auga. Be to, naftos, gamtinių dujų, anglių, orimulsių deginimas siejamas su aplinkos tarša, aiškiai įrodyta žala žmonių sveikatai, su vis dažniau stichines nelaimes atnešančiu pasaulinio atšilimo reiškiniu.

Direktyvoje numatyta jos įgyvendinimo stebėseną: kas penkeri metai turi būti apskaičiuojamos elektros energijos, pagamintos naudojant AEŠ, plėtros prognozės artimiausiam 10 metų laikotarpiui bei pateikiamos priemonės, kurios bus taikomos šiems planams įgyvendinti. ES narės taip pat turi informuoti Europos Komisiją apie tose šalyse esančius teisinius bei reguliavimo pagrindus ir priemones, kurių imtasi šalinant reguliavimo ir administracinius barjerus. Labai palankias įstatymines bazes turi Vokietija, Danija, Ispanija, Jungtinė Karalystė ir kitos ES šalys. Šiuo metu ją baigia sukurti Čekija. Lietuva dar neturi palankios visapusiškos įstatyminės bazės AEŠ energetikos plėtrai.

Šiuo metu, naudojant AEŠ, Lietuvoje gaminama (1 lentelė) maždaug 3,7% elektros energijos (t. y. apie pusė siektinos pagal ES direktyvą). Tai – visų pirma HE pagaminta elektros energija (420,5 GWh), visos kitos elektrinės kartu pagamina tik 8,6 GWh. Pažymėtina, kad

1 lentelė. Elektros energijos gamybos prognozė iki 2010 m., naudojant AEŠ ir atliekinės energijos šaltinius

	Elektros energijos gamyba GWh					
	2004 m.	2005 m.	2006 m.	2007 m.	2008 m.	2009 m.
VE	28 (1,2)*	84,2	112,2	140,3	196,4	278
Hidroelektrinės, be Kauno HE	80,4 (60,5)*	99,8	114,6	125,6	132,0	134,2
Biomasės elektrinės	1,5 (7,4)*	7,5	21	60	120	180
Saulės ir geoterminės elektrinės			0,2	1,3	3	6
Atliekinių energijos išteklių elektrinės		0,4	1,2	2	2,8	3,6
Iš viso su Kauno HE	439,9 (420,5)*	521,9	529,4	659,1	784,2	931,8
Procentai nuo bendro elektros energijos sunaudojimo	4 (3,7)*	4,7	5,1	5,6	6,4	7,4

\* Pagaminta GWh.

2 lentelė. Instaliuota VE galia (MW) ES šalyse

Šalis	2003 metais	2004 metais	Iš viso 2004 metų pabaigoje	Pokytis %	El. en. poreikis 2003 m. TWh
Airija	191	148	339	77	24,37
Anglija	648	240	888	37	369,96
Austrija	415	192	606	46	65,82
Belgija	68	28	95	41	87,28
Čekija	9	9	17	100	61,93
Danija	3115	9	3117	0	35,57
Estija	2	3	6	150	7,07
Graikija	375	90	465	24	55,61
Ispanija	6203	2065	8263	33	239,46
Italija	904	221	1125	24	323,96
Kipras	2	0	2	0	
Latvija	26	0	26	0	5,71
Lenkija	63	0	63	0	127,16
<b>Lietuva</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>x</b>	<b>10,55</b>
Liuksemburgas	22	14	35	64	7,17
Malta	0	0	0	0	1,94
Norvegija	101	59	160	58	106,05
Olandija	910	197	1078	22	109,49
Portugalija	296	226	522	76	45,77
Prancūzija	253	138	386	55	469,2
Slovakija	3	3	5	100	26,95
Slovėnija	0	0	0	0	13,6
Suomija	52	30	82	58	85,63
Švedija	399	43	442	11	137,95
Šveicarija	5	4	9	80	60,12
Vengrija	3	3	6	100	36,84
Vokietija	14609	2037	16629	14	569,23
Iš viso	28674	5766	34373	20	3084,39

šalyje elektros gamyba naudojant AEŠ daugiausia priklauso nuo vandens ir vėjo energetinių išteklių. Tačiau mažųjų upių vandens išteklių, praktiškai išsekę, o didžiųjų upių (Nemuno ir Neris) sunkiai panaudojami dėl aplinkosaugos reikalavimų. Todėl daugiausia dėmesio skiriama vėjo energetikos plėtrai. Lietuvos Vyriausybės nutarimuose numatyta iki 2010 metų pasiekti 7% bendrosios elektros gamybos iš AEŠ bei skatinti pirkti vėjo elektrinių pagamintą elektros energiją. Valstybė remia 200 MW bendrosios galios VE įrengimą šalyje, garantuodama energijos supirkimo kainą 0,22 Lt/kWh.

Lietuvoje veikia šiuolaikinė 630 kW galios jėgainė prie Vydmantų, Juragiuose – 53 kW, prie Kretingalės pastatytas 6 VE parkas (5400 kW). Priežastys, stabdančios VE statybos procesą šalyje, yra techninės, taip pat kai kurių institucijų pavėluotas dėmesys vėjo energetikai. Be to, būtina įvertinti tai, kad Lietuvos klimato sąlygos nėra idealios vėjo energetikos plėtrai, nes pajūrio zona, kurioje vėjo parametrai geri, labai trumpa (~90 km). Dėl minėtų priežasčių efektyvaus vėjo energijos išteklių panaudojimo Lietuvoje tyrimai yra aktualūs ir būtini. Šiame darbe nagrinėjami klausimai susiję su VE plėtra Lietuvoje įvertinant vėjo išteklius, įjungimo į elektros tinklus technines galimybes, ES šalių patirtį VE skatinimo srityje bei kitus esminius veiksnius.

## 2. VĖJO ENERGETIKOS PLĖTROS TENDENCIJOS ES ŠALYSE

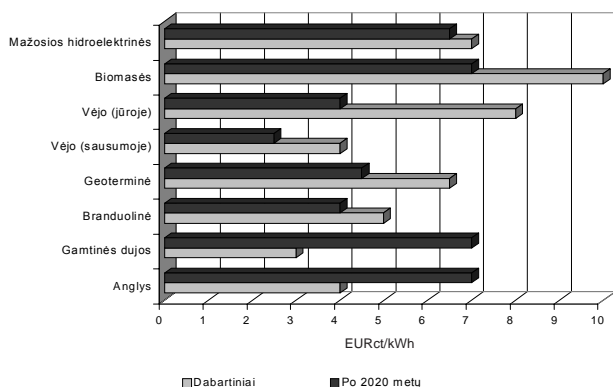
Sparčiausiai ES vėjo energetika augo praėjusio amžiaus dešimtajame dešimtmetyje – net 40% per metus (nuo 0,8 TWh 1990 m. iki 22,7 TWh 2000 m.). Nagrinėjant kai kurių šalių indėlį AEŠ panaudojimo spartai, galima atkreipti dėmesį į tai, kad tik kai kurios šalys pasiekė puikių rezultatų. Pavyzdžiui, 80% naujų VE buvo pastatyta 3 šalyse: Danijoje, Vokietijoje ir Ispanijoje. Ypač didelė pažanga naudojant vėjo energiją priklauso Danijai: VE gamyba išaugo nuo 310 GWh 1990 m. iki 4441 GWh 2000 m., t. y. daugiau nei 14 kartų. Labai dinamiškai elektros energijos gamybą AEŠ naudojančiose elektrinėse plėtojo Vokietija: elektros gamyba VE padidėjo nuo 71 GWh 1990 m. net iki 9350 GWh 2000 m., 2002 m. – net 17 TWh [3, 4]. Europos vėjo asociacijos 2003–2004 m. duomenimis [4] (2 lentelė), vėjo energetika ES šalyse toliau sėkmingai plėtėsi: Ispanija (metinis prieaugis – 33%), Vokietija (14%), Anglija (37%), Airija (77%), Portugalija (76%), Austrija (46%), Prancūzija (53%). Pažymėtina, kad ankstesnių metų lyderiai Danija, Vokietija gerokai sulėtino augimo tempus, matyt, dėl palankių statybos vietų stokos ar kitų priežasčių. Šiuo metu Baltijos šalių vėjo energetikos sri-

tyje pirmauja Estija, kuri 2005 m. intensyviai pradėjo statyti VE. Dabar Estijoje suminė instaliuota VE galia 30 MW, nežymiai nuo Estijos atsilieka Latvija – 27 MW, kur kas labiau Lietuva – apie 6,4 MW.

### 3. VE ENERGIJOS GAMYBOS SKATINIMO SISTEMOS ES ŠALYSE

ES šalys narės taiko įvairius elektros gamybos naudojant AEŠ skatinimo būdus: tiesiogiai nustatant kainas ar kvotas, remiant investicijas, taikant mokesčių nuolaidas, remiant mokslinius tyrimus ir t. t.

Elektros energijos gamyba elektrinėse, naudojančiose AEŠ, kol kas pralaimi konkurenciją elektrinėms, naudojančioms organinį ir branduolinį kurą (išskyrus didesles hidroelektrines) (1 pav.), todėl daugelis šalių priima tam tikrus politinius sprendimus AEŠ panaudojimui skatinti, taiko tam tikrus AEŠ naudojimo rėmimo būdus [3–5]. Galima tikėtis, kad iki 2020 m. minėtos priemonės padės sumažinti elektros gamybos iš AEŠ kaštus, nebūs teršiama aplinka, šis elektros gamybos būdas bus konkurencingas organinio kuro technologijoms.



1 pav. VE energijos supirkimo tarifai 2003 m. ES šalyse

Skatinimo būdai skirstomi į tiesioginio kainų rėmimo ir netiesioginio rėmimo būdus. Yra du tiesioginio kainų rėmimo mechanizmai: nustatytos kainos ir kvotų sistema. Netiesioginio rėmimo būdai apima investicijų subsidijas, mokesčių nuolaidas, paramą mokslo ir tiriamiesiems darbams ir kt. Lietuva taip pat taiko įvairius AEŠ skatinimo būdus: nustatytos supirkimo kainos, mokesčių nuolaidos bei ateityje numato įgyvendinti prekybą „žaliaisiais sertifikatais“.

**Nustatytų kainų** (supirkimo tarifų) sistema taikoma daugelyje šalių (tarp jų ir Lietuvoje) (2 pav.). Vyriausybės nustato, kokiomis kainomis elektros tiekėjai turi supirkti elektros energiją, pagamintą AEŠ naudojančiose elektrinėse. Taikant **kvotų sistemą** įvedama konkurencija tarp „žaliąją“ elektros energiją gaminančių elektrinių. Šiuo metu taikomos 2 rėmimo schemos: „žalieji sertifikatai“ ir konkursinės kvotos. Taikant „žaliųjų sertifikatų“ sistemą elektra, pagaminta AEŠ naudojančiose elektrinėse, parduodama rinkos kainomis. Papildomi „žaliosios“ elektros energijos gamybos kaštai atitenka tiekėjams ar vartotojams: jie privalo supirkti atitinkamą

kiekį (nustatytą kvotą) „žaliosios“ elektros energijos. „Žaliosios“ elektros energijos gamintojai konkuruoja tarpusavyje prekiaudami „žaliaisiais sertifikatais“ – susikuria „žaliųjų sertifikatų“ rinka. Jei tiekėjai (ar vartotojai) nenuperka kvotoje nustatyto „žaliosios“ energijos kiekio, jie moka atitinkamas baudas (2003–2004 m. ji siekė 4,5 EURct/kWh). Tokia sistema naudojama Anglijoje, Švedijoje, Lenkijoje. Taikant **konkurencinių kvotų** sistemą, Vyriausybė skelbia konkursus „žaliajai“ elektros energijai gaminti. Konkurso metu nustatoma kaina, už kurią tiekėjai turės pirkti „žaliąją“ elektros energiją iš konkursą laimėjusių gamintojų.

#### Netiesioginio rėmimo būdai:

##### 1) fiskalinės priemonės:

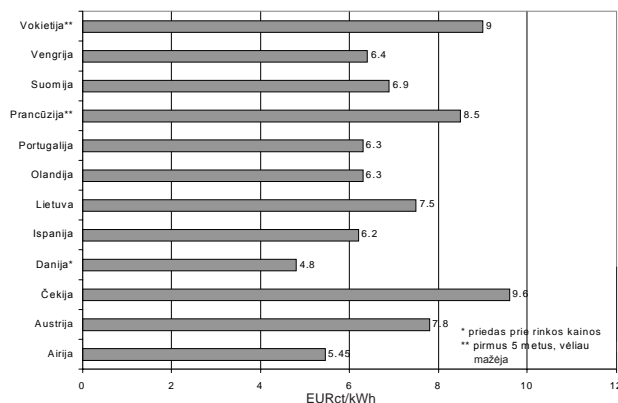
- netaikomi energijos mokesčiai (tose šalyse, kuriose jie taikomi),
  - taikomas mažesnis PVM tarifas,
  - taikomos mokesstinės nuolaidos investicijoms,
  - taikomi SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ir CO<sub>2</sub> mokesčiai;
- 2) parama mokslo ir tiriamiesiems darbams.

Galima tikėtis, kad **mokslo ir technologijų pažanga** sumažins gamybos AEŠ naudojančiose elektrinėse kaštus, šios elektrinės taps konkurencinės, ypač augant organinio kuro kainoms. Vėjo, biomasės, hidroelektrinės ne tik neteršia aplinkos, bet ir gamins elektros energiją, konkuruojančią laisvoje rinkoje.

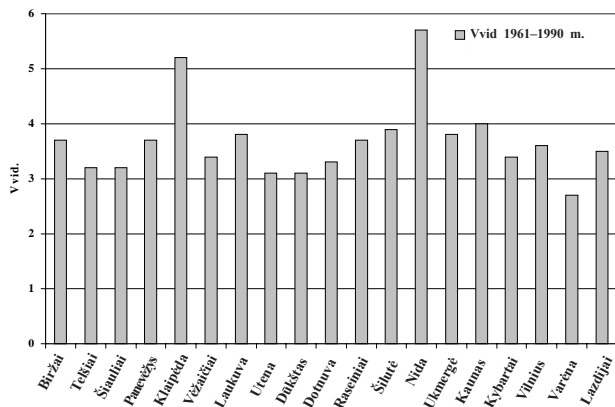
### 4. VĖJO ENERGETINIAI IŠTEKLIAI LIETUVOJE

Lietuvoje, pradėdant naudoti vėjo energiją, jau atliktas pirminis vėjo energijos išteklių vertinimas, parengtos skaičiavimo metodikos. Jos būtinos, nes reikia tinkamai parinkti VE agregatus, sudaryti jų darbo grafikus, prognozuoti energijos išdirbį, nustatyti ekonominius rodiklius. Taip pat būtina ištyrinėti vėjo parametrų kitimą, gūsių susidarymą, vėjo greičio profilius, atsižvelgiant į žemės paviršiaus šiurkštumą ir teritorijos užstatymo laipsnį, bei vėjo srautų susidarymą už gamtinių ir urbanistinių kliūčių.

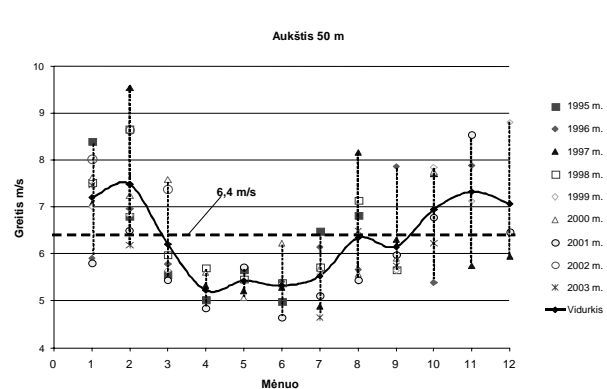
Vienas pačių svarbiausių parametrų yra vietovės vidutinis metų vėjo greitis, kurio dydis nustatomas atliekant daugiamečius vėjo parametrų matavimus. Vėjo greičiai buvo matuojami Lietuvos meteorologijos stotyse visą



2 pav. Elektros energijos gamybos iš AEŠ kaštai



3 pav. Meteorologijos stočių vidutinio vėjo greičio matavimo duomenys skirtingose Lietuvos teritorijos vietovėse



4 pav. Vidutinių vėjo greičių kitimas Klaipėdos regione (Giruliuose) 1995–2003 metais

pokarį. Pasinaudojant šiais duomenimis (3 pav.) galima padaryti gana išsamias išvadas apie vietovės tinkamumą VE statybai.

Atsižvelgiant į šiuolaikinių VE techninius parametrus, didelės galios vėjo įrenginių tinkamiausia statybos vieta yra pajūris, bet čia susiduriama su kito tipo problemomis: gamtos sauginėmis, urbanistinėmis, laisvų žemės plotų trūkumu ir t. t. Iš daugiamečių vėjo greičio matavimo specializuota aparatūra pajūrio zonoje Klaipėdos rajone netoli Girulių duomenų matyti (4 pav.), kad vidutinis 1995–2003 m. matuotas metinis vėjo greitis lygus 6,4 m/s. Vidutinis mėnesio vėjo greitis įvairiais metais kinta iki 50%, tačiau metinis – mažai. Mažiausi vėjo greičiai yra vasarą, o didžiausi žiemą. Vyraujančios vėjo kryptys šiaurės vakarų, vakarų ir pietvakarių. Tai būdinga tiek žiemą, tiek kitais metų laikotarpiais.

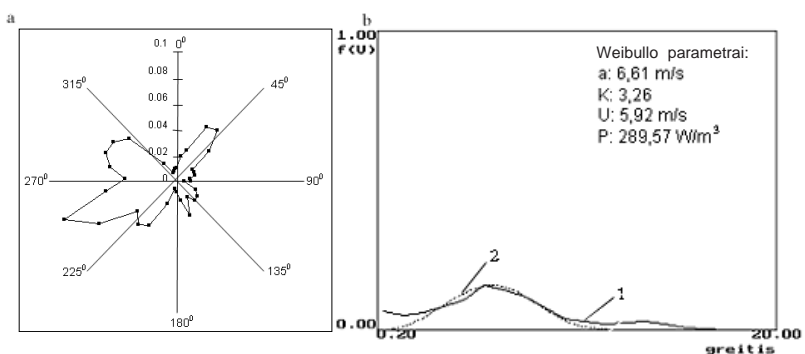
Rezultatai, gauti matematinės statistikos būdu apdorojant vėjo greičio, krypties matavimo duomenis, parodyti 5 paveiksle.

Tikimybinį vėjo greičio pasiskirstymą geriausiai atitinka Weibullo pasiskirstymas (Weibull distribution). Pagal tai [6], vėjo greičio tikimybės pasiskirstymo tankis  $f(V)$  gali būti išreikštas šitaip:

$$f(V) = \frac{K}{a^K} \cdot V^{K-1} \cdot e^{-(V/a)^K}; \quad (1)$$

čia  $a$  ir  $K$  – Weibullo pasiskirstymo parametrai.

Parametrai  $a$  ir  $K$  priklauso nuo vietovės geografinių charakteristikų ir nuo vėjaračio veleno aukščio virš žemės paviršiaus. Todėl norint apskaičiuoti, kiek elektros energijos būtų galima pagaminti konkrečioje vietoje, nepakanka žinoti vidutinį metinį vėjo greitį – dar reikalingi tos vietos vėjo greičio Weibullo pasiskirstymo parametrai. Tam būtina sudaryti žemėlapių, kuriame šalia vidutinio metinio vėjo greičio būtų nurodyti ir vidutiniai Weibullo pasiskirstymo parametrai. Kai kurių Lietuvos vietovių vėjo greičio Weibullo pasiskirstymo parametrai yra paskelbti literatūroje [6].



5 pav. Vėjo parametrų kitimas (a – vėjų rožė; b – Weibullo pasiskirstymas; čia 1 – eksperimentiniai skaičiavimai; 2 – teoriniai skaičiavimai) (Girulių RTS)

Nustatytą vėjo greičio pasiskirstymą (Weibullo) apibūdina: skalės parametras  $A$  ir formos parametras  $k$ , taip pat atitinkamas vidutinis greitis  $U$  ir energijos tankis  $P$ . Šie keturi parametrai naudojami regioninio vėjo kitimo lentelėse prie tam tikrų aukščio ir šurkštumo kombinacijų (3 lentelė).

Norint dar tiksliau apskaičiuoti, kiek elektros energijos pagamintų pasirinkta vėjo elektrinė pasirinktoje vietoje, galima naudoti specialias kompiuterines programas. Viena geriausių programų yra WindPRO-2, kuri skirta planuoti ir projektuoti vėjo elektrines bei jų parkus [6]. Šioje programoje skaičiavimuose įvertinamas vietovės reljefas, kliūtys vėjui įvairiomis kryptimis iki jėgainės ir kiti veiksniai. Taip pat galima patikrinti, kaip vizualiai atrodys vietovė, kai joje bus pastatyta tam tikra vėjo elektrinė arba jų parkas.

Be techninių parametrų ir charakteristikų, pasirenkant vėjo elektrinę reikia įvertinti ir ekonominius rodiklius: VE įrengto galingumo kilovato kainą, eksploatacijos išlaidas, pagamintos elektros energijos kilovatvalandės kainą [8].

## 5. VE PRIJUNGIMO PRIE ELEKTROS TINKLŲ TECHNINĖS GALIMYBĖS

Už elektros sistemos darbo nenutrūkstamumą, patikimumą atsako elektros sistemos operatorius. Pagal Energetikos įstatymą vartotojams elektros energija turi būti tie-

3 lentelė. Vėjo energetinių parametru pajūrio zonių skaičiavimo rezultatai

Aukštis	Šiurkštumo klasė Šiurkštumo dydis (m)	0	1	2	3
		0	0,03	0,1	0,4
10 m	Weibullo parametrai:				
	A	6,8	4,8	4,1	3,3
	k	1,97	1,7	1,7	1,71
	Vidutinis greitis U (m/s)	6	4,2	3,7	2,9
	Energijos tankis P (W/m <sup>2</sup> )	262	107	71	35
25 m	Weibullo parametrai:				
	A	7,5	5,7	5,1	4,3
	k	2,03	1,82	1,81	1,8
	Vidutinis greitis U (m/s)	6,6	5,1	4,6	3,8
	Energijos tankis P (W/m <sup>2</sup> )	334	169	124	74
50 m	Weibullo parametrai:				
	A	8	6,6	6	5,2
	k	2,08	2,03	1,98	1,94
	Vidutinis greitis U (m/s)	7,1	5,9	5,4	4,6
	Energijos tankis P (W/m <sup>2</sup> )	405	234	182	121
75 m	Weibullo parametrai:				
	A	8,4	7,3	6,7	5,8
	k	2,05	2,17	2,15	2,08
	Vidutinis greitis U (m/s)	7,4	6,5	5,9	5,2
	Energijos tankis P (W/m <sup>2</sup> )	471	294	226	157
200 m	Weibullo parametrai:				
	A	9,6	9,8	8,9	7,7
	k	1,92	2,05	2,07	2,11
	Vidutinis greitis U (m/s)	8,5	8,7	7,9	6,8
	Energijos tankis P (W/m <sup>2</sup> )	753	744	553	356

kiami su mažiausiomis išlaidomis. VE prijungimas turės poveikį:

1) energijos gamybos išlaidoms elektros energetikos sistemoje (EES);

2) perdavimo tinklo operatoriaus išlaidoms.

VE neišvengiamai didins vidutinės elektros gamybos išlaidas, nes visuomeniniai tiekėjai (AB Vakarų skirstomieji tinklai, AB Rytų skirstomieji tinklai) ir visi nepriklausomi tiekėjai privalės ją pirkti didesniu tarifu nei energijos kaina rinkoje. Tokios energijos pirkimas yra visuomenės interesus atitinkanti paslauga. Pajamos, gautos už elektros energiją, pagamintą VE, padengs VE savininkų investicines išlaidas. Tyrimai buvo atliekami siekiant nustatyti didžiausią suminę VE instaliuotą galią  $G_{VE\ didz}$ , kuriai esant perdavimo tinklo operatoriaus išlaidos praktiškai neturėtų žymiai padidėti. Galia  $G_{VE\ didz}$  nustatoma, kaip perdavimo tinklo ir EES techninių galimybių funkcija:

$$G_{VE\ didz} = \min [G_{VE} (P_{EES\ rez}), G_{VE} (P_{110\ linijos}), G_{VE} (P_{110\ itamos})]; \quad (2)$$

čia  $G_{VE} (P_{EES\ rez})$  – VE galia, kuriai rezervuoti EES nereikės papildomų reguliavimo išlaidų, t. y. pakaks esa-

mo EES rezervo ir nereikės laikyti parengtų papildomų rezervinių galių.

Kaip nustatyta Elektros tinklų kodekse (patvirtintame Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2001-12-29 d. įsakymu Nr. 398), perdavimo tinklų operatorius pagal kompetenciją įgaliotas laikyti pakankamą pirminio ir antrinio reguliavimo, momentinių bei avarinių galios rezervą.

Visos VE Lietuvoje gali būti laikomos sudarančios ekvivalentinį VE parką (EVEP), kurio galios svyravimai nuo 0 iki tam tikro dydžio  $G_{VE}$  padengiami iš:

- EES antrinio reguliavimo rezervo – normaliai svyruojant EVEP galiai per valandą;
- avariniu EES galios rezervu – sustojus neplanuotai praktiškai visoms VE dėl netikėto vėjo nuščiuvimo.

Planuojamu laikotarpiu priimdami vasaros minimumo laikotarpį 2010 metais, turėtume:

$$P_{antr\ rez} = P_{EES\ 2003} \cdot k_{aug} \cdot k_{antr\ rez}. \quad (3)$$

Preliminariai galima tarti, kad  $k_{antr\ rez} = 0,20$ .  $P_{EES\ 2003}$  vasaros minimumo metu buvo 560 MW, o apkrovos augimo koeficientas iki 2010 metų – 1,3. Todėl  $P_{antr\ rez} = 560 \cdot 1,3 \cdot 0,2 \approx 146$  MW ir VE galia pagal šį rezervą būtų  $G_{VE} (P_{EES\ antr\ rez}) \approx 146$  MW.



Avarinis galios rezervas galimas Lietuvos elektrinės (Elektrėnuose) 150 MW blokas, todėl

$$G_{VE} (P_{EES \text{ avar rez}}) = P_{EES \text{ avar rez}} = \max (P_{\text{blok } j}) = 150 \text{ MW}. \quad (4)$$

$G_{VE} (P_{110 \text{ linijos}})$  – VE galia, kuriai veikiant neperkraunamos 110 kV perdavimo linijos ir nereikia statyti naujų papildomų linijų (apskaičiuota – 255 MW);  $G_{VE} (P_{110 \text{ įtampos}})$  – VE galia, kuriai veikiant 110 kV pastotėse įtampos nėra didesnės už techniškai leistinas ribas (apskaičiuota – 600 MW).

Tuomet įrašę nustatytas  $G_{VE} (P_{EES \text{ avar rez}})$ ,  $G_{VE} (P_{110 \text{ linijos}})$ ,  $G_{VE} (P_{110 \text{ įtampos}})$  reikšmes į (2) lygtį gauname:

$$G_{VE \text{ didž}} = \min [150, 255, 600] = 150 \text{ MW}. \quad (5)$$

Taigi VE prijungimą techniškai labiausiai riboja EES rezervo reguliavimo ribojimas – nelaikyti rezerve papildomų galių. Tačiau  $G_{VE \text{ didž}} = 150 \text{ MW}$  turėtų būti laikoma staiga atsijungiančia ekvivalentinio VE parko galia, sudarančia bent 85% instaliuotos parko galios. Šitaip darome prielaidą, kad 15% suminės galios dėl teritorinio VE išsisklaidymo dirbs, kaip buvo numatyta EES balanso grafike. Tokiu atveju suminė VE įrengtoji galia sudarys:

$$G_{VE \text{ didž}} = 150 \text{ MW} / 0,85 \approx 170 \text{ MW}. \quad (6)$$

Taigi, jei instaliuotoji galia bus ne didesnė kaip 170 MW, tai EES praktiškai neturės reguliavimo ir plėtros išlaidų dėl VE prijungimo 2010 metais. Tam tikras išlaidas sudarys esamų 5–6 110 kV pastočių rekonstrukcija įrengiant papildomus narvelius prijungti atvadus nuo VE parkų aukštinančiųjų pastočių (20/110 kV).

Plėtros scenarijus (500 MW) statant po 2 MW galios VE yra visiškai įgyvendinamas, nes pakanka 250 VE, o tiek vietos Lietuvos pajūryje yra. Tokiai galiai priimti tektų plėsti perdavimo tinklą ir statyti dar vieną 330 kV pastotę.

### Elektros kokybės klausimai

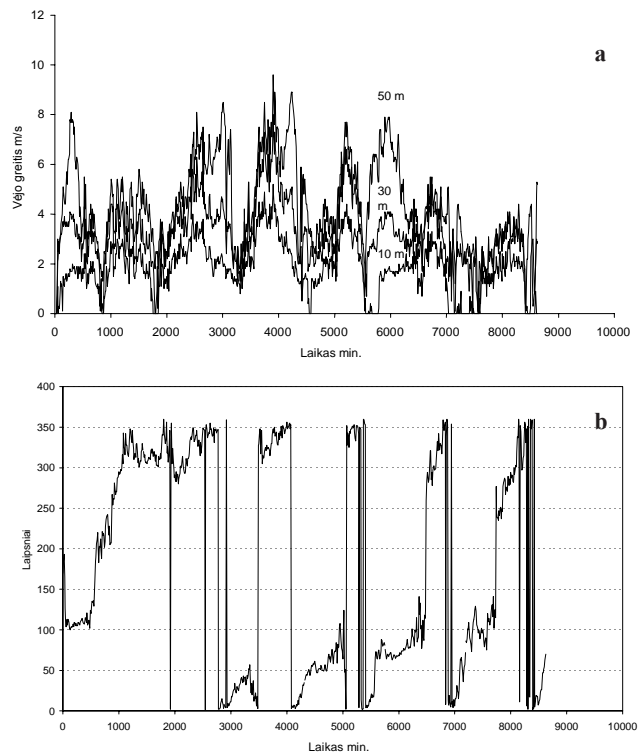
Didėjant VE kiekiui, tenka vertinti VE įtaką sistemos aktyviosios galios balansavimui, dažnio valdymui ir kitiems svarbiems sistemos režimų parametrams: reaktyviosios galios ir įtampų reguliavimui, elektros kokybei. VE pajungimas į tinklą, kitaip negu šiluminių, vandens ir atominių, sukelia kai kuriuos papildomus tinklo darbo nestabilumus, kurie priklauso nuo vėjo parametru kitimo. Pagal vėjo greičio matavimo duomenų oscilogramas (6 a pav.) matyti dideli vėjo greičio pokyčiai per tam tikrą laiką. Be chaotiškai besikeičiančios vėjo greičio amplitudės, taip pat keičiasi ir vėjo kryptis (6 b pav.). Vėjo greičio amplitudė, išmatuota 10, 30 ir 50 m aukščiuose, kinta nuo 0 iki 10 m/s ir išsisluoksniuoja pagal aukščius.

Leistinas tinklo apkrovimas šiuo atveju gali būti ribojamas ne tik terminiais tinklo pralaidumo paramet-

rais, bet ir įtampos kokybės parametrais. Juntamos įtampos vartotojui turi du elektros kokybės parametrai. Tai dažni įtampos šuoliai ir tiekiamos į tinklą elektros srovės aukštesnių harmonikų lygis. Įtampos kitimo ar mirgėjimų dydis priklauso nuo tinklo parametru, o jam sumažinti reikia brangesnių įrenginių. Harmonikų, kurias sukelia VE naudojami elektroniniai keitikliai, lygio sumažinimas yra palyginti nesunkiai sprendžiamas, panaudojant harmonikų filtrus. Įtampai ir reaktyviajai galiai valdyti tinkamiausios galingus elektroninius keitiklius turinčios VE. Jungiant VE parką prie skirstomojo tinklo linijos, prie kurios prijungti ir vartotojai, jo ribinė galia, kai dar atitinka įtampos kokybės parametrus, yra jautri linijos ilgiui ir sparčiai mažėja ilgėjant linijai. Apskaičiuota, kad jungiant VE prie 10 kV linijos ribinė galia yra apie 1,6 MW, tuo tarpu prijungimas prie 110 kV tinklo Lietuvos pajūrio zonoje įtampos kokybės problemų nesukels ir nepareikalaus brangių reaktyviosios galios greito (dinaminio) reguliavimo įrenginių.

### Elektros tinklo balansas

Elektros tinklo balansą užtikrinantieji generatoriai turi būti pasiruošę kiekvieną akimirką didinti arba mažinti savo galią. Su techniniais apribojimais reguliuojant galios balansus jau susiduriama Vokietijoje, Danijoje, Japonijoje. Vokietijoje nutarta kurti tokius šiluminius blokus, kurių galios kėlimo galimybės atitiktų VE galios kitimą. Iš esmės tokias savybes turi dujų turbininiai agregatai. Danijoje nutarta eiti energijos kaupiklių kūrimo ir taikymo keliu, kai turint energijos perteklių du cheminiai komponentai atskiriami ir saugojami atskirose talpose, esant ener-



6 pav. Vėjo greičio (a) ir krypties (b) oscilogramos skirtinguose aukščiuose (Girulių RTS, 2001 m. liepos 1–6 d.)

gijos poreikiui cheminiai komponentai sujungiami kuro baterijose. Japonijoje pritaikytas smagračio energijos kaupiklis. Nuolat sukant didelę masę, joje sukaupia kinetinę energiją gali būti verčiama į elektros energiją.

Patraukliai atrodo vandenilio gamyba, skaidant vandenį elektrolizės būdu, pagamintas dujas galima pūsti į esančius dujotiekus, maišant su gamtinėmis dujomis ir pateikiant kaip kurą dujų vartotojams.

Lietuvoje šio uždavinio sprendimui galima nagrinėti keletą variantų.

*Pirmas variantas.* VE plius Lietuvos elektrinė. Komplexo privalumas yra tai, kad Lietuvos elektrinė jau pastatyta ir nereikia kapitalinių investicijų, o trūkumas, kad elektrinės blokus reikėtų laikyti nepilnai apkrautus arba dažnai stabdyti ir vėl paleisti. Tai didintų tokio komplekso darbo kaštus. Šio operatyvinio rezervu palaikymas 89,04 Lt/kWh metams (AB „Lietuvos energija“ duomenys).

*Antras variantas.* VE plius Kruonio HAE. Šio komplekso darbas susietas su energijos nuostoliais (apie 28%) užkraunant šią HAE. Įvertinus pačios HAE eksploatacijos kaštus VE elektros supirkimo kaina pakiltų iki 29 ct/kWh. Kitas trūkumas – ribotas Kruonio HAE manevringumas. Būtina įvertinti, kad Lietuvos energetikos sistemoje, dirbant Ignalinos AE, Kruonio HAE yra visiškai panaudojama. Todėl kaip operatyvinis rezervas lieka Lietuvos elektrinė, naudojanti organinį kurą.

Įrengus 170 MW bendros galios VE, kurios per metus pagamintų 0,306 TWh elektros energijos, papildoma „viešųjų interesų“ suma (dotacija vėjo energetikai) sudarytų 48,88 mln. Lt. Dėl vėjo energetikos dotavimo elektros tarifai padidėtų 0,4 ct/kWh, todėl neribojamas VE statybos procesas be techninių problemų gali sukelti ir neigiamų socialinių pasekmių.

## 6. VĖJO ENERGETIKOS PLĖTROS PLANAVIMAS LIETUVOJE

Vėjo energetikos plėtra yra planuojama daugelyje Europos šalių [1]. Lietuvos Vyriausybė nutarė šalyje iki 2010 metų pasiekti 7% bendrosios elektros gamybos iš AEEŠ bei skatinti pirkti VE pagamintą elektros energiją. Prognozuojama (4 lentelė) iki 2010 m. VE gaminti 2,2% elektros energijos, suvartojamos šalyje. Yra Vyriausybės nutarimas, reguliuojantis ir supirkimo tvarką, ir energijos gamybos apimtis, t. y. nustatomos kasmetinės supirkimo kvotos. VE, kurių plėtra numatoma sparčiausia, nustatomos ir tam tikros zonos, o toms zonoms nustatomos leistinos galios, šis ribojimas negalioja mažoms, iki 250 kW galios, VE.

VE išdėstymo zonos:

- 1 ZONA. Skirstomieji tinklai 30 MW.
- 2 ZONA. 110 kV linija Klaipėda–Pagėgiai, 40 MW Juknaičių pastotė (išplečiant pastotę).
- 3 ZONA. 110 kV linija Klaipėda–Palanga, 35 MW Šventosios pastotė (įrengiant naują pastotę).
- 4 ZONA. 110 kV linija Šventoji–Židikai, 30 MW (įrengiant naują pastotę).
- 5 ZONA. 110 kV linija Klaipėda–Rietavas, 35 MW (įrengiant naują pastotę).
- 6 ZONA. Perdavimo tinklai, 20 MW (įrengiant naują pastotę).

Šios zonos buvo nustatytos, atsižvelgus į hidrometeorologinius duomenis, parenkant vėjo energetikai palankiausias vietas, taip pat – atsižvelgiant į esančią įrengtą infrastruktūrą, vartotojus, rezervinius pajėgumus, biologinius ir kultūrinius vėjo energetikos plėtros apribojimus.

Valstybė remia 200 MW bendrosios galios VE įrengimą šalyje garantuodama energijos supirkimo kainą 0,22 Lt/kWh. Ši kaina nėra perskaičiuojama ar diferencijuojama, ji galioja iki 2010 metų arba sutartyje numatytą laikotarpį. Nuo 2010 m. numatoma įvesti „žaliųjų sertifikatų“ sistemą, kuri užtikrintų konkurenciją tarp gamintojų. Kai naujų „žaliųjų“ elektros gaminančių elektrinių numatoma statyti daugiau nei pagal Vyriausybės nutarimą, skelbiamas konkursas ir teisę statyti VE laimi ta kompanija, kuri pasiūlo apmokėti didesnę prijungimo prie tinklų mokesčio dalį (ši dalis neturi būti mažesnė kaip 60%). Vyksta konkursai VE statyti, yra paskelbti laimėtojai, tačiau statyti delsiama.

## 7. VE ĮRENGIMO GAMTOS BEI KULTŪROS PAVELDO APSAUGOS VEIKSNIAI

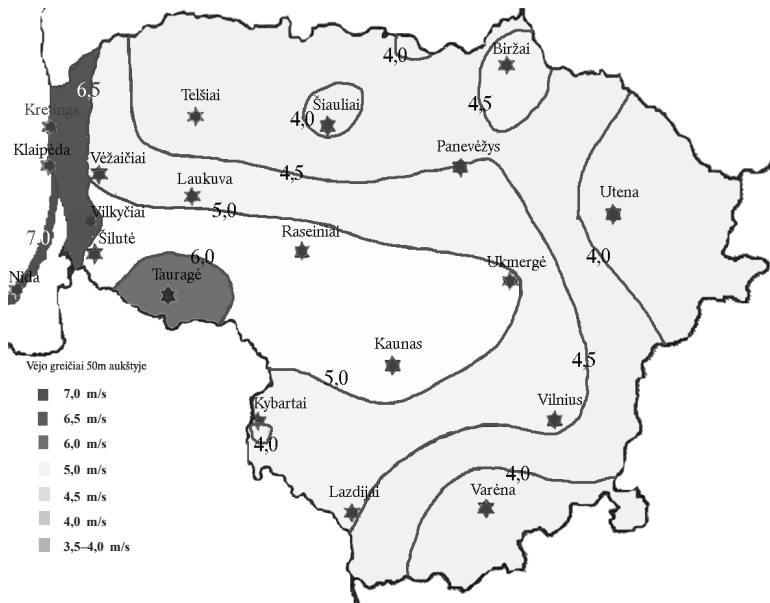
Nors VE ekologiškos, gamina pakankamai daug elektros, tačiau turi ir nemažai trūkumų [9]:

- gadina peizažą ir gali užstoti Saule;
- periodiškai judantys menčių šešėliai dirgina netoliese esančius žmones;
- užima didelius žemės plotus.

Įrengiant VE ar jų parkus, turi būti laikomasi Saugomų teritorijų įstatymo nuostatų [10], pagal kurias gamtiniuose ir kompleksiniuose draustiniuose, valstybiniuose parkuose draudžiama statyti naujas VE, turi būti laikomasi Pajūrio juostos įstatymo nuostatų [11], pagal kurias yra apribotas įvairių statinių, išskyrus hidrotechninius

4 lentelė. Prognozuojamas VE galios prieaugis ir elektros energijos gamyba Lietuvoje

	Metai						Iš viso
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Galios prieaugis MW	6,4	33	33	33	25	13	143,4
Elektros energijos gamyba GWh	1,2	84,2	112,2	140,3	196,4	278	812,3



7 pav. Vidutinio vėjo greičio pasiskirstymas Lietuvoje 50 metrų aukštyje virš žemės paviršiaus, esant šiurkštumo klasei 2 (10 cm šiurkštumo ilgis)

statinius, statymas pajūrio juostoje iki 20 m izobaros. Turi būti laikomasi tarptautinių susitarimų ir konvencijų (kraštovės, biologinės įvairovės, kultūros ir gamtos paveldo apsaugos, jūros apsaugos srityse) bei nacionalinių teisės aktų (kraštovaizdžio, biologinės įvairovės, jūros krantų apsaugos, nekilnojamojo kultūros vertybių apsaugos srityse) reikalavimų, kuriais draudžiama ar ribojama tokių objektų statyba tam tikrose teritorijose.

## 8. VE STATYBOS TERITORIJŲ PARINKIMO KRITERIJAI

Aikštelės VE statybai parenkamos atsižvelgiant į daugelį veiksnių. Vienas pačių svarbiausių parametru yra tos vietovės vidutinis metų vėjo greitis (7 pav.). Vėjo parametru dydžiai patikslinami matuojant vėjo parametrus nustatytoje vietovėje per 6–12 mėnesių, koreliuojant su artimiausios meteorologijos stoties daugiamečių stebėjimų duomenimis (3 pav.). Pasinaudojant meteorologijos stotelių matavimų duomenimis galima padaryti gana išsamias išvadas apie vietovės tinkamumą VE statybai.

Kitas svarbus veiksnys, sąlygojantis aikštelės tinkamumą VE statybai, yra vietovės landšafto pobūdis. Aikštelė turi būti atvira – jos aplinkoje negali būti aukštų statinių, miško. Parenkant aikštei vietą būtina atsižvelgti į nuotolį nuo didelės galios elektros tinklų linijos, elektros pastotės, ar yra privažiavimo keliai, nes naujos dideliu atstumu elektros tinklų linijos statyba, kelių tiesimas labai pabrangina VE statybos išlaidas ir gamina elektros energijos savikainą.

Reikia stengtis, kiek tai yra įmanoma, parinkti VE statybos vietą kuo toliau nuo gyvenamųjų pastatų. Nors akustinio triukšmo lygis, sukliamas dirbančios VE, palyginti nedidelis jau kelių šimtų metrų nuotolyje, bet jis yra labai monotoniškas, be to, periodiškai judantys menčių šešėliai

dirgina žmones, veikia nuolat ir gali nervinti silpnesnės nervų sistemos asmenis. Tai gali sukelti vietinių gyventojų pasipriešinimą tolesniam VE parko plėtimui.

VE statybos vieta gali būti parinkta tiesiog jūroje, netoli kranto. Šiuo atveju neužimama brangi, deficitinė pajūrio žemė, vėjo greitis šiek tiek didesnis, bet atsiranda papildomų inžinerinių problemų, pasunkėja jėgainių priežiūra, padidėja statybos kaštai, kartu ir gaminamos energijos savikaina.

Vienas pagrindinių veiksnių, lemiantis VE išdirbį, yra bokšto aukštis. Vėjo greitis didėja didėjant aukščiui ir priklauso nuo oro temperatūros bei vietovės atvirumo (šiurkštumo) laipsnio (3 lentelė).

VE aikštelėje išdėstomos prisilaikant tam tikrų minimalių atstumų. Literatūros duomenys rodo, kad atstumas tarp gretimų VE turi būti ne mažesnis kaip 6–18 rotoriaus skersmenys ir turi būti išlaikomas vienodas visomis kryptimis. Rekomenduojamas atstumas 12 rotoriaus skersmenų. Pajūryje, taip pat kitose Lietuvos teritorijos dalyse vyrauja pietų ir vakarų bei šiaurės ir vakarų vėjai. Šios kryptys sudaro apie 70% vyraujančių vėjo krypčių. Todėl esant galimybei išdėstyti VE vyraujančių vėjų kryptimi atstumą tarp VE galima sumažinti iki 5–6 rotoriaus skersmenų.

## 9. VE STATYBOS EKONOMINĖ ANALIZĖ

VE technologijos yra pakankamai brangios, todėl reikia investuoti nemažą kiekį pinigų, šiuo atveju pagrindiniai investuotojai galėtų būti bankai arba fondai.

Ne mažiau svarbus yra atsakymas į klausimą „kiek elektros energijos galima pagaminti konkrečioje vietovėje?“. Pagal vietovės išteklių vertinimo rezultatus parenkamos vienokio ar kitokio tipo VE. Pagamintos produkcijos kiekis taip pat priklausys nuo pasirinktų technologijų efektyvumo, jų naudingumo koeficiento.

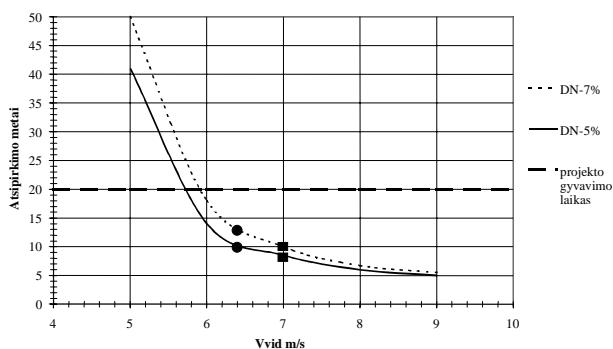
Pagal užsienio firmų pateiktus duomenis (5 lentelė), statant VE, išlaidos pasiskirsto šitaip:

Be visų anksčiau išvardytų veiksnių, svarbu atsižvelgti į tai, ar projektas yra techniškai išpildomas, t. y. įmanomas pajungimas į tinklą, vietinio tinklo tinkamumas, vietovės tinkamumas, grunto tinkamumas statyti

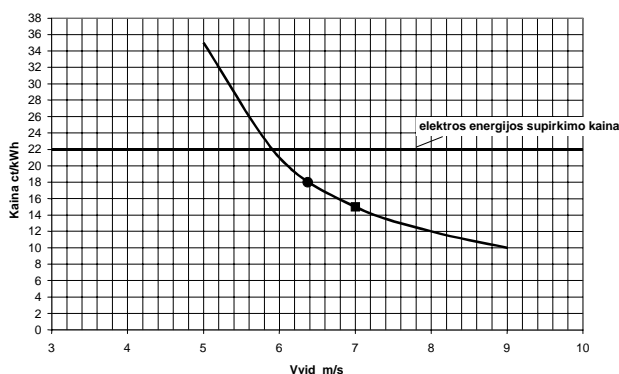
5 lentelė. VE statybos išlaidų pasiskirstymas

1 Vėjo jėgainė	75%
2 Pamato paruošimas	5%
3 Prijungimas prie tinklo ir kontrolės išlaidos	15%
4 Žemės kaina	2%
5 Privažiavimo keliai	1%
6 Kitos išlaidos (projektavimas, tyrimai ir konsultacijos)	2%
<b>IŠ viso</b>	<b>100%</b>





8 pav. Vėjo jėgainės atsipirkimo laiko priklausomybė nuo vidutinio greičio Vvid, ir DN: ● – Vėjo jėgainės pajūrio zonoje, ■ – vėjo jėgainės Baltijos jūros priekrantėje



9 pav. Elektros gamybos kainos priklausomybė nuo Vvid: ● – Vėjo jėgainės pajūrio zonoje, ■ – vėjo jėgainės Baltijos jūros priekrantėje

VE ir t. t. Visa tai gali būti susiję su papildomomis investicijomis ir netgi projekto nutraukimu.

Pagal anksčiau išvardytus kriterijus atlikus skaičiavimus įvertinamas VE parkų ekonominis gyvybingumas. Skaičiavimams naudojamas programinis paketas.

Į VE įrengimo kainą įskaičiuojama VE pamato pastatymas, kabelio nutiesimo, spec. krano nuomos ir kiti techninio aptarnavimo kaštai. Į pajungimo į tinklą kaštus įtraukiamos naujos pastotės kitos įrangos išlaidos.

Grafoje „kitos išlaidos“ įtraukiamos personalo apmokymo, komandiruočių bei nenumatytos išlaidos. Paprastai tokios išlaidos sudaro 1% projekto investicijų.

### Atsipirkimo laikas

Projekto atsipirkimo laikas yra dviejų rūšių: paprastas ir dinaminis. Paprastas atsipirkimo laikas – tai skaičius metų, per kuriuos gautos pajamos padengs investuotą sumą. Naudojant paprastą atsipirkimo laiką neatsižvelgiama į banko palūkanas.

Dinaminis atsipirkimo laikas nurodo, per kiek laiko GDV (grynoji dabartinė vertė) padengs investuotą sumą.

Projekto atsipirkimo laiko priklausomybė nuo Vvid buvo skaičiuota, kai diskonto norma DN = 5% ir DN = 7%. Vvid kito nuo 4,0 iki 9,0 m/s. Kaip matyti iš skaičiavimo rezultatų (8 pav.), atsipirkimo laikas, kai Vvid = 7 m/s, yra 10 ir 8,5 metų (DN – 7% ir 5%), ir kai Vvid = 6,4 m/s – 14 ir 11 metų, DN – 7% ir

5%). Projektas atsiperka visais atvejais, jeigu Vvid yra didesnis už 5,9 m/s.

### Vėjo energijos gamybos kaina

Kaip priklauso vėjo energijos kaina (VE galia 5,2 MW) nuo vidutinio vėjo greičio Vvid, parodyta skaičiavimo rezultatuose (9 pav.), kai Vvid = 7 m/s, elektros kaina yra 15 ct/kWh, kai Vvid = 6,4 m/s, elektros kaina – 18 ct/kWh. Kai Vvid > 5,9 m/s, elektros gamybos kaina yra mažesnė už elektros supirkimo kainą (22 ct/kWh).

### IŠVADOS

1. Nuolat tobulinamų VE konstrukcijų bei gamybos plėtimo dėka vėjo energijos kaina nuolat mažėja ir tampa konkurencinga iškastinio kuro energijai.

2. Tyrimai parodė, kad vėjo energijos panaudojimas Lietuvoje yra galimas ir duotų naudą. Vidutinis vėjo greitis 10 m aukštyje Baltijos pajūrio zonoje yra nuo 5 iki 5,4 m/s, Vidurio Lietuvoje – 3,5–4,0 m/s. Tokiu būdu, vėjo parametrai Baltijos pajūryje mažai skiriasi nuo Vokietijos ir Danijos geriausių vėjingumo parametrų.

3. Šiuolaikinių VE parkų (suminė galia iki 200 MW) prijungimas prie 110 kV tinklo Lietuvos pajūrio zonoje įtampos kokybės problemų nesukels ir nepareikalaus brangių reaktyviosios galios greito (dinaminio) reguliavimo įrenginių.

4. Vėjo energetikos plėtros kryptis – didelės galios (iki 5 MW) VE jūros šelfe bei priekrantėse. VE darbo ir elementų patikimumą lemia maksimalus ir vidutinis metinis vėjo greičiai bei vidutinis metinis vėjo turbulencijos laipsnis. Pagal vėjo parametrų matavimo duomenis parinktoje statybos aikštelėje parenkama atitinkamos klasės VE.

Gauta 2006 09 15

Parengta 2006 09 25

### Literatūra

1. Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market // Official Journal L283, 27/10/2001. P. 0033–0040.
2. Owen A. Environmental externalities, market distortions and the economies of renewable energy technologies // The Energy Journal. 2004. Vol. 25. No. 3. P. 127–156.
3. LR Vyriausybės strateginio planavimo komiteto posėdžio protokolas Nr. 10, 2003 m. gegužės 8 d.
4. The Secretariat of the European Wind Energy Association European Best Practice Guidelines for Wind Energy Development // <http://www.ewea.org>
5. Nacionalinė energetikos strategija. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2002. P. 44.
6. Planuojamos ūkinės veiklos (VE įrengimo) poveikio aplinkai vertinimo rekomendacijos R44-03. LR aplinkos ministro 2003 m. liepos 31 d. įsakymas Nr. 40 // Valstybės žinios. 2003. Nr. 60–578.

7. Markevičius A., Katinas V. Vėjo energetikos plėtros tendencijos // Energetika. 2003. Nr. 1. P. 22–27.
8. WindPRO-2 Manual. The world leading software for wind energy planning and projecting. EMD, First edition. June 2001. 420 p.
9. Adomavičius V., Balčiūnas P. VE parinkimas // <http://www.elektroklubas.lt/tyrimai/2004/konf72.htm>
10. LR saugomų teritorijų įstatymas. 2001 m. gruodžio 4 d. Nr. IX–628 // Valstybės žinios. 2001. Nr. 108–3902.
11. LR pajūrio juostos įstatymas. 2002 m. liepos 2 d. Nr. IX–1016 // Valstybės žinios. 2002. Nr. 73–3091.

**Vladislovas Katinas, Antanas Markevičius,  
Andrejus Burlakovas**

#### **WIND ENERGY AND ITS NEAREST FUTURE IN LITHUANIA**

##### **S u m m a r y**

In conformity with the EU Directive 2001/77/CC, Lithuania has set in its National Energy Strategy a target to reach 7% of green electricity in the total electricity consumption by 2010. The main contribution to green electricity production is expected from wind power plants. The Government of Lithuania has adopted a plan of installation of 200 MW capacity wind turbines. A rather high feed-in tariff (22 ct/kWh) has been set to support electricity produced from wind.

The most progressive wind energy technologies are used in Spain, Denmark, Germany. Most wind energy industries produce big machines for use in inshore or offshore applications; 2 MW turbines are in use.

The wind measurement parameter statistics for Lithuania are presented.

The threshold which cannot be passed without a capital reconstruction of the electricity network of Lithuania is 200 MW

capacity of wind turbines. The penetration of wind energetics in power systems induces the problems of active power balancing, frequency control, voltage regulation, etc.

**Key words:** renewable energy sources, green electricity, wind turbine, wind energy

**Владисловас Катинас, Антанас Маркявичюс,  
Андреюс Бурлаковас**

#### **ЭНЕРГЕТИКА ВЕТРА В ЛИТВЕ И ЕЕ БЛИЖАЙШАЯ ПЕРСПЕКТИВА**

##### **Р е з ю м е**

С целью выполнить требования ЕС директивы 2001/77/СС Литва в национальной энергетической стратегии наметила до 2010 г. достичь 7% производства электроэнергии используя возобновляемые энергоресурсы. Главный прирост в производстве “зеленой” электроэнергии намечается за счет развития ветровой энергетики.

Дана статистика многолетних измерений параметров ветра в Литве.

Для достижения поставленной цели Правительство Литвы утвердило план развития строительства ветровых электростанций (ВЭ). До 2010 г. намечается построить ВЭ в объеме 200 МВт, установлен довольно высокий закупочный тариф “зеленой” электроэнергии 22 цента за 1 кВтч.

Ветровая энергетика в ЕС наиболее развита в Германии, Дании, Испании.

Индустрия производства ВЭ развивается по направлению создания больших (до 5 МВт) ветровых электростанций. Наиболее популярные в настоящее время ВЭ мощностью 2 МВт.

**Ключевые слова:** возобновляемые энергоресурсы, “зеленая” электроэнергия, ветрогенераторы, энергия ветра