

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGOJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas, doc.

_____ T.Šimkevičius

**VĖJO ELEKTRINIŲ PAGAMINAMOS
ELEKTROS ENERGIJOS PROGNOZAVIMO
TYRIMAS**

MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Vadovas, doc.

_____ E. Nevardauskas

2006 05 15

Vykdytojas EM-4 gr. stud.

_____ A. Pikčiūnas

2006 05 15

ŠIAULIAI 2006

Turinys

I. Įvadinė dalis	5
1. Vėjo energijos ištekliai	5
a. Vėjas – energijos šaltinis	6
1.1. Vėjo energetika Lietuvoje	7
1.2. Vėjo elektrinės veikimo principas	8
1.3. Vėjo elektrinės sudėtinės dalys	8
1.4. Vėjo elektrinių naudojimo atvejai	9
1.5. Vėjo energijos panaudojimo būdai	9
1.6. Pavienio naudojimo sistema	9
1.6.1. Mišrios sistemos	10
1.6.1.1. Vėjo-dyzelio sistema	10
1.7. Į elektros tinklą įjungtų elektrinių darbas	10
1.7.1. Įjungimo sąlygos	12
1.7.2. Įjungimo kaina	12
1.8. Vėjo energetikos projekto raida	12
1.9. Projektavimo eiga	12
1.10. Vėjo energetikos techninis ekonominis pagrindimas	13
1.10.1. Techninis ekonominis projekto pagrindimas Lietuvoje	13
1.11. Vėjo energetikos projekto išlaidos	15
1.11.1. Pradinis investavimas	15
1.11.2. Kasmetinės išlaidos	16
1.12. Vėjo energetikos projektų finansavimas	16
1.12.1. Paskolai iš banko gauti paraiškos duomenys	17
1.13. Planavimas	17
1.14. Projektavimo sąlygos	18
1.15. Vietos parinkimas	18
1.15.1. Techniniai reikalavimai	18
1.15.2. Vietos parinkimas Lietuvoje	19
1.16. Aplinkosaugos reikalavimai	21
1.17. Priimtinumai ir visuomenės pritarimas	24

1.18.	Bendruomenių pritarimas	24
1.19.	Vėjo energetikos nauda visuomenei	24
1.20.	Vėjo elektrinių įrengimas, techninis aptarnavimas ir saugumo technika	25
1.20.1.	Projekto įgyvendinimo terminai	25
1.20.2.	Techninis aptarnavimas	25
1.20.2.1.	Mažos pavienės vėjo elektrinės	25
1.20.2.2.	Didelės vėjo elektrinės	26
1.20.3.	Sveikata ir saugumas	26
1.20.3.1.	Saugos klausimai	26
1.20.3.2.	Elektrinių aptarnavimo procedūros	27
II.	Tyrimo temų ir metodų pristatymo dalis	27
2.	Vėjo energijos prognozavimas remiantis Kalifornijos patirtimi	27
2.1.	Nagrinėjimas	28
2.2.	Rezultatai	28
2.3.	Prognozavimo svarba	28
2.4.	Tikslas ir viltis	29
2.5.	Projekto dalyviai ir išipareigojimas	29
2.6.	Vėjo energijos prognozavimo pagrindai	31
2.7.	Vėjo agregatų savininkas ir vėjo išteklių apibūdinimas	31
2.7.1.	Vėjo agregatų galios kreivė	32
2.8.	Vėjo energijos prognozavimo sistemos apibūdinimas	34
2.8.1.	Nacionalinis centras – pranašininkas	34
2.8.2.	Skaitmeniniai orų prognozavimo duomenys (SOP).....	35
2.8.3.	Paviršinis vėjas	36
2.8.4.	VAP	37
2.8.5.	Parkas	37
2.8.6.	Išėjimo statistinis modelis (ISM)	38
2.8.7.	Teisingi vėjo sprendimai – eVėjas	38
2.8.8.	Fizika – pagrindas atmosferiniams skaitmeniniams modeliams	39
2.8.9.	Statistinių modelių pritaikymas	41
2.8.10.	Agregato išėjimo modeliai	41

2.8.11. Prognozių pritaikymas sistemai	42
2.9. Vėjo energijos prognozavimo sistemos testavimo rezultatai	43
2.9.1. Prognozavimo įvykdymo įvertinimas	43
2.9.2. Prognozių išsilaikomumas	43
2.9.3. Klimatologinės prognozės	43
2.9.4. Prognozės atlikimo metrika	44
2.9.5. Pradiniai prognozavimo rezultatai – nacionalinio centro laboratorija	44
2.9.6. Prognozavimo duomenų atitaisymo sistemos apibūdinimas	45
2.9.7. Galios prognozavimo sistema	45
2.9.8. Prognozavimo duomenų archyvas	45
2.9.9. Vėjo parko meteorologiniai ir galios išėjimo duomenys	46
2.9.10. Tinklo vietos prognozavimo demonstravimas	46
2.9.11. Statistinio modelio analizavimas	47
2.9.12. Prognozavimo apibendrinimas	51
2.9.13. Pirminiai prognozavimo rezultatai – teisingi vėjo sprendimai	51
III. Tyrimo rezultatų aprašymo dalis	59
3. Vėjo atlasas	59
3.1. Pratarinė	59
3.2. Apžvalga	60
3.3. Metodologija	61
3.3.1. Vėjo atlaso metodai	61
3.3.2. Trumpo laikotarpio efektų reguliavimas	62
3.4. UNDP stiebų vietos ir vėjo matavimai	62
3.4.1. Kretinga	63
3.4.2. Vilkyčiai	64
3.4.3. Tauragė	66
3.5. Vietovės modelis	67
3.6. Vėjo atlaso analizavimas	67
3.6.1. Kretinga	67
3.6.2. Vilkyčiai	70

3.6.3.	Tauragė	71
3.7.	Papildomi duomenys iš matavimo stočių	72
3.8.	Lietuvos vėjo ištekliai	72
3.9.	Vėjo išteklių žemėlapis	73
3.10.	Lietuvos vėjo išteklių žemėlapis	75
3.11.	Apibendrinimas	75
IV.	Išvados	76
4.1.	Vėjo greičio prognozavimas darniam galios sistemos darbui	76
4.2.	Ekspertimentų patvirtinimai	77
4.3.	Valandiniai vėjo galios variantai ir jų įtaka galios sistemos veikimui	77
4.4.	Vėjo energija	78
4.5.	Galios sistemos veikla	78
V.	Priedai	79
5.1.	Vėjo elektrinės techninis ekonominis skaičiavimas	79
VI.	Literatūros sąrašas	90

I. Įvadinė dalis

Įvadas

Ir toliau teršiant atmosferą "šiltnamio" dujomis (CO₂) galima sukelti didelius nepalankius meteorologinius pokyčius. Dėl šių pokyčių pasikeistų klimatas, pakiltų jūrų lygis, būtų užliejami gyvenamieji plotai, dirbama žemė bei sugriaunami miestai. 1997 m. gruodį 160 tautų atstovai susirinko Kyote, Japonijoje, į trečiąją, Jungtinių Tautų Konvencijos rėmuose rengiamą, šalių konferenciją klimato kitimo klausimu. Po dešimties dienų intensyvių pasitarimų konferencijos dalyviai parengė sutarties projektą dėl CO₂ dujų, kuriomis ir priskiriama globalinio atšilimo kaltė, išskyrimo į atmosferą sumažinimo.

Taigi artimiausioje ateityje galima tikėtis didelio atsinaujinančios energijos vartojimo augimo.

1. Vėjo energijos ištekliai

Vėjo energija gali būti suvokiama ir kaip saulės energijos forma, nes saulė – varomoji visų klimato reiškinių jėga. Vėjo energija tarnavo žmogaus reikmėms visus 2000 m. ir išliko viena perspektyviausių atsinaujinančios energijos šaltinių.

Vėjas – nuolat besikeičiantis energijos šaltinis. Jis labai priklauso nuo geografinės padėties, taip pat žemės dangos reljefo (medžių bei pastatų). Vėjo greičiai didėja kylant aukštyn virš žemės paviršiaus. Išgaunamas galingumas yra proporcingas vėjo greičio kubui, taigi greičiui padvigubėjus, galingumas padidėja aštuonis kartus. Todėl, vėjas, kurio vidutinis greitis 5 m/s, turi dvigubai didesnę galingumą už vėją, kurio vidutinis greitis 4 m/s.

Vėjo energetiniams objektams turi būti parinktos vietovės be didesnių medžių ir statinių, nes šios kliūtys sumažina vėjo greitį bei turbulizuoja jį.

a. Vėjas – energijos šaltinis

Šiuolaikinės vėjo elektrinės – atsparios ir ilgaamžės mašinos. Jos labai našiai paverčia vėjo energiją elektra. Norinčiam pasinaudoti vėjo energija pirmiausia iškils klausimas, ar jis galėtų įrengti vėjo elektrinę ten, kur gyvena.

Pasirenkant vietą vėjo elektrinei įrengti tenka apsvarstyti daug veiksnių. Jie aptariami kitame skyriuje, tačiau klausimas, reikalaujantis pagrįsto atsakymo, yra toks: “ar vėjo greičiai yra pakankami ekonominiam ir techniniam elektrinių panaudojimo pagrįstumui?”

Ar pasirinkta vietovė ar net šalis pasižymi pakankamo pajėgumo vėjo ištekliais, galima įsitikinti iš vėjų atlaso.

Vakarų Europos vėjai yra stipriausi pakrančių ir aukštumų regionuose. Jeigu numatytoje vietovėje vėjo ištekliai nepakankami, reikėtų ieškoti alternatyvios, tinkamesnės atsinaujinančios energijos formos.

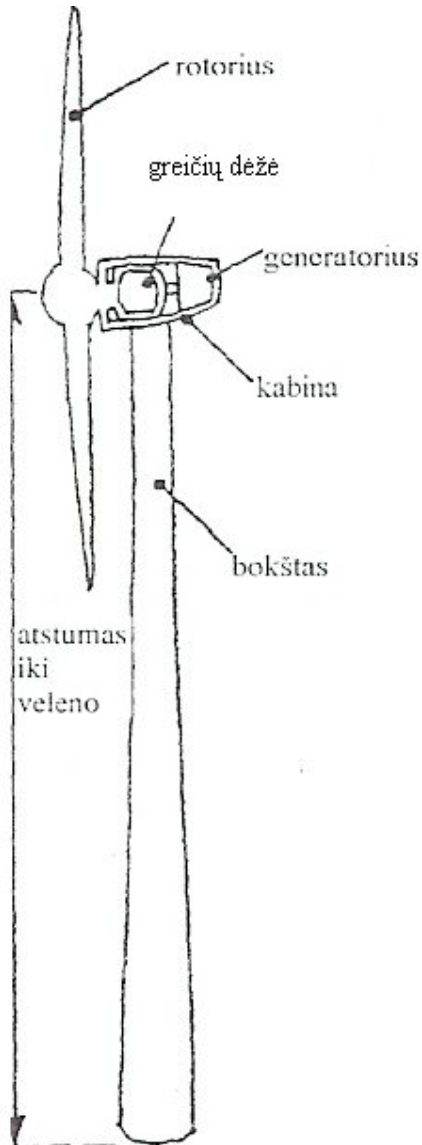
Vėjo greičius galima nustatyti netgi skirtingiems pasirinktos vietovės aukščiams naudojant žemėlapi su tinkleliu 1 km x 1 km.

1.1. Vėjo energetika Lietuvoje

Pirmosios vėjo jėgainės (vėjo malūnai) Lietuvoje buvo pradėti statyti XIV a. Baltijos pajūryje. XIX a. antroje pusėje Lietuvoje buvo apie 200 vėjo malūnų, o 1921 m. – apie 900. Po 1940 m. vėjo malūnai Lietuvoje pradėjo nykti dėl žemų atvežtinio organinio kuro kainų. Tik atkūrus Lietuvos nepriklausomybę vėl buvo susidomėta šiuo energijos šaltiniu, siekiant sumažinti įvežtinio kuro svarbą bendrame šalies energetinio komplekso plėtros balanse. Panašiai plėtojosi ir kitų atsinaujinančios energijos išteklių panaudojimo intensyvumas Lietuvoje ir kitose šalyse.

Lietuvos energetikos institute dirba grupė mokslininkų, tiriančių atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo šalyje galimybes. Daug dėmesio skiriama ir vėjo energetikai. Vėjo išteklių įvertinimas atliktas, remiantis Lietuvos meteorologijos stočių vėjo matavimo per visą pokario laikotarpį duomenimis ir papildomais duomenimis, gautais panaudojus šiuolaikinę vėjo matavimo aparatūrą.

Tyrimai atliekami prisilaikant Europos standartų, siekiant užtikrinti šiuolaikinių vėjo agregatų panaudojimo galimybę mūsų šalyje. Turint šią informaciją ir atlikus trumpalaikius vėjo energijos parametrų matavimus numatomose statybos vietovėse, galima gana tiksliai įvertinti vėjo energijos panaudojimo regione tikslingumą.



1.2. Vėjo elektrinės veikimo principas

Šiuolaikinės vėjo elektrinės yra įrenginiai, kurie transformuoja mechaninę besisukančio horizontalaus veleno (analogiškai tradiciniam vėjo malūnui) energiją į elektros energiją. Tipinės konstrukcijos atveju velenas suka pavara, kuri savo ruožtu suka elektros generatorių. Elektrinių konstrukcijos gana įvairios. Labiausiai paplitusios yra priešvėjinės trijų menčių pastovaus greičio elektrinės. Dauguma atvejų elektrinių galios būna nuo kelių kW iki 1,3 MW ir didesnės.

1.3. Vėjo elektrinės sudėtinės dalys

Rotoriaus skersmuo – nuo kelių iki kelių šimtų metrų. Sukimosi greičiai fiksuoti – nuo 15 iki 50 aps/min. **Bokštai** būna nuo 10 iki kelių šimtų metrų aukščio. Tai – cilindrinės konstrukcijos, nors kai kuriose šalyse naudojamos gardelių konstrukcijos. Dauguma elektrinių turi **greičių dėžes**, kadangi elektros generatorių sukimosi greičiai gana dideli.

Kad būtų išvengta gedimo viesulo atveju, beveik visos elektrinės turi automatinio sustabdymo mechanizmus. Techninio aptarnavimo darbams atlikti

įrengiama viena ar keletas stabdymo sistemų. Be to, elektrinė gali pasisukti į šoną prisiderindama prie vėjo krypties.

1.4. Vėjo elektrinių naudojimo atvejai

Pasirenkamos elektrinės dydis priklausys nuo vėjo elektrinės paskirties. Pavyzdžiui, jeigu numatyta elektrinę jungti į tinklą, jos galingumas turi siekti 50 – 1300 kW ir netgi daugiau.

Apskritai, mažos elektrinės į tinklą nejungiamos. Pavyzdžiui, vėjo elektrinė vienam būstui gali būti nuo keleto iki 10 kW galingumo, priklausomai nuo elektros poreikių. Šio tipo sistema turi turėti baterijų atsargą bei gali turėti atsarginį dyzelinį generatorių, kuris būtų įjungiamas visiškai nesant vėjo. Verslo kompleksai ar toli esančios bendruomenės gali naudoti panašias, tik didesnes sistemas. Kaimo bendruomenėse gali būti naudojamos 1 kW ar panašaus galingumo elektrinės baterijoms pakrauti bei elektrai tiekti mažesnėms reikmėms.

1.5. Vėjo energijos panaudojimo būdai

Vėjo elektrinės gali būti įjungiamos į bendrą elektros tinklą, tada jų tiekiamą energiją paskirstoma vietiniame vartotojų tinkle, arba dirbti pavieniui, kai gaminama elektra naudojama netoli generavimo vietos.

1.6. Pavienio naudojimo sistemos

Pavienio naudojimo vėjo elektrinė yra tokia elektrinė, kuri dirba nepriklausomai nuo išorinio elektros tinklo. Tačiau tokios sistemos gali dirbti kartu su kitais elektros generatoriais, kaip sudėtinės integruotos sistemos dalys. Paprastai tokios sistemos aprūpina energija gyvenamuosius/ūkinius pastatus ar smulkias įmones, generuoja pastovią srovę, tinkamą baterijoms pakrauti. Sistemoje gali būti konverteris, kuris paverčia baterijų tiekiamą srovę į 240 V kintamą srovę. Didelių bendruomenių sistemos, aptarnaujančios daugelį namų,

paprastai generuoja kintamą srovę vietiniam tinklui. Tokios sistemos ypač apsimoka vietovėse, toli nutolusiose nuo elektros tinklų.

1.6.1. Mišriosios sistemos

Mišrioji sistema yra kai vėjo elektrinė, gamina energiją kartu su kito tipo generatoriumi, pvz., dyzeliniu generatoriumi, ar kartu su kitu atsinaujinančios energijos šaltiniu. Antrasis elektros generatorius dirba papildydamas vėjo generuojamą galią ir garantuoja, kad elektra bus tiekiamą nenutrūkstamai bei techninio vėjo elektrinės aptarnavimo metu.

1.6.1.1. Vėjo – dyzelio sistema

Vėjo – dyzelio sistema yra sudaryta iš vėjo elektrinės, atitinkamu būdu sujungtos bendram darbui su dyzeliniu generatoriumi. Sistemos sudėtinių dalių galios priklauso nuo panaudojimo tikslų bei vėjo išteklių. Šios sistemos paprastai vartojamos labiau nutolusiose nuo elektros tinklų bendruomenėse. Tolimesnėse vietovėse elektros generavimas gali būti per daug brangus dėl dyzelinio kuro transporto išlaidų. Vėjo elektrinių tipiški galios dydžiai būna 10 – 20 kW. Vėjo elektrinė išnaudojama pilnai, kiek tik leidžia fizinės sąlygos, minimizuojant dyzelinio generatoriaus naudojimą, tai leidžia sutaupyti daug lėšų mažinant kuro ir techninio aptarnavimo išlaidas. Dažnai tokių sistemų elektros apkrovą sudaro akumuliatorių baterijų komplektai su šildymo ar šaldymo įrenginiais.

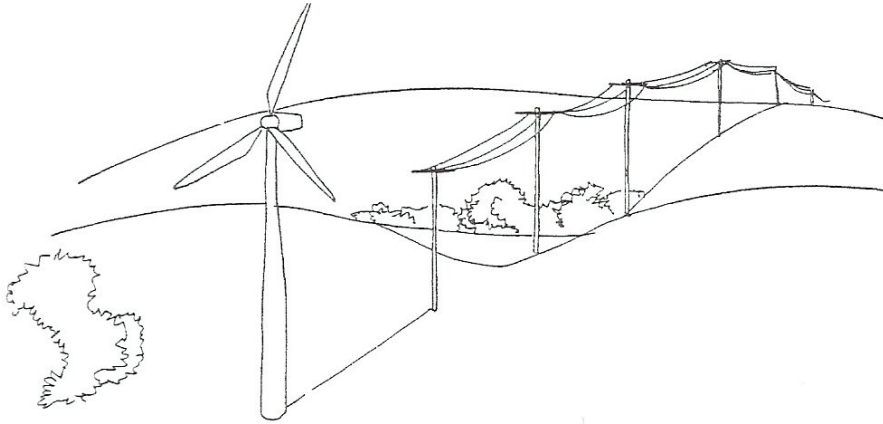
Kai vėjo nėra, sumažėjus baterijų krūviui iki nustatyto lygio, automatiškai įsijungia dyzelinis generatorius.

Vėjo – dyzelio sistema, pagaminta geros reputacijos gamintojo, tinkamai sumontuota ir techniškai aptarnaujama, yra ekonomiškai efektyvi, jeigu tik elektrinės stovėjimo vietoje pakanka vėjo išteklių.

1.7. Į elektros tinklą įjungtų elektrinių darbas

Elektrinės tiekia energiją į elektros tinklą. O elektros energija iš tinklo yra

naudojama elektrinėms paleisti, valdyti bei eksploatuoti. Be to, iš tinklo imama sužadavimo srovė, sinchronizuojanti elektrinės generatoriaus fazes, dėl to elektrinė negali dirbti jeigu neveikia tinklas.



Tinkle dirbančios vėjo elektrinės statomos gerų vėjo energijos išteklių vietovėse, kuriose elektros gamyba yra pelninga, pvz., komerciniuose vėjo energetikos ūkiuose. Komerciniuose vėjo energetikos ūkiuose elektrinės išdėstytos eilėmis, statmenai vėjo kryptčiai. Pradėję statyti ir montuoti tokią elektrinę, statytojai turi nutiesti privažiavimo kelius, pastatyti pastotę bei valdymo sistemos įrenginius. Aplink elektrinę esanti žemė paprastai būna naudojama kitiems tikslams, pvz., žemės ūkio augalams auginti.

Tokie komerciniai vėjo energetikos ūkiai plinta Europoje, atsižvelgiant į kai kurių šalių keliamus tikslus mažinti išskiriamų į atmosferą “šiltnamio” dujų kiekį, kaip to reikalaujama Kyoto protokole. Didelės vėjo elektrinės grupelėmis išdėstytoms vėjuotose vietose ir sudaro **vėjo energetikos ūkį**, kurio bendroji galia būna keletu megavatų eilės.

Įmonės ir pavieniai asmenys kartais įsirengia vieną ar daugiau didelių vėjo elektrinių ir gali parduoti elektros energiją elektros tiekėjams. Tokiu atveju gaunamas geras pelnas.

Kai vėjo elektrinės tiekia elektrą tiesiogiai vartotojui, netgi nepakankant galingumų, aprūpinimas elektra nesutrunka dėl elektros tinklo. Energijos perteklius yra tiekiamas į tinklą.

1.7.1. Įjungimo sąlygos

Jeigu pageidaujate įjungti vėjo elektrinę į elektros tinklą, pirmiausia reikia įsitikinti, ar tinklas yra pajėgus perduoti vėjo elektrinės pagamintą elektros energiją.

Parinkus vėjo elektrinę pagal parametrus numatytai vietai, jų galią ir dydį gali riboti vietinio elektros tinklo pajėgumai. Tikrumo dėlei tinklo ribinis pajėgumas turi būti aptartas su atitinkama regionine elektros tiekimo kompanija.

1.7.2. Įjungimo kaina

Tinklo prijungimo išlaidos priklauso nuo vietovės ir elektros tinklo pajėgumo. Jeigu elektros tinklą toje vietoje reikia modernizuoti, tai kaina gali būti aukšta. Tinklo prijungimo taisyklės įvairiose šalyse būna skirtingos, todėl reikia konsultotis su vietos elektros tinklų eksploatuotojais.

1.8. Vėjo energetikos projekto raida

Jums, pasiryžusiems įgyvendinti projektą, labai pravars projekto kontrolinis klausimynas ir bendrieji nurodymai, parengti sėkmingiausią įgyvendinimo praktiką.

Tikslas – garantuoti, kad projektai būtų vykdomi tik gerai parinktose vietose. Kadangi vėjo energetikos projektų vykdymas ir raida gali būti labai sudėtingi, projektus reikėtų vertinti pagal jų individualią kokybę.

1.9. Projektavimo eiga

Projektavimo schema apibrėžia būtinų vykdymo proceso fazių chronologinę eigą. Ši schema aprėpia visų dydžių elektrinių projektus, darbo sąnaudas projektui sudaryti bei aplinkai įvertinti priklausys nuo pasiūlyto projekto pobūdžio, dydžio bei vietos. Ji lengvai suprantama ir patogi naudoti. Aptartos septynios fazės:

- vietos parinkimas;
- projekto techninis ekonominis pagrindimas;
- įvertinimas;
- planavimas;
- statyba ir montavimas;
- naudojimas;
- elektrinės išmontavimas ir žemės sutvarkymas iki buvusio lygio.

Kiekviena fazė pareikalaus tokių svarstymų:

- techninio ir komercinio aptarnavimo;
- aplinkosaugos klausimų aptarnavimo;
- dialogų/konsultacijų.

1.10. Vėjo energetikos techninis ekonominis pagrindimas

Prieš įgyvendinant projektą svarbu atlikti techninio bei ekonominio pagrindimo tyrimą. Šiuo tyrimu yra išaiškinamos elektrinės įrengimo galimybės, su statyba susijusios išlaidos ir kiti klausimai. Jį gali atlikti konsultantai. Jo trukmė priklauso nuo projekto apimties ir gali tęstis 3-12 mėn. Tyrimą užbaigus, kai jis patvirtins vėjo energetikos potencialą, yra svarstomos projekto finansavimo galimybės.

1.10.1. Techninis ekonominis projekto pagrindimas Lietuvoje

Atinaujančių energijos šaltinių panaudojimas paprastai siejamas su šalies kuro energijos komplekso plėtros palengvinimu. Siekiama, panaudojant vėjo energiją, sumažinti brangių kurų– mazuto, benzino, dujų ir t.t sąnaudas. Vėjo energijos ištekliai turi tenkinti tiek didelius, tiek mažus energijos poreikius, o ne apsiriboti bendru įdirbiu į bendrą energetikos sistemą. Būtina įvertinti, kad vėjo tiekiamą energiją yra ekonomiškai švari, mažai teršia gamtą.

Vėjo energijos panaudojimo techniniai bei ekonominiai skaičiavimai pagrindžiami vėjo generatoriaus gaminamos energijos tikimybinėmis charakteristikomis. Jas sąlygoja vėjo greitis ir vartotojų poreikis. Dėl įvairių meteorologinių veiksnių veiklos ir vietovės reljefo sąlygų vėjo greitis ir kryptis nuolat

kinta, todėl nuolat kinta ir vėjo elektrinės gaminamas energijos kiekis, kuris gali būti įvertintas su tam tikra tikimybe. Energijos kiekis, kurį pagaminti vėjo elektrinė pajėgi per ilgą laiką (sezoną, metus), gali būti nusakytas pakankamai tiksliai.

Vėjo energijos kiekis, tenkantis per 1 sek. 1 m² vėjaračio plotui, statmenam vėjo srautui, apskaičiuojamas taip: $E(t) = 1/2 \cdot \rho \cdot V^3$ (1)

Čia ρ - oro tankis kg/m³, V- vėjo greitis m/s, E- vėjo energija W/m².

Oro tankio dydis priklauso nuo oro temperatūros ir barometrinio slėgio, kuris savo ruožtu priklauso nuo aukščio virš jūros lygio. Lietuvos teritorijoje metinė vidutinė oro temperatūra 6,5 °C, vidutinis aukštis virš jūros lygio 100 m., vidutinis barometrinis slėgis 750 mm Hg st. Pavyzdžiui, esant vėjo elektrinės vėjaračio ašies aukščiui 25 m. nuo žemės paviršiaus, t.y. vidutiniškai 125 m. virš jūros lygio, gaunamas vidutinis oro tankis 1,27 kg/m³.

Vėjo elektrinių vėjaračio ašies aukštis nuo žemės paviršiaus paprastai būna nuo 10 iki 75 m. Vėjo elektrinių, kurių galia ne didesnė kaip 250 kW, ašis paprastai yra 20-30 m. aukštyje.

Vėjo energetinio įrenginio darbo efektyvumą sąlygoja energijos išdirbis per nustatytą laiką. Energijos kiekis gali būti skaičiuojamas kWh, vandens kiekiui, pakeltu į tam tikrą aukštį, ir t.t. Pateikiami statistiniai kelerių metų duomenys arba faktiniai duomenys. Jeigu visa išdirbio energija negali būti naudojama, tai vertinama tik sunaudota energija. Vėjo energijos panaudojimo tikslingumas nustatomas ekonominiais skaičiavimais, palyginant su kitais energijos šaltiniais.

Atlikus techninį ekonominį vėjo elektrinių įvertinimą, nustatyta, kad Lietuvos regionuose, kuriuose vidutinis metinis vėjo greitis 10 m. aukštyje virš žemės paviršiaus yra 5 m/s, 1 kWh elektros energijos, pagamintos 100 –500 kW galios vėjo elektrinėse, savikaina apie 20% didesnė už elektros energijos, pagamintos šiluminėse elektrinėse. Įvertinus gamtosauginius aspektus ir tai, kad vėjo elektrinių darbas nepriklauso nuo įvežamo organinio kuro bei jo gavybos sunkumų, vėjo elektrinių statyba šalyje yra pageidautina.

1.11. Vėjo energetikos projekto išlaidos

Išlaidų esama dvejopų. Tai visų pirma pradinis lėšų investavimas, antra – besikartojančios kasmetinės išlaidos. Toliau pateikiami kai kurie išlaidų pavyzdžiai, išvardijant sąrašuose po antraštemis.

1.11.1. Pradinis investavimas

Parengtinių tyrimų išlaidos

Jos apima ekonominio pagrindimo kartu su pradiniais brėžiniais išlaidas.

Išlaidos, susijusios su plano leidimo išdavimu

Jos apima paraiškos planavimo departamentui, taip pat poveikio aplinkai įvertinimo paruošimo kainą, tyrimą ir išvadas, vadinamąjį “aplinkosaugos pranešimą”. Pastarasis pateikiamas kartu su paraiška planavimui.

Projekto vykdymo išlaidos

Jos gali būti taikomos tik stambiems projektams, tačiau tikėtina, kad ir mažuose dalis tiekimo išlaidų teks projekto vykdymui.

Juridinės išlaidos

Jeigu projekto savininkas yra kooperatyvas, tai reikia įvertinti ir privačių kontraktų bei akcijų platinimo išlaidas.

Vėjo elektrinių pirkimas

Čia įtraukiamos visos lėšos įrangai pirkti.

Infrastruktūros išlaidos

Jos apima požeminius kabelius ir pamatus, o didesnių projektų atvejais - ir privažiavimo kelių statybą.

Sumontavimo, atvežimo bei paleidimo darbų išlaidos

Paprastai tiekėjai atvežimo kainą (vienai myliai ra kilometrui) prideda prie tiekiamo gaminio kainos. Čia gali būti pridėtos ir sumontavimo bei paleidimo darbų išlaidos, bet tai turi būti suderinta ir patvirtinta tiekėjo. Iš jo reikia gauti visos kainos sudėtinių dalių pasiskirstymo sąrašą. Gali tekti mokėti ir maito mokesčius, jeigu elektrinės būtų gaminamos užsienyje.

Išlaidos papildomoms garantijoms

Atskiros elektrinės dalys gali turėti (remonto) garantijas.

Mokesčiai, susiję su kapitalo gavimu ir tiekimu

Jeigu elektrinės perkamos imant banko paskolą, bankas pateiks jos tiekimo ir kitus mokesčius.

Prisijungimo prie vietos elektros tinklų sistemos išlaidos

Tai taikytina tik vėjo energetikos projektams, kuriuos numatyta prijungti prie vietinio elektros tinklo. Išlaidos gali aprėpti transformatoriaus įsigijimą, papildomų kabelių paklojimą ir kitus dalykus.

1.11.2. Kasmetinės išlaidos

Draudimo mokesčiai

Tiekėjas turi pajėgti apdrausti vėjo elektrines. Tai labai svarbu. Pavyzdžiui, jeigu po garantinio periodo atsirado problemų su elektrine arba projekto pradžioje įvyko koks nors apgadinimas, pvz., nuo žaibo iškrovos ir t.t., tai savininkui nereikėtų mokėti už remontą. Kai kur Europoje bendrą elektrinių draudimą atlieka specialus brokeris.

Mokesčiai žemės valdų savininkams

Jeigu žemė, ant kurios statoma elektrinė, nepriklauso elektrinės savininkui, reikia derėtis su žemės savininku dėl nuomos sutarties sudarymo.

Paskolos gražinimas

Jeigu kapitalas buvo paskolintas, pvz., iš banko, jį reikės gražinti atsižvelgus į paskolos sutartį.

Kitos išlaidos

Įjungtų į tinklą elektrinių papildomas išlaidas sudaro apmokėjimas už elektrą iš tinklo elektrinės paleidimui bei reaktyvinę galią. Pavieniui dirbančioms sistemoms tokias išlaidas sudarys rezervinis kuras, atsarginės akumuliatorių baterijos ir t.t.

Dar viena išlaidų rūšis, į kurią reikia atsižvelgti, yra susijusi su elektrinės išmontavimu, pasibaigus jos tarnavimo laikui, ir žemės sutvarkymu.

1.12. Vėjo energetikos projektų finansavimas

Priklausomai nuo projektų apimties projektus gali finansuoti privatūs asmenys be bendruomenės grupės. Kai asmenys ar grupės neturi pakankamo tokioms investicijoms kapitalo kiekio, tenka pasinaudoti banko paskola.

1.12.1. Paskolai iš banko gauti paraiškos duomenys

1. projekto aprašymas, jo vieta, planavimo reikalavimai ir kiti leidimai bei vietinės visuomenės reakcija.
2. prašomos paskolos suma.
3. paskolos gražinimo trukmė.
4. koks yra tikėtinas atsipirkimo periodas?
5. apskaičiuota viso projekto kaina.
6. kiek sutaupys pavienė sistema, palyginti su elektros tiekimu iš elektros tinklo.
7. pastovių pajamų įrodymai paskolos gražinimui, t.y. paskolos saugumas.
8. stambiems projektams pelno planavimas pagal pagamintos kWh kaina būtų iš esmės svarbus.
9. kokios yra metinės elektrinių techninio aptarnavimo išlaidos ir kaip ruošiamasi jas padengti ?
10. grynąjų pinigų judėjimo prognozė su pridedamu pelno bei išlaidų skaičiavimu ir balansu.

Paprastai skaičiuojant pasirinkto projekto savikainą yra daroma prielaida, kad pelnas siektų 18% nuo kapitalinių išlaidų. Tokiu būdu yra užtikrinamas elektrinės atsiperkamumas.

1.13. Planavimas

Vietos parinkimas yra pirmoji fazė bet kurio vėjo energetikos objekto statybos atveju. Būtina susirasti vietovę, kurioje tikimasi gerų vėjo greičių, ir tada pasirinkti geriausias vietas paieškos plote. Ten, kur įmanoma, reikia pasinaudoti paskelbtais techniniais ir aplinkotyros duomenimis. Tinkamos vietos paprastai identifikuojamos naudojant vietinius vėjo žemėlapius su vėjo greičių kompiuteriniu skaičiavimu. Šioje fazėje taip pat atliekamas pradinis planavimas ir aplinkosaugos įvertinimas.

1.14. Projektavimo sąlygos

Sėkminga paraiška vėjo energetikos objektui planuoti dažnai priklausys nuo daugelio motyvų. Jums reikėtų pasiteirauti apie juos vietos valdininkų. Vietiniai planavimo valdybai (įstaigai) gali prireikti jūsų pasirinktos vietos įvertinimo. Jis atliekamas planavimo valdybai atsižvelgiant į elektrinės aukštį bei jų skaičių. Prieš prašydami leidimo jūs privalote patvirtinti, kad toje vietoje yra pakankamai geri vėjo energijos išteklių, su dideliais vidutiniais metiniais vėjo greičiais, užtikrinančiais pakankamą galingumą, gerą pelną.

1.15. Vietos parinkimas

1.15.1. Techniniai reikalavimai

Statybos ir montavimo vieta turi užtikrinti techniškai ir komerciškai pateisinamą prie vietos elektros tinklo. Pasirinktoji vieta turi ne tik turėti pakankamą plotą elektrinėms įrengti, bet ir atitikti kitus specialius planavimo reikalavimus.

Reikia atsižvelgti ir į privažiavimo prie statybos darbų vietos patogumą. Didelių sistemų statybai automobilių transportas yra svarbus veiksnys. Būtina įvertinti vietinį reljefą, topografines ypatybes ir grunto būklę. Elektrinės įrengimo vieta turi būti parinkta labai rūpestingai, kad vėjo srauto pėdsako (užuovėjos) poveikiai būtų minimalūs. Vėjo elektrinės statomos atokiose vietose, nuo kliūčių vėjui, vengiant užuovėjų ir nepageidautino vėjo turbulenciškumo.

Elektrinių vėjo srautų pėdsakų **tarpusavio sąveikai** išvengti vėjo elektrinės išdėstomos 5-10 rotoriaus skersmens atstumu viena nuo kitos. Srautų pėdsakų sąveika yra vadinama “teršiamu vėju”, kuris atsiranda elektrinės užuovėjoje. Bet kuri elektrinė, dirbanti “teršiamame vėjyje”, turės kur kas mažesnę galią ir didesnę tikimybę “nuovargio” apkrovoms. Vėjo elektrinių pamatai turi būti ruošiami tokiuose gruntuose, kurie atlaikytų ne tik pamatų, bet ir ant jų statomų mašinų svorį.

1.15.2. Vietos parinkimas Lietuvoje

Vėjo parametrai meteorologijos stotyje, prisilaikant tarptautinių standartų,

matuojami 10m. aukštyje. Vėjo ištekliams skaičiuoti panaudoti dešimties metų (1977–1986) meteorologijos stočių matavimai. Duomenys rodo, kad didžiausi vėjo energijos ištekliai yra pajūryje.

Būtina mokėti nustatyti vėjo greičio kitimo profilį, tolstant nuo žemės paviršiaus. Matavimo rezultatai rodo, kad vėjo greitis didėja didėjant aukščiui ir priklauso nuo oro temperatūros bei vietovės atvirumo laipsnio. Esant stabiliam temperatūros pokyčiui, vėjo greitį V_2 pasirinktame aukštyje h_2 galima apskaičiuoti taip:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^n \quad (2) ; \text{čia } V_1 - \text{vėjo greitis, išmatuotas meteorologijos stotyje,}$$

aukštyje h_1 , n - vėjo greičio profilio polinkio laipsnio rodiklis kuris įvertina vietovės šiurkštumo laipsnį. Matavimai rodo, kad esant lygiai be augmenijos ir spastų vietai arba atviram vandens paviršiui $n = 0.1$. Vietovė su pasėlių plotais arba apaugusioje ne aukšta žole $n = 0.14$. Kai vietovėje auga pasėliai ir keletas nedidelių medžių, $n = 0.2$, o esant miškingai vietai $n = 0.3$. Urbanistiniais pastatais užstatyta vietai $n = 0.4$, o kai kuriais atvejais gali būti ir didesnis.

Vietovės vėjo energijos išteklių dydžiui didelę reikšmę turi ne tik vėjo greitis, bet ir kryptis. Energijos kiekis priklausys nuo vėjo greičio ir trukmės viena ar kita pasaulio šalių kryptimi, nes paprastai pastebimos skirtingos topografinės sąlygos pagal skirtingas pasaulio šalių kryptis. Todėl vėjo greičio nustatymas pagal kryptis leidžia tiksliau apskaičiuoti jo energijos išteklius. Paprastai vėjo kryptys suskirstomos į aštuonis pasaulio šalių sektorius: šiaurės (Š), šiaurės rytų (ŠR), rytų (R), pietryčių (PR), pietų (P), pietvakarių (PV), vakarų (V), šiaurės vakarų (ŠV), kuriose kiekvienas sektorius apima 45^0 kampą. Pagal meteorologinius matavimus įvertinama vėjo greičio pasiskirstymo dažnumas kiekvienam sektoriui. Atliktuose matavimuose vėjo kryptis buvo fiksuojamas 1^0 tikslumu. Matavimai rodo, kad pajūrio regione

vyrauja vakarų (V) ir pietvakarių (PV) vėjai, o Vidurio Lietuvoje – pietvakarių (PV) ir pietryčių (PR). Vėjo greitis kinta tiek per metus, tiek per parą. Didžiausi vėjo greičiai yra žiemą, o mažiausi vasarą. Per parą didžiausi vėjo greičiai yra tarp 12 ir 18 val., o mažiausi vidurnaktį. Lietuvos pajūrio zonoje vėjo kitimas per parą išsidėsto gana tolygiai. Tai rodo vėjo greičio profilis, kuris sudarytas, atliekant daugelį matavimų per valandą tuo pačiu laiku ir visomis mėnesio dienomis. Kiekvieną valandą vidutinė kvadratinė vėjo greičio kitimo reikšmė įvertinama standartiniu nukrypimu. Matyti, kad intensyviai kinta vėjo greitis, todėl būtina jautri vėjo elektrinės rotoriaus sukimosi greičio reguliavimo sistema, siekiant pateikti pastovaus dažnio kintamą elektros srovę. Ten, kur vėjo greičiai yra dideli ($V > 5$ m/s.), ekonomiškai apsimoka statyti didelės galios – 600-1300 kW ir daugiau – vėjo elektrines.

Vėjo elektrinė negali panaudoti visos vėjo energijos, kurią turi vėjas, pučiantis į vėjaračio sukantis sparnams užimamą plotą erdvėje. Maksimalus teorinis vėjo energijos kiekis, kurį gali panaudoti vėjo elektrinė, Vokietijos specialisto A. Betz skaičiavimo duomenimis, sudaro 59,3% visos minėtos vėjo energijos. Tai yra teorinė riba, kurios turi laikytis vėjo elektrinių gamintojai. Vėjo energijos prarandama keičiantis vėjo greičiui ir kryptiai. Taip pat transmisijose perduodant sukamąjį judesį generatoriui, pačiame generatoriuje ir pan. Tarus, kad vėjaratis naudingai išnaudoja tik 40% pratekančios vėjo energijos, o transmisijos naudingumo koeficientas - 90%, generatoriaus – 95%, tai vėjo elektrinės, gaminančios elektros energiją, naudingumo koeficientas bus $\eta = 0.4 \cdot 0.9 \cdot 0.95 = 0.342$, arba 34,2%.

Taigi vėjo elektrinės pagaminamas metinis elektros energijos kiekis (Wh/metus) bus: $E_m = E \cdot A \cdot \eta \cdot 8760$ (3); čia E- vėjo energija, apskaičiuota pagal (1) formulę, vėjaračio ašies aukštyje, A- elektrinės besisukančių sparnų užimamas plotas.

Vėjo energijos ištekliams Lietuvos teritorijoje nustatyti panaudoti meteorologijos stočių duomenys, surinkti 1977-1989 m. Pagrindinėms vėjo energijos charakteristikoms nustatyti taikomi statistiniai duomenų apdorojimo metodai. Pajūrio regione vėjo greičiai pasiskirstę pagal dydį gerokai toliau negu Vidurio ar Rytų Lietuvoje. Kaip ir tikėtasi, didžiausi vėjo energijos ištekliai yra pajūrio zonoje, mažiausi – rytų ir Pietryčių Lietuvoje.

1.16. Aplinkosaugos reikalavimai

Planavimo paraiškos sėkmė priklausys nuo pasiūlyto vėjo energetinio projekto

pobūdžio, dydžio bei vietos, taip pat nuo vietinės planavimo įstaigos valdininkų pažiūros į tokius projektus.

Svarstant planavimo paraišką, planuojanti įstaiga dažnai atsižvelgia į šiuos dalykus:

Rezervatai ir draustiniai

Tai specialios teritorijos, turinčios ypatingą aplinkosauginę reikšmę dėl patrauklaus kraštovaizdžio arba dėl retos bei saugomos floros bei faunos. Šie plotai gali būti svarbūs įvairiais atžvilgiais, tarptautiniu, regioniniu ar vietiniu. Paprastai jų plėtra labai gerai kontroliuojama. Kartais jų paskirtis suteikia galimybę įrengti vėjo elektrinę, tačiau tai reikalauja kruopštaus aplinkybių nagrinėjimo.

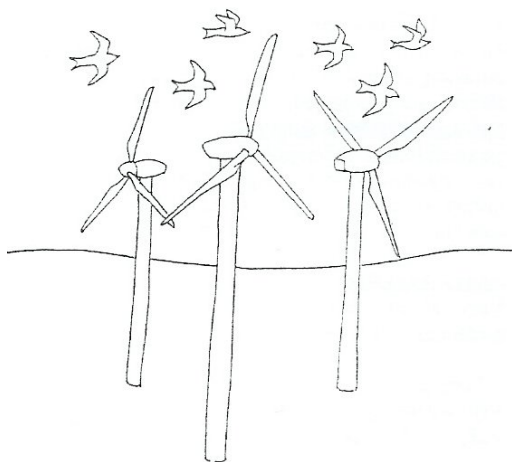
Vizualinis ir kraštovaizdžio pakitimo aspektas

Vizualiniam įvertinimui naudojami **vizualinės įtakos žemėlapiai**. Juose nurodyti taškai, iš kurių bus galima matyti elektrinę nustatyto spindulio atstumu. Tai reikia suderinti su planavimo įstaiga. Būtina įvertinti ne tik būsimų vėjo elektrinių, bet ir elektros linijų vizualinį poveikį.

Pasirinktos vietos archeologiniai ir istoriniai aspektai

Jeigu vietovės archeologinė ar istorinė reikšmė svarbi, vėjo elektrinių, pastatų ir kelių išdėstymas turi minimizuoti poveikį vietai.

Ekologija



Trapios ekosistemos gali būti pažeistos statybos metu. Todėl iš anksto reikia gauti iš vietos planavimo įstaigos bei atitinkamų gamtosaugos agentūrų informaciją apie saugomas rūšis ir ekologinius draudimus.

Besisukančios rotoriaus mentės gali paveikti paukščius, išbaidydamos juos iš apgyventos vietos ar sužalodamos. Tačiau daugelio praeities statybų Jungtinėje Karalystėje stebėjimo tyrimai parodė, kad šie poveikiai nedideli, jeigu planavimo stadijoje buvo atsižvelgta į lengvai pažeidžiamas paukščių apgyventas zonas.

Hidrologija

Gali tekti įvertinti ir potencialų statybos poveikį vandentakiams. Privažiavimo kelių ir drenažo statyba gali kokybiškai ir kiekybiškai paveikti vandentakius.

Triukšmas

Vėjo elektrinės generuoja dvejopą triukšmą. Tai menčių sukeliamas triukšmas bei mechaninis besisukančių mechanizmo dalių triukšmas. Paprastai šis triukšmas sąlygoja atstumą tarp vėjo elektrinių ir gyvenamųjų namų. Jungtinėje Karalystėje triukšmo prognozė statomam objektui turi būti tinkamai apiforminta ir pateikta vietiniam Aplinkos sveikatingumo pareigūnui.

Trukdžiai telekomunikacinėms sistemoms

Vėjo elektrinės gali trukdyti televizijai ir mikrobangoms. Galimų problemų, susijusių su mikrobanginiu ryšiu, nesunku išvengti pakeitus statybos ar ryšių vietą. Tokie sprendimai, kaip linijos keitimai ar tarpinio stiprintuvo įrengimas, gali sukelti trukdžius televizijai.

Lėktuvų saugumas

Vėjo elektrinės gali būti pavojingos žemai skrendančio lėktuvo saugumui. Pažymėta, kad šios kilmės klausimai yra specifiniu būdu susiję su statybos vieta.

Saugos įvertinimas

Tinkamai sukonstruotus ir techniškai aptarnaujamas vėjo elektrinės yra saugios, tačiau reikia konsultuotis su Sveikatos ir saugos pareigūnais, kad būtų užtikrintos visuomenės, statybos bei aptarnavimo personalo saugumo priemonės.

Prijungimas prie tinklo

Šiame vadove daugiau dėmesio skiriama pavienėms sistemoms. Tačiau, prireikus įjunki į tinklą dirbančią sistemą, būtina kreiptis į vietinę elektros tiekėjų organizacijos valdybą. Jeigu Regioninė elektros kompanija

pirks elektrą, reikės ir tiekimo linijos nuo elektrinės iki esamo elektros tinklo arba pastotės. Jungtinėje Karalystėje šią liniją paprastai instaliuoja vietinė komunalinė tarnyba. Normaliu atveju ši linija reikalauja planavimo paraiškos ir poveikio aplinkosaugai įvertinimo, kuriuos pateikia vėjo elektrinės projektuotojas. Elektros tinklas gali būti prijunktas požeminiais kabeliais arba oro linijomis. Kabančios linijos gali sudaryti keblumą, todėl dabar praktikoje vyrauja požeminiai kabeliai.

Atmosferos tarša

Nors vėjo energetika neteršia atmosferos, vis dėlto netiesiogiai atmosfera teršiama dėl statybų bei medžiagų ir įrangos pristatymo į aikštelę. Tačiau tai yra nedidelis teršimas.

Turizmo ir poilsio klausimai

Vėjo elektrinė gali turėti įtaką vietovės patrauklumui turizmo ir poilsio atžvilgiu. Nors tai daugiausia mažų elektrinių problema, didelės elektrinės – ne išimtis. Tačiau vėjo elektrinės gali ne tik būti patrauklios turistams, bet ir gadinti bendrą išpūdį. Svarbu visuomenei nurodyti judėjimo pro aikštelę taisykles.

Socialiniai ekonominiai klausimai

Vėjo energetikos statybos gali turėti ir tiesioginį ekonominį poveikį, kuris gali būti

trumpalaikis:

- gamybinis: elektrinių ir komponentų tiekimas,
- statybinis: infrastruktūros kūrimas,
- įvairaus pobūdžio: kapitalo įplaukos į vietinį ūkį, pvz., darbininkų apgyvendinimas, ir t.t.;

ir ilgalaikis:

- eksploatacija ir techninio aptarnavimo darbai,
- pajamos,
- žemės nuoma,
- vietiniai mokesčiai už paslaugas,
- draudimas; savininkai nori apsidrausti nuo nenumatytų situacijų.

Eksploatacijos pabaiga

Vėjo elektrinės gali būti išnuomos ir modernizuojamos, arba nurašomos laužui, kai baigiasi tarnavimo laikas, t.y. po 20m. Išmontavimas bus numatytas

planavimo sąlygose, todėl turi būti numatytos priemonės antžeminiai įrangai išmontuoti, kraštovaizdžiui atkurti ir privažiavimo keliams apželdinti.

1.17. Priimtinumai ir visuomenės pritarimas

Visuomenės pritarimas vėjo energetiniams projektams yra lemianti vėjo energetikos plėtrą ir palaikymą, skatinant “švarios” energijos paklausą. Visuomenė pripažįsta atsinaujinančios energijos prioritetus, tačiau tik bendrais bruožais. Dabar žmonės įtaria, kad globaliniai klimato pokyčiai kyla dėl per daug intensyvaus iškasamo kuro vartojimo, sukeliančio globalinį atšilimą. Jie supranta kad reikia imtis veiksmų, neleidžiančių problemai paastrėti, tačiau šis globalinis reikalas nebūtinai pasireišk vietine visuomenės pagalba ir pritarimu atskiriems vėjo energijos projektams.

1.18. Bendruomenių pritraukimas

Siekiant laimėti ir išlaikyti visuomenės pritarimą, rekomenduojame:

- rengiant ir vykdant didelį projektą tinkamai konsultuotis ir konsultuoti visuomenę;
- po statybos vietinei bendruomenei sudaryti atitinkamas turistinės, visuomeninės bei švietimo veiklos galimybes;
- informacija apie projektą padaryti prieinamas pradiniam, viduriniame ir aukščiausiam švietimo lygiuose;
- tiekti visuomenei informaciją apie vėjo energijos naudą ir vaidmenį.

Europos Komisija nurodo aiškių visuomenės tikslų nusistatymo svarbą. Jei visuomenė laikys savo pareiga siekti prisiimtųjų atsinaujinančios energijos rodiklių, ji noriai palaikys vietinę vėjo energetikos raidą.

1.19. Vėjo energetikos nauda visuomenei

Vėjo elektrinės visuomenei teikia visokeriopą naudą, kuri gali būti vietinė, globalinė, bei sukuriama pavienės vėjo elektrinės arba didelio vėjo energetikos ūkio. Ji pasireiškia tuo, kad atsiranda, pvz.:

- nepriklausomo elektros tiekimo galimybė (nepriklausant nuo elektros tinklo).
- Našus “fiksiuotas vietoje” energijos galingumas.
- Aplinką teršiančių dujų, išskiriamų į atmosferą, kiekio sumažinimas naudojant mažiau iškasamo kuro.
- Techninės galimybės demonstruoti atsinaujinančios energijos gavybą mokykloms ir koledžams.
- Pelno galimybė.

1.20. Vėjo elektrinių įrengimas, techninis aptarnavimas ir saugumo technika

1.20.1. Projekto įgyvendinimo terminai

Vėjo energetikos projekto įgyvendinimo trukmė nuo planavimo stadijos iki energijos gamybos pradžios priklauso nuo projekto dydžio ir nuo to, kaip greitai su rengimu susijusios šalys užbaigs įvairias stadijas. Pavyzdžiui, vienoje šalyje planavimo įstaiga sprendžia reikalus greičiau, negu analogiška planavimo įstaiga kitoje šalyje.

1.20.2. Techninis aptarnavimas

Rengiant techninį ekonominį pagrindimą, svarbu atsižvelgti į tą faktą, kad vėjo elektrinei pradėjus veikti, jos maksimaliam produktyvumui užtikrinti būtinas nuolatinis techninis aptarnavimas.

1.20.2.1. Mažos pavienės vėjo elektrinės

1. gerai prižiūrėti akumuliatorių baterijas. Nikelio – kadmio baterijos kaskart visai iškraunamos, siekiant išlaikyti pilną jų talpumą.
2. perkrovimo daviklis turi būti reguliariai prižiūrimas ir tikrinamas.

3. konverteriai turi būti reguliariai aptarnaujami, kad galėtų atlaikyti didelius tiekiamos įtampos svyravimus, nes ji baterijų pakrovimo/iškrovimo cikle svyruoja plačiose ribose.

1.20.2.2. Didelės vėjo elektrinės

1. paleidus elektrinę arba jų ūkį tolimesniam funkcionavimui palaikyti būtina nuolat ir reguliariai jas prižiūrėti.
2. jeigu vėjo energetikos objektas yra didelis komercinis vėjo ūkis, tai vėjo elektrines, kad būtų patogų valdyti dideliu atstumu, rekomenduojama įjungti į kompiuterinį tinklą.

1.20.3. Sveikata ir saugumas

1.20.3.1 Saugos klausimai

Elektrinės saugumas yra svarbiausias dalykas bet kurios elektrinės atveju. Net palyginti mažų įrenginių atveju gali atsirasti srovės, galinčios sužaloti ar užmušti. Standartai bei publikacijos šiuo klausimu yra išvardyti žemiau. Pavienėse sistemose reikia atsargiai elgtis su švino ir rūgšties akumuliatorių baterijomis ryšium su vandenilio užsiliepsnojimo ar sprogo galimybe. Vandenilis išskiriamas pakraunant šio tipo baterijas.

Kad būtų galima atlikti techninio aptarnavimo ir kitus darbus, dauguma vėjo elektrinių turi dvi nepriklausomas stabdymo sistemas:

1. Aerodinaminio stabdymo sistemą (pvz., išsukant rotorius iš vėjo krypties, keičiant menčių viršūnių pokrypį);
2. Mechaninio stabdymo sistemą (paprastai diskinį stabdį ant rotoriaus ašies ar ant pavaros ašies).

Rotorius ir bokštas turi būti pakankamai tvirti, kad atlaikytų stipriausius viesulus, kurių galima tikėtis toje vietoje, kai stabdžiai įjungti. Esant šaltam klimatui naudojami specialūs rotoriai, sukonstruoti taip, kad būtų apsaugoti nuo apledėjimo. Vėjo elektrinėse turi būti įrengti žaibolaidžiai.

1.20.3.2. Elektrinių aptarnavimo procedūros

Vykstant techninio elektrinių aptarnavimo procedūroms svarbu laikytis specialių atsargumo priemonių. Statybų ir pirminio montavimo atveju visi elektros montavimo darbai turi būti atliekami, atsižvelgus į nacionalinius standartus ir taisykles. Papildomos, griežtesnės taisyklės yra reikalingos įjungtos į tinklą elektrinės atveju. Pavyzdžiui, jeigu elektrinė gali pradėti generuoti srovę, kada tinklas neveikia, tinklo techninės priežiūros grupė gali gauti elektros smūgį. Ypač svarbu, kad vėjo elektrinių konstruktoriai atsižvelgtų į keletą dalykų, susijusių su techninio aptarnavimo procedūromis.

1. Besisukančių komponentų gondoloje apsauga.
2. Priemonės stabilioje būsenoje be sukimosi rotorui palaikyti.
3. Darbo ankštoje kabinoje sunkumai.
4. Avarinis apšvietimas kabinoje ir bokšte.
5. Kopėčios su poilsio vietomis, įgalinančios pasiekti įrengimus, kopiant į bokštą.
6. Aprūpinimas saugos diržais ir priemonėmis.
7. Specifiniai pavojai dirbant pavieniui bei ryšių metodai.

Bet kuris asmuo, dirbantis ar prižiūrintis vėjo elektrinę, turi būti tinkamai apmokytas kaip elgtis pavojingų situacijų metu, kaip patikrinti saugos įrangą bei kaip atjungti elektros tiekimą ir įjungti stabdžius prieš bet kurio mašinų techninio aptarnavimo procedūrų pradžią. Be šito apmokymo, Jungtinėje Karalystėje įmonė, jeigu įdarbina 5 ar daugiau darbuotojų, privalo paruošti rašytinį pavojingumo įvertinimą. Į jį turi būti įtraukti vėjo elektrinės valdymo darbai. Jis turi atitikti Sveikatos ir saugos darbe taisykles.

II. Tyrimo temų ir metodų pristatymo dalis

2. Vėjo energijos prognozavimas remiantis Kalifornijos patirtimi

Vėjo energijos prognozavimas naudoja sudėtinius skaitmeninius oro prognozavimo ir vėjo energijos generacijos agregatus. Pranašauti valandos

generacijos energiją vėjo elektrinių agregatus 48 valandom į priekį. Kaip rezultatas, tai didelė nauda vėjo elektrinės operatoriams.

2.1. Nagrinėjimas

Tyrinėjant sukauptus vėjo duomenis, generaciją ir naudingumą, vėjo generatoriaus ir meteorologiniu stočių informaciją, ir vietos koordinates. Vėjo prognozavimo sistemos aiškios tarpusavyje sujungiant visus agregatus kompiuterinėmis sistemomis. Sistemos automatiškai gauna ir vykdo regiono skaitmeninius oro prognozavimus, sukuriama valandos pranešimas apie vėjo greitį ir kryptį, ir generuojamos energijos kiekį kiekvieno agregato, ir pristato prognozes vartotojui. Kiekviena sistema aiški, kai kalibruojasi su kitomis sistemomis, vystomas modelis analizuoja statistiškai gerinant vėjo greiti ir generacijos prognozavimo tikslumą ir generuotos pradinius prognozavimus vėjo greičio ir energijos generacijos.

2.2. Rezultatai

Išankstiniai apytikriai testavimo rezultatai 28 dienom į ateitį vienam agregatui yra perspektyvūs ir palyginami su kitais. Prognozavimo tikslumas yra charakterizuojamas vidutine mėnesine paklaida tarp vėjo greičio ir kiekvienos valandos (1 iš 48 valandų) generacijos prognozių. Papildomai absoliutinės meteorologinių prognozių paklaidos yra palyginamos su jų pastovumu ir klimato prognozėmis. Vėjo energijos prognozavimų absoliutinė paklaida yra nuo 32% iki 35% vidutinės vėjo energijos ir 11% - 12% projektinio (nominalaus) galingumo. Tačiau prieš darant bet kokias išvadas apie unikalius vėjo išteklius ir topografijos veikimo reikšmingumus prognozuojant, tai būtina kaupti keletą mėnesių testuojant ir matuojant mėnesio prognozės paklaidą per visus metų sezonus.

2.3. Prognozavimo svarba

Dideliuose blokuose (elektriniuose) egzistuojantys vėjo generacijos trūkiai elektrinėje sistemoje sukelia standartų iškraipymą. ISO diktuoja sistemą ir privalo dinamiškai planuoti greičių dėžės (transmisijos) veikimus ir kitus agregatus atsakant į vėjo pasikeitimus ir vengti nebalanso kūrimo tarp elektros poreiklavimo ir tiekimo (pasiūla). Vėjo energijos prognozavimas gali būti kaip atsvaros taškas geresniam

supratimui ir labiau tikslesnis planuojant vėjo generuojamos elektros kitos valandos ir kitos dienos darbui. Vėjo agregatų operatoriai taip pat turi galėti tiksliai prognozuoti kitos valandos ir kitos dienos vėjo generaciją sudarant vėjo elektrinės pagaminamos energijos tiekimą.

Vėjo agregatų operatoriai užsitraukia mėnesinę finansinę bausmę, jei suvestas mėnesinis disbalansas tarp faktinio ir planuoto tiekimo kitai valandai vėjo energijos yra neigiamas, ir jei paskola pozityvi mėnesio pabaigoje.

Vėjo energijos prognozavimas naudoja modernius skaitmeninius oro prognozavimo ir vėjo agregatų galios generacijos modelius pranašaujant valandinę energijos generaciją vėjo galios agregatų 48 valandom į priekį. Prognozių apžvalga taip pat turi prasmės keletui rinkos dalių, įskaitant galios pardavėjus ir pirkėjus.

2.4. Tikslas ir viltis

Bendras tikslas yra sukurti dvi ar daugiau kasdieninių valandinių prognozių vėjo generacijas per sekančias 48 valandas. Kiekvienai vėjo generacijos vietai šalyje yra galiausiai vystoma vėjo energijos prognozavimo sistema visoje šalyje. Prognozavimo rezultatai bus panaudoti eksploatuojant sistemas ir valdytojams ir operatoriams vėjo įrangos palaikymo grafikui vėjo energijos tiekimo sistemoje. Galimybių apimtis, šis sumanymas sutapatina tinkamos pakopos absoliučias prognozavimo paklaidas vėjo greičio ir vėjo energijos generacijos valandos pagrindu per 48 valandų prognozavimo periodą. Papildant prognozavimo paklaidos rezultatus, vėjo energijos prognozavimo ekstrapoliavimui įvedant vėjo generacijos grafiko disbalanso paklaidų mažinimo įtaką.

2.5. Projekto dalyviai ir įsipareigojimas

Vėjo įrangos savininkas / operatoriai yra įsipareigoję sekti informaciją:

- 1) vėjo agregatų vietovę ir detalulį plotą įskaitant konkrečias turbinas ir metalinio bokšto vietą ir kiekvienos turbinos ir metalinio bokšto koordinates,
- 2) vėjo turbinų konstrukcijos specifiškumą, įskaitant stebulės aukščius, galios kreivę, apkrovos kreivę ir tarpusavio ryšio taškus,
- 3) istorinius vėjo greičius ir vėjo kryptis vietovėje,
- 4) atsakomoji reakcija į pageidavimus, metodus ir laikus vėjo energijos prognozių tiekimui,

- 5) priėjimas prie valandinių vėjo išteklių, generacijos ir turbinų naudingumo išnaudojimo numatymas kiekvienos dienos ar savaitės ataskaitoje per elektroninį paštą pateikiant informaciją į serverį,
- 6) atsakomoji reakcija į prognozės tinkamumą ir panaudojimą,
- 7) dalyvavimas periodiniuose projektų apžvalgos posėdžiuose.

Vėjo ekonomikos ir technologijos ypatumai :

- 1) vėjo agregatų pasiruošimas galios kreivei, klimatologijos ir vėjo prognozavimo reportažai,
- 2) dalyvavimas trišaliuose projektų apsvaistymuose,
- 3) pasirengimas galutinei ataskaitai.

Nacionalinis centras (NC) formuoja ir tikrina vėjo energijos prognozavimo sistemas vėjo agregatuose.

NC įtaka sekančioms kiekvieno agregato galimybėms:

- 1) atrinkimas atitinkamos numeracijos oro prognozavimo modelių ar technologijų prognozuojant vėjo greitį ir vėjo kryptį bei vėjo agregatų galios išėjimo parengimą,
- 2) pasirengimą dvejopai dienos vidutinės valandinės vėjo greičio prognozei ir kryptčiai bei vėjo energijos generacijai per valanda 48 valandų perspektyvoje,
- 3) pristatant prognozes kiekvienam atitinkamam šeiminkui elektroniniu paštu ar kitais metodais,
- 4) pristatant prognozavimo rezultatus su dienos / laiko spaudu,
- 5) charakteristikos skaičiavimo patikrinimas prognozavimo statistika ir nustatant reikšmes naudojant NC ataskaitas tiksliai nusakant laiko intervalą (Pvz. valandos, sekančių 3 val., sekančių 6 val., ir t.t.),
- 6) prognozavimo skaičiavimo meistriškumas ir klimatologija tiems patiems laiko periodams,
- 7) rezultatų (5) ir (6) pristatymas mažiausiai viena kartą per savaitę serveriui,
- 8) ketvirčio pasirengimo suvestinės prognozės patikrinimas ir rezultatų statistikos formavimas,
- 9) dalyvavimas trišaliuose apžvalgos susitikimuose,
- 10) pasirengimas galutinėms ataskaitoms NC sistemos rezultatų išvadoms.

Teisingas vėjo sprendimas (TVS) formuoja ir tikrina vėjo energijos prognozavimo sistemas ir eksploatuoja sistemas mažiausiai 12 mėnesių.

TVS lemia kiekvieno vėjo agregato:

- 1) atrinkimą atitinkamų oro prognozavimo modelių ar technologijų pranašaujant vėjo greitį ir vėjo kryptį bei vėjo agregatų galios išėjimo paruošimą,
- 2) pasirengimą dvejopai dienos vidutinės valandinės vėjo greičio prognozei ir kryptčiai bei vėjo energijos generacijai per valandą 48 valandų perspektyvoje,
- 3) pristatymą prognozių kiekvienam atitinkamam šeiminkui elektroniniu paštu ar kitais metodais,
- 4) pristatymą prognozavimo rezultatų su dienos / laiko spaudu pristatymas į serverį,
- 5) charakteristikų skaičiavimo patikrinimą prognozavimo statistika ir nustatant reikšmes naudojant NC ataskaitas tiksliai nusakant laiko intervalą (Pvz. valandos, sekančių 3 val., sekančių 6 val., ir t.t.),
- 6) skaičiavimą ir klimatologiją tiems patiems laiko periodams,
- 7) rezultatų (5) ir (6) pristatymą mažiausiai vieną kartą per savaitę serveriui,
- 8) ketvirčio pasirengimo suvestinės prognozės patikrinimą ir rezultatų statistikos formavimą,
- 9) dalyvavimą trišaliuose projektų posėdžiuose,
- 10) pasirengimą galutinėms ataskaitos NC sistemos rezultatų išvadoms.
- 11) Pasirengimą ir paklusimą TVS pasiūlymų bendrininkavimas turi būti pareikštas laišku atsakant į konkurencinius prašymus.

2.6. Vėjo energijos prognozavimo pagrindai

Yra pasikartojantys interesai įvertinat ir plėtojant automatizuotas sistemas prognozuojant valandinį vėjo energijos produktų įvertinimą iš vėjo energijos įrenginių.

Tyrinėjant vėjo greičio prognozavimą ir atitinkamai elektros generacijos prognozavimą vėjo energijos įrengimuose yra aktyviai vykdomas Europoje.

2.7. Vėjo agregatų savininkas ir vėjo išteklių apibūdinimas

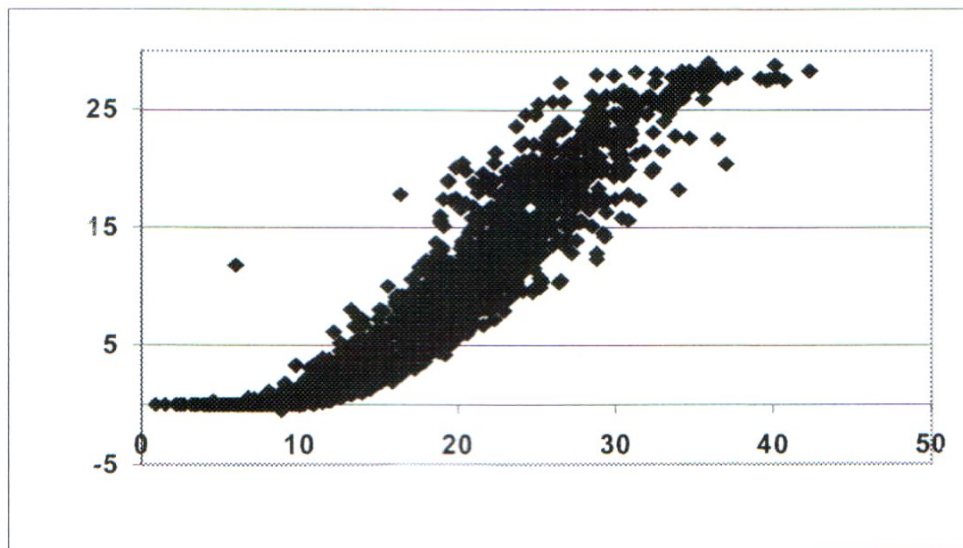
2.7.1. Vėjo agregatų galios kreivė

Daugiausia galios kreivė vienai vėjo turbinai, santykis tarp vėjo greičio, vėjo krypties ir galios išėjime gali būti paaiškinimas kaip vėjo agregatų kreivė. Ši galios kreivė panaši į visumą energijos tiekimo, visų vėjo turbinų ir įskaitant visas topografines kliūtis. Paveiksle 1 rodoma vėjo agregatų galios kreivė 25MW sudaryta iš 83-300kW vėjo turbinų. Galios kreivė yra plotas valandinio vidutinio vėjo greičio su valandine galios produkcija. Kiekvienas taškas pristato visumą grupės vėjo turbinų galios suteikimą duoto vėjo greičio ir krypties.

Lengvatinis šaltinis vėjo agregatų galios kreivės naudojimui vėjo energijos prognozavimui yra 10-minutinis arba valandinis vėjo energijos pristatymo naudai tarpusavio ryšiu ir parenkant vėjo greitį ir vėjo kryptį, matuojant tuo pačiu metu.

Kitaip vėjo agregatų galios kreivė gali būti naudojama vėjo turbinų darbui vėjo agregatuose charakterizavimui, eksploataavimo ateitis vėjo agregatų ir netekimo apytikslio skaičiavimo asocijuojasi su vėjo kryptimis.

Vėjo agregatų galios kreivė apibūdina santyki tarp vėjo greičio tipiškumo, vėjo krypties ir galios vėjo agregatų išėjime. Lentelė 1 iliustruoja spėjamą 50MW vėjo agregato galios kreivę. Galios kreivė yra pristatoma kaip vėjo energijos generacijos forma kaip vėjo greičio funkcija ir vėjo kryptis (30 laipsnių sektoriuose).



Pav. 1 Faktinė 25 MW vėjo agregato galios kreivė

Įėjime reikalinga generuoti vėjo agregatų galios kreivė įskaitant istorinius vėjo greičius ir vėjo kryptis, pervesti į skaitmeninę formą tikslias kiekvienos vėjo turbino koordinatas ir metalinio bokšto, ir galios kreivę, apkrovos kreivę, ir turbino stebulės aukštį, ir kiekvieno metalinio bokšto aukštį.

Sekantys detalūs žingsneliai apimantys projektavimo eigą:

- Įsigyti skaitmenines regiono oro prognozes iš nacionalinio orų centro ar kitos įstaigos;
- Perversti skaitmenines oro prognozes į specifines vėjo greičio ir krypties prognozes vėjo agregato vietoje naudojant regiono mezo - skalę (žymint vid. dydį) modelį;
- Perversti mezo-skalės prognozavimą į greičio krypties prognozavimą turbino stebulės aukštyje naudojant fizikinius ir / ar statistinius reguliavimo faktorius;
- Skaičiuoti vėjo energijos generaciją vėjo turbino žadinimo turbulencijos sąskaita ir kitus praradimus naudojant “vėjo agregato galios kreivę” ir panaudojant statistinius reguliavimo faktorius;
- Dokumentuoti ir perduoti vėjo energijos prognozavimą klientams elektroniškai ar paštu;
- Vėjo energijos prognozavimo modelio charakterizavimas, įvertinant vėjo greitį, kryptį ir vėjo energijos prognozes su išmatuotomis;
- Formuoti statistinius reguliavimo faktorius a) vėjo greičiui ir kryptčiai stebulės aukštyje su skaitmeniniu oro prognozavimo vėjo greičiui ir kryptčiai gerinant charakterizavimo modelį, ir b) vėjo energijos generacijos su vėjo agregatų galios kreivės generavimo prognozavimu.

Lentelė 1

Spėjama vėjo agregato galios kreivė

Vėjo generacija (MW) su vėjo greičiu ir kryptimi, spėjimo vieta - 50 MW įrenginys

Vėjo kryptis	Vėjo greitis (m/s)							
	0 - 5	5-7,5	7,5-10	10-12,5	12,5-15,0	15,0-25,0	25,0-30,0	>30,0
0	0	5	10	15	20	20	5	0
30	0	7	15	20	30	30	5	0
60	0	10	30	40	50	50	10	0

90	0	10	30	40	50	50	10	0
120	0	10	30	40	50	50	5	0
150	0	7	15	20	30	30	5	0
180	0	5	10	15	30	30	5	0
210	0	7	15	20	20	20	5	0
240	0	10	30	40	30	30	5	0
270	0	10	30	40	50	50	10	0
300	0	10	30	40	50	50	10	0
330	0	7	15	20	30	30	5	0

2.8. Vėjo energijos prognozavimo sistemos apibūdinimas

Vėjo energijos prognozavimo sistemos plėtojamos nacionalinio centro ir elektroninės vėjo sistemos plėtojamos teisingo vėjo sprendimo.

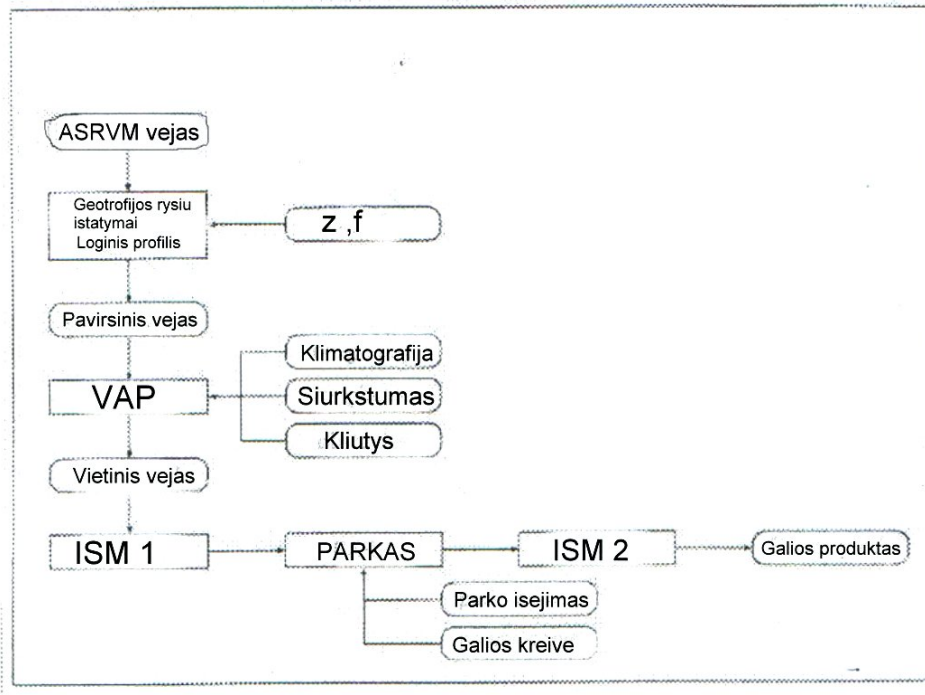
2.8.1. Nacionalinis centras – pranašininkas

Du skirtingus modelių tipus buvo ketinama adresuoti šiems fizikiniams ir statistiniams modeliams. NC išrenka formuojamą statistinį modelį numatant vėjo parko išėjimą. Nurodymai prognozuojant vėjo agregato išėjimą specifiniais laikais ateityje, vienas turi būti vėjo greičio ir vėjo krypties prognozavimas ir tada vėjo energijos generacija gali būti apskaičiuojama. Skaitmeninių oro prognozių informacijos integravimas su vietiniais efektų įvertinimais ir vėjo turbinų specifinėmis charakteristikomis yra fizikinių savybių priartinimo ateities raktas. Rakto modelio komponentus apima:

- vėjo greičio ir vėjo krypties duomenys iš Skaitmeninio Oro Prognozavimo (SOP) modelio.
- Vėjo turbinos stebulės aukštis galios kreivės, apkrovos kreivės apibūdinimas.

Lanbergas (1997m.) pateikė pilna NC pranašavimo modelį. Pav. 2 pavaizduotas schematinis NC modelis. Prognozavimai vėjo greičio ir vėjo krypties iš SOP modelio yra pakeičiami naudojant geotrofijos ryšių įstatymus ir logaritminį vėjo profilį pateikiant paviršiaus apskaičiavimą vėjo greičio ir krypties. Šis apskaičiavimas yra labiau naudojamas Vėjo Atlaso analizei ir programos Pritaikymui (VAP) generuoti vietinį vėjo greičio apskaičiavimą. Programa PARKAS yra labiau taikoma

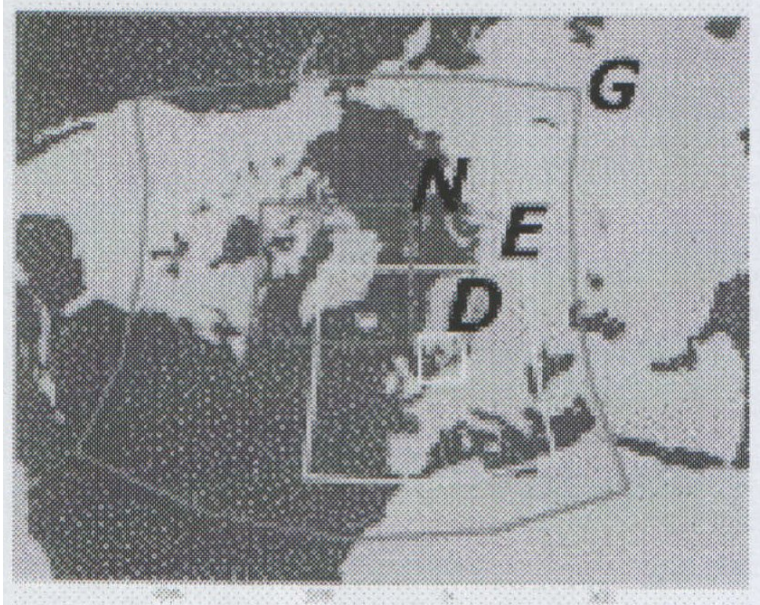
modeliuojant srautą ir masyvo efektus kiekvienai individualiai vėjo turbina. Galios produkcija vėjo parko yra pagrindžiama apskaičiuotu masyvo efektyvumu kiekvienos vėjo krypties sektoriumi. Papildant yra vietiniai pataisymai taikomi vietiniam vėjo greičiui, ir vėjo kryptčiai ir galios produkcijos apskaičiavimui. Tokiu būdu kai kurie istoriniai vėjo išteklių ir galios generacija reikalinga kalibruoti modelį ir gerinti prognozavimo tikslumą.



Pav. 2 NC pranašavimo schematinis modelis

2.8.2. Skaitmeniniai orų prognozavimo duomenys (SOP)

Skaitmeniniai orų prognozavimo modeliai naudoja srovės padėtis ir praeities kryptis prognozuojant ateities atmosferos elgsena. Ši elgsena diskrečiais laiko intervalais ateityje yra pagrindinis raktas NEC (nacionalinis energetikos centras) prognozavimo modeliai. Duomenys yra gaunami iš regioninio atmosferos prognozavimo sistemos valdomos meteorologinio centro.



Pav. 3 Aukščio suskaidymo ribotos vietovės modelis (ASRVM) sistemos panaudojimas regiono atmosferiniam modeliui

SOP yra vykdomas dviem skirtingais išskirstytais dydžiais ir vietovėmis. Šiurkštus sprendimo modelis, pavadintas GRV, yra vykdomas su nacionaliniu suskaidymu kas 0,42 laipsniu ir yra pradžioje dirbtinas su šalutine ribos sąlyga iš europinio centro vidutinių sferų prognozavimų (ECMRF) visuotinis modelis. Puikaus sprendimo modelis (DKV) naudoja įėjimą iš GRV, turi horizontalų suskaidymą kas 0,21 laipsnį ar 23 kilometrus ir turi 31 vertikalų lygmenį. DKV modelis yra naudojamas 36 val. prognozių sudarymui, kas 3 val. intervalais, dvigubas dienovidinis 0000 Grinvičo reiškia laika (GMT) ir 1200 GMT. Vėjo greitis ir vėjo kryptis iš pakopos 5 modelio lygmenį (550 metrų virš žemės lygmens) yra naudojamas kaip pagrindinis įėjimas.

2.8.3. Paviršinis vėjas

Supratimas tarp fizikinio modelio yra tas, kad prognozuoto vėjo greičio ir vėjo krypties iš ASRVM, kuris yra vėjo specifiška reikšmė 23 km. suskirstyme, gali būti transformuotas naudojant geotrofinį stabdymą ir logaritminį vėjo profilį. Stabdymas yra išreiškiamas:

$$G = \frac{\mu}{K} (\nu [\ln(\frac{\mu}{f_{z_0}}) - A]^2) + B^2 \quad (4)$$

Čia:

G – geotrofinis vėjas sulyginamas su ASRVM vėjo 5 lygių (550 metrų aukščiau žemės lygio),

μ - trinties greitis,

K – Von Karman-o const. (0,4),

f – Coriof-io parametras,

z_0 – šiurkštumas,

A ir B – const. (atitinkamai 1,8 ir 4,5).

Logaritminis vėjo profilis yra išreiškiamas: $u(z) = (\frac{\mu_0}{K})(\ln(\frac{z}{z_0})) \quad (5)$

Čia:

$u(z)$ – yra paviršinio vėjo ribos lygmuo aukštyje z.

2.8.4. VAP

Vėjo greitis ir vėjo kryptis skaičiuojama iš ASRVM yra svarbus dideliai vietai ir gali būti koreguojamas vietiniams rezultatams. Tai yra daroma naudojant vėjo atlaso analizavimą ir sklypo programą (VAP). VAP pakeičia vietinio vėjo reikšmę kliūtis padariniui (sandaros, vėjo pauzė, ir t.t.) paviršių šiurkštumo efektas, ir pasikeitimai paviršių šiurkštumo ir reljefo efektas. Pritaikymas VAP reikalauja pervedimo į skaitmeninę formą vietovės duomenų, paviršių šiurkštumo duomenis ir paviršiaus šiurkštumo pakitimus kaip vėjo greičio sektoriaus funkciją ir duomenų kliūtis, kurios apima apibudinimą kiekvienos kliūtis kurią paveikia vėjo greitį.

2.8.5. Parkas

Įtraukti į ataskaitą srauto poveikį į turbiną, yra taikoma PARKO programa. PARKO programa reikalauja vėjo turbinos koordinačių, vėjo turbinos galios kreivės ir turbinos apkrovimo kreivės nulemiant vėjo parko efektyvumo faktorių vėjo krypties sektoriumi (dvylikoje 30 laipsnių sektoriuose).

Programoje PARKAS yra atliekami generacijos skaičiavimai su pateiktais vėjo greičiais. Vėjo greičiai yra gaunami iš meteorologinio centro ir taip pat iš pirminių stebėjimų, kurie buvo atlikti prieš elektrinės statymą kaip vietovės įvertinimas. O vietovės įvertinimas yra būtinas, nes vėjo duomenys yra reikalingi projektavimui ir taip pat bankui, jei norima prašyti paskolos kaip skolos atidavimo garantas.

2.8.6. Išėjimo statistinis modelis (ISM)

Visų rezultatų modeliai nėra teisingai paaiškinami, todėl yra taikomas išėjimo statistinis modelis (ISM). ISM apima paprastos tiesinės funkcijos formą:

$y(\text{tiklo, sektorius}) = y(\text{modelio, sektorius})$

$a(\text{sektorius}) + b(\text{sektorius})$

Čia:

$y(\text{tiklo, sektorius})$ yra tikslo prognozavimas,

$y(\text{modelio, sektorius})$ yra prognozė iš fizikinio modelio,

$a(\text{sektorius})$ ir $b(\text{sektorius})$ yra tiesinės funkcijos krypties priklausomybės konstantos.

Veiksny a yra kryptinė priklausomybė pagal dvylikos 30 laipsnių sektorių ir sunkumas prognozuojant laiko tarpą. Apkrovimo funkcijos yra paklaidos link vidutinio prognozavimo nuo 12 iki 27 val. diapazone.

Teisingai, bet kuriai paklaidai modelio prognozavime, b yra parenkamas taip:

$P_{ISM} = P_{MODEL} + b$, kur b yra const., kuri yra ne sektoriaus priklausomybėje.

2.8.7. Teisingi vėjo sprendimai – eVėjas

Teisingi vėjo sprendimai yra formuojami sistema, pavadinta eVėjas, prognozuoti vėjo agregatų galią išėjime taip kaip plačios sferos meteorologinius parametrus agregatų vietoje. eVėjas sistema susideda iš 4 pagrindinių komponentų:

- 1) eilės aukščio sprendimų, trijų matavimo fizikinių pagrindinių atmosferinių skaitmeninių modelių;
- 2) statistinių modelių pritaikymo;
- 3) agregatų išėjimo modeliai;
- 4) prognozių pristatymo sistema.

Pav. 4 vaizduoja schematinę eVėjas vėjo galios prognozavimo sistemos komponentų reprezentaciją.

2.8.8. Fizika – pagrindas atmosferiniams skaitmeniniams modeliams

Fizikiniai pagrindiniai atmosferiniai modeliai yra aprašomi matematinėmis formulėmis kurios apibudina pagrindinį fizikinį principą saugumo priemonėms, momento ir energijos ir lygties valstybės drėgnam orui. Šie modeliai yra abstrakčiai panašūs jų naudojimui veikiančių orų prognozavimo centrums visame pasaulyje. Tačiau eVėjo modeliai veikia aukščio suskaidyme (pvz.: mažesnis sudalinimas) ir fiziškai ir duomenų įregistravime modeliuose turi būti specifiskai sukonfiguruotas aukščio suskaidyme vėjo galios prognozavimo simuliacijos pareiškimuose pradinėje konfigūracijoje eVėjo sistemoje, vienas skaitmeninis modelis (mezo skalinis atmosferinis simuliacinis sistemos (MASS) modelis) naudojamas kurti prognozes. MASS yra ne hidrostatinis atmosferinis modelis kuris plėtojamas ir naudojamas įvairiausiems taikymams.

Tačiau dabartinis tyrinėjimas rodo, kad kombinuotos prognozės iš atitinkamų prognozavimų simuliacijos visumų yra paprastai geresnis šiems sukurtiems vienos prognozavimo simuliacijos (pvz.: vienas narys iš visumos). Yra dvi esminės strategijos kurios gali būti panaudotos kuriant visumos prognozes. Viena strategija yra panaudoti tuos pačius atmosferinius modelius ir keisti įėjimo duomenis (pradinį ir ribinį) sąlygų per jų nežinomųjų sritį. Kita strategija yra panaudoti tuos pačius įėjimo duomenis ir naudoti skirtingus modelius ar skirtingas to paties modelio konfigūracijas. Santykinė vertė bet kurios strategijos priklauso nuo nežinomųjų šaltinio prognozavimo simuliacijoje. Jei dauguma svarbių nežinomųjų yra susiję su įėjimo duomenimis tada strategijos atlikimas eilės simuliacijų sumaišyti įėjimo duomenys bus labiau vertingesni mažinant prognozavimo paklaidas. Jei nežinomieji yra daugiau susiję su modelio formulavimu, tada panaudojimas eilės modelių bus labiau vertingesnis. Praktikoje, nežinomųjų šaltinių svarbos variacija su vietiniais, sezoniniais, prognozavimo erdvės skale ir kitais faktoriais. todėl visumos pasirinkimas turi būti ryžtingas patirtimi ir eksperimentavimu. Tai dalis eVėjo komplekto veikimo būdo naujo prognozavimo taikymo.

Kaip rezultatas teisingo vėjo geros patirties ir ekspertizės su plėtojimu ir atmosferinio modelio panaudojimu. Teisingas vėjas turi numerį kituose modeliuose (papildant MASS modeli) iš šaltinių įvairovės konfiguruotos darbu jo apskaičiuotose

platformose. Tai taip pat turi platų asimiliacijos schemų duomenų diapazoną galintį panaudoti konjunkcijai su šiais modeliais. Šie modeliai apima pirminį vėją, MM5, WRF, tarnybinę stotį – ETA ir OMEGA modelius. Kiekvienas iš šių turi unikalius bruožus kurie gali kelti papildomą informaciją visuomenei skaitmeninio prognozavimo simuliacijoms. Pirminis vėjas yra aukščio suskaidymo ribinio lygmens modelis kuris vystomas teisingų vėjų sprendimu. Šis modelis būsimą kryptis labai aukšto suskaidymo virš lygio tęsiant nuo žemės paviršiaus iki apytiksliai 3 km. kol priimti duomenys apie valstybės atmosfera virš 3 km. iš kito modelio. Galėjimas riboti sritį atmosferiniame ribiniame lygmenyje leidžia aukščio vertikalų ir horizontalų suskirstymą panaudoti šiame modelyje, gali būti įvykdytas per laiką reikalingą prognozavimo simuliacijai. MM5 modelis yra vieša – valda ne hidrostatinė trijų matavimų mezo skalės modelis. Tarp kitko tai yra naudinga viešam valdymui, tai yra plačiai naudojama ir patikrinta ir jungiantis daugumą fizikinių formulavimų iš skirtingų šaltinių. Tačiau skaitmeninės technologijos ir sulyginimo duomenų pasirinkimas yra kažkas panašaus į MM5 sistemos duomenų išėjimą. WRF modelis yra sekančios generacijos atmosferinio modelio šiuo metu po NCAR ir NCEP plėtojimo. Ankstesnės versijos šių modelių yra dabar galiojančios. Tai jungia daug fizikinių nustatymų iš MM5, bet panaudojimas daugiau progresyvesnis skaitmeninių technologijų ir galų gale turi pažangesnius sulyginimo sistemos duomenis. Tai labiau unikalės ateityje, apimantis abu modelius vandenyno ir atmosferos, kur abu iš kitų modelių šioje grupėje nagrinėja oro dalis kaip specifines (iš išorinių šaltinių) žemesnės ribos padėtį. Nacionalinio orų centro versija, ETA modelis yra skirtas dirbti stoties kompiuteryje nei super kompiuteriuose NCEP aplinkoje. Tai naudoja skirtingas vertikalias koordinatines sistemas (ETA) daugiausia iš kitų mezoskalės modelių. Tai ypač naudinga stočių vietovių regionams. OMEGA modelis yra labai unikaliam nenuosekliai pritaikytas sudalinimo modelis buvo koplėtotas SAIC ir MESO. Tai yra pirmi atmosferiniai modeliai panaudoti nenuosekliai gradavimui (pvz.: gradavimas, kuriame gradavimo elementai turi ne tariamus ryšius su kiekvienu). Unikali gradavimo struktūra leidžia panaudoti nepertraukiamai visą laiką kintančius (erdvėje ir laike) gradavimo sprendimus teritorinio modelio viduje. Visi šie modeliai yra pasiekiami teisingo vėjo sprendimo. Tačiau tai nėra išlaidų efektingas bendras simuliacijos darbas kuriame naudoja visus šiuos modelius ir pradinius valstybės sutrikimo įvairoves. Dėl to pradinių sutrikimų strategijų poaibis ir modeliai yra pritaikyti individualiam vartojimui kiekvienos prognozės pritaikymui. eVėjas

prognozes specifiniai vietai yra pagrindžiamas vykdant šį pritaikymą individualiam vartojimui bendros simuliacijos.

2.8.9. Statistinių modelių pritaikymas

Pritaikymas statistinių modelių naudoja eilę empirinių santykių tarp fizinių – bazinių atmosferinių modelių išėjimo ir specifinių parametru prognozuotų tam tikrai vietai. Šiame pritaikyme specifiniai parametrai yra vėjo greitis ir kryptis ir oro tankumas vietovėje kur yra vėjo agregatai. Statistinio modelio vaidmuo yra pritaikyti fizikinio – bazinio modelio išėjimo sąskaita atsarginio gradavimo skalėje ir kitais procesais kuriais negali tvirtai ar kitaip atitinkamai simuliuoti fizikinius modelius. Du tipai statistinio modelio yra naudojami eVėjas sistemoje. Pirmas yra tradicinis sudėtinis atrankos tiesinės regresijos modelis. Antras yra Bayesian nervų tinklo modelis. Kaip su tiesiniu regresijos požūriu ši schema naudoja mokymo pavyzdžius lemiant parametru eile, kurie charakterizuoja lygtis, kuriuos sieja įėjimus (t.y. pranašautojas) taikinių (t.y. pranašautojo). Skirtumas yra iš esmės funkcinių santykių pavidale ir metodų panaudojime apskaičiuojant parametrus. Nervų sistemos schema naudojama eVėjas tarnautojų mokymo metode pavadintam Markov Chain Monte Carlo, kuris iš esmės moko bendrą tinklą paimant daug pavyzdžių iš platinimo tinklo parametru. Tinklo parametrai yra reikšmės ir tendencingumas, kuris lemia išėjimą taikinio funkcijai (t.y. jie yra abstraktūs ekvivalentiški svirimams ir sulaikymams tiesinėje regresijoje). Platinimas naudojamas pavyzdžių priklausomybei mokymo duomenims „triukšmo modelis“ (t.y. tariamas triukšmo platinimas duomenyse) ir „pirminis“ (papildomas informacijos aprūpinimas schemai apie laukiamus funkcijos sulyginimus, t.y. tinklo parametru sritis).

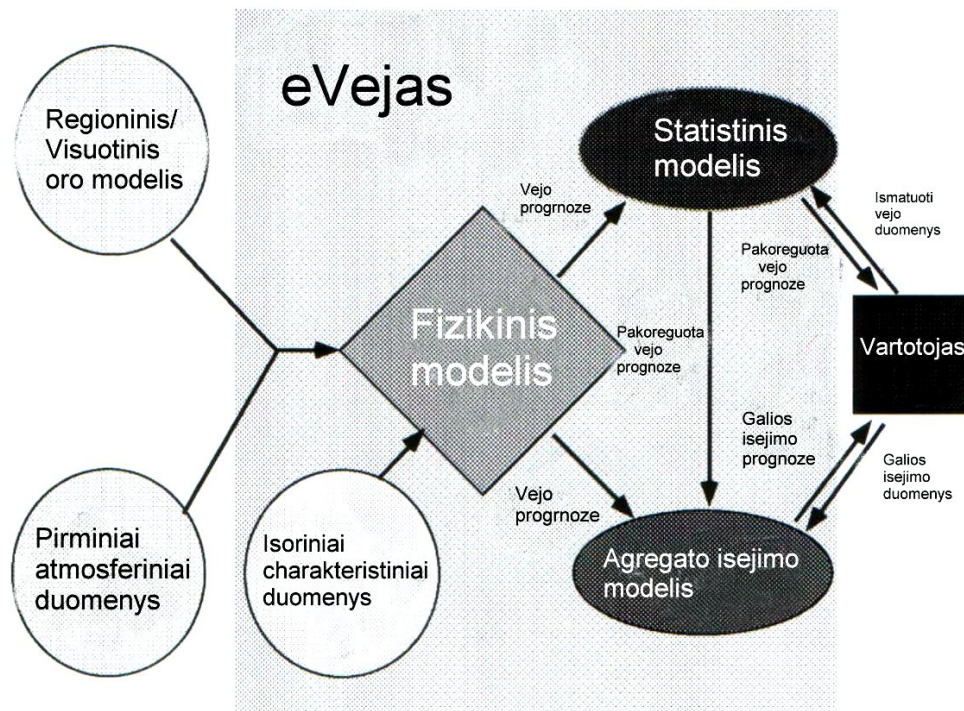
2.8.10. Agregato išėjimo modeliai

Trečias sistemos komponentas yra agregato išėjimo modelis. Šis modelis yra ryšys tarp kritinio atmosferos kintamumo ir agregato išėjimo. Agregato išėjimo modelis gali fiksuoti atitinkamus ryšius konkrečiom agregato konfigūracijom arba tai gali būti dinaminis statistinis ryšys gaunamas iš paskutinių (pvz. 60 dienų) atmosferos matavimų ir agregato išėjimo duomenų. Agregato išėjimo modelis yra iš esmės statistinis modelis pagrindžiamas sudėtinėmis tiesinėmis regresinėmis sistemomis ar Baisian-o nervų tinklo sulyginimu. Vis dėlto agregato išėjimo modelis gali tai pat

sujungti informaciją apie agregato lygmenį statistinių lygčių sistemoje. Pavyzdžiui skirtingi santykių komplektai gali būti panaudoti reikalui, kuriame vėjo pūtimas lygiagretus turbinos triukšmui, negu reikalui kai vėjas pučia statmenai triukšmui.

2.8.11. Prognozių pristatymas sistemai

Paskutinė dalis yra prognozių pristatymo sistema. Vartotojas turi pasirinkimo teisę gauti informaciją elektroniniu paštu, ftp perdavimu, faksu ar web puslapio lange apsaugant slaptažodžiu.



Pav. 4 Schematinis pagrindinių eVėjas prognozavimo sistemos komponentų pristatymas

2.9. Vėjo energijos prognozavimo sistemos testavimo rezultatai

2.9.1. Prognozavimo įvykdymo įvertinimas

Vėjo energijos prognozavimo sistemos įvykdymas yra tikslus taip gerai kaip prognozė vėjo greičio ir energijos generacijos eiga stebimų objektų verčių vėjo projektinėje vietoje.

Gal būt nesudėtingi prognozavimo modeliai yra kaip pagrindas išsilaikymo ir klimatologijos. Šie modeliai retai rodo gerą sugebėjimą, bet jie daro forma pagrindo prognozavimo technologijų sulyginimui. Geras prognozuotojas gali padaryti geriau nei visuotinis išsilaikymas ir klimatologija.

2.9.2. Prognozių išsilaikomumas

Prognozių išsilaikomumas daro nesudėtingą prielaidą kurios paplitimas lemia išsilaikymą per visą prognozavimo periodą. Kol šis modelis yra nesudėtingas ir efektyvus per labai trumpą laiko intervalą, metodas nėra pagrindas, bet kuriems fizikiniams meteorologiniams procesams ar sudarantis sąlygas, bet kurioms variacijų sąlygoms per prognozavimo periodą. Išsilaikomumas prognozės yra dažnai apgalvotas buvimas nulinėje prognozės padėtyje ir dažnai naudojamas kaip pagrindas įvertinant kitus metodus. Prognozavimas, kuris atlieka geriau nei prognozės išsilaikomumas yra apgalvotas rodantis meistriškumą.

2.9.3. Klimatologinės prognozės

Klimatologinės prognozės taip pat yra nesudėtingos, bet jos yra pagrindas metinių ir dieninių vėjo išteklių variacijoms ir kitos sąlygos projektinėje vietoje. Tačiau, kaip prognozės išsilaikomumas, prognozės negali įvertinti fizikinius procesus ar dinaminius pasikeitimus. Ilgo laikotarpio sąlygų istorija yra reikalinga tam kad būtų galima charakterizuoti klimatologines vidutines būkles su dideliu tikrumo laipsniu. Tačiau klimatologija gali tiekti prognozes tipinės būklės vietovės, kurioje yra naudinga ilgam laikui planuoti ir meteorologinių prognozių matavimų.

2.9.4. Prognozės atlikimo metrika

Prognozavimo atlikimo metrika apima vidutines paklaidas tarp prognozės ir stebimų verčių (ME), vidutinių absoliutinių paklaidų (MAE), standartinis nukrypimas nuo paklaidos(u) ir sugebėjimo rezultatais prieš išsilaikomumą ir klimatologinių prognozių kiekvienai iš prognozuotų valandų (valandinis per 48).

$$\text{Vidutinė paklaida yra: } ME = \frac{\sum(F_i - O_i)}{N}, \quad (6)$$

čia : F_i – i-oji prognozė;
 O_i – atitinkamas stebėjimas;
 N – prognozių skaičius.

$$\text{Vidutinė absoliutinė paklaida yra: } MAE = \frac{\sum ABS(F_i - O_i)}{N} \quad (7).$$

$$\text{Standartinis nukrypimas nuo paklaidos yra: } \sigma = \frac{\nu(\sum F_i - O_i - ME)^2}{N - 1} \quad (8),$$

čia: F_i , O_i ir N_i yra prognozės laike i , O_i yra stebėjimas per laiką i ir N yra prognozių skaičius.

Sugebėjimas sumuoti mėnesio vidutinių absoliutinių paklaidų rezultatus meteorologinių bazinių prognozių (MAE_M) prieš išsilaikomumą ir klimatologines prognozes (MAE_P ir MAE_C) sekančiai:

Sugebėjimas sumuoti rezultatus prieš išsilaikomumą: $SS_P = 1 - MAE_M / MAE_P$

Sugebėjimas sumuoti rezultatus prieš klimatologiją: $SS_C = 1 - MAE_M / MAE_C$

2.9.5. Pradiniai prognozavimo rezultatai – nacionalinio centro laboratorija

Nacionalinio centro vėjo energijos prognozavimo sistema yra skirta sudaryti reliatyvų paprastumą įtraukiant vėjo parkus į prognozavimo sistemą. Šiuo metu, sistema yra sudaryta prognozuoti vėjo energijos generaciją. Nors galios prognozavimas rodomas nustatytuose tinklo puslapiuose nėra ištobulintas, individualūs programinės įrangos blokai yra sąveikaujantys ir gerai dirbantys. Darbas yra vykdomas gerinant vėjo greičio tikslumą ir galios prognozavimus.

2.9.6. Prognozavimo duomenų atitaisymo sistemos apibūdinimas

ETA prognozavimo modelis valdomas NOAA yra naudojamas tiekiant meteorologinius duomenis. Išėjimas iš šito modelio yra automatiškai perkeliamas PERL raštu. Raštas dirba kas 20 min. ir tikrina paskutinius prognozės failus pirminėje ftp vietoje. jei prognozavimo failai nėra dabartiniai, čia juos tikrina antra ftp vieta kaip galinę. Prognozavimo failai yra GRIB formate ir kiekvieno failo dydis yra 5 MB. Kiekviename prognozavimo cikle dirba 17 perkeltų failų; prognozavimo duomenys yra numatyti trijų valandų bėgyje 48 val. eigoje. Vėjo ir temperatūros duomenys skirtinguose aukščiuose ir vietose aplink vėjo parką yra išrenkami iš šių failų 60x60 km. ploto aplink vėjo parką. Duomenys yra užrašomi į failą galios prognozavimo sistemos naudojimui. Sistemos atitaisymas apima rašto tikrinimą garantuojant prognozių perkėlimą perduodant. Tai taip pat turi spragsėjimo sugebėjimą galios prognozavimo sistemoje kai atitinkami prognozavimo duomenys buvo sukaupti.

2.9.7. Galios prognozavimo sistema

Programinė įranga galios prognozavimo skaičiavimui buvo plėtojama ir dirbama naudojant vėjo prognozių duomenų perkėlimus. Tačiau dabar kai naudoja vėjo parko parametrus kurie nėra specifiniai tikram vėjo parkui, taigi galios prognozavimas yra parodija. Programa yra parašyta JAVA ir sukuria objekto orientuotą programinės struktūros naudojimą, parkai ir vėjo prognozės yra programos kategorijos ir pvz., galios skaičiavimas arba geotrofiniai pasipriešinimai yra metodai be šių kategorijų. Įėjimo parametrus apima vėjo prognozės failai, parko savybės, turbina, galios kreivė ir t.t. ir parko vėjo ir galios parametrai gauti iš statistinių modelių. Sistema dirba stebint daugiausia paskutines prognozes perkeltas kiekvienam parkui ir nustatyti oro galios prognozavimo skaičiavimai buvo taikomi šiam prognozavimui. Jei kai nėra programos, pakeitimas programos kelio yra rašomas atsižvelgiant į pasikeitimus vėjo parko savybėse ir pridėjimą kitų vėjo parkų. Paaškinant vėliau, programos išėjimas yra generuojamas tinklo vietoje prognozavimo eksponuojamu raštu.

2.9.8. Prognozavimo duomenų archyvas

Kiekvieną dieną automatiškai PERL raštu renkami ankstesnės dienos prognozavimo duomenys ir saugomi standartiniame kelyje. Ši operacija yra daroma

kai renkami prognozavimo duomenys. Toks archyvas yra naudingas ieškant santykių tarp prognozuoto vėjo, stebimo vėjo ir vėjo parko galios išėjimo.

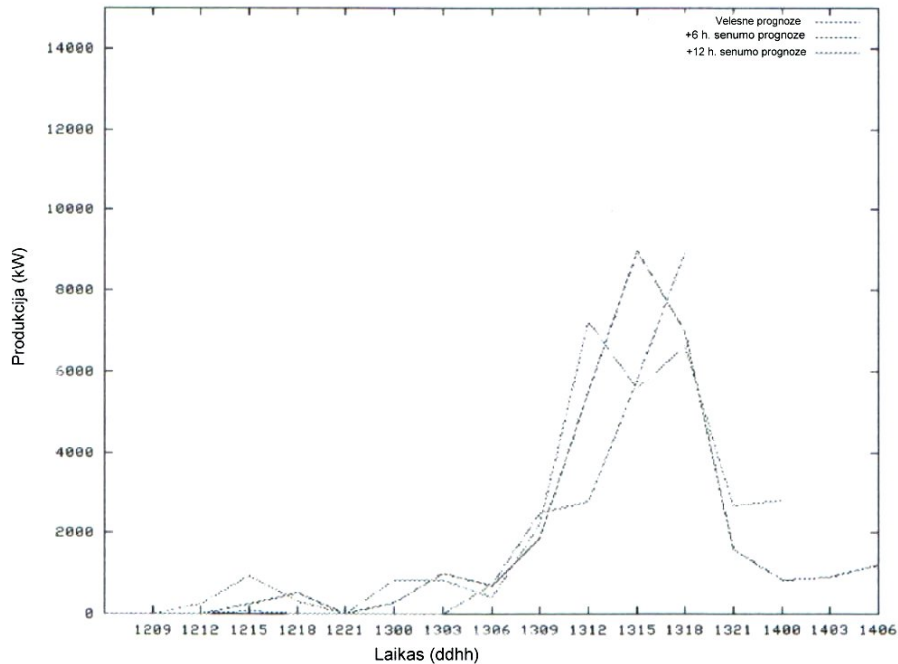
2.9.9. Vėjo parko meteorologiniai ir galios išėjimo duomenys

Vėjo ir galios produkcijos duomenys vėjo parko buvo renkami iš EPRY ftp serverio. 10 – minutinei duomenys vėjo parkui buvo renkami vidurkio generavimui valandiniu vidurkiu ir perrašyti į naujus failus. Šis reformuotas procesas prasidėjo taip pat vėjo ir galios produkcijos duomenims. Standartinis metodas archyvuojant vėjo parko meteorologinius ir galios išėjimo duomenis bus vystomas vėliau.

2.9.10. Tinklo – vietos prognozavimo demonstravimas

Duomenų prognozavimo informacija yra pristatoma slaptažodžiu apsaugotame tinklapyje keturis kartus per dieną. Jei nauji prognozavimo duomenys egzistuoja, tekstinis failas yra sukurtas tų dokumentų meteorologinių prognozavimo ciklų naudojimui šiam prognozavimui. Kita įžanginė informacija gali būti parašyta šiame faile kaip laikas maksimalios galios išėjime, periodas ne galios produkcijos, pavojingas vėjas ir t.t. Šis failas yra tada siunčiamas ftp į centrinio tinklo serverio nurodytą vietą, tai gali būti parodoma tekstinėje dėžutėje vėjo parko tinklapyje. Raštas taip pat sulygina galios prognozavimo duomenis galios istoriniuose failuose. Tai apima galios prognozavimus paskutiniams trims prognozavimams naudojant senesnius meteorologinius prognozavimus. Šie duomenys yra naudojami kurti prognozuotos galios išėjimą nuo laiko grafiką. Susitarimo laipsnis galios prognozavimų tarp nuoseklių meteorologinių prognozavimų tiekiamų prognozavimų nurodymų vėjo būklių. Paskutiniai aštuoni prognozavimai gali būti panaudoti šiam tikslui (48 valandų pavyzdinis laikas, 6 valandų prognozės). Senesni prognozavimai turi mažiau tikslumo ir gali duoti mažiau svarbos.

Tinklapiu vėjo parkų yra informuojami centro ftp serveriu ir reikalauja slaptažodžių įėjimo patvirtinimui. Paveikslas 5 pristato pavyzdinį galios generacijos prognozavimo grafiką iš centrinio tinklapiu.



Pav. 5 Pavyzdinis galios produkcijos grafikas rodomas centriniame vėjo parko tinklapyje

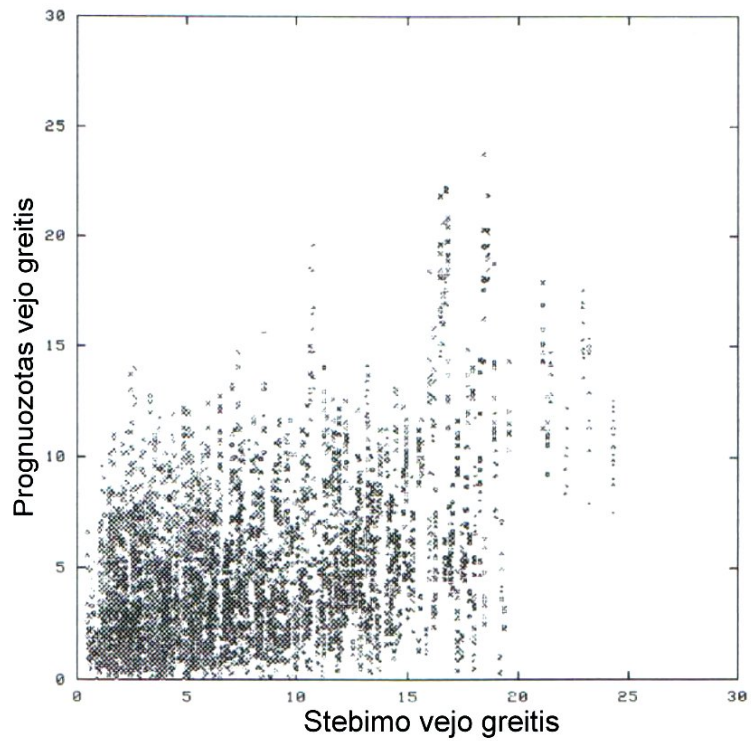
2.9.11. Statistinio modelio analizavimas

Kai kurie įėjimai į prognozuotoją galios prognozavimo sistemoje yra gaunami iš statistinių modelių ryšių tarp prognozuojamų vėjų, stebimų vėjų ir parko galios išėjimo. Šis darbas yra vykdomas momentiška. Įėjimas į statistinius modelius apima ilgus užrašymus kaip galimos, tinkamos statistikos. Paveikslai 6 ir 7 pristato duomenis iš agregato.

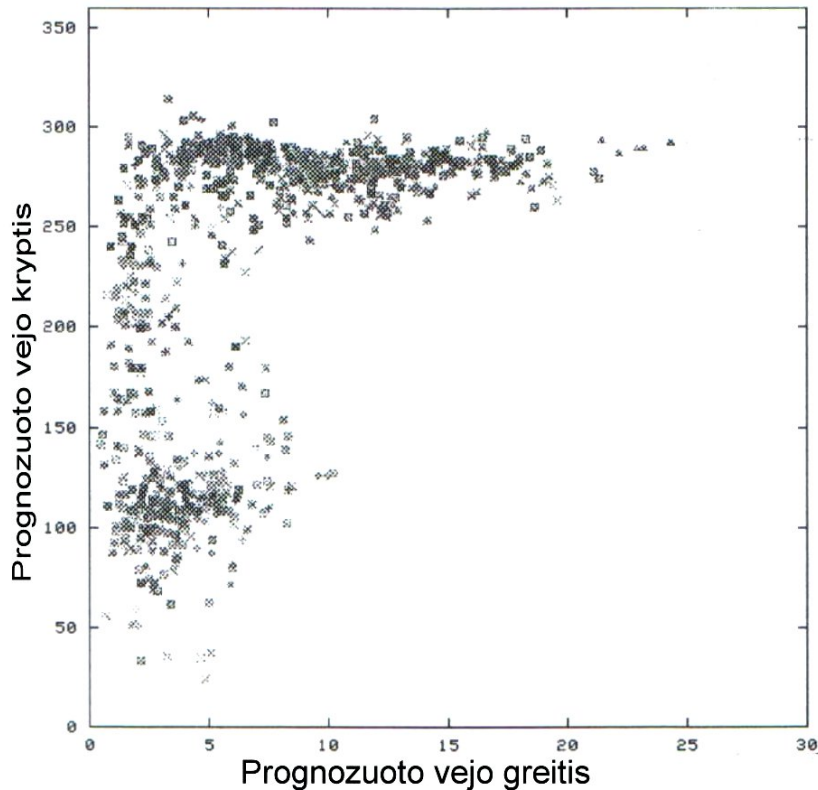
Paveiksle 6 kreivė prognozuoto vėjo greičio šalia sudalinimo taško su išmatuoto vėjo greičiu vėjo parke, taško tipas parodo kryptį sektoriaus prognozuojant vėją. Iš to galima pastebėti, kad čia yra geras susitarimas išskaidant duomenis. Tikslas yra valdyti kaip galima daugiau informacijos apie santykius tarp prognozavimo ir stebimų duomenų. Pirmas mėginimas, apibudintas čia, naudojamas ploto supratimo koregavimas prognozavimo kiekybei. Šis prognozavimas duoda vargingus rezultatus, bet viena yra tai, kad dar geriau nei prognozavimas grindžiamas išsilaikomumu.

Paveiksle 7 kreivė stebimo vėjo kryptis palyginama su stebimo vėjo greičiu su taško tipu parodant kryptį sektoriaus prognozuoto vėjo. Tai parodo tvirtą tendenciją vėjui galimus kanalus vietinio efekto. Prognozuoto vėjo ateitis kai kurios iš

tendencijos, bet su mažiau reikšmės. Tai priklauso ribotam sprendimui klimatografijos prognozavimo modelyje, tokiu būdu kanalingos vietovės ateityje nėra pristatomos taip gerai.



Pav. 6 Grafinis vaizdavimas prognozuoto vėjo greičio palyginimas su stebimu vėjo greičiu



Pav. 7 Grafinis vaizdavimas prognozuoto vėjo greičio palyginimas su stebimu vėjo greičiu

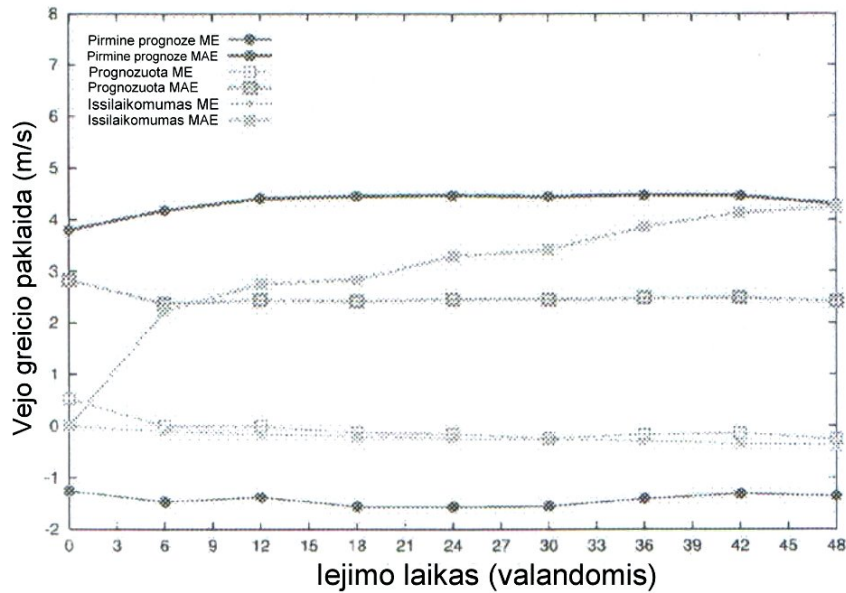
Dvylikoje 30 laipsnių kryptiniuose sektoriuose, tiesinis santykis yra tiriamas tarp prognozuoto ir išmatuoto vėjo greičių. Kaip galimybė laukiama iš pav. 6 santykinis rezultatas plačiame rezultatų išsibarstyme. Užsakyte maksimizuoti galimybę gaunant gerą pritaikymą galios prognozavimui, pritaikymas buvo generuojamas tik išmatuotiems vėjo greičiams didesnėms nei 5 m/s.

Kaip anksčiau apibudindamos dvi metrikos yra naudingos nustatant prognozavimo sistemai vidutinę paklaidą (ME) ir vidutinę absoliutinę paklaidą (MAE). Išraiškos šiems dydžiams yra duotos žemiau:

$$ME = \frac{1}{N} \sum_1^N Q_P - Q_O, MAE = \frac{1}{N} \sum_1^N |Q_P - Q_O| \quad (9)$$

Q – reikšmės yra apskaičiuoti ir stebimi dydžiai arba išmatuoti, pažymėtos indeksais P ir O. Pav. 8 parodo ME ir MAE vėjo greičiui prieš ir po sektoriaus žinojimo tiesinis

santykis yra taikomas prognozuoti vėją kaip laiko funkciją arba horizonto prognozavimą.



Pav. 8 Grafinis vaizdavimas prognozavimo paklaidų prognozuojant vėjo greitį. Vidutinės absoliutinės paklaidos yra rodomos nebaigtiniais duomenimis, koregavimo duomenys ir išsilaikomumas prognozių.

Korekcijos efektas yra mažinamas dydžiu - vidutinė paklaida. Tačiau vidutinė absoliutinė paklaida nėra labai paveikta korekcijos operacijos todėl, kad tai yra rezultatas didelio išbarstymo originaliuose prognozavimo duomenyse. Išsilaikomumas prognozės vidutine paklaida ir vidutine absoliutine paklaida yra taip pat parodytas. Tai galima pamatyti, trumpu laiko momentu, išsilaikomumas prognozės yra pakankamai geras, bet paklaida padidina greičiau. Įėjimo laike 24 valandų, paklaida išsilaikomumo prognozės yra aukštesnė nei prognozes gautos iš prognozavimo modelio. Pavyzdžiuose kur prognozavimo sistema dirba gerai, prognozavimo modelis yra geresnis nei išsilaikomumo modelis nuo 3 iki 6 valandų. Tačiau tolimesnis darbas yra reikalingas gerinant šiuos rezultatus. Nuo tada kai yra preliminarūs rezultatai naudojami pagrindiniuose metoduose, mes jaučiame, kad pagerinimas gali būti padarytas. Tačiau čia taip pat gali būti diskutuoti su originalaus prognozavimo modelio duomenų tikslumu.

Paprastai panašūs sudarymai vidutinės paklaidos ir vidutinės absoliutinės paklaidos gali būti padarytas prognozuotam galios išėjimui vėjo parko. Tačiau šioje stadijoje paklaida vėjo greičio prognozavime yra problematiška parko galios skaičiavime. Galios kreivės pavidalas yra toks, kad paklaida vėjo greityje nuo 6 iki 16 m/s srityje yra padidinamas vėjo parko galios kreive ir kuria vienodai didesnes paklaidas prognozuojant galios generaciją.

2.9.12. Prognozavimo apibendrinimas

Šioje dalyje, pagrindinis tikslas programinės įrangos - sistemų būvimas ir operacijų patenkinimas. Čia yra dar tik darbas reikalingas surasti statistinius santykius tarp prognozuoto vėjo ir išmatuoto vėjo. Parko atveju, šalia gradavimo taško 20 km. spinduliu ETA prognozavimo modelis duoda žemą tarpusavio ryšį išmatuotam vėjui. Tai gali būti reikiamas stiprus vietinis vietovės efektas pagrindžiamas kanalų efektų ir kitais smulkios skalės ateities vėjais kurie nėra paimti į prognozavimo modelį. Tolesni testai su prognozavimo modelio išėjimu ir naudojant meteorologinių dydžių kombinacijas artimam gradavimo taškui gali duoti geriau vėjo prognozėms vėjo parko vietoje. Kas priklauso riboto laiko turėjimui produkcijos pranešimui, šie testai dar nėra pabaigti.

2.9.13. Pirminiai prognozavimo rezultatai – teisingi vėjo sprendimai

Teisingi vėjo sprendimai pradėti generuoti dukart per dieną realaus laiko prognozėmis – tai eVėjo prognozavimo sistema.

Sistema šiuo metu konfigūruota gaminti prognozes nuo kiekvieną dieną. Atskiros prognozės yra generuojamos projektams ir rezultatai yra jungiantys našumą darbinių prognozių visų agregatų. Prognozių rezultatas per šį periodą yra apgalvotas preliminariai todėl, kad kiekvienas labai mažas duomens pavyzdys buvo naudojamas apmokyti statistinius modelius ir tai skaičiuojamasis suvaržymas, bendra prognozavimų schema (kuri leidžia eilę fizikinių bazinių modelių simuliacijas) nebuvo naudojamas per periodą kai šios prognozės buvo generuojamos.

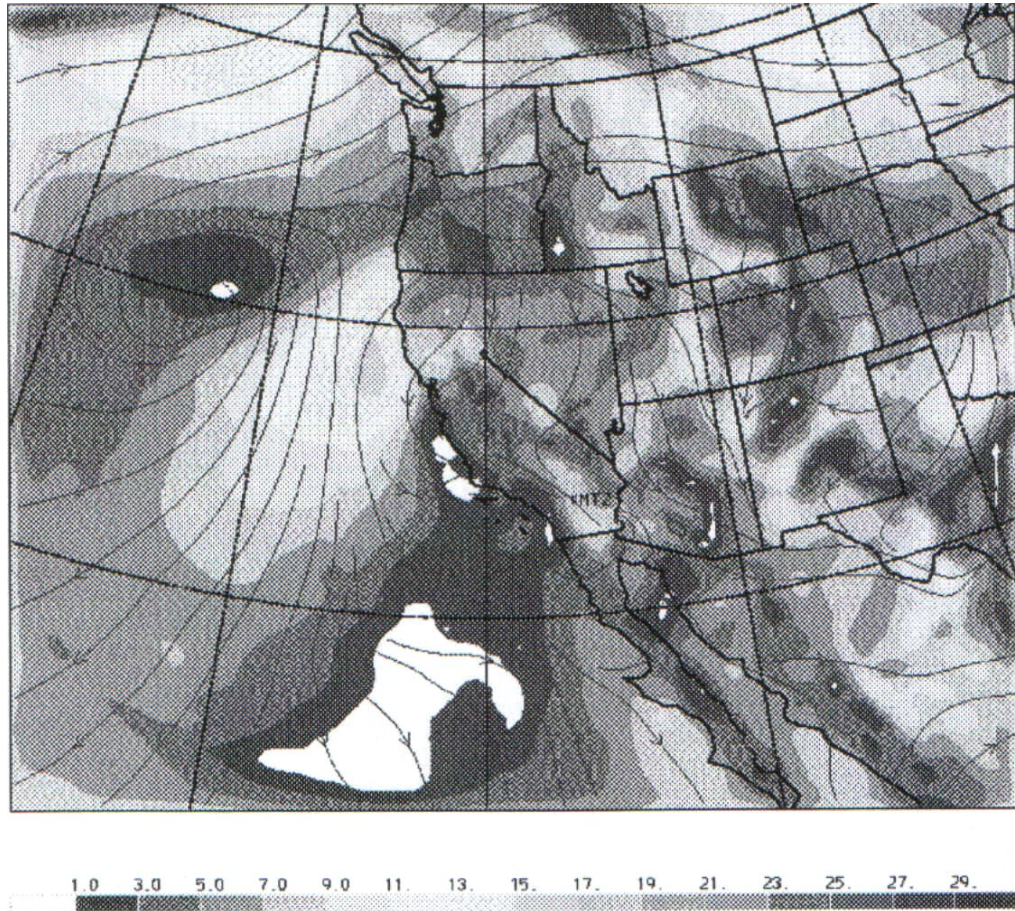
Kaip pirminė pastaba, eVėjo prognozės yra pagamintos per multi - žingsninius procesus naudojant abu fizikinius bazinius ir statistinius modelius. Pav. 5 per 8 pristatymą kaip pavyzdį išėjimo kai kurių svarbių komponentų iš vartojamų sistemų konfigūracijos ir yra pagrindas prognozavimo produkcijoje.

Paveiksle 9 yra prognozė 40 m. vėjo greičio ir krypties rezultatas šiurkščiu sudalinimu (40 km. sudalinimo celės dydžiu) iš vieno iš eVėjo fizikinių modelių. Tikslas šio sudalinimo yra simuliuoti evoliuciją regioniniu lygiu atmosferos ateitimi kuri lemia padėtį vietovės agregate per sekančias 24 ar 72 valandas. Padėtys šalia ribinių sričių yra tiksliai nusakomos išėjimu prognozavimo modelių darbu nacionalinio orų centro (NOC).

Paveiksle 10 pristatoma to paties 40m. vėjo greičio ir krypties vaizdavimas tuo pačiu metu, bet aukštesnės rezoliucijos fizikinio bazinio modelio sudalinimo (9 km. sudalinimo celės dydžiu). Vieta agregato yra pažymėta pavadinimu „MT2” žemėlapyje. Labiau detalizuota struktūra vėjo šablonų aukštesnės rezoliucijos modelyje yra gerai matomas kai paveikslas 10 yra lyginamas su paveikslu 9. Tai yra išėjimas iš sudalinimo kuris yra naudojamas įėjimui statistiniuose modeliuose (bendrai kalbant apie modelio išėjimo statistikas ar ISM), kurie generuoja vėjo greitį ir kryptį prognozių trims aerometrų sujungtiems bokštams.

Paveiksle 11 rodomas eVėjo ISM pavyzdys vėjo greičio prognozės aerometro bokšte iš to paties ciklo. Diagrama rodo abi vėjo greičio prognozes ir matavimus, prognozių abejonė pagrindžiama standartinių nukrypimų paklaidų rinkimu prognozės metu (t.y. prognozės starto valandos) iš paskutinių prognozių pavyzdžio. Šis tipas vaizdavimo yra nustatytas kaip dalis prognozavimo proceso ir yra talpinamas slaptažodžiu apsaugotame tinklapyje.

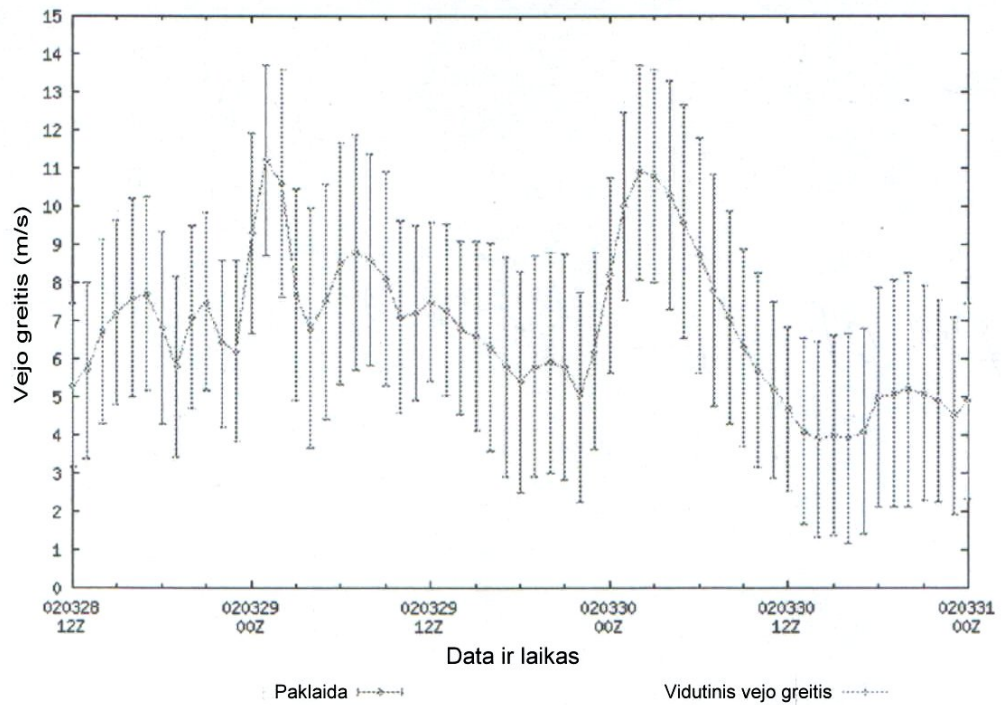
Paskutinis žingsnelis prognozavimo proceso link yra gaminti galios išėjimo prognozę. Tai yra daroma naudojant statistinius modelius galios kreivės vėjo agregatų. Modeliuota galios kreivė yra pagrindžiama paskutiniu pavyzdžiu netiesioginių duomenų iš agregato ir gamintojo galios kreivės. Paveiksle 12 pristatomas pavyzdys galios išėjimo prognozės iš pavyzdinio prognozavimo ciklo. Formatas yra paprastas šiai vėjo greičio prognozei paveiksle 11. prognozavimo duomenys yra taip pat įtraukiami į lentelių ir grafikų formatus slaptažodžiu apsaugotame tinklapyje.



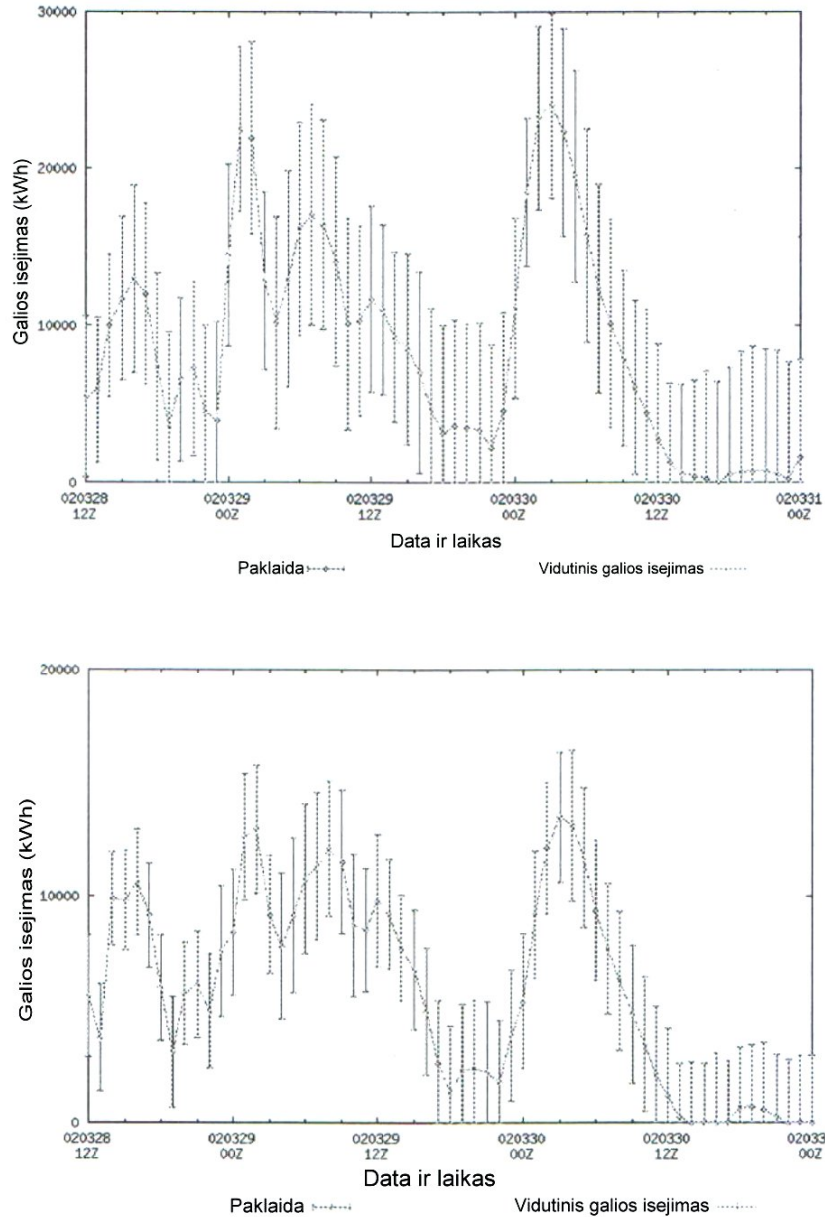
Pav.9. Vaizdavimas 40m. vėjo greičio (m/s) ir kryptingos prognozės iš šiurkštaus sudalinimo MASS skaitmeninio orų prognozavimo modelio. Šis prognozavimas buvo pateiktas 2002 metais. Raidės „MT2” reiškia vietą vėjo agregato.



Pav.10. Vaizdavimas 40m. vėjo greičio (m/s) ir kryptingos prognozės iš aukščio sudalinimo MASS skaitmeninio prognozavimo modelio. Šis prognozavimas buvo pateiktas šalia agregato. Raidės „MT2“ reiškia vietą vėjo agregato.



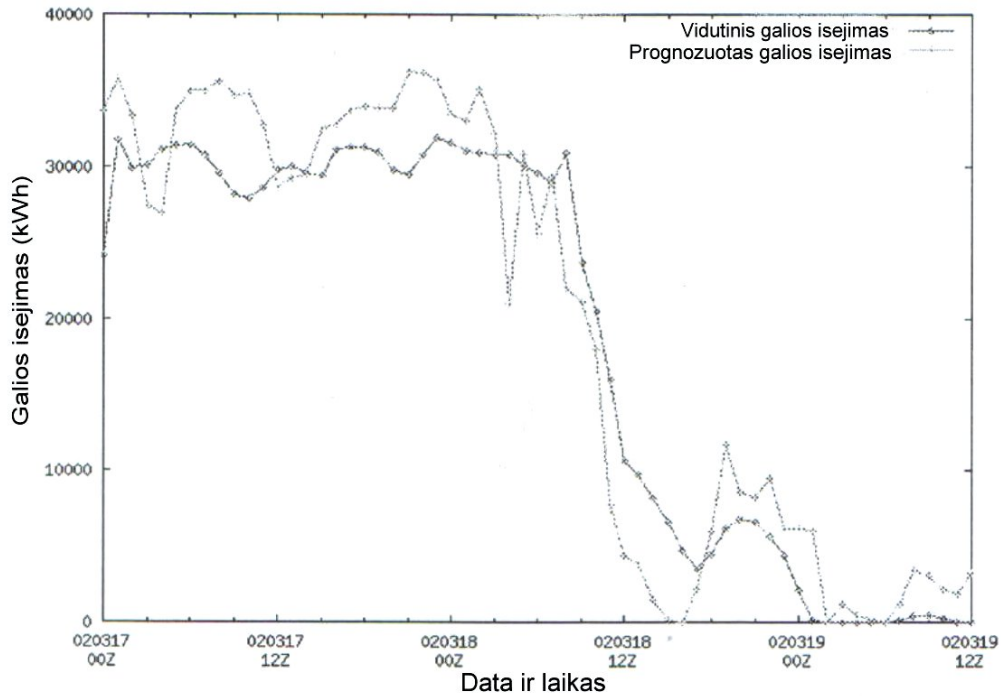
Pav.11. Vaizdavimas vėjo greičio prognozės buvo gautas 2002 metais aerometro bokšte. Riba yra prognozės reikšmė vėjo greičio kiekvienai valandai. Paklaidų barjeras yra standartinė nuokrypa nuo prognozavimo paklaidos kiekvienai valandai prognozavimo pagrindimui ankstesniu prognozių pavyzdžiu.



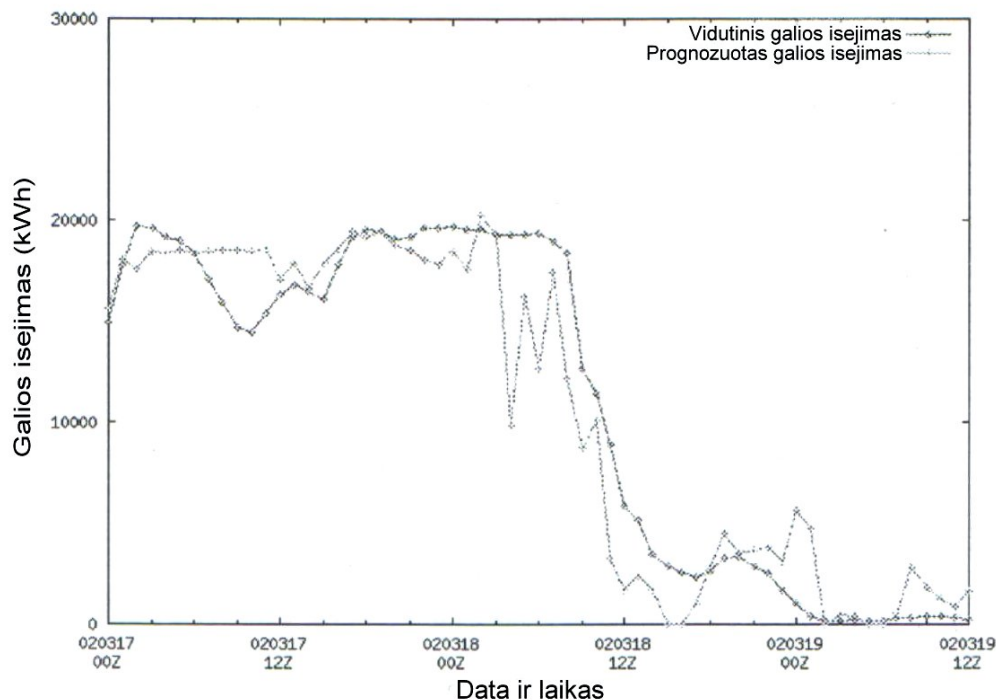
Pav.12. Vaizdavimas galios išėjimo prognozės buvo gautas 2002 metais. Riba yra galios išėjimo kiekvienai valandai. Paklaidų barjeras yra standartinė nuokrypa nuo prognozavimo paklaidos kiekvienai valandai prognozavimo pagrindimui ankstesnių prognozių pavyzdžiu.

Paveikslai 13 ir 14 palygina realaus laiko prognozes ir stebimos galios generaciją agregatuose prognozavimo pateikime. Prognozavimas parodo, kad čia bus didelis smūgis galios išėjime maždaug 24 valandoms po prognozavimo laiko ir, kad po to greitai mažės, galios išėjimas išliks žemiau likučio prognozavimo periodo.

Netiesioginiai galios išėjimo duomenys parodo, kad numatyti greiti pasikeitimai galios išėjime šiame pavyzdyje išbaigtas gana realistiškai.



Pav.13. Grafinis vaizdavimas eVėjo galios išėjimo prognozavimas pateiktas realiaame laike 2001m. atitinkamas netiesioginis galios išėjimas yra rodomas palyginimui (nepalankių duomenų taškai).



Pav.14. Grafinis vaizdavimas eVėjo galios išėjimo prognozavimas pateiktas realiame laike 2001m. atitinkamas netiesioginis galios išėjimas yra rodomas palyginimui (nepalankių duomenų taškai).

Prognozavimo sistemos darbas – teisingi vėjo sprendimai pav.15 palygina prognozuojamos ir stebimos energijos generaciją ir lentelė 2 apibendrina eVėjo prognozavimo darbo statistikas.

“Tos pačios dienos” statistikos nurodo prognozę vienos valandos per 24 val. ir “dienos į priekį” statistikos nurodo prognozę 25 valandų per 48 val.

Palyginimas prognozių ir stebimos energijos generacijos parodo paprastai gerą susitarimą tarp prognozuotos ir stebimos galios generacijos.

Lentelė 2

Prognozės tipas	Valandos	Vidutinė reikšmė	MAE (kWh)	MAE-% vidutinis	MAE-% galios	Santykis	Panaudojimas
eVėjas tos pačios dienos	405	14,851	4,744	31,9 %	10,8 %	0,790	48,82
eVėjas kitos dienos	405	14,851	5,155	34,7 %	11,7%	0,711	64,68

III. Tyrimo rezultatų aprašymo dalis.

3. Vėjo atlasas

Tikslas „Vėjo atlaso“ projekto – arba teisingiau: regioninis Baltijos vėjo energijos programa, remiama pasaulinės infrastruktūros Jungtinių tautų plėtros programos (Jtpp) buvo įkurta viešai turimais vėjo išteklių duomenimis vėjo energijos svarbiais plotais Baltijos šalyse. Dvejų metų matavimo kampanija buvo įvykdyta 3 pagrindinėse stotyse pakrantės zonoje: Kretinga, Vilkyčiai ir Tauragė.

Nors kampanija buvo vykdoma apie du metus, kai buvo vienintelė galimybė gauti vieną pilną vienerių metų duomenų eiles kiekvienai vietai su startinių laikų sritimis nuo gegužės 2001 iki spalio 2001. Išmatuoti duomenys buvo analizuojami pagal „Vėjo atlaso“ metodus turint mintyse apvalymą vėjo duomenų gretimos vietovės efektais ir rezultatais regiono vėjo klimatais ar vėjo atlaso remiantis skaičiais standartinių sąlygų. Apimtis galimų matavimų buvo paimta sudaryti regioninio vėjo klimato reprezentavimą ilgam laikotarpiui vėjo statistikų (>10 metų). Tai buvo padaryta naudojant koreliacijos technikas pagrindžiamas paminėtais duomenimis iš tyrimo instituto stočių su ilgo laikotarpio įrašais taip gerai kaip duomenys trumpam laikotarpiui matavimo periodui esamoje kampanijoje. Panašiai, tarp palyginimo technika buvo naudojama duomenų pristatymui atsitiktiniams ilgiau nepertraukiamiems periodams. Duomenys iš šio projekto buvo papildyti vietovės duomenimis iš matavimo stočių trijų nacionalinių meteorologijos institutų.

3.1. Pratarinė

Pasaulinė aplinkos infrastruktūra (pai) per jungtinių tautų plėtros programą (Jtpp), naujai priimtų 2000 metais į Baltijos vėjo atlaso projektą su vėjo energijos duomenų bazės Baltijos šalių įkūrimo tikslu, duomenų bazės kurios buvo viešai prieinamos vienodų sąlygų kūrimui vėjo energijos investuotojams ir projektų vykdytojams. Tai dabar turi rezultatą tiriamuosiuose regionuose vėjo klimato („Vėjo atlaso“) matavimo pagrindu iš matavimo stočių nustatytas per projektavimą šalia pakrantės zonos trijose Baltijos šalyse ir vienu papildomų matavimų komplektu Estijoje gautu iš privačios kompanijos „AS Tuulepargid“. Dėmesio centras buvo šalia pakrantės zonos kaip čia yra laukiama didelių vėjo išteklių. Šie vėjo atlaso duomenys

buvo papildyti su duomenimis iš matavimo stočių iš trijų nacionalinių meteorologinių institutų išaiškinti vietovės vėjo išteklius.

Tai yra viltis, kad šis Baltijos vėjo atlasas suformuos sprendimo pagrindus ir padės ateityje vėjo energijos plėtrai Lietuvoje, Latvijoje ir Estijoje.

3.2. Apžvalga

„Baltijos vėjo atlaso“ projektas remiamas pasaulinės aplinkos infrastruktūros per Jtpp buvo sudarytas 2000 metais su visų turimų vėjo išteklių duomenų sudarymo tikslu vėjo energijos tiesiogiai susijusių Baltijos šalių plotuose. Kiekis pakrantės zonų buvo apgalvotas ir galiausiai 3 vietovėse buvo pasirinkta atlikti matavimus. Papildoma pakrantės zonos vieta buvo įtraukta dėl privačių kompanijų kurios padarė jų savarankiškais išmatuotais duomenimis tinkančiais projektui. Priežastis atsižvelgiant į tik pakrantės zonos vietas buvo iš anksto žinomi kad žemyno vietovėse žymiai žemesni vėjo greičiai negu pakrantės zonoje ir yra tuo mažiau tiesiogiai susiję vėjo energijoje.

Nors ne techniškai optimalūs sprendimai, matavimo stotys buvo įkurtos ant egzistuojančių galimų antenų stiebų (daugiausia GSM stiebų). Atgalinis piešimas šio pasirinkimo yra kažkoks šešėlinis efektas iš stiebo aerometru, bet tai gali būti sumažinama atitinkamomis įrengimų technologijomis. Penkių matavimų pabaigoje buvo nustatyta egzistuojančių antenų stiebai tuo tarpu tai patvirtino galimybę nustatyti likusius tris stiebus su laisvai pažeidžiamu viršūnės aerometru. Ši procedūra buvo vykdoma kaip sprendimas labiau svarbesnis turėti plačios apimties pakrantės zoną palei Baltijos krantą (su reliatyviai dideliu skaičiumi matavimų stočių) vietoj to mažų skaičiumi stočių su labai dideliu tikslumu. Didelio tikslumo duomenys gali būti sunkei naudojami kaip stotys gali būti išdalintos labai negausiai ir duomenys gali būti sunkiai papildomi duomenimis iš matavimo instituto stočių kurie gali būti laukiami standartiškai (t.y. vidurkis) kokybės ir tikslumo. Tuo tarpu tikslumas vėjo greičio matavimų iš kiekvienos stoties gali būti kažkoks nepakankamas negu naudojimas stiebus ir didelio tikslumo įrangą (5-10 % tikslumo vietoj 3-5%) kokybe viso vėjo atlaso yra manoma turi naudoti iš šio pasirinkimo.

Matavimų kampanija tęsiama du metus įtraukiant 3 stotis pakrantės zonoje: Kretinga, Vilkyčiai ir Tauragė. Be to dvejų metų kampanija buvo susijusi su pilnu

vienerių metų duomenų serijos gavimu kiekvienos vietos su duomenų periodu srityje nuo gegužės 1 2001 – balandžio 30 2002 iki spalio 1 2001 – rugsėjo 30 2002.

Įkūrimas ir operacija matavimo stočių skaitant ir duomenų rinkimą buvo sub-sutartys su vietinėmis kompetentingomis institucijomis ir/arba kompanijomis. Įrengimai egzistuojančiuose stiebuose buvo sumontuoti ant ilgų strėlių nurodant mažinti šešėlio efektą stiebuose priimtinam lygiui. Vilkyčių stotis buvo įkurta GSM stiebuose, kol Kretingos stotis buvo įkuriama antenos stiebe ryšium su natūralia dujų kontrolės stotimi. Daugiau stiebų apibūdinimo dalių yra pateikta 3 skyriuje.

Matavimų duomenys buvo analizuojami pagal „Vėjo atlaso metodą“ sudarant ilgo laikotarpio vėjo klimata („Vėjo atlasą“) minint skaičius standartinės būklės: skaičius standartinio paviršiaus šiurkštumo derinyje su skaičiumi standartinio aukščio virš teritorijos. Duomenys iš matavimo stoties stiebo iš nacionalinio matavimų instituto su ilgo laikotarpio įrašais taip gerai kaip duomenys trumpam laikotarpiui matavimo periodo dabartinės kampanijos buvo naudojamos duoti duomenis perskaičiavimui iš trumpo laikotarpio matavimo periodo į ilgo laikotarpio periodą.

Galiausiai 3 regioniniai vėjo klimato duomenų komplektai projekto buvo papildyti su ilgo laikotarpio duomenimis iš žemyno stočių nacionalinio meteorologinio instituto aiškinant vėjo išteklius ilgesniu nuotoliu nuo Baltijos kranto linijos.

Vėjo atlaso ruošimas ir stebėjimas stiebo įkūrimo ir duomenų rinkimo projekte buvo remiama pai/Jtpp kontraktu RER/99G41 kuris yra šiuo metu pripažintas. Pripažinimas yra taip pat tiesioginis iš Jtpp atstovavimo. Galiausiai prisidėjimas vietinių sub-sutarčių ir kooperacijų partnerių yra geriau pripažįstami.

3.3. Metodologija

3.3.1 Vėjo atlaso metodai

Pagrindas apdorojant vėjo matavimų duomenis buvo vėjo atlaso metodai. Vėjo išteklių programa WASP8, plėtojama nacionalinio centro, įrankiai šios metodologijos ir buvo vis dėl to naudojami analizavimui. Naudojimas vėjo atlaso metodų priemonės, kad vėjo matavimo duomenis sekančio modeliavimo priemonėmis yra perdirbama į regioninį vėjo klimata, kur vietiniai vietovės efektai buvo pašalinti. Regioninis vėjo atlasas tokiu būdu apima vėjo statistiką skaičiams standartinių sąlygų: skaičius standartinio paviršiaus šiurkštumu (tariamų pastovių lygių paviršių) derinyje su

aukščio skaičiumi tarp dviejų vietovių. Sekantis modeliavimas apima efektą paviršiaus pakėlimo variacijas („ordinatiškai“) paviršiaus šiurkštumas keičiasi ir gretimumo efektas vėjo kliūčių (pvz. pastatai, vėjo lūžiai).

3.3.2 Trumpo laikotarpio efektų reguliavimas

Sekanti svarstoma problema, ne tiesiogiai adresuota vėjo atlaso metodų yra trumpo laikotarpio (ST) matavimo periodo, šiuo atveju – metų. Vėjo matavimo duomenų serijos mažesnės nei metinių normaliai išvengiant paklaidų priežastis kaip, kad metinių, tuo atveju turi būti atstovaujama ilgo laikotarpio (LT) periodo (>10 metų). Ši problema dažniausiai pasireiškia atsiskaitymuose naudojant kai kurias gretimas informacijos matavimo stotis su ilgo laikotarpio duomenų įrašais taip gerai kaip trumpo laikotarpio matavimo duomenų serijomis kur trumpas periodas yra matavimų periodas vietos. Jeigu informacinė stotis ir vieta yra viduje kai kurio vėjo klimato regione, kuris yra atliktas apytiksliai argumentuotai šiame darbe, vienas naudojimas paprastų santykių tarp ilgo laikotarpio vidurkio ir trumpo laikotarpio vidurkio iš informacinės stoties vėjo greičio padėties vietos vėjo statistikos kai rūšiuojant vėjo atlaso analizės išgaunant ilgo laikotarpio regioninį vėjo klimatą. Šis LT/ST gradavimo metodas buvo naudojamas šiame darbe. Įprastiniai vėjo duomenų matavimai turės kai kurių duomenų iškritimą. Jei ne atsitiktiniai išmėtymai per matavimo periodą, bet koncentruotai per ilgiau nepertraukiama periodą, tai atliekamas sezoninis šališkumas jei netinkami.

3.4. UNDP stiebų vietos ir vėjo matavimai

Šis skyrius kiekvienos iš 3 vietų, duotos a) vardas vietos su šalies sutrumpinimo raidėmis, b) vietos apibūdinimas su matavimo stiebu taip gerai kaip vietovė ir aplink stiebą, c) esamų vietos duomenų failų surašymas į lenteles, vienerių metų duomenų komplektų (duomenų failų) pasirinkimas ir taip pat skaičių tiesiogiai susijusių su reguliavimu LT/ST ir iškritusių duomenų svarstymui. Visi išskyrus vieną stiebą buvo įrengti su 2 aerometrais galinčiais išgauti iš matavimų vėjo profilio matavimą. Vietos yra duotos Lat-Lon koordinatėmis taip gerai kaip UTM koordinatėse ir Baltijos – 93 sudalinimo koordinatėmis (atitinkamai UTM „zona 34,5“, naudojant WGS84 geodezinius dydžius) ir papildyme buvo tiesiogiai susiję taip pat sistemoje 42 sudalinimo koordinatės (naudotos Sovietinio tipo žemėlapiuose).

Lentelių sąrašas vėjo matavimo duomenų gavimas ir periodas kur vėjo duomenys ir yra trūkstami priklauso paklaidoms. Kiekvienam stiebui metinių duomenų serijos buvo renkamos kaip minimizavimas trūkstamų duomenų skaičių. Skaičius duomenų įrašų gavimas ir skaičius rinktinių naudojimui yra įtraukiamas į lentelę kartu su nebaigtu vidutiniu vėjo greičio matavimu perioduose žemesnio ir aukštesnio aerometro (U# žemas ir U# aukštas, atitinkamai). Taip pat teisingas paklaidos pagrindas duomenų iškritimu yra duotas lentelėje.

3.4.1 Kretinga

Vieta:

	E	N
Lat-Lon (laipsniai)	21 ⁰ 07'02.6''	55 ⁰ 54'27.2''
UTM Z.34 (WGS84)	507339m	6195797m
Baltijos - 93	319817m	6199546m
Sistemos 42 (metrika)	4507466m	6198410m

Apie 4 km. į rytus nuo pakrantės miesto Palanga tolyn link Kretingos miesto.

Stiebas: egzistuojantis komunikacijų stiebas ryšium su natūraliu dujų spaudimo kontrolės stotimi.

Vietovė: labai lygi ir atvira, bet su keletu pastatų ir kliūčių (krūmai ir žemi medžiai).

Matavimo prietaisai:

		Nulio kryptis
Aerometras, aukštesnis:	27,5m	
Aerometras, žemesnis:	15,0m	
Vėjo sparnas:	27,5m	189 ⁰

Matavimo duomenys:

Lentelė 3. Kretingos matavimų duomenys

Kretinga					
	Startiniai	Pabaigos	Skaitiniai	U# žemas	U# aukštas

Esami 01-02 duomenys	2001-04-13/09:42	2002-04-28/15:40	54751	5.5	6.1
Dingę	2001-05-11/10:59	2001-05-11/11:20	3		
	2001-10-23/15:30	2001-10-23/15:43	2		
	suma		5		
Pasirinkti naudojimui 01-02 gražūs duomeny	2001-04-28/15:50	2002-04-28/15:40	52555	5.5	6.2
Vienerių metų dalis			99.99%		

Trumpo laikotarpio pataisymas buvo paremtas Klaipėdos matavimų stotimi sekančiais:

Lentelė 4. Kretinga - trumpo laikotarpio pataisymas Klaipėdos pagrindu

Klaipėda	Periodas	Vidutinis greitis
Ilgas laikotarpis	1981-90;1993-98; gegužės 2001-balandžio 2002	4.63m/s
Trumpas laikotarpis	gegužės 2001-balandžio 2002	5.52m/s
ST/LT santykis		
Greitis		1.19
Galios tankis		1.68

3.4.2 Vilkyčiai

Vieta:

	E	N
Lat-Lon (laipsniai)	21 ⁰ 24'19.6''	55 ⁰ 30'25.1''
UTM Z.34 (WGS84)	525608m	6151284m
Baltijos - 93	336149m	6154268m
Sistemos 42 (metrika)	4525742m	6153879m

Apie 25 km. į PPR nuo Klaipėdos miesto.

Stiebas: egzistuojantis GSM (mobilių telefonų) 50 metru antenos stiebas.

Vietovė: atvira, bet su pavieniais namais ir medžių eilėmis (vėjo lūžiai); gretimi namai yra orientuoti 50 m. į rytus nuo stiebo; vieta yra apie 1 km. į PPR nuo Vilkyčių kaimo.

Matavimo prietaisai:

		Nulio kryptis
Aerometras, aukštesnis:	43.0m	
Aerometras, žemesnis:	21.5m	
Vėjo sparnas:	43.0m	156 ⁰

Matavimo duomenys:

Lentelė 5. Vilkyčių matavimų duomenys

Vilkyčiai					
	Startiniai	Pabaigos	Skaitiniai	U# žemas	U# aukštas
Esami 01-02 duomenys	2001-05-11/16:42	2002-04-28/15:50	44412	5.2	6.3
Dingę	2001-07-29/12:30 2002-01-03/08:40 suma	2001-08-14/15:20 2002-01-30/19:01	2322 3951 6273		
Pasirinkti naudojimui 01-02 gražūs duomeny	2001-05-11/16:42	2002-04-28/15:50	44412	5.2	6.3
Vienerių metų dalis			84.44%		

Trumpo laikotarpio pataisymas buvo atliekamas Šilutės matavimų stotimi, taip pat įskaitant pataisymo duomenų išskritimą sekančiai:

Lentelė 6. Vilkyčių - trumpo laikotarpio pataisymas Šilutės pagrindu

Šilutė	Periodas	Vidutinis greitis
Ilgas laikotarpis	1981-90;1993-98; gegužės 2001-balandžio 2002	3.86m/s
Trumpas laikotarpis	gegužės 2001 - balandžio 2002	4.08m/s
ST/LT santykis		
Greitis		1.05
Galios tankis		1.18

3.4.3 Tauragė

Vieta:

	E	N
Lat-Lon (laipsniai)	22 ⁰ 03'36.9''	55 ⁰ 10'46.3''
UTM Z.34 (WGS84)	567518m	6115283m
Baltijos - 93	376480m	6116487m
Sistemos 42 (metrika)	4567669m	6117863m

Apie 15 km. į PV nuo Tauragės miesto.

Stiebas: 26 metrų stiebas sukonstruotas iš panaudoto tinklinio pluošto krano strėlės, apsaugotos trosais.

Vietovė: stiebas buvo orientuotas šalia aukščiausio apvalaus kalno su atviru peizažu visomis kryptimis. Nėra vėjo lūžių kliūčių išskyrus mūrinius pamatus seno vėjo malūno 250m. į rytus nuo stiebo.

Matavimo prietaisai:

		Nulio kryptis
Aerometras, aukštesnis:	28.0m	
Aerometras, žemesnis:	15.0m	
Vėjo sparnas:	26.0m	275 ⁰

Matavimo duomenys:

Lentelė 7. Tauragės matavimų duomenys

Tauragė					
	Startiniai	Pabaigos	Skaitiniai	U# žemas	U# aukštas
Esami 01-02 duomenys	2001-09-15/17:30	2002-10-17/12:10	56284	6.0	6.6
Dingę	2001-09-26/10:10	2001-09-26/10:20	2		
	2002-05-01/11:00	2002-05-07/09:00	852		
	suma		854		
Pasirinkti naudojimui 01- 02 gražūs duomeny	2001-10-01/00:00	2002-09-30/23:50	51708	6.0	6.7
Vienerių metų dalis			98.31%		

Trumpo laikotarpio pataisymas buvo paremtas Laukuvos matavimų stotimi sekančiai:

Lentelė 8. Tauragės - trumpo laikotarpio pataisymas Laukuvos pagrindu

Laukuva	Periodas	Vidutinis greitis
Ilgas laikotarpis	1981-90;1993-98; spalio 2001-rugsėjo 2002	3.63m/s
Trumpas laikotarpis	spalio 2001-rugsėjo 2002	3.53m/s
ST/LT santykis		
Greitis		0.97
Galios tankis		0.92

3.5. Vietovės modelis

Vietovės apibūdinimo naudojimas analizavimui vėjo matavimo duomenų buvo gaunamos iš esamų 1:50000 topografinių žemėlapių, šiuolaikinių oficialių žemėlapių serijomis taip gerai kaip Sovietinio tipo žemėlapiams.

3.6. Vėjo atlaso analizavimas

Analizavimas buvo atliktas naudojant WAsP8.

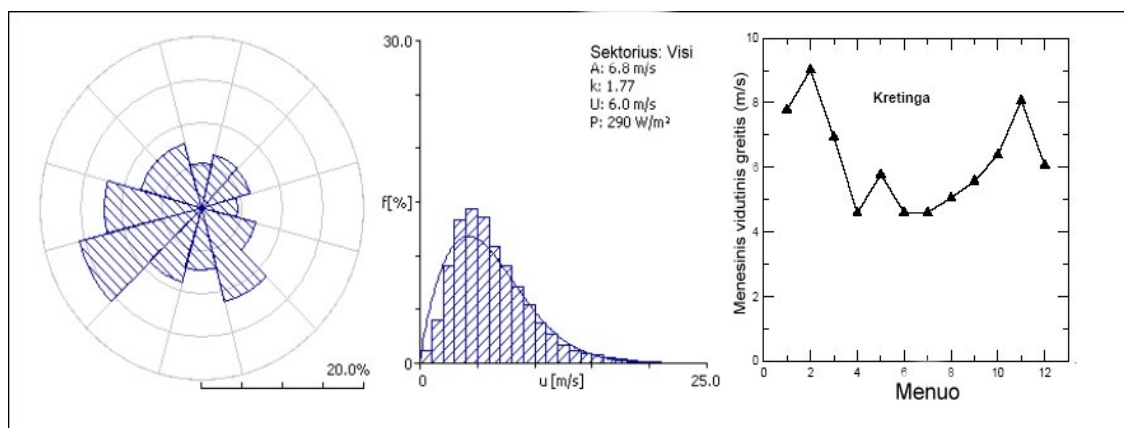
Rezultatai yra duoti stebimo vėjo klimato ir regioninio vėjo klimato laikotarpiais. Stebimo vėjo klimatas susideda iš lengvo vėjo, visų krypčių vėjo greičio išskirstyto histogramomis ir kasmetinių vėjo greičio variacijų. Kasmetinės variacijos yra pateikiamos mėnesio laikotarpio vidutinį greitį iš aukštesnio aerometro. Regioninis vėjo klimatas susideda iš vėjo statistinių reikšmių pritaikytų vietinių teritorijų efektams ir aplink matavimo vietą penkių standartinių aukščių virš teritorijos derinyje su keturiomis paviršių šiurkštumo vertėmis (klasėmis). Šiurkštumo vertės yra paaiškintos 9 lentelėje. Plote stebimo vėjo greičio skirstymo pavadintų Weibull-o parametrais charakterizuojančiais skirstymą yra duota: lygio parametras A ir pavidalo parametras k ir taip pat atitinkamai vidutinis greitis U ir galios tankis P. Tos pačios keturios savybės yra taip pat naudojamos regioninio vėjo klimato lentelėse kiekvienoms aukščio šiurkštumo kombinacijoms. Kaip aprašyta skyriuose 3.3 ir 3.4 reikiamas reguliavimas buvo atliekamas ilgo laikotarpio regioninio vėjo klimato kūrimui. Atitinkamos kompensacijos buvo įvestos į vėjo atlaso analizavimo procesą. Prašom atkreipti dėmesį į tai, kad stebimo vėjo klimatas įskaitant kasmetines vėjo greičio variacijas nėra kompensuojama trumpam laikotarpiui ir duomenų iškritimo efektais.

Lentelė 9 šiurkštumo klasių aiškinimas

Šiurkštumo klasė	Šiurkštumo ilgis	Apibūdinimas
0	0 cm	Vandens paviršiai-jūros ar ežerų
1	3 cm	Labai lygi žolė-vietovės su keletą pastatų ir medžiais
2	10 cm	Kaimo vietovė su pavieniais namais ir keletas aukštesnės augmenijos (medžiai)
3	40 cm	Uždara vietovė su augmenija, kaimai, miškai

Kaip matavimai dviem aukščiais tarp vietovių buvo atliktas visoms vietovėms, bet vieną galima patikrinti kokybe sekančių modeliavimu neatskiriamas vietoves kompensacinėje schemoje. Neapibrėžtumo ribos duotos su regioninio vėjo klimato lentelėmis atspindi šią sekančią modeliavimo kokybę, tuo tarpu jie nebus naudojami kaip matavimai pilno neapibrėžtumo.

3.6.1 Kretinga



Pav.16 Kretingos stebimo vėjo klimatas

Vidutinio greičio neapibrėžtumas: 2 %

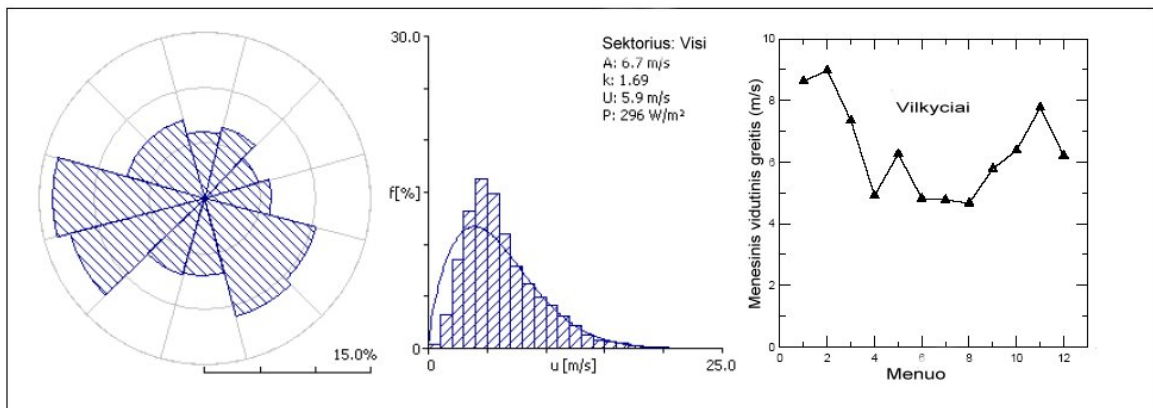
Galios tankio neapibrėžtumas: 2 %

Lentelė 10 Kretingos regioninis vėjo klimatas

	Šiurkštumo klasė	0	1	2	3
	Šiurkštumo ilgis (m)	0.00	0.03	0.20	0.40
10 m	Weibull-o A (m/s)	6.8	4.8	4.1	3.3
	Weibull-o k	1.97	1.70	1.70	1.71
	Vid. greitis U (m/s)	6.0	4.2	3.7	2.9
	Galios tankis P (W/m ²)	262	107	71	35
25 m	Weibull-o A (m/s)	7.5	5.7	5.1	4.3
	Weibull-o k	2.03	1.82	1.81	1.80
	Vid. greitis U (m/s)	6.6	5.1	4.6	3.8
	Galios tankis P (W/m ²)	334	169	124	74
50 m	Weibull-o A (m/s)	8.0	6.6	6.0	5.2
	Weibull-o k	2.08	2.03	1.98	1.94
	Vid. greitis U (m/s)	7.1	5.9	5.4	4.6
	Galios tankis P (W/m ²)	405	234	182	121
75 m	Weibull-o A (m/s)	8.4	7.3	6.7	5.8
	Weibull-o k	2.05	2.17	2.15	2.08
	Vid. greitis U (m/s)	7.4	6.5	5.9	5.2
	Galios tankis P (W/m ²)	471	294	226	157

200 m	Weibull-o A (m/s)	9.6	9.8	8.9	7.7
	Weibull-o k	1.92	2.05	2.07	2.11
	Vid. greitis U (m/s)	8.5	8.7	7.9	6.8
	Galios tankis P (W/m ²)	753	744	553	356

3.6.2 Vilkyčiai



Pav. 17 Vilkyčių stebimo vėjo klimatas

Vidutinio greičio neapibrėžtumas: 5 %

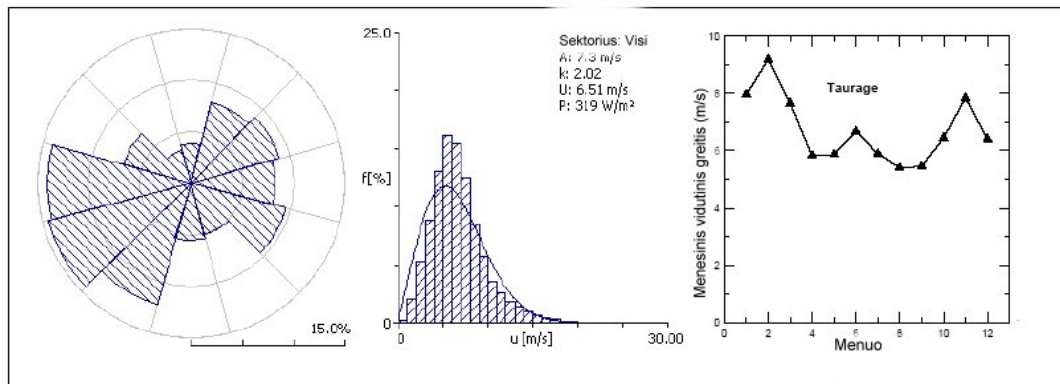
Galios tankio neapibrėžtumas: 12 %

Lentelė 11 Vilkyčių regioninis vėjo klimatas

	Šiurkštumo klasė	0	1	2	3
	Šiurkštumo ilgis (m)	0.00	0.03	0.10	0.40
10 m	Weibull-o A (m/s)	7.5	5.2	4.6	3.6
	Weibull-o k	1.90	1.68	1.69	1.70
	Vid. greitis U (m/s)	6.6	4.7	4.1	3.2
	Galios tankis P (W/m ²)	358	146	96	47
25 m	Weibull-o A (m/s)	8.2	6.2	5.6	4.7
	Weibull-o k	1.94	1.78	1.78	1.78
	Vid. greitis U (m/s)	7.2	5.6	5.0	4.2
	Galios tankis P (W/m ²)	456	228	168	100
50 m	Weibull-o A (m/s)	8.8	7.2	6.6	5.7

	Weibull-o k	1.99	1.94	1.92	1.89
	Vid. greitis U (m/s)	7.8	6.4	5.8	5.1
	Galios tankis P (W/m ²)	548	314	244	161
100 m	Weibull-o A (m/s)	9.4	8.5	7.8	6.9
	Weibull-o k	1.96	2.08	2.10	2.10
	Vid. greitis U (m/s)	8.4	7.5	6.9	6.1
	Galios tankis P (W/m ²)	702	473	366	249
200 m	Weibull-o A (m/s)	10.4	10.3	9.5	8.3
	Weibull-o k	1.90	2.05	2.07	2.09
	Vid. greitis U (m/s)	9.2	9.2	8.4	7.3
	Galios tankis P (W/m ²)	961	874	665	441

3.6.3 Tauragė



Pav. 18 Tauragės stebimo vėjo klimatas

Vidutinio greičio neapibrėžtumas: 1.4 %

Galios tankio neapibrėžtumas: 4 %

Lentelė 12 Tauragės regioninis vėjo klimatas

	Šiurkštumo klasė	0	1	2	3
	Šiurkštumo ilgis (m)	0.00	0.03	0.10	0.40
10 m	Weibull-o A (m/s)	8.5	6.0	5.2	4.1
	Weibull-o k	2.24	1.97	1.97	1.99
	Vid. greitis U (m/s)	7.6	5.3	4.7	3.7
	Galios tankis P (W/m ²)	456	181	119	58

25 m	Weibull-o A (m/s)	9.3	7.2	6.4	5.4
	Weibull-o k	2.28	2.08	2.07	2.08
	Vid. greitis U (m/s)	8.3	6.3	5.7	4.8
	Galios tankis P (W/m ²)	585	287	210	125
50 m	Weibull-o A (m/s)	10.0	8.2	7.5	6.5
	Weibull-o k	2.35	2.27	2.23	2.21
	Vid. greitis U (m/s)	8.9	7.3	6.6	5.8
	Galios tankis P (W/m ²)	702	400	309	204
100 m	Weibull-o A (m/s)	10.8	9.6	8.8	7.8
	Weibull-o k	2.32	2.48	2.47	2.45
	Vid. greitis U (m/s)	9.5	8.5	7.8	6.9
	Galios tankis P (W/m ²)	890	595	462	319
200 m	Weibull-o A (m/s)	11.8	11.6	10.6	9.3
	Weibull-o k	2.26	2.47	2.47	2.47
	Vid. greitis U (m/s)	10.5	10.3	9.4	8.3
	Galios tankis P (W/m ²)	1193	1066	816	551

3.7. Papildomi duomenys iš matavimo stočių

Turint kai kuriuos žemyno vėjo išteklių pristatymą, vėjo matavimai iš esamo projekto buvo papildyti duomenimis palankiai padaryti tinkamais iš nacionalinės matavimo įstaigos. Šie duomenys buvo konvertuoti į 50 m. virš teritorijos, kur būtinas tariamas paviršiaus šiurkštumas su šiurkštumo klase 2 (10 cm).

3.8. Lietuvos vėjo ištekliai

Vidutiniai vėjo greičiai periode 1981 – 1990 + 1993 – 1998 buvo pasiekti iš 16 matavimo įstaigos stočių. Matavimai 10 m. virš teritorijos buvo konvertuoti į 50 m. virš teritorijos. Duomenys buvo gaunami iš Lietuvos hidrometeorologinio instituto.

Lentelė 13 vėjo duomenys iš Lietuvos matavimo įstaigos stočių

	Vieta		Vidutinis greitis m/s	
	Lon-Lat	Baltijos-93		
Aukštis (m)			10	50
Stotis	Lon Lat	E N		

Biržai	24 ⁰ 46'	56 ⁰ 12'	547568	6228604	3.57	4.81
Telšiai	22 ⁰ 15'	55 ⁰ 58'	390769	6203452	3.12	4.21
Šiauliai	23 ⁰ 19'	55 ⁰ 56'	457309	6198871	2.87	3.87
Panevėžys	24 ⁰ 23'	55 ⁰ 45'	524062	6178322	3.34	4.05
Klaipėda	21 ⁰ 04'	55 ⁰ 44'	315826	6180299	4.55	6.14
Vėžaičiai	21 ⁰ 29'	55 ⁰ 42'	341846	6175561	3.42	4.61
Laukuva	22 ⁰ 14'	55 ⁰ 37'	388735	6164833	3.62	4.89
Utena	25 ⁰ 36'	55 ⁰ 32'	600983	6155305	2.64	3.57
Raseiniai	23 ⁰ 07'	55 ⁰ 23'	444035	6137805	3.96	5.34
Šilutė	21 ⁰ 28'	55 ⁰ 21'	339379	6136662	3.84	5.18
Ukmergė	24 ⁰ 46'	55 ⁰ 15'	548737	6122880	3.78	5.10
Kaunas	23 ⁰ 50'	54 ⁰ 53'	489308	6081822	3.93	5.31
Kybartai	22 ⁰ 47'	54 ⁰ 38'	421465	6054670	3.30	4.45
Vilnius	25 ⁰ 06'	54 ⁰ 38'	571004	6054546	3.45	4.66
Varėna	24 ⁰ 33'	54 ⁰ 15'	535836	6011477	2.52	3.40
Lazdijai	23 ⁰ 31'	54 ⁰ 14'	468495	6009591	3.38	4.57

3.9. Vėjo išteklių žemėlapis

Sekantys rezultatai vėjo atlaso nagrinėjimo yra apibendrinti žemėlapyje. Pavaizduoti ilgo laikotarpio vėjo išteklių nustatytame 50 m. vidutinis vėjo greitis regioninio vėjo klimato minint standartines vėjo sąlygas plokštumos, vienodos vietovės šiurkštumo klase 2 (10 cm. šiurkštumo ilgis). Trukmė „ilgas laikotarpis“ nurodo kad rūpinimasis buvo paimtas garantuoti, kad žemėlapis netik reiškia vėjo išteklius kelėtai metų, Jtpp projektas buvo vykdomas ilgo laikotarpio klimatui (10 metų ar daugiau).

Keitimas į kitas standartines sąlygas nei šiurkštumo klasės 2 ir 50 m. virš teritorijos yra duotas lentelėje žemiau.

Žemėlapis turi vietą matavimo stočių nurodytas žvaigždutėmis; užpildytos žvaigždutės matavimo stočių sustatytos ir valdomos per dabartinį Jtpp projektą ir tuščios žvaigždutės nacionalinio matavimo instituto stočių naudotų duomenų papildymui iš Jtpp stočių.

Visi kiti tikslumai vėjo išteklių žemėlapio negali būti gauti tikslūs, statistiniu metodu. Vietoj to patirtis yra naudojama sutarčiai tarp vėjo atlaso reikšmių gautų

naudojant procedūras šio studijavimo ir faktinius vėjo duomenis. Tikslumas vidutinio greičio tokiuose atvejuose yra kažkur tarp 5 ir 10 % ir dabartiniam nagrinėjimui, kur maišymasis duomenų iš savo taip gerai kaip iš įvairių šaltinių ir kur nuotoliai tarp matavimo stočių yra kartais gana dideli, tikslumas geresnis nei vieno nustatyto lygmens yra labai sunku pasiekti.

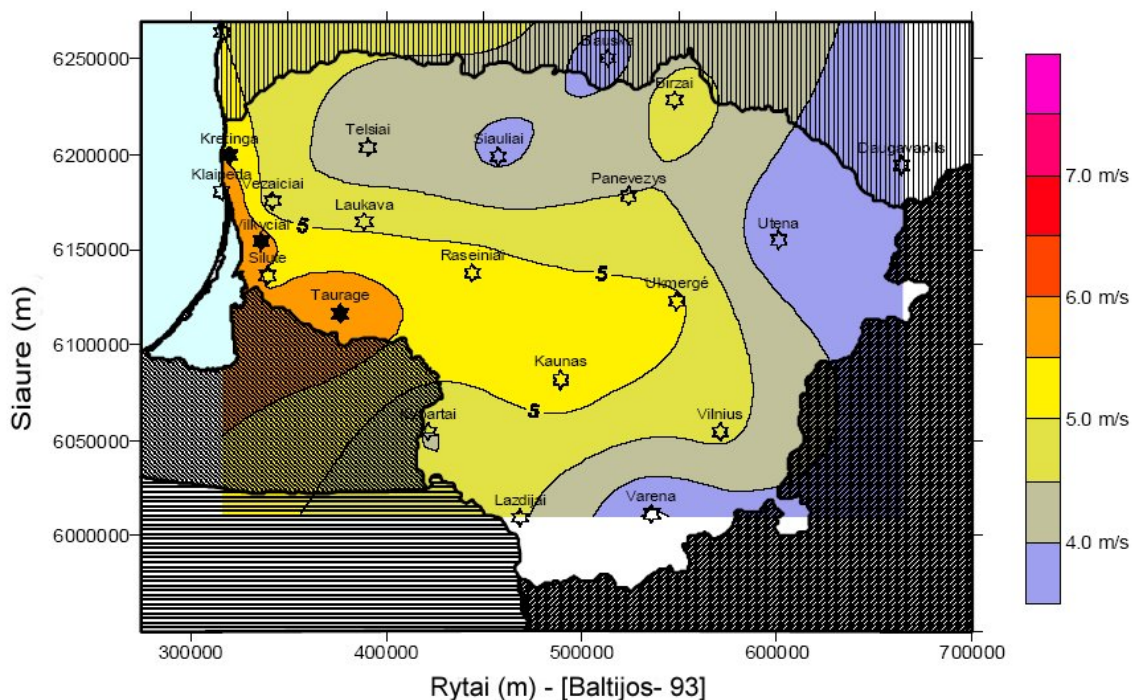
Kaip nėra detalai žinoma apdorojimas matavimo instituto stočių yra gaunamas kai nėra patartinas naudoti parodytojo apskaičiuotose žemyno vėjo ištekliuose daugiau nei gide kaip greitas vėjo išteklių mažinimas su nuotoliu nuo Baltijos jūros. Labiau specifiškai, reikšmė gali būti padėta į minimalią ir maksimalią apžiūrą kai kurių matavimo instituto stočių žemėlapyje (pvz. minimumas Šiauliuose ir maksimumas Biržuose); šie bruožai yra paprasčiausiai rezultatas bendro neapibrėžtumo visų apdorojimo procedūrų, ypač žemyno stotyse.

Lentelė 14. Vertimas vidutinio vėjo greičio iš regioninio vėjo išteklių žemėlapyje

Šiurkštumo klasė	2			1			0 (vanduo)		
Šiurkštumo ilgis	0.1			0.03			0 (vanduo)		
Aukštis virš teritorijos (m)	50	10	100	50	10	100	50	10	100
Vidutinis greitis (m/s)	4.0	2.8	4.8	4.4	3.2	5.2	5.4	4.6	5.8
	5.0	3.5	5.9	5.5	4.1	6.5	6.7	5.7	7.2
	6.0	4.2	7.1	6.6	4.9	7.8	8.1	6.8	8.7
	7.0	4.9	8.3	7.7	5.7	9.1	9.4	8.0	10.1

Vertimas iš standartinės sąlygos naudojamas žemėlapyje kaip alternatyva aukščio tarp teritorijos/šiurkštumo kombinacijų. Kaip paaiškinimas charakteristikų skirtingų šiurkštumo klasių yra duotas 9 lentelėje. Greičio didėjimo efektas kalno vietos yra tipiškas kaip didėjimas vėjo greičio nuo 10% iki 15%, bet labai palankiose vietose daugiau kaip 30% padidėjimas gali būti nepasiekiamas.

3.10. Lietuvos vėjo išteklių žemėlapis



Pav.19. Lietuvos vėjo ištekliai

Duotas regioninio vėjo klimato vidutinis vėjo greičio 5.0 m. virš plokščios teritorijos vienoda šiurkštumo klase 2 (10 cm. šiurkštumo ilgis). „Šaltas“ ir „karštas“ taškai (aplink matavimo stotis Šiauliai ir Biržai) nėra laikomi teisingais bruožais, bet tai priklauso bendram neapibrėžtumui.

3.11. Apibendrinimas

Vėjo atlasas vėjo išteklių buvo parengtas matavimų kampanijos nuo 2000 iki 2002 pagrindu. Darbas buvo pradėtas ir remiamas pasaulinės aplinkos infrastruktūros per UNDP, kuris buvo atsakingas už valdymą ir priežiūrą įvairios veiklos. Matavimų stotys buvo įkurtos pakrantės zonos, kur didesni vėjo ištekliai, kaip buvo tikėtasi.

Nurodymas pasiekti platų aprėpimą šalies, tai buvo pasiektą nuosekliai iš stočių naudojant egzistuojančius stiebus (daugiausia GSM stiebus) nurodant galimą išdėstymą daugumos matavimo stočių, kaip galimybę. Tai reiškia, kad pasiektas tikslumas nėra techniškai pasiekiamas naudojant paskirtus stiebus. Tačiau tai buvo teisinga, kad bendras tikslumas bus priimtinas kai atsižvelgiant į tai, kad pasiektas tikslumas bus įvairiais atvejais ribojamas deriniais su egzistuojančiais išoriniais

duomenimis iš matavimo instituto stočių, išoriniai duomenys kur tikslumas bus už valdymo dabartinio projekto. Visose šiose procedūrose yra manoma turėti geresnį naudingumą ir taip pat kokybę vėjo atlaso.

Bendras tikslumas išteklių žemėlapiu yra teisingas 5 - 10% ryšium su vidutiniais vėjo greičiais gautais iš projekto. Žemyno vėjo greičio reikšmės išteklių žemėlapyje gautos iš nacionalinio matavimo instituto bus paimti su atsarga ir tik teisingam naudojimui kaip greitą vėjo išteklių mažėjimą su nuotoliu nuo Baltijos jūros kranto.

Tai yra viltis, kad dabartinis vėjo atlasas bus vertingas pagalbai ateityje vėjo energijos projektuose Baltijos šalyse įkuriant viešas duomenų bazes vėjo išteklių vėjo energijos projektų vykdytojams, investuotojams ir viešumos atstovams. Duomenų failai matavimo stočių, vėjo matavimų, histogramos vėjo matavimų, rezultatai regioninių vėjo klimatų („vėjo atlasų“) ir skaitiniai žemėlapiai bus prieinami iš nacionalinio centro per Jtpp.

IV. Išvados.

4.1. Vėjo greičio prognozavimas darniam galios sistemos darbui

Vėjo energija yra susijusi su vietos vėjo greičiu. Taigi, bet kokia informacija apie vėją yra labai naudinga vėjo energijos operatyviam prognozavimui.

Labiau svarbesnis faktorius įtakojantis vėjo energijos generaciją yra vietovės vėjo greitis. Yra keletas būdų rankiniam vėjo greičio prognozavimui. Šie metodai skirstomi į dvi kategorijas. Vienas yra fizikinis modelis kuris apima ne tik istorinius duomenis, bet ir kitus faktorius, įskaitant meteorologinius ir topografinius (reljefas, šiurkštumas, kliūtys) ir vėjo turbinos techniniai duomenys (bokšto aukštis, galios kreivė, išnaudojimo koeficientas). Pagrindinis informacijos šaltinis dažniausiai yra skaitmeninis oro prognozavimas. Skaitmeniniai oro prognozavimai gali būti sąlyginiai 2m. ar 10m. ar kelėtos lygių susijusių su atmosferos slėgio lygiais. Taip pat jie gali būti pateikiami kaip tinklas keturių taškų apimantis vėjo parką. Modeliai su aukščio suskirstymu suteikia daugiau tikslumo skaitmeniniams oro prognozavimams, bet jiems reikalinga daugiau laiko atnaujinant jų prognozes (1-4 kartus per diena). Todėl fizikinio modelio naudojimas yra dažnai pakankamas ilgam (>6 valandų) laikotarpiui ir ji yra kita vertus netinkami trumpo laikotarpio prognozėms.

Kita kategorija yra pavadinta laiko serijos modeliu. Tik istoriniai vėjo greičio duomenys yra panaudojami ir modeliuojama bazinėmis minimaliomis kvadratinėmis paklaidomis ir statistinėmis teorijomis. Ateities reikšmė yra ekstrapoliuojama baziniu egzistuojančiu modeliu ir paskutinėmis reikšmėmis. Laiko serijų modeliai yra formuojami bazinėmis istorinėmis reikšmėmis. Jie yra paprasti modeliui ir gali parūpinti laiko prognozavimą. Tačiau prognozavimo tikslumas ženkliai krenta kai laiko intervalas yra prailgintas.

4.2. Eksperimentų patvirtinimas

Parametrai vidutinė kvadratinė paklaida (vkp) yra naudojama apibūdinant skirtingų strategijų charakteristikas. Tai yra apibrėžiama sekančiai:

$$v_{kp} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1, N} |L_{faktinis} - L_{prognozes}|^2} \quad (10), \text{ kur } L \text{ reiškia vėjo greiti ir } N \text{ yra laiko tarpas.}$$

Kitas parametras, kuris vadinamas vidutine santykine paklaida (vsp)

$$v_{sp} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1, N} \frac{|L_{faktinis} - L_{prognozes}|}{L_{faktinis}} \quad (11), \text{ kur parametrai kur yra tie patys kaip pirmoje}$$

formulėje.

4.3. Valandiniai vėjo galios variantai ir jų įtaka galios sistemos veikimui

Vėjo galios integracija į dideles galios sistemas yra pagrindinis uždavinys teoretikams.

Vėjo galios produkcija yra charakterizuojama svyravimais laiko skalėje: sekundės, minutės, valandos, dienos, mėnesio ar metų. Net trumpo laikotarpio svyravimai kartais nenuspėjami. Tai yra pagrindinė priežastis kodėl didelė vėjo galios produkcijos dalis reikalauja vietos energetinėje sistemoje. Tokiai apimčiai tai bus problema, priklausanti nuo to kokia didelė produkcijos dalis yra pagaminta vėjo, taip gerai kaip galios sistemos klausime: būdingi svyravimai ir produkcijos galingumo suderinimo lankstumas.

Galios sistamai, vėjo energijos studijavimo aktualumas yra plati sritis. Tai reiškia didelius vėjo energijos geografinius išteklius, kurie sumažina nepastovumą padidina vėjo energijos nuspėjamumą.

Šis studijavimas yra vienas žingsnis plačios skalės įvertinimo kelyje, vėjo energijos galios sistemoje, pagrindžiamos egzistuojančia produkcija ir apkrovimo duomenimis kas valanda.

Po vėjo energijos analizavimo, tiriamas turimos elektrinės sistemos praplėtimas. Vėjo energija yra studijuojama kartu su elektros energijos pareikalavimu. Studijavimo tikslas yra stebėti plačios skalės vėjo energijos efektus galios sistemoje. Pagrindinis tikslas yra valandinės variacijos vėjo energijos ir jų poveikis reikiamam elektrinės sistemos lankstumui.

4.4. Vėjo energija

Vėjo energija yra dažniausiai minima kaip nominalus galingumas, pikinė galia. Nominali galia yra dažniausiai pasiekama mažiau nei 5 % viso laikotarpio. Galios sistamai, vėjo energija turi būti matoma kaip produkcijos išteklius su vidutine galia ir didele variacija.

Vėjo energija labai priklauso nuo vėjo išteklių konkrečioje vietoje. Taigi vidutinė energija, energijos pasiskirstymas, sezoniškai ir paros variacijos gali būti labai skirtingos skirtingose vietovėse. Daugumos vietovių vidutinė galia nuo nominalaus galingumo yra tarp 20-40 %.

4.5. Galios sistemos veikla

Elektros galios sistemos įskaitant galios įrenginius, elektros energijos vartotojus, perdavimo ir skirstymo tinklus jungiančius produkcijos ir vartotojų puses. Šias pastoviai kintančias sujunktas sistemas palaiko balansas tarp produkcijos ir elektros energijos vartojimo.

Galios sistemas sudaro platus generacijos įrenginių tipų asortimentas, kuris turi turto ir darbo kainas. Siekiant ekonomiško, galios įrenginiai dirbantys mažomis kainomis turi dirbti didžiąja laiko dalį (bazinis galios pareikalavimas) ir galios įrenginiai aukštomis kainomis turi dirbti tik kai apkrova yra didelė. Kai

ignoruojama pagalbinių galingumų kainomis (pvz. paleidimas, stabdymas, rezervai) įrenginiai gali būti apkrauti vardiniu galingumu, kur energija su žemomis kainomis dirba pirma. Vėjo energijos įrenginiai turi labai žemas kainas, tariamai apie 0, taigi jie atsiduria pačioje aukščiausioje vardinių galingumų vietoje.

Išlaikyti dirbančią elektros sistemą avarijos atveju yra labai svarbu, be to sistemos patikimumas turi būti aukštame lygyje. Tiekimo apsauga reikalinga trumpo ir ilgo laikotarpio maitinimui. Tai reiškia maitinimo lankstumas ir rezervai reikalingi sistemos darbo išlaikymui po įvairių sutrikimų taip pat pikinės situacijos. Šie sutrikimai įskaitant įtakojančius įrenginių sustabdymus taip gerai kaip nuspėjamas ir neišvengiamas variacijų poveikius ir pagrindinius generacijos išteklius įskaitant vėją.

Operatyvūs rezervai yra skirstomi į skirtingas kategorijas pagal laiką kaip jie dirba. Apytikriai skirstymo reguliavimas (sekundes-minutės; pagrindinis rezervas) ir gamybos sekančiai (nuo minučių iki valandų; papildomi rezervai) gali būti padaryti.

Galios sistema, kuri dirba sinchroniškai, turi tą patį dažnį. Dažnis parodo balansą ar disbalansą tarp produkcijos ir suvartojimo galios sistemoje. Su nominaliu dažniu (50 Hz) produkcija ir suvartojimas (įskaitant nuostolius perdavime ir skirstyme) yra balanse. Kai dažnis žemiau 50 Hz elektros energijos suvartojimas didesnis nei gamyba. Jei dažnis virš 50 Hz elektros energijos suvartojimas yra žemesnis nei gamyba. Dažnio nukrypimas žemiau nuo nominalios reikšmės geresnis balansas tarp produkcijos ir suvartojimo gali būti maitinantis. Sistemos dažnis yra maitinantis be leistinių ribojimų naudojimas pagrindiniame rezerve galios įrenginiuose. Tai yra aktyvuojamas automatiškai dažnio svyravimais.

V. Priedai.

5.1. Vėjo elektrinės techninis ekonominis skaičiavimas

Vienoje iš Lietuvos vietovių ruošiamasi statyti vėjo elektrinę. Ir šiam tikslui buvo atliekami vietovės tyrimo darbai (vėjo greičio matavimai). Tokie darbai yra atliekami dvejus metus, nes tokio laikotarpio reikalauja paskolos teikėjai (bankas).

Tyrimo rezultatai pateikti lentelėje:

Lentelė 15. Vietovės tyrimo duomenys

Metai- mėnuo	Vėjo greitis, m/s	Metai- mėnuo	Vėjo greitis, m/s	Metai- mėnuo	Vėjo greitis, m/s	Metai- mėnuo	Vėjo greitis, m/s
2004-01	5	2004-07	2	2005-01	5,5	2005-07	2,5
2004-02	4	2004-08	2	2005-02	3,5	2005-08	2,7
2004-03	3	2004-09	2	2005-03	3	2005-09	3
2004-04	3	2004-10	3	2005-04	2,5	2005-10	4
2004-05	3	2004-11	3	2005-05	3,5	2005-11	4,5
2004-06	2	2004-12	4	2006-06	2,3	2005-12	5,5

Gavus tokius rezultatus, buvo nuspręsta statyti vėjo elektrinę kurios parametrai yra tokie:

- Nominali galia: 6MW.
- Rotoriaus diametras: 114 m.
- Atstumas iki veleno: 124m.
- Menčių kiekis: 3 vnt.
- “Šlavimo” plotas: 10,207 m².
- Rotoriaus greitis: kintantis 8-13 aps/min.
- Įsijungimo vėjo greitis: 2,5 m/s.
- Išsijungimo vėjo greitis: 28-34 m/s.

Kad tokia elektrinė darniai veiktų su kitomis elektrinėmis, reikia prognozuoti jos darbą. Toks prognozavimas atliekamas naudojant dvejų metų tyrimo rezultatus ir meteorologinių tarnybų sudarytą vėjo prognozę. Žinoma tiksliai prognozuoti kiek vėjo elektrinė pagamins elektros ir kiek jos perduos į elektros tinklą neįmanoma. Kadangi realus ir prognozuotas vėjo greičiai yra skirtingi, todėl galima tik apytiksliai sudaryti vėjo elektrinės darbo grafiką.

Vėjo elektrinės (VE) darbo grafikas yra prognozuojamas kiekvienai valandai 48 valandom į priekį. Toks prognozavimas reikalingas tam, kad būtų galima įvertinti kitų elektrinių darbą.

VE darbas yra prognozuojamas tokia tvarka:

- VE generacija pagal tyrimo duomenis (dvejų metų rinkimo duomenys).
- VE generacija pagal meteorologinės tarnybos vėjo prognozę.

Be tokios prognozavimo tvarkos VE atlieka ir stebėjimo vaidmenį:

- Užrašo tos vietovės vėjo greičio duomenis.
- Kaupia realius generacijos duomenis.

VE prognozavimas pagal tyrimo duomenis. Toks prognozavimas reikalingas tam kad būtų išsiaiškinta kiek elektros energijos būtų gaminama statomoje VE. Ir tokie preliminarūs VE skaičiavimai būtini norint gauti paskolą iš banko, pateikiant kaip paskolos atidavimo garantą.

Sudarykime dviejų dienų VE generacijos grafiką. Šiam tikslui pasinaudosime tyrimo rezultatais.

Prognozavimo duomenys pateikiami lentelėje:

Lentelė 16. Energijos prognozavimo duomenys

Diena-valanda	Vėjo greitis (m/s)	Diena-valanda	Vėjo greitis (m/s)
01-1	2,5	02-1	2
01-2	3,4	02-2	3
01-3	4,3	02-3	4
01-4	5,2	02-4	5
01-5	5,5	02-5	5,5
01-6	5,9	02-6	5,6
01-7	6,3	02-7	5,7
01-8	6,5	02-8	5,8
01-9	6,5	02-9	6
01-10	6,5	02-10	7
01-11	7	02-11	8
01-12	7	02-12	10
01-13	7,5	02-13	10,5
01-14	7,5	02-14	11
01-15	7,7	02-15	12
01-16	8	02-16	12
01-17	8	02-17	10
01-18	8	02-18	9
01-19	7,5	02-19	6
01-20	7,3	02-20	5
01-21	7	02-21	4,5
01-22	6,5	02-22	4
01-23	6	02-23	3
01-24	6	02-24	3

Turint tokius vėjo duomenis galima apskaičiuoti energijos kiekius.

Vėjo energijos kiekis, tenkantis per 1 sek. 1 m² vėjaračio plotui, statmenam vėjo srautui, apskaičiuojamas taip: $E(t) = 1/2 \cdot \rho \cdot V^3$ (1)

Čia ρ - oro tankis kg/m³, V- vėjo greitis m/s, E- vėjo energija W/m².

Vėjo elektrinės pagaminamas metinis elektros energijos kiekis (Wh/metus) yra: $Em = E \cdot A \cdot \eta$ 8760 (2); čia E- vėjo energija, apskaičiuota pagal (1) formulę, vėjaračio ašies aukštyje, A- elektrinės besisukančių sparnų užimamas plotas, tarus, kad vėjaratis naudingai išnaudoja tik 40% pratekančios vėjo energijos, o greičių dėžės naudingumo koeficientas - 90%, generatoriaus – 95%, tai vėjo elektrinės, gaminančios elektros energiją, naudingumo koeficientas bus $\eta = 0.4 \cdot 0.9 \cdot 0.95 = 0.342$, arba 34,2%..

VE pagaminta elektros energija yra superkama po 22 centus. Turint tokius vėjo duomenis galima paskaičiuoti kiek elektros energijos būtų generuojama tokioje elektrinėje.

Skaičiavimo rezultatai pateikti lentelėje:

Lentelė 17. Valandinis generuojamas elektros energijos kiekis

Diena-valanda	Vėjo greitis (m/s)	Energijos kiekis (W/m2)	Pagaminamas elektros energijos kiekis (Wh)	Gaunamas pelnas (Lt)
01-1	2,5	9,92	34,64	7,62
01-2	3,4	24,96	87,12	19,17
01-3	4,3	50,49	176,24	38,77
01-4	5,2	89,29	311,68	68,57
01-5	5,5	105,65	368,80	81,14
01-6	5,9	130,42	455,25	100,16
01-7	6,3	158,78	554,27	121,94
01-8	6,5	174,39	608,75	133,92
01-9	6,5	174,39	608,75	133,92
01-10	6,5	174,39	608,75	133,92
01-11	7	217,81	760,31	167,27
01-12	7	217,81	760,31	167,27
01-13	7,5	267,89	935,15	205,73
01-14	7,5	267,89	935,15	205,73
01-15	7,7	289,90	1011,98	222,63
01-16	8	325,12	1134,93	249,68
01-17	8	325,12	1134,93	249,68
01-18	8	325,12	1134,93	249,68

01-19	7,5	267,89	935,15	205,73
01-20	7,3	247,03	862,32	189,71
01-21	7	217,81	760,31	167,27
01-22	6,5	174,39	608,75	133,92
01-23	6	137,16	478,80	105,34
01-24	6	137,16	478,80	105,34
02-1	2	5,08	17,73	3,90
02-2	3	17,15	59,85	13,17
02-3	4	40,64	141,87	31,21
02-4	5	79,38	277,08	60,96
02-5	5,5	105,65	368,80	81,14
02-6	5,6	111,52	389,28	85,64
02-7	5,7	117,60	410,51	90,31
02-8	5,8	123,90	432,50	95,15
02-9	6	137,16	478,80	105,34
02-10	7	217,81	760,31	167,27
02-11	8	325,12	1134,93	249,68
02-12	10	635,00	2216,65	487,66
02-13	10,5	735,09	2566,05	564,53
02-14	11	845,19	2950,37	649,08
02-15	12	1097,28	3830,38	842,68
02-16	12	1097,28	3830,38	842,68
02-17	10	635,00	2216,65	487,66
02-18	9	462,92	1615,94	355,51
02-19	6	137,16	478,80	105,34
02-20	5	79,38	277,08	60,96
02-21	4,5	57,86	201,99	44,44
02-22	4	40,64	141,87	31,21
02-23	3	17,15	59,85	13,17
02-24	3	17,15	59,85	13,17

VE prognozavimas pagal meteorologinių tarnybų duomenis. Meteorologinės tarnybos gali pateikti vėjo greičio prognozę iki 5 parų. Prognozės pristatymo forma gali būti įvairi: faksu, elektroniniu paštu, paštu ar kitais būdais, tik reikia sudaryti sutartį su tokia įstaiga ir nurodyti prognozės pristatymo būdą. Tokia paslauga yra mokama. Vėjo prognozės sudarymas vienai dienai kainuoja iki 50 litų.

Turime tokius vėjo greičio duomenis gautus iš meteorologinės tarnybos:

Valanda	Vėjo greitis (m/s)
1	2,5
2	3,4
3	4,3
4	5,2
5	5,5
6	5,9
7	6,3
8	6,5
9	6,5
10	6,5
11	7
12	7

13	7,5
14	7,5
15	7,7
16	8
17	8
18	8
19	7,5
20	7,3
21	7
22	6,5
23	6
24	6

Galime apskaičiuoti kiek elektros energijos pagaminsime. Skaičiavimus atliekame pagal 1 ir 2 formules.

Skaičiavimų rezultatus surašome į lentelę:

Lentelė 18. Pagaminamos elektros energijos kiekis

Valanda	Vėjo greitis (m/s)	Energijos kiekis (W/m ²)	Pagaminamas elektros energijos kiekis (Wh)	Gaunamas pelnas (Lt)
1	2,5	9,92	34,64	7,62
2	3,4	24,96	87,12	19,17
3	4,3	50,49	176,24	38,77
4	5,2	89,29	311,68	68,57
5	5,5	105,65	368,80	81,14
6	5,9	130,42	455,25	100,16
7	6,3	158,78	554,27	121,94
8	6,5	174,39	608,75	133,92
9	6,5	174,39	608,75	133,92
10	6,5	174,39	608,75	133,92
11	7	217,81	760,31	167,27
12	7	217,81	760,31	167,27
13	7,5	267,89	935,15	205,73
14	7,5	267,89	935,15	205,73
15	7,7	289,90	1011,98	222,63
16	8	325,12	1134,93	249,68
17	8	325,12	1134,93	249,68
18	8	325,12	1134,93	249,68
19	7,5	267,89	935,15	205,73
20	7,3	247,03	862,32	189,71
21	7	217,81	760,31	167,27
22	6,5	174,39	608,75	133,92
23	6	137,16	478,80	105,34
24	6	137,16	478,80	105,34

VE elektros energijos pagaminimas realiomis sąlygomis (sąlyginai). Tarkime kad vėjo elektrinė dirbo tokiomis sąlygomis:

Valanda	Vėjo greitis (m/s)
1	2
2	3
3	4
4	5
5	5
6	5

7	6
8	6
9	6
10	6
11	7
12	7
13	8

14	8
15	8
16	8
17	8
18	8
19	7
20	7
21	7
22	6
23	6
24	6

Pagal tokį vėjo grafiką buvo pagaminta tiek elektros energijos. Duomenys pateikti lentelėje:

Lentelė 19. Valandinė VE generacija

Valanda	Vėjo greitis (m/s)	Energijos kiekis (W/m ²)	Pagaminamas elektros energijos kiekis (Wh)	Gaunamas pelnas (Lt)
1	2	5,08	17,73	3,90
2	3	17,15	59,85	13,17
3	4	40,64	141,87	31,21
4	5	79,38	277,08	60,96
5	5	79,38	277,08	60,96
6	5	79,38	277,08	60,96
7	6	137,16	478,80	105,34
8	6	137,16	478,80	105,34
9	6	137,16	478,80	105,34
10	6	137,16	478,80	105,34
11	7	217,81	760,31	167,27
12	7	217,81	760,31	167,27
13	8	325,12	1134,93	249,68
14	8	325,12	1134,93	249,68
15	8	325,12	1134,93	249,68
16	8	325,12	1134,93	249,68
17	8	325,12	1134,93	249,68
18	8	325,12	1134,93	249,68
19	7	217,81	760,31	167,27
20	7	217,81	760,31	167,27
21	7	217,81	760,31	167,27
22	6	137,16	478,80	105,34
23	6	137,16	478,80	105,34
24	6	137,16	478,80	105,34
Vidurkis (valandinis)	6,21	179,20	625,56	137,62
VISO		152,07	12740,43	2802,89

Tarkime kad mūsų VE dirbo visus metus pagal tokį vėjo grafiką:

Mėnuo	Vėjo greitis (m/s)
1	5,04
2	4,68
3	3,96
4	3,6
5	3,24
6	2,7
7	2,52
8	2,7
9	2,88
10	3,6
11	3,96
12	4,32

Ir tokiomis sąlygomis VE generavo elektros energijos. Duomenys pateikti lentelėje:

Lentelė 20. Metinė VE generacija

Mėnuo	Vėjo greitis (m/s)	Energijos kiekis (W/m ²)	Pagaminamas elektros energijos kiekis (Wh)	Gaunamas pelnas (Lt)
1	5,04	81,30	283,79	62,43
2	4,68	65,09	227,21	49,99
3	3,96	39,43	137,65	30,28
4	3,6	29,63	103,42	22,75
5	3,24	21,60	75,39	16,59
6	2,7	12,50	43,63	9,60
7	2,52	10,16	35,47	7,80
8	2,7	12,50	43,63	9,60
9	2,88	15,17	52,95	11,65
10	3,6	29,63	103,42	22,75
11	3,96	39,43	137,65	30,28
12	4,32	51,19	178,71	39,32
Vidurkis	3,6	33,97	118,58	26,09

(metinis)				
VISO	3,6	29,63	90.5961,11	199.311,44

Įdomu ar mūsų VE duoda pelną? Galime paskaičiuoti. Mūsų elektrinės išlaidos: užmokestis meteorologinei tarnybai už vėjo prognozių sudarymą, VE operatoriui (tai asmuo atsakingas už VE priežiūrą, saugumą), banko paskolos dalies įmoka. Paskola iš banko yra paimta 50 metų (6.000.000 lt.). Išlaidos pateiktos lentelėje:

Lentelė 21. Išlaidų skaičiavimas

Išlaidų lentelė (metinė ataskaita)	
Meteorologinės tarnybos	50 Lt.·365 dienų=18.250 Lt.
Operatoriaus atlyginimas	12 mėn.·1000 Lt.=12.000Lt.
Banko paskolos įmoka	140.000 Lt.
VISO išlaidų	170.250 Lt.

Dabar apskaičiuokime pelną:

Pelno lentelė (metinė ataskaita)	
Gautas pelnas	199.311,44 Lt.
Išlaidos	170.250 Lt.
Grynasis pelnas	29.061,44Lt.

Kaip matyti iš ekonominių skaičiavimų mūsų VE duoda pelną. Gautą pelną galima investuoti į kitos VE statybą arba panaudoti kitoms investicijoms verslininko nuožiūra.

VI. Literatūros sąrašas

1. Andrejevas A., Morkūnas E. *Vėjo malūnai*. Technikos paminklai Lietuvoje. Vilnius, 1982.
2. Katinas V., Tumosa A. *Vėjo energijos panaudojimo galimybės Lietuvoje*. Vilnius, 1995.
3. V. Katinas, A. Markevičius *Vėjo energetika*, Kaunas, 2001.
4. Barbour, P.L., S.N.Walker, B.Sandmeyer, G.Taylor, An overview of wind/energy forecasting. 1994.
5. Brown. B.G., R.W.Katz, A.H. Murphy, time series models for simulating hourly wind power. 1984.
6. I.Troen, E.L.Petersen: European wind atlas. 1989.
7. N.G.Mortensen, D.N.Heathfield, L.Myllerup, L.Landberg, O.Rathmann, I.Troen and E.L.Petersen: Getting started with WAsP8.
8. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba: klimato žinynas vėjas. 1961 - 1990m. Vilnius.
9. Lithuanian hydrometeorological institute: wind climatology 1993 – 1998.