



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

Eglė Randytė

**VĖJO IR SAULĖS ELEKTRINIŲ PARKŲ PANAUDOJIMAS ELEKTROS
ENERGIJOS GAMYBAI LIETUVOJE
DEVELOPMENT OF WIND AND SOLAR PARKS IN LITHUANIA FOR
ELECTRIC POWER PRODUCTION**

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas 62406T106

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2011



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Eglė Randytė

**VĖJO IR SAULĖS ELEKTRINIŲ PARKŲ PANAUDOJIMAS ELEKTROS
ENERGIJOS GAMYBAI LIETUVOJE**

**DEVELOPMENT OF WIND AND SOLAR PARKS IN LITHUANIA FOR
ELECTRIC POWER PRODUCTION**

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas **62406T106**

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vadovas _____
(parašas) (data)

Konsultantas _____
(parašas) (data)

Konsultantas _____
(parašas) (data)

Vilnius, 2011

**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA**

<i>Technologijos</i>	mokslo sritis
<i>Energetikos ir termoinžinerijos</i>	mokslo kryptis
<i>Energetikos</i>	studijų kryptis
<i>Energetikos ir termoinžinerijos</i>	studijų programa, valstybinis kodas 62406T106
<i>Termoinžinerijos</i>	specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(parašas)

Vytautas Martinaitis

(vardas, pavardė)

2011 gegužės mėn. 04 d.

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

.....Nr.
Vilnius

Studentui (ei) Eglei Randytei.....
(vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: VĖJO IR SAULĖS ELEKTRINIŲ PARKŲ PANAUDOJIMAS ELEKTROS ENERGIJOS GAMYBAI LIETUVOJE

Patvirtinta 2009 m. gruodžio 01 d.

Dekano įsakymu Nr. 369 ap

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas

2011 m. birželio mėn. 03 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Įvadas. Vėjo ir Saulės potencialų galimybių studija. 10 MW saulės ir vėjo elektrinių pagaminamos energijos kiekių skaičiavimai. Vėjo elektrinių parko pagaminamo elektros energijos kiekio skaičiavimai. Sistemų gyvavimo ciklo lyginamoji analizė. Į aplinkos orą išmetamų teršalų sutaupymai. Projektuojamų vėjo ir saulės elektrinių ekonominio efektyvumo įvertinimas. Išvados.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: lekt. R. Žukienė
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas
(parašas)

.....dr. Kęstutis Valančius.....
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(parašas)

.....Eglė Randytė.....
(vardas, pavardė)

2009. 11. 13.
(data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Pastatų energetikos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Energetikos ir termoinžinerijos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Vėjo ir saulės elektrinių parkų panaudojimas elektros energijos gamybai Lietuvoje**

Autorius **Eglė Randytė**

Vadovas **dr. Kęstutis Valančius**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame darbe išanalizuota vėjo ir saulės elektrinių parkų panaudojimas elektros energijos gamybai, pasirenkant vienodas 10 MW įrengtąsias galias. Išnagrinėtas vėjo ir saulės elektrinių produktyvumas. Įrodyta, kad Lietuva turi palankias sąlygas eksploatuoti tokio tipo elektrines. Darbą sudaro septyni skyriai. Pirmajame yra apžvelgiama atsinaujinančios energijos panaudojimo aspektai. Antrajame skyriuje detalizuojama teritorija, pasirinkta elektrinių statybai. Trečiajame atlikta vėjo ir saulės potencialų galimybių studija. Ketvirtajame skyriuje yra apskaičiuoti elektrinių pagaminamos energijos kiekiai bei palyginti gauti rezultatai. Penktajame skyriuje atlikta nagrinėjamųjų sistemų gyvavimo ciklo analizė energetiniu ir ekologiniu aspektais. Šeštajame suskaičiuojami kenksmingų teršalų kiekiai, kurių bus išvengta gaminant iš saulės ir vėjo gaunamą energiją. Paskutiniajame atliktas saulės ir vėjo elektrinių ekonominio efektyvumo įvertinimas. Išvadose išdėstomi esminiai baigiamojo darbo punktai ir pateikiami rezultatai.

Darbo apimtis – 67 p. teksto be priedų, 36 iliustr., 27 lent., 18 bibliografinių šaltinių.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai

saulės energija, vėjo energija, atsinaujinanti energija, energetika, elektrinė, elektros energija.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Building Energetics

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Energetics and Thermal Engineering** study programme Master's Thesis

Title **Development of Wind and Solar Parks in Lithuania for Electric Power Production**

Author **Eglė Randytė**

Academic supervisor **Dr Kęstutis Valančius**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

It is analyzed in final work the development of wind and solar parks in Lithuania for electric power production. Each power output is 10 MW. It was investigated wind and solar power plants productivity and proved that Lithuania has favourable climatic conditions to develop wind and solar energetic sector. The thesis consists of seven chapters. In the first chapter information regarding utilization of renewable energy trends globally and locally has been presented. The second chapter contains description of the designed area. In the third chapter location specific wind and solar characteristics were estimated and power plants for the wind and solar farms were chosen accordingly. In addition, annual electric energy production estimates was calculated in the fourth chapter. The fifth chapter presents systems assessment of life cycle analysis consisting of energy and environmental aspects. In the sixth chapter amount of savings in pollutant emissions by installing the designed wind and solar power park was estimated. In the seventh chapter calculations of economical profitability of d power farms have been concluded. Conclusions chapter contains summary of derived conclusions resulting of the main issues of the Final Work.

Final Work consists: 67 pages of text excluding the appendixes, 36 pictures, 27 tables, 18 literature sources.
Appendixes of the work are attached separately.

Keywords

Keywords: solar energy, wind energy, renewable energy, energetics, power plant, electricity.

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Eglė Randytė, 20053051

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Energetika ir termoinžinerija, Tmf-09 grupė

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2011 m. _____ birželio _____ 3 _____ d.
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema „Vėjo ir saulės elektrinių parkų panaudojimas elektros energijos gamybai Lietuvoje“ patvirtintas 20 09 m. _____ gruodžio mėnesio 1 _____ d. dekanų potvarkiu Nr. 369 ap _____, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: dr. Kęstutis Valančius, UAB „Vėjo gūsis“ direktorius Egidijus Simutis, Martifer SGPS SA projektų vadovė Žydra Šernaitė, UAB „Precizika-MET SC“ generalinis direktorius Darius Janušonis, UAB „Foksita“ direktorius Algimantas V. Stasiukynas, UAB „Hidroelektromontażas“ elektrotechninės bandymų laboratorijos vadovas Romualdas Lesauskas, UAB „Informacinių technologijų pasaulis“ projektų vadovas Algirdas Jacunskas, UADBB „Insurance Brokers Group“ draudimo grupės vadovas Domantas Bimba, lekt. R. Žukienė.

Mano darbo (projekto) vadovas Kęstutis Valančius.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs(-usi).

(Parašas)

EGLĖ RANDYTĖ
(Vardas ir pavardė)

Turinys

Lentelių sąrašas	10
Įvadas	11
1. Atsinaujinančios energijos panaudojimo aspektai Lietuvoje	13
2. Objekto vietovės detalizavimas.....	15
3. Vėjo ir Saulės potencialų galimybių studija.....	16
3.1. Saulės energijos potencialo nustatymas nagrinėjamoje teritorijoje.....	16
3.2 Vėjo energijos potencialo nustatymas vėjo jėgainių teritorijoje	18
4. 10 MW saulės ir vėjo elektrinių pagaminamos energijos kiekių skaičiavimai.....	20
4.1. Integruotos 10 MW saulės elektrinės Griežpelkių kaime skaičiavimai	20
4.1.1. Skaičiavimų metodika	20
4.1.2. Integruotos Saulės elektrinės sistemos dydis ir modulių parinkimas	21
4.1.3. Integruotos Saulės elektrinės pagaminamo elektros energijos kiekio skaičiavimas	24
4.2. Vėjo elektrinių parko pagaminamo elektros energijos kiekio skaičiavimai.....	27
4.2.1. Skaičiavimų metodika	27
4.2.2 Vėjo jėgainių parko sistemos dydis ir jėgainių parinkimas	29
4.2.2. Vėjo elektrinės pagaminamo elektros energijos kiekio per metus skaičiavimai	30
4.3. Gautų rezultatų palyginimas	34
4. Tiriamųjų sistemų gyvavimo ciklo lyginamoji analizė	36
5.2. Lyginamų sistemų funkcinis vienetas	36
5.3. Inventorinė analizė	36
5.4. Energetinis vertinimas	38
5.4.1. Pirminės energijos kiekis vėjo ir saulės jėgainių gamybai	42
5.4.2. Pirminės energijos kiekis vėjo ir saulės jėgainių naudojimo fazėje	45
5.5. Ekologinis vertinimas	47
6. Į aplinkos orą išmetamų teršalų sutaupymai.....	50
6.1. Ekvivalentinio kuro deginimo metu į aplinkos orą išmetamų teršalų skaičiavimas.....	50
7. Projektuojamų vėjo ir saulės elektrinių ekonominio efektyvumo įvertinimas	53
7.2. Projektuojamo vėjo jėgainių parko ekonominio efektyvumo įvertinimas.....	53
7.2.1. Investicijų vėjo elektrinių parkui skaičiavimas	53

7.2.2. Vėjo elektrinių parko atsipirkimo laikas	54
7.2.3. Vėjo elektrinių parko grynoji dabartinė vertė ir investicijų rentabilumo indeksas	54
7.2.4. Vėjo elektrinių parko investicijų vidinė pelno norma	55
7.2.5. Vėjo elektrinių parko projekto balansas	56
7.2.6. Vėjo elektrinių parko projekto jautrumo analizė	58
7.3. Projektuojamo Saulės elektrinių parko ekonominio efektyvumo įvertinimas.....	59
7.3.1. Investicijų saulės elektrinių parkui skaičiavimas	59
7.3.2. Saulės elektrinių parko atsipirkimo laikas.....	60
7.3.3. Saulės elektrinių parko grynoji dabartinė vertė ir investicijų rentabilumo indeksas.....	60
7.3.4. Saulės elektrinių parko projekto balansas	61
7.3.5. Saulės elektrinių parko projekto jautrumo analizė	63
Išvados.....	65
Literatūra	67
Priedas Nr.1. SOLON Black 280/11 techninė charakteristika	69
Priedas Nr.2. Sumodeliuotos saulės elektrinės ataskaita.....	70
Priedas Nr.3. ENERCON E-82 techninės charakteristika.....	71
Priedas Nr.4. CO2 emisijos į aplinkos orą gaminant vėjo jėgainėi reikalingas medžiagas.....	72
Priedas Nr.5. CO2 emisijos į aplinkos orą gaminant saulės elementams reikalingas medžiagas.....	73
Priedas Nr.6. VEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 3 %	74
Priedas Nr.7. VEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 5 %	75
Priedas Nr.8. VEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 7 %	76
Priedas Nr.9. VEP projekto balansas, kai diskonto norma 3 %.....	77
Priedas Nr.10. VEP projekto balansas, kai diskonto norma 5 %.....	78
Priedas Nr.11. SEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 3 %	79
Priedas Nr.12. SEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 5 %	80
Priedas Nr.13. SEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 7 %	81
Priedas Nr.14. SEP projekto balansas, kai diskonto norma 3 %	82
Priedas Nr.15. SEP projekto balansas, kai diskonto norma 5 %	83
Priedas Nr.16. SEP projekto balansas, kai diskonto norma 7 %	84

Paveikslų sąrašas

1 pav. AEI dalis bendrame Lietuvos energijos vartojime	14
2 pav. Nagrinėjama teritorija (pažymėta raudonu apskritimu)	15
3 pav. Projektuojamoji teritorija	16
4 pav. Saulės spinduliavimo energija tiriamoje teritorijoje kWh/m ² per mėnesį	17
5 pav. Vėjų rožė 42 m aukštyje.....	19
6 pav. Vėjų rožė 66 m aukštyje.....	19
7 pav. Vėjų rožė 85 m aukštyje.....	20
8 pav. Saulės modulio įtampas – srovės charakteristika ir galios kreivė	22
9 pav. SOLON Black 280/09 (285) modulio schema (Solon SE 2010).....	23
10 pav. Principinė integruotos Saulės elektrinės modulių sujungimo schema	24
11 pav. Saulės energijos nuostolių schema	26
12 pav. Saulės modulio (plokštės) orientavimas Saulės atžvilgiu	26
14 pav. C_p priklausomybė nuo vėjo greičių už turbinos rotorius ir prieš rotorius	29
15 pav. Vėjo greičio pasiskirstymo vietovėje per metus histograma, valandomis (h).....	31
16 pav. Vėjo jėgainės E – 82 galios kreivė	33
17 pav. E–82 elektrinės pagaminamas elektros energijos kiekis esant atitinkamiems greičiams	34
18 pav. Sistemų užimami plotai	35
19 pav. Saulės ir vėjo elektrinių metinė generuojama elektros energija, perduodama į tinklą	35
20 pav. Vėjo jėgainės pagrindiniai išoriniai elementai	37
21 pav. Medžiagos gamybai reikalingas pirminės energijos kiekis	43
22 pav. Vėjo parko atskirų medžiagų gamybai sunaudotas energijos kiekis	44
23 pav. Fotomodulynui atskirų medžiagų gamybai sunaudotas energijos kiekis	44
24 pav. Sistemoms pagaminti sunaudotas energijos kiekis	45
25 pav. Sistemoms sudarančių medžiagų gamybos ir naudojimo metu išsiskiriančių teršalų kiekis	46
26 pav. Sistemoms reikalingas energijos kiekis gamybos ir naudojimo metu	46
27 pav. Išsiskyrusių teršalų kiekis.....	47
28 pav. Sistemoms sudarančių medžiagų gamybos metu išsiskiriančių teršalų kiekis	48
29 pav. Fotomodulyną sudarančių medžiagų gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis	49
30 pav. Vėjo jėgainių parką sudarančių medžiagų gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis	49
31 pav. Gaminant elektrą gamtinėmis dujomis kūrenamoje katilinėje išmetami teršalai	52
32 pav. Vėjo elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 3 %.....	57
33 pav. Vėjo elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 5 %.....	57
34 pav. Saulės elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 3 %	61
35 pav. Saulės elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 5 %	62
36 pav. Saulės elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 7 %	62

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Tarpiniai Lietuvos tikslai gaminti energiją iš atsinaujinančių išteklių	13
2 lentelė. Vidutinių vėjo greičių pasiskirstymas per mėnesį.....	20
3 lentelė. Solon Black 280/09 (285) saulės modulio charakteristika	21
4 lentelė. Saulės elektrinės skaičiavimų suvestinė.....	25
5 lentelė. Jėgainės (E–82) galia prie skirtingų greičių ir metinė greičio trukmė.	31
6 lentelė. Vėjo elektrinės E –82 skaičiavimo rezultatai	32
7 lentelė. Enercon E–82 pagrindinių sudedamųjų dalių medžiagų ir kiekių suvestinė.....	37
8 lentelė. Solon Black 280/09 (285) pagrindinių sudedamųjų dalių medžiagų ir kiekių suvestinė.	38
9 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg plieno gamybos metu	39
10 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg aliuminio gamybos metu.....	39
11 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg stiklo gamybos metu	40
12 lentelė . Pagrindiniai energijos srautai 1 kg vario gamybos metu.....	40
13 lentelė . Pagrindiniai energijos srautai 1 kg silicio gamybos metu	40
14 lentelė . Pagrindiniai energijos srautai 1 kg stiklo pluošto gamybos metu	41
15 lentelė . Pagrindiniai energijos srautai 1 kg betono gamybos metu	41
16 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg polietileno gamybos metu.....	42
17 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai saulės modulio medžiagų gamybos metu.	42
18 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai vėjo jėgainių parko medžiagų gamybos metu.....	43
19 lentelė. Teršalų emisija į aplinkos orą, vėjo jėgainių parko gamybos metu.....	48
20 lentelė. Teršalų emisija į aplinkos orą, fotomodulyno gamybos metu.....	48
21 lentelė. 10 MW vėjo elektrinių parko įrengimo išlaidos	53
22 lentelė. Vėjo elektrinių parko NPV ir rentabilumo indeksas.	55
23 lentelė. Vėjo elektrinių parko jaurumo analizės apibendrinantys skaičiavimo rezultatai.	59
24 lentelė. 10 MW saulės elektrinių parko įrengimo išlaidos	60
25 lentelė. Saulės elektrinių parko NPV ir rentabilumo indeksas.....	61
26 lentelė. Elektros energijos, pagamintos Saulės elektrinėje supirkimo kainos.....	63
27 lentelė. saulės elektrinių parko jaurumo analizės apibendrinantys skaičiavimo rezultatai.	64

Išvadas

Energija yra žmonijos ekonominės plėtros pagrindas ir jos vartojimas nuolat auga. Tačiau intensyvus organinio kuro naudojimas ir neribota priklausomybė nuo išgaunamų iš žemės energijos išteklių: naftos, dujų ir anglių, kelia vis didėjančių sudėtingų ir sunkiai sprendžiamų uždavinių.

Viena didžiausių problemų yra ta, kad organinio kuro atsargos yra baigtinės ir sparčiai senka. Tokia situacija sukuria ekonominę priklausomybę nuo energijos išteklių tiekėjų ir daro valstybę pažeidžiamą.

Antroji – pasaulinė problema – vis didėjanti aplinkos tarša deginant organinį kurą, kuris sukelia globalinį klimato kaitos reiškinį. Didėjant energijos vartojimo poreikiui, didės ir kenksmingų atliekų (CO_2 , NO_x , SO_2) išmetimai į aplinką. Todėl intensyvėjantis aplinkos degradavimo procesas kelia grėsmę civilizacijos išlikimui.

Darbo aktualumas – energijos taupymas ir efektyvus jos išteklių vartojimas, taip pat gamintojų ir vartotojų skatinimas naudoti vietinius, atsinaujinančius energijos išteklius yra pagrindiniai šiandieniniai energetikos politikos tikslai, kuriuos reglamentuoja ES ir jų šalių narių teisės aktai.

Darbo tikslas – palyginti ekvivalentinių instaliuotų galių (10 MW), vėjo ir saulės jėgainių parkus, išanalizuojant ir pagrindžiant jų technines įrengimo ir eksploatavimo galimybes bei atlikti ekonominius skaičiavimus, kuriais galima pagrįsti projektuojamų objektų ekonominį naudingumą.

Darbo uždaviniai:

1. išanalizuoti vėjo ir Saulės energetikos sektoriaus esamą būklę;
2. įvertinti vėjo ir Saulės potencialus projektuojamoje jėgainių teritorijoje;
3. apskaičiuoti vėjo ir Saulės jėgainėse pagaminamą elektros energijos kiekį;
4. atlikti vėjo ir Saulės jėgainių parkų techninį pagrindimą;
5. atlikti nagrinėjamų objektų gyvavimo ciklo analizę;
6. apskaičiuoti ekvivalentinio kuro deginimo metu į aplinką išskiriamų teršalų kiekius;
7. atlikti vėjo ir Saulės jėgainių parkų statybos Griežpelkių kaime ekonominį pagrindimą;
8. atlikti nagrinėjamuose objektuose gautų rezultatų lyginamąją analizę bei pateikti išvadas.

Mokslinis naujumas – šiame darbe, remiantis publikacijomis, straipsniais ir bendradarbiaujant su Lietuvos bei užsienio kompanijomis, sdirbančiomis Saulės ir vėjo energetikos sektoriuose, įvertintos ekvivalentinių instaliuotų galių, vėjo ir saulės jėgainių Griežpelkių kaime techninės įrengimo ir eksploatavimo galimybės. Taip pat atlikti analizuotų projektų ekonominio

efektyvumo skaičiavimai ir jautrumo analizė, kuriais pagrindžiamas projektų ekonominis naudingumas.

Tyrimų metodika – vėjo greičių ir krypties vertinimas atliktas pasitelkus UAB „Vėjo gūsis“ duomenų bazėje sukauptus ilgalaikių matavimų rezultatus, apdorotus *WindPRO* programa. Saulės spinduliuotės intensyvumo vertinimas atliktas naudojantis *PVSyst* programa, kuri naudoja pasaulinio meteorologijos centro NASA duomenis, gautus per 20 metų. Nagrinėjamų objektų gyvavimo ciklo analizės skaičiavimai atlikti su *SimaPro* programa. Atliekant ekonominio naudingumo vertinimą, apskaičiuotas projektų atsipirkimo laikas, pelnas, atlikti projekto balanso skaičiavimai prie skirtingų diskonto normų, projekto jautrumo analizė.

1. Atsinaujinančios energijos panaudojimo aspektai Lietuvoje

Vėjo jėgainių ir Saulės elektrinių statyba yra sparčiai besivystanti pramonės šaka visame pasaulyje. Greitai augančios rinkos veiksnius lemia didesni energijos išteklių poreikiai ir atsargos, didėjantis aplinkos apsaugos vaidmuo klimato kaitos procese ir technologijų tobulinimas. Šie veiksniai yra politinės paramos pagrindas vystyti vėjo jėgainių pramonę daugelyje pasaulio regionų.

Lietuva ir kitos šalys, siekdamos apsirūpinti energijos ištekliais, daug dėmesio skiria naujų energijos šaltinių paieškai. Šiuo metu, be Europos Sąjungos (ES) Direktyvos 2009/28/EB, galioja Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas dėl nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategijos patvirtinimo, kuris priimtas 2010 metų birželio 21 dieną. Jame Lietuva yra nusistačiusi tarpinius siekiamo bendro tikslo kontrolinius rodiklius, naudojant AEI (atsinaujinančių energijos išteklius), kurie taip pat atitinka ir Europos direktyvos reikalavimus (Lietuvos Respublikos Seimas 2011) (1 lentelė).

1 lentelė. Tarpiniai Lietuvos tikslai gaminti energiją iš atsinaujinančių išteklių

iki 2012 m.	iki 2014 m.	iki 2016 m.	iki 2018 m.	iki 2020 m.
16,6 %	17,4 %	18,6 %	20,2 %	23,0 %.

Tokios energetikos plėtros strategijos tiek Lietuva, tiek ES laikosi neatsitiktinai. Kaip visiems žinoma, iškastinio kuro atsargos yra baigtinės, jos greitai senka, o kainos nuolat auga. ES direktyvoje 2009/28/EB numatyta jos įgyvendinimo stebėsena: kas penkeri metai turi būti apskaičiuojamos elektros energijos, pagamintos naudojant AEI, plėtros prognozės artimiausiam 10 metų laikotarpiui bei pateikiamos priemonės, kurios bus taikomos šiems planams įgyvendinti.

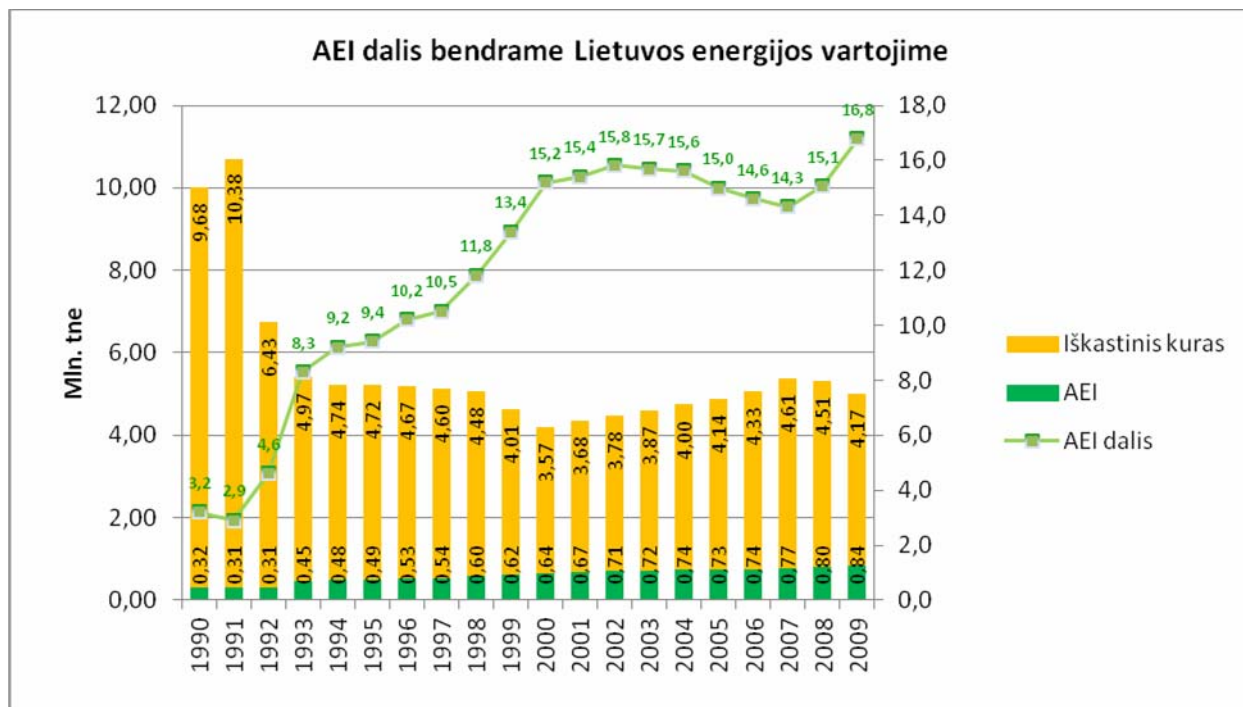
ES narės taip pat turi informuoti Europos Komisiją apie tose šalyse esančius teisinius bei reguliavimo pagrindus ir priemones, kurių imtasi šalinant reguliavimo ir administracinius barjerus.

Direktyvoje yra numatyta, kad valstybė, kuri nepasiekia Direktyvoje nustatyto rodiklio, turės įsigyti „žaliąsias“ kvotas. Jei viršys įsipareigojimus – galės parduoti. (Energijos Erdves 2011).

Iš pateikto grafiko (1 pav.) matosi, kad Lietuvoje nuo 1990 iki 2009 metų naudojamų atsinaujinančių energijos išteklių kiekis nuolat augo ir 2009 m. Pasiekė 0,84 mln. tne (milijono tonų naftos ekvivalento). Atsinaujinančių energijos išteklių dalis bendrame galutiniame energijos vartojime kito labiausiai priklausomai nuo to, kaip kito bendras galutinis energijos vartojimas. Nuo 1990 iki 2000 m., taip pat nuo 2007 iki 2009 m. krentant bendram galutiniam energijos vartojimui Lietuvoje – atsinaujinančių energijos išteklių dalis augo. Tačiau nuo 2002 m. – bendram galutiniam energijos vartojimui augant greičiau, nei atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui – AEI dalis mažėjo. Gali atrodyti, kad AEI augimas nuo 2007 metų, galutiniame energijos suvartojime, sparčiai

auga, tačiau matome, kad toks augimas sąlygojamas ne tiek atsinaujinančios energijos išteklių naudojimo augimu, kiek bendru energijos vartojimo mažėjimu.

Didžiausias atsinaujinančių energijos išteklių vartojimo augimas elektros energijos gamybos sektoriuje nuo 0,07 mln. tne 2005 m. iki 0,11 tne 2009 m., yra sąlygotas vėjo ir biokuro elektrinių plėtra.



1 pav. AEI dalis bendrame Lietuvos energijos vartojime

Šiuo metu, naudojant AEI, Lietuvoje gaminama maždaug 3,7 % elektros energijos. Tai – visų pirma HE pagaminta elektros energija (420,5 GWh), visos kitos elektrinės kartu pagamina tik 8,6 GWh. Šalyje elektros gamyba naudojant AEI daugiausia priklauso nuo vandens ir vėjo energetinių išteklių.

Lietuvoje 2011 metų gegužės 12 dieną Lietuvos Respublikos Seimas priėmė „Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymą“, kurio tikslas yra užtikrinti darnią atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo plėtrą, skatinti tolesnį naujų technologijų vystymąsi ir diegimą. Šio įstatymo uždavinys elektros energijos vartojimo sektoriuje yra padidinti elektros energijos, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, dalį, palyginti su šalies bendroju galutiniu suvartojimu, ne mažiau kaip iki 20 procentų (Lietuvos Respublikos Seimas 2011).

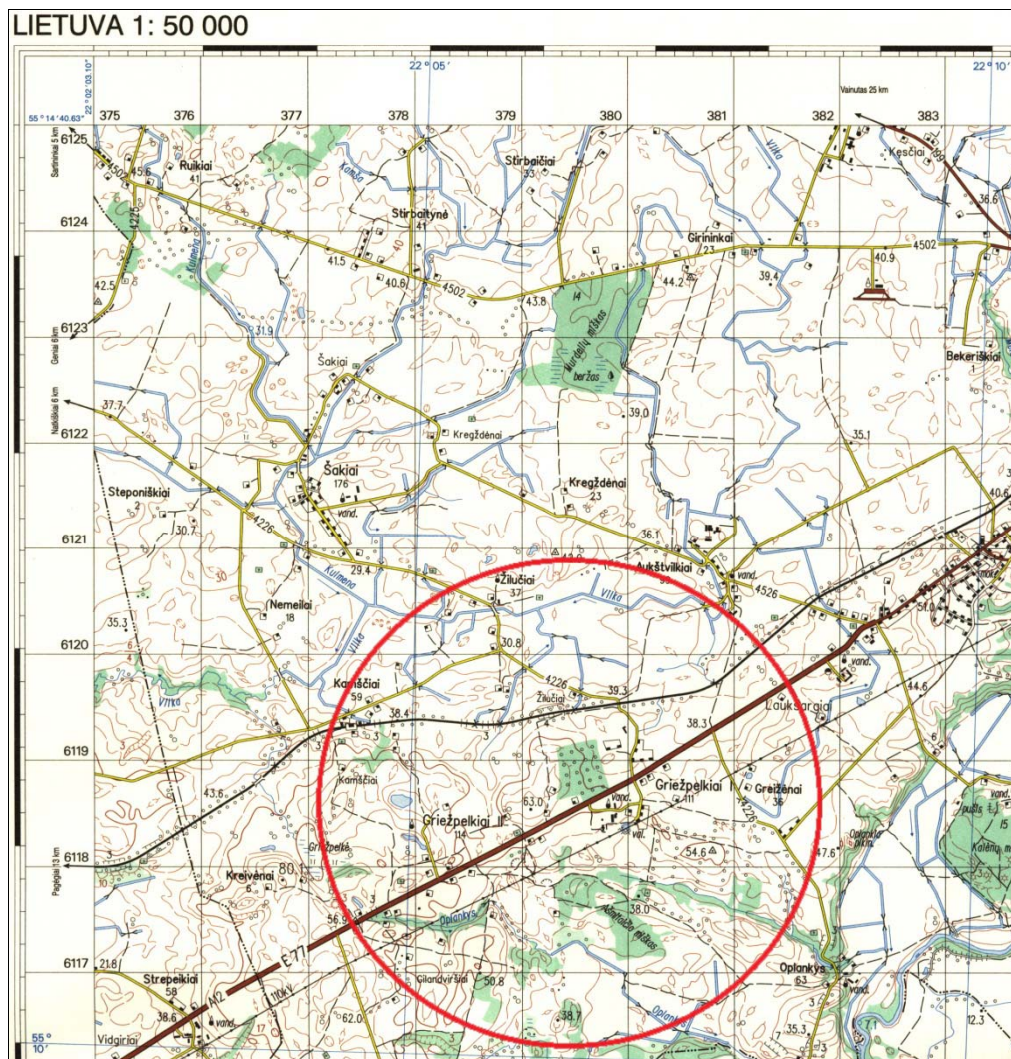
Dėl šių priežasčių darbe nagrinėjama atsinaujinančios, saulės ir vėjo, energetikos panaudojimo galimybės Lietuvoje elektros energijos gamybai, įrengiant galingas 10 MW saulės ir vėjo elektrines.

Atliekami energetiniai, ekologiniai bei ekonominiai skaičiavimai, lyginant vienodo galingumo elektrinių įrengimą tokioje pat geografinėje vietoje. Analogiška vieta parinkta ne tik todėl, kad ir

saulės ir vėjo potencialas yra didžiausias vakarinėje Lietuvos dalyje, bet ir todėl, kad vienodos klimatinės sąlygos leis labai tiksliai palyginti šias dvi elektrinių sistemas tarpusavyje.

2. Objekto vietovės detalizavimas

Numatoma vietovė jėgainėms įrengti yra Griežpelkių kaimo teritorija, kur centro koordinatės yra 55°2' šiaurės platumos ir 22°1' rytų ilgumos (2 pav.).



2 pav. Nagrinėjama teritorija (pažymėta raudonu apskritimu)

Vietovės infrastruktūra

Jėgainių parko teritorija, į kurią numatoma įsijungti su projektuojamais statiniais, yra Tauragės rajone, Lauksargių seniūnijoje, Griežpelkių kaimo teritorijoje.

Teritorija yra kalvota, inžineriniu požiūriu neįsisavinta. Ypač vertingų kraštovaizdžio elementų planuojamoje teritorijoje nėra. Esamas kraštovaizdis monotoniškas, vyrauja atviros su elektros perdavimo linijomis, kalvotos laukų erdvės (3 pav.). Pagal topografinę medžiagą, žemės paviršius teritorijoje kinta nuo 43,50 metrų šiaurinėje dalyje iki 64,00 metrų pietinėje dalyje.



3 pav. Projektuojamoji teritorija

Privažiavimas prie projektuojamų elektrinių vyksta vietiniais keliais (nuo magistralinio kelio Nr. A12 Ryga – Šiauliai – Tauragė – Kaliningradas).

Igyvendinant projektą, reikalinga pakeisti pagrindinę tikslinę žemės naudojimo paskirtį iš žemės ūkio į kitos paskirties žemę, nustatant žemės sklypo naudojimo būdą– inžinerinės infrastruktūros teritorijos ir pobūdį – susisiektimo ir inžinerinių komunikacijų aptarnavimo objektų statybos – vėjo ar saulės jėgainių statybai.

Taigi, atlikus vietovės detalizavimą, nustatyta, kad infrastruktūriniu požiūriu ji yra palanki inžinerinių statinių, saulės ir vėjo elektrinių, statybai.

3. Vėjo ir Saulės potencialų galimybių studija

3.1. Saulės energijos potencialo nustatymas nagrinėjamoje teritorijoje

Visa atsinaujinanti energija (išskyrus potvynių ir geoterminę energiją) ir iškastinis kuras atsiranda dėl Saulės spinduliuojamos energijos į Žemę. Per valandą Saulė į Žemę išspinduliuoja apie 174,423 TWh energijos.

Žemės atmosferos paviršių pasiekiantis spinduliavimo intensyvumas yra 1367 W/m^2 (Kytra 2006).

Saulės spinduliuojama energija yra absorbuojama Žemės paviršiaus, atmosferos, taip pat saulės spindulius atspindi atmosferos oras, pats Žemės paviršius bei debesys, todėl Žemės paviršių pasiekiantis saulės spinduliavimo tankis yra žymiai mažesnis. Žemės paviršius absorbuoja apie 49–51% Saulės spinduliavimo tankio – apie 684 W/m^2 .

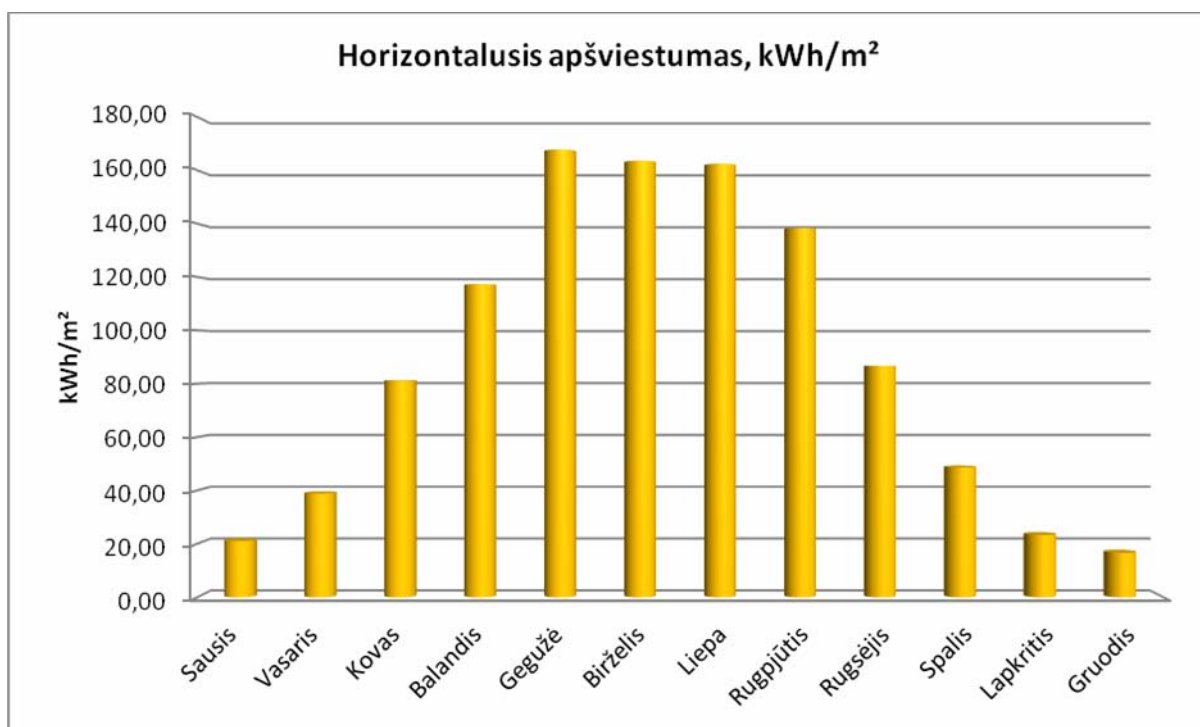
Norint apskaičiuoti, kokį elektros energijos kiekį pagamins saulės elektrinių parkas, būtina žinoti, kokia yra saulės spinduliavimo energija, patenkanti į Žemės paviršių, kuriame numatomas saulės modulių eksploatavimas.

Lietuvos geografinė platumą nėra tokia palanki Saulės energijai panaudoti, kaip šalys, esančios arčiau ekvatoriaus. Lietuvos Saulės energija, patenkanti į Žemės paviršių, išsisklaido didesniame paviršiaus plote negu tose geografinėse platumose, kuriose vidudienį Saulė yra zenite.

Saulės spinduliai, nueidami ilgesnį kelią atmosferoje, patiria kur kas didesnių absorbcijos ir difuzijos nuostolių. Tiriamojoje teritorijoje Saulės spinduliavimo energija per mėnesį svyruoja nuo 0,54 kWh/m² iki 5,45 kWh/m² per dieną, vidutinė – 2,92 kWh/m² per dieną. Suminė metinė Saulės spinduliavimo energija teritorijoje yra apie 1065,9 kWh/m².

Didžiausias saulės energijos kiekis, tenkantis horizontaliam žemės paviršiui, tiriamojoje teritorijoje išsiskiria nuo gegužės iki rugsėjo mėnesio, o mažiausias intensyvumas – lapkričio, gruodžio, sausio mėnesiais (4 pav.).

Skaičiavimai atlikti remiantis pasaulinio meteorologijos centro NASA duomenimis.



4 pav. Saulės spinduliavimo energija tiriamoje teritorijoje kWh/m² per mėnesį

Saulės energiją tiesiogiai panaudoti apsunkina tiek metų, tiek ir paros Saulės energijos intensyvumo netolygus pasiskirstymas, todėl nuolatinis elektros energijos tiekimas yra negalimas (Mohamed 2010). Tačiau tokių elektrinių priežiūra yra minimali – plauti ar valyti nebūtina, nes Lietuvoje dažnai lyja.

3.2 Vėjo energijos potencialo nustatymas vėjo jėginių teritorijoje

Apie 1–2% iš Saulės gaunamos energijos yra paverčiama vėjo energija. Horizontalus atmosferos oro masių judėjimas kyla dėl nevienodo Žemės ir vandenynų paviršiaus ir paviršinio oro įšilimo veikiant Saulės spinduliams ir Žemės rutulio sukimosi jėgų.

Vėjo energetikos panaudojimo požiūriu pagrindinis parametras yra vėjo greitis, todėl labai svarbu žinoti tam tikros vietovės vėjo greičius.

Prieš pradėdant planuoti vėjo parko įdiegimo galimybes, būtina numatyti metinį pagamintą elektros energijos kiekį. Tam reikalinga įvertinti optimalų vėjo greitį tam tikrame aukštyje ir pagal jį parinkti vėjo jėgainės bokšto aukštį ir elektrinės tipą. Kuo vėjo jėgainės vėjaratis yra aukščiau, tuo greitesnis oro srautas į jį patenka.

Vėjo jėginių parko projekto svarbiausia dalis yra ilgalaikiai vėjo greičio ir krypties matavimai bei tų duomenų vertinimas. Vadovaujantis praktikos metu UAB „Vėjo gūsis“ atliktais tyrimais, buvo atliktas nagrinėjamosios vietos, Griežpelkių kaime (2 pav.) ilgalaikių, 27,1 mėnesių, vėjo parametrų matavimų – nuo 2007–06–29 iki 2009–09–30, vertinimas skirtinguose aukščiuose.

Pasitelkusi specialią *WAsP* programą, UAB „Vėjo gūsis“ atliko ilgalaikius vietovės vėjo greičio ir krypties matavimus skirtinguose aukščiuose.

Matavimai atlikti trijuose skirtinguose aukščiuose:

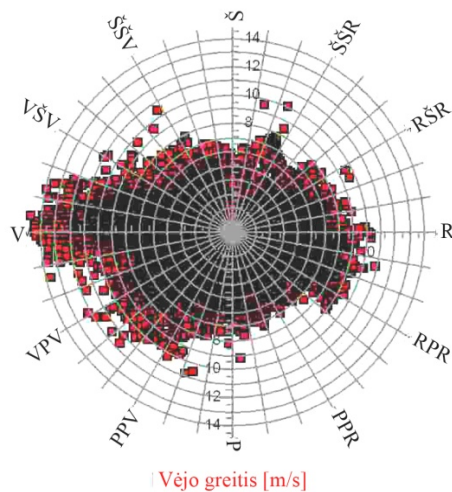
- 42 m.;
- 66 m.;
- 85 m.

Vėjo kryptys nuolat kintant, informacijai apie vėjo krypties kitimą pateikti naudojama vadinamoji *vėjų rožė*. Duomenys apie vėjo krypties kitimą konkrečioje vietovėje pateikiami kompas skalės pavidalo diagramoje, padalytoje į šiuo atveju 36 kampinių sektorių, atitinkančių pasaulio šalių kryptis Š–P–R–V, taip pat tarpines kryptis. Pačioje diagramoje nubrėžiama dar keli apskritimai, kurių spindulys proporcingas vėjo krypties pasikartojimo trukmei, išreikštai santykiniais vienetais (%) nuo visos vėjo trukmės laikotarpio. Diagramos stebėjimo centras atitinka nulinę trukmę.

Vėjo rožėje parodoma ne tik vėjo krypties santykinės trukmės, bet dar ir vėjų pasiskirstymas nurodytoje kryptyje pagal greičius, taip pat nurodytos ir krypties vėjo energijos santykinis dydis.

Vėjo greičio pasiskirstymas 42 metrų aukštyje

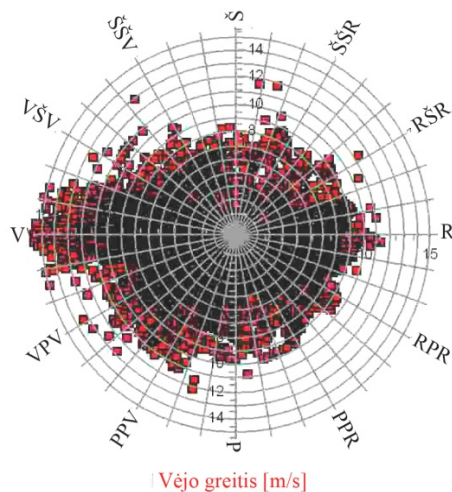
Iš atliktų ilgalaikių matavimų nustatyta, kad vyraujantis vidutinis vėjo greitis 42 metrų aukštyje yra 5,6 m/s (5 pav.)



5 pav. Vėjų rožė 42 m aukštyje

Vėjo greičio pasiskirstymas 66 metrų aukštyje

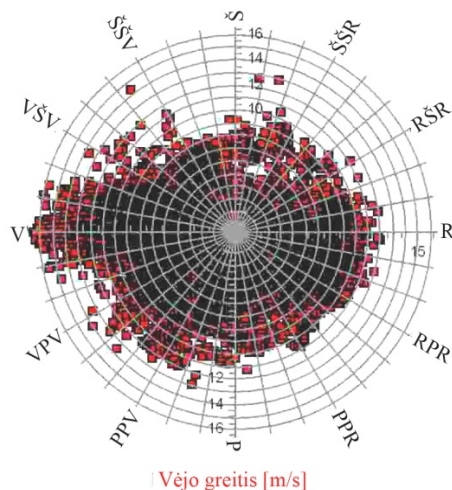
Atlikus ilgalaikius matavimus nustatyta, kad vyraujantis vėjo greitis 66 metrų aukštyje yra 6,2 m/s (6 pav.)



6 pav. Vėjų rožė 66 m aukštyje

Vėjo greičio pasiskirstymas 85 metrų aukštyje (vėjų rožės)

Iš atliktų ilgalaikių matavimų matome, kad vyraujantis vėjo greitis 85 metrų aukštyje yra 7,2 m/s (7 pav.).



7 pav. Vėjų rožė 85 m aukštyje

Iš vėjo rožių matyti, kad vėjo greitis 85 metrų aukštyje yra tinkamas didelės galios vėjo jėgainei dirbti visu pajėgumu. Šie vėjo greičio ir krypties matavimai yra svarbūs parenkant vėjo jėgainę, orientuoti ją tam tikra kryptimi ir numatyti planuojamą pagaminti elektros energijos kiekį.

Pagal atliktų matavimų suvestinę, apskaičiuotas vidutinis metinis vėjo greitis yra 7,2 m/s (1 lentelė), sausį ir vasarį vėjo vidutinis greitis yra didžiausias. Vyraujanti kryptis – vakarų ir pietvakarių.

2 lentelė. Vidutinių vėjo greičių pasiskirstymas per mėnesį.

Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Vid.
9,8 m/s	9,4 m/s	7,4 m/s	6,0 m/s	5,7 m/s	6,8 m/s	6,5 m/s	6,8 m/s	6,8 m/s	7,4 m/s	7,7 m/s	6,3 m/s	7,2 m/s

Taigi, palankiausias aukštis galingai vėjo jėgainei statyti yra 85 metrai ir aukščiau, nes tokia aukštyje vyrauja didesni vėjo greičiai. Geriausia vėjo jėgainės orientuoti vakarų kryptimi.

4. 10 MW saulės ir vėjo elektrinių pagaminamos energijos kiekių skaičiavimai

4.1. Integruotos 10 MW saulės elektrinės Griežpelkių kaime skaičiavimai

4.1.1. Skaičiavimų metodika

Šiame skyriuje aprašyta tyrimo, kurį atlikau 10 MW, integruotos saulės elektrinės įdiegimo Griežpelkių kaime, Klaipėdos rajone, galimybių studija. Apskaičiavau pagamintą saulės energijos kiekį ir išnagrinėjau saulės elektrinės projektavimo technologines savybes. Panaudojant programą „PVSyst“ buvo sumodeliuota integruota saulės elektrinė.

PVsyst programos aprašymas

PVsyst yra kompiuterinė programinė įranga, skirta fotovoltinių sistemų tyrimams – apimties ir duomenų vertinimui. Ši programa skaičiuoja integruotas į bendrą tinklą, pavienes, fotovoltinių modulių sistemas.

PVsyst programinė įranga yra sukurta Ženevos universiteto mokslininkų ir skirta architektams, inžinieriams bei tyrėjams. Programa galima apskaičiuoti valandinę, dieninę bei metinę elektros energijos gamybą tam tikroje vietovėje pasirinktais tam tikrais technologiniais, inžineriniais sprendimais. Šia programa, galima detalai ištirti konkrečių sistemų elgseną ir parinkti tinkamiausią variantą, atsižvelgiant į klimatinės sąlygas ir pritaikant ekonomiškai palankiausius inžinerinius sprendimus (*PVsyst: Software for Photovoltaic Systems* 2010).

4.1.2. Integruotos Saulės elektrinės sistemos dydis ir modulių parinkimas

Saulės šviesos elektrinėje iš Saulės šviesos tiesiogiai gaunama elektros energija. Tokio tipo elektrinę sudaro Saulės elementai, kurie komplektuojami į modlius, moduliai – į plokštes, plokštės su rėmais ir stovais – į saulės elementų laukus.

Fotoelektrinę sistemą sudaro du pagrindiniai komponentai: fotoelektriniai moduliai, kurie saulės energiją paverčia į nuolatinės srovės elektros energiją bei pagrindo konstrukcija (James 2005).

Numatyta instaliuoti 10 MW galingumo saulės modulių parką. Elektros energijos gamybai buvo pasirinkti šiuo metu labiausiai paplitę *monokristalinio silicio* moduliai (Makund 2000). Silicis pasižymi viena labai svarbia savybe – jei į jį krinta šviesa, tai ji iš silicio priemaišų, atomų išmuša šiaip jau tvirtai su branduoliu susietus elektronus, ir šie laisvai keliauja po visą silicio plokštelę. Silicio sluoksnio viršutinė ir apatinė dalis apdorojama chemiškai. Dėl to susidaro teigiamai ir neigiamai įelektrintas sluoksnis.

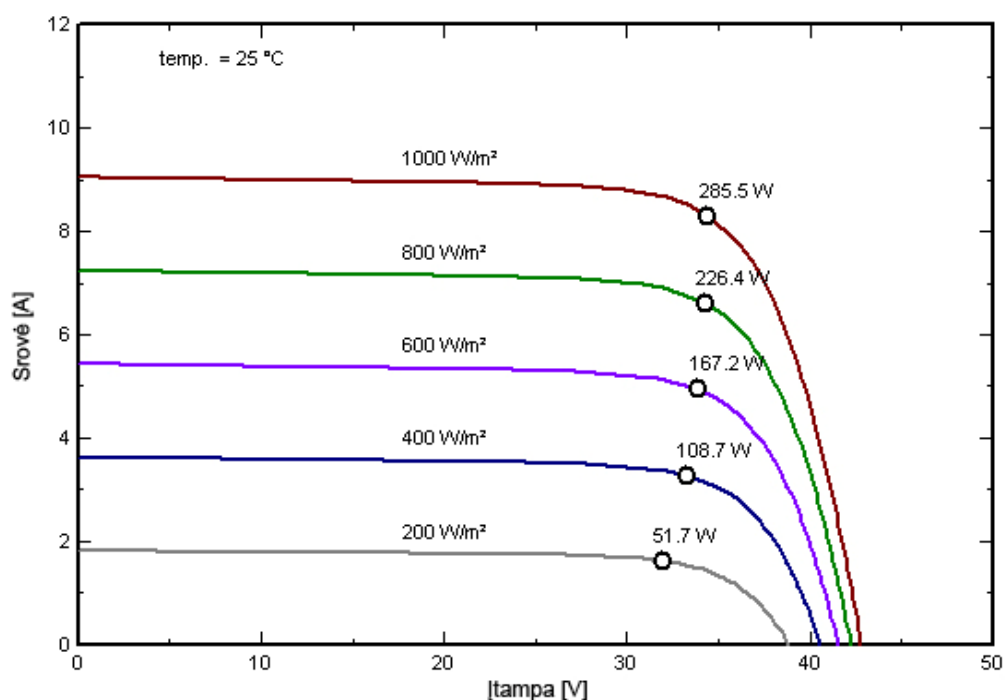
Šiuo atveju parinkau galingus, Vokiečių įmonės *SOLON SE, Solon Black 280/09 (285)* modelio saulės elementus, kurio pagrindiniai parametrai pateikiami lentelėje Nr. 3 ir *priede nr.1*.

3 lentelė. Solon Black 280/09 (285) saulės modulio charakteristika

Parametras	Parametro reikšmė
Modulio gabaritai, mm	1980,00× 1000,00
Modulio storis, mm	42,00
Modulio pikinė galia, W_p	285,00
Modulio plotas, m^2	1,98
Saulės elementų skaičius modulyje, vnt	72,00
Saulės elementų jungimo būdas	Nuoseklus jungimas
Efektyvumas, %	14,39
Modulio rėmo medžiaga	Aliuminis
Svoris, kg	30
Elemento tipas	Vienkristalis silicis

Saulės elemento efektyvumas – tai pikinės galios ir Saulės spinduliuojamos energijos į saulės elementą santykis standartinėmis sąlygomis ($25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Šio modulio efektyvumas yra 14,39 %. Kuo efektyvesnis saulės elementas, tuo mažesni panelio gabaritai (Kytra 2006)

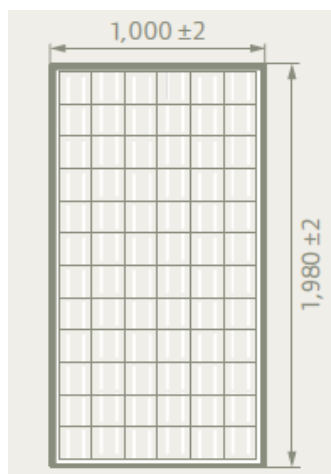
Pagrindines saulės elemento modulio elektrines savybes apibūdina jo voltamperinė charakteristika ir srovės bei galios priklausomybės nuo Saulės spinduliavimo intensyvumo kreivės (8 pav.).



8 pav. Saulės modulio įtampos – srovės charakteristika ir galios kreivė

Saulės elemento srovės stiprumas tiesiogiai proporcingas spinduliuojamos šviesos energijos intensyvumui. *Solon Black 280/09 (285)* saulės elemento modulio darbo srovė, esant 1000 W/m^2 Saulės šviesos intensyvumui, pasiekia apie 9 A ir dirba visu pajėgumu – 285,5 W galia. Akivaizdu, kad Saulės šviesos intensyvumui mažėjant, mažėja ir saulės elemento atiduodama galia.

Fotovoltinį *Solon Black 280/09 (285)* modulį sudaro 72 vienetai nuosekliai sujungtų saulės elementų (9 pav.).



9 pav. SOLON Black 280/09 (285) modulio schema (Solon SE 2010)

Saulės modulių skaičius, reikalingas 10 MW galios saulės elektrinei, apskaičiuojamas:

$$M = \frac{P_{SE\ vtso}\ (Wp)}{P_{SE\ vnt.}\ (Wp)}\ (vnt.); \quad (1)$$

Čia:

M – modulių skaičius, vnt.;

$P_{SE\ vtso}$ – Saulės elektrinės galia, Wp;

$P_{SE\ vnt.}$ – Saulės modulio pikinė galia, Wp.

Plotas, reikalingas integruotos Saulės elektrinės moduliams:

$$A = M \times A_{modulio}\ (m^2) \quad (2)$$

$$A = 35088,0 \times 1,98 = 69474,0\ m^2;$$

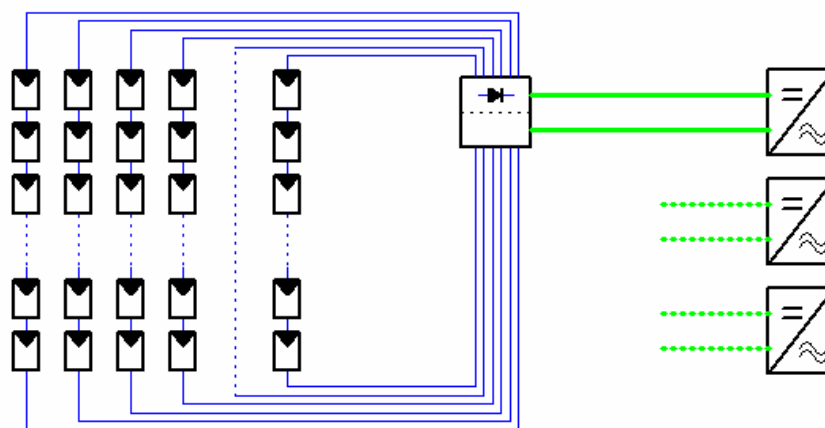
Čia:

A – aulės elektrinės modulių plotų suma, m^2 ;

$A_{modulio}$ – Saulės modulio plotas, m^2 .

Integruota Saulės elektrinės sistema projektuojama taip, kad fotovoltinių modulių sujungimo schemą sudaro 2193 fotovoltiniai moduliai, sujungti lygiagrečiomis juostomis, kurių kiekvienoje nuosekliai sujungta 16 modulių (10 pav.). Viso sistemą sudaro 35088 fotovoltiniai moduliai.

Visai sistemai parenkami 6 inverteriai (Sinvert 1700 MS), kurių bendra galia atitinka veikiančio saulės parko suminę galią. Inverteriai keičia nuolatinę srovę į kintamąją 50 Hz. Vieno inverteriaus galia – 1608 kW. Saulės moduliai iki keitiklių jungiami variniais laidais.



10 pav. Principinė integruotos Saulės elektrinės modulių sujungimo schema

Iš inverterių bloko išėjusi kintama 220 V įtamos srovė paaukštinama transformatorinėje pastotėje ir tada perduodama į bendrą elektros energijos perdavimo tinklą.

Skaičiavimų suvestinė, atlikta su PVSyst programine įranga, pateikta *priede nr. 2*.

4.1.3. Integruotos Saulės elektrinės pagaminamo elektros energijos kiekio skaičiavimas

Elektros energijos kiekį, kurį gali pagaminti saulės elementų moduliai, apskaičiuojama pagal formulę:

$$E_{\text{ist.}} = [(E_{\text{horizpl.}} + (E_{\text{horizpl.}} \times \mu_{36^\circ}) - \mu_{\text{IAM}})A] \mu_{\text{SEM}} - E_{\text{PVist.}} \quad \text{kWh} \quad (3)$$

Čia:

$E_{\text{ist.}}$ – Sistemos pagamintas elektros energijos kiekis, kWh;

$E_{\text{horizpl.}}$ – Energijos apšviestumas, tenkantis į horizontalią plokštumą, 1065,5 kWh;

μ_{36° – koeficientas, parodantis kiek padidėja energijos apšviestumas, tenkantis į saulės modulio plokštumą, pasvirusią 36° ir orientuotą į pietus, lyginant su energijos apšviestumu į horizontalią plokštumą. Šiuo atveju 21 %.

μ_{IAM} – koeficientas, žymintis energijos nuostolius dėl saulės spindulių kritimo kampo kaitos, priimame 3,2 nuo energijos apšviestumo, kuris tenka į saulės modulio plokštumą, pasvirusią 36° ;

A – Saulės elektrinės modulių plotų suma – 69474,0 m^2 ;

η_{SEM} – Saulės elementų modulio efektyvumas – 14,39 %;

$\eta_{PVsist.}$ – koeficientas, sumuojantis nuostolius, kuriuos patiria sistema dėl sistemos neatitikimų, temperatūros, spinduliavimo intensyvumo, inverterio energijos sąnaudų ir t.t. Priimu $\eta_{PVsist.} = 13,2 \% \cdot E_{sist.ikt. nuostol. del sist.}$

Elektros energijos kiekis, kurį pagamins integruota Saulės elektrinė:

$$E_{el(sist.)} = [(((1065,5 + (1065,5 \cdot 0,21))) - 1289,26 \cdot 0,032) \cdot 72831,0) \cdot 0,137] - 0,132 \cdot 12485311,49 = 10$$

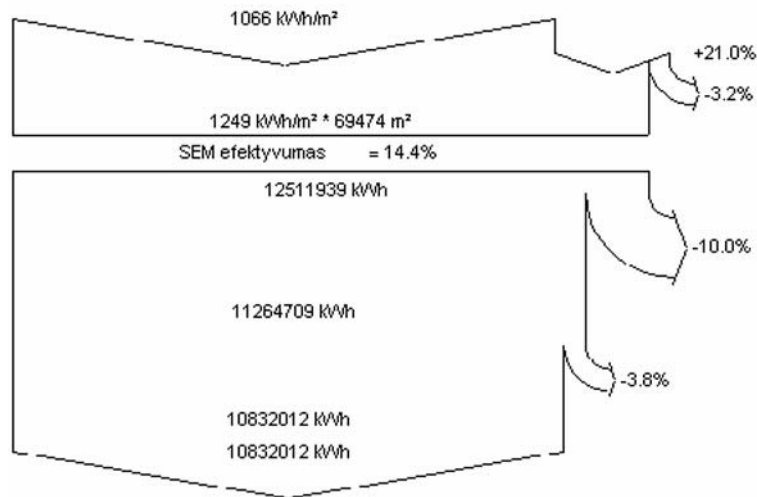
Skaičiavimų suvestinė kiekvienam metų mėnesiui pateikiama 4 lentelėje.

4 lentelė. Saulės elektrinės skaičiavimų suvestinė

Mėnuo	Horiz., apšviestumas, kWh/m ²	T apl., °C	Apšviestum as 36° kampu, kWh/m ²	Efektyvusis apšviestumas, kWh/m ²	Pagaminta energija, neįvertinus nuostolių, kWh	Galutinė pagaminta energija, kWh	Valandų skaičius, h
Sausis	21,10	−3,00	46,80	45,40	432228,00	414401,00	220,00
Vasaris	38,90	−2,80	68,10	66,00	633559,00	609225,00	255,00
Kovas	81,20	0,50	110,50	107,00	1013807,00	975818,00	353,00
Balandis	117,30	6,70	138,80	134,30	1231410,00	1184947,00	401,00
Gegužė	167,70	12,60	175,30	169,80	1516391,00	1459590,00	482,00
Birželis	163,50	15,80	161,80	156,60	1368947,00	1316271,00	490,00
Liepa	162,40	18,30	163,20	157,90	1367953,00	1315482,00	505,00
Rugpjūtis	138,30	17,90	152,60	147,70	1288083,00	1239649,00	442,00
Rugsėjis	86,70	12,90	110,40	107,00	952623,00	915951,00	349,00
Spalis	48,70	8,00	70,90	68,70	626247,00	601471,00	290,00
Lapkritis	23,40	1,80	48,80	47,30	439435,00	421291,00	220,00
Gruodis	16,70	−2,10	42,50	41,10	393800,00	377916,00	201,00
Metai	1065,90	7,22	1289,70	1248,80	11264483,00	10832012,00	4208,00

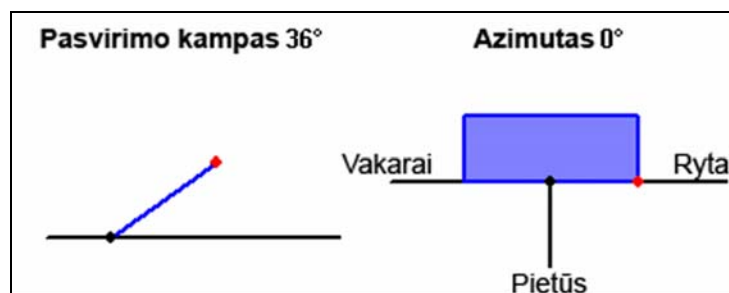
Didžiausi saulės energijos nuostoliai patiriami dėl fotovoltinio modulio efektyvumo (11 pav.). Šiuo metu didžiausias įmanomas saulės elemento efektyvumas siekia 22–24 %. Toks efektyvumas gaunamas todėl, kad skirtingos puslaidininkės medžiagos ar jų kombinacijos į elektros energiją konvertuoja tik tam tikro bangų ilgių diapazono šviesos spindulių energiją – dalis spinduliuojamos energijos negali būti panaudota, nes jų spindulių energija nepakankama aktyvuoti krūvio nešėjus. Dėl to dalis spinduliuojamos energijos nekonvertuojama į elektros energiją ir virsta šiluma.

Saulės energijos kiekis, patenkantis į plokštumą, priklauso nuo tos plokštumos orientavimo Saulės atžvilgiu. Optimalus stacionaraus saulės panelio pasvirimo kampas, orientuotas į pietus Lietuvoje yra 36° (12 pav.). Saulės elementų paneliui nukrypus tiek nuo optimalaus azimuto, tiek nuo optimalios inklinacijos, jo naudingumo koeficientas mažėja (Kytra 2006). Kuo nuokrypis didesnis, tuo labiau sumažėja efektyvumas, atitinkamai ir Saulės elementų atiduodama galia.



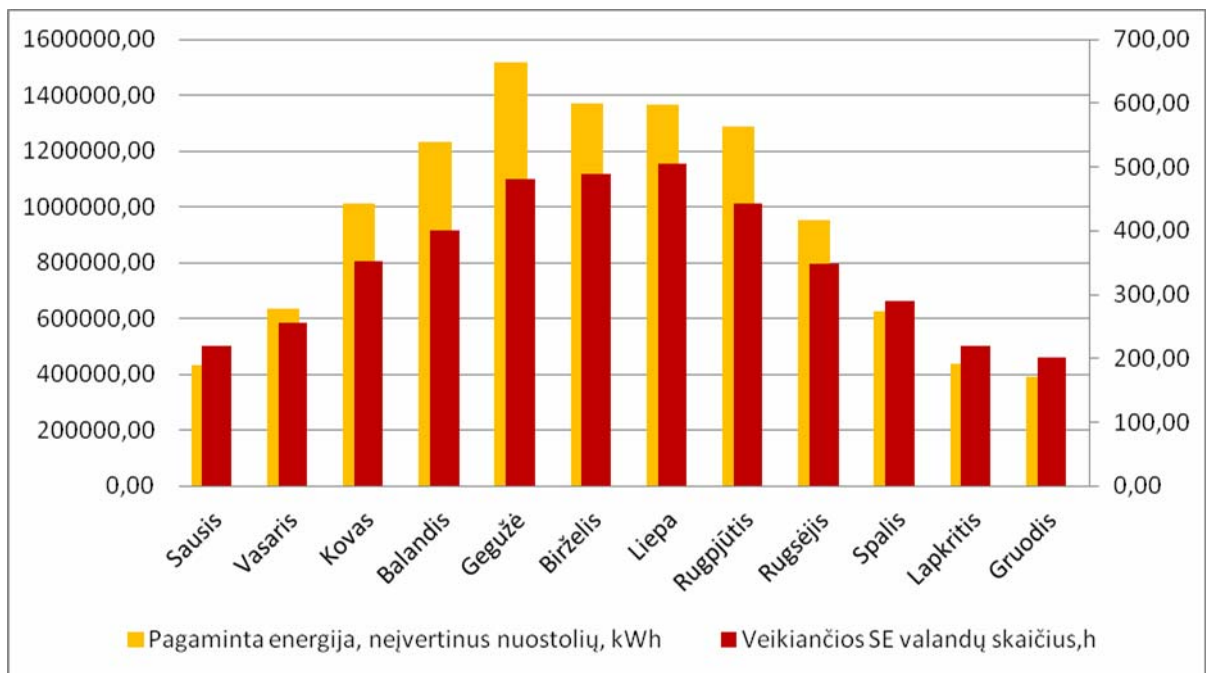
11 pav. Saulės energijos nuostolių schema

Norint padidinti Saulės elementų panaudojimo laipsnį, vietoj jų stacionaraus tvirtinimo naudojama Saulės panelių reguliavimo sistemos. Toks orientacijos valdymas leidžia padidinti metinį pagaminamos elektros energijos kiekį. Plokštė montuojama ant specialaus rėmo, pritvirtinto prie metalinio stovo. Rėmas gali būti pasukamas tam tikru kampu stovo atžvilgiu. Didelėms saulės elektrinėms praktikoje naudojamas rankinis pasukimo mechanizmas.



12 pav. Saulės modulio (plokštės) orientavimas Saulės atžvilgiu

Iš atliktų skaičiavimų matome, kad daugiausia energijos integruota Saulės elektrinė pagamina nuo balandžio iki rugsėjo mėnesio, mažiausiai – lapkritį, gruodį, sausį. 13 pav. pateikiama kiekvieną mėnesį pagaminamas elektros energijos kiekis.



13 pav. Pagamintas energijos kiekis per mėnesį ir valandinis sistemos aktyvumas

Suprojektuota Saulės elektrinė per metus yra aktyvi maždaug pusę laiko, apie 48 %, arba 4208 valandų per metus (13pav.). Didžiausią kiekį sistema pagamina nuo balandžio iki rugsėjo mėnesio. Viso per metus pagaminama apie 10,83 GWh elektros energijos.

4.2. Vėjo elektrinių parko pagaminamo elektros energijos kiekio skaičiavimai

4.2.1. Skaičiavimų metodika

Vertinant vėjo parko įdiegimo galimybes, būtina numatyti metinį pagaminamą elektros energijos kiekį. Tam reikia įvertinti optimalų vėjo greitį tam tikrame aukštyje ir pagal jį parinkti vėjo jėgainės bokšto aukštį ir elektrinės tipą. Kuo vėjo jėgainės vėjaratis yra aukščiau, tuo greitesnis oro srautas į jį patenka.

Judančios oro masės, kinetinė energija pagal antrąjį Niutono dėsnį, arba, kitaip sakant, jos galia, išreiškiama formule:

$$E = P = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (J) \quad (4)$$

Čia:

m – oro masė, kg;

v – oro masės judėjimo (vėjo) greitis, m/s.

Oro masė m :

$$m = \rho \cdot A \cdot v \cdot t \quad (kg) \quad (5)$$

Čia:

ρ – oro tankis, kg/m^3 ; oro tankis yra oro slėgio ir temperatūros funkcija. Sauso oro tankis, kai 288 K (+15 °C) temperatūra ir 760 mm Hg slėgis (p_0) = 1,226 kg/m^3 ;

A – oro srauto skerspjūvis, m^2 ;

t – laikas, s.

Atliktas darbas per tam tikrą laiką t yra vėjo energija, išreiškiama tokia lygtimi:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot t, \quad Wh \quad (6)$$

Taigi, vėjo galia priklauso nuo oro tankio, oro srauto skerspjūvio (turbinos menčių dydžio) ir vėjo greičio. (Gripe 2004).

Horizontalios ašies vėjo jėgainės rotorius mentės, besisukdamos sudaro apskritimą:

$$A = \pi r^2, \quad \text{m}^2 \quad (7)$$

Čia:

A – plotas, m^2 ;

r – rotorius spindulys (apytiksliai vienos menties ilgis), m.

Šis parametras yra svarbus vėjo turbina galingumo rodiklis. Vėjo turbina su didesniu rotoriumi, pagamins daugiau energijos, nei vėjo turbina su mažesniu rotorius diametro.

Energijos kiekį, kurį gali pagaminti vėjo jėgainė, apskaičiuoti galima kelias būdais. Tiksliausias, kurį naudoja vėjo jėgainių gamintojai, yra vėjo jėgainės galios kreivė.

Sudarant galios ir galios koeficiento kreives reikia:

1) apskaičiuoti teorinę galią $P_{\text{teor.}}$ (kW), esant tam tikram vėjo greičiui (m/s):

$$P_{\text{teor.}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 / 1000 \quad (kW) \quad (8)$$

Čia:

v – vėjo greitis, m/s;

ρ – oro tankis, 1,225 kg/m^3 ;

A – oro srauto skerspjūvis, m^2 .

2) apskaičiuoti vėjo galios koeficientą C_p , esant tam tikram vėjo greičiui (m/s):

$$C_p = \frac{P}{P_{\text{teor.}}} \quad (9)$$

Čia:

P – vėjo jėgainės galia esant skirtingiems vėjo greičiams (kW);

$P_{\text{teor.}}$ – teorinė vėjo, neįvertinus galios koeficiento C_p , galia (kW).

Apskaičiuojant pagamintą elektros energijos kiekį, kurį pagamins vėjo elektrinė prie tam tikro vėjo greičio reikia kiekvieną vėjo greičio metinę valandinę trukmę padauginti iš vėjo jėgainės galios esant tam vėjo greičiui ir gauname metinį elektros energijos kiekį, pagamintą pučiant tuo greičiu (10 formulė)

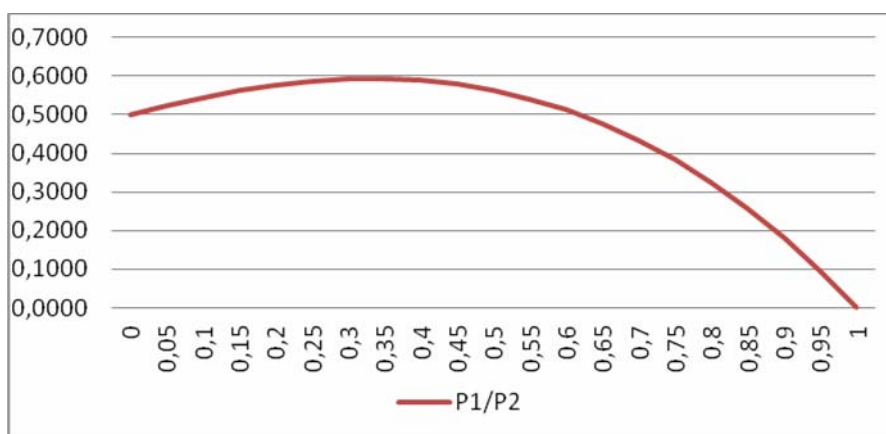
$$E = P \cdot t, \quad (kWh) \quad (10)$$

Čia:

P – vėjo elektrinės išvystoma galia prie tam tikro vėjo greičio, (kW);

t – vėjo greičio trukmė valandomis, h.

Vėjo elektrinės galios koeficientas C_p parodo kokia vėjo galios dalis konvertuojama į elektros energiją. Galios koeficientą galima išreikšti kaip vėjo greičio už turbinos ir vėjo greičio prieš turbiną santykio funkciją (14 pav.). Fizikas *Albert Betz* teoriškai pagrindė, kad maksimalus vėjo turbinos galios koeficientas gali siekti $16/27$ (arba 0,593). Šis skaičius vadinamas *maksimaliu galios koeficientu*, arba *Betzo limitu*. Maksimali galios koeficiento reikšmė, pasiekama, kai vėjo greičio už turbinos rotorius santykis su vėjo greičio prieš rotorius santykis yra 0,3 (Kytra 2006).



14 pav. C_p priklausomybė nuo vėjo greičių už turbinos rotorius ir prieš rotorius

Įvairių tipų vėjo turbinas palyginti vieną su kita patogiau pagal jų galios koeficiento kreives. Pasiekti teoriškai maksimalią galios koeficiento reikšmę nepavyksta kol kas jokiuose vėjo turbinų modeliuose. Kiekvienam turbinos tipui didžiausia galios koeficiento reikšmė pasiekama tikrai esant tam tikram, t.y. optimaliam rotorius sukimosi dažniui.

4.2.2 Vėjo jėgainių parko sistemos dydis ir jėgainių parinkimas

Atsižvelgiant į tai, kad vėjo energijos potencialas Griežpelkių kaime nuo 85 m aukščio yra didelis, parenkamos 5 galingos Vokietijos kompanijos “Enercon” vėjo elektrinės $E - 82$, kurių kiekvienos vardinė galia yra 2MW. Suminė vėjo jėgainių parko instaliuota galia yra 10 MW (Enercon Renewable 2010). Vėjo jėgainės techninė charakteristika pateikiama *priede nr. 3*.

Vėjo jėginių parke jėgainės išdėstomos prisilaikant tam tikrų minimalių atstumų. Literatūros duomenimis, atstumas tarp gretimų vėjo jėginių turi būti ne mažesnis kaip 6–18 rotoriaus skersmenys ir turi būti išlaikomas vienodas visomis kryptimis. Rekomenduojamas atstumas 12 rotoriaus skersmenų. (Gripe 2004)

Atlikus tyrimus, nustatyta, kad nagrinėjamoje teritorijoje vyrauja pietų ir vakarų bei šiaurės ir vakarų vėjai. Šios kryptys sudaro apie 70 % vyraujančių vėjo krypčių. Todėl esant galimybei vėjo jėgainės išdėstyti vyraujančių vėjų kryptimi.

Sklypo plotas, kuriame numatoma statyti šešias vėjo jėgaines yra 486671 m². Įvertinus, kad sanitarinės vėjo elektrinės ribos neviršytų sklypo ribos, vėjo elektrinės (*E-82*) išdėstomos 300 m viena nuo kitos, šie atstumai sudaro apie 7 rotoriaus skersmenis.

4.2.2. Vėjo elektrinės pagaminamo elektros energijos kiekio per metus skaičiavimai

Vėjo jėginių parko projekto svarbiausia dalis yra ilgalaikiai vėjo greičio ir krypties matavimai bei tų duomenų vertinimas.

Uždaviniams spręsti naudojami UAB „Vėjo gūsis“ atliktais ilgalaikiais 27,1 mėnesio vėjo parametrų matavimais – nuo 2007–06–29 iki 2009–09–30, kurie atlikti su specialia *WAsP* programine įranga.

Skaičiuojant konkrečios galios vėjo elektrinės, dirbančios konkrečioje vietovėje, pagamintos per metus elektros energijos kiekį, reikia:

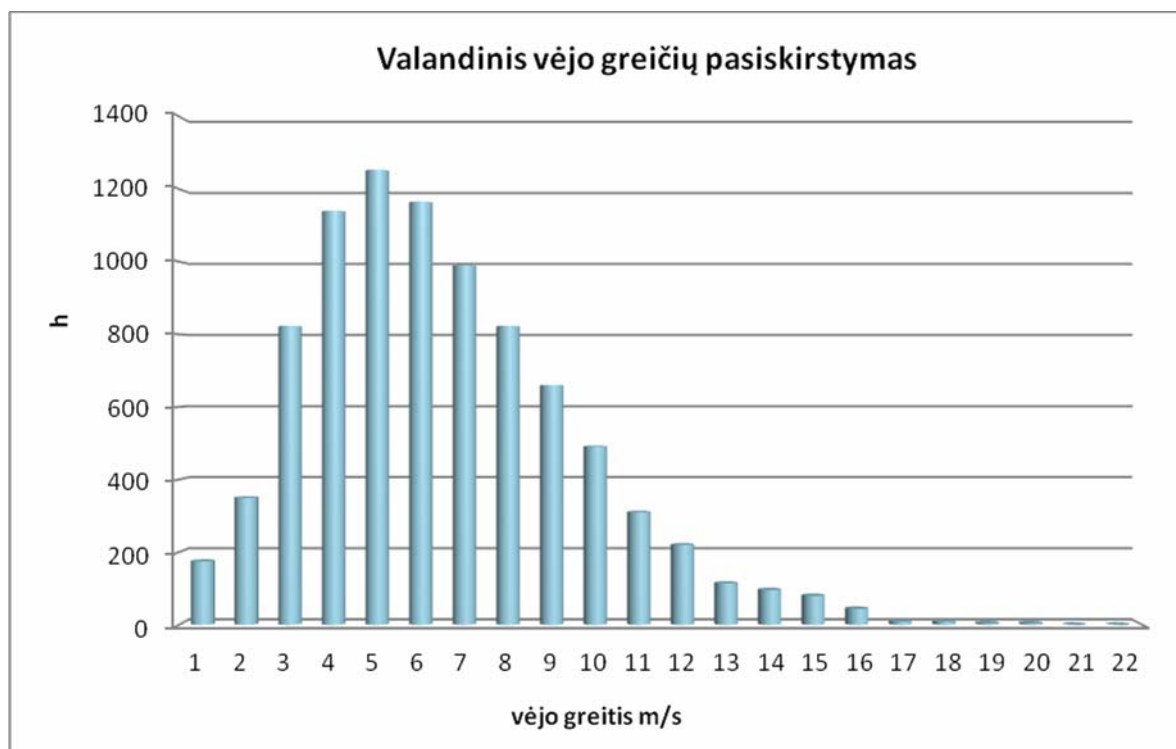
- 1) sudaryti vietovės vėjo greičio pasiskirstymo histogramą;
- 2) sudaryti vėjo turbinos galios kreivę;
- 3) apskaičiuoti pagaminamos elektros energijos kiekį esant atitinkamiems vėjo greičiams.

Skaičiavimams atlikti taip pat turime turėti jėgainės galią esant skirtingiems vėjo greičiams (šie duomenys yra pateikti vėjo jėgainės *Enercon E-82* techninėje charakteristikoje) ir vietovės vidutinę metinę skirtingų greičių trukmę valandomis (5 lentelė).

5 lentelė. Jėgainės (E–82) galia prie skirtingų greičių ir metinė greičio trukmė.

Greitis, V (m/s)	Galia, P (kW)	Trukmė (h)	Greitis, V (m/s)	Galia, P (kW)	Trukmė (h)
1	0	175	14	2000	96
2	3	350	15	2000	80
3	25	823	16	2000	44
4	82	1140	17	2000	9
5	174	1253	18	2000	9
6	321	1165	19	2000	4
7	532	990	20	2000	4
8	815	823	21	2000	0
9	1180	660	22	2000	0
10	1612	491	23	2000	0
11	1890	310	24	2000	0
12	2000	220	25	2000	0
13	2000	114	26	2000	0

Sudarau vietovės vėjo greičio pasiskirstymo per metus histogramą (15 pav).



15 pav. Vėjo greičio pasiskirstymo vietovėje per metus histograma, valandomis (h)

Iš viso metinė valandų trukmė laikoma 8760 valandų. Iš histogramos matome, kad daugiausia laiko pučia vėjas, kurio greitis 5–6 m/s, o labai stiprūs vėjai sudaro nedidelę procentinę dalį.

Skaičiavimai:

- 1) skaičiuoju teorinę galią $P_{\text{teor.}}$ (kW), esant tam tikram vėjo greičiui (m/s), kai

$$A=5281 \text{ m}^2 \text{ (8 formulė);}$$

- 2) skaičiuoju vėjo galios koeficientą C_p , esant tam vėjo greičiui (m/s) (9 formulė);

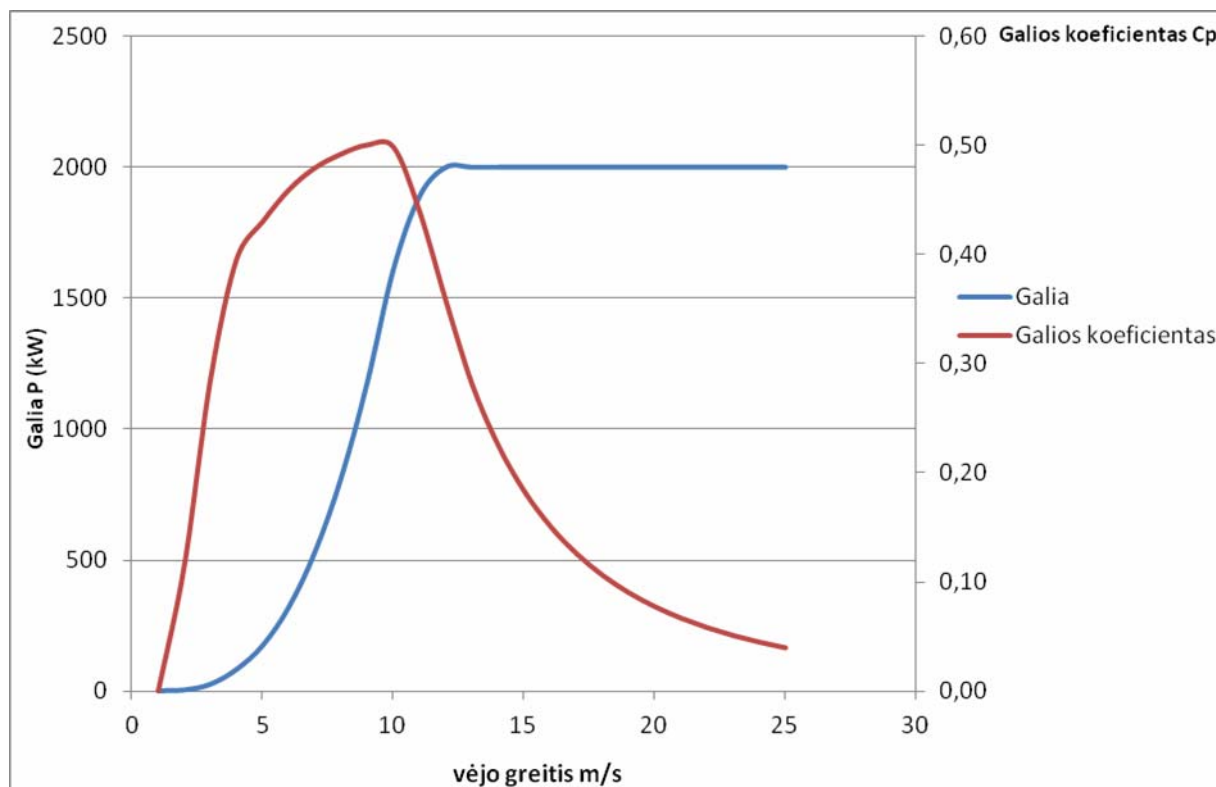
- 3) skaičiuoju elektros energijos kiekį (kWh), kurį pagamins vėjo elektrinė prie tam tikro vėjo greičio (10 formulė)

6 lentelė. Vėjo elektrinės E –82 skaičiavimo rezultatai

V (m/s)	Galia (kW)	Teorinė galia (kW)	Galios koeficientas (C_p)	Pagaminta energija (kWh)
1	0	3	0,00	0
2	3	26	0,12	1050
3	25	87	0,29	20575
4	82	207	0,40	93480
5	174	404	0,43	218022
6	321	699	0,46	373965
7	532	1109	0,48	517770
8	815	1656	0,49	670745
9	1180	2358	0,50	778800
10	1612	3235	0,50	791492
11	1890	4305	0,44	585900
12	2000	5589	0,36	440000
13	2000	7106	0,28	228000
14	2000	8876	0,23	192000
15	2000	10917	0,18	160000
16	2000	13249	0,15	88000
17	2000	15892	0,13	18000
18	2000	18864	0,11	18000
19	2000	22186	0,09	8000
20	2000	25877	0,08	8000
21	2000	29956	0,07	29956
22	2000	34442	0,06	0
23	2000	39356	0,05	0
24	2000	44715	0,04	0
25	2000	50541	0,04	0

Iš apskaičiuoto galios koeficiento C_p ir vėjo jėgainės (E-82) galios reikšmių prie skirtingų greičių, sudarau vėjo jėgainės galios kreivę (16 pav.), iš kurios galime nustatyti, kada vėjo jėgainė veikia efektyviausiai.

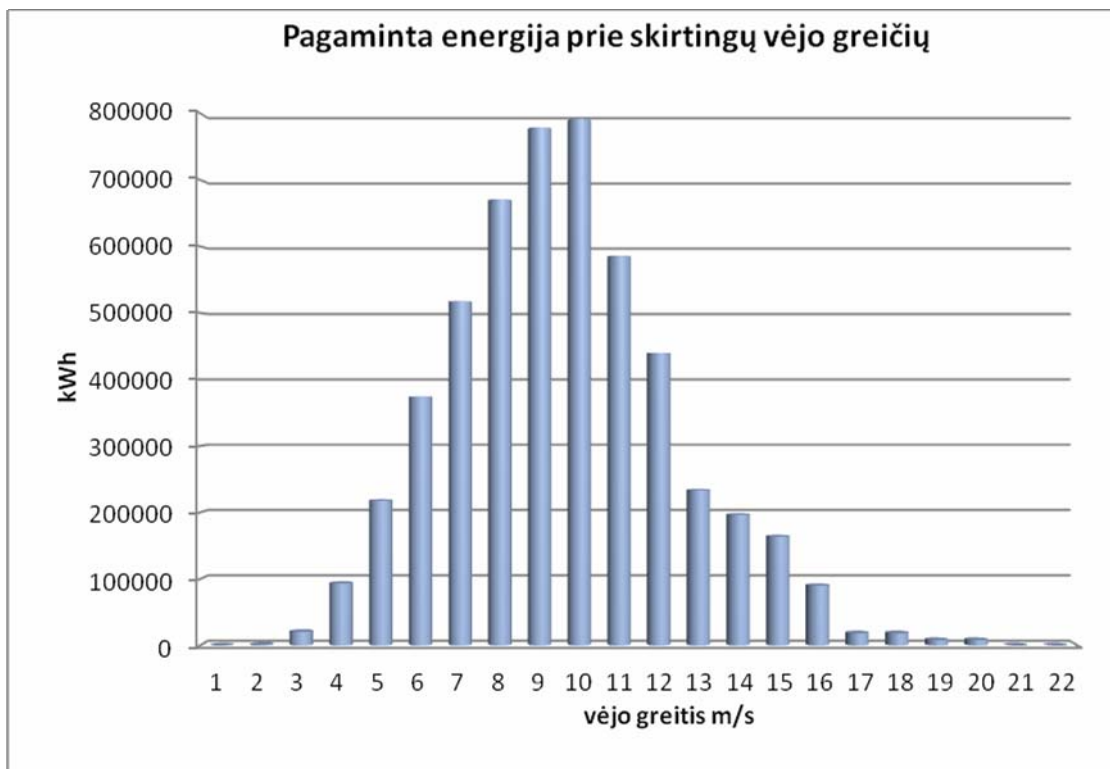
Galios koeficientas C_p neviršija 0,5 reikšmės ir nesiekia teoriškai maksimalios Betz'o 0,593 reikšmės. Todėl teoriniai vėjo galios skaičiavimai, neįvertinus jėgainės naudingumo koeficiento negalimi, nes jie neatitiks realiai pagaminamo elektros energijos kiekio.



16 pav. Vėjo jėgainės E – 82 galios kreivė

Iš sudaryto pagamintos elektros energijos kiekio (kWh) grafiko, esant atitinkamiems greičiams (17 pav.), matyti, kad vėjo jėgainė veikia efektyviausiai, kai vėjo greitis yra 6–10 m/s.

Daugiausia elektros energijos jėgainė pagamins, kai vėjo greitis bus 9–10 m/s, nors valandinis vėjo intensyvumas prie tokių greičių yra 0,4 karto mažesnis nei tada, kai vėjas pučia intensyviausiai (esant 4–6 m/s vėjo greičiams).



17 pav. E–82 elektrinės pagaminamas elektros energijos kiekis esant atitinkamiems greičiams

Metinis elektros energijos kiekis, kurį pagamins E – 82 modelio vėjo elektrinė, bus lygus visų grafiko segmentų sumai:

$$E_{met} = \sum E = 5210749,0 \text{ kWh}$$

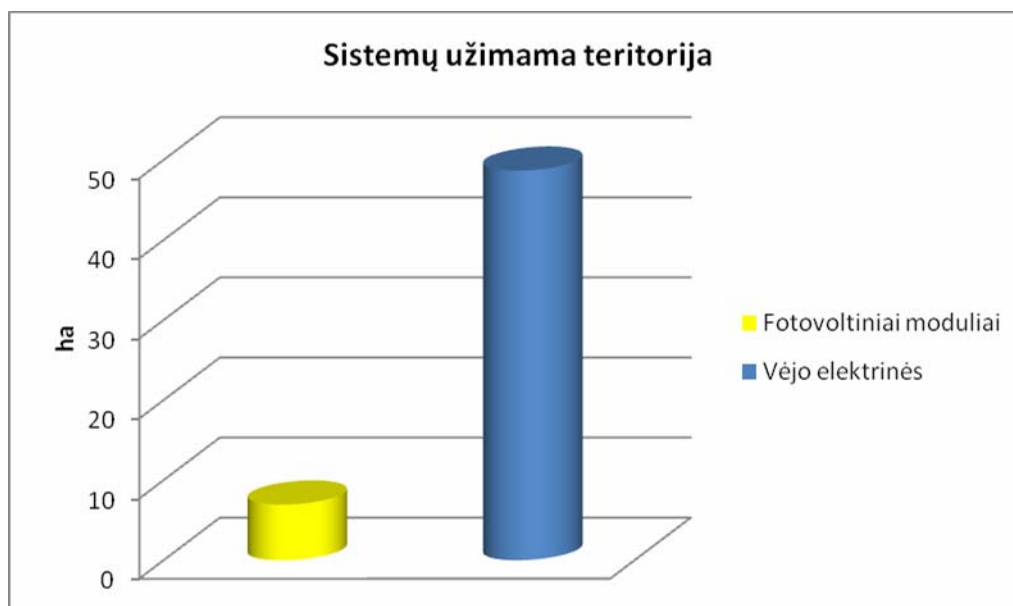
Metinis pagamintos elektros energijos kiekis, kurį pagamins visas vėjo elektrinių parkas:

$$E_{met} \times 5 = 26053745,0 \text{ kWh.}$$

4.3. Gautų rezultatų palyginimas

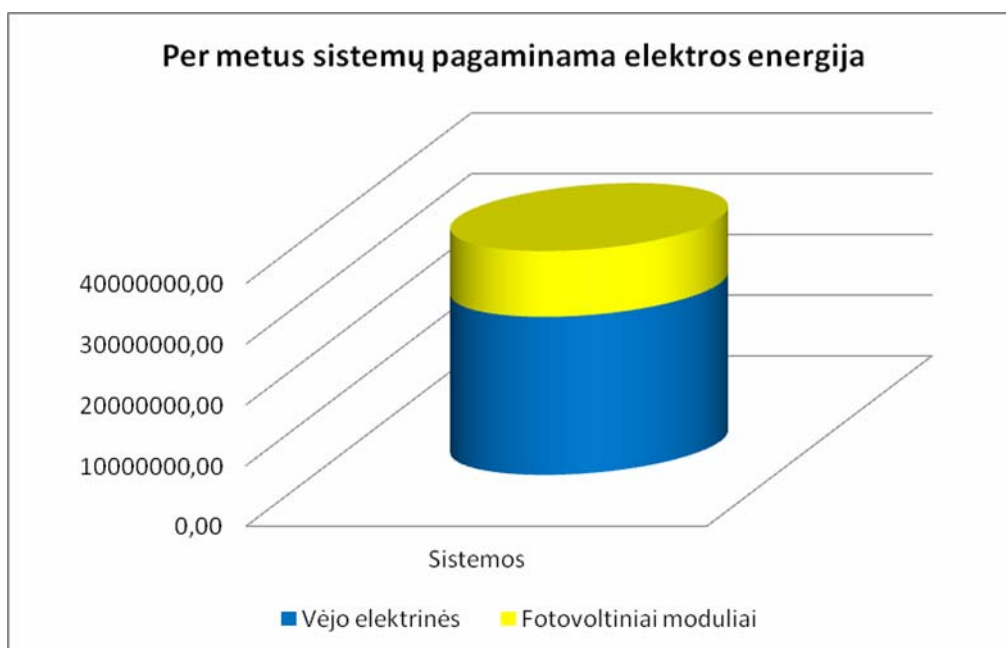
Fotovoltinių modulių ir vėjo jėgainių eksploatacijos laikas – apie 25 metus. Saulės jėgainių priežiūra yra minimali – plauti ar valyti nebūtina, nes Lietuvoje dažnai lyja. Vėjo jėgainei reikia techninės apžiūros, nes joje yra nuolat judančių dalių, kurios ilginiui gali sudilti.

Galingiems vėjo ir saulės jėgainių parkams reikalingas didelis žemės plotas. Saulės moduliams įrengti reikalingas sklypo plotas yra apie 7 ha; vėjo parkui didesnis – apie 49 ha (18 pav.).



18 pav. Sistemų užimami plotai

Atlikus skaičiavimus, nustatyta, kad tokios pat instaliuotos galios vėjo elektrinių parkas yra naudingesnis nei saulės elektrinės – pagamina daugiau nei dvigubai daugiau elektros energijos (19 pav.).



19 pav. Saulės ir vėjo elektrinių metinė generuojama elektros energija, perduodama į tinklą

Galima teigti, kad tiriamojoje teritorijoje vėjo potencialas elektros energijai gaminti yra didesnis nei saulės.

Vėjo jėgainės dirba intensyviau nei saulės jėgainės, nes pastarosios negamina energijos tamsiuoju paros metu. Vėjo elektrinė per metus dirba apie 94 % viso laiko, Saulės elektrinė – 48 %.

4. Tiriamųjų sistemų gyvavimo ciklo lyginamoji analizė

5.2. Lyginamų sistemų funkcinis vienetas

Gamindamos energiją, atsinaujinančios vėjo ir saulės energetikos technologijos yra laikomos visiškai neteršiančios aplinkos, todėl šių technologijų gamybos procesų vertinimas yra svarbus, nustatant teršalų išmetimus į aplinką ir energijos suvartojimą per visą šių technologijų gyvavimo laiką. Todėl nuodugnesnių tyrimų pagalba galima įvertinti tokių jėgainių tvarumą.

Šiame skyriuje atliekama dviejų elektros energijos sistemų gyvavimo ciklo lyginamoji analizė. Šios dvi sistemos skiriasi elektros energiją generuojančiais elementais. Vienoje sistemoje elektrą generuoja vėjo jėgainės, o kitoje – saulės elementų modulynas.

Nagrinėjami objektai:

- 1) 10 MW vėjo jėgainių parkas, kurį sudaro penkios 2 MW vardinės galios *Enercon E-82* elektrinės;
- 2) 10 MW saulės elektrinė, kurią sudaro 35088 vienetai *Solon Black 280/09 (285)* fotomodulių, kurių vardinė galia yra 285 Wp.

Gyvavimo ciklo analizės tikslas – išnagrinėti šių sistemų, kurių funkcinis vienetas yra vienoda 10 MW galia, gyvavimo ciklą energetiniu ir ekologiniu požiūriais per visą jų gyvavimo laikotarpį, t.y. 25 metus, atsižvelgiant į tam tikslui, naudojamų medžiagų gamybą ir naudojimą.

5.3. Inventorinė analizė

Analizuojami objektai yra tie, kokius parinkau atliekant skaičiavimus viso baigiamojo darbo metu.

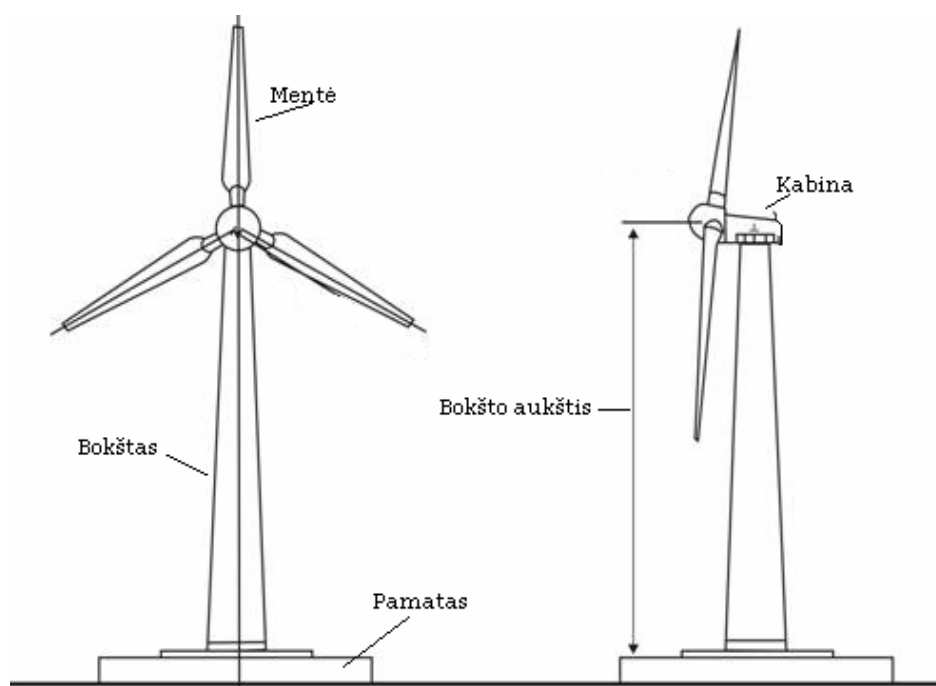
2 MW galios Enercon E-82 elektrinės pagrindiniai vėjo jėgainės išoriniai elementai (20 pav.):

- *rotorius* – vėjo jėgainės mentės ir stebulė;
- *kabina* – joje sumontuotas pasukimo įrenginys, generatorius ir kiti elementai;
- *bokštas* – cilindrinis stiebas, naudojamas vėjo jėgainei tvirtinti prie pamato;
- *pamatas* – plienų armuoto betono konstrukcija, į kurią tvirtinamas bokštas. (Katinas 2001)

Pagridinių vėjo jėgainės Enercon E-82 sudedamųjų dalių medžiagų ir kiekių suvestinė pateikiama lentelėje nr.7. Vėjo jėgainės sudedamųjų dalių duomenys gauti iš UAB „Vėjo gūsis“ techninės dokumentacijos, patvirtintos produkto gamintojo (Enercon GmbH).

7 lentelė. Enercon E-82 pagrindinių sudedamųjų dalių medžiagų ir kiekių suvestinė.

Vėjo jėgainės sudedamoji dalis	Medžiaga	Mato vnt.	Svoris, kg
Bokštas	Plienas	kg	246000,00
Kabina	Plienas	kg	79200,00
Stebulė	Aliuminis	kg	28000,00
Generatorius	Varis	kg	22300,00
Mentės	Stiklo pluoštas	kg	25000,00
Pamatas	Betonas	kg	940000,00
Viso:			1340500,00



20 pav. Vėjo jėgainės pagrindiniai išoriniai elementai

Bendras vėjo jėgainių sistemos svoris yra 6702,50 tonų.

PASTABA: laidai ir kabeliai šiame darbe nėra vertinami.

285 Wp Solon Black 280/09 (285) fotomodulio pagrindiniai komponentai:

- 1) fotoelektriniai moduliai, kurie saulės energiją paverčia nuolatinės srovės elektros energija
- 2) pagrindo konstrukcija.

Fotovoltinis modulis yra svarbiausias kiekvienos fotoelektrinės sistemos komponentas. Nagrinėjamas fotovoltinis elementas formuojamas puslaidininkėje medžiagoje – silicyje.

Šio darbo metu nagrinėjamą sistemą sudaro monokristaliniai fotovoltiniai elementai, kurių matmenys yra (1980x1000x42) mm.

Sistemos pagrindiniai elementai yra: fotomoduliai (juose pačiuose yra ir skirstymo dėžė iš plastiko, skirta elektriniam ryšiui palaikyti su kitais moduliais), kurie sujungti laidais ir aliuminio stovai, ant kurių plieniniais varžtais pritvirtinti fotomoduliai (Stoppato 2006).

Saulės fotovoltinis modulis susidaro iš 5 medžiagų (8lentelė):

- stiklo (viršutinis fotomodulio sluoksnis);
- antirefleksinės dangos (dedama po stiklu);
- sidabro (kontaktinis tinklelis);
- silicio sluoksniai (puslaidininkis);
- aliuminis (fotomodulio rėmas ir stovas).

8 lentelė. Solon Black 280/09 (285) pagrindinių sudedamųjų dalių medžiagų ir kiekių suvestinė.

Fotomodulio sudedamoji dalis	Medžiaga	Mato vnt.	Svoris, kg
Viršutinis fotomodulio sluoksnis	Stiklas	kg	9,25
Jungimosi dėžės elementai	Varis	kg	0,37
	Plienas	kg	0,6
	Polietilenas	kg	0,37
Kontaktinis tinklelis	Sidabras	kg	Nykstamai mažas
Puslaidininkis	Silicis	kg	2,59
Rėmas	Aliuminis	kg	9,65
Stovas	Aliuminis	kg	7,00
	Plienas		1,5
Varžtai	Plienas	kg	5,6
Viso:			37,00

PASTABOS:

- *Antirefleksinė danga šiame darbe nevertinama;*
- *Laidai ir kabeliai, kuriais sujungti saulės elementai nevertinami;*
- *Vertinami tiksliai jungimosi dėžėje esantys elementai, kurie pagaminti iš vario, plieno ir nedidelės dalies polietileno.*

5.4. Energetinis vertinimas

Išnagrinėjus, kokios medžiagos sudaro vėjo elektrinę ir fotomodulį bei pasinaudojus *SimaPro* programos duomenų baze, buvo gauti duomenys, koks pirminės energijos kiekis reikalingas išgauti 1 kg sudedamųjų medžiagų gavybai.

Plieno gamyba

Šiuolaikinėje metalurgijoje plienas gaunamas pagal dviejų pakopų schemą: aukštakrosnėse išlydomas perdirbamasis ketus, paskui iš jo lydomas plienas (American iron 2011).

Pagrindiniai energijos srautai, įeinantys plieno gamybos metu pateikti 9 lentelėje, duomenys gauti iš *SimaPro* programos, pagal vidutinę esamą gamybos technologiją. Atlikus skaičiavimus su programa, buvo gauta, kad 1 kg plieno išgauti reikia 93,22 MJ pirminės energijos.

9 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg plieno gamybos metu

Plieno energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Dujos iš naftos 35 MJ/m ³ , į žemę	0,04	m ³	1,32
Hidroenergija	6,26E-06	TJ	0,63
Rudoji anglis, 8 MJ/kg, į žemę	0,41	kg	3,31
Anglis 18 MJ per kg, į žemę	1,88	kg	33,84
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,34	m ³	11,76
Neapdirbta nafta 42.6 MJ/kg, į žemę	5,49E-04	t	23,39
Uranas 560 GJ/kg, į žemę	3,39E-05	kg	18,97
Viso:			93,22

Aliuminio gamyba

Aliuminis – vienas iš labiausiai paplitusių žemės plutos elementų ir yra gaunamas iš aliuminio rūdų: boksito, kaolinito, korundo. Jis lengvas, minkštas, plastiškas, kalus, tąsus, lengvai poliruojamas, anoduojamas, atspindintis šviesą (Wikipedia 2011).

Atlikus skaičiavimus su *SimaPro* programa, buvo gauta, kad 1 kg aliuminio išgauti reikia 208,86 MJ pirminės energijos.

10 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg aliuminio gamybos metu

Aliuminio energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Dujos iš naftos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,09	m ³	3,09
Rudoji anglis, 8 MJ/kg, į žemę	0,51	kg	4,06
Anglis, 18 MJ/kg, į žemę	2,73	kg	49,14
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,46	m ³	16,10
Neapdirbta nafta 42.6 MJ/kg, į žemę	1,29	kg	54,95
Uranas, 560 GJ/kg, į žemę	7,95E-05	kg	44,52
Hidroenergija	3,70E-05	TJ	37,00
Viso:			208,86

Stiklo gamyba

Stiklas – vientisa amorfinė kieta medžiaga, paprastai gaminama labai greitai užšaldant tasią išlydytą medžiagą, neleidžiant susidaryti įprastai kristalinei formai. Grynas stiklas yra permatoma, sąlyginai tvirta, mažai susidėvinti, neveikli ir biologiškai neaktyvi medžiaga, iš kurios galima formuoti labai lygius, nelaidžius paviršius (Wikipedia 2011).

Su *SimaPro* programa atlikus skaičiavimus, gauta, kad 1 kg stiklo išgauti reikia 14,10 MJ pirminės energijos.

11 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg stiklo gamybos metu

Stiklo energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Dujos iš naftos 35 MJ/m ³ , į žemę	1,83E-03	m ³	0,06
Hidroenergija	1,47E-07	TJ	0,15
Rudoji anglis, 8 MJ/kg, į žemę	0,03	kg	0,26
Anglis 18 MJ/kg, į žemę	0,16	kg	2,81
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,24	m ³	8,44
Neapdirbta nafta, 42.6 MJ/kg, į žemę	2,68E-05	t	1,14
Uranas, 560 GJ/kg, į žemę	2,22E-06	kg	1,24
Viso:			14,10

Vario gamyba

Varis gaunamas pirometalurgijos būdu perdirbant sulfidines vario rūdas. Su *SimaPro* programa atlikus skaičiavimus, gauta, kad 1 kg vario išgauti reikia 99,36 MJ pirminės energijos.

12 lentelė . Pagrindiniai energijos srautai 1 kg vario gamybos metu

Vario energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Anglis, 18 MJ/kg, į žemę	0,77	kg	13,91
Neapdirbta nafta, 42.6 MJ/kg, į žemę	0,66	kg	27,95
Uranas, 560 GJ/kg, į žemę	5,00E-05	kg	28,00
Hidroenergija	3,49E-06	TJ	3,49
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,58	m ³	20,27
Rudoji anglis 8 MJ/kg, į žemę	0,72	kg	5,74
Viso:			99,36

Silicio gamyba

Saulės elementų gamybai reikia ypatingai gryno silicio. Kadangi silicio gamyba prasideda nuo smėlio ir anglies, šioms žaliavoms keliama aukšti grynumo reikalavimai (Wikipedia 2011). Silicį galima pagaminti elektrinėse krosnyse redukuojant kvarcą arba smėlį (SiO₂) koku.

Su *SimaPro* programa atlikus skaičiavimus, gauta, kad 1 kg silicio išgauti reikia 99,36 MJ pirminės energijos.

13 lentelė . Pagrindiniai energijos srautai 1 kg silicio gamybos metu

Silicio energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Dujos iš naftos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,04	m ³	1,316
Hidroenergija	1,03E-05	TJ	10,3
Rudoji anglis, 8 MJ/kg, į žemę	2,33	kg	18,64
Anglis, 18 MJ/kg, į žemę	4,34	kg	78,12
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,32	m ³	11,09
Neapdirbta nafta, 42.6 MJ/kg, į žemę	5,50E-04	t	23,43
Uranas, 560 GJ/kg, į žemę	1,58E-04	kg	88,48
Viso:			231,38

Stiklo pluoštas

Stiklo pluoštas – medžiaga, sudaryta iš labai plonų stiklo siūlelių. Ji naudojama kaip sustiprinanti medžiaga daugeliui plastiko produktų.

Su *SimaPro* programa atlikus skaičiavimus, gauta, kad 1 kg silicio išgauti reikia 99,36 MJ pirminės energijos.

14 lentelė .Pagrindiniai energijos srautai 1 kg stiklo pluošto gamybos metu

Stiklo pluošto energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Dujos iš naftos, 35 MJ/m ³ , į žemę	1,71E-03	m ³	0,06
Hidroenergija	1,50E-01	TJ	0,15
Rudoji anglis, 8 MJ/kg, į žemę	0,03	kg	0,26
Anglis, 18 MJ/kg, į žemę	0,16	kg	2,81
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,24	m ³	8,44
Neapdirbta nafta, 42.6 MJ/kg, į žemę	0,03	t	1,14
Uranas, 560 GJ/kg, į žemę	2,14E-09	kg	0,0012
Viso:			12,86

Betono gamyba

Betonas – medžiaga, gauta sumaišius rišamąją medžiagą, stambiuosius ir smulkiuosius užpildžius bei vandenį, pridėjus priedų ir įmaišų ar be jų, kurios reikiamos savybės susiformuoja kietėjimo metu (Wikipedia 2011)

Pagrindiniai energijos srautai, įeinantys betono gamybos metu pateikti 15 lentelėje, duomenys gauti iš *SimaPro* programos. Atlikus skaičiavimus su *SimaPro* programa, buvo gauta, kad 1 kg betono išgauti, apimant ir transportavimo procesus, reikia 0,86 MJ pirminės energijos.

15 lentelė .Pagrindiniai energijos srautai 1 kg betono gamybos metu

Betono energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Dujos iš naftos, 35 MJ/m ³ , į žemę	4,28E-04	m ³	0,01
Hidroenergija	1,68E-08	TJ	0,012
Rudoji anglis, 8 MJ/kg, į žemę	3,53E-03	kg	0,03
Anglis, 18 MJ/kg, į žemę	0,02	kg	0,36
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	9,47E-04	m ³	0,03
Neapdirbta nafta, 42.6 MJ/kg, į žemę	6,26E-06	t	0,27
Uranas, 560 GJ/kg, į žemę	2,44E-07	kg	0,16
Viso:			0,86

Polietilenas HDPE – didelio tankumo polietilenas

Polietilenas yra sudarytas iš šakotų makromolekulių ir gaunamas polimerizuojant eteną (Wikipedia 2011).

Pagrindiniai energijos srautai, įeinantys polietileno gamybos metu pateikti 16 lentelėje, duomenys gauti iš *SimaPro* programos. Atlikus skaičiavimus, buvo gauta, kad 1 kg polietileno išgauti, apimant ir transportavimo procesus, reikia 81,75 MJ pirminės energijos.

16 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai 1 kg polietileno gamybos metu

Polietileno energijos srautai	Kiekis	Vnt.	MJ
Dujos iš naftos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,11	m ³	3,92
Hidroenergija	5,25E-07	TJ	0,53
Rudoji anglis, 8 MJ/kg, į žemę	0,12	kg	0,95
Anglis, 18 MJ/kg, į žemę	0,10	kg	1,84
Gamtinės dujos, 35 MJ/m ³ , į žemę	0,02	m ³	0,57
Neapdirbta nafta, 42.6 MJ/kg, į žemę	1,63E-03	t	69,44
Uranas, 560 GJ/kg, į žemę	8,05E-06	kg	4,50
Viso:			81,75

5.4.1. Pirminės energijos kiekis vėjo ir saulės jėgainių gamybai

Išnagrinėjus, kokios medžiagos sudaro vėjo elektrinę ir fotomodulį bei pasinaudojus *SimaPro* programos duomenų baze, buvo gauti duomenys pateikti 17 ir 18 lentelėse, kuriose nurodomi energiniai srautai 10 MW saulės ir vėjo elektrinių gamybos fazėse.

Skaičiavimai atlikti kiekvienos medžiagos, sudarančios objektą, suminį svorį padauginus iš tos medžiagos svorio vienetui (kg) pagaminti reikalingos energijos.

17 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai saulės modulio medžiagų gamybos metu.

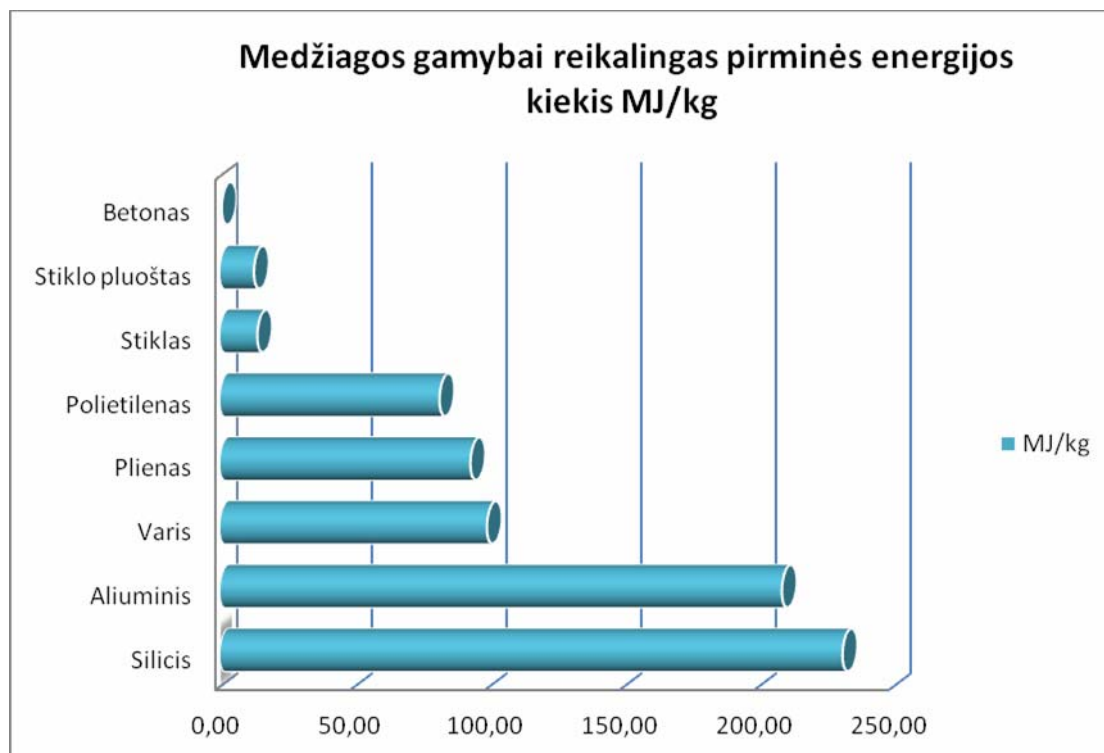
Fotomodulio sudedamoji dalis	Medžiaga	Mato vnt.	Svoris, kg	MJ/kg	MJ	GJ
Viršutinis fotomodulio sluoksnis	Stiklas	kg	9,25	14,1	130,43	4576,35
Jungimosi dėžės elementai	Varis	kg	0,37	99,36	36,76	1289,95
	Plienas	kg	0,67	93,22	62,46	2191,51
	Polietilenas	kg	0,37	81,75	30,25	1061,32
Puslaidininkis	Silicis	kg	2,59	231,38	599,27	21027,33
Rėmas	Aliuminis	kg	9,65	208,86	2015,50	70719,83
Stovas	Aliuminis	kg	7,00	208,86	1462,02	51299,36
	Plienas		1,50	93,22	139,83	4906,36
Varžtai	Plienas	kg	5,60	93,22	522,03	18317,06
Viso:			37,00	Viso:	4998,55	175389,06

18 lentelė. Pagrindiniai energijos srautai vėjo jėgainių parko medžiagų gamybos metu.

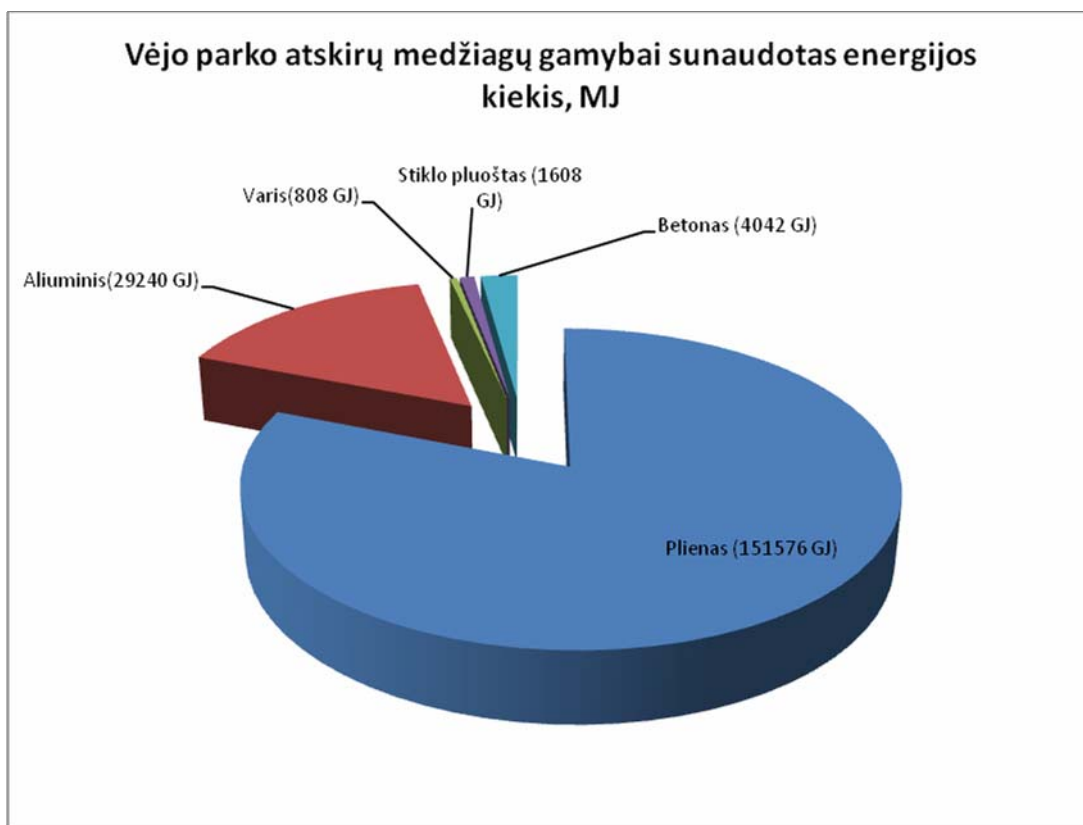
Vėjo jėgainės sudedamoji dalis	Medžiaga	Mat o vnt.	Svoris, kg	MJ/kg	MJ	GJ
Bokštas	Plienas	kg	246000	93,22	30315144,00	151575,72
Kabina	Plienas	kg	79200			
Stebulė	Aliuminis	kg	28000	208,86	5848080,00	29240,40
Generato rius	Varis	kg	22300	7,25	161675,00	808,38
Mentės	Stiklo pluoštas	kg	25000	12,86	321500,00	1607,50
Pamatas	Betonas	kg	940000	0,86	808400,00	4042,00
Viso:			1340500	Viso:	37454799,00	187274,00

Didžiausias vėjo jėgainės ir fotomodulio sudedamųjų medžiagų gamybos metu sunaudotas energijos kiekis, pagaminti 1 kilogramą medžiagos, yra gaminant silicį ir aliuminį (21 pav.)

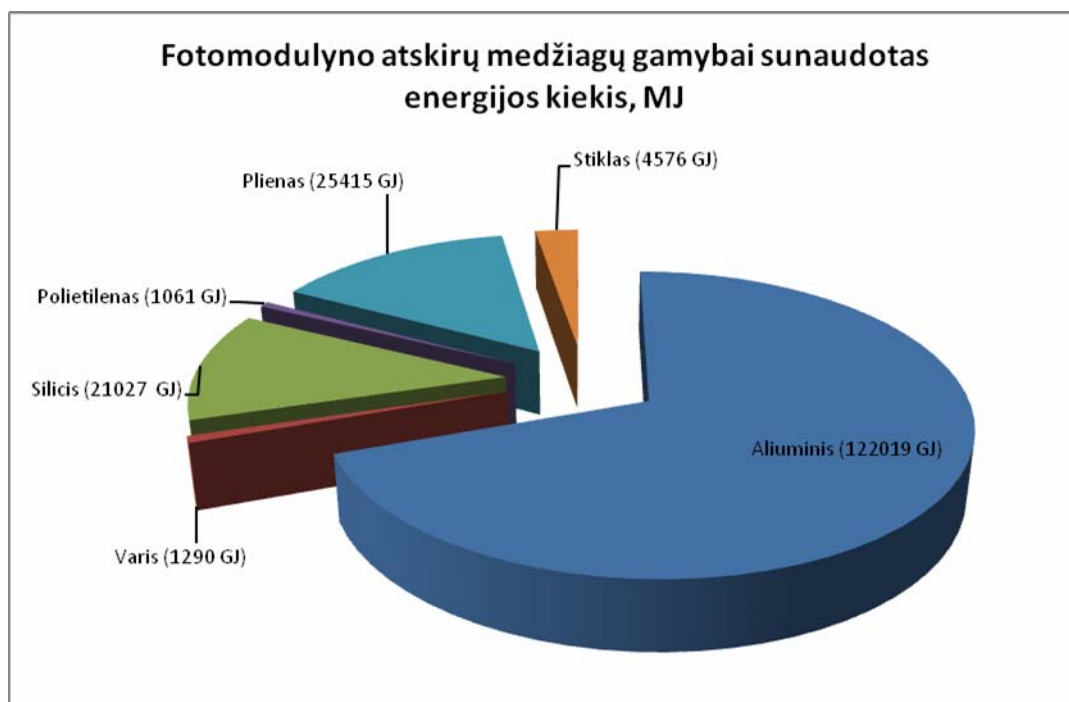
Vertinant visą vėjo elektrinių parką ir visą fotovoltinių modulių sistemą, t.y. visą sistemą sudarančių atitinkamų medžiagų masę, didžiausias energijos kiekis sunaudojamas plienui, aliuminiui ir siliciui gaminti (22 ir 23 pav.).



21 pav. Medžiagos gamybai reikalingas pirminės energijos kiekis



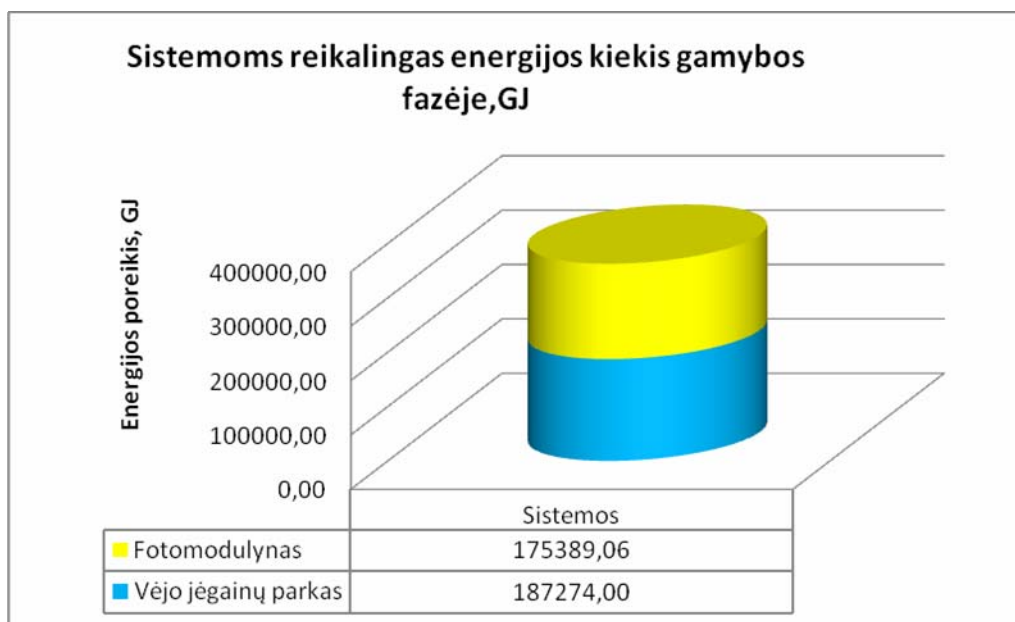
22 pav. Vėjo parko atskirų medžiagų gamybai sunaudotas energijos kiekis



23 pav. Fotomodulynui atskirų medžiagų gamybai sunaudotas energijos kiekis

Viename fotomodelyje, masės atžvilgiu, stiklo yra daugiausiai, bet bendrame pirminės energijos sunaudojime jo gamybai tereikia apie 3% visų fotomodulių medžiagų gamybai sunaudotos energijos.

Lyginant dvi sistemas bendrai, energijos poreikis tiek vėjo jėgainių parkui, tiek fotomodulių elektrinei, skiriasi nežymiai (24 pav.). Tiek vienai, tiek kitai elektrinei pagaminti sunaudojama nuo 175×10^3 GJ iki 187×10^3 GJ.



24 pav. Sistemoms pagaminti sunaudotas energijos kiekis

5.4.2. Pirminės energijos kiekis vėjo ir saulės jėgainių naudojimo fazėje

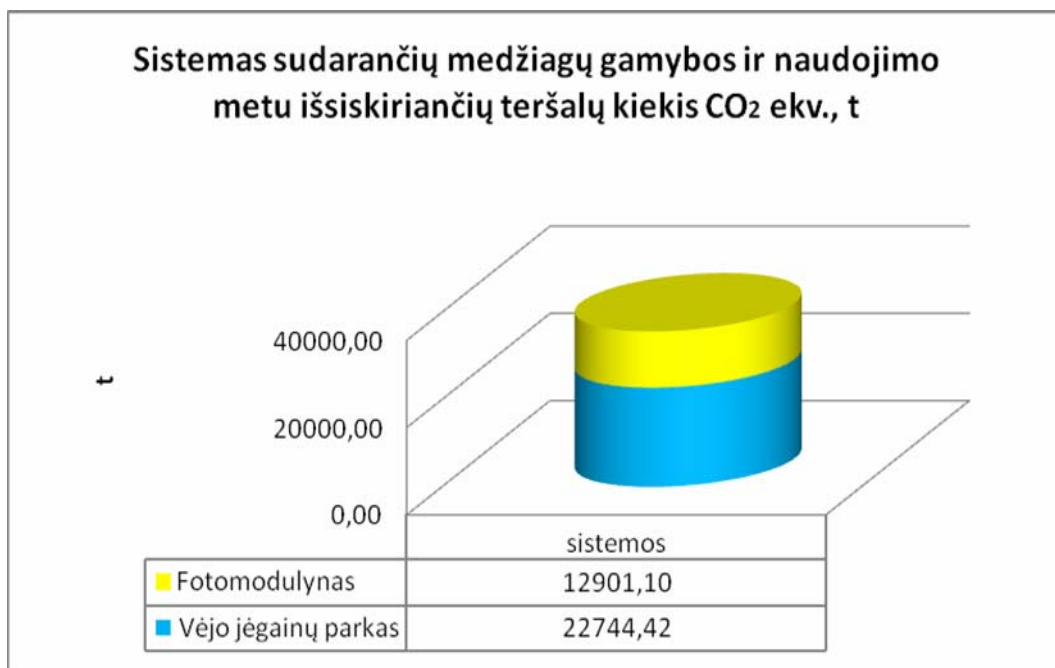
Vėjo jėgainių ir fotovoltinių modulių remonto ir priežiūros būtinybę sąlygoja oro sąlygų sukelti padariniai, tokie kaip labai stiprus vėjas, vėtros, kruša. Tačiau vėjo jėgainės ir saulės moduliai yra labai aukštos kokybės konstrukcijos ir dažniausiai itin blogų oro sąlygų įtaką gali atlaikyti. Naudojant vėjo jėgainių sistemą, didesnė tikimybė, kad gali kilti problemų su valdymo sistemos gedimais.

Šioje dalyje įvertinu tai, kad kai kurias medžiagas laikui bėgant reiks pakeisti. Priimu, kad atitinkamų sistemų tam tikros medžiagos bus keičiamos pagal poreikį, per visą sistemų gyvavimo laiką – 25 metus.

Priimu, kad naudojimo metu bus keičiama:

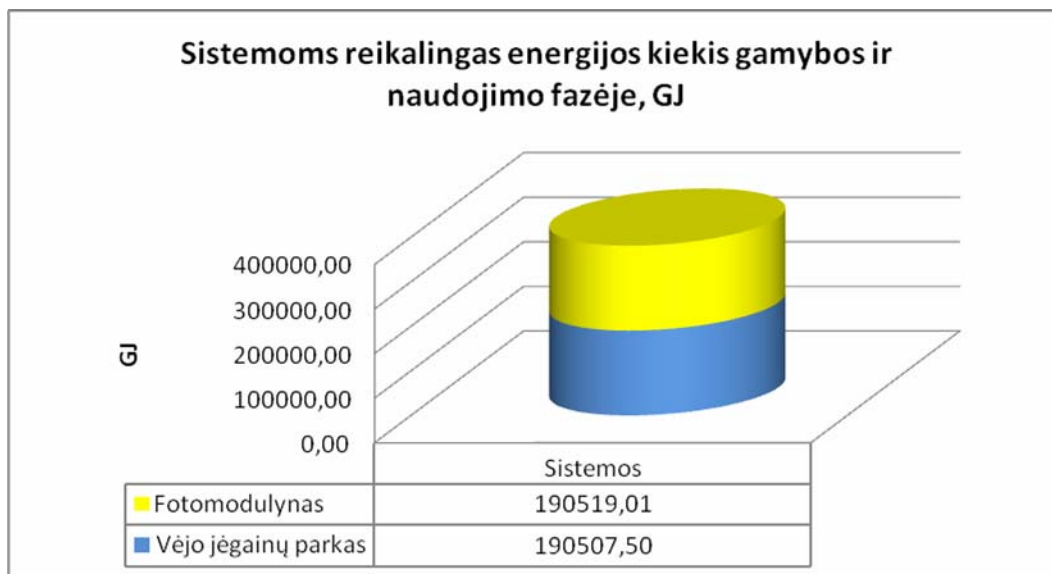
- eksploatuojant *vėjo jėgaines*, per 25 metus atliekami 5 generatorių remonto darbai – pakeičiami generatoriai. Jiems pagaminti bus sunaudojama 4041,88 GJ energijos ir į aplinkos orą išmetama 3283,68 CO₂ ekv., tonų teršalų;
- eksploatuojant *fotovoltinių modulių sistemą*, per 25 metus pakeičiama 15 % saulės modulių (modulio stovai nekeičiami). Jiems pagaminti sunaudojama 29051,21 GJ energijos ir į aplinkos orą išmetama 6123,94 CO₂ ekv tonų teršalų.

Lyginant sistemas gamybos ir naudojimo metu, bendras išmetamų teršalų kiekis beveik dvigubai didesnis, gaminant ir eksploatuojant vėjo jėgaines (25 ir 26 pav.).



25 pav. Sistemas sudarančių medžiagų gamybos ir naudojimo metu išsiskiriančių teršalų kiekis

Energiniu požiūriu lyginant sistemas gamybos ir naudojimo metu, joms reikalingas energijos kiekis yra beveik vienodas – $190,5 \times 10^3$ GJ.



26 pav. Sistemoms reikalingas energijos kiekis gamybos ir naudojimo metu

PASTABA: remonto metu buvo vertinamos tik medžiagos, o ne jų keitimas. Remonto darbus atlieka žmonės ir neišsiskiria jokie teršalai.

Atlikus tyrimus, nustatyta, kad energiniu požiūriu abi sistemos yra labai panašios – abiejų sistemų gamybos ir naudojimo metu sunaudojamas beveik toks pat energijos kiekis. Ekologiniu požiūriu, vertinant sistemų gamybą bei eksploatavimą, beveik dvigubai daugiau aplinkos orą teršia vėjo elektrinės.

5.5. Ekologinis vertinimas

Poveikio įvertinimo analizės tikslas – konvertuoti inventorinės analizės rezultatus į tinkamos formos (įtakos) rodiklius, kurie leistų įvertinti tiriamos sistemos specifinį poveikį aplinkai.

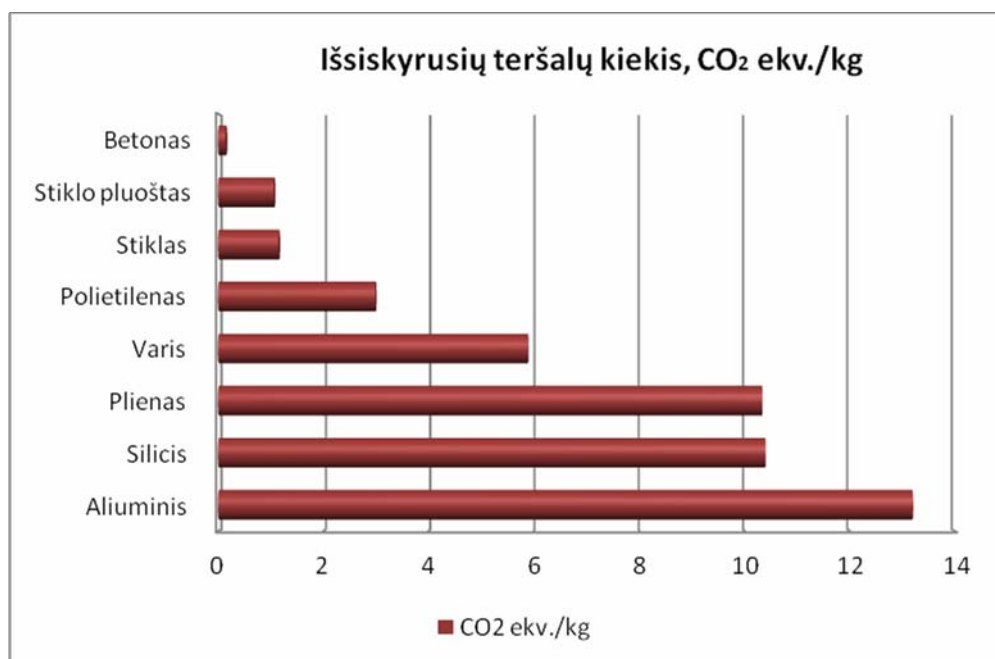
Ekologinis vertinimas atliekamas naudojantis *SimaPro* programos duomenų bazę. Šios programos duomenų bazėje randama, kokios kenksmingos medžiagos ir emisija išsiskiria į vandenį, orą ir dirvožemį, medžiagų naudojamų lyginamųjų sistemų gamybos metu.

Gyvavimo ciklo poveikio įvertinimas atliekamas globalinio klimato atšilimo požiūriu – vertinamos teršalų emisijos, kurios turi įtakos globaliniam klimato atšilimui. Atliekant vertinimą, šios teršalų emisijos (kg) į aplinkos orą yra perskaičiuojamos į kg CO₂ ekv.

Vertinant oro taršą, nagrinėjama klimato įtakos kategorija, kuriai buvo panaudotas IPCC 2001 GWP 20a modelis, pagal *SimaPro* programos duomenų bazę.

Išgaunant ir gaminant medžiagas vyksta teršalų emisija į aplinką, čia vertinami tie teršalai, kurie daro įtaką globaliniam klimato atšilimui. Cheminių junginių emisijos yra perskaičiuotos į kg CO₂ ekv. (priedas nr.4 ir priedas nr.5.).

Nustatyta, kad didžiausias energijos kiekis sunaudojamas silicio ir aliuminio gamybai, todėl šių medžiagų gamybos metu CO₂ išsiskirimai taip pat yra didžiausi (27 pav.).



27 pav. Išsiskyrusių teršalų kiekis

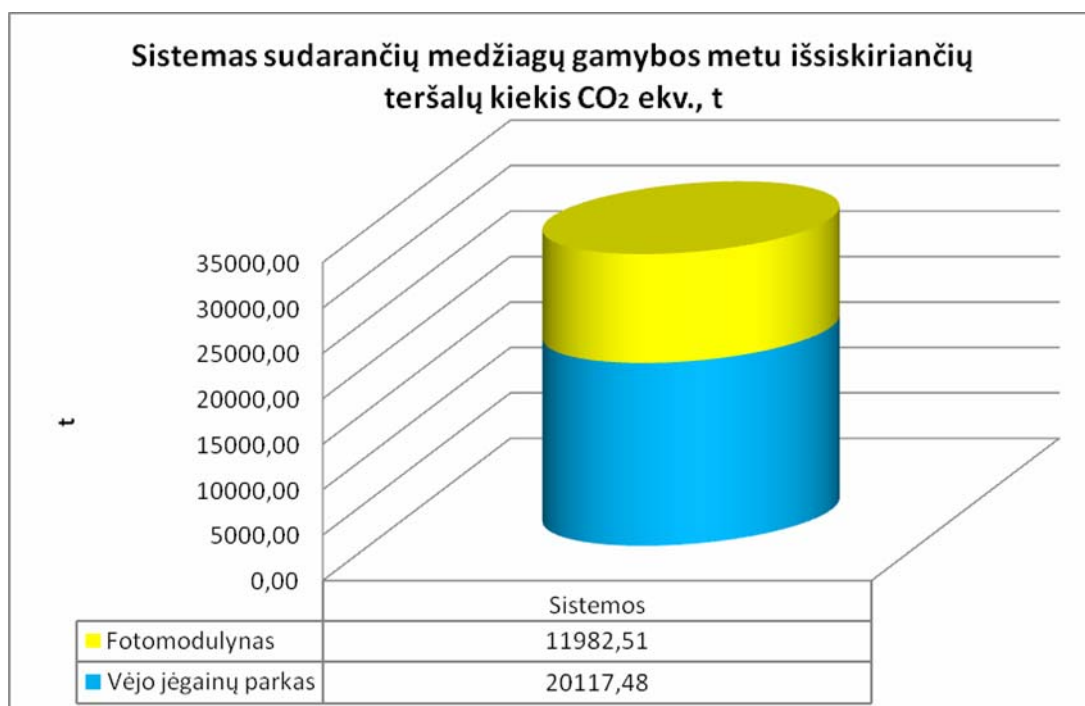
Perskaičiavus gamybos metu išsiskiriančią teršalų emisiją į aplinkos orą (19 ir 20 lentelė) abiejų sistemų gamybos metu, nustatyta, kad gaminant vėjo jėgainių parko medžiagas išsiskyrė beveik dvigubai daugiau teršalų į aplinkos orą (28 pav.). Norint įdiegti 10 MW galingumo vėjo jėgainių parką, jo medžiagų gamybos metu, į aplinkos orą bus išmetama $20,12 \cdot 10^3$ tonų CO₂ ekv., teršalų, o norint įdiegti tokio pat galingumo saulės elektrinių parką – $12 \cdot 10^3$ tonų CO₂ ekv., teršalų.

19 lentelė. Teršalų emisija į aplinkos orą, vėjo jėgainių parko gamybos metu

Medžiaga	Vėjo jėgainių parkas			
	Masė, kg	Išsiskyrusių teršalų kiekis, CO2 ekv./kg	Vėjo elektrinės gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis CO2 ekv., kg	Parko gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis CO2 ekv., kg
Plienai	325200,00	10,34	3362568,00	16812840,00
Aliuminis	28000,00	13,2	369600,00	1848000,00
Varis	22300,00	5,89	131347,00	656735,00
Stiklo pluoštas	25000,00	1,06	26500,00	132500,00
Betonas	940000,00	0,142	133480,00	667400,00
Viso:			4023495,00	20117475,00

20 lentelė. Teršalų emisija į aplinkos orą, fotomodulyno gamybos metu

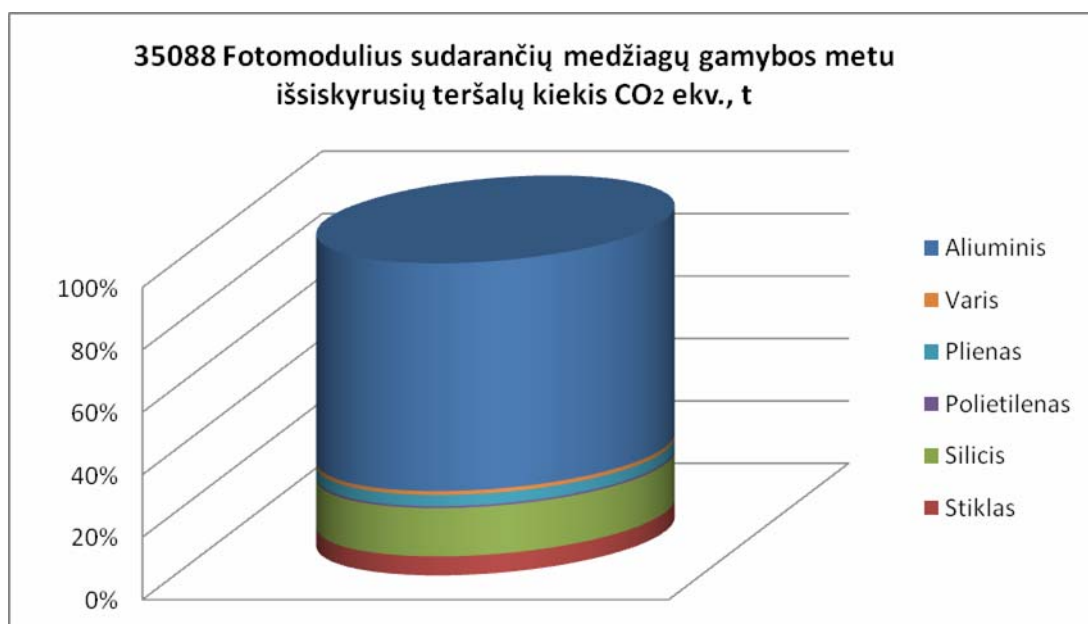
Medžiaga	Fotomodulynas			
	Masė, kg	Išsiskyrusių teršalų kiekis, CO2 ekv./kg	Fotomodulio gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis CO2 ekv., kg	Fotomodulyno gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis CO2 ekv., kg
Aliuminis	16,65	13,2	219,78	7711640,64
Stiklas	9,25	1,15	10,64	373248,60
Silicis	2,59	10,42	26,99	946947,93
Varis	0,37	5,89	2,18	76467,28
Polietilenas	0,37	2,99	1,11	38817,85
Plienai	7,77	10,4	80,81	2835391,10
Viso:			341,50	11982513,4



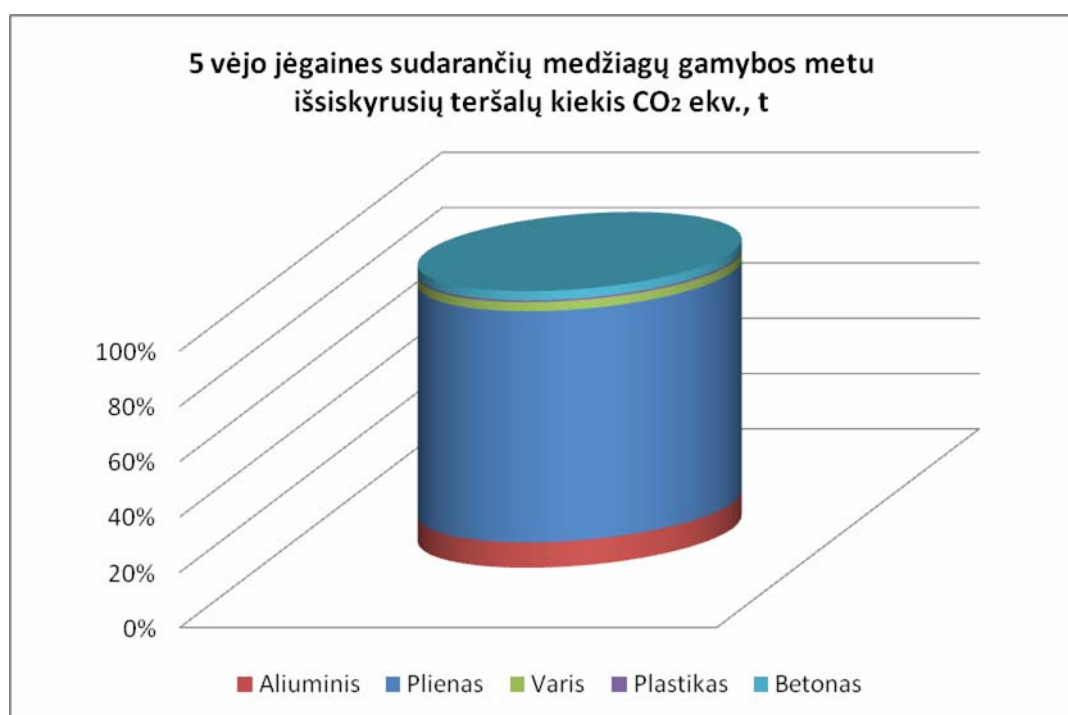
28 pav. Sistemas sudarančių medžiagų gamybos metu išsiskiriančių teršalų kiekis

Saulės elektrinių parko įdiegimui reikalingų medžiagų gamybos metu 64,36 % visų išmetamų teršalų kiekio sudaro teršalai, reikalingi aliuminiui išgauti (29 pav.).

Vėjo elektrinių parko įdiegimui reikalingų medžiagų gamybos metu 83,57 % visų išmetamų teršalų kiekio sudaro teršalai, reikalingi plienui išgauti (30 pav.)



29 pav. Fotomodulyną sudarančių medžiagų gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis



30 pav. Vėjo jėginių parką sudarančių medžiagų gamybos metu išsiskyrusių teršalų kiekis

Atlikus ekologinę dviejų sistemų analizę, nustatyta, kad didesnę žalą aplinkai, norint pagaminti pagrindines nagrinėtąsias elektrinių sudedamąsias dalis, kelia vėjo elektrinė.

6. Į aplinkos orą išmetamų teršalų sutaupymai

6.1. Ekvivalentinio kuro deginimo metu į aplinkos orą išmetamų teršalų skaičiavimas

Šioje dalyje atlieku kuro deginimo metu į aplinkos orą išmetamų teršalų skaičiavimą. Priimu, kad elektros energija yra gaminama katilinėje, kurios efektyvumas yra 95 %, deginant gamtines dujas, tiekiamas iš Rusijos.

Skaičiavimų tikslas yra nustatyti, koks teršalų kiekis yra neišmetamas į aplinkos orą, kai elektros energiją gamina atsinaujinantys šaltiniai: fotovoltiniai moduliai ir vėjo jėgainės.

Apskaičiuota, kad 10 MW instaliuotos galios fotovoltiniai moduliai per metus pagamina 10,83 GWh energijos, tokios pat galios vėjo jėgainės – 26,05 GWh.

Norėdami sužinoti, kokį gamtinių dujų kiekį reikia sudeginti, norint pagaminti tiek energijos, kiek pagamina Saulės ir vėjo elektrinių sistemos, atliekame skaičiavimus:

Fotovoltinė sistema:

Vėjo jėgainių sistema:

Gamtinių dujų, tiekiamų iš Rusijos kaloringumas yra 38231 J/m³. Skaičiuojant, kokį kiekį gamtinių dujų reikia sudeginti, norint pagaminti fotovoltinės ir vėjo jėgainių sistemų per metus pagaminamą energijos kiekį, reikia bendrą energijos kiekį (J) padalinti iš gamtinių dujų kaloringumo:

Fotovoltinė sistema:

$$V = \frac{38995243200000 \text{ J}}{38231 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}} = 1019990144 \text{ m}^3;$$

Vėjo jėgainių sistema:

$$V = \frac{93793482000000 \text{ J}}{38231 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}} = 2453335827 \text{ m}^3.$$

Sudeginamas gamtinių dujų kiekis, įvertinus katilinės efektyvumą (0,95 %), norint pagaminti 10,83 GWh energijos, kurią pagamina fotovoltinė sistema:

$$V_{\text{gaut.}} = \frac{1019990144 \text{ m}^3}{0,95} = 1073673836 \text{ m}^3.$$

Taigi, Fotovoltinės sistemos atveju, katilinėje sudeginama 1073673,84 tūkst.nm³ gamtinių dujų.

Sudeginamas gamtinių dujų kiekis, įvertinus katilinės efektyvumą (0,95 %), norint pagaminti 26,14 GWh energijos, kurią pagamina vėjo jėgainių sistema:

$$V_{\text{galut.}} = \frac{2453335827 \text{ m}^3}{0,95} = 2582458765 \text{ m}^3.$$

Vėjo jėgainių atveju, katilinėje sudeginama 2582458,77 tūkst.nm³ gamtinių dujų.

Anglies monoksido išmetimų skaičiavimai:

Anglies monoksido išmetamas kiekis (t/metus) apskaičiuojamas pagal sudegintą kurą lygtimi:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C_{CO} \cdot B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right); \quad (11)$$

Čia:

C_{CO} – anglies monoksido išeiga kg/kg iš sudeginto kuro;

B – sunaudotas kuras, tūkst. nm³/metus;

q_4 – šilumos nuostoliai dėl nepilno mechaninio degimo.

Katilams, kurių našumas yra iki 30 t/h C_{CO} skaičiuojamas:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_z; \quad (12)$$

Čia:

q_3 – šilumos nuostoliai dėl nepilno cheminio degimo;

R – šilumos nuostolius dėl nepilno cheminio degimo įvertinantis koeficientas;

Q_z – kuro šiluminė vertė. Gamtinių dujų kaloringumas – 38,23 MJ/1000m³;

$$C_{CO} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 38,23 = 9,558.$$

Anglies monoksido išmetimai fotovoltinės sistemos atveju:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot 9,556 \cdot 1073673,84 \cdot (1 - 0/100) = 10260,0 \text{ t/metus.}$$

Anglies monoksido išmetimai vėjo jėgainių sistemos atveju:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot 9,556 \cdot 2582458,77 \cdot (1 - 0/100) = 24677,98 \text{ t/metus.}$$

Azoto oksidų išmetimų skaičiavimai:

Azoto oksidų, perskaičiuotų į NO₂, kiekis mažiems katilams (<30 t/h) (t/metus), apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$M_{NO_2} = 10^{-3} \cdot B \cdot Q_I \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - 0); \quad (13)$$

Čia:

B – sunaudotas kuras, tūkst. nm^3/metus ;

Q_z – kuro šiluminė vertė. Gamtinių dujų kaloringumas – $38,23 \text{ MJ/m}^3$;

K_{NO_2} – parametras, apibūdinantis susidarančių azoto oksidų kiekį, tenkantį vienam GJ šilumos, kg/GJ .

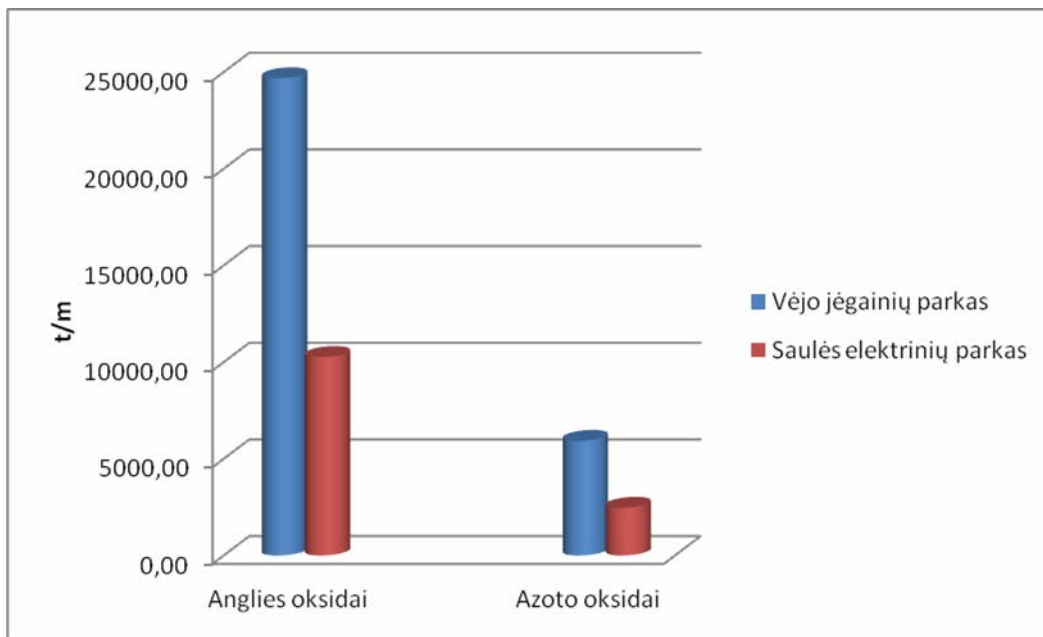
β – koeficientas, įvertinantis azoto oksidų susidarymo sumažėjimą dėl panaudotų techninių priemonių. Jei nenaudojamos jokios priemonės azoto oksidų susidarymui sumažinti, $\beta = 0$.

Azoto oksidų išmetimai fotovoltinės sistemos atveju:

$$M_{\text{NO}} = 0,001 \cdot 1073673,8 \cdot 38,23 \cdot 0,06 \cdot (1-0) = 2462,8 \text{ t/metus};$$

Azoto oksidų išmetimai vėjo jėgainių sistemos atveju:

$$M_{\text{NO}} = 0,001 \cdot 2582458,77 \cdot 38,23 \cdot 0,06 \cdot (1-0) = 5923,6 \text{ t/metus}.$$



31 pav. Gaminant elektrą gamtinėmis dujomis kūrenamoje katilinėje išmetami teršalai

Iš atliktų skaičiavimų matyti, kad gamtinėmis dujomis kūrenamoje katilinėje, gaminant tokį pat kiekį elektros energijos, kokį pagamina saulės ir vėjo elektrinės, į aplinkos orą būtų išmetama nuo 10,0 tūkst., iki 25,0 tūkst., tonų anglies oksidų ir nuo 2,5 tūkst., iki 5,9 tūkst., tonų azoto oksidų. (Сборник методик 1986.)

7. Projektuojamų vėjo ir saulės elektrinių ekonominio efektyvumo įvertinimas

7.2. Projektuojamo vėjo jėgainių parko ekonominio efektyvumo įvertinimas

7.2.1. Investicijų vėjo elektrinių parkui skaičiavimas

Vėjo elektrinių statyba reikalauja didelių pradinių investicijų. Paskaičiuota, kad investicijos į vėjo elektrinių parką atsiperka vidutiniškai per 10–14 metų. Europos Sąjungos šalyse, kur vėjo energetika labiau išvystyta, investicijos atsiperka per 5–7 metus (Energijos Erdves 2011).

Vėjo elektrinių technologijos, nors ir nuolat tobulinamos ir gerinamos, vis tiek yra pakankamai brangios. Vėjo elektrinės įrengimo sudedamąsias dalis įvertinau bendradarbiaudama su UAB „Vėjo gūsis“. Į vėjo elektrinių įrengimo kainą įskaičiuojama pamato pastatymas, kabelio nutiesimas, specialaus krano nuomos ir kiti techninio aptarnavimo kaštai. Pajungimo į tinklą kaštus sudaro naujos pastotės, kitos įrangos išlaidos. Grafoje „kitos išlaidos“ įtraukiamos personalo apmokymo, projektavimo, komandiruočių bei nenumatytos išlaidos (Morthorst 2009).

Įrengus vėjo elektrinę reikia įvertinti ir kaštus, kurie atsiras elektrinės eksploatacijos laikotarpiu:

- ✓ Apsaugos (draudimo) išlaidos ;
- ✓ Reguliarios techninės priežiūros išlaidos;
- ✓ Remonto išlaidos;
- ✓ Atsarginių dalių išlaidos;
- ✓ Administravimo išlaidos.

Šiame darbe skaičiuodamas investicijas į planuojamą vėjo elektrinių parką, remiuosi UAB „Vėjo gūsis“ pateiktais duomenimis. Projektuojamojo vėjo elektrinių parko galia 10 MW. Skaičiavimus pateikiu 21 lentelėje.

21 lentelė. 10 MW vėjo elektrinių parko įrengimo išlaidos

Kaštai	Investicijos elektrinių parkui (Mln.Lt)
Vėjo elektrinės	56,60
Pamatų paruošimas	5,390
Prijungimas prie tinklo ir kontrolės išlaidos	8,020
Žemės kaina	2,523
Privažiavimo keliai	1,349
Kitos išlaidos (projektavimas, tyrimai ir konsultacijos)	1,880
Iš viso	75,762

Taigi, investicijos vėjo elektrinių parkui įrengti yra 75,762 milijonai litų.

7.2.2. Vėjo elektrinių parko atsipirkimo laikas

Atsipirkimo laikas – tai vienas iš paprasčiausių ir plačiausiai naudojamų būdų projekto vertei nustatyti. Atsipirkimo laikas yra apibūdinamas kaip laiko periodas, reikalingas pirminei investicijai vertei atstatyti. Investavimo galimybių palyginimui gali būti skaičiuojamas statinis ir dinaminis atsipirkimo laikas. Šiuo atveju dinaminio atsipirkimo laiko atskirai neskaičiuoju, jis matomas projekto balanso skaičiavimuose.

Atsipirkimo laikas (metais) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_s = \frac{K}{P}, \quad (14)$$

Čia:

K – investicijos, Lt;

P – pajamos, Lt/metus.

Bendras generuojamos elektros energijos kiekis per metus (GWh), kurį pagamins vėjo elektrinių parkas – 26,05 GWh. Šiuo metu galiojantis elektros energijos, pagamintos vėjo elektrinėse tarifas, yra 0,30 Lt/ kWh. Taigi, pajamos (P) per metus bus lygios:

$$26053745,0 \cdot 0,30 = 7,816124 \text{ Mln. Lt.}$$

Investicijos vėjo elektrinių parkui (K) yra lygios 75,762 Mln. Lt. Žinant investicijas ir pajamas pagal (14) formulę apskaičiuojamas statinis atsipirkimo laikas, T_s :

$$T_s = \frac{75,762}{7,816124} = 9,7 \text{ metų.}$$

7.2.3. Vėjo elektrinių parko grynoji dabartinė vertė ir investicijų rentabilumo indeksas

Grynoji dabartinė vertė (NPV) – tai bendro viršpelnio, gauto per visą projekto gyvavimo laiką, dabartinės vertės matas. Jis apskaičiuojamas atėmus išlaidų srauto dabartinę vertę (PVC) iš pajamų srauto dabartinės vertės (PVB):

$$NPV = PVB - PVC; \quad (15)$$

Iplaukų ir išlaidų santykis (B/C), kitaip vadinamas *investicijų rentabilumo indeksas*, naudojamas nustatyti iplaukų dabartinės vertės ir išlaidų dabartinės vertės santykį:

$$B/C = \frac{PVB}{PVC}; \quad (16)$$

Teigiama, kai:

$B/C > 1$, tai NPV yra teigiamas ir projektas priimtinas;

$B/C < 1$, tai NPV yra neigiamas ir projektas atmestinas;

$B/C = 1$, tai $NPV = 0$ ir t.y. ribinis variantas – projektas nepelningas ir nenuostolingas.

Šiame darbe, vertinant projekto grynąją dabartinę vertę, pasirenkamos trys skirtingas diskonto normos: 3%, 5% ir 7%. Skaičiavimas atliktas 25 metams, atsižvelgiant į projekto gyvavimo trukmę. Vėjo elektrinių parko eksploatacinės išlaidos per metus sudaro:

$$C_m = C_{dr} + C_{ap} \quad (17)$$

Čia:

C_m – metinės išlaidos;

C_{dr} – draudimo išlaidos;

C_{ap} – aptarnavimo išlaidos.

$$C_m = 548000 + 800000 = 1348000 \text{ Lt};$$

Skaičiavimų rezultatai prie skirtingų diskonto normų pateikiami prieduose nr.6, 7, 8. Apibendrinantys rezultatai pateikiami 22 lentelėje.

22 lentelė. Vėjo elektrinių parko NPV ir rentabilumo indeksas.

Diskonto norma, %	NPV, Lt	B/C
3%	36868736,84	1,37
5%	15397799,22	1,16
7%	-387657,4	0,99

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad esant 3% diskonto normai, investicijų rentabilumo indeksas $B/C = 1,37$ – projektas priimtinas. Esant 5% diskonto normai, investicijų rentabilumo indeksas $B/C = 1,16$ – projektas yra priimtinas. Kai diskonto koeficientas 7%, investicijų rentabilumo indeksas $B/C = 0,99$, todėl projektas atmestinas.

7.2.4. Vėjo elektrinių parko investicijų vidinė pelno norma

Vidinę pelno normą (IRR) galima apibrėžti kaip diskonto normą, kuri sulygina išlaidų ir pajamų srautų dabartines vertes. Vidinė pelno norma laikoma diskonto koeficiento reikšmė (r), prie kurios projektų pinigų srautų dabartinė grynoji vertė yra lygi 0, t.y.:

$$IRR = r, \text{ kai } NPV = f(r) = 0.$$

Kai skaičiavimo rezultatai rodo, kad NPV yra lygi 0, panaudotas analitinis metodas leidžia papildomai nustatyti, kad esant tam tikrai diskonto normai projektas atsipirks, t.y. bus sugrąžintas panaudotas kapitalas, bet be jokio viršpelnio.

Vidinė pelno norma nustatoma interpoliacijos būdu, panaudojant dvi diskonto normas: vieną – teigiamai NPV reikšmei gauti, o kitą – neigiamai NPV reikšmei:

$$IRR = r_1 + \left[(r_2 - r_1) \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \right]; \quad (18)$$

Čia:

r_1 – žemesnė diskonto norma;

r_2 – aukštesnė diskonto norma;

NPV_1 – grynoji dabartinė vertė prie žemesnės diskonto normos;

NPV_2 – grynoji dabartinė vertė prie aukštesnės diskonto normos.

Šis rodiklis nusako investicijų rentabilumą ir parodo maksimalų leistiną santykinį investicijų kainos lygį, kurį viršijus projektas pasidaro nerentabilus.

Pagal 18 formulę skaičiuoju vidinę pelno normą vėjo elektrinių parkui:

$$IRR = 5 + \left[(7 - 5) \left(\frac{15397799,22}{15397799,22 - (-387657,4)} \right) \right] = 6,95.$$

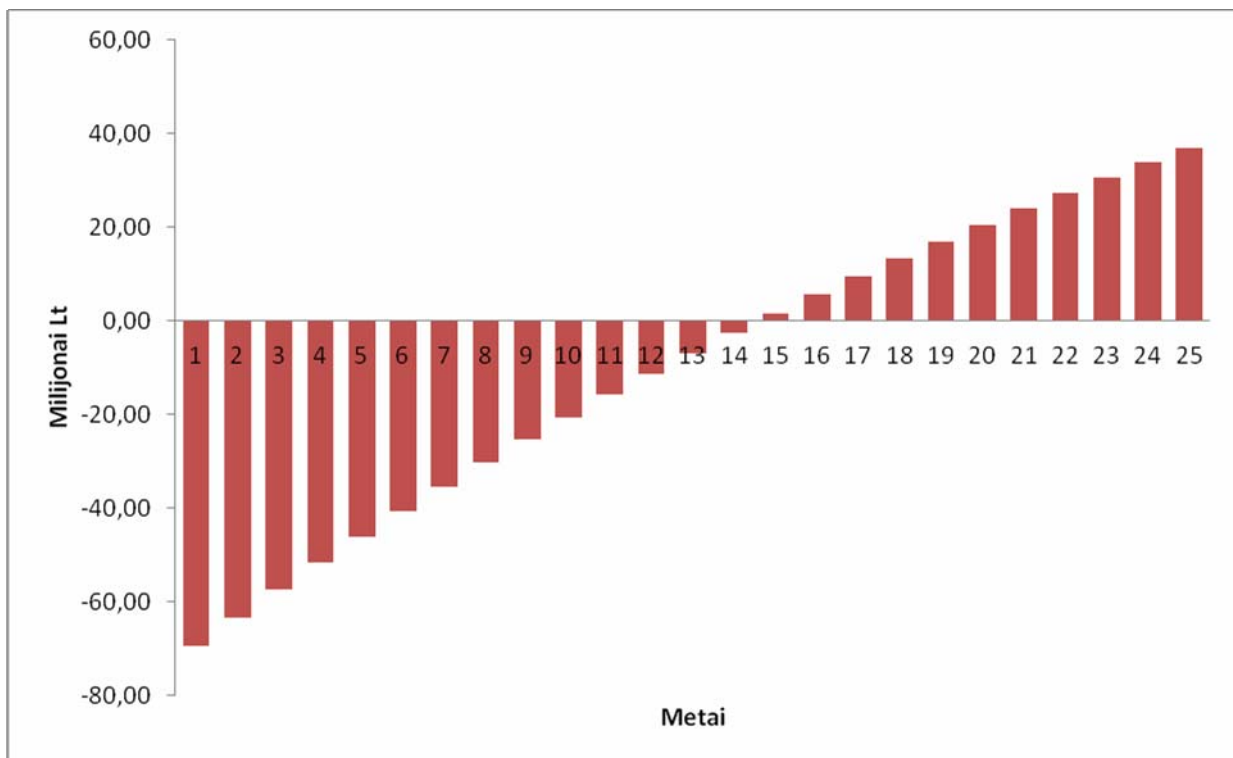
Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad projektas atsipirktų, tačiau be jokio viršpelnio, kai diskonto norma būtų 6,95 %.

7.2.5. Vėjo elektrinių parko projekto balansas

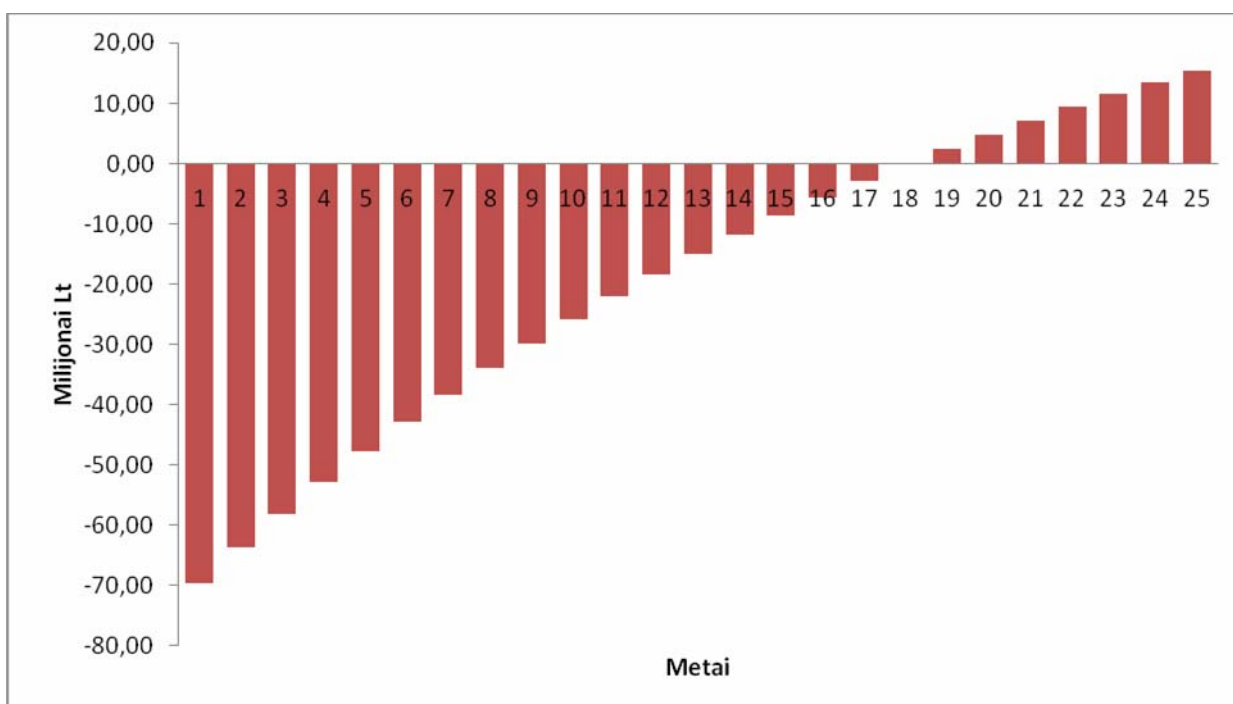
Projekto balansas parodo, koks grynųjų pinigų kiekis yra susietas su investiciniu projektu bet koku laiko momentu, per skaičiuojamą projekto gyvavimo trukmę. Čia atsispindi svarbiausi rodikliai: investicijos būsimoji vertė, diskontuotas atsipirkimo periodas, nuostolių rizika bei potencialus pelnas.

Projekto balansą skaičiuoju 25 metams, prie tų diskonto normų, kurioms esant projektas priimtinas, t.y. kai $B/C > 1$. Šiuo atveju, projektas pelningas prie 3 % ir 5 % diskonto normų.

Projekto balansas grafiškai pateikiamas 32 ir 33 pav. Skaičiavimo rezultatai pateikiami priede nr. 9 ir priede nr. 10..



32 pav. Vėjo elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 3 %.



33 pav. Vėjo elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 5 %.

Iš vėjo elektrinių parko projekto balanso diagramos matyti, kad esant 3 % diskonto normai, vėjo elektrinių parkas atsipirks 15 metais. Atitinkamai, esant 5 % diskonto normai, vėjo elektrinių parkas atsipirks 19 metais.

7.2.6. Vėjo elektrinių parko projekto jautrumo analizė

Projekto jautrumo analizės tikslas – išryškinti svarbiausius veiksnius („kritinius kintamuosius“), kurie labiausiai gali turėti įtakos projektui, bei patikrinti kiekvieno iš jų nuoseklių pasikeitimų įtaką projekto rezultatams. Jautrumo analizės esmė – remiantis baziniu projekto variantu, apskaičiuojamas kiekvieno kintamojo veiksnio vidutinis nuokrypis bei projekto rezultatai, įvertinant vieno kintamojo nuokrypio nuo bazinio varianto įtaką. Jautrumo analizė yra kiekybinės analizės forma, atliekama, remiantis jau prieš tai atliktais kokybinės analizės rezultatais.

Atliekant jautrumo analizę, kintamaisiais veiksniais gali būti investicijų padidėjimas ar sumažėjimas, pardavimų apimtys, kintamosios išlaidos ir pan.

Atliekant vėjo elektrinių parko projekto jautrumo analizę, pasirenkami šie kintamieji:

- ✓ sumažėjusios investicijos į projektą;
- ✓ padidėjusi vėjo elektrinėse pagamintos energijos supirkimo kaina;
- ✓ padidėjusios vėjo elektrinių parko eksploatacinės išlaidos.

Investicijos į projektą gali sumažėti dėl keleto veiksnių: įrangos tiekėjas taiko nuolaidas, perkant įrangą dideliems vėjo elektrinių parkams; sumažėjusi žemės kaina, kurioje planuojama statyti vėjo elektrinių parką; sumažėjusios išlaidos elektrinių parko prijungimui prie elektros tinklų („Atsinaujinančių energijos išteklių įstatymo projektas“, 21 straipsnis) ir pan. Atliekant investicijų pokyčių jautrumo analizę daroma prielaida, kad investicijos į projektą sumažėja 5 milijonais litų.

Vėjo elektrinėse pagamintos energijos kaina šiuo metu yra 0,30 Lt/kWh. Toks fiksuotas supirkimo tarifo galiojimas buvo nustatytas iki 2020 metų. Siekiant įgyvendinti direktyvos apibrėžtus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo tikslus ir atsižvelgiant į tai, kad energijos, pagamintos naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, gamyba yra svarbi visos šalies energetinės nepriklausomybės atžvilgiu ir yra skatinama, jautrumo analizėje daroma prielaida, kad supirkimo tarifas turėtų padidėti. Taigi, projekto ekonominis efektyvumas įvertintas atsižvelgiant į fiksuoto energijos supirkimo tarifo padidėjimą iki 0,35 Lt/kWh nuo 2020 metų.

Vėjo elektrinių parko eksploatacinių išlaidų padidėjimą gali nulemti šie veiksniai: brangstanti darbo jėga, didėjančios degalų kainos; didėjančios išlaidos atliekant planinius remonto darbus ir panašiai. Atliekant jautrumo analizės skaičiavimus priimta, kad vėjo elektrinių parko eksploatacinės išlaidos per metus padidėja 20000 litų. Taip pat priimu, kad eksploatuojant vėjo jėgainių parką, dešimtais eksploatacijos metais, dviejose elektrinėse bus pakeisti du generatoriai, o penkioliktaisiais – trys (kaip ir priimta gyvavimo ciklo analizės skaičiavimuose). Vieno 2 MW jėgainės generatoriaus kaina yra 276000 litų.

Jautrumo analizės apibendrinantys skaičiavimo rezultatai pateikiami (23) lentelėje.

23 lentelė. Vėjo elektrinių parko jautrumo analizės apibendrinantys skaičiavimo rezultatai.

Kintamasis	Vidutinis NPV nuokrypis nuo bazinio varianto, %	Diskonto koeficientas, %	Rezultatai	
Sumažėjusios investicijos į projektą	Padidėja – 13,56%	3,00%	NPV=	41,869 Mln.Lt
			B/C=	1,44
	Padidėja – 32,47%	5,00%	NPV=	20,398 Mln.Lt
			B/C=	1,23
			IRR=	6,90
Padidėjusi vėjo energijos supirkimo kaina	Padidėja – 34,00%	3,00%	NPV=	49,410 Mln.Lt
			B/C=	1,50
	Padidėja – 59,00%	5,00%	NPV=	24,498 Mln.Lt
			B/C=	1,07
			IRR=	6,97
Padidėjusios vėjo elektrinių parko eksploatacinės išlaidos	Sumažėja – 3,5%	3,00%	NPV=	35,578 Mln.Lt
			B/C=	1,37
	Sumažėja – 66,87%	5,00%	NPV=	5,102.Lt
			B/C=	1,05
			IRR=	5,33

Atlikus vėjo elektrinių parko jautrumo analizę nustatyta, kad didžiausią įtaką projekto rezultatui turėtų 5 centais padidėjusi vėjo elektrinėse pagamintos energijos supirkimo kaina nuo 2020 metų. Šiuo atveju, esant 3% diskonto normai, projektas atsipirktų 1 metais greičiau, o esant 5% diskonto normai – 2 metais greičiau, nei bazinio varianto atveju.

7.3. Projektuojamo Saulės elektrinių parko ekonominio efektyvumo įvertinimas

7.3.1. Investicijų saulės elektrinių parkui skaičiavimas

Saulės, kaip ir vėjo jėgainių statyba reikalauja didelių pradinių investicijų. Saulės elektrinės įrengimo sudedamąsias dalis įvertinau bendradarbiaudama su UAB „Informacinių technologijų pasaulis“ bei su Italijos įmone *SpA MX Group*. Į saulės elektrinių įrengimo kainą įskaičiuojama žemės kaina, prijungimas prie elektros tinklų, saulės modulių tvirtinimo sistemos, inverteriai bei fotovoltiniai moduliai. Pajungimo į tinklą kaštus sudaro naujos pastotės, kitos įrangos išlaidos. Pункte „kitos išlaidos“ įtraukiamos personalo apmokymo, projektavimo, tyrimų, komandiruočių bei nenumatytos išlaidos.

24 lentelė. 10 MW saulės elektrinių parko įrengimo išlaidos

Kaštai	Investicijos elektrinių parkui (Mln.Lt)
Saulės elektrinės	52,632
Laikikliai, tvirtinimo sistemos	3,440
Prijungimas prie tinklo ir kontrolės išlaidos	8,020
Žemės kaina	1,200
Inverteriai	10,310
Kitos išlaidos (projektavimas, tyrimai ir konsultacijos)	1,880
Iš viso	77,482

Taigi, investicijos saulės elektrinių parkui įrengti yra 75,482 milijonai litų.

7.3.2. Saulės elektrinių parko atsipirkimo laikas

Bendras generuojamos elektros energijos kiekis per metus (GWh), kurią pagamins vėjo elektrinių parkas – 26,05 GWh. Šiuo metu galiojantis elektros energijos, pagamintos vėjo elektrinėse tarifas, yra 0,30 Lt/ kWh. Taigi, pajamos (P) per metus bus lygios:

$$10832012,0 \cdot 1,51 = 16,356338 \text{ Mln. Lt.}$$

Investicijos saulės elektrinių parkui (K) yra lygios 75,482 Mln. Lt. Žinant investicijas ir pajamas pagal (14) formulę apskaičiuojamas statinis atsipirkimo laikas, T_s :

$$T_s = \frac{77,482}{16,356338} = 4,7 \text{ metų.}$$

7.3.3. Saulės elektrinių parko grynoji dabartinė vertė ir investicijų rentabilumo indeksas

Šiame darbe, vertinant projekto grynąją dabartinę vertę, pasirenkamos trys skirtingas diskonto normos: 3 %, 5 % ir 7 %. Skaičiavimai atlikti 25 metams, atsižvelgiant į projekto gyvavimo trukmę. Saulės elektrinių parko eksploatacinės išlaidos per metus sudaro (17 formulė):

$$C_m = 560441 + 450000 = 1010441 \text{ Lt;}$$

Skaičiavimų rezultatai prie skirtingų diskonto normų pateikiami prieduose nr.11, 12, 13. Apibendrinantys rezultatai pateikiami 25 lentelėje.

25 lentelė. Saulės elektrinių parko NPV ir rentabilumo indeksas.

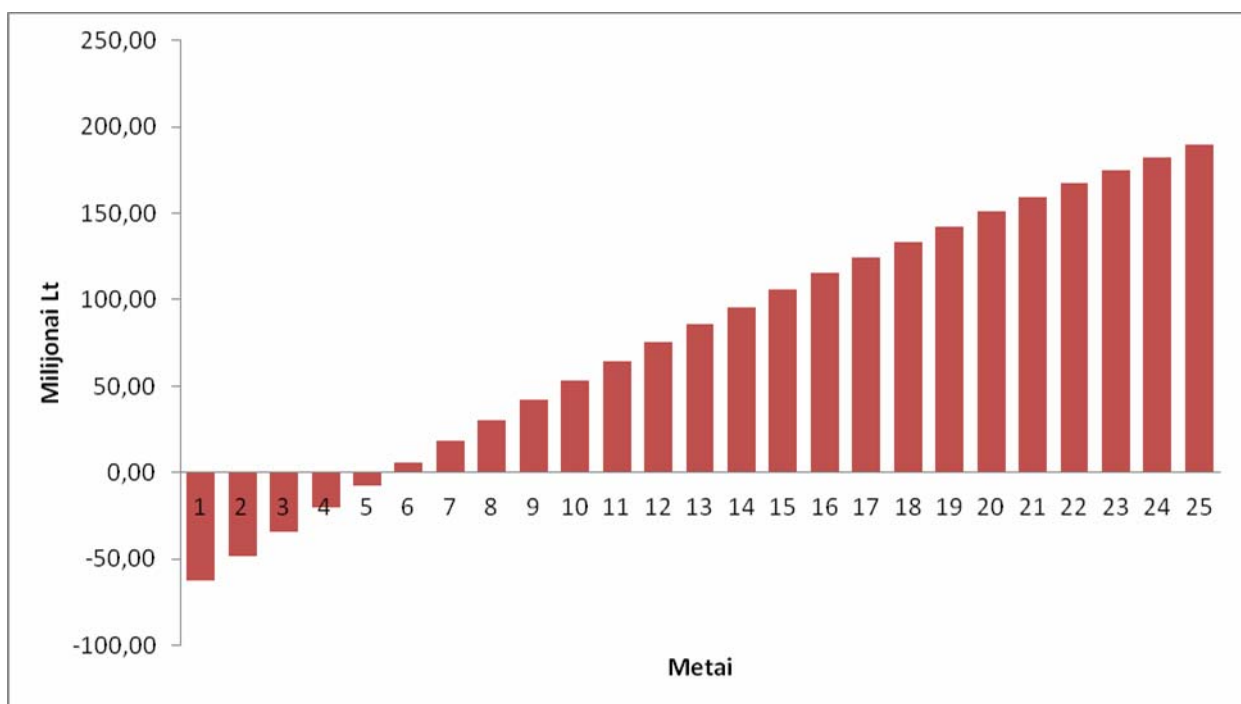
Diskonto norma, %	NPV, Lt	B/C
3%	189739173,64	2,99
5%	138798468,55	2,51
7%	101346806,92	2,14

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad esant 3 % diskonto normai, investicijų rentabilumo indeksas $B/C=2,99$ – projektas priimtinas. Esant 5% diskonto normai, investicijų rentabilumo indeksas $B/C=2,51$ – projektas yra priimtinas. Kai diskonto koeficientas 7 %, investicijų rentabilumo indeksas $B/C=2,14$ – projektas priimtinas.

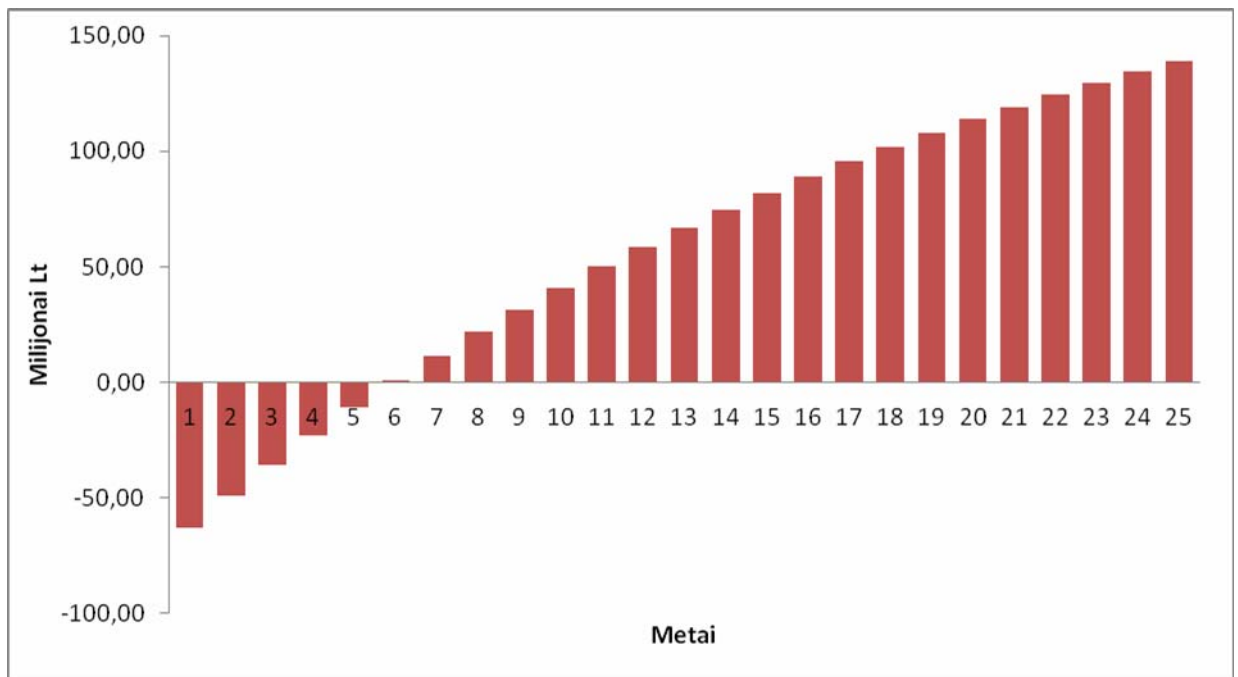
7.3.4. Saulės elektrinių parko projekto balansas

Projekto balansą skaičiuoju 25 metams prie 3 % ir 5 % ir 7 % diskonto normų.

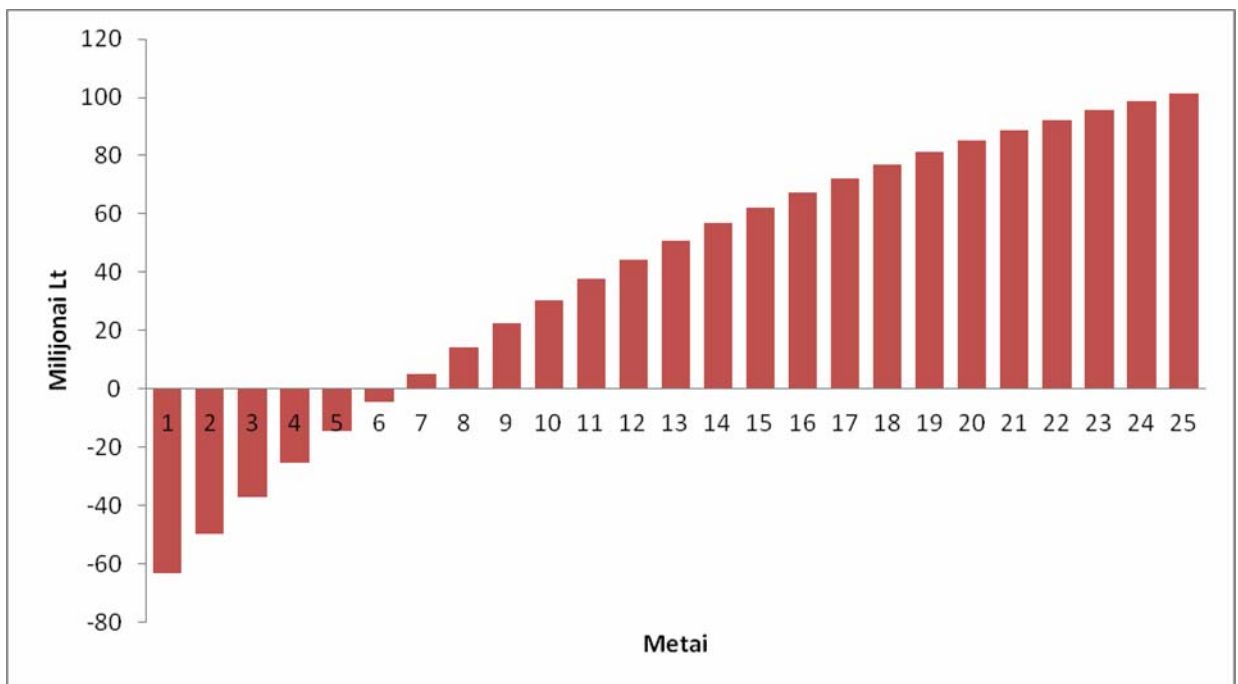
Projekto balansas grafiškai pateikiamas 34, 35 ir 36 pav. Skaičiavimo rezultatai pateikiami prieduose nr.14, 15, 16.



34 pav. Saulės elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 3 %.



35 pav. Saulės elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 5 %.



36 pav. Saulės elektrinių parko projekto balansas, kai diskonto norma 7 %.

Iš saulės elektrinių parko projekto balanso diagramos matyti, kad esant 3 % ir 5 % diskonto normai, vėjo elektrinių parkas atsiperks 6 metais. Atitinkamai, esant 7 % diskonto normai, vėjo elektrinių parkas atsiperks 7 metais. Galime daryti išvadą, kad investicijos atsiperka pakankamai greitai.

7.3.5. Saulės elektrinių parko projekto jautrumo analizė

Atliekant saulės elektrinių parko projekto jautrumo analizę, pasirenkami šie kintamieji:

- ✓ sumažėjusios investicijos į projektą;
- ✓ padidėjusi saulės elektrinėse pagamintos energijos supirkimo kaina;
- ✓ padidėjusios saulės elektrinių parko eksploatacinės išlaidos.

Investicijos į projektą gali sumažėti dėl keleto veiksnių: įrangos tiekėjas taiko nuolaidas, perkant įrangą dideliems saulės elektrinių parkams; sumažėjusi žemės kaina, kurioje planuojama statyti saulės elektrinių parką; sumažėjusios išlaidos elektrinių parko prijungimui prie elektros tinklų ir pan. Atliekant investicijų pokyčių jautrumo analizę daroma prielaida, kad investicijos į projektą sumažėja 3,5 milijonais litų.

Saulės elektrinėse pagamintos energijos kaina šiuo metu yra skirtinga – priklausoma nuo instaliuotos galios (26 lentelė.).

26 lentelė. Elektros energijos, pagamintos Saulės elektrinėje supirkimo kainos

Energijos galia, kW	Kaina, Lt/kWh
Iki 100	1,63
Nuo 100 iki 1000	1,56
Nuo 1000	1,51

Šiuo atveju energijos supirkimo kaina yra 1,51 Lt/kWh. Siekiant įgyvendinti direktyvos apibrėžtus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo tikslus jautrumo analizėje daroma prielaida, kad supirkimo tarifas turėtų padidėti. Taigi, projekto ekonominis efektyvumas įvertintas atsižvelgiant į fiksuoto energijos supirkimo tarifo padidėjimą iki 1,56 Lt/kWh nuo 2020 metų.

Saulės elektrinių parko eksploatacinių išlaidų padidėjimą gali nulemti šie veiksniai: brangstanti darbo jėga, didėjančios degalų kainos; didėjančios išlaidos atliekant planinius remonto darbus ir panašiai. Atliekant jautrumo analizės skaičiavimus priimta, kad saulės elektrinių parko eksploatacinės išlaidos per metus padidėja 20000 litų. Taip pat priimu, kad eksploatuojant saulės elektrinių parką, per 25 metus bus pakeista 15% fotovoltinių saulės modulių, kurių kaina yra 7,8948 mln. litų. Priimu, kad 5 % fotovoltinių modulių bus pakeista 7–ais eksploatavimo metais, o 10 % – 15–aisiais.

Jautrumo analizės apibendrinantys skaičiavimo rezultatai pateikiami (27) lentelėje.

27 lentelė. saulės elektrinių parko jautrumo analizės apibendrinantys skaičiavimo rezultatai.

Kintamasis	Vidutinis NPV nuokrypis nuo bazinio varianto, %	Diskonto koeficientas, %	Rezultatai	
Sumažėjusios investicijos į projektą	Padidėja – 1,84%	3,00%	NPV=	193,239 Mln.Lt
			B/C=	3,11
	Padidėja – 2,52%	5,00%	NPV=	142,298 Mln.Lt
			B/C=	2,61
	Padidėja – 1,6%	7,00%	NPV=	104,847 Mln.Lt
			B/C=	2,22
Padidėjusi saulės energijos supirkimo kaina	Padidėja – 2,8%	3,00%	NPV=	194,953 Mln.Lt
			B/C=	3,05
	Padidėja – 2,7%	5,00%	NPV=	142,582 Mln.Lt
			B/C=	2,55
	Padidėja – 2,8%	7,00%	NPV=	104,130 Mln.Lt
			B/C=	2,17
Padidėjusios saulės elektrinių parko eksploatacinės išlaidos	Sumažėja – 3,2%	3,00%	NPV=	189,739 Mln.Lt
			B/C=	2,82
	Sumažėja – 3,5%	5,00%	NPV=	133,907.Lt
			B/C=	2,39
	Sumažėja – 4,0%	7,00%	NPV=	97,318
			B/C=	2,04

Atlikus saulės elektrinių parko jautrumo analizę nustatyta, kad didžiausią įtaką projekto rezultatui turėtų padidėjusios Saulės elektrinės eksploatacinės išlaidos. Joms padidėjus, projektas atsipirktų 2–3 kartais vėliau.

Išvados

- 1) Išnagrinėjus Atsinaujinančių Energijos Išteklių (AEI) esamą situaciją Lietuvoje, prieita prie išvados, kad Lietuvos Valstybė, norėdama pasiekti Europos Sąjungos (ES) Direktyvoje 2009/28/EB nustatytų tikslų, turi stiprinti įstatyminę bazę AEI naudojimo skatinimui;
- 2) atlikus teritorijos, į kurią planuojama įsijungti su inžineriniais statiniais, detalizavimą, nustatyta, kad infrastruktūriniu požiūriu vietovė yra palanki statyti vėjo ir saulės elektrinių parkus;
- 3) atlikus Saulės potencialo energijai gaminti galimybių studiją, nustatyta, kad vietovė, kurios koordinatės yra $55^{\circ}2'$ šiaurės platumos ir $22^{\circ}1'$, yra palanki saulės energetikos vystymui: suminė metinė Saulės spinduliavimo energija tiriamojoje teritorijoje yra apie $1065,9 \text{ kWh/m}^2$;
- 4) atlikus vėjo potencialo energijai gaminti galimybių studiją, nustatyta, kad nagrinėjamoji teritorija yra palanki vėjo energetikos plėtojimui: vidutinis vėjo greitis 85 metrų aukštyje – $7,2 \text{ m/s}$ vyraujančiąja vakarų kryptimi;
- 5) Atlikus elektrinių pagaminamos elektros energijos skaičiavimus, nustatyta, kad tokios pat instaliuotos galios vėjo elektrinių parkas yra naudingesnis nei saulės elektrinės – pagamina daugiau nei dvigubai elektros energijos. Vėjo jėgainių parkas per metus pagamina $26,05 \text{ GWh}$ elektros energijos, Saulės – $10,83 \text{ GWh}$;
- 6) Atlikus tiriamųjų sistemų gyvavimo ciklo analizę, nustatyta, kad abiejų sistemų gamybos ir naudojimo metu sunaudojamas beveik toks pat pirminės energijos kiekis – $19,10 \cdot 10^4 \text{ GJ}$;
- 7) Apskaičiuota, kad įdiegiant 10 MW galingumo vėjo jėgainių parką, jo medžiagų gamybos metu, į aplinkos orą bus išmetama $20,12 \cdot 10^3$ tonų CO_2 ekv., teršalų, o norint įdiegti tokio pat galingumo saulės elektrinių parką – $12,00 \cdot 10^3$ tonų CO_2 ekv., teršalų, t.y., beveik dvigubai mažiau;
- 8) Apskaičiavus ekvivalentinio kuro deginimo metu į aplinkos orą išmetamų teršalų kiekius, gauti rezultatai, kad gamtinėmis dujomis kūrenamoje katilinėje, gaminant tokį pat kiekį elektros energijos, kokį pagamina saulės ir vėjo elektrinės, į aplinkos orą būtų išmetama nuo $10,0$ tūkst., iki $25,0$ tūkst., tonų anglies oksidų ir nuo $2,5$ tūkst., iki $5,9$ tūkst., tonų azoto oksidų;
- 9) Atlikus investicijų į vėjo elektrinių parką skaičiavimus nustatyta, kad investicijos į projektuojamą vėjo elektrinių parką sudarys apie $75,762 \text{ mln. litų}$. Atlikta analizė parodė, kad toks vėjo elektrinių parko statinis atsipirkimo laikas – $9,7$ metų, esant šiuo metu galiojančiam $0,30 \text{ Lt/kWh}$ supirkimo tarifui. Atitinkamai, esant 3% diskonto normai vėjo elektrinių parkas atsipirktų per 15 metų, o esant 5% – per 19 metų. Atlikti skaičiavimai leido nustatyti, kad projekto vidinė pelno norma yra 6% , t.y. esant šiai ribinei diskonto normai bus susigrąžintas panaudotas kapitalas, bet nebus gautas joks viršpelnis;

10) atlikus investicijų į saulės elektrinių parką skaičiavimus nustatyta, kad investicijos į projektą sudarys apie 75,482 mln.litų. Atlikta analizė parodė, kad toks vėjo elektrinių parko statinis atsipirkimo laikas – 4,7 metų, esant šiuo metu galiojančiam 1,51 Lt/kWh supirkimo tarifui. Atitinkamai, esant 3 % ir 6 % diskonto normoms saulės elektrinių parkas atsipirktų per 6 metus, o esant 7 % – per 7 metus. Atlikti skaičiavimai rodo, kad saulės elektrinių parko atsipirkimo laikas yra greitesnis nei vėjo elektrinių parko.

Literatūra

- American iron and steel institute. 2010. Žiūrėta 2010 m. lapkričio 20 d. Prieiga per internetą: <www.steel.org >.
- Deksnys R.P., ir kt. 2008. *Energetikos ekonomika*. Kaunas: Technologija, 77 p.
- Enercon Renewable Energy for the World [interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2010 m. rugsėjo 6 d. Prieiga per internetą: <www.enercon.de >.
- Energijos erdvės. 2011. Nr.1 (8) ISSN 2029-3119. 12-19 psl.
- Energy Information Administration [interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2010 m. lapkričio 26 d. Prieiga per internetą: <www.eia.doe.gov >.
- Gripe P. 2004. *Wind power*. London: James & James. 496 p.
- James and James Lt din the UK and USA, *Planning and Installing Photovoltaic Systems. A guide for installers, architects and engineers*, 2005.
- Katinas V. 2001. *Vėjo energetika. Vadovas*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 77 p.
- Kytra S. 2006. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. Kaunas: Technologija. 301 p.
- Lietuvos Respublikos Seimas [interaktyvus]. 2001 . Žiūrėta 2011 m. gegužės 13 d. Prieiga per internetą: < www3.lrs.lt >.
- Makund R.P. 2000. *Wind and solar power systems*. London: CRC Press LLC. 350 p.
- Mohamed A. Eltawil, Zhengming Zhao .2010. *Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 112–129.
- PVsyst: Software for Photovoltaic Systems [interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2010 m. gruodžio 18 d. Prieiga per internetą: < www.pvsyst.com >.
- R.Chiabrando, *The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: Definition of impacts and assessment of the glare risk*. Renewable and Sustainable Energy Reviews (2009, Nr. 13, 2441–2451.
- Renewable Pover [interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2011 m. balandžio 2 d. Prieiga per internetą: <www.repower.pt >.
- Stoppato A. 2006. *Life cycle assessment of photovoltaic electricity generation*. Energy 33 (2008) 224–232.
- Wikipedia, Free encyclopedia. 2011. Žiūrėta 2010 m. lapkričio 14 d. Prieiga per internetą: < www.wikipedia.org >.
- Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами Ленинград, Гидрометеиздат, 1986.

Solon SE [interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2011 m. balandžio 20 d. Prieiga per internetą: <
www.solon.com>.

Priedas Nr.1. SOLON Black 280/11 techninė charakteristika

SOLON Black 280/11

Electrical data – typical (STC)

STC (Standard Test Conditions): 1,000 W/m², (25 ± 2)°C, AM 1.5 in accordance with EN 60904-3

Capacity rating	P _{max}	290 Wp	285 Wp	280 Wp	275 Wp	270 Wp	265 Wp	260 Wp
Module efficiency		14.65%	14.39%	14.14%	13.89%	13.64%	13.38%	13.13%
Rated voltage	U _{mpp}	35.60 V	35.40 V	35.20 V	35.00 V	34.80 V	34.60 V	34.40 V
Rated current	I _{mpp}	8.16 A	8.06 A	7.96 A	7.86 A	7.76 A	7.66 A	7.56 A
Open circuit voltage	U _{OC}	44.23 V	43.96 V	43.69 V	43.42 V	43.15 V	42.89 V	42.61 V
Short circuit current	I _{SC}	8.59 A	8.51 A	8.44 A	8.36 A	8.29 A	8.21 A	8.14 A
Maximum reverse current	I _R	20 A	20 A	20 A	20 A	20 A	20 A	20 A
Maximum system voltage		1,000 V	1,000 V	1,000 V	1,000 V	1,000 V	1,000 V	1,000 V

Measuring tolerance for P_{max}: ± 3 %

Reduction of module efficiency from 1,000 W/m² to 200 W/m²: < 4 %

Electrical data – typical (NOCT)

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): 800 W/m², NOCT, AM 1.5

Capacity rating	P _{max}	208 Wp	204 Wp	201 Wp	197 Wp	194 Wp	190 Wp	186 Wp
Rated voltage	U _{mpp}	31.91 V	31.73 V	31.55 V	31.37 V	31.19 V	31.01 V	30.83 V
Rated current	I _{mpp}	6.52 A	6.44 A	6.36 A	6.29 A	6.21 A	6.13 V	6.05 A
Open circuit voltage	U _{OC}	39.98 V	39.73 V	39.49 V	39.24 V	39.00 V	38.76 V	38.51 V
Short circuit current	I _{SC}	6.94 A	6.87 A	6.81 A	6.75 A	6.69 A	6.63 A	6.57 A

Thermal data

T _c of open circuit voltage	-0.36 %/K
T _c of short circuit current	0.04 %/K
T _c of power	-0.47 %/K
NOCT (according to IEC 61215)	48°C ± 2 °C

Measuring tolerance for all final data: ± 10 % (except P_{max} (STC) and NOCT)

Mechanical specification

Dimensions (H x W x D)	1,980 x 1,000 x 42 mm
Weight	30 kg
Junction box	1 box with 3 bypass diodes
Cable	Solar cable, length 1,500 mm, 4 mm ² , prefabricated with MC4-combinable plug
Application class	Class A at IEC 61730
Front glass	Transparent toughened safety glass, 4 mm
Solar cells	72 cells, monocrystalline Si 6.2" (156 x 156 mm)
Cell encapsulation	EVA (Ethylene Vinyl Acetate)
Back side	Composite film
Frame	Anodised aluminium frame with twin-wall profile and drainage holes

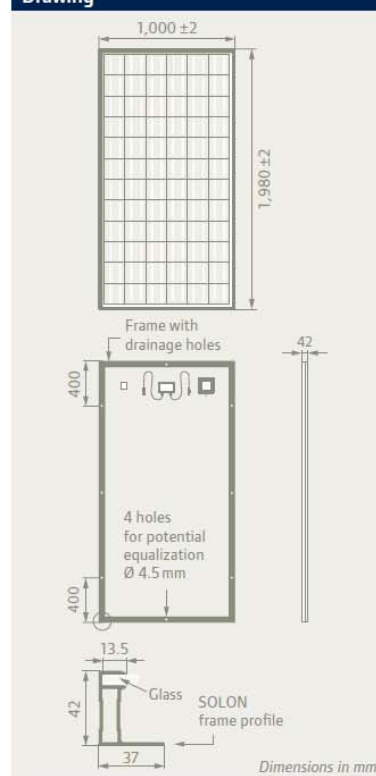
Permissible operating conditions

Temperature range	-40°C to +85°C
Maximum surface load capacity	Tested up to 5,400 Pa according to IEC 61215 (advanced test)
Resistance against hail	Maximum diameter of 25 mm with impact speed of 23 m/s

Guarantees and certifications

Product guarantee	10 years ²⁾
Performance guarantee	Guaranteed output of 95 % for 5 years, 90 % for 10 years, 87 % for 15 years, 83 % for 20 years and 80 % for 25 years ²⁾
Approvals and certificates	TÜV: IEC 61215 Edition II, IEC 61730 (incl. Safety Class II) IEC 62716 (Ammonia Resistance)

Drawing



Priedas Nr.2. Sumodeliuotos saulės elektrinės ataskaita

	PVSYST V5.03		08/05/11	Page 1/3
Grid-Connected System: Simulation parameters				
Project : Grid-Connected Project at Griezpelkiai				
Geographical Site		Griezpelkiai	Country	Lithuania
Situation Time defined as		Latitude 55.2°N Legal Time Time zone UT+2 Albedo 0.20	Longitude 22.1°E Altitude 50 m	
Meteo data :		Griezpelkiai from NASA-SSE, Synthetic Hourly data		
Simulation variant :		Griezpelkiai simulation Simulation date 08/05/11 15h01		
Simulation parameters				
Collector Plane Orientation		Tilt 36°	Azimuth 0°	
Horizon		Free Horizon		
Near Shadings		No Shadings		
PV Array Characteristics				
PV module		Si-mono	Model	Black 280/09(285)
			Manufacturer	Solon AG
Number of PV modules		In series	16 modules	In parallel 2193 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	35088	Unit Nom. Power 285 Wp
Array global power		Nominal (STC)	10000 kWp	At operating cond. 8932 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	492 V	I mpp 18164 A
Total area		Module area	69474 m²	
Inverter		Model	Sinvert 1700 MS	
		Manufacturer	Siemens	
Characteristics		Operating Voltage	450-750 V	Unit Nom. Power 1608 kW AC
Inverter pack		Number of Inverter	6 units	Total Power 9648 kW AC
PV Array loss factors				
Thermal Loss factor		Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
=> Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20°C, Wind velocity = 1m/s.)		NOCT	45 °C	
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	0.45 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
Serie Diode Loss		Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction 0.1 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction 1.5 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 2.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Parameter 0.05
User's needs :		Unlimited load (grid)		

Priedas Nr.3. ENERCON E-82 techninės charakteristika

Vardinė galia P	2000 kW
Rotoriaus diametras D	82 m
Stebulės aukštis H	78 m
Rotoriaus sukimosi kryptis	Pagal laikrodžio rodyklę
Rotoriaus nustatymas	Prieš vėją
Menčių skaičius, vnt	3
Menčių sukuriamas plotas A	5281 m ²
Pastovus rotoriaus sukimosi greitis	6 – 19,5 apskukos/min.
Maksimalus (stabdomo) vėjo greitis	28 – 34 m/s
Maksimalus vėjo elektrinės konstrukcijos aukštis (nuo žemės paviršiaus)	120 m
Bokšto tipas	Konusinis vamzdis
Menčių medžiaga	Kompleksinis stiklo pluoštas su integruota apsaugos sistema nuo žaibo iškrovų
Generatoriaus tipas	sinchroninis
Įrenginio eksploatavimo trukmė	25 metai

Priedas Nr.4. CO₂ emisijos į aplinkos orą gaminant vėjo jėgainei reikalingas medžiagas

<i>Elementas, medžiaga</i>	Gamyba	Plienai		Betonas		Varis		Aliuminis		Stiklo pluoštas	
	<i>Koeficientas</i>	<i>Emisija į orą, kg</i>	<i>Perskaičiuota į, kg CO₂ ekv./kg</i>	<i>Emisija į orą, kg</i>	<i>Perskaičiuota į, kg CO₂ ekv./kg</i>	<i>Emisija į orą, kg</i>	<i>Perskaičiuota į, kg CO₂ ekv./kg</i>	<i>Emisija į orą, kg</i>	<i>Perskaičiuota į, kg CO₂ ekv./kg</i>	<i>Emisija į orą, kg</i>	<i>Perskaičiuota į, kg CO₂ ekv./kg</i>
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	8000	5,12E-06	4,10E-02	3,56E-10	2,85E-06	1,73E-08	1,38E-04	4,00E-05	3,20E-01	2,04E-09	2,49E-05
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	3900	4,61E-05	1,80E-01	3,20E-09	1,25E-05	1,56E-07	6,08E-04	3,60E-04	1,40E+00	1,83E-08	1,35E-04
Methane	62	2,85E-02	1,77E+00	1,68E-04	1,04E-02	1,02E-02	6,35E-01	2,24E-02	1,39E+00	2,38E-03	5,94E-02
Carbon monoxide	1,57	5,28E+00	8,29E+00	1,72E-04	2,70E-04	2,00E-03	3,14E-03	3,84E-03	6,02E-03	-	-
Carbon dioxide	1	1,57E-02	1,57E-02	1,31E-01	1,31E-01	5,21E+00	5,21E+00	9,96E+00	9,96E+00	9,96E-01	9,96E-01
Methane, dichloro-, HCC-30	35	4,82E-08	1,69E-06	1,31E-11	4,59E-10	2,65E-09	9,28E-08	3,55E-07	1,24E-05	1,40E-09	1,22E-08
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	700	1,87E-07	1,31E-04	1,90E-08	1,33E-05	2,72E-07	1,90E-04	6,75E-07	4,73E-04	-	-
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	7900	2,13E-07	1,68E-03	2,44E-09	1,93E-05	2,56E-07	2,02E-03	5,01E-07	3,96E-03	1,04E-08	7,43E-05
Dinitrogen monoxide	275	1,25E-04	3,44E-02	1,16E-06	3,19E-04	1,30E-04	3,58E-02	3,84E-04	1,06E-01	8,54E-06	2,54E-03
Methane, trichlorfluoro-, CFC-11	6300	1,08E-08	6,80E-05	7,72E-11	4,86E-07	1,58E-08	9,95E-05	2,54E-08	1,60E-04	7,05E-10	3,35E-06
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	7500	2,83E-07	2,12E-03	2,04E-09	1,53E-05	4,18E-07	3,14E-03	6,64E-07	4,98E-03	1,86E-08	1,86E-04
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	10200	2,31E-09	2,36E-05	1,66E-11	1,69E-07	3,39E-09	3,46E-05	5,45E-09	5,56E-05	1,52E-10	1,66E-06
Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	10000	1,45E-09	1,45E-05	1,04E-11	1,04E-07	2,13E-09	2,13E-05	3,42E-09	3,42E-05	9,52E-11	1,37E-06
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	3300	1,04E-18	3,43E-15	-	-	5,88E-20	1,94E-16	-2,17E-19	-7,16E-16	-1,46E-20	-2,09E-17
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	4800	2,57E-09	1,23E-05	1,83E-11	8,78E-08	3,76E-09	1,80E-05	6,06E-09	2,91E-05	1,67E-10	3,02E-07
Methane, tetrachloro-, CFC-10	2700	2,56E-08	6,91E-05	8,50E-11	2,30E-07	2,40E-08	6,48E-05	1,07E-07	2,89E-04	8,18E-10	1,15E-06
Chloroform	100	1,97E-09	1,97E-07	9,29E-12	9,29E-10	2,64E-09	2,64E-07	5,41E-09	5,41E-07	6,57E-11	4,97E-08
Σ			10,33725	Σ	1,42E-01	Σ	5,89E+00	Σ	13,19541	Σ	1,06E+00

Priedas Nr.5. CO₂ emisijos į aplinkos orą gaminant saulės elementams reikalingas medžiagas

Elementas, medžiaga	Gamyba	Plienas		Stiklas		Polietilenas HDPE		Aliuminis		Silicis		Varis	
	Koeficientas	Emisija į orą, kg	Perskaičiuota į, kg CO ₂ ekv./kg	Emisija į orą, kg	Perskaičiuota į, kg CO ₂ ekv./kg	Emisija į orą, kg	Perskaičiuota į, kg CO ₂ ekv./kg	Emisija į orą, kg	Perskaičiuota į, kg CO ₂ ekv./kg	Emisija į orą, kg	Perskaičiuota į, kg CO ₂ ekv./kg	Emisija į orą, kg	Perskaičiuota į, kg CO ₂ ekv./kg
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	8000	5,12E-06	4,10E-02	2,04E-09	1,63E-05	2,48E-09	1,98E-05	4,00E-05	3,20E-01	5,07E-08	4,06E-04	1,73E-08	1,38E-04
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	3900	4,61E-05	1,80E-01	1,83E-08	7,14E-05	2,24E-08	8,74E-05	3,60E-04	1,40E+00	4,56E-07	1,78E-03	1,56E-07	6,08E-04
Methane	62	2,85E-02	1,77E+00	0,0023767	1,47E-01	0,0093499	5,80E-01	2,24E-02	1,39E+00	0,02709	1,68E+00	1,02E-02	6,35E-01
Carbon monoxide	1,57	5,28E+00	8,29E+00	0,0019725	3,10E-03	0,0010337	1,62E-03	3,84E-03	6,02E-03	0,00673	1,06E-02	2,00E-03	3,14E-03
Carbon dioxide	1	1,57E-02	1,57E-02	0,9958	9,96E-01	2,2974	2,30E+00	9,96E+00	9,96E+00	8,617	8,62E+00	5,21E+00	5,21E+00
Methane, dichloro-, HCC-30	35	4,82E-08	1,69E-06	1,4E-09	4,90E-08	5,49E-10	1,92E-08	3,55E-07	1,24E-05	1,08E-08	3,78E-07	2,65E-09	9,28E-08
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	700	1,87E-07	1,31E-04	1,13E-07	7,91E-05	0,00014	9,80E-02	6,75E-07	4,73E-04	5,82E-07	4,07E-04	2,72E-07	1,90E-04
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	7900	2,13E-07	1,68E-03	1,04E-08	8,22E-05	6,33E-07	5,00E-03	5,01E-07	3,96E-03	2,13E-07	1,68E-03	2,56E-07	2,02E-03
Dinitrogen monoxide	275	1,25E-04	3,44E-02	8,54E-06	2,35E-03	3,019E-05	8,30E-03	3,84E-04	1,06E-01	0,000358	9,85E-02	1,30E-04	3,58E-02
Methane, trichlorfluoro-, CFC-11	6300	1,08E-08	6,80E-05	7,05E-10	4,44E-06	2,55E-09	1,61E-05	2,54E-08	1,60E-04	5,02E-08	3,16E-04	1,58E-08	9,95E-05
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	7500	2,83E-07	2,12E-03	1,86E-08	1,40E-04	6,74E-08	5,06E-04	6,64E-07	4,98E-03	1,32E-06	9,90E-03	4,18E-07	3,14E-03
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	10200	2,31E-09	2,36E-05	1,52E-10	1,55E-06	5,49E-10	5,60E-06	5,45E-09	5,56E-05	1,08E-08	1,10E-04	3,39E-09	3,46E-05
Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	10000	1,45E-09	1,45E-05	9,52E-11	9,52E-07	3,45E-10	3,45E-06	3,42E-09	3,42E-05	6,77E-09	6,77E-05	2,13E-09	2,13E-05
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	3300	1,04E-18	3,43E-15	1,46E-20	4,82E-17	-	-	-2,17E-19	-7,16E-16	-	-	5,88E-20	1,94E-16
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	4800	2,57E-09	1,23E-05	1,67E-10	8,02E-07	6,04E-10	2,90E-06	6,06E-09	2,91E-05	1,19E-08	5,71E-05	3,76E-09	1,80E-05
Methane, tetrachloro-, CFC-10	2700	2,56E-08	6,91E-05	8,18E-10	2,21E-06	1,97E-09	5,32E-06	1,07E-07	2,89E-04	3,46E-08	9,34E-05	2,40E-08	6,48E-05
Chloroform	100	1,97E-09	1,97E-07	6,57E-11	6,57E-09	2,1E-10	2,10E-08	5,41E-09	5,41E-07	3,68E-09	3,68E-07	2,64E-09	2,64E-07
Σ		10,35	Σ	1,15E+00	Σ	2,99E+00	Σ	13,19541	Σ	1,04E+01	Σ	5,89E+00	Σ

Priedas Nr.6. VEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 3 %

Disko koeficientą 3%						
Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė,Lt	Bendros pajamos,Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė,Lt
0	75762000	1	75762000	0	1	0
1	1348000	0,9709	1308773,20	7816124	0,9709	7588674,79
2	1348000	0,9426	1270624,80	7816124	0,9426	7367478,48
3	1348000	0,9151	1233554,80	7816124	0,9151	7152535,07
4	1348000	0,8885	1197698,00	7816124	0,8885	6944626,17
5	1348000	0,8626	1162784,80	7816124	0,8626	6742188,56
6	1348000	0,8375	1128950,00	7816124	0,8375	6546003,85
7	1348000	0,8131	1096058,80	7816124	0,8131	6355290,42
8	1348000	0,7894	1064111,20	7816124	0,7894	6170048,29
9	1348000	0,7664	1033107,20	7816124	0,7664	5990277,43
10	1348000	0,7441	1003046,80	7816124	0,7441	5815977,87
11	1348000	0,7224	973795,20	7816124	0,7224	5646367,98
12	1348000	0,7014	945487,20	7816124	0,7014	5482229,37
13	1348000	0,6810	917988,00	7816124	0,6810	5322780,44
14	1348000	0,6611	891162,80	7816124	0,6611	5167239,58
15	1348000	0,6419	865281,20	7816124	0,6419	5017170,00
16	1348000	0,6232	840073,60	7816124	0,6232	4871008,48
17	1348000	0,6050	815540,00	7816124	0,6050	4728755,02
18	1348000	0,5874	791815,20	7816124	0,5874	4591191,24
19	1348000	0,5703	768764,40	7816124	0,5703	4457535,52
20	1348000	0,5537	746387,60	7816124	0,5537	4327787,86
21	1348000	0,5375	724550,00	7816124	0,5375	4201166,65
22	1348000	0,5219	703521,20	7816124	0,5219	4079235,12
23	1348000	0,5067	683031,60	7816124	0,5067	3960430,03
24	1348000	0,4919	663081,20	7816124	0,4919	3844751,40
25	1348000	0,4776	643804,80	7816124	0,4776	3732980,82
Suma:			99234993,60	Suma: 136103730,44		
NPV						36868736,84
B/C						1,371529594

Priedas Nr.7. VEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 5 %

Diskonto koef.5%						
Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė,Lt	Bendros pajamos,Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė,Lt
0	75762000	1	75762000	0	1	0
1	1348000	0,9524	1283835,20	7816124	0,9524	7444076,50
2	1348000	0,907	1222636,00	7816124	0,907	7089224,47
3	1348000	0,8638	1164402,40	7816124	0,8638	6751567,91
4	1348000	0,8227	1108999,60	7816124	0,8227	6430325,21
5	1348000	0,7835	1056158,00	7816124	0,7835	6123933,15
6	1348000	0,7462	1005877,60	7816124	0,7462	5832391,73
7	1348000	0,7107	958023,60	7816124	0,7107	5554919,33
8	1348000	0,6768	912326,40	7816124	0,6768	5289952,72
9	1348000	0,6446	868920,80	7816124	0,6446	5038273,53
10	1348000	0,6139	827537,20	7816124	0,6139	4798318,52
11	1348000	0,5847	788175,60	7816124	0,5847	4570087,70
12	1348000	0,5568	750566,40	7816124	0,5568	4352017,84
13	1348000	0,5303	714844,40	7816124	0,5303	4144890,56
14	1348000	0,5051	680874,80	7816124	0,5051	3947924,23
15	1348000	0,481	648388,00	7816124	0,481	3759555,64
16	1348000	0,4581	617518,80	7816124	0,4581	3580566,40
17	1348000	0,4363	588132,40	7816124	0,4363	3410174,90
18	1348000	0,4155	560094,00	7816124	0,4155	3247599,52
19	1348000	0,3957	533403,60	7816124	0,3957	3092840,27
20	1348000	0,3769	508061,20	7816124	0,3769	2945897,14
21	1348000	0,3589	483797,20	7816124	0,3589	2805206,90
22	1348000	0,3418	460746,40	7816124	0,3418	2671551,18
23	1348000	0,3256	438908,80	7816124	0,3256	2544929,97
24	1348000	0,3101	418014,80	7816124	0,3101	2423780,05
25	1348000	0,2953	398064,40	7816124	0,2953	2308101,42
Suma:			94760307,60	Suma: 110158106,82		
NPV						15397799,22
B/C						1,162492077

Priedas Nr.8. VEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 7 %

Diskonto koeficientas 7%						
Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt
0	75762000	1	75762000	0	1	0
1	1348000	0,9346	1259840,80	7816124	0,9346	7304949,49
2	1348000	0,8734	1177343,20	7816124	0,8734	6826602,70
3	1348000	0,8163	1100372,40	7816124	0,8163	6380302,02
4	1348000	0,7629	1028389,20	7816124	0,7629	5962921,00
5	1348000	0,7130	961124,00	7816124	0,7130	5572896,41
6	1348000	0,6663	898172,40	7816124	0,6663	5207883,42
7	1348000	0,6227	839399,60	7816124	0,6227	4867100,41
8	1348000	0,5820	784536,00	7816124	0,5820	4548984,17
9	1348000	0,5439	733177,20	7816124	0,5439	4251189,84
10	1348000	0,5083	685188,40	7816124	0,5083	3972935,83
11	1348000	0,4751	640434,80	7816124	0,4751	3713440,51
12	1348000	0,4440	598512,00	7816124	0,4440	3470359,06
13	1348000	0,4150	559420,00	7816124	0,4150	3243691,46
14	1348000	0,3878	522754,40	7816124	0,3878	3031092,89
15	1348000	0,3624	488515,20	7816124	0,3624	2832563,34
16	1348000	0,3387	456567,60	7816124	0,3387	2647321,20
17	1348000	0,3166	426776,80	7816124	0,3166	2474584,86
18	1348000	0,2959	398873,20	7816124	0,2959	2312791,09
19	1348000	0,2765	372722,00	7816124	0,2765	2161158,29
20	1348000	0,2584	348323,20	7816124	0,2584	2019686,44
21	1348000	0,2415	325542,00	7816124	0,2415	1887593,95
22	1348000	0,2257	304243,60	7816124	0,2257	1764099,19
23	1348000	0,2109	284293,20	7816124	0,2109	1648420,55
24	1348000	0,1971	265690,80	7816124	0,1971	1540558,04
25	1348000	0,1842	248301,60	7816124	0,1842	1439730,04
Suma:			91470513,60	Suma:		
				NPV		
				B/C		
				-387657,40		
				0,995761941		

Priedas Nr.9. VEP projekto balansas, kai diskonto norma 3 %

Metai	Diskonto koeficientas 3%						Dabartinė išlaidų vertė, Lt	Dabartinė pajamų vertė, Lt	Dabartinė grynoji vertė, Lt
	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos	Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt			
0	75762000	1	75762000	0	1	0	75762000	0	
1	1348000	0,9709	1308773,20	7816124	0,9709	7588674,79	77070773,20	7588674,79	-69482098,41
2	1348000	0,9426	1270624,80	7816124	0,9426	7367478,48	78341398,00	14956153,27	-63385244,73
3	1348000	0,9151	1233554,80	7816124	0,9151	7152535,07	79574952,80	22108688,35	-57466264,45
4	1348000	0,8885	1197698,00	7816124	0,8885	6944626,17	80772650,80	29053314,52	-51719336,28
5	1348000	0,8626	1162784,80	7816124	0,8626	6742188,56	81935435,60	35795503,08	-46139932,52
6	1348000	0,8375	1128950,00	7816124	0,8375	6546003,85	83064385,60	42341506,93	-40722878,67
7	1348000	0,8131	1096058,80	7816124	0,8131	6355290,42	84160444,40	48696797,36	-35463647,04
8	1348000	0,7894	1064111,20	7816124	0,7894	6170048,29	85224555,60	54866845,64	-30357709,96
9	1348000	0,7664	1033107,20	7816124	0,7664	5990277,43	86257662,80	60857123,08	-25400539,72
10	1348000	0,7441	1003046,80	7816124	0,7441	5815977,87	87260709,60	66673100,94	-20587608,66
11	1348000	0,7224	973795,20	7816124	0,7224	5646367,98	88234504,80	72319468,92	-15915035,88
12	1348000	0,7014	945487,20	7816124	0,7014	5482229,37	89179992,00	77801698,30	-11378293,70
13	1348000	0,6810	917988,00	7816124	0,6810	5322780,44	90097980,00	83124478,74	-6973501,26
14	1348000	0,6611	891162,80	7816124	0,6611	5167239,58	90989142,80	88291718,32	-2697424,48
15	1348000	0,6419	865281,20	7816124	0,6419	5017170,00	91854424,00	93308888,31	1454464,31
16	1348000	0,6232	840073,60	7816124	0,6232	4871008,48	92694497,60	98179896,79	5485399,19
17	1348000	0,6050	815540,00	7816124	0,6050	4728755,02	93510037,60	102908651,81	9398614,21
18	1348000	0,5874	791815,20	7816124	0,5874	4591191,24	94301852,80	107499843,05	13197990,25
19	1348000	0,5703	768764,40	7816124	0,5703	4457535,52	95070617,20	111957378,56	16886761,36
20	1348000	0,5537	746387,60	7816124	0,5537	4327787,86	95817004,80	116285166,42	20468161,62
21	1348000	0,5375	724550,00	7816124	0,5375	4201166,65	96541554,80	120486333,07	23944778,27
22	1348000	0,5219	703521,20	7816124	0,5219	4079235,12	97245076,00	124565568,19	27320492,19
23	1348000	0,5067	683031,60	7816124	0,5067	3960430,03	97928107,60	128525998,22	30597890,62
24	1348000	0,4919	663081,20	7816124	0,4919	3844751,40	98591188,80	132370749,61	33779560,81
25	1348000	0,4776	643804,80	7816124	0,4776	3732980,82	99234993,60	136103730,44	36868736,84

Priedas Nr.10. VEP projekto balansas, kai diskonto norma 5 %

Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koeficientas 5%					Dabartinė išlaidų vertė, Lt	Dabartinė pajamų vertė, Lt	Dabartinė grynoji vertė, Lt
		Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos	Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt			
0	75762000	1	75762000	0	1	0	75762000	0	
1	1348000	0,9524	1283835,20	7816124	0,9524	7444076,50	77045835,20	7444076,50	-69601758,70
2	1348000	0,907	1222636,00	7816124	0,907	7089224,47	78268471,20	14533300,97	-63735170,23
3	1348000	0,8638	1164402,40	7816124	0,8638	6751567,91	79432873,60	21284868,88	-58148004,72
4	1348000	0,8227	1108999,60	7816124	0,8227	6430325,21	80541873,20	27715194,09	-52826679,11
5	1348000	0,7835	1056158,00	7816124	0,7835	6123933,15	81598031,20	33839127,25	-47758903,95
6	1348000	0,7462	1005877,60	7816124	0,7462	5832391,73	82603908,80	39671518,97	-42932389,83
7	1348000	0,7107	958023,60	7816124	0,7107	5554919,33	83561932,40	45226438,30	-38335494,10
8	1348000	0,6768	912326,40	7816124	0,6768	5289952,72	84474258,80	50516391,02	-33957867,78
9	1348000	0,6446	868920,80	7816124	0,6446	5038273,53	85343179,60	55554664,55	-29788515,05
10	1348000	0,6139	827537,20	7816124	0,6139	4798318,52	86170716,80	60352983,08	-25817733,72
11	1348000	0,5847	788175,60	7816124	0,5847	4570087,70	86958892,40	64923070,78	-22035821,62
12	1348000	0,5568	750566,40	7816124	0,5568	4352017,84	87709458,80	69275088,62	-18434370,18
13	1348000	0,5303	714844,40	7816124	0,5303	4144890,56	88424303,20	73419979,18	-15004324,02
14	1348000	0,5051	680874,80	7816124	0,5051	3947924,23	89105178,00	77367903,41	-11737274,59
15	1348000	0,481	648388,00	7816124	0,481	3759555,64	89753566,00	81127459,06	-8626106,94
16	1348000	0,4581	617518,80	7816124	0,4581	3580566,40	90371084,80	84708025,46	-5663059,34
17	1348000	0,4363	588132,40	7816124	0,4363	3410174,90	90959217,20	88118200,36	-2841016,84
18	1348000	0,4155	560094,00	7816124	0,4155	3247599,52	91519311,20	91365799,89	-153511,31
19	1348000	0,3957	533403,60	7816124	0,3957	3092840,27	92052714,80	94458640,15	2405925,35
20	1348000	0,3769	508061,20	7816124	0,3769	2945897,14	92560776,00	97404537,29	4843761,29
21	1348000	0,3589	483797,20	7816124	0,3589	2805206,90	93044573,20	100209744,19	7165170,99
22	1348000	0,3418	460746,40	7816124	0,3418	2671551,18	93505319,60	102881295,37	9375975,77
23	1348000	0,3256	438908,80	7816124	0,3256	2544929,97	93944228,40	105426225,35	11481996,95
24	1348000	0,3101	418014,80	7816124	0,3101	2423780,05	94362243,20	107850005,40	13487762,20
25	1348000	0,2953	398064,40	7816124	0,2953	2308101,42	94760307,60	110158106,82	15397799,22

Priedas Nr.11. SEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 3 %

Diskonto koeficientas 3%						
Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt
0	77482000	1	77482000	0	1	0
1	1010441	0,9709	981037,17	16356338	0,9709	15880368,56
2	1010441	0,9426	952441,69	16356338	0,9426	15417484,20
3	1010441	0,9151	924654,56	16356338	0,9151	14967684,90
4	1010441	0,8885	897776,83	16356338	0,8885	14532606,31
5	1010441	0,8626	871606,41	16356338	0,8626	14108977,16
6	1010441	0,8375	846244,34	16356338	0,8375	13698433,08
7	1010441	0,8131	821589,58	16356338	0,8131	13299338,43
8	1010441	0,7894	797642,13	16356338	0,7894	12911693,22
9	1010441	0,7664	774401,98	16356338	0,7664	12535497,44
10	1010441	0,7441	751869,15	16356338	0,7441	12170751,11
11	1010441	0,7224	729942,58	16356338	0,7224	11815818,57
12	1010441	0,7014	708723,32	16356338	0,7014	11472335,47
13	1010441	0,6810	688110,32	16356338	0,6810	11138666,18
14	1010441	0,6611	668002,55	16356338	0,6611	10813175,05
15	1010441	0,6419	648602,08	16356338	0,6419	10499133,36
16	1010441	0,6232	629706,83	16356338	0,6232	10193269,84
17	1010441	0,6050	611316,81	16356338	0,6050	9895584,49
18	1010441	0,5874	593533,04	16356338	0,5874	9607712,94
19	1010441	0,5703	576254,50	16356338	0,5703	9328019,56
20	1010441	0,5537	559481,18	16356338	0,5537	9056504,35
21	1010441	0,5375	543112,04	16356338	0,5375	8791531,68
22	1010441	0,5219	527349,16	16356338	0,5219	8536372,80
23	1010441	0,5067	511990,45	16356338	0,5067	8287756,46
24	1010441	0,4919	497035,93	16356338	0,4919	8045682,66
25	1010441	0,4776	482586,62	16356338	0,4776	7811787,03
Suma:			95077011,22	Suma: 284816184,86		
NPV						189739173,64
B/C						2,995636708

Priedas Nr.12. SEP viršpelnio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 5 %

Diskonto koeficientas 5%						
Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt
0	77482000	1	77482000	0	1	0
1	1010441	0,9524	962344,01	16356338	0,9524	15577776,31
2	1010441	0,907	916469,99	16356338	0,907	14835198,57
3	1010441	0,8638	872818,94	16356338	0,8638	14128604,76
4	1010441	0,8227	831289,81	16356338	0,8227	13456359,27
5	1010441	0,7835	791680,52	16356338	0,7835	12815190,82
6	1010441	0,7462	753991,07	16356338	0,7462	12205099,42
7	1010441	0,7107	718120,42	16356338	0,7107	11624449,42
8	1010441	0,6768	683866,47	16356338	0,6768	11069969,56
9	1010441	0,6446	651330,27	16356338	0,6446	10543295,47
10	1010441	0,6139	620309,73	16356338	0,6139	10041155,90
11	1010441	0,5847	590804,85	16356338	0,5847	9563550,83
12	1010441	0,5568	562613,55	16356338	0,5568	9107209,00
13	1010441	0,5303	535836,86	16356338	0,5303	8673766,04
14	1010441	0,5051	510373,75	16356338	0,5051	8261586,32
15	1010441	0,481	486022,12	16356338	0,481	7867398,58
16	1010441	0,4581	462883,02	16356338	0,4581	7492838,44
17	1010441	0,4363	440855,41	16356338	0,4363	7136270,27
18	1010441	0,4155	419838,24	16356338	0,4155	6796058,44
19	1010441	0,3957	399831,50	16356338	0,3957	6472202,95
20	1010441	0,3769	380835,21	16356338	0,3769	6164703,79
21	1010441	0,3589	362647,27	16356338	0,3589	5870289,71
22	1010441	0,3418	345368,73	16356338	0,3418	5590596,33
23	1010441	0,3256	328999,59	16356338	0,3256	5325623,65
24	1010441	0,3101	313337,75	16356338	0,3101	5072100,41
25	1010441	0,2953	298383,23	16356338	0,2953	4830026,61
Suma:			91722852,32	Suma: 230521320,87		
NPV						138798468,55
B/C						2,513237596

Priedas Nr.13. SEP viršpenio bei įplaukų ir išlaidų santykio skaičiavimas, kai diskonto koeficientas 7 %

Diskonto koeficientas 7%							
Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos, Lt	Diskonto koeficientas	Dabartinė vertė, Lt	
0	77482000	1	77482000	0	1	0	
1	1010441	0,9346	944358,16	16356338	0,9346	15286633,49	
2	1010441	0,8734	882519,17	16356338	0,8734	14285625,61	
3	1010441	0,8163	824822,99	16356338	0,8163	13351678,71	
4	1010441	0,7629	770865,44	16356338	0,7629	12478250,26	
5	1010441	0,7130	720444,43	16356338	0,7130	11662068,99	
6	1010441	0,6663	673256,84	16356338	0,6663	10898228,01	
7	1010441	0,6227	629201,61	16356338	0,6227	10185091,67	
8	1010441	0,5820	588076,66	16356338	0,5820	9519388,72	
9	1010441	0,5439	549578,86	16356338	0,5439	8896212,24	
10	1010441	0,5083	513607,16	16356338	0,5083	8313926,61	
11	1010441	0,4751	480060,52	16356338	0,4751	7770896,18	
12	1010441	0,4440	448635,80	16356338	0,4440	7262214,07	
13	1010441	0,4150	419333,02	16356338	0,4150	6787880,27	
14	1010441	0,3878	391849,02	16356338	0,3878	6342987,88	
15	1010441	0,3624	366183,82	16356338	0,3624	5927536,89	
16	1010441	0,3387	342236,37	16356338	0,3387	5539891,68	
17	1010441	0,3166	319905,62	16356338	0,3166	5178416,61	
18	1010441	0,2959	298989,49	16356338	0,2959	4839840,41	
19	1010441	0,2765	279386,94	16356338	0,2765	4522527,46	
20	1010441	0,2584	261097,95	16356338	0,2584	4226477,74	
21	1010441	0,2415	244021,50	16356338	0,2415	3950055,63	
22	1010441	0,2257	228056,53	16356338	0,2257	3691625,49	
23	1010441	0,2109	213102,01	16356338	0,2109	3449551,68	
24	1010441	0,1971	199157,92	16356338	0,1971	3223834,22	
25	1010441	0,1842	186123,23	16356338	0,1842	3012837,46	
Suma:			89256871,06	Suma:			190603677,98
NPV						101346806,92	
B/C						2,135451038	

Priedas Nr.14. SEP projekto balansas, kai diskonto norma 3 %

Metai	Diskonto koeficientas 3%						Dabartinė išlaidų vertė, Lt	Dabartinė pajamų vertė, Lt	Dabartinė grynoji vertė, Lt
	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos	Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt			
0	77482000	1	77482000	0	1	0	77482000	0	
1	1010441	0,9709	981037,17	16356338	0,9709	15880368,56	78463037,17	15880368,56	-62582668,60
2	1010441	0,9426	952441,69	16356338	0,9426	15417484,20	79415478,85	31297852,76	-48117626,09
3	1010441	0,9151	924654,56	16356338	0,9151	14967684,90	80340133,41	46265537,67	-34074595,75
4	1010441	0,8885	897776,83	16356338	0,8885	14532606,31	81237910,24	60798143,98	-20439766,26
5	1010441	0,8626	871606,41	16356338	0,8626	14108977,16	82109516,65	74907121,14	-7202395,51
6	1010441	0,8375	846244,34	16356338	0,8375	13698433,08	82955760,99	88605554,21	5649793,23
7	1010441	0,8131	821589,58	16356338	0,8131	13299338,43	83777350,56	101904892,64	18127542,08
8	1010441	0,7894	797642,13	16356338	0,7894	12911693,22	84574992,69	114816585,86	30241593,17
9	1010441	0,7664	774401,98	16356338	0,7664	12535497,44	85349394,67	127352083,30	42002688,63
10	1010441	0,7441	751869,15	16356338	0,7441	12170751,11	86101263,82	139522834,41	53421570,59
11	1010441	0,7224	729942,58	16356338	0,7224	11815818,57	86831206,40	151338652,98	64507446,58
12	1010441	0,7014	708723,32	16356338	0,7014	11472335,47	87539929,71	162810988,45	75271058,74
13	1010441	0,6810	688110,32	16356338	0,6810	11138666,18	88228040,04	173949654,63	85721614,60
14	1010441	0,6611	668002,55	16356338	0,6611	10813175,05	88896042,58	184762829,68	95866787,10
15	1010441	0,6419	648602,08	16356338	0,6419	10499133,36	89544644,66	195261963,04	105717318,39
16	1010441	0,6232	629706,83	16356338	0,6232	10193269,84	90174351,49	205455232,89	115280881,40
17	1010441	0,6050	611316,81	16356338	0,6050	9895584,49	90785668,29	215350817,38	124565149,08
18	1010441	0,5874	593533,04	16356338	0,5874	9607712,94	91379201,34	224958530,32	133579328,98
19	1010441	0,5703	576254,50	16356338	0,5703	9328019,56	91955455,84	234286549,88	142331094,04
20	1010441	0,5537	559481,18	16356338	0,5537	9056504,35	92514937,02	243343054,23	150828117,21
21	1010441	0,5375	543112,04	16356338	0,5375	8791531,68	93058049,06	252134585,90	159076536,84
22	1010441	0,5219	527349,16	16356338	0,5219	8536372,80	93585398,22	260670958,71	167085560,49
23	1010441	0,5067	511990,45	16356338	0,5067	8287756,46	94097388,67	268958715,17	174861326,50
24	1010441	0,4919	497035,93	16356338	0,4919	8045682,66	94594424,60	277004397,83	182409973,23
25	1010441	0,4776	482586,62	16356338	0,4776	7811787,03	95077011,22	284816184,86	189739173,64

Priedas Nr.15. SEP projekto balansas, kai diskonto norma 5 %

Metai	Diskonto koef. 5%						Dabartinė išlaidų vertė, Lt	Dabartinė pajamų vertė, Lt	Dabartinė grynoji vertė, Lt
	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos	Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt			
0	77482000	1	77482000	0	1	0	77482000	0	
1	1010441	0,9524	962344,01	16356338	0,9524	15577776,31	78444344,01	15577776,31	-62866567,70
2	1010441	0,907	916469,99	16356338	0,907	14835198,57	79360814,00	30412974,88	-48947839,12
3	1010441	0,8638	872818,94	16356338	0,8638	14128604,76	80233632,93	44541579,64	-35692053,29
4	1010441	0,8227	831289,81	16356338	0,8227	13456359,27	81064922,74	57997938,91	-23066983,83
5	1010441	0,7835	791680,52	16356338	0,7835	12815190,82	81856603,27	70813129,74	-11043473,53
6	1010441	0,7462	753991,07	16356338	0,7462	12205099,42	82610594,34	83018229,15	407634,81
7	1010441	0,7107	718120,42	16356338	0,7107	11624449,42	83328714,76	94642678,57	11313963,81
8	1010441	0,6768	683866,47	16356338	0,6768	11069969,56	84012581,23	105712648,13	21700066,90
9	1010441	0,6446	651330,27	16356338	0,6446	10543295,47	84663911,50	116255943,60	31592032,11
10	1010441	0,6139	620309,73	16356338	0,6139	10041155,90	85284221,23	126297099,50	41012878,28
11	1010441	0,5847	590804,85	16356338	0,5847	9563550,83	85875026,08	135860650,33	49985624,25
12	1010441	0,5568	562613,55	16356338	0,5568	9107209,00	86437639,63	144967859,33	58530219,70
13	1010441	0,5303	535836,86	16356338	0,5303	8673766,04	86973476,49	153641625,37	66668148,88
14	1010441	0,5051	510373,75	16356338	0,5051	8261586,32	87483850,24	161903211,69	74419361,45
15	1010441	0,481	486022,12	16356338	0,481	7867398,58	87969872,36	169770610,27	81800737,91
16	1010441	0,4581	462883,02	16356338	0,4581	7492838,44	88432755,38	177263448,71	88830693,33
17	1010441	0,4363	440855,41	16356338	0,4363	7136270,27	88873610,79	184399718,98	95526108,19
18	1010441	0,4155	419838,24	16356338	0,4155	6796058,44	89293449,03	191195777,42	101902328,39
19	1010441	0,3957	399831,50	16356338	0,3957	6472202,95	89693280,53	197667980,36	107974699,83
20	1010441	0,3769	380835,21	16356338	0,3769	6164703,79	90074115,74	203832684,16	113758568,41
21	1010441	0,3589	362647,27	16356338	0,3589	5870289,71	90436763,02	209702973,86	119266210,85
22	1010441	0,3418	345368,73	16356338	0,3418	5590596,33	90782131,75	215293570,19	124511438,44
23	1010441	0,3256	328999,59	16356338	0,3256	5325623,65	91111131,34	220619193,85	129508062,51
24	1010441	0,3101	313337,75	16356338	0,3101	5072100,41	91424469,09	225691294,26	134266825,16
25	1010441	0,2953	298383,23	16356338	0,2953	4830026,61	91722852,32	230521320,87	138798468,55

Priedas Nr.16. SEP projekto balansas, kai diskonto norma 7 %

Metai	Bendros išlaidos, Lt	Diskonto koef. 7 %				Dabartinė išlaidų vertė, Lt	Dabartinė pajamų vertė, Lt	Dabartinė grynoji vertė, Lt
		Diskonto koef.	Dabartinė vertė, Lt	Bendros pajamos	Diskonto koef.			
0	77482000	1	77482000	0	1	0	77482000	0
1	1010441	0,9346	944358,16	16356338	0,9346	15286633,49	78426358,16	15286633,49
2	1010441	0,8734	882519,17	16356338	0,8734	14285625,61	79308877,33	29572259,10
3	1010441	0,8163	824822,99	16356338	0,8163	13351678,71	80133700,32	42923937,81
4	1010441	0,7629	770865,44	16356338	0,7629	12478250,26	80904565,76	55402188,07
5	1010441	0,7130	720444,43	16356338	0,7130	11662068,99	81625010,19	67064257,07
6	1010441	0,6663	673256,84	16356338	0,6663	10898228,01	82298267,03	77962485,08
7	1010441	0,6227	629201,61	16356338	0,6227	10185091,67	82927468,64	88147576,75
8	1010441	0,5820	588076,66	16356338	0,5820	9519388,72	83515545,30	97666965,47
9	1010441	0,5439	549578,86	16356338	0,5439	8896212,24	84065124,16	106563177,70
10	1010441	0,5083	513607,16	16356338	0,5083	8313926,61	84578731,32	114877104,31
11	1010441	0,4751	480060,52	16356338	0,4751	7770896,18	85058791,84	122648000,49
12	1010441	0,4440	448635,80	16356338	0,4440	7262214,07	85507427,64	129910214,57
13	1010441	0,4150	419333,02	16356338	0,4150	6787880,27	85926760,66	136698094,84
14	1010441	0,3878	391849,02	16356338	0,3878	6342987,88	86318609,68	143041082,71
15	1010441	0,3624	366183,82	16356338	0,3624	5927536,89	86684793,50	148968619,60
16	1010441	0,3387	342236,37	16356338	0,3387	5539891,68	87027029,86	154508511,28
17	1010441	0,3166	319905,62	16356338	0,3166	5178416,61	87346935,48	159686927,89
18	1010441	0,2959	298989,49	16356338	0,2959	4839840,41	87645924,97	164526768,31
19	1010441	0,2765	279386,94	16356338	0,2765	4522527,46	87925311,91	169049295,77
20	1010441	0,2584	261097,95	16356338	0,2584	4226477,74	88186409,87	173275773,50
21	1010441	0,2415	244021,50	16356338	0,2415	3950055,63	88430431,37	177225829,13
22	1010441	0,2257	228056,53	16356338	0,2257	3691625,49	88658487,90	180917454,62
23	1010441	0,2109	213102,01	16356338	0,2109	3449551,68	88871589,91	184367006,30
24	1010441	0,1971	199157,92	16356338	0,1971	3223834,22	89070747,83	187590840,52
25	1010441	0,1842	186123,23	16356338	0,1842	3012837,46	89256871,06	190603677,98