

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Donatas Blėdis

GEDIMŲ ELEKTROS TINKLŲ 0,4-10 kV LINIJOSE TYRIMAS

Magistro darbas

Vadovas

doc. dr. N. Šulčius

ŠIAULIAI, 2012

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
doc. dr. G. Valiulis

2012 06

GEDIMŲ ELEKTROS TINKLŲ 0,4-10 kV LINIJOSE TYRIMAS

Magistro darbas

Vadovas

doc. dr. N. Šulčius

2012 06

Recenzentas

doc. dr. T. Šimkevičius

Atliko

EM-10 gr. stud.
D. Blėdis

2012 06

2012 06

ŠIAULIAI, 2012

SANTRAUKA

Donatas Blėdis. Gedimų elektros tinklų 0,4-10 kV linijose tyrimas. Magistro darbas.
Vadovas doc. dr. Nerijus Šulčius. Šiaulių universitetas. Šiauliai 2012.

Šiame darbe nagrinėjamos skirstomojo tinklo 0,4- 10 kV linijų gedimų problemos, remiantis mokslinės literatūros analize ir praktinio darbo patirties apibendrinimu. Nustatomi Šiaulių regiono kiekvieno rajono elektros tinklų 0,4-10 kV linijų gedimų skaičius, atjungtų vartotojų skaičius, atjungimų trukmės ir priežastys. Apskaičiuojami Šiaulių regiono kiekvieno rajono elektros tinklo patikimumo rodikliai, daugiausiai gendančios elektros linijos parengties ir priverstinės prastovos koeficientai bei veikimo ir gedimo tikimybės per 12 mėnesių.

SUMMARY

Donatas Blėdis. Investigation of Faults in 0.4 - 10 kV Power Network. Master thesis of Energetics engineer/research advisor doc. dr. Nerijus Šulčius. Šiauliai University, Technological Faculty, Electrical Engineering Department.- Šiauliai, 2012.

This paper deals with the distribution network of 0.4 and 10 kV line fault problems based on the scientific literature and practical experience. The number of faults, the number of disconnections, the disconnections times and reasons of 0.4-10 kV grid lines of Šiauliai region have been investigated. Reliability indicators of electrical network of Šiauliai region have been calculated. Working and failure probabilities of the electrical network during 12 months have been calculated.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	6
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	7
ĮVADAS.....	9
1. ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ SANDARA IR PATIKIMUMAS	10
1.1. Lietuvos elektros energetikos sistemos struktūra	10
1.1.1. AB Lietuvos energija.....	10
1.1.2. AB Litgrid.....	11
1.1.3. AB Lesto.....	12
1.2. Elektros energetikos sistemų kokybė.....	12
1.2.1. Elektros energetikos sistemų patikimumas.....	12
1.2.2. Nuostoliai dėl elektros energetikos sistemų nepatikimumo.....	13
1.2.3. Intelektuali elektros energetikos sistema.....	14
2. ŠIAULIŲ REGIONO RAJONŲ ELEKTROS TINKLŲ 0,4 – 10 kV LINIJŲ GEDIMŲ APIMTIES TYRIMAS	17
2.1. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis	17
2.2. Joniškio rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis.....	18
2.3. Kelmės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis	20
2.4. Kuršėnų rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis.....	21
2.5. Mažeikių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis.....	23
2.6. Pakruojo rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis.....	24
2.7. Radviliškio rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis.....	25
2.8. Raseinių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis.....	27
2.9. Šiaulių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis.....	28
3. ŠIAULIŲ REGIONO RAJONŲ ELEKTROS TINKLŲ 0,4 – 10 kV LINIJŲ GEDIMŲ PRIEŽASČIŲ TYRIMAS.....	31
3.1. Elektros tinklų linijų gedimų priežasčių klasifikavimas	32
3.2. Šiaulių regiono rajonų 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys	32
4. ŠIAULIŲ REGIONO RAJONŲ ELEKTROS TINKLŲ PATIKIMUMO RODIKLIŲ SKAIČIAVIMAS	36
4.1. Elektros tinklų patikimumo rodikliai.....	Error! Bookmark not defined.
4.2. Šiaulių regiono rajonų elektros tinklų patikimumo rodikliai.....	37
5. ŠIAULIŲ REGIONO DAUGIAUSIAI GENDANČIŲ 0,4 – 10 kV ELEKTROS LINIJŲ SKAIČIAVIMAI.....	38
5.1. Šiaulių regiono daugiausiai gendančios elektros linijos parengties ir priverstinės prastovos koeficientų bei veikimo ir gedimo tikimybių skaičiavimas.....	38
IŠVADOS.....	49
LITERATŪRA	50

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Perdavimo tinklo pagrindiniai techniniai duomenys.....	11
1.2. lentelė. Lietuvos elektrinių įrengtoji galia.	11
5.1 lentelė. Šiaulių regiono visų rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų duomenys.....	40
5.2 lentelė. rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų priverstinės prastovos koeficientas.....	40
5.3 lentelė. Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų parengties koeficientas.....	41
5.4 lentelė. Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų priverstinės prastovos koeficientas.....	42
5.5 lentelė. Veikimo tikimybę $R(t,\tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.....	43
5.6 lentelė. Gendamiausių linijų veikimo tikimybės $R(t,\tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.....	43
5.7 lentelė. Gendamiausių linijų gedimo tikimybės $Q(t,\tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.....	43
5.8 lentelė. Gendamiausių linijų gedimo tikimybės $Q(t,\tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.....	44

PAVEIKSLŲ SARAŠAS

1.2 pav. Elektros energetikos sistema.....	10
1.2. pav.intelektualios EES struktūra.....	15
2.1 pav. Akmenės rajono elektros nutraukimų skaičius.....	17
2.2 pav. Akmenės rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	17
2.3 pav. Akmenės rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	18
2.4 pav. Joniškio rajono elektros nutraukimų skaičius.....	18
2.5 pav. Joniškio rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	19
2.6 pav. Joniškio rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	19
2.7 pav. Kelmės rajono elektros nutraukimų skaičius.....	20
2.8 pav. Kelmės rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	20
2.9 pav. Kelmės rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	21
2.10 pav. Kuršėnų rajono elektros nutraukimų skaičius.....	21
2.11 pav. Kuršėnų rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	22
2.12 pav. Kuršėnų rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	22
2.13 pav. Mažeikių rajono elektros nutraukimų skaičius.....	23
2.14 pav. Mažeikių rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	23
2.15 pav. Mažeikių rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	24
2.16 pav. Pakruojo rajono elektros nutraukimų skaičius.....	24
2.17 pav. Pakruojo rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	25
2.18 pav. Pakruojo rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	25
2.19 pav. Radviliškio rajono elektros nutraukimų skaičius.....	26
2.20 pav. Radviliškio rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	25
2.21 pav. Radviliškio rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	27
2.22 Rasenių rajono elektros nutraukimų skaičius.....	27
2.23 pav. Rasenių rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	28
2.24 pav. Rasenių rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	28
2.25 pav. Šiaulių rajono elektros nutraukimų skaičius.....	29
2.26 pav. Šiaulių rajono atjungtų vartotojų skaičius.....	29
2.27 pav. Šiaulių rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.....	30
3.1 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	32
3.2 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	33
3.3 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	33
3.4 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	33
3.5 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	34
3.6 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	34
3.7 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	34
3.8 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	35
3.9 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.....	35
4.1 pav. Rajonų SAIFI.....	37
4.2 pav. Rajonų CAIFI.....	37
4.3 pav. Rajonų SAIDI.....	38
4.4 pav. Rajonų CAIDI.....	38
4.5 pav. Rajonų ASAI.....	39
4.6 pav. Rajonų ASUI.....	39
5.1 pav. Vėkšnių TP L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.....	44
5.2 pav. Joniškio TP L-600 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.....	44
5.3 pav. Kelmės TP L-500 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.....	45
5.4 pav. SP-1(Kuršėnų) L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.....	45
5.5 pav. Mažeikių TP L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.....	46
5.6 pav. Lygumų TP L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.....	46

5.7 pav. Radviliškio TP L-100 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.	47
5.8 pav. Raseinių TP L-800 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.....	47
5.9 pav. SP-37(Šiaulių) L-100 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.	48

ĮVADAS

Elektros tinklus galima suskirstyti į tris dalis: perdavimo, skirstomuosius ir vietinius [1]. Perdavimo tinklais elektra iš elektrinių perduodama į stambias (110 kV, 330 kV įtampų) pastotes. Jie dažniausiai maitinami iš kelių šaltinių ir būna uždari. Skirstomaisiais tinklais elektra perduodama iš rajoninių pastočių į vartotojų (35 kV, 10 kV, 6 kV įtampos) pastotes. Šių tinklų schemas gan paprastos. Dauguma jų spindulinės, o elementai, kuriais elektros energija perduodama vartotojams sujungti nuosekliai. Vietiniais elektros tinklais tiesiogiai maitinami vidutinės ir žemosios įtampos vartotojai.

Avarinio elektros nutraukimo nutraukimų vienam vartotojui analizė parodė, kad dėl gedimų elektrinėse ir perdavimo tinkluose elektros negavo tik apie 3 procentus vartotojų [1]. Dėl gedimų skirstomuosiuose tinkluose ir vietiniuose tinkluose- apie 12 procentų vartotojų. Tai leidžia daryti išvadą, kad daugiausia įtakos elektros tiekimo vartotojams patikimumui turi skirstomųjų tinklų gedimai. Perdavimo tinklo avarijos gali apsunkinti elektros energetikos sistemos darbą, padaryti didelių ekonominių nuostolių.

Šio darbo tikslas – ištirti bei įvertinti gedimus elektros tinklų 0,4 – 10 kV linijose.

Darbo tikslui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

1. Nustatyti Šiaulių regiono kiekvieno rajono elektros tinklų 0,4 – 10 kV linijų gedimų skaičių, atjungtų vartotojų skaičių, atjungimų trukmę;
2. Nustatyti Šiaulių regiono kiekvieno rajono elektros tinklų 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastis;
3. Apskaičiuoti Šiaulių regiono kiekvieno rajono elektros tinklo patikimumo rodiklius;
4. Apskaičiuoti Šiaulių regiono kiekvieno rajono daugiausiai gendančios elektros linijos parengties ir priverstinės prastovos koeficientus bei veikimo ir gedimo tikimybes per 12 mėnesių.

1. ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ SANDARA IR PATIKIMUMAS

1.1. Lietuvos elektros energetikos sistemos struktūra

Elektros energetikos sistemą sudaro [9] (1.1 pav.):
Elektrinės, kurios gamina elektrą.

- a) Aukštos įtampos elektros perdavimo linijos ir įrenginiai, kuriomis elektra perduodama dideliais atstumais (perdavimo sistemos operatorius AB „Litgrid“).
- b) Žemos ir vidutinės įtampos elektros paskirstymo tinklas, kuriuo elektra tiekama galutiniam vartotojui (skirstomųjų tinklų operatorius AB „Lesto“).



1.1 pav. Elektros energetikos sistema.

1.1.1 AB LIETUVOS ENERGIJA

Lietuvos energija, AB įregistruota 1995 m., perorganizavus VĮ „Valstybinė energetikos sistema“. 1997 m. nuo Lietuvos energija, AB buvo atskirtos šilumos tiekimo įmonės bei Vilniaus ir Kauno termofikacinės elektrinės. 2001 m. įgyvendinant Europos Sąjungos direktyvas, Lietuvos elektros ūkis buvo pritaikytas konkurencinei Europos elektros rinkai – bendrovė reorganizuota atskiriant elektros gamybos, perdavimo bei skirstymo veiklas, sukurtos naujos keturios bendrovės. Elektros energijos gamybos, importo ir eksporto, didmeninės prekybos bei sisteminių paslaugų teikimo veiklą bendrovė pradėjo vykdyti 2010 m. gruodžio mėn. 1 d.

Lietuvos energija, AB valdomų elektrinių gamyba 2011 m. sudarė 22 proc. šalies poreikio.

Didžioji dalis Lietuvoje suvartojamo elektros energijos yra importuojama, kita dalis – pagaminama Lietuvos elektrinėse.

Lietuvos energija, AB yra didžiausias elektros gamintojas Lietuvoje, vienijantis visus valstybės valdomus elektros gamybos pajėgumus:

Lietuvos elektrinę,

Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę ir

Kauno hidroelektrinę.

Skaičiai:

Per 2011 m. Lietuvos elektrinėse 4,8 TWh elektros energijos (iš jų 2,018 TWh pagamino „Lietuvos energija“). Per 2011 m. į Lietuvą importuota 8,7 TWh elektros energijos.

Bendra instaliuota galia elektrinėse 2011 m. pabaigoje buvo 4021,1 MW.

Kauno hidroelektrinėje yra pagaminama beveik pusė visos Lietuvoje pagamintos „žaliosios“ elektros energijos.

Lietuvos elektros biržoje 2011 metais buvo suprekiauta 7963921,5 MWh.

Vidutinė elektros energijos kaina 2011 m. buvo 156,21 Lt/MWh.

Lietuvos energija, AB taip pat vykdo elektros energijos importo bei eksporto ir prekybos veiklą. Šiuo metu bendrovė plečia pajėgumus diegdama ypač pažangią elektros energijos gamybos

technologiją – 455 megavatų galios Lietuvos elektrinės kombinuoto ciklo bloką, kuris bus 30 proc. efektyvesnis.

1.1.2 AB LITGRID

AB LITGRID Centrinė Lietuvos elektros energetikos sektoriaus įmonė, atsakinga už sistemoje suvartojamos ir pagaminamos elektros energijos balanso palaikymą ir patikimą elektros energijos perdavimą, taip pat šalies elektros energetikos sistemos patikimo darbo užtikrinimą [3].

Atsakinga už visavertę Lietuvos integraciją į Europos elektros tinklą ir sistemą bei bendrą elektros rinką.

Įgyvendina strateginius elektros energetikos projektus – tarptautines elektros jungtis „NordBalt“ (Lietuva–Švedija) ir „LitPol Link“ (Lietuva–Lenkija). Duomenys pateikti 1.1 ir 1.2 lentelėse.

1.1 lentelė. Perdavimo tinklo pagrindiniai techniniai duomenys.

Skystis		Vilniaus	Kauno	Klaipėdos	Šiaulių	Utenos	VISI
Oro linijų ilgis, km	110 kV	818	1264	845,69	890	1150	4967,62
	330 kV	183	579	194,74	241	473	1671,56
	Iš viso	1001	1843	1040,43	1131	1623	6639,18
Kabelinių linijų ilgis, km	110 kV	20,9	9,3	6,3	-	2,4	38,9
	330 kV	-	-	-	-	-	-
	Iš viso	20,9	9,3	6,3	-	2,4	38,9
Transformatorių pastotės, vnt.	110 kV	40	58	44	34	42	218*
	330 kV	3	6	3	2	3	15**
	Iš viso	43	62	47	36	45	233
Transformatoriai, vnt.	110 kV	-	-	4	-	-	4
	330 kV	4	6	3	4	6	23
	Iš viso	4	6	7	4	6	27
Transformatorių galia, MVA	110 kV	-	-	92,6	-	-	92,6
	330 kV	750	975	525	650	1125	4025
	Iš viso	750	975	617,5	650	1125***	4117,6

* tarp kurių 110 kV Varduvo paskirstymo punktas

** tarp kurių dvi 330 kV skirstyklos

*** tarp kurių 330 kV Panevėžio TP rezervinis autotransformatorius

1.2 lentelė. Lietuvos elektrinių įrengtoji galia.

Elektrinės	Įrengtoji galia (gross), MW
Lietuvos elektrinė	1800
Mažeikių elektrinė	160
Vilniaus elektrinė	360
Kauno elektrinė	170
Kauno energija	8
Klaipėdos energija	11
Panevėžio elektrinė	35
Įmonių elektrinės	132
Iš viso šiluminėse elektrinėse:	2676
Kauno hidroelektrinė	101
Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė	900
Mažosios hidroelektrinės	26
Iš viso hidroelektrinėse:	1027
Biokuro elektrinės	50
Vėjo jėgainės	202
Iš viso AEI naudojančiose elektrinėse	252
Iš viso:	3955

1.1.3 AB LESTO

Lietuvos elektros skirstomųjų tinklų operatorius (LESTO) [4]. LESTO įkurtas sujungimo būdu reorganizavus skirstomųjų tinklų bendroves – akcinę bendrovę Rytų skirstomieji tinklai (RST) ir akcinę bendrovę „VST“ (VST).

2011 m. sausio 1 d. RST ir VST baigė savo veiklą kaip juridiniai asmenys, o LESTO perėmė abiejų bendrovių turtą, teises ir pareigas, taip pat visą ilgalaikį ir trumpalaikį turtą, ilgalaikius ir trumpalaikius finansinius ir kitus įsipareigojimus, gautinas ir mokėtinas sumas pagal RST ir VST sudarytas sutartis ar kitais pagrindais kylančias prievolės.

LESTO taip pat perėmė visas kitas teises ir pareigas bei prievolės (įskaitant teises ir pareigas pagal sudarytas kolektyvines ir darbo sutartis, bankų sąskaitose esančias lėšas, sutartis su naujaisiais bei esamais klientais, elektros energijos gamintojais, nepriklausomais tiekėjais, taip pat prekių, paslaugų ir/ar darbų tiekėjais) bei teises ir pareigas, kylančias iš kitų sudarytų dokumentų (techninių sąlygų, projektavimo sąlygų ir kt.), išskyrus tas, kurias Lietuvos Respublikos imperatyviomis teisės normomis draudžiama arba kurių negalima perduoti kitam asmeniui reorganizavimo metu.

Elektros energetikos sektoriaus pertvarka siekiama efektyvinti Lietuvos elektros energetikos ūkį bei didinti Lietuvos energetinę nepriklausomybę. Sektoriaus veiklos modelis kuriamas pagal Europos Sąjungos trečiojo energetikos paketo reikalavimus, kad sudarytų sąlygas integruoti Lietuvos elektros energetikos sistemą į ES rinką ir užtikrintų vykdomų strateginių energetikos projektų finansavimą.

LESTO Atsakinga už elektros persiuntimą vartotojams skirstymo tinklais, vartotojų poreikių tenkinimą, efektyvų naujų vartotojų prijungimą, skirstomųjų tinklų eksploatavimą, priežiūrą, valdymą ir plėtojimą, jų saugumo ir patikimumo užtikrinimą.

Aptarnauja 1,5 mln. klientų visoje Lietuvoje. Šalyje veikia 51 LESTO klientų aptarnavimo centras. Bendrovės valdomas turtas lygus 5,4 mlrd. Lt. LESTO ūkį sudaro: 100,3 tūkst. km elektros oro linijų, 21 tūkst. km elektros kabelių, 186 vnt. 35 kV transformatorių pastočių, 206 vnt. 110 kV transformatorių pastočių ir 35 196 vnt. transformatorių. Bendrovės aptarnaujamas plotas kvadratiniais kilometrais siekia 65,3 tūkst. km² (smulkiau lentelėje Nr.).

Bendrovės įstatinis kapitalas – 603 944 593 Lt, padalytas į 603 944 593 paprastąsias vardines 1 Lt nominalios vertės akcijas. 2011 m. sausio 17 d. LESTO įtraukta į NASDAQ OMX Vilnius oficialųjį prekybos sąrašą. LESTO akcininkai: UAB „Visagino atominė elektrinė“ – 82,63 proc., E. ON Ruhrgas International GmbH – 11,76 proc., kiti akcininkai – 5,61 proc.

1.2. Elektros energetikos sistemų kokybė

1.2.1. Elektros energetikos sistemų patikimumas

Energetikos sistema skirta aprūpinti vartotojus reikiamos kokybės Elektra ir šiluma. Įvertinus elektros sistemos patikimumą, dažniausiai reikia nustatyti, kaip dažnai ir kuriam laikui vartotojas netenka energijos, kokia tokio įvykio tikimybė [1]. Tačiau energetikos sistema yra sudėtingas, nuolat besikeičiantis įvairių elementų (generatorių, energijos perdavimo, paskirstymo ir transformavimo įrenginių) junginys, kurio patikimumą lemia atskirų sistemos dalių tarpusavio techniniai ir ekonominiai ryšiai. Dėl to energetikos sistemos (ypač elektros energetikos) patikimumo charakteristikas nustatyti yra gana sunku. Energijos vartojama kaskart vis daugiau, sudėtingesnė darosi energetikos sistemos struktūra didėja vienietinė agregatų galia ir vartotojai reikalauja vis didesnio elektros energijos tiekimo patikimumo. Šiauriniai elektros vartotojai – tai aukštų technologijų įmonės, aprūpintos sudėtingomis informacinėmis priemonėmis, kurioms elektrą nutraukti galima neilgiau kaip dvi, tris valandas per metus, o kartais ir trumpiau. Tokiu atveju, nenutrūkstamo elektros tiekimo tikimybė yra 0,99975.

Elektros energetikos sistemos sudėtingumą gerai iliustruoja Lietuvos elektros energetikos sistemos struktūra [1]. Lietuvoje per metus pagaminama apie 15000 Gwh elektros energijos,

įrengtoji elektrinių galia viršija 4500 MW, eksploatuojama apie 1600 km 330 kV, apie 4500 km 110 kV, 3700 km 35 kV, 40500 km 6-10 kV elektros linijų. Elektros energiją transportuoja ir skirsto vienuolika 330 kV, aštuoni šimtai 110 kV, aštuoniasdešimt tūkstančių 6-10 kV transformatorių pastočių ir skirstyklų. Lietuvos energetikos sistema taps dar sudėtingesnė ir dar aukštesni patikimumo reikalavimai jai bus keliami kai ji susijungs su Vakarų Europos elektros energijos sistemomis.

Elektros tinklų ir skirstyklų patikimumą galima padidinti idiegiant naujų rūšių jungtuvus, skyriklius, rėlinės apsaugos bei prieš avarinės automatikos įtaisus. Techninės organizacinės priemonės, įrangos patikimumo charakteristikų registravimas, analizė ir prognozė gali labai pagerinti tiekiamos energijos kokybę ir patikimumą. Tačiau patikimumo užtikrinimo problemos sprendimas energetikoje skiriasi nuo klasikinio kitų techninių sistemų patikimumo problemos sprendimo.

1.2.2. Nuostoliai dėl elektros energetikos sistemų nepatikimumo

Ekonomiškai pagrįstą patikimumo lygį galima nustatyti tik apskaičiavus ūkio nuostolius, susijusius su EES elementų gedimais. Dėl EES darbo sutrikimų nutrūksta arba apribojamas elektros energijos tiekimas vartotojams, prireikia lėšų įrenginiams bei technologiniam procesui atnaujinti [1].

Ūkio nuostolius dėl EES nepatikimumo sąlygiškai galima suskirstyti į energetikos sistemos ir elektros energijos vartotojų nuostolius. Tačiau šie nuostoliai tarpusavyje labai susiję.

Energetikos sistemos nuostolius galima suskirstyti į keturias dalis [1]:

- 1) Pagrindiniai sistemos nuostoliai N_{PS} dėl ne iki galo panaudotų elektrinių ir elektros tinklų įrenginių bei aptarnaujančiojo personalo prastovų.

$$N_{PS} = \sum_{i=1}^n (E_{Ui} + E_{ai}) q_{avi}; \quad (1.1)$$

čia E_{Ui} – i -ąjį įrenginį aptarnaujančio personalo metinis darbo užmokesčio fondas;

E_{ai} – i -ojo įrenginio metinės amortizacijos išlaidos (4-7% pagrindinių fondų);

q_{avi} – i -ojo įrenginio avarinės prastovos tikimybė;

n – nepanaudotų įrenginių skaičius.

- 2) Papildomi sistemos nuostoliai N_{PapS} dėl kuro pereikvojimo, sistemai dirbant neoptimaliu režimu:

$$N_{PapS} = \beta_R n_{kR} \cdot W_R; \quad (1.2)$$

čia n_{kR} – rezervinių elektrinių kuro kaina;

β_R – rezervinių elektrinių kuro santykinės sąnaudos (kinta nuo 0,22 kg/kWh iki 0,40 kg/kWh priklausomai nuo šilumos generatoriaus ir turbinos tipo);

W_R – rezervinių elektrinių gaminamos elektros energijos kiekis.

- 3) Tiesioginiai sistemos nuostoliai N_{TS} dėl sugedusių įrenginių neplaninių remontų ir apžiūrų:

$$N_{TS} = \sum_{i=1}^m E_{Ri} a_{avi}; \quad (1.3)$$

čia

E_{Ri} – i -tojo įrenginio vieno avarinio remonto išlaidos;

a_{avi} – vidutinis i -tojo įrenginio avarių skaičius;

m – sugedusių įrenginių skaičius.

- 4) Netiesioginiai sistemos nuostoliai N_{NS} dėl ne iki galo panaudotų pagrindinių ir apyvartinių fondų:

$$N_{NS} = p_e \sum_{i=1}^k K_{pi} q_{avi}; \quad (1.4)$$

čia $p_e = 0,15$ - normatyvinis koeficientas;

K_{pi} - i-tojo įrenginio pagrindinių fondų kaina;

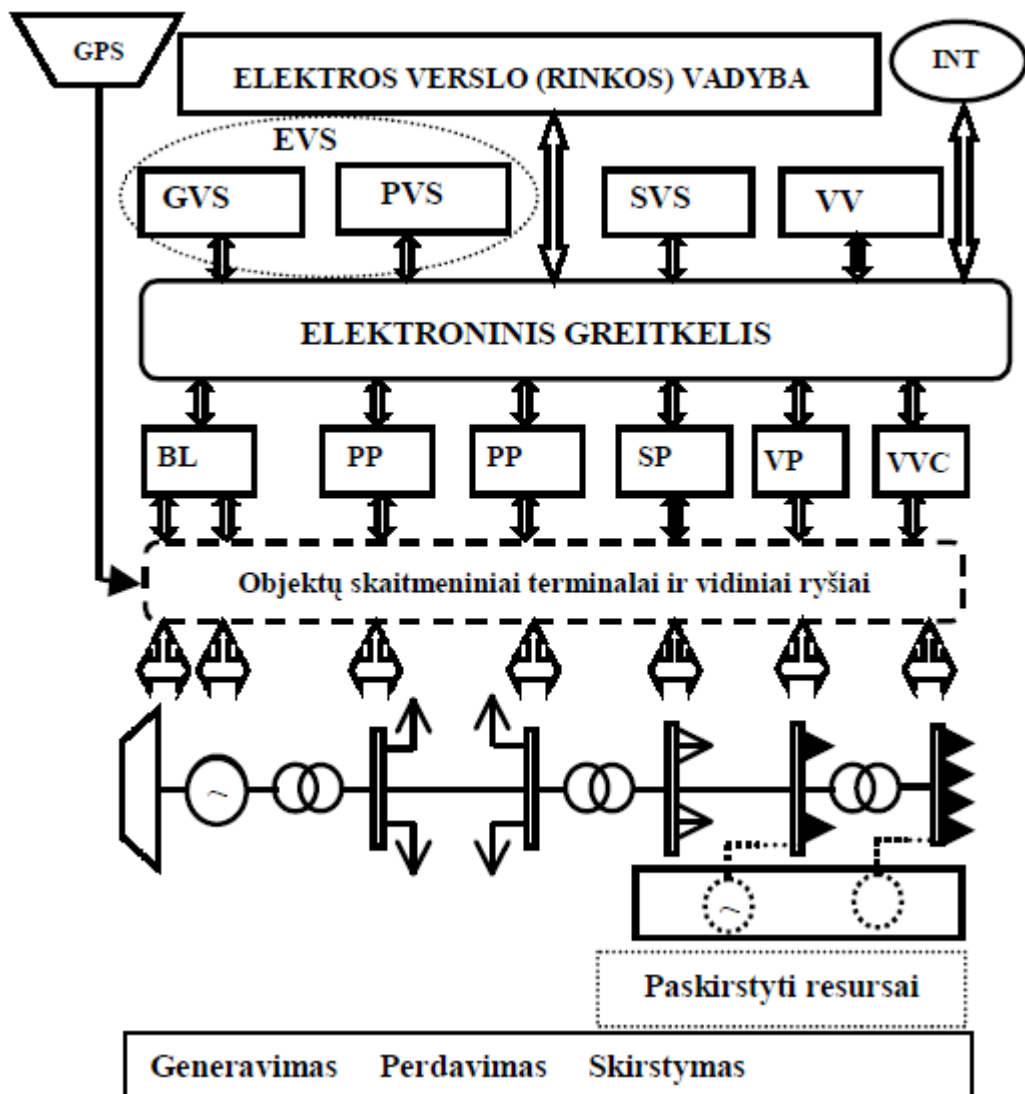
q_{avi} - i-ojo įrenginio avarinės prastovos tikimybė;

k - ne iki galo panaudotų įrenginių skaičius.

1.2.3. *Intelektuali elektros energetikos sistema*

Elektros energetikos sistemų (EES) sukūrimas yra vienas didžiausių žmonijos XX a. laimėjimų. Ateities elektros energetikos pagrindinis tikslas yra užtikrinti valstybės saugumą ir darnią plėtrą atsižvelgiant į aplinkos apsaugos reikalavimus. Tam būtina patenkinti elektros vartojimo poreikius naudojant įvairius pirminės energijos šaltinius, padidinti elektros gamybos, perdavimo, skirstymo bei vartojimo efektyvumą, garantuoti prieinamą elektros energijos kainą, užtikrinti elektros energetikos sistemos saugumą, elektros tiekimo patikimumą ir energijos kokybę. Laikoma, kad ateityje restruktūrizacijos nebus atsisakoma, o elektros rinka bus plečiama ir tobulinama. Visuose savo raidos etapuose EES buvo modernių technologijų vartotoja ir skatintoja. Dabar niekas neabejoja, kad EES tolesnė plėtra įmanoma tikrai sparčiau diegiant informacines technologijas [5].

Elektros tiekimo kokybės problemas galima išspręsti sukūriant intelektualią EES, kurioje integruojama į vieną visumą elektros ir informacijos perdavimo bei apdorojimo sistemos [5]. Jos struktūra parodyta 1.2 paveiksle. Jame matyti intelektualios EES fragment (valdymo rajono) struktūrinė schema. Joje panaudoti šie žymėjimai – valdymo istemos: BL – elektrinės bloko, PP – perdavimo tinklo pastočių, SP – skirstymo tinkle pastočių, VP – vartotojų pastočių; VVC – vartotojų valdymo centrų; GVC – generacijos valdymo sistema ir PVS – perdavimo valdymo sistema, kurios sudaro energijos valdymo sistemą EVS; SVS – skirstymo valdymo sistema; VVS – vartojimo valdymo sistema; GPS – globalinė pozicionavimo sistema; INT – internetas.



1.2. pav. intelektualios EES struktūra [5]

Sistemos pagrindą sudaro tam tikrų objektų skaitmeniniai terminalai, kurie vykdo tinklo apsaugos ir automatinio valdymo funkcijas bei elektrinių blokų pirminį reguliavimą. Jie veikia didele sparta. Šie terminalai gali būti integruoti į pirminius pastočių įrenginius (pvz., jungtuvus) ir turėtų užtikrinti automatinį naujų duomenų įvedimą į informacines sistemas pasikeitus EES konfigūracijai po naujų (ar atnaujintų) objektų įvedimo naudojant vadinamąjį “plug and play” principą. Greta to jie yra pirminės informacijos aukštesnėms valdymo grandims davikliai. Tai garantuoja tinklo konfigūracijos stebėjimą realiaame laike. Turint skaitmeninius terminalus galima tvarkyti ne tik energijos, bet ir patikimumo bei kokybės rodiklių apskaitą. Jie įgalina registruoti avarinius įvykius bei procesus ir tuo pagrindu diagnozuoti pagrindinės įrangos gedimus [5]. Elektroninį greitkelių sudaro įvairios fizinės prigimties ryšio linijos su skaitmeniniais kanalais bei valdymo kompiuteriais. Jos įgalina ne tik perduoti duomenis, bet ir vykdyti paskirstytus skaičiavimus.

Elektros tiekimo sistemos dalių automatizuotos valdymo sistemos užtikrina operatyvinių valdymą [5]. Intelektualioje EES atsiranda galimybės padidinti valdymo sistemų adaptyvumą ir lankstumą geriau prisitaikant prie konkrečių sąlygų. Ji turi pageidaujamą valdymo vietinį intelektualumą ir globalinį koordinavimą. Galima plačiau taikyti decentralizuotą ir perteklinį valdymą, kurie didina EES funkcionavimo patikimumą. Operatyvinio valdymo sistemos duomenų pagrindu organizuojama elektros verslo vadyba, įgalinanti realizuoti įvairius elektros rinkos modelius. Ji gali optimizuoti pirminių išteklių bei įrenginių naudojimą atsižvelgdama į atitinkamo momento naudingumo kriterijus. Šios sistemos gali užtikrinti bendrą fizinių ir ekonominių (elektros

rinkos) procesų valdymą ir jo stabilumą. Jos gali atsižvelgti į institucinius apribojimus, pvz., skirtingose valstybėse veikiančius norminius aktus ar reikalavimus. Prisitaikant prie elektros rinkos sąlygų galima operatyviai keisti valdymo rajonų ribas ir pagal sudarytus kontraktus organizuoti virtualius valdymo rajonus.

Intelektualioje EES galima įdiegti valdymo paslaugų, tiekimo kokybės bei patikimumo rodiklių apskaitą ir sukurti jų apmokėjimo sistemą, kuri garantuotų tinklų valdymo modernizavimo finansavimą. Turint paveiksle parodytą EES valdymo struktūrą galima taikyti naujus automatinio valdymo būdus, pvz., agentų technologijas. Gali būti naudojama moderni sistemos būklę atspindinčių duomenų dinaminė vizualizacija.

Modernizuojant valdymą būtina pertvarkyti EES struktūrą. Svarbiausia pagerinti generavimo, perdavimo, skirstymo ir vartojimo sistemų kai kurių objektų valdomumą aktyviai diegiant elektroninius įtaisus ir skaitmenines technologijas. Dauguma elektrinių blokų turėtų būti valdomi (dalyvauti reguliuojant dažnį bei sekant apkrova) ir jų galia turėtų atitikti konkrečias režimų patikimumo užtikrinimo (N-1 ar N-k kriterijų) sąlygas. Būtina tobulinti automatinį generavimo valdymą nuolat užtikrinant tinkamai paskirstytus valdymo išteklius (manevringus generatorius, valdomas apkrovas ir kt.), kurie yra labai svarbios avarijų prevencijos priemonės.

Visa energija vartotojams negali būti tiekama per perdavimo tinklą – dalis generavimo turi būti priartinta prie elektros vartotojų, taip pat būtina turėti kitus paskirstytus išteklius: energijos kaupiklius, elektros kokybės kondicionierius ir kt. Elektros tinklas turi būti gerai rezervuotas ir tinkamai valdomas.

Intelektuali EES gali būti kuriama palaipsniui tarpusavyje suderinant esamų ir naujų technologijų galimybes. Nuo jos kūrimo turėtų priklausyti sisteminius reikalavimus atitinkančios (tarpusavyje suderinamos) įrangos kūrimas.

Išmanusis tinklas (angliškai – Smart grid) – tai elektros tinklas, kuris ekonomiškai efektyviai integruoja visų prie jo prijungtų vartotojų elgesį ir veiksmus, užtikrina ekonomiškai veiksmingą, tvarią energetinę sistemą su mažais nuostoliais, aukšta paslaugų kokybe ir tiekimo patikimumu ir saugumu [6, 7].

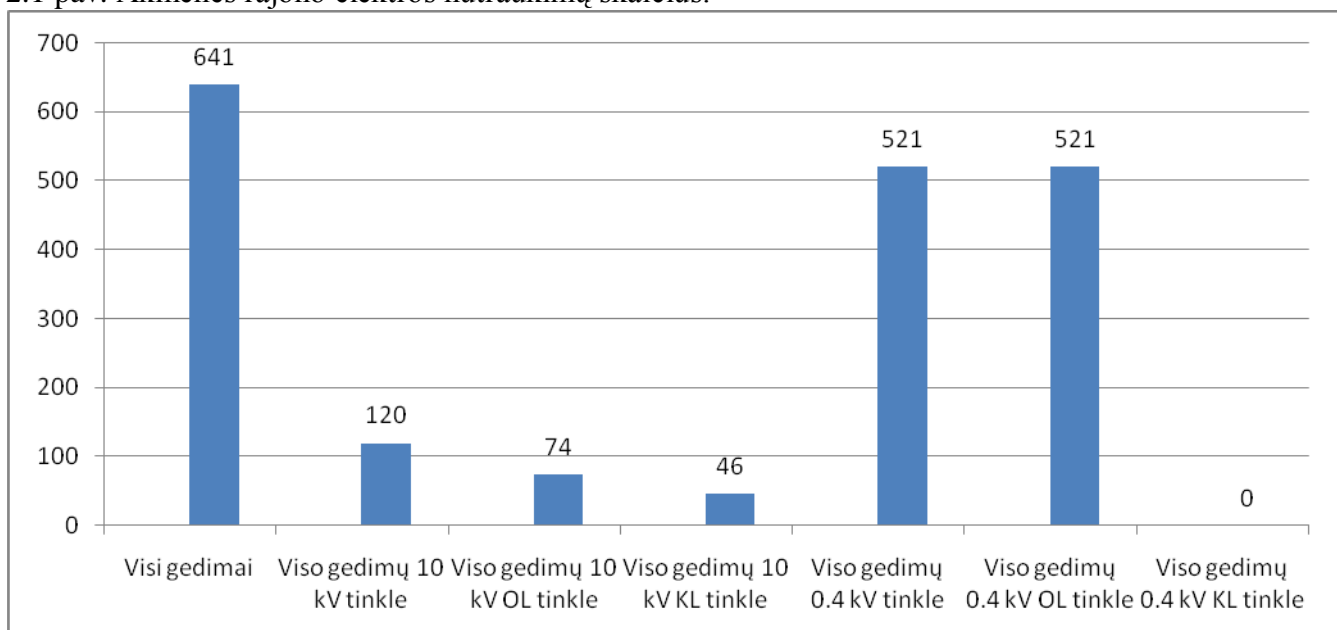
2. ŠIAULIŲ REGIONO RAJONŲ ELEKTROS TINKLŲ 0,4 – 10 kV LINIJŲ GEDIMŲ APIMTIES TYRIMAS

2.1. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

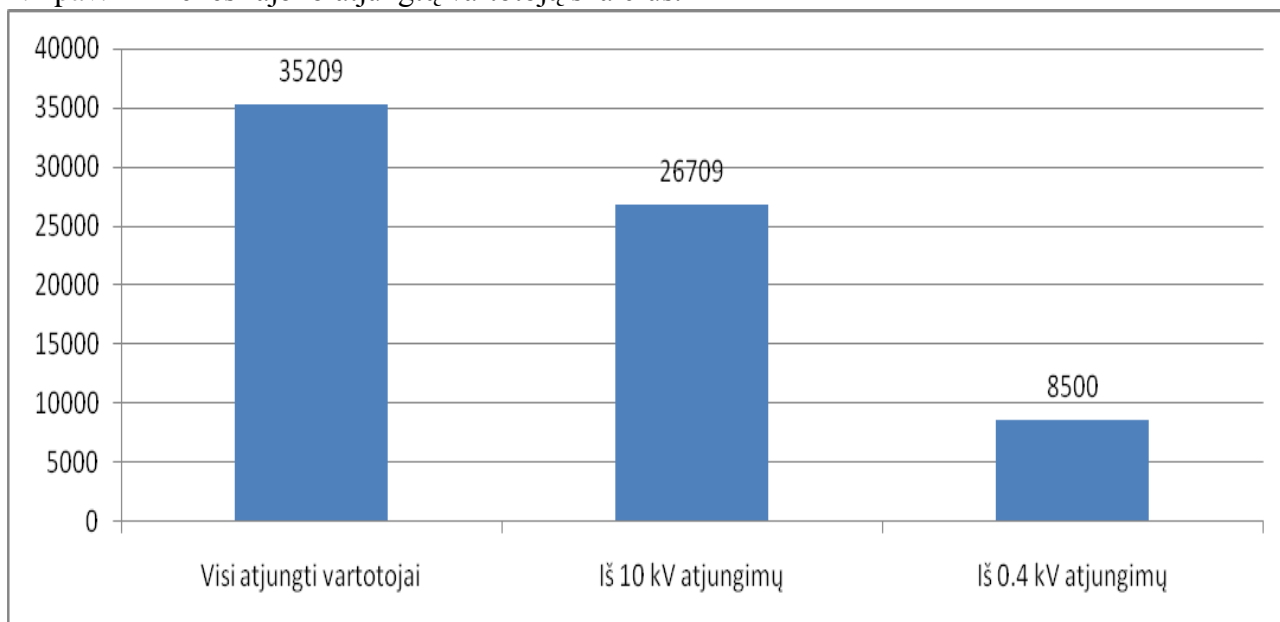
Akmenės rajonas apima 1054 km² plotą, aptarnauja 1286 km 10-0,4 kV linijų ir 539 transformatorines.

Akmenės rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.1- 2.3 paveiksluose.

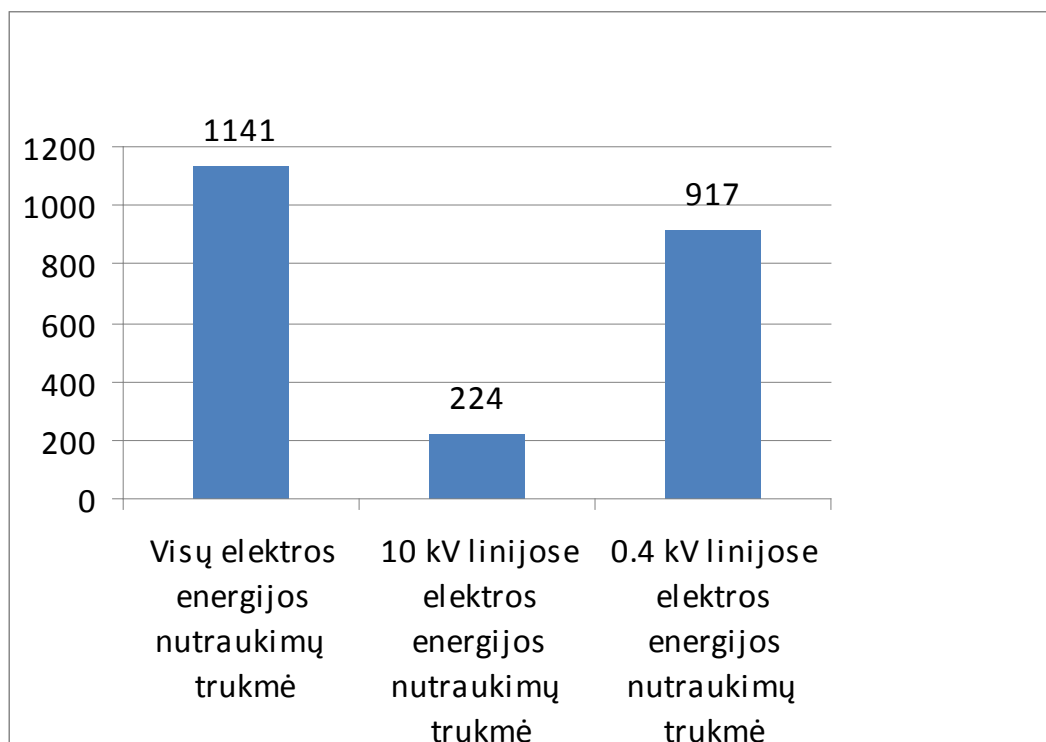
2.1 pav. Akmenės rajono elektros nutraukimų skaičius.



2.2 pav. Akmenės rajono atjungtų vartotojų skaičius.



2.3 pav. Akmenės rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



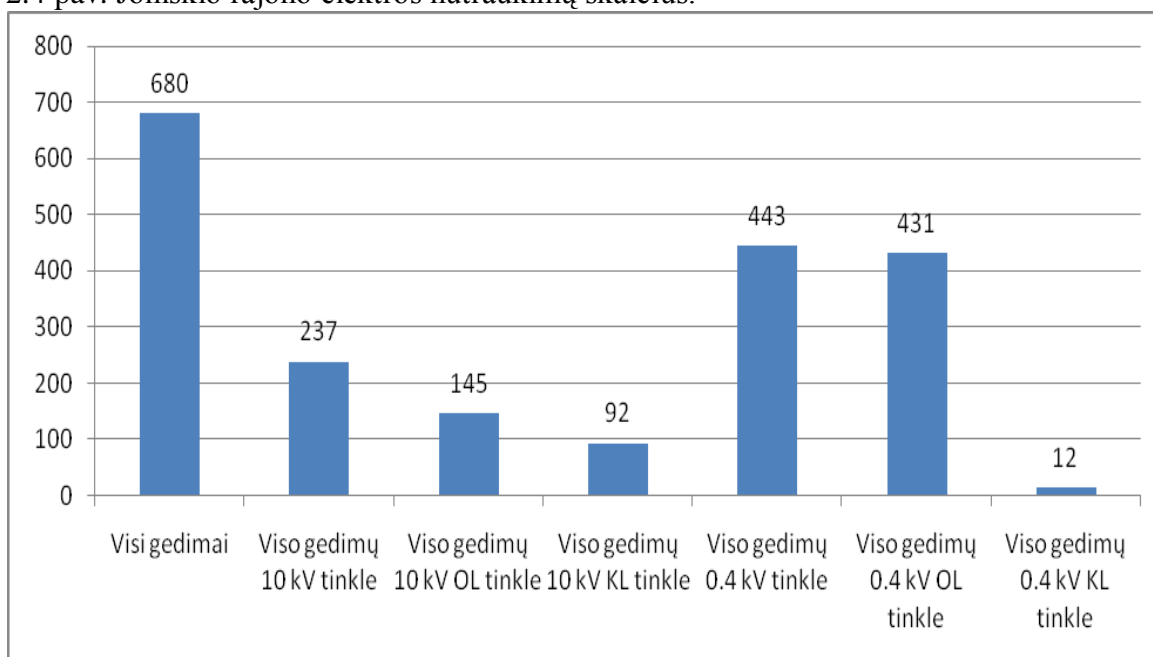
Iš grafikų matyti, kad per 2011 metus Akmenės rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 641 gedimai iš kurių 18,72% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 35209 vartotojai, iš kurių, 75,86 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 1141 valandos.

2.2. Joniškio rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

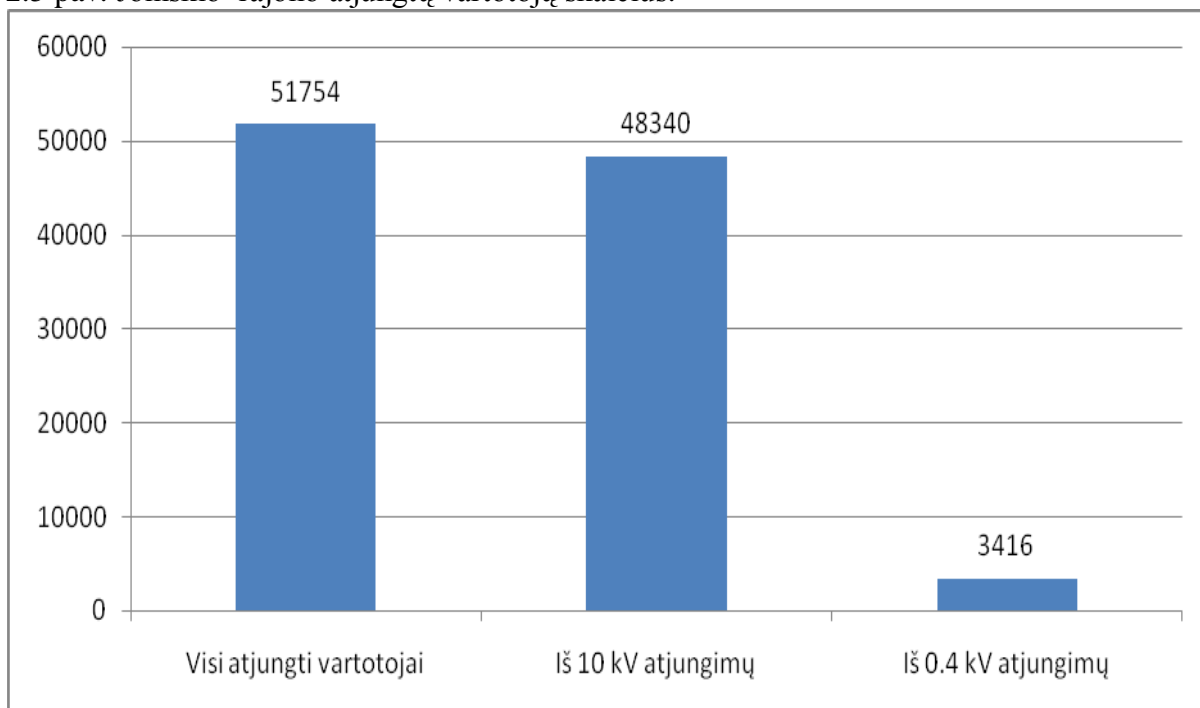
Joniškio rajonas apima 1153 km² plotą, aptarnauja 1609 km 10-0,4 kV linijų ir 509 transformatorines.

Joniškio rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.4- 2.6 paveiksluose.

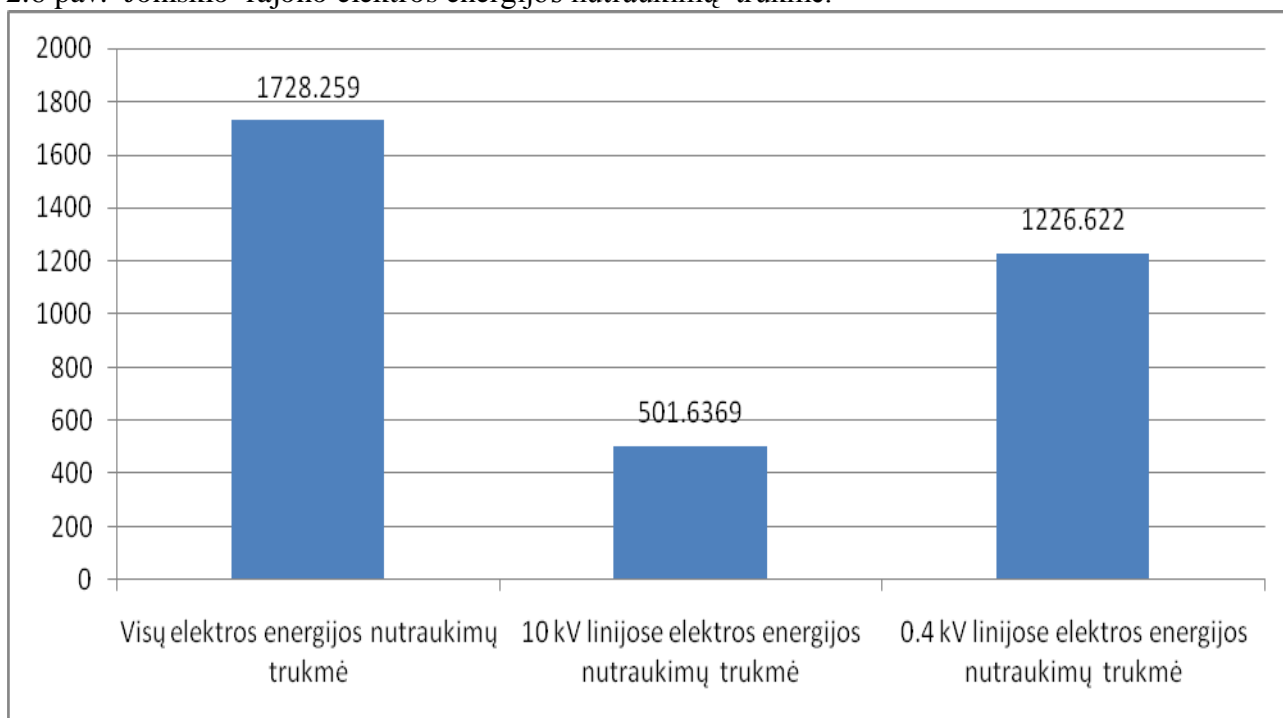
2.4 pav. Joniškio rajono elektros nutraukimų skaičius.



2.5 pav. Joniškio rajono atjungtų vartotojų skaičius.



2.6 pav. Joniškio rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



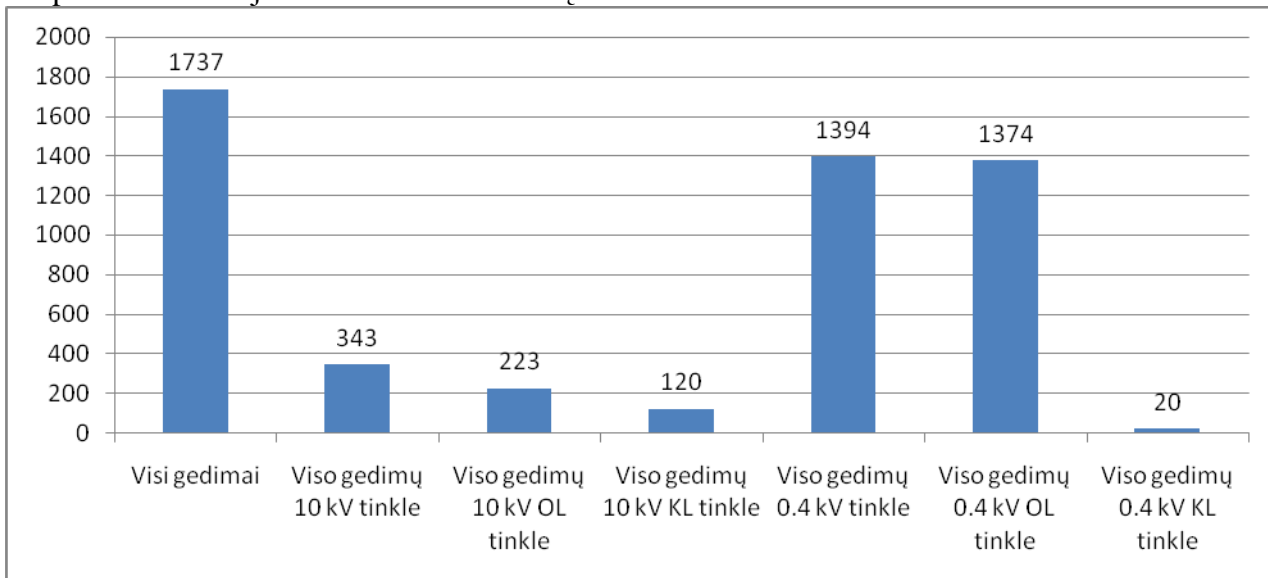
Iš grafikų matyti, kad per 2011 metus Joniškio rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 680 gedimai, iš kurių, 34,85% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 51754 vartotojai iš kurių, 93,40 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 1728 valandas.

2.3. Kelmės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

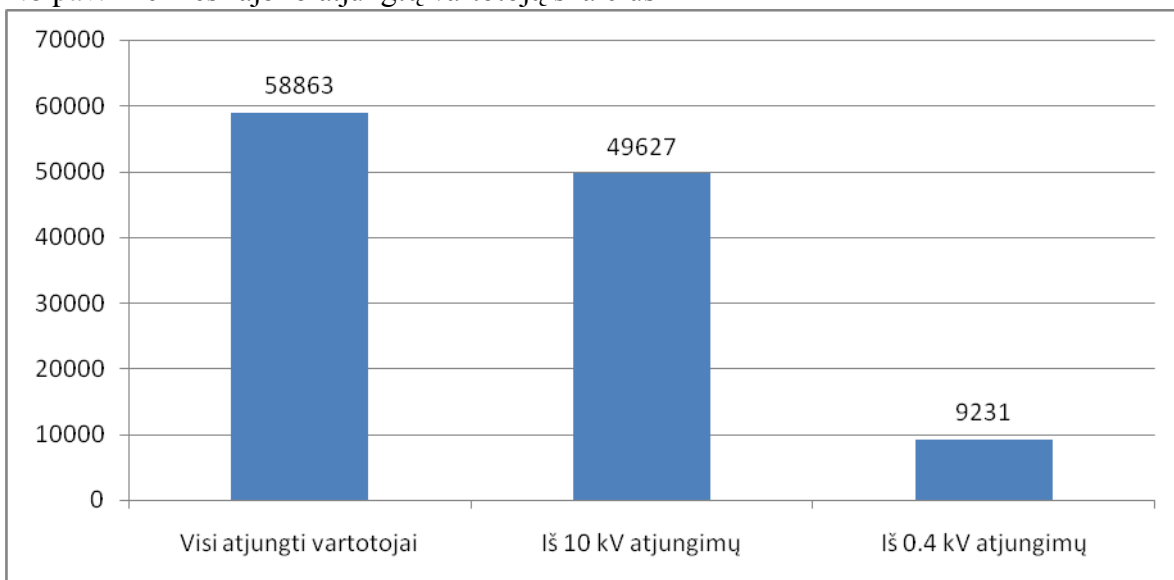
Kelmės rajonas apima 1679 km² plotą, aptarnauja 2676 km 10-0,4 kV linijų ir 676 transformatorines.

Kelmės rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.7- 2.9 paveiksluose.

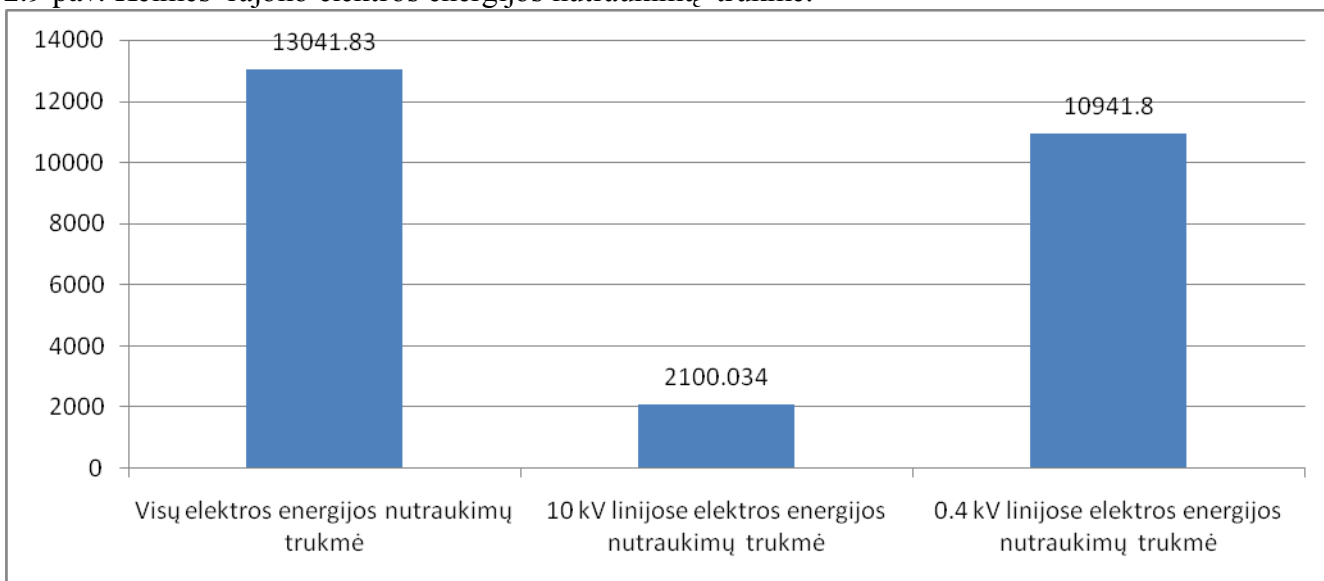
2.7 pav. Kelmės rajono elektros nutraukimų skaičius.



2.8 pav. Kelmės rajono atjungtų vartotojų skaičius



2.9 pav. Kelmės rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



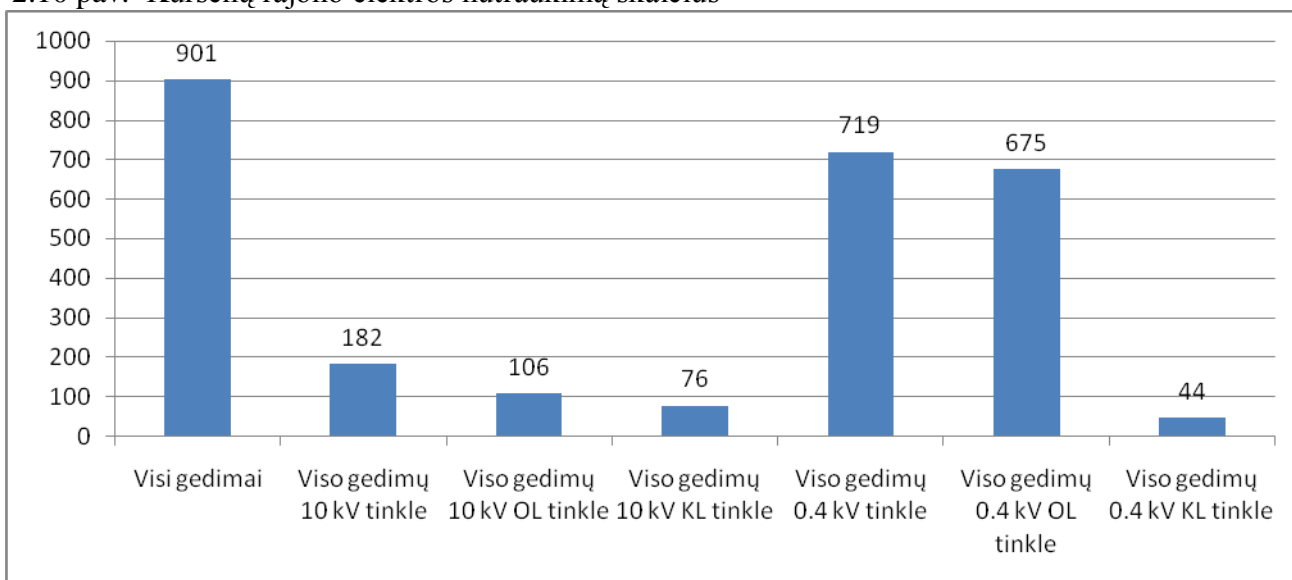
Iš grafikų matyti, per 2011 metus Kelmės rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 1737 gedimai iš kurių 19,75% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 58863 vartotojai, iš kurių, 84,31 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 13041 valanda.

2.4. Kuršėnų rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

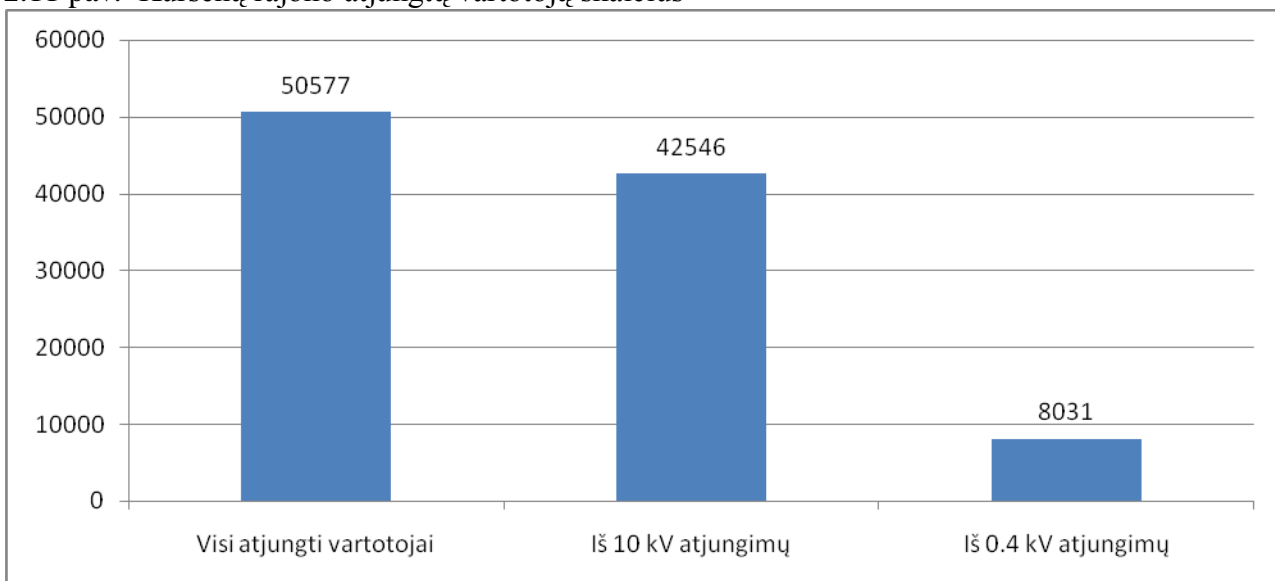
Kuršėnų rajonas apima 1342 km² plotą, aptarnauja 1715 km 10-0,4 kV linijų ir 503 transformatorines.

Kuršėnų rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.10- 2.12 paveiksluose.

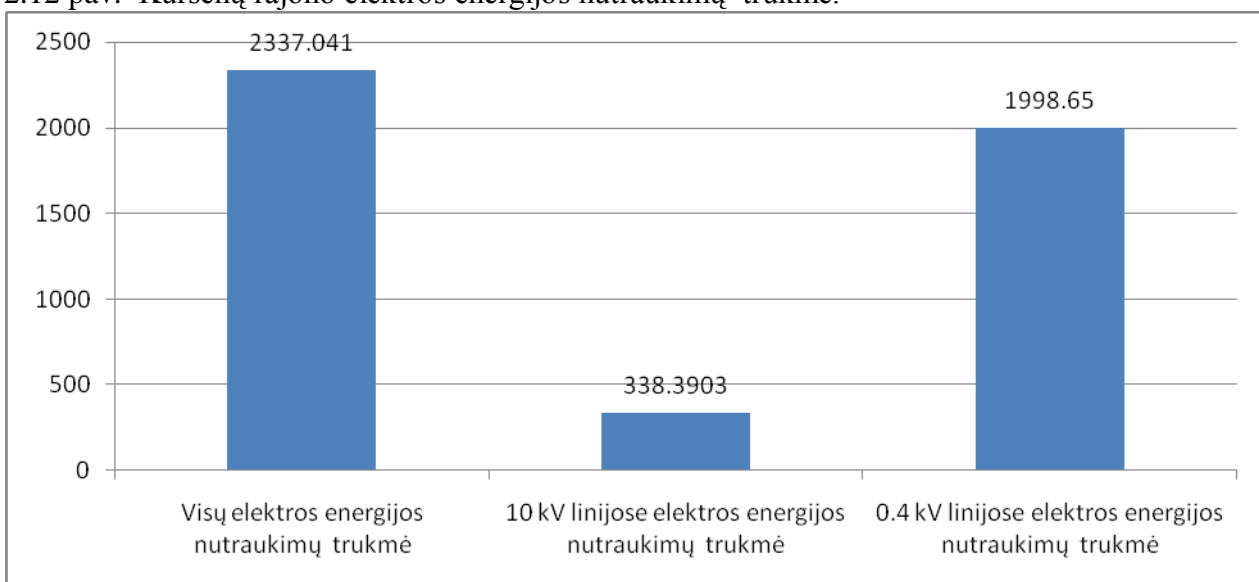
2.10 pav. Kuršėnų rajono elektros nutraukimų skaičius



2.11 pav. Kuršėnų rajono atjungtų vartotojų skaičius



2.12 pav. Kuršėnų rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



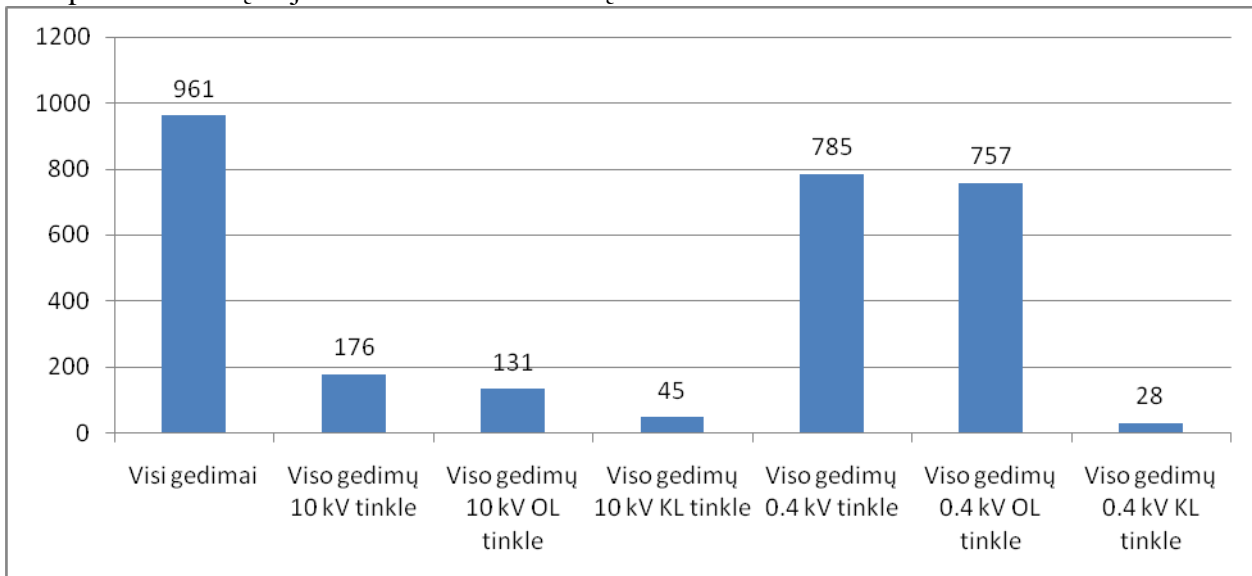
Iš grafikų matyti, per 2011 metus Kuršėnų rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 901 gedimai iš kurių 20,20% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 50577 vartotojai, iš kurių, 84,12 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 2337 valandas.

2.5. Mažeikių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

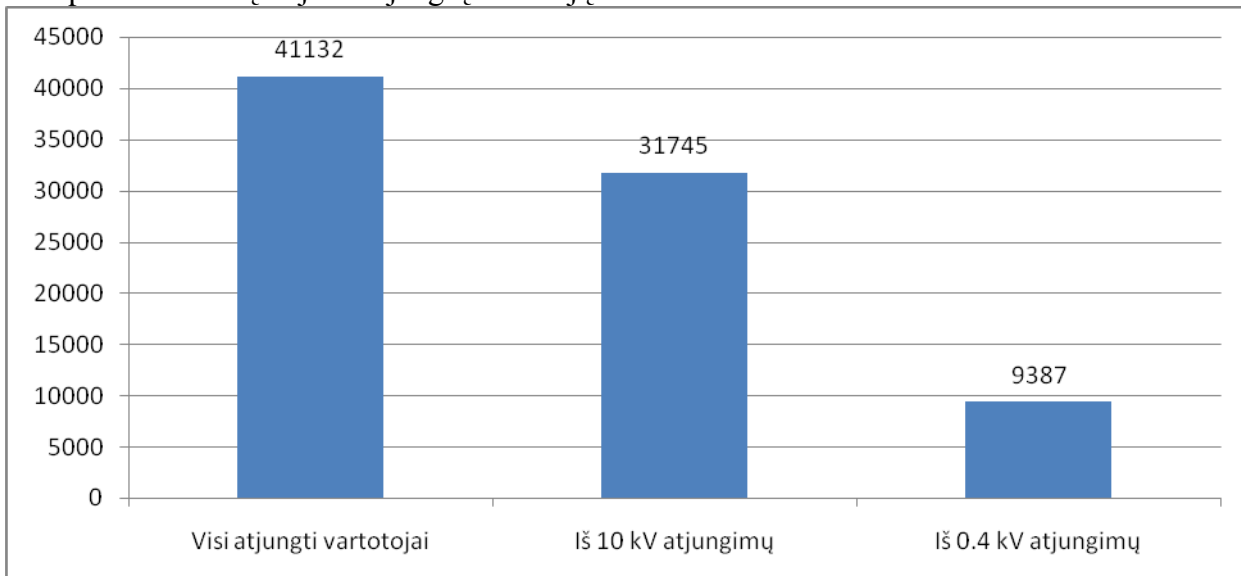
Mažeikių rajonas apima 1004 km² plotą, aptarnauja 1925 km 10-0,4 kV linijų ir 524 transformatorines.

Mažeikių rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.13- 2.15 paveiksluose.

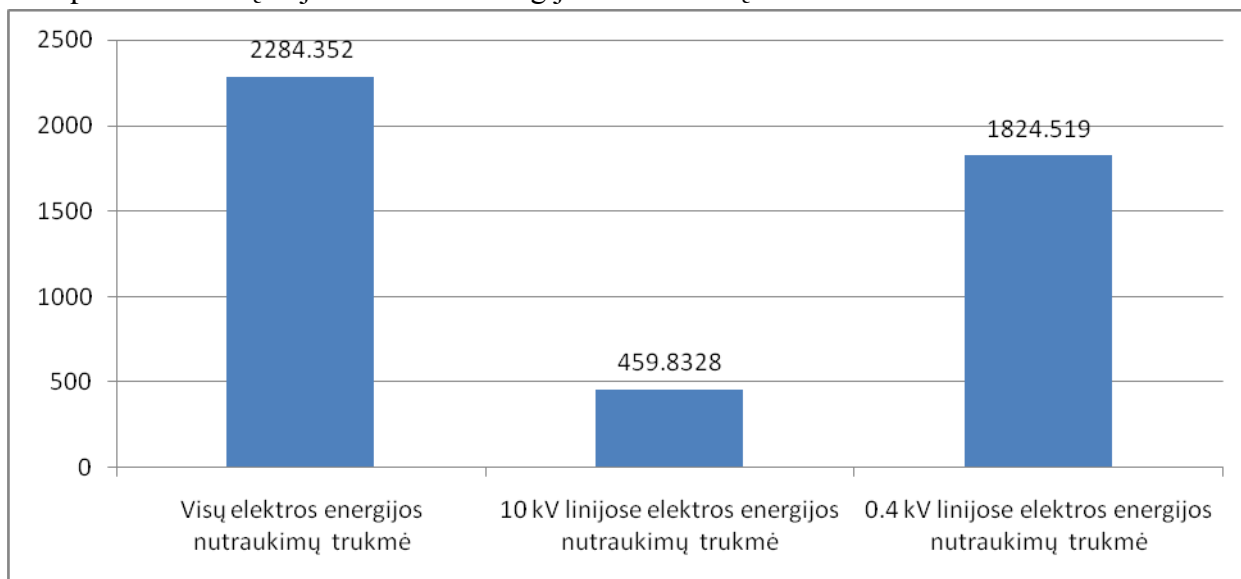
2.13 pav. Mažeikių rajono elektros nutraukimų skaičius



2.14 pav. Mažeikių rajono atjungtų vartotojų skaičius



2.15 pav. Mažeikių rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



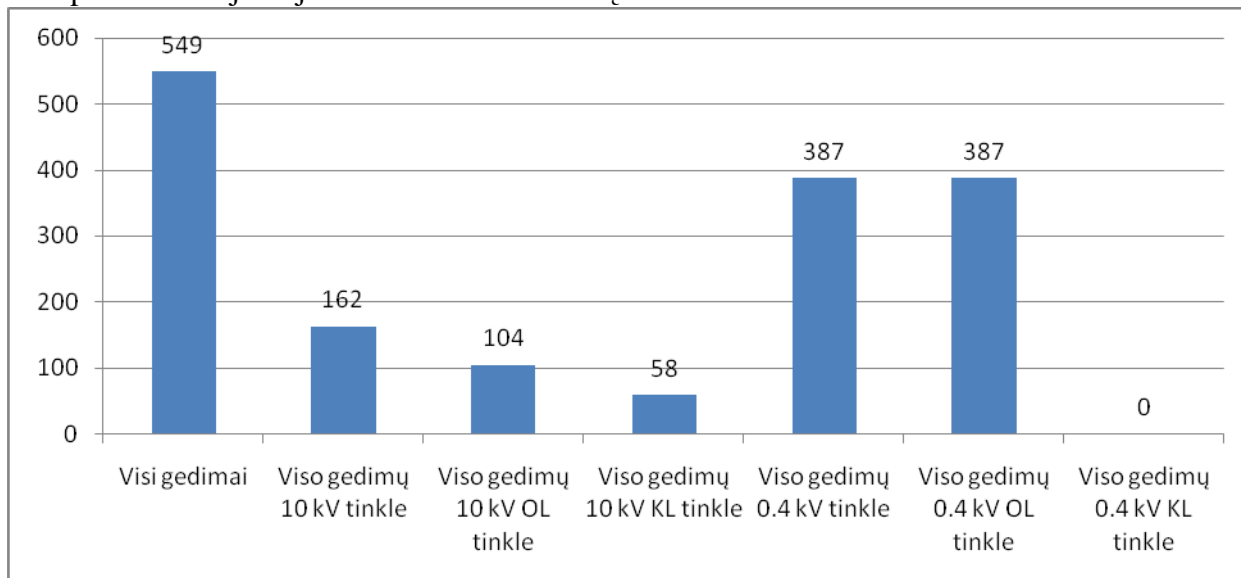
Iš grafikų matyti, per 2011 metus Mažeikių rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 961 gedimai iš kurių 18,31% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 41132 vartotojai, iš kurių, 77,18 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 2284 valandas.

2.6. Pakruojo rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

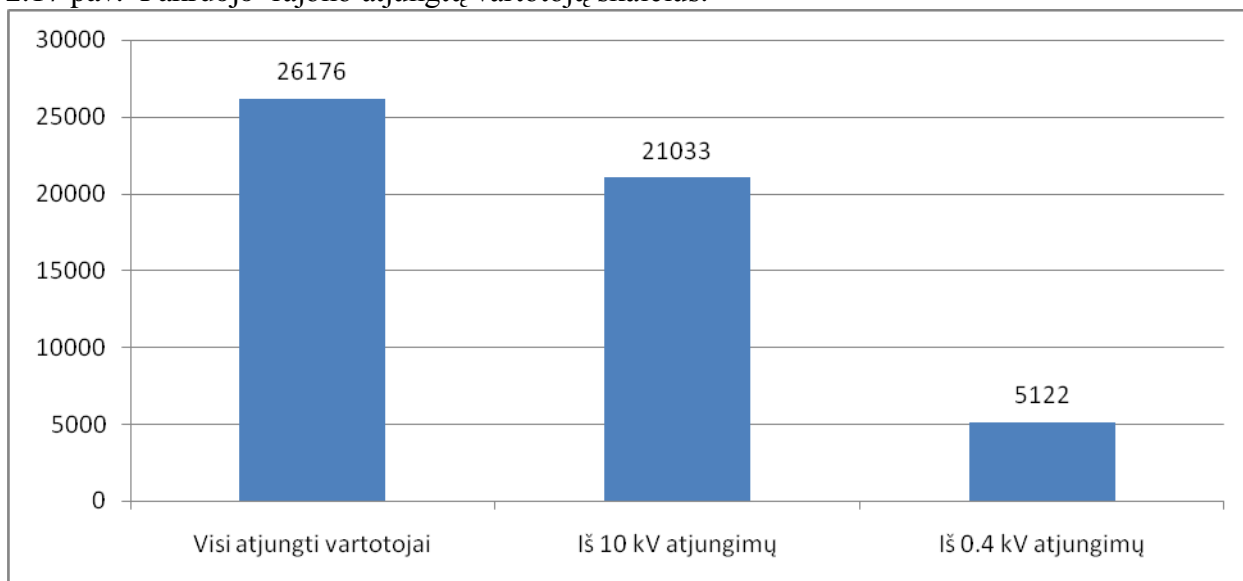
Pakruojo rajonas apima 1314 km² plotą, aptarnauja 1735 km 10-0,4 kV linijų ir 516 transformatorines.

Pakruojo rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.16- 2.18 paveiksluose.

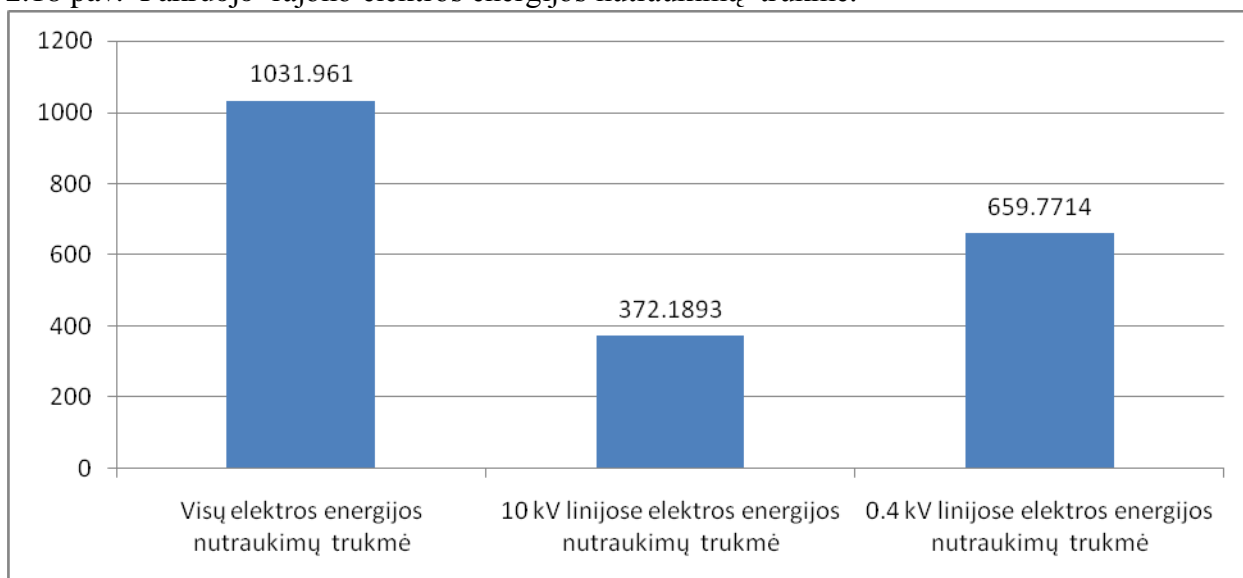
2.16 pav. Pakruojo rajono elektros nutraukimų skaičius.



2.17 pav. Pakruojo rajono atjungtų vartotojų skaičius.



2.18 pav. Pakruojo rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



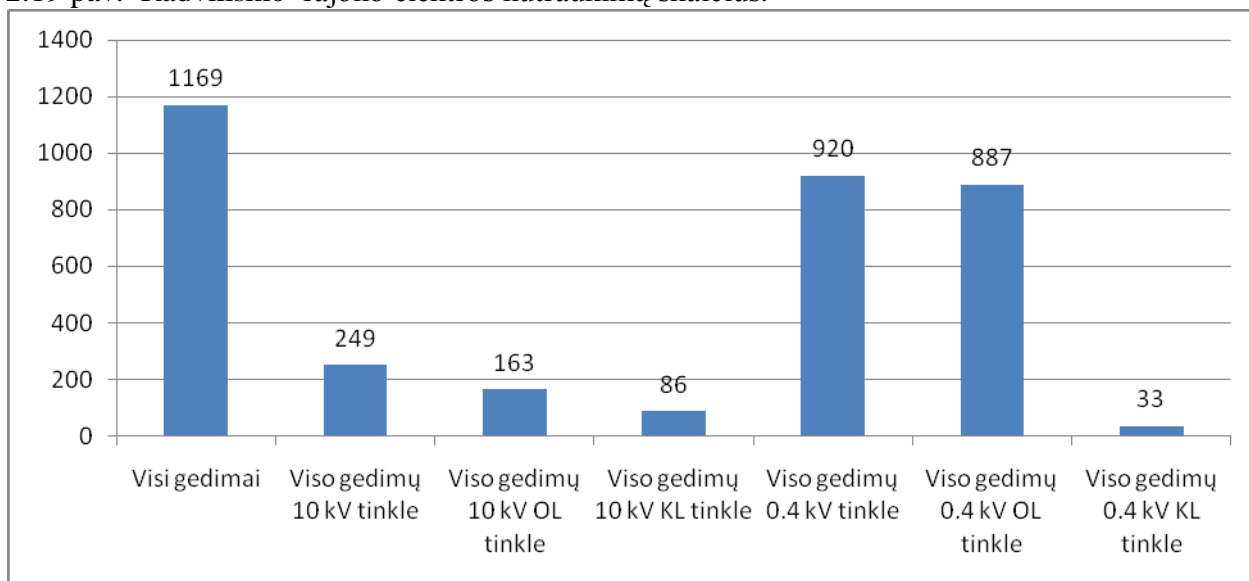
Iš grafikų matyti, per 2011 metus Pakruojo rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 459 gedimai iš kurių 29,51% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 26176 vartotojai, iš kurių, 80,35 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 1032 valandas.

2.7. Radviliškio rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

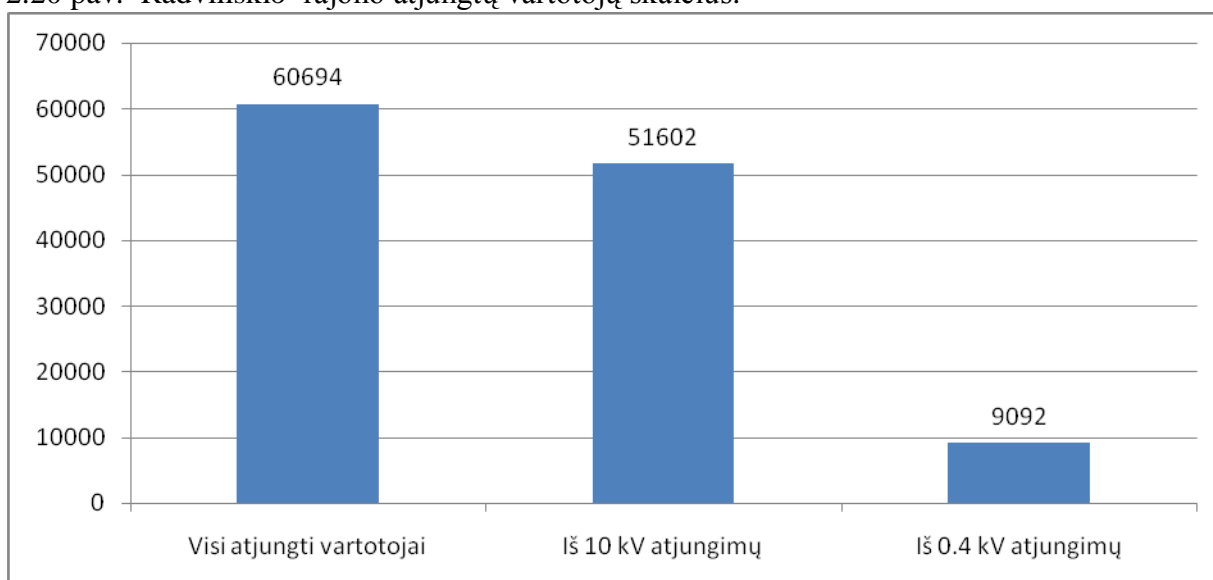
Radviliškio rajonas apima 1637 km² plotą, aptarnauja 2662 km 10-0,4 kV linijų ir 719 transformatorines.

Radviliškio rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.19- 2.21 paveiksluose.

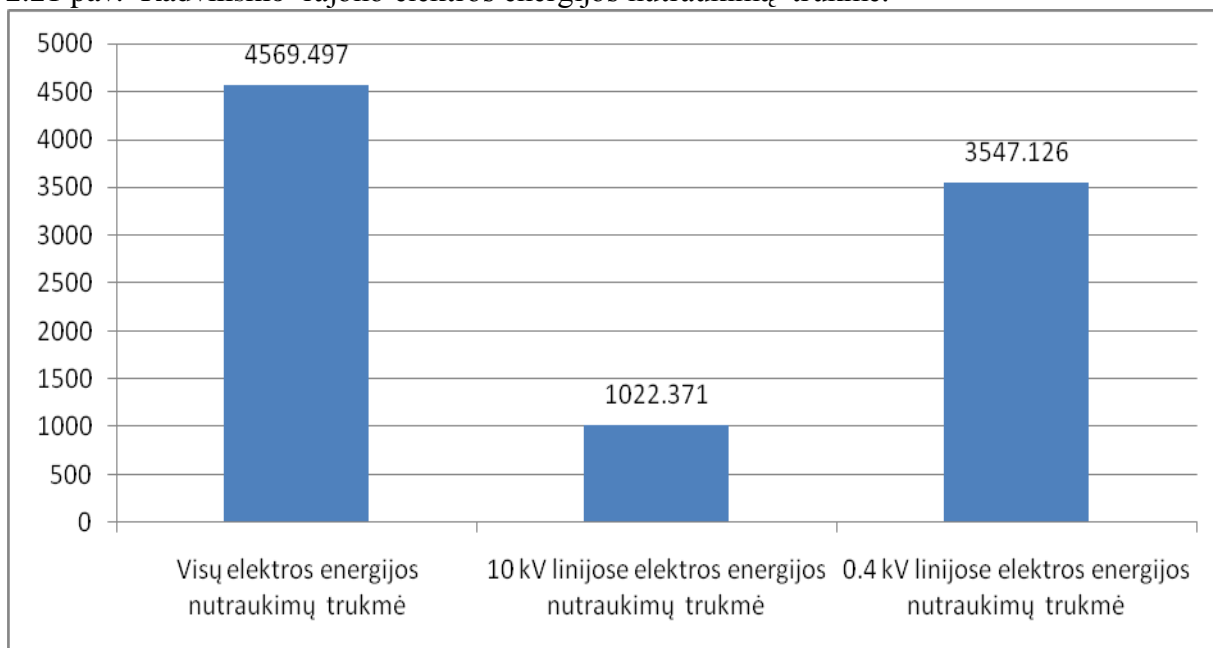
2.19 pav. Radviliškio rajono elektros nutraukimų skaičius.



2.20 pav. Radviliškio rajono atjungtų vartotojų skaičius.



2.21 pav. Radviliškio rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



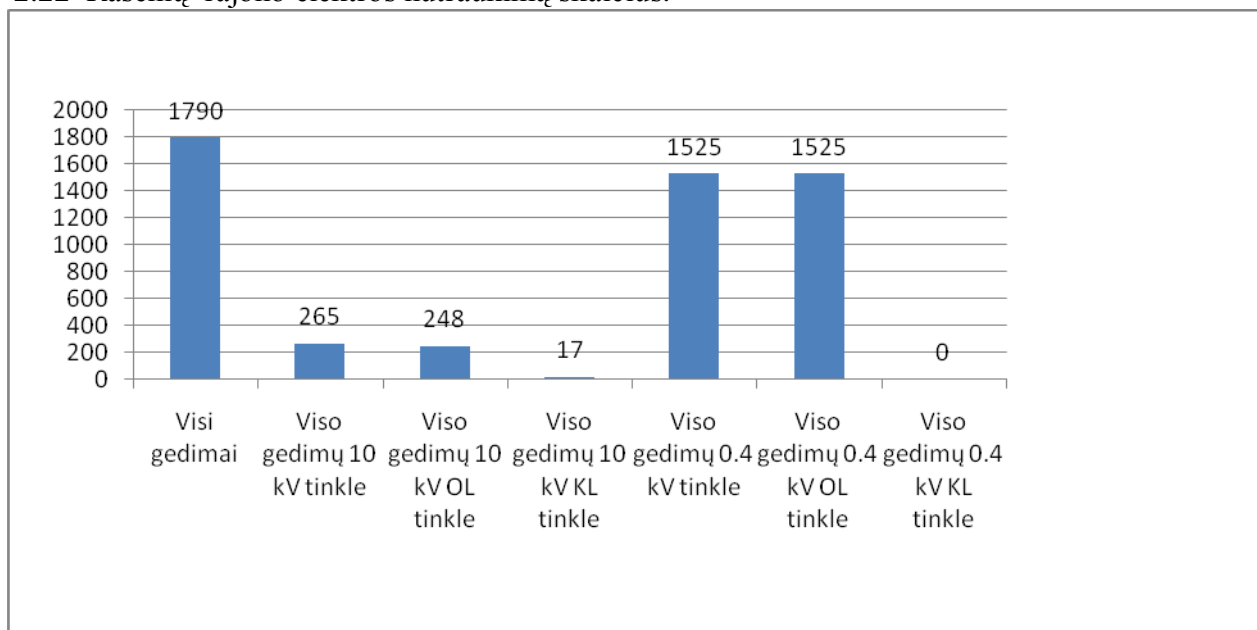
Iš grafikų matyti, per 2011 metus Radviliškio rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 1169 gedimai iš kurių 21,30% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 60694 vartotojai, iš kurių, 85,02 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 4569 valandas.

2.8. Raseinių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

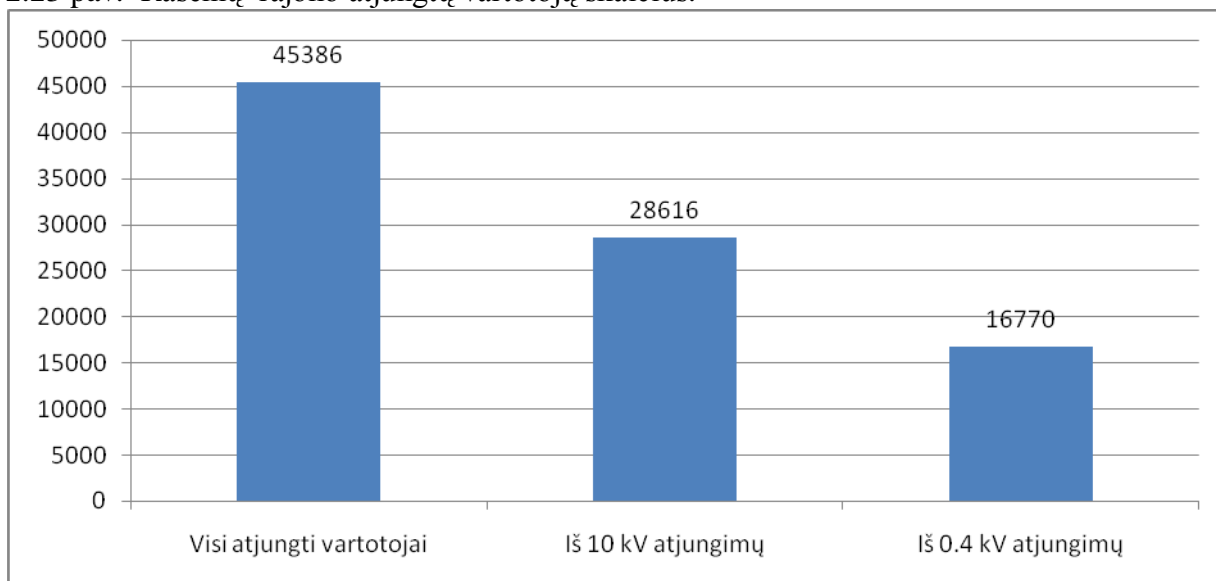
Raseinių rajonas apima 1577 km² plotą, aptarnauja 2514 km 10-0,4 kV linijų ir 711 transformatorines.

Raseinių rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.22- 2.24 paveiksluose.

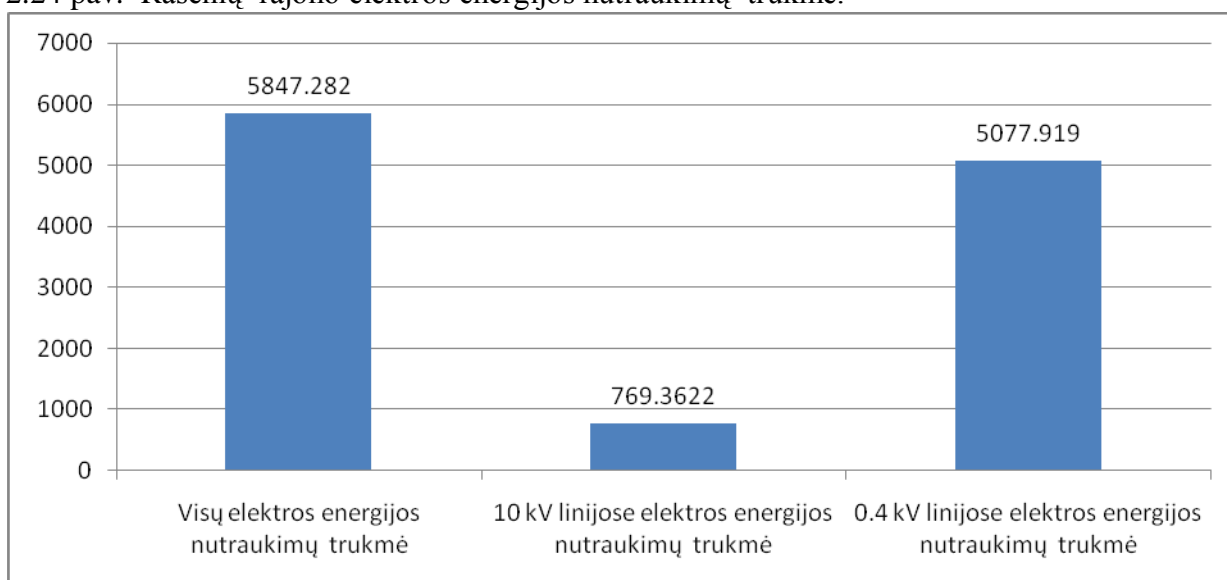
2.22 Raseinių rajono elektros nutraukimų skaičius.



2.23 pav. Rasenių rajono atjungtų vartotojų skaičius.



2.24 pav. Rasenių rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



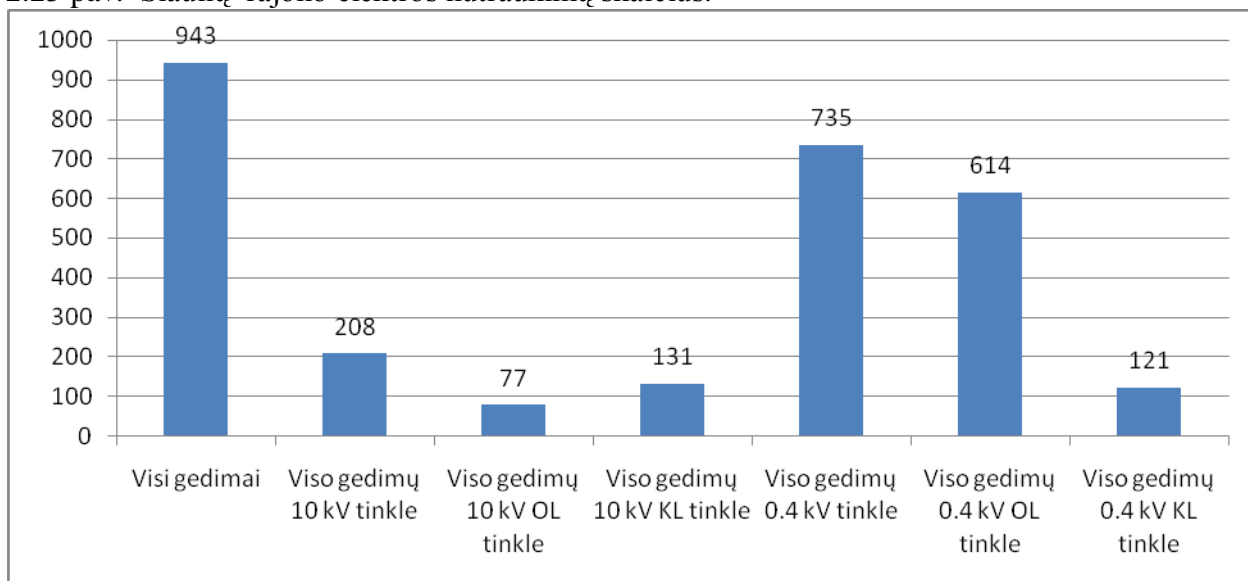
Iš grafikų matyti, per 2011 metus Radviliškio rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 1790 gedimai iš kurių 14,80 % 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 45386 vartotojai, iš kurių, 63,05 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 5847 valandos.

2.9. Šiaulių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimtis

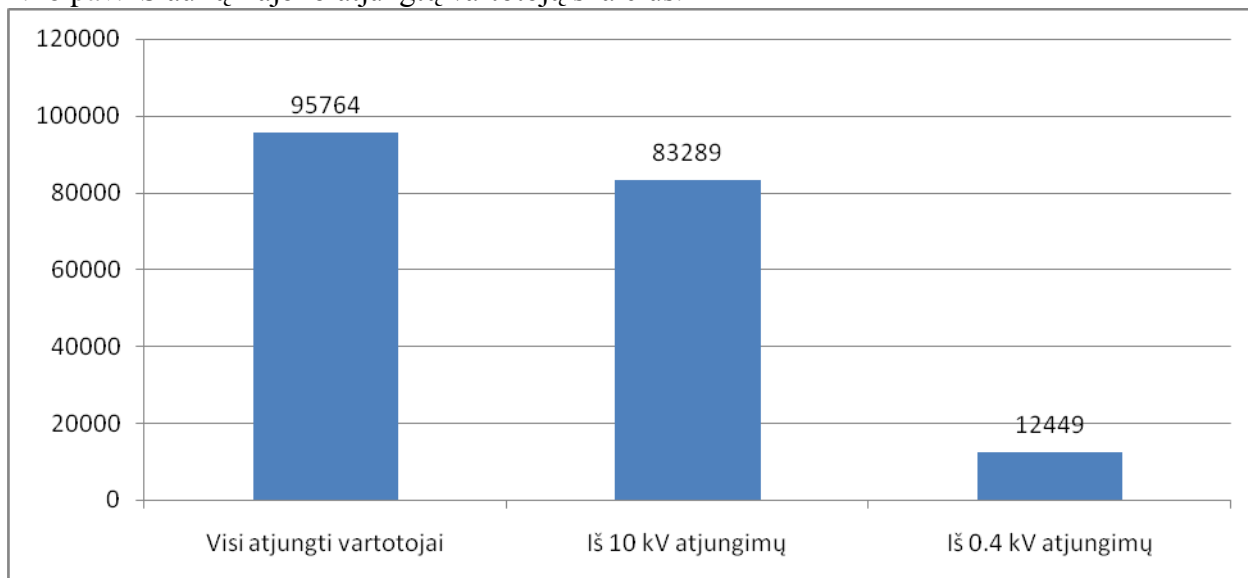
Šiaulių rajonas apima 447 km² plotą, aptarnauja 2245 km 10-0,4 kV linijų ir 747 transformatorines.

Šiaulių rajono linijų gedimų grafikai pateikti 2.25- 2.27 paveiksluose.

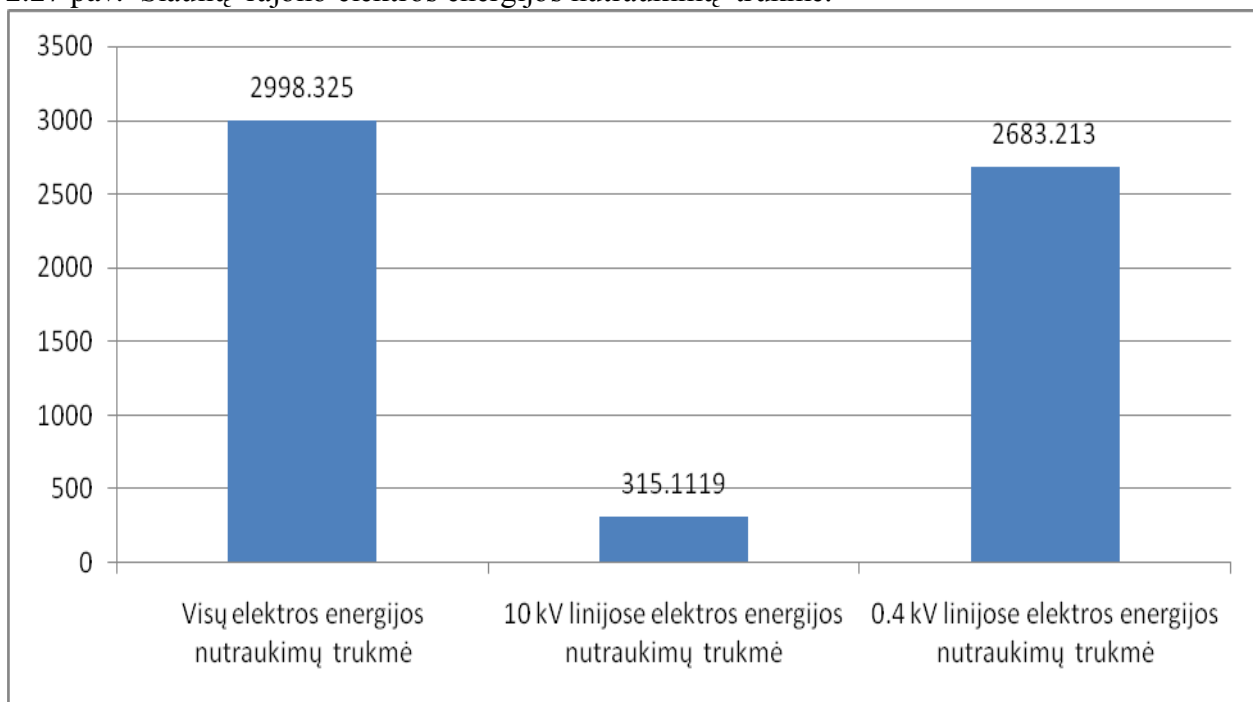
2.25 pav. Šiaulių rajono elektros nutraukimų skaičius.



2.26 pav. Šiaulių rajono atjungtų vartotojų skaičius.



2.27 pav. Šiaulių rajono elektros energijos nutraukimų trukmė.



Iš grafikų matyti, per 2011 metus Šiaulių rajone 0,4-10 kV linijose įvyko 943 gedimai iš kurių 22,06% 10 kV tinkle. Elektros energijos negavo 95764 vartotojai, iš kurių, 86,97 % dėl 10 kV linijų atsijungimų. Bendra nutraukimų trukmė apie 2998 valandos.

3. ŠIAULIŲ REGIONO RAJONŲ ELEKTROS TINKLŲ 0,4 – 10 kV LINIJŲ GEDIMŲ PRIEŽASČIŲ TYRIMAS

3.1. Elektros tinklų linijų gedimų priežasčių klasifikavimas

Vadovaujantis Elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimais, patvirtintais 2009 m. birželio 11 d. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarimu Nr. O3-75, persiuntimo nutrūkimo atvejai pagal jų atsiradimo priežastis skirstomi į „*Force majeure*“ (nenugalima jėga), išorinio poveikio, operatoriaus atsakomybės ir nenustatytas priežastis [8].

Nustaćius elektros energijos persiuntimo nutrūkimą vartotojams, persiuntimo nutrūkimo atvejai pagal jų atsiradimo priežastis priskiriami taip:

„Force majeure“ (nenugalima jėga): tiesioginis perkūnijos poveikis, šlapdribos ar gausaus šlapio sniego apdrebo poveikis, kuris gali sukelti medžių virtimą, laidų trūkimą ir pan., apšalas, viršijantis projektinių normatyvų ir kitų norminių techninių dokumentų reikalavimus, grunto sėdimas ar nuošliaužas, potvynis, didesnis už vidutinį daugiametį, audra, štormas, uraganas, temperatūriniai ir atmosferiniai pokyčiai, viršijantys projektinių normatyvų ir kitų norminių techninių dokumentų reikalavimus, gaisrai, kuriuos sukėlė gamtos reiškiniai, medžių virtimas iš už apsaugos zonos ar medžių šakų kritimas ant elektros linijų ar įrenginių, sąlygoti masinių stichinių gamtos reiškinių, karo, teroristiniai ar diversiniai veiksmai, sistemos priešavarinės automatikos poveikis (esant gedimui ar avarijai kitose elektros sistemose), valstybės institucijų nurodymai išjungti elektros įrenginius dėl šalyje paskelbtos ekstremalios padėties, elektros įrenginių išjungimai perdavimo operatoriaus tinkle, įvykę ne dėl operatoriaus veiksmų, viršijantys n-1 kriterijų (n-2, n-3, ...), kurie sukelia įtampos arba dažnio stabilumo sistemoje problemą, pažeidžia aktyviosios ir/ar reaktyviosios galios balansą bei sukelia tinklų išsidalijimą ar elektros energijos tiekimo nutrūkimus vartotojams, teisės aktuose nenumatytų procesų atsiradimas, viršnorminiai komutaciniai viršitampiai, kurių elektros tinklo operatorius negalėjo iš anksto numatyti ir kurių eiga negalėjo būti kontroliuojama, bei gali būti traktuojami kaip „*Force majeure*“ aplinkybė.

Išorinio poveikio: gedimai vartotojų elektros įrenginiuose, dėl kurių nutrūko elektros energijos persiuntimas kitiems operatoriaus vartotojams, medžių užvertimas ar medžių šakų užkirtimas ant elektros oro linijų ar įrenginių, pašalinėms organizacijoms ar asmenims vykdant medžių kirtimo ar genėjimo darbus, elektros oro linijų laidų nutrūkimai, sąlygoti pašalinių organizacijų ar asmenų poveikio;

elektros kabelių pažeidimai ar gedimai, sąlygoti pašalinių organizacijų ar asmenų poveikio; pašalinių organizacijų ar asmenų sukelti elektros įrenginių gedimai ar atsijungimai dėl ant laidų ar elektros įrenginių užmestų ar priartintų prie jų bet kokių daiktų, taip pat užlipimų ant atramų ir patekimų į elektros įrenginius;

elektros atramų pažeidimai, sugadinimai padaryti pašalinių organizacijų ar asmenų (numušimas automobiliu, žemės ūkio darbų mašinomis ir pan.), kuomet nutrūko elektros energijos persiuntimas ar dėl minėtų atramų remonto ar keitimo turėjo būti nutrauktas elektros energijos persiuntimas Piktybiniai ar nepiktybiniai pašalinių asmenų veiksmai, kurie įtakoja elektros energijos persiuntimo vartotojams nutrūkimą, uždegimai, gaisrai, kurie atsirado ne dėl „*Force majeure*“ aplinkybės, o dėl pašalinių asmenų kaltės, elektros įrenginių, izoliacinės alyvos ar metalų iš elektros įrenginių vagystės, gedimai kito operatoriaus elektros įrenginiuose, dėl kurių nutrūko elektros energijos persiuntimas vartotojams, vartotojų įrenginių atjungimai, sąlygoti generuojančių galių deficito;

elektros įrenginių gedimai ar išsijungimai, sąlygoti paukščių ar gyvūnų poveikio (medžių užvertimas, patekimas į veikiančius elektros įrenginius, gandrulizdžiai ant atramų, paukščių užmesti pašaliniai daiktai ant elektros įrenginių ir pan.);

visi planiniai elektros energijos persiuntimo nutraukimai, apie kuriuos vartotojai nebuvo tinkamai informuoti teisės aktuose ar sutartyse nustatyta tvarka, sąlygoti aplinkybių, nepriklausančių nuo operatoriaus veiksmų, (pvz.: operatorius padavė informaciją, tačiau spaustuvė neišspausdino pranešimo ir pan.) bei turi būti traktuojami kaip neplaniniai nutraukimai;

projektuotojo klaidingi techniniai sprendimai, sąlygoję eksploatuojamų įrenginių gedimus ar išsijungimus;

naujų vartotojų įrenginių prijungimas, vartotojų įrenginių atjungimas už skolas bei prijungimas skolą susimokėjusio vartotojo teisės aktuose nustatytais terminais, kai reikia atjungti kitų, laiku neišpėtų apie planuojamą atjungimą vartotojų įrenginius bei turi būti traktuojami kaip neplaniniai nutraukimai;

elektros tinklų apsaugos zonose pašalinių organizacijų ar asmenų veiksmai ar neveikimai, nurodyti galiojančios redakcijos Elektros tinklų apsaugos taisyklėse, dėl kurių įvyko operatoriaus elektros įrenginių gedimai ar išsijungimai.

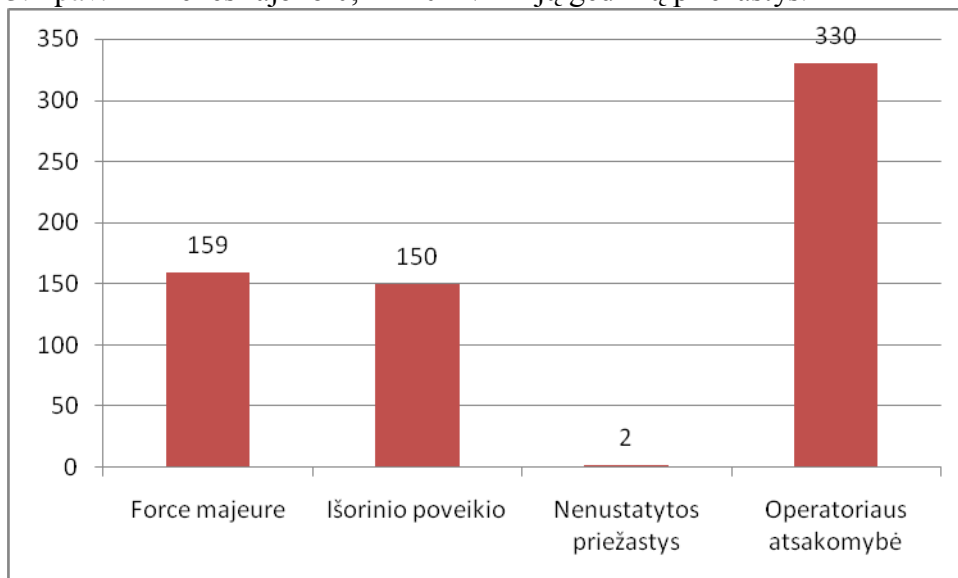
Operatoriaus atsakomybė: atsijungimai ar gedimai tuomet, kai nustatoma operatoriaus kaltė (personalo kaltė, remonto, statybos darbų, techninės priežiūros ir eksploatacijos nepakankama darbų kokybė, įrenginių susidėvėjimas, nepakankama Bendrovės normatyvinių dokumentų kokybė, gamybos instrukcijų ir kitų teisės aktų reikalavimų nevykdymas eksploatuojant įrenginius ir t.t.); visi planiniai nutraukimai dėl operatoriaus ar rangovinės įmonės darbuotojų numatytų vykdomų veiksmų t.y. elektros tinklo įrenginių rekonstrukcijos, remonto, techninės priežiūros, derinimo, bandymo bei matavimo darbų, taip pat darbų apsaugos zonoje, naujų įrenginių prijungimo ar kitų atvejų, apie kuriuos vartotojai nebuvo informuoti teisės aktų ar sutartyje nustatyta tvarka dėl operatoriaus atsakomybės, bei turi būti traktuojami kaip neplaniniai nutraukimai.

Nenustatytos priežastys: nenustatytoms priežastims priskiriami tik tie elektros energijos tiekimo nutrūkimai, sąlygoti saugiklių tirtukų perdegimų ir elektros linijų jungtuvų ar automatinėlių jungiklių išsijungimų, kurių poveikio priežastys liko nenustatytos ir pagrįstos konkrečiais įtakančiais veiksniais (oro sąlygomis, staigiais jų pokyčiais, gedimais, medžių ir jų šakų poveikiu, operatyvinių ir neoperatyvinių darbuotojų klaidomis, statybos, remonto ir eksploatacijos darbų defektais susijusiuose elektros įrenginiuose ir pan.).

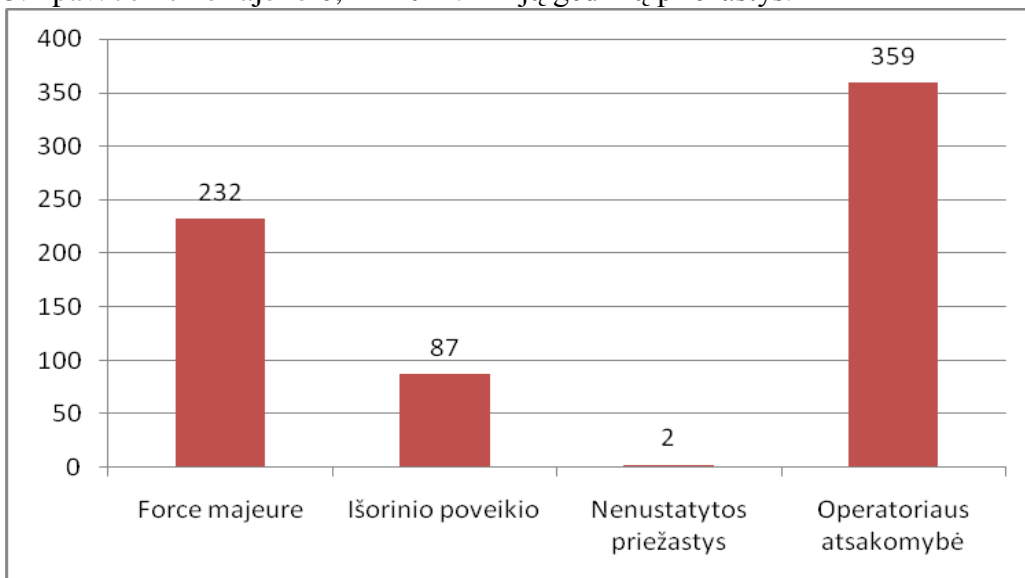
3.2. Šiaulių regiono rajonų 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys

Šiaulių regiono rajonų 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys pateiktos 3.1 - 3.9 pav.

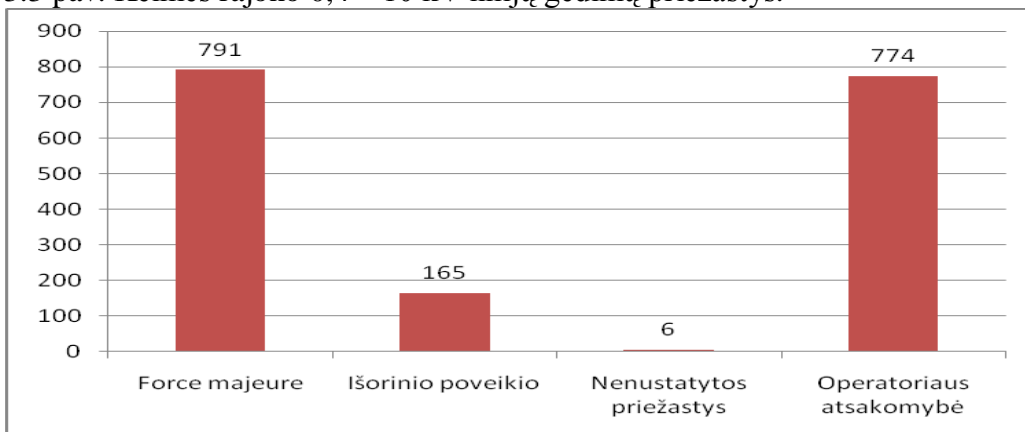
3.1 pav. Akmenės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



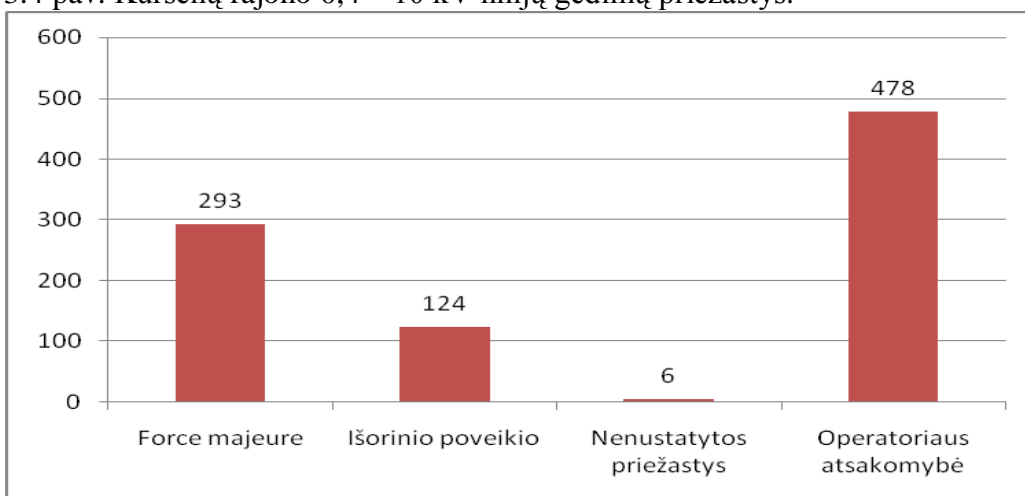
3.2 pav. Joniščio rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



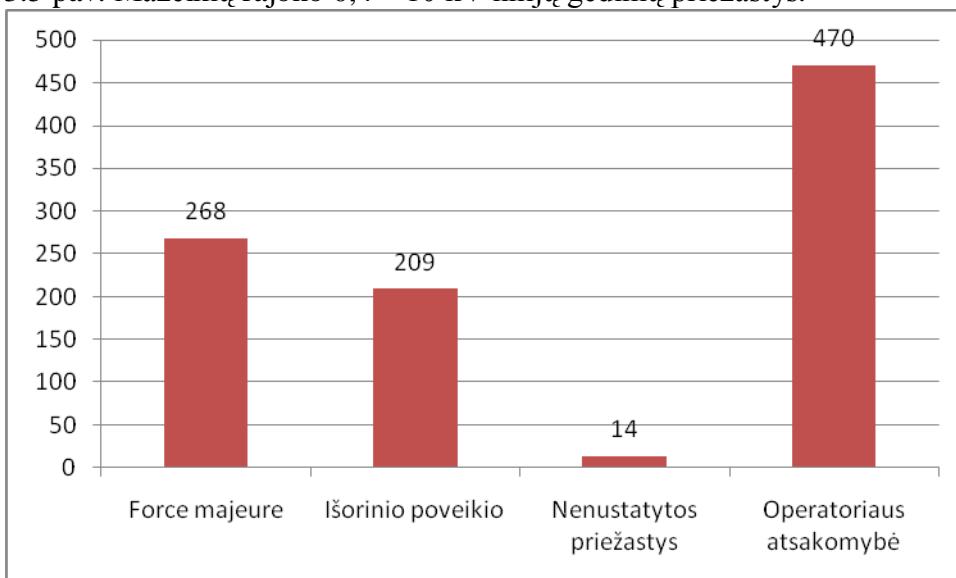
3.3 pav. Kelmės rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



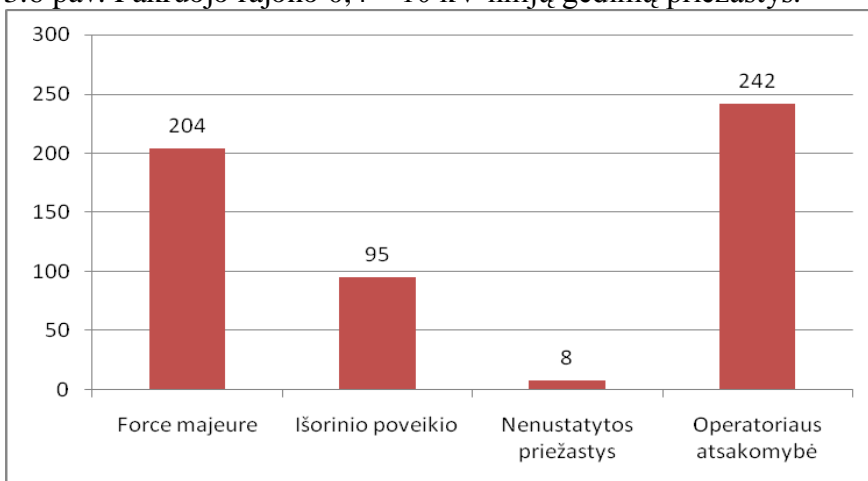
3.4 pav. Kuršėnų rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



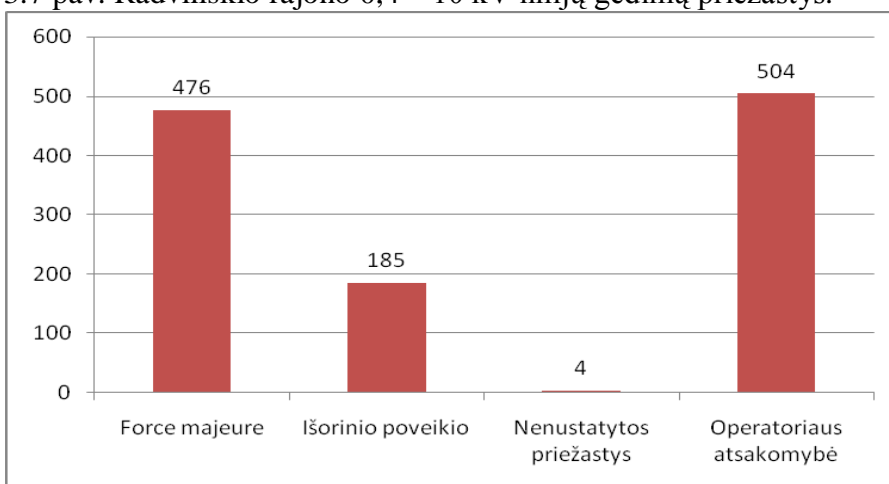
3.5 pav. Mažeikių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



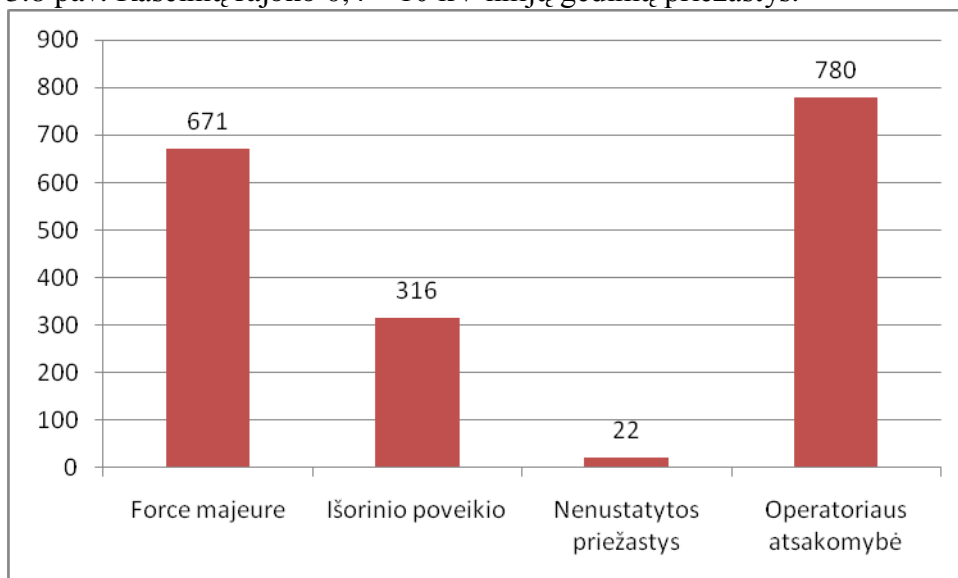
3.6 pav. Pakruojo rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



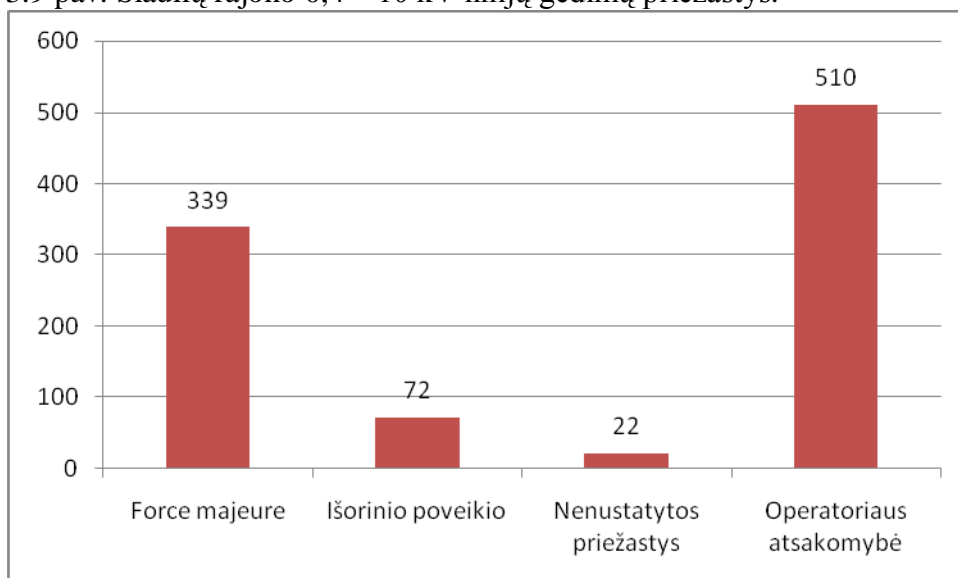
3.7 pav. Radviliškio rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



3.8 pav. Raseinių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



3.9 pav. Šiaulių rajono 0,4 – 10 kV linijų gedimų priežastys.



Iš grafikų matyti, per 2011 metus Šiaulių regiono rajonų skyriuose 0,4-10 kV linijose įvyko 9371 gedimai kurių atsijungimų pagrindinė priežastis Operatoriaus atsakomybė kuri sudaro 47,47% visų atjungimų. Force majeure sudaro 36,64 % visų gedimų. Daugiausiai dėl force majeure gedimų įvyko Kelmės rajone.

4. ŠIAULIŲ REGIONO RAJONŲ ELEKTROS TINKLŲ PATIKIMUMO RODIKLIŲ SKAIČIAVIMAS

4.1. Elektros tinklų patikimumo rodikliai

Pagrindiniai elektros tinklų patikimumo rodikliai yra elektros tinklo gedimų, dėl kurių nutrūksta elektros tiekimas vartotojui, dažnis (intensyvumas) f_{Gs} , vidutinė trukmė T_{asvid} ir tikimybė Q_s . Šie rodikliai yra atitinkamų atsitiktinių dydžių vidurkiai arba kiti jų pasiskirstymo funkcijas apibūdinantys parametrai [1].

Tačiau pagrindiniai rodikliai ne visada leidžia apibūdinti elektros tinklo funkcionavimą ir jo reakciją į elementų gedimus. Papildomi rodikliai padeda nustatyti avarijos didumą. Rodikliai apskaičiuojami tam tikram laikotarpiui, pavyzdžiui metams [1].

SAIFI - vidutinis elektros tiekimo nutraukimo dažnio rodiklis (nutraukimų vienam vartotojui skaičius).

$$SAIFI = \frac{\text{visų elektros nutraukimų skaičius}}{\text{visų vartotojų skaičius}} = \frac{\sum f_i N_i}{\sum N_i}; \quad (4.1)$$

- CAIFI- vartotojų vidutinis elektros tiekimo nutraukimo dažnio rodiklis (nutraukimų skaičius vienam maitinimo netekusiam vartotojui).

$$CAIFI = \frac{\text{visų elektros nutraukimų skaičius}}{\text{maitinimo netekusių vartotojų skaičius}} = \frac{\sum f_i N_i}{\sum N_{avi}}; \quad (4.2)$$

- SAIDI- Vidutinis nutraukimo trukmės rodiklis (nutraukimų vidutinė trukmė vienam vartotojui).

$$SAIDI = \frac{\text{visų elektros nutraukimų trukmių suma}}{\text{visų vartotojų skaičius}} = \frac{\sum T_{ai} N_i}{\sum N_i}; \quad (4.3)$$

- CAIDI- vartotojų vidutinis nutraukimo trukmės rodiklis (nutraukimų vidutinė trukmė vienam atjungtam vartotojui).

$$CAIDI = \frac{\text{visų elektros nutraukimų trukmių suma}}{\text{visų elektros nutraukimų skaičius}} = \frac{\sum T_{ai} N_i}{\sum f_i N_i}; \quad (4.4)$$

ASAI (ASUI)- vidutinis patikimo (nepatikimo) elektros tiekimo rodiklis.

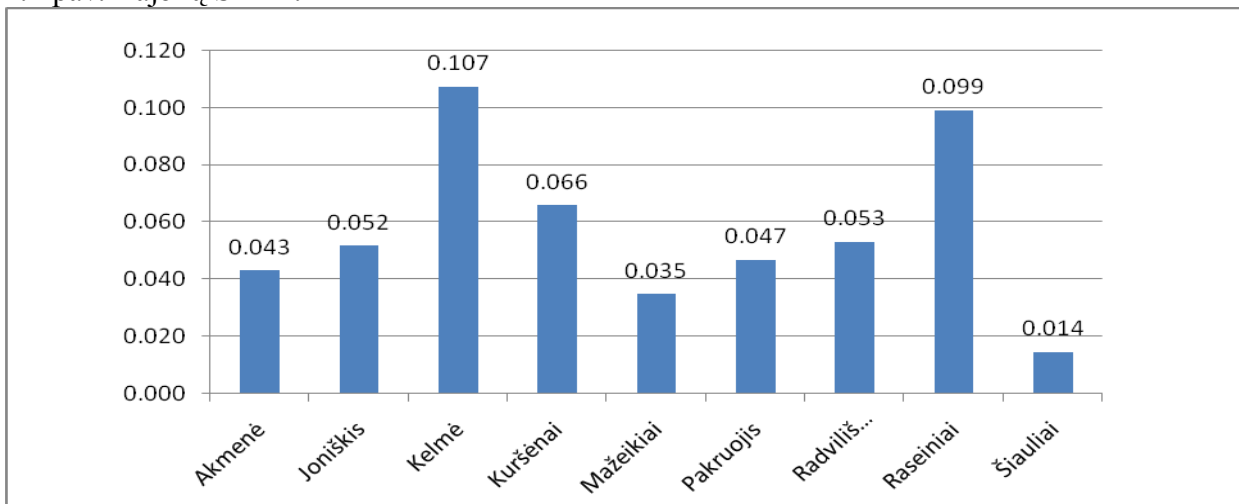
$$ASAI = \frac{\text{vartotojų darbo be elektros nutraukimų trukmė}}{\text{vartotojų darbo visus metus trukmė}} = \frac{\sum N_i \cdot 8760 - \sum T_{ai} N_i}{\sum N_i \cdot 8760};$$

$$ASUI = 1 - ASAI = \frac{\text{visų elektros nutraukimų trukmių suma}}{\text{vartotojų darbo visus metus trukmė}} = \frac{\sum T_{ai} N_i}{\sum N_i \cdot 8760}. \quad (4.5)$$

Šie rodikliai daugiausia atspindi elektros tiekimo vartotojams skirstomaisiais tinklais patikimumą.

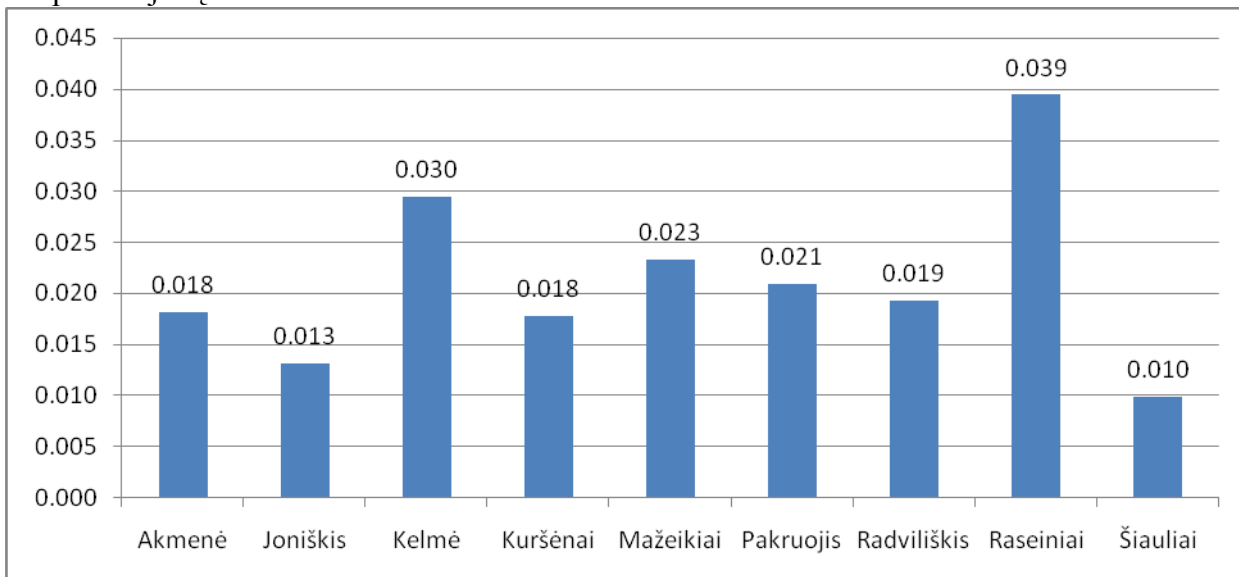
4.2. Šiaulių regiono rajonų elektros tinklų patikimumo rodikliai

4.1 pav. Rajonų SAIFI.



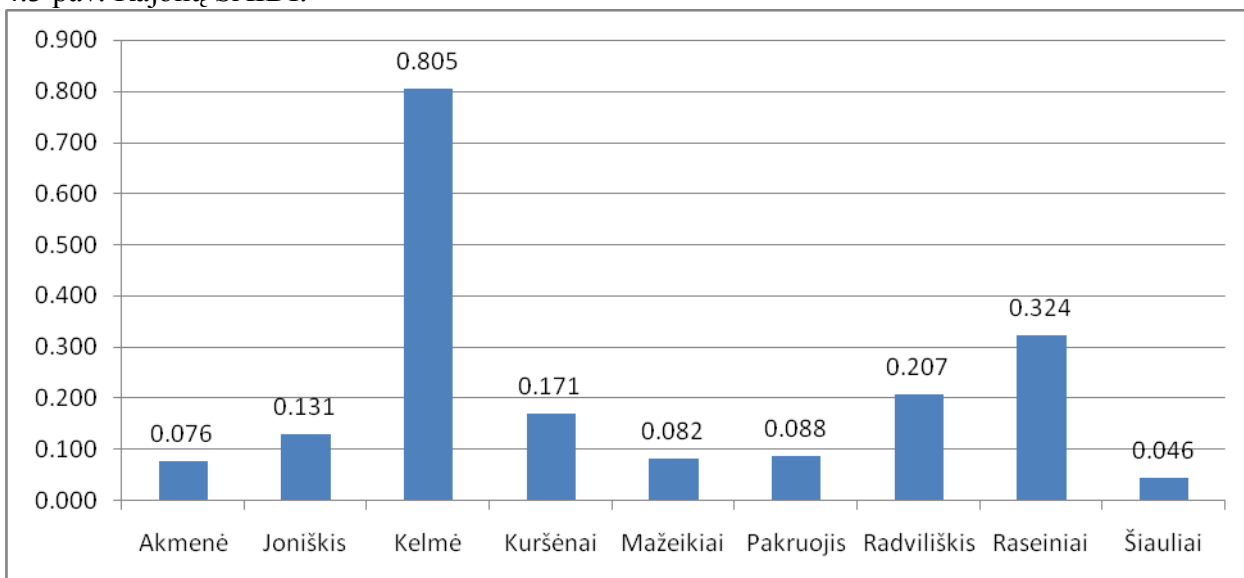
Grafike matyti, Kelmės ir Raseinių rajonuose dažniausiai nutraukiama elektros energijos tiekimas vienam vartotojui.

4.2 pav. Rajonų CAIFI.



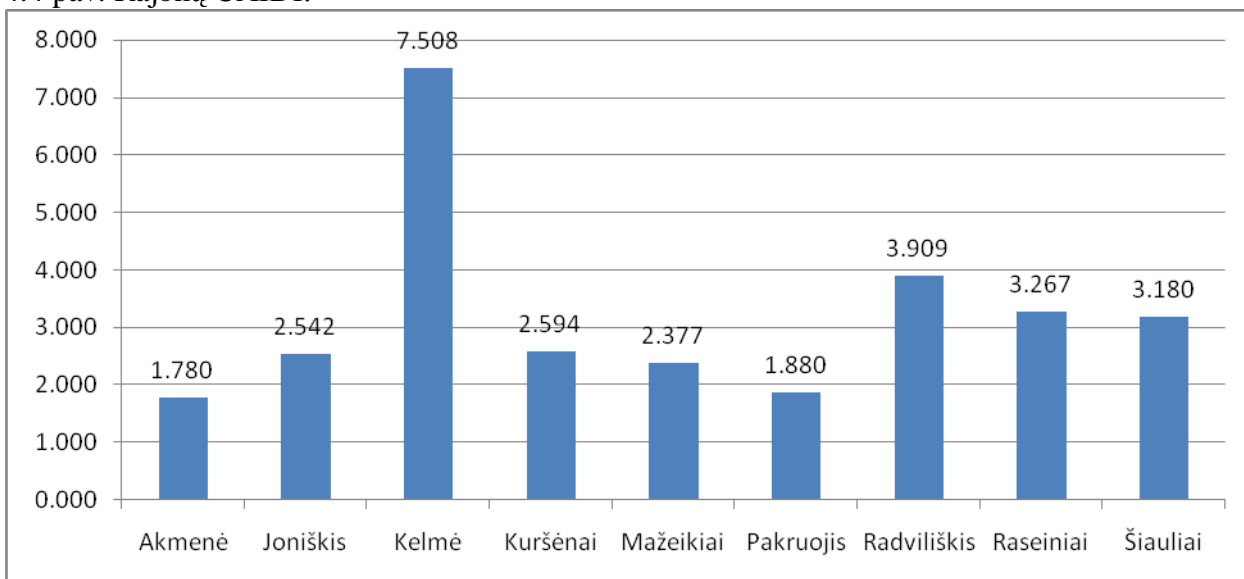
Iš grafiko matyti, kad gedimų Raseinių r. maitinimo netekusiam vartotojui tenka daugiausiai elektros energijos nutraukimų.

4.3 pav. Rajonų SAIDI.



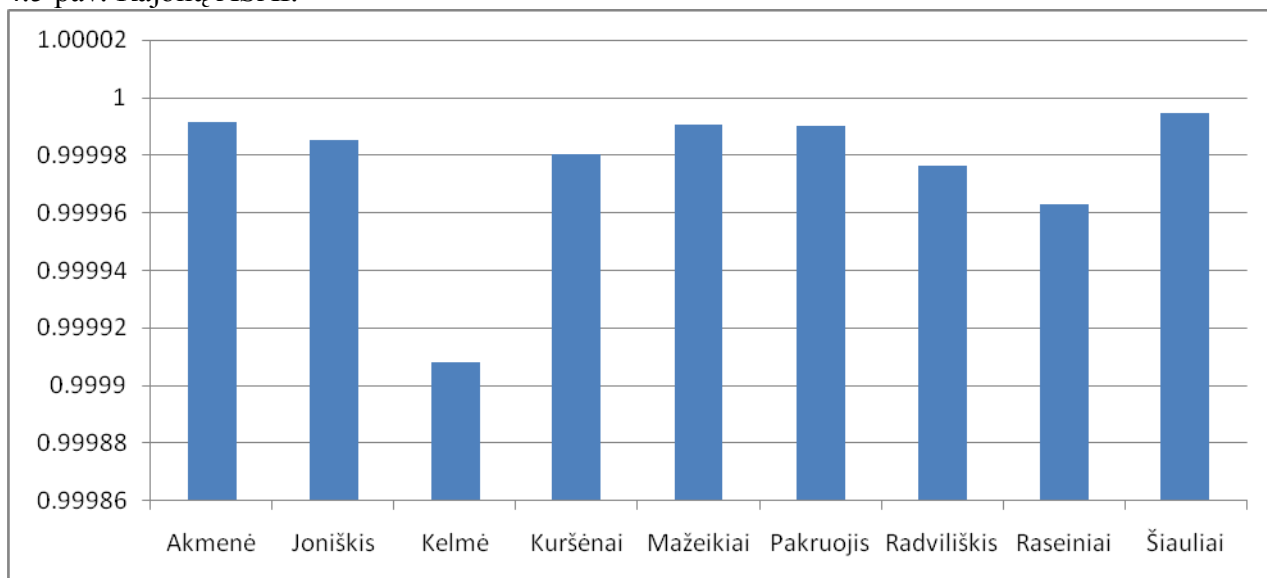
Iš grafiko matyti, kad vidutinė nutraukimų trukmė vienam vartotojui Kelmės r. siekia 0,8 valandos, kai daugumos rajonų nei 0,1.

4.4 pav. Rajonų CAIDI.

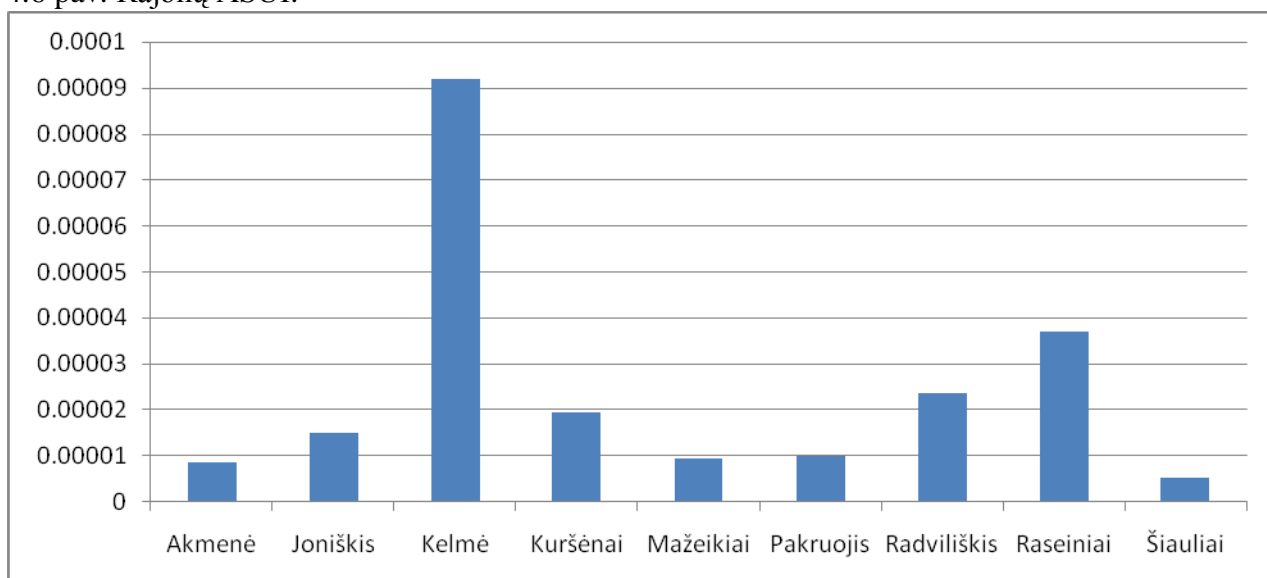


Iš grafiko matyti, kad Kelmėje vienam atjungtam vartotojui (nutraukimui) vidutiniškai tenka 7,5 valandos. Tai yra dvigubai ilgesnis laikas nei kitų rajonų.

4.5 pav. Rajonų ASAI.



4.6 pav. Rajonų ASUI.



Iš grafiko 4.5 pav. ir 4.6 pav. matyti, kad Kelmės rajonas turi nepatikimiausią elektros tiekimo rodiklį.

5. ŠIAULIŲ REGIONO DAUGIAUSIAI GENDANČIŲ 0,4 – 10 kV ELEKTROS LINIJŲ SKAIČIAVIMAI

5.1. Šiaulių regiono daugiausiai gendančios elektros linijos parengties ir priverstinės prastovos koeficientų bei veikimo ir gedimo tikimybių skaičiavimas

Iš rajonų gedimų išrinktos daugiausiai atsijungimų turėjusios linijos. Duomenys pateikti lentelėje 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. Šiaulių regiono visų rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų duomenys.

Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Gedimų intensyvumas λ	Ilgis, km	Vid. sutvarkymo trukmė, h
Akmenė	Vėkšnių TP	L-400	4	30.567	0.63
Joniškis	Joniškio TP	L-600	13	43.736	2.11
Kelmė	Kelmės TP	L-500	12	39.353	7.84
Kuršėnai	SP-1	L-400	9	59.866	1.94
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	12	33.482	2.75
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	8	34.789	1.07
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	12	38.469	3.66
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	11	50.586	2.05
Šiauliai	SP-37	L-100	7	19.309	1.02

Netaisomųjų elementų patikimumas [1] dažnai apibūdinamas darbo iki *gedimo vidutine trukme*. Apskaičiuojame Vėkšnių TP L-400 vidutinę veikimo iki gedimo trukmę (darbo iki gedimo trukmė):

$$T_{vid} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ metai (2190 h);} \quad (5.1)$$

Čia:

λ - gedimų intensyvumas [kartai per metus].

Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų darbo iki gedimų vidutinė trukmės duomenys pateikti 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų darbo iki gedimų vidutinė trukmė.

Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Darbo iki gedimo vidutinė trukmė, metai	Darbo iki gedimo vidutinė trukmė, h
Akmenė	Vėkšnių TP	L-400	0.250	2190
Joniškis	Joniškio TP	L-600	0.077	674
Kelmė	Kelmės TP	L-500	0.083	730
Kuršėnai	SP-1	L-400	0.111	973
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	0.083	730
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	0.125	1095
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	0.083	730
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	0.091	796
Šiauliai	SP-37	L-100	0.143	1251

Kadangi veikimo iki gedimo ir atkūrimo trukmės yra atsitiktiniai dydžiai [1], tai bendroju atveju parengties funkcija yra laiko funkcija lygi tikimybei, kad laiko momentu t elementas bus nesugedęs. Šios funkcijos stacionarioji vertė (kai $t \rightarrow \infty$) tampa pastovi ir vadinama **parengties koeficientu**, kuri sąlygoja veikimo iki gedimo trukmės vidurkio ir veikimo iki gedimo bei atkūrimo trukmių vidurkių sumos santykis. Apskaičiuoju Viekšnių TP L-400 parengties koeficientą:

$$K_p = \frac{T_{vid}}{T_{vid} + T_{avid}} = \frac{2190}{2190 + 0.63} = 0.9997; \quad (5.2)$$

Čia: T_{vid} – gedimo vidutinė trukmė [h],

T_{avid} - vidutinė pataisymo trukmė [h].

5.3 lentelė Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų parengties koeficientas.

Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Parengties koeficientas
Akmenė	Viekšnių TP	L-400	1.63
Joniškis	Joniškio TP	L-600	3.11
Kelmė	Kelmės TP	L-500	8.84
Kuršėnai	SP-1	L-400	2.94
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	3.75
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	2.07
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	4.66
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	3.05
Šiauliai	SP-37	L-100	2.02

Taisomųjų elementų patikimumui [1] nustatyti yra apskaičiuojamas priverstinės prastovos (neparengties) koeficientas:

$$\bar{K}_p = 1 - K_p = 1 - 1.63 = -0.63; \quad (5.3)$$

Čia: K_p - parengties koeficientas.

Šiaulių regiono rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų priverstinės prastovos koeficientai pateikti lentelėje 5.4.

5.4 lentelė. Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų priverstinės prastovos koeficientas.

Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Priverstinės prastovos (neparengties) koeficientas:
Akmenė	Viekšnių TP	L-400	-0.63
Joniškis	Joniškio TP	L-600	-2.11
Kelmė	Kelmės TP	L-500	-7.84
Kuršėnai	SP-1	L-400	-1.94
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	-2.75
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	-1.07
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	-3.66
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	-2.05
Šiauliai	SP-37	L-100	-1.02

Netaisomojo elemento patikimumas apibūdinamas šias rodikliais: gedimo tikimybe $Q(t)$ – tikimybe, kad tam tikrame laiko intervale (arba atlikęs tam tikrą darbo kiekį) elementas suges, arba tikimybė, arba elemento darbo iki gedimo trukmė (veikimo laiko resursas) T bus trumpesnė už laiką t , $Q(t) = P(T < t)$; veikimo (negedimo) tikimybė $R(t)$ – tikimybe, kad tam tikrame laiko intervale (arba atlikęs tam tikrą darbo kiekį), tam tikroms sąlygoms, elementas nesuges, arba tikimybe, kad elemento darbo iki gedimo trukmė T bus ilgesnė arba lygi laikui t , $R(t) = P(T \geq t)$.

Apskaičiuojame veikimo tikimybę $R(t, \tau)$ ir gedimo tikimybę $Q(t, \tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių:

$$\begin{aligned}
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{1}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{1}{12}} = 0,716; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,943 = 0,284; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{2}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{2}{12}} = 0,513; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,89 = 0,482; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{3}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{3}{12}} = 0,368; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,84 = 0,632; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{4}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{4}{12}} = 0,264; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,792 = 0,736; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{5}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{5}{12}} = 0,189; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,747 = 0,811; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{6}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{6}{12}} = 0,135; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,705 = 0,865; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{7}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{7}{12}} = 0,097; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,665 = 0,903; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{8}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{8}{12}} = 0,069; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,627 = 0,931; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{9}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{9}{12}} = 0,05; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,592 = 0,950; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{10}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{10}{12}} = 0,036; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,558 = 0,964; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{11}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{11}{12}} = 0,026; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,527 = 0,974; \\
 R_1(t, \tau) &= K_p e^{-\lambda \frac{12}{12}} = 1.63e^{-4 \frac{12}{12}} = 0,018; & Q_1(t, \tau) &= 1 - R_1(t, \tau) = 1 - 0,497 = 0,982;
 \end{aligned} \tag{5.4}$$

Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų veikimo ir gedimo tikimybių duomenys pateikti 5.5-5.8 lentelėse.

5.5 lentelė. Veikimo tikimybę $R(t, \tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.

Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis
Akmenė	Vėkšnių TP	L-400	0.716	0.513	0.368	0.264	0.189	0.135
Joniškis	Joniškio TP	L-600	0.337	0.114	0.039	0.013	0.004	0.001
Kelmė	Kelmės TP	L-500	0.364	0.134	0.049	0.018	0.007	0.002
Kuršėnai	SP-1	L-400	0.471	0.223	0.105	0.050	0.023	0.011
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	0.367	0.135	0.050	0.018	0.007	0.002
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	0.513	0.263	0.135	0.069	0.036	0.018
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	0.366	0.135	0.050	0.018	0.007	0.002
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	0.399	0.159	0.064	0.026	0.010	0.004
Šiauliai	SP-37	L-100	0.558	0.311	0.174	0.097	0.054	0.030

5.6 lentelė. Gendamiausių linijų veikimo tikimybės $R(t, \tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.

Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
Akmenė	Vėkšnių TP	L-400	0.097	0.069	0.050	0.036	0.026	0.018
Joniškis	Joniškio TP	L-600	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kelmė	Kelmės TP	L-500	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kuršėnai	SP-1	L-400	0.005	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	0.009	0.005	0.002	0.001	0.001	0.000
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Šiauliai	SP-37	L-100	0.017	0.009	0.005	0.003	0.002	0.001

5.7 lentelė. Gendamiausių linijų gedimo tikimybės $Q(t, \tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.

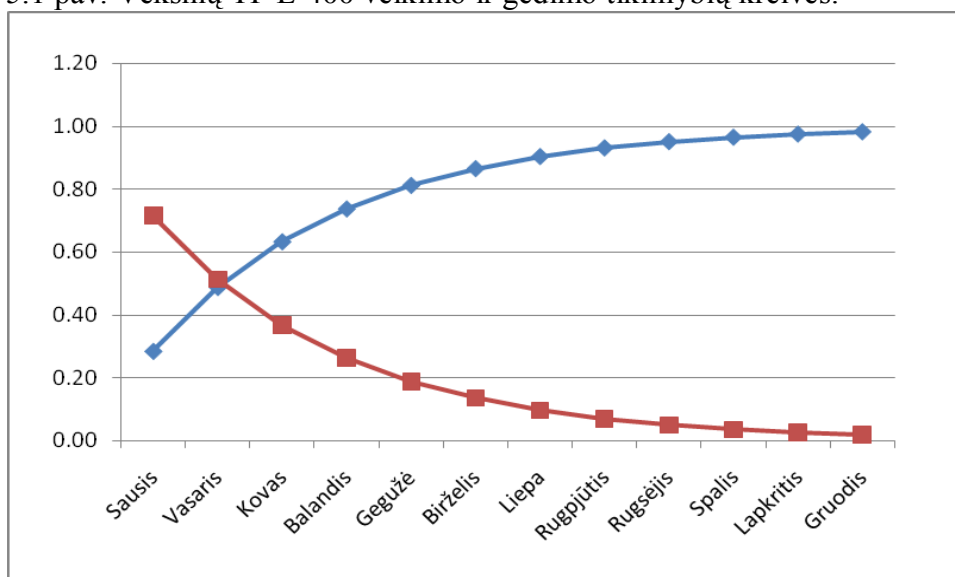
Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis
Akmenė	Vėkšnių TP	L-400	0.28	0.49	0.63	0.74	0.81	0.86
Joniškis	Joniškio TP	L-600	0.66	0.89	0.96	0.99	1.00	1.00
Kelmė	Kelmės TP	L-500	0.64	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00
Kuršėnai	SP-1	L-400	0.53	0.78	0.89	0.95	0.98	0.99
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	0.63	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	0.49	0.74	0.86	0.93	0.96	0.98
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	0.63	0.87	0.95	0.98	0.99	1.00
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	0.60	0.84	0.94	0.97	0.99	1.00
Šiauliai	SP-37	L-100	0.44	0.69	0.83	0.90	0.95	0.97

5.8 lentelė. Gendamiausių linijų gedimo tikimybės $Q(t, \tau)$ per dvyliką eksploatacijos mėnesių.

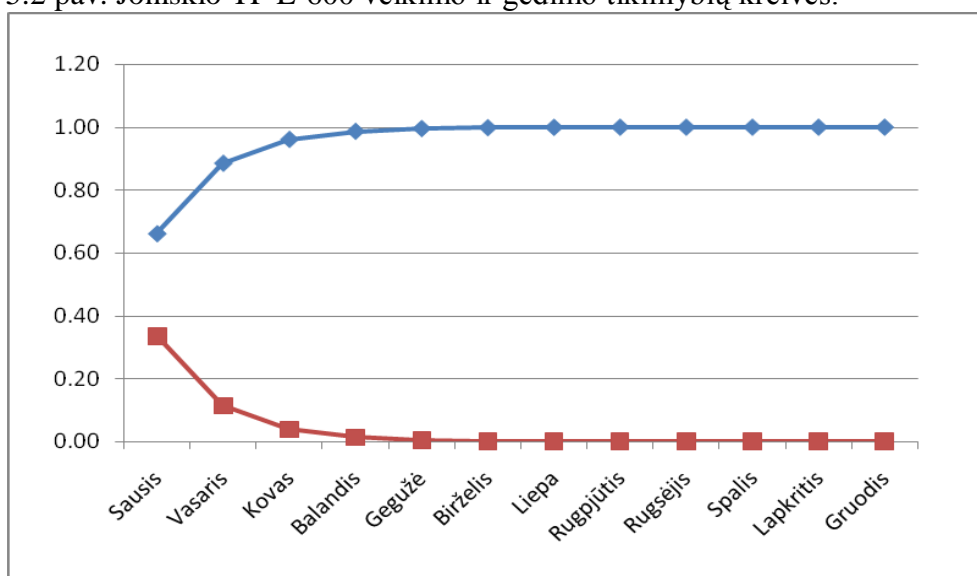
Rajonas	Pastotės/skirstymo punkto pav.	Linija	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
Akmenė	Vėkšnių TP	L-400	0.90	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98
Joniškis	Joniškio TP	L-600	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Kelmė	Kelmės TP	L-500	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Kuršėnai	SP-1	L-400	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mažeikiai	Mažeikių TP	L-401	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Pakruojis	Lygumų TP	L-402	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Radviliškis	Radviliškio TP	L-100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Raseiniai	Raseinių TP	L-800	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Šiauliai	SP-37	L-100	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00

Rajonų daugiausiai kartų atsijungusių linijų veikimo ir gedimo tikimybių grafikai pateikti paveiksluose 5.1-5.9 (raudona linija- veikimo tikimybė, mėlyna- gedimo tikimybė).

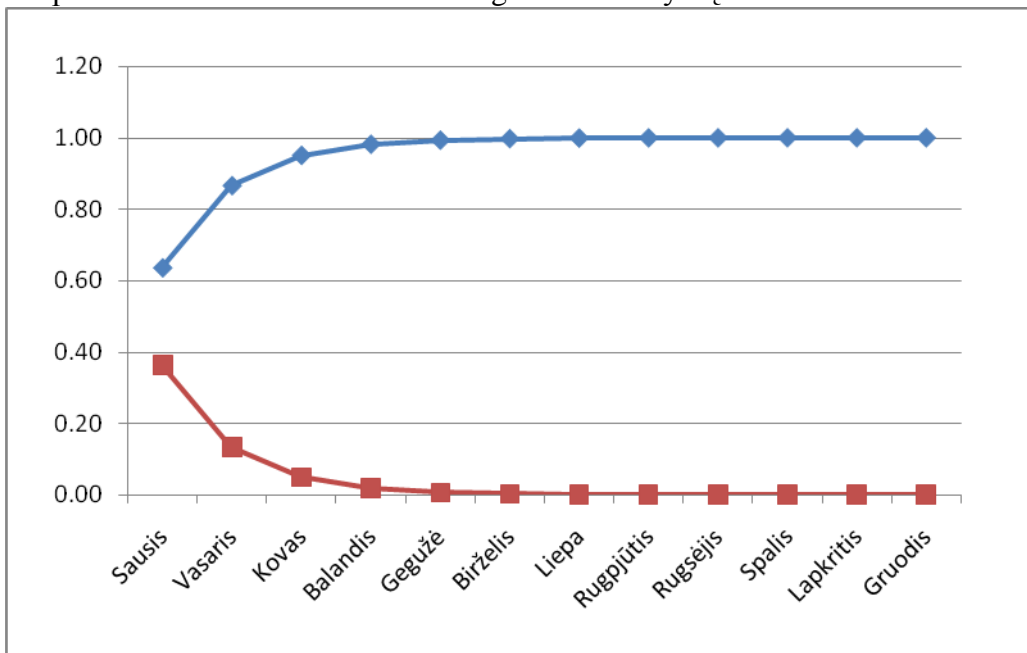
5.1 pav. Vėkšnių TP L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



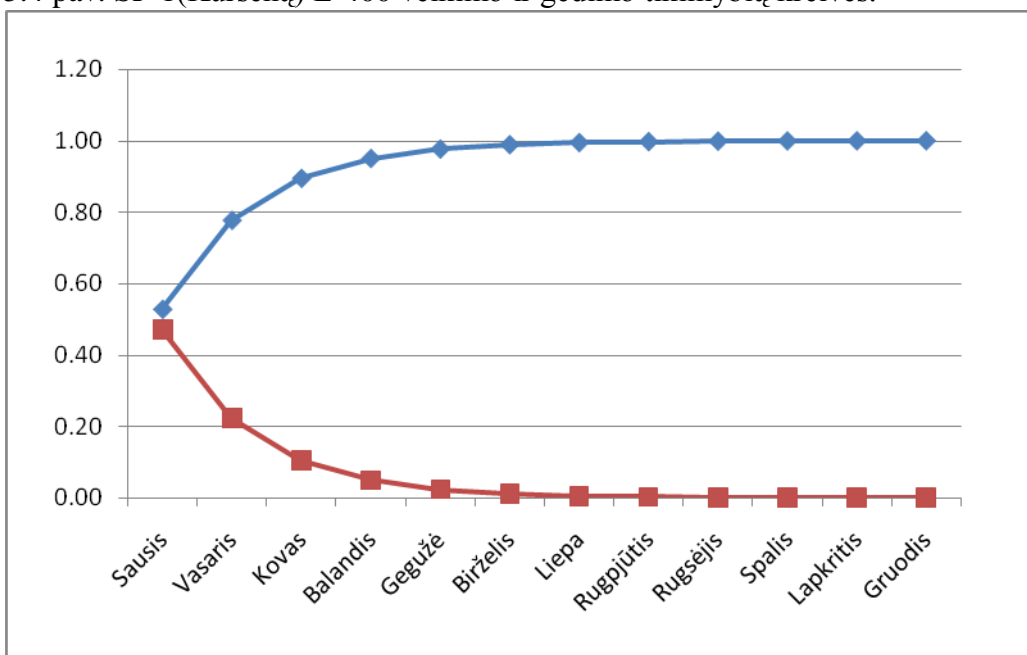
5.2 pav. Joniškio TP L-600 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



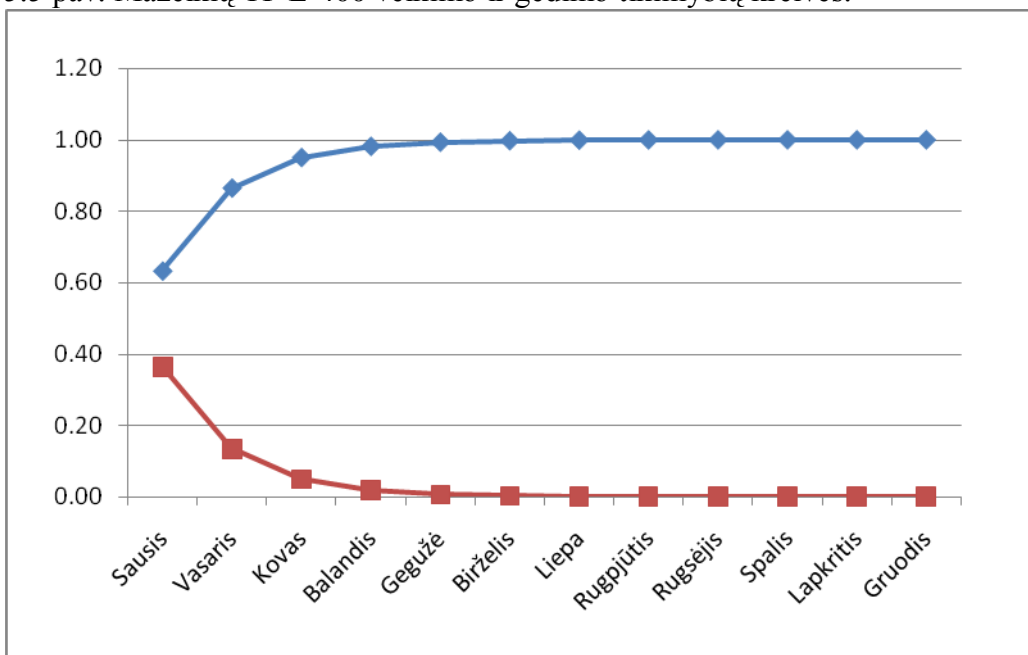
5.3 pav. Kelmės TP L-500 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



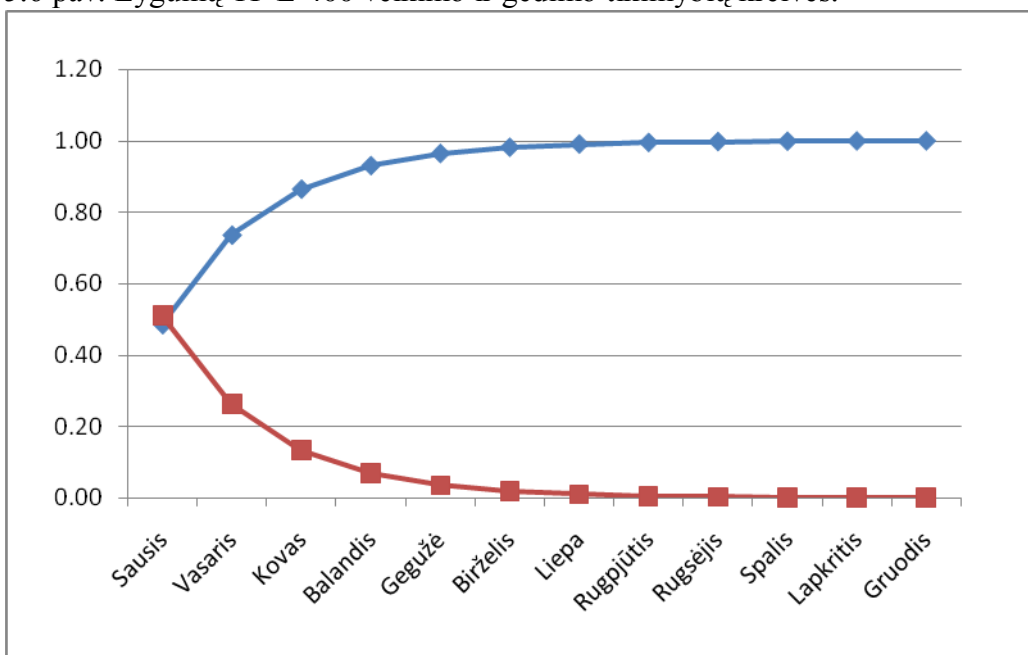
5.4 pav. SP-1(Kuršėnų) L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



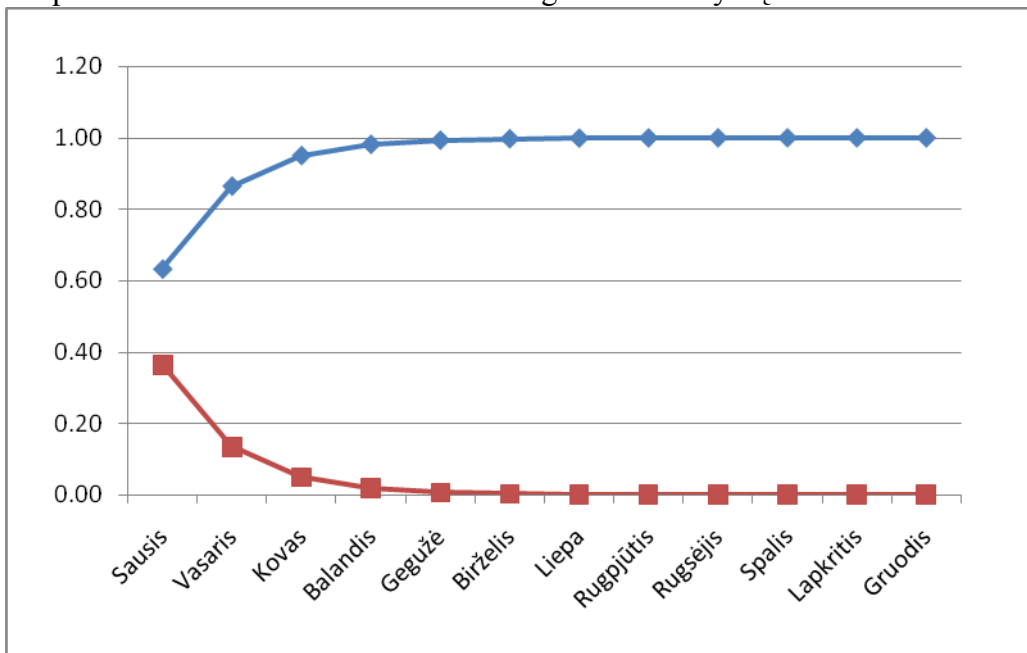
5.5 pav. Mažeikių TP L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



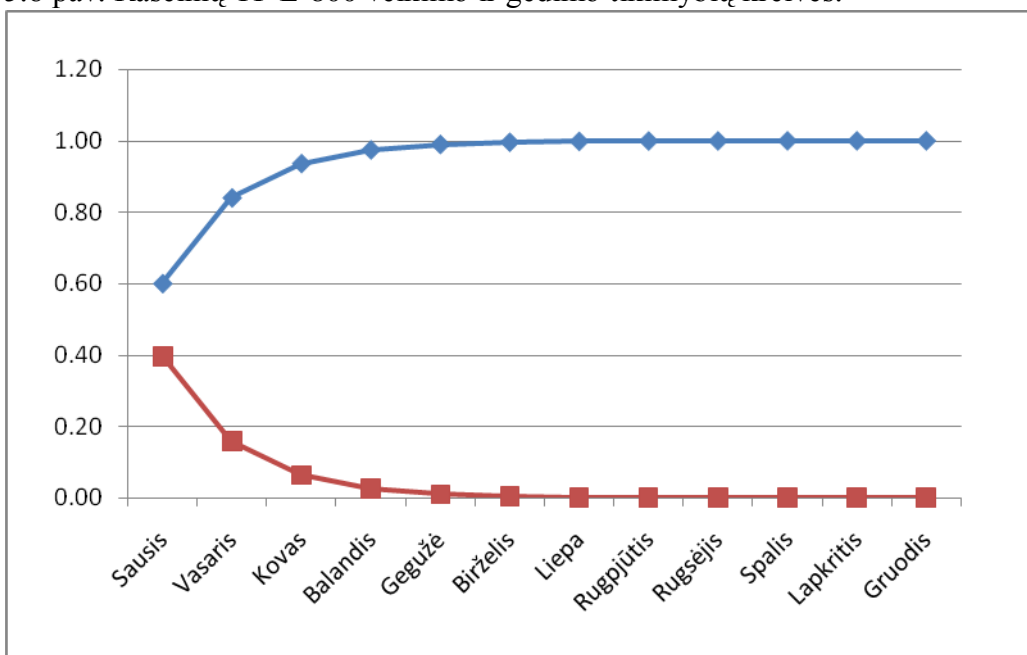
5.6 pav. Lygumų TP L-400 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



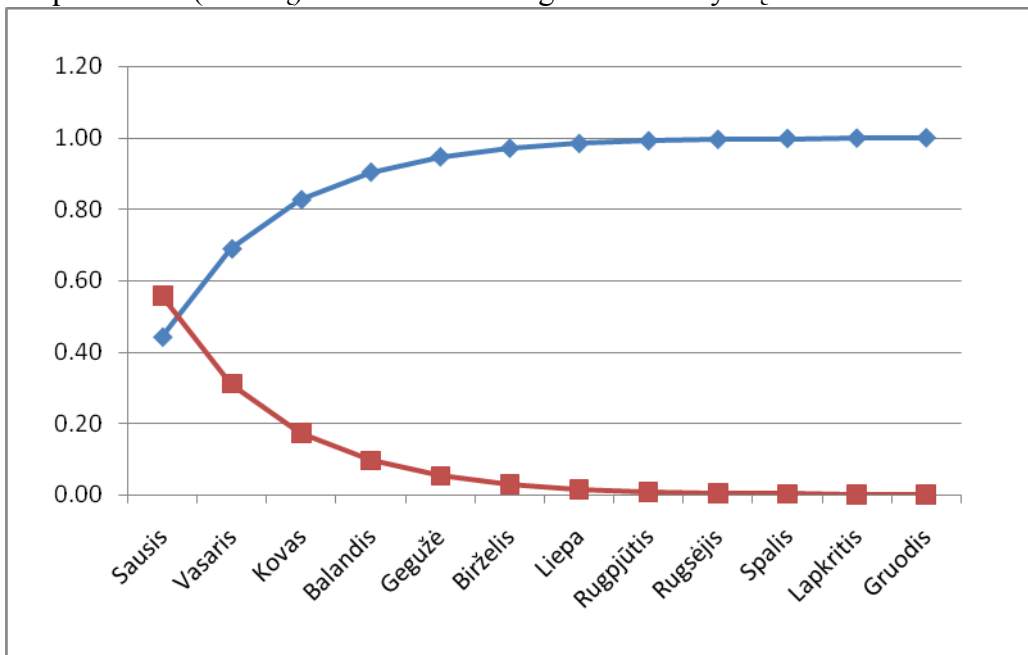
5.7 pav. Radviliškio TP L-100 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



5.8 pav. Raseinių TP L-800 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



5.9 pav. SP-37(Šiaulių) L-100 veikimo ir gedimo tikimybių kreivės.



Iš grafikų matyti, kad Šiaulių regiono rajonų daugiausiai gendančių linijų tikimybė, kad įvyks gedimas linijoje, yra labai didelė balandžio ar gegužės mėnesiais.

IŠVADOS

1. Šiaulių regiono rajonų elektros tinklų 2011 m. 0,4 – 10 kV linijų gedimų apimties tyrimas rodo, kad daugiausia gedimų įvyksta 0,4 kV linijose, tačiau vartotojų daugiau atjungiamą 10 kV linijose. Gedimų pašalinimo trukmė 10 kV tinkle yra dvigubai trumpesnė negu žemosios įtampos 0,4 kV elektros tinkle. Daugiausia gedimų tiek 10 kV, tiek ir 0,4 kV tinkluose įvyksta oro linijose. Vartotojų skaičius Šiaulių rajone pats didžiausias, todėl ir daugiausia jame atjungtų vartotojų. Daugiausia gedimų užfiksuota Kelmės ir Raseinių rajonuose – atitinkamai 1737 ir 1790. Atjungimų trukmė didžiausia Kelmės rajone – 13041 h. Gedimų skaičių ir trukmę minėtuose rajonuose sąlygoja didelis linijų ilgis ir miškingos vietovės;
2. Šiaulių regiono rajonų elektros tinklų linijų gedimų priežasčių tyrimas rodo, kad per 2011 metus Šiaulių regiono rajonų skyriuose 0,4 – 10 kV linijose įvyko 9371 gedimai. Pagrindinė gedimų priežastis – operatoriaus atsakomybė, tai sudaro 47,47% visų atjungimų. Force majeure gedimų priežastis sudaro 36,64% visų gedimų. Išorinio poveikio sudaro 14,97% visų gedimų. Nenustatytos priežastys sudaro 0,92% visų gedimų;
3. Atlikti Šiaulių regiono rajonų elektros tinklo patikimumo rodiklių skaičiavimai rodo, kad Kelmės ir Raseinių rajonuose dažniausiai nutraukiamas elektros energijos tiekimas vienam vartotojui – didžiausia SAIFI rodiklio vertė. Raseinių rajone maitinimo netekusiam vartotojui tenka daugiausiai elektros energijos nutraukimų – didžiausia CAIFI rodiklio vertė. Vidutinė nutraukimų trukmė vienam vartotojui ilgiausia Kelmės rajone – didžiausia SAIDI rodiklio vertė. Kelmės rajone vienam atjungtam vartotojui (nutraukimui) vidutiniškai tenka 7,5 valandos – tai yra dvigubai ilgesnis laikas nei kitų rajonų (CAIDI rodiklis). Remiantis ASAI ir ASUI rodiklių vertėmis, konstatuojama, kad Kelmės rajonas yra pats nepatikimiausias Šiaulių regiono rajonas;
4. Atlikti Šiaulių regiono rajonų daugiausiai gendančių elektros linijų parengties ir priverstinės prastovos koeficientų bei veikimo ir gedimo tikimybių skaičiavimai rodo, kad per artimiausius 12 mėnesių (2012 metus) visose daugiausiai gendančiose linijose įvyks gedimų. Kaip rodo skaičiavimai Vėkšnių (Akmenės rajonas) elektros linijos veikimo tikimybė per artimiausius 12 mėnesių yra didžiausia. Visose kitose linijose gedimų turėtų atsirasti per pirmą 2012 metų pusmetį.

LITERATŪRA

1. Algimantas Navickas. Elektros energetikos sistemų patikimumas. Kaunas: Technologija, 2007, 206p.
2. <http://www.le.lt/> [žiūrėta 2012-04-15]
3. <http://www.litgrid.eu/> [žiūrėta 2012-04-17]
4. www.leso.lt/ [žiūrėta 2012-04-19]
5. Albertas Nargėlas. Informacinės technologijos ir elektros energetikos sistemų ateitis // ENERGETIKA. – Vilnius : Lietuvos mokslų akademijos leidykla, 2006. – Nr. 1. – P. 16-21. Internetė: http://www.elibrary.lt/resursai/LMA/Energetika/Ener016_021.pdf [žiūrėta 2012-05-19]
6. V. Vilkas, A. Alekna. Išmaniojo tinklo elementų taikymas ligoninės energetinėje sistemoje // Jaunųjų mokslininkų darbai. 2011, nr.3(32). ISSN 1648-8776. p.143-147.
7. V. Bitinas. Išmanusis elektros tinklas – klientams, energetikams ir valstybei. Internetė: http://www.ktu.lt/ect/Docs/3_vytautas_bitinas_ismanusis_tinklas_lietuvoje.pdf
8. www.regula.lt [žiūrėta 2012-05-15]
9. www.enmin.lt [žiūrėta 2012-05-20]