



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

# **Skirstomojo elektros tinklo gedimų ir patikimumo tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Arūnas Soraka**

Projekto autorius

**Doc. Almantas Bandza**

Vadovas

---

**Kaunas, 2020**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

## **Skirstomojo elektros tinklo gedimų ir patikimumo tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Elektros energetikos inžinerija (kodas 6211EX010)

---

**Arūnas Soraka**

Projekto autorius

**Doc. Almantas Bandza**

Vadovas

**Prof. Renaldas Raišutis**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2020**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

Arūnas Soraka

## **Skirstomojo elektros tinklo gedimų ir patikimumo tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Arūno Sorakos, baigiamasis projektas tema „Skirstomojo elektros tinklo gedimų ir patikimumo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

Soraka, Arūnas. Skirstomojo elektros tinklo gedimų ir patikimumo tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. Almantas Bandza; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Elektros inžinerija, inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: SAIFI, SAIDI, patikimumas, skirstomasis tinklas.

Kaunas, 2020. 70 p.

### **Santrauka**

Šiame baigiamajame magistriniame darbe yra apžvelgiamas elektros skirstomojo tinklo patikimumas ir jo vertinimo rodikliai - SAIFI ir SAIDI bei priemonės skirtos šiems rodikliams gerinti. Ištiriami Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019 metų gedimai ir nustatomos linijos, kurios turėjo didžiausią įtaką patikimumo rodikliams. Didžiausią įtaką turėjusiai linijai apskaičiuojamas teorinis patikimumas naudojant spindulinio skirstomojo tinklo zonų ir šakų metodą bei ištiriamos galimybės pritaikyti patikimumo gerinimo priemones. Parinkus efektyviausias patikimumo gerinimo priemones įvertinama jų pritaikymo kaina ir įtaka Klaipėdos regiono SAIFI ir SAIDI rodikliams.

Soraka, Arunas. Evaluation of Distribution Network Faults and Reliability. Master's Final Degree Project / supervisor Doc. Almantas Bandza; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Power engineering, Engineering sciences.

Keywords: SAIFI, SAIDI, reliability, distribution network.

Kaunas, 2020. 70 p.

### **Summary**

In this master's thesis the reliability of electricity distribution networks and its evaluation indicators - SAIDI and SAIFI are studied, furthermore, measures dedicated to improve these indicators are explored. 2019 outages of Klaipėda region southwest distribution network are examined and network lines that have the greatest impact on reliability indicators are diagnosed. For the line with the highest impact, theoretical reliability is calculated using the radial distribution network zone and branch method and the possibilities to apply reliability improvement measures are investigated. After choosing the most effective reliability improvement measures the cost of their application and their impact on the Klaipėda region SAIFI and SAIDI indicators are evaluated.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>8</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Santrumpų ir terminų sąrašas .....</b>	<b>11</b>
<b>Įvadas.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Elektros energetikos sistema .....</b>	<b>13</b>
1.1. Skirstomieji tinklai .....	14
1.2. Elektros energijos tiekimo patikimumas .....	16
1.2.1. Pagrindiniai elektros energijos tiekimo patikimumo vertinimo rodikliai.....	16
1.2.2. Elektros energijos tiekimo patikimumo reikalavimai ir rodikliai Lietuvoje .....	17
1.2.3. Elektros energijos tiekimo patikimumo rodikliai Europoje .....	17
<b>2. Klaipėdos regiono 2019 metų skirstomojo tinklo gedimų analizė.....</b>	<b>21</b>
2.1. Klaipėdos regiono tinklas .....	21
2.2. Klaipėdos regiono pietvakarių 2019 metų gedimų tyrimas.....	24
2.2.1. Gedimai 2019m tinkle .....	25
2.2.2. Gedimų pasiskirstymas pagal įtampą .....	28
2.2.3. Gedimų pasiskirstymas pagal sutrikimo priežastį .....	29
2.2.4. Gedimų pasiskirstymas įrenginiuose .....	31
2.2.5. Gedimų pasiskirstymas oro linijose.....	34
2.2.6. Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose .....	38
2.2.7. Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse .....	40
2.2.8. Kiti gedimai .....	42
2.2.9. 35-110kV įrenginių gedimai.....	43
2.2.10. Skyrelių 2.2.1. - 2.2.9. apibendrinimas.....	45
2.3. Klaipėdos regiono pietvakarių elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m turėjusios didžiausią įtaką rodikliams .....	45
2.3.1. Klaipėdos regiono pietvakarių elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m nulėmusios didžiausias dedamąsias SAIFI rodikliui .....	46
2.3.2. Klaipėdos regiono pietvakarių elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m nulėmusios didžiausias dedamąsias SAIDI rodikliui .....	46
2.3.3. Klaipėdos regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m turėjusios didžiausias dedamąsias patikimumo SAIFI ir SAIDI rodikliams .....	47
<b>3. Patikimumo gerinimo priemonių analizė.....</b>	<b>48</b>
3.1. Energijos skirstymo operatoriaus investicijos į elektros skirstomąjį tinklą Lietuvoje .....	48
3.2. Patikimumo rodiklių „SAIFI“ ir „SAIDI“ rodiklių gerinimo metodai.....	48
3.2.1. Oro linijų trasos valymas nuo augmenijos .....	48
3.2.2. Normalių schemas nutraukimų korekcija.....	49
3.2.3. Trumpo jungimo indikatorių įrengimas su tiesioginiu ryšiu į ADVS .....	49
3.2.4. Oro linijų rekonstravimas kabelinėmis oro linijomis .....	50
3.2.5. Oro linijų rekonstravimas kabelinėmis linijomis .....	50
3.2.6. Oro linijos jungtuvo įterpimas ir save gydančio tinklo įdiegimas.....	50
3.2.7. Atkabiklio įterpimas oro linijose .....	51

3.2.8. Ilgos linijos padalinimas, įterpianč naują modulinę transformatorinę .....	51
3.2.9. FLIR, APRS .....	51
3.2.10. Sumani apskaita, senos įrangos modernizavimas televaldoma .....	52
3.2.11. Priemonių aptarimas .....	53
3.3. Vertintos literatūros SAIFI ir SAIDI rodiklių metodų gerinimo išvados .....	53
<b>4. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo nepatikimiausios linijos „Šilalės TP L-400 Obelynas“ patikimumo rodiklių gerinimo tyrimas .....</b>	<b>56</b>
4.1. Šilalės transformatorių pastotės linijos L-400 Obelynas schema ir aprašymas. ....	56
4.2. Tiriamosios elektros linijos teorinis patikimumo skaičiavimas .....	59
4.2.1. Elektros linijos elementų patikimumo parametrai .....	59
4.2.2. Spindulinės schemos konfigūracijos tinklo zonų ir šakų sudarymas .....	61
4.2.3. Tinklo teorinio patikimumo apskaičiavimas .....	61
4.3. Tiriamojo elektros tinklo linijos teorinio skaičiavimo palyginimas su faktu 2019m .....	62
4.4. Priemonių tinklo patikimumui gerinti pritaikymas tirtai elektros linijai .....	63
4.4.1. Priemonės Šilalės L-400 magistralės patikimumo gerinimui .....	63
4.4.2. Priemonės Šilalės L-400 404 atšakos patikimumo gerinimui .....	65
4.4.3. Papildomos priemonės Šilalės L-400 patikimumo gerinimui .....	66
4.5. Parinktų priemonių tirtam tinklui efektyviai pagerinti patikimumo rodiklius įvertinimas .....	67
<b>Išvados .....</b>	<b>68</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>69</b>

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo dispečerinių sudėtis.....	22
<b>2 lentelė.</b> Gedimai Klaipėdos regiono skirstomojo tinkle 2019m.....	25
<b>3 lentelė.</b> Pietvakarių tinklo dispečerinių tinklų palyginimas pagal rodiklius .....	26
<b>4 lentelė.</b> Gedimų kiekio, ir rodiklių pasiskirstymas pagal įtampas .....	28
<b>5 lentelė.</b> Gedimų priežastys .....	30
<b>6 lentelė.</b> Gedimų pasidalinimas pagal sugedusį įrenginį .....	31
<b>7 lentelė.</b> Gedimai oro linijose .....	34
<b>8 lentelė.</b> Gedimai kabelinėse linijose.....	38
<b>9 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas TR ir TP .....	40
<b>10 lentelė.</b> Kitų gedimų pasiskirstymas .....	42
<b>11 lentelė.</b> Gedimų pasiskirstymas 35-110kV įrenginiuose.....	44
<b>12 lentelė.</b> Pietvakarių skirstomojo tinklo oro linijos, turėjusios daugiau kaip 10 atsijungimus.....	45
<b>13 lentelė.</b> Didžiausią dedamąją SAIFI rodikliui turėjusios linijos .....	46
<b>14 lentelė.</b> Didžiausią dedamąją SAIDI rodikliui turėjusios linijos.....	46
<b>15 lentelė.</b> Trumpo jungimo indikatorių įrengimo įvertinimas .....	49
<b>16 lentelė.</b> FLIR,APRS metodų įvertinimas .....	52
<b>17 lentelė.</b> Sumanios apskaitos, senos įrangos modernizavimas televaldoma, metodo įvertinimas.	52
<b>18 lentelė.</b> Šilalės L-400 linijos vartotojų skaičius atkarpose .....	57
<b>19 lentelė.</b> Šilalės L-400 gedimų paplitimas .....	57
<b>20 lentelė.</b> Šilalės L-400 linijos atkarpų ilgiai .....	58
<b>21 lentelė.</b> Šilalės TP L-400 linijos atkarpos miškingoje teritorijoje.....	59
<b>22 lentelė.</b> Elementų patikimumo charakteristikos .....	59
<b>23 lentelė.</b> Šilalės L-400 linijos ir atšakų gedimų intensyvumai .....	60
<b>24 lentelė.</b> Šilalės L-400 linijos sandara .....	61
<b>25 lentelė.</b> Patikimumo skaičiavimo rezultatai .....	62
<b>26 lentelė.</b> Šilalės L-400 Patikimumo rodiklių palyginimas.....	63



## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Elektros energetikos sistemos struktūrinė schema .....	13
<b>2 pav.</b> Supaprastinta EES struktūrinė schema.....	13
<b>3 pav.</b> Lietuvos EES struktūrinė schema.....	14
<b>4 pav.</b> Elektros tinklų neutralės režimai: A) AĮ N įžeminta, VĮ N izoliuota (arba kompensuota), B) Autotransformatoriaus SĮ ir AĮ N įžeminta, C) VĮ N izoliuota, ŽĮ N įžeminta.....	15
<b>5 pav.</b> Neplanuoti elektros tiekimo sutrikimai įskaitant visus incidentus. (Nepateiktos elektros energijos minutės per metus).....	18
<b>6 pav.</b> Neplanuoti elektros tiekimo sutrikimai įskaitant visus incidentus. (Nepateiktos elektros energijos minutės per metus).Valstybėse, kuriose rodiklis iki 200 min.....	18
<b>7 pav.</b> Neplanuoti elektros tiekimo sutrikimai įskaitant visus incidentus. (Elektros energijos tiekimo nutrūkimo skaičius per metus).....	19
<b>8 pav.</b> Europos valstybių žemos įtampos (LV) linijų ilgiai 2016m. ....	19
<b>9 pav.</b> Europos valstybių vidutinės įtampos (MV) linijų ilgiai 2016m. ....	20
<b>10 pav.</b> Žemos (LV) ir vidutinės (MV) įtampos kabelinių linijų procentinė dalis Europos valstybėse .....	20
<b>11 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo sudėtis .....	21
<b>12 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo prijungtų klientų skaičius.....	22
<b>13 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo pasiskirstymas geografinėje teritorijoje.....	23
<b>14 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo transformatorinių, prijungtų į 6-10kV tinklą, skaičius .....	23
<b>15 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo 35-110kV transformatorių pastočių pasiskirstymas	23
<b>16 pav.</b> Pietvakarių tinklas .....	24
<b>17 pav.</b> Klaipėdos regiono ir pietvakarių skirstomojo tinklo gedimų, nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas.....	25
<b>18 pav.</b> Klaipėdos regiono ir pietvakarių skirstomojo tinklo SAIFI, SAIDI skaičiaus pasiskirstymas .....	26
<b>19 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo rodiklių skaičiaus pasiskirstymas .....	27
<b>20 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo gedimų skaičiaus pasiskirstymas .....	28
<b>21 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas.....	28
<b>22 pav.</b> Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo SAIFI, SAIDI skaičiaus pasiskirstymas .....	29
<b>23 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių tinklo 2019m gedimų ir nutraukimų skaičius .....	30
<b>24 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI ir SAIDI svoriai .....	30
<b>25 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI ir SAIDI svoriai pagal gedimo priežastis ir įtampą.....	31
<b>26 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m gedimų ir nutraukimų kiekis pagal tipą .....	32
<b>27 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI ir SAIDI svoriai pagal tipą .....	32
<b>28 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m gedimo vietos tipo „kiti“ pasiskirstymas.....	33
<b>29 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m gedimų skaičiaus pasiskirstymas OL.....	34

<b>30 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas OL .....	35
<b>31 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI pasiskirstymas OL .....	35
<b>32 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIDI pasiskirstymas OL.....	36
<b>33 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo OL pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus.....	37
<b>34 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo pasiskirstymas pagal eksploatuojamų OL .....	37
<b>35 pav.</b> Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą .....	38
<b>36 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo KL pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus.....	39
<b>37 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo eksploatuojamų KL pasiskirstymas .....	39
<b>38 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo eksploatuojamų KL markės .....	39
<b>39 pav.</b> Gedimų ir nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas transformatorinėse pagal sutrikimo vietą	40
<b>40 pav.</b> SAIFI ir SAIDI skaičiaus pasiskirstymas transformatorinėse pagal sutrikimo vietą.....	41
<b>41 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo TR pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus.....	41
<b>42 pav.</b> Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo bendras TR pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus .....	42
<b>43 pav.</b> Gedimų ir nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas tarp „kiti“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą .....	43
<b>44 pav.</b> SAIFI ir SAIDI skaičiaus pasiskirstymas tarp „kiti“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą ..	43
<b>45 pav.</b> Gedimų ir nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas tarp „35-110kV“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą .....	44
<b>46 pav.</b> SAIFI ir SAIDI skaičiaus pasiskirstymas tarp „35-110kV“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą .....	44
<b>47 pav.</b> Šilalės TP L-400 linija.....	47
<b>48 pav.</b> Neperiodinio oro linijų trasų valymo metodo įvertinimas .....	48
<b>49 pav.</b> Normalių atskirimų keitimo įvertinimas .....	49
<b>50 pav.</b> Oro linijų keitimas kabelinėmis oro linijomis, metodo įvertinimas.....	50
<b>51 pav.</b> Oro linijų keitimas kabelinėmis linijomis, metodo įvertinimas .....	50
<b>52 pav.</b> Oro linijos jungtuvo įterpimo ir save gydančio tinklo, metodo įvertinimas .....	51
<b>53 pav.</b> Oro linijos atkabiklio įterpimo, metodo įvertinimas .....	51
<b>54 pav.</b> Ilgos linijos padalinimas įterpiant, naują modulinę transformatorinę, metodo įvertinimas.	51
<b>55 pav.</b> Šilalės TP linijos L-400 Obelynas schema.....	56
<b>56 pav.</b> Šilalės TP linijos L-400 Obelynas 2019 metų gedimų vietos .....	57
<b>57 pav.</b> Šilalės TP linijos L-400 Obelynas spindulinė zonų ir šakų schema.....	61
<b>58 pav.</b> Keičiama magistralės atkarpa tarp atramų 400/90 ir 400/98.....	64
<b>59 pav.</b> Keičiama magistralės atkarpa tarp atramos 400/126 ir Šl-421.....	64
<b>60 pav.</b> Keičiama magistralės atkarpa tarp ir Šl-429 ir Kaltinėnai L-600 .....	65
<b>61 pav.</b> Keičiamos 404 atšakos atkarpos .....	65
<b>62 pav.</b> Keičiamos TR ŠL-413 schema.....	66
<b>63 pav.</b> Pakeistos TR ŠL-413 su televaldymu schema .....	66
<b>64 pav.</b> Šilalės L-400 Obelynas schema su pagerintais rodikliais .....	67

## Santrumpų ir terminų sąrašas

- LV** – (angl. *low voltage*) žema įtampa (Lietuvoje iki 1 kV);
- MV** – (angl. *medium voltage*) vidutinė įtampa (Lietuvoje nuo 1 iki 35 kV);
- HV** – (angl. *high voltage*) aukšta įtampa (Lietuvoje nuo 110 iki 400 kV);
- SAIDI** – (angl. *system average interruption duration index*) sistemos vidutinės nutraukimų trukmės rodiklis;
- SAIFI** – (angl. *system average interruption frequency index*) sistemos nutraukimų vidutinio dažnumo rodiklis;
- MAIFI** – (angl. *momentary average interruption frequency index*) vidutinis elektros energijos persiuntimo trumpų nutraukimų dažnumo rodiklis;
- ENS** – (angl. *energy not supplied*) nepersiūtos elektros energijos kiekis;
- OL** – elektros oro linija;
- KL** – elektros kabelinė linija;
- VKEKK** – valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija;
- KT** – komplektinė transformatorinė 6-10/0,4kV įtampos transformatorinė, įrengta ant polių ar ant žemės, kuri sudaryta iš metalinio korpuso;
- TR** - stacionarioji transformatorinė mūriniame pastate įrengti pirminio ir antrinio komutavimo įrenginiai, skirti skirstyti 0,4–10 kV įtampos elektros energiją tam tikroje teritorijoje su dvejomis įvadinėmis linijomis ir nedaugiau kaip keturiomis 6–10 kV išeinančiomis linijomis;
- MT** – modulinė transformatorinė 6-10/0.4 kV įtampos transformatorinė iš vieno ar kelių modulių, įrengta ant pamatų arba iš dalies įgilinta žemėje;
- ARI** – automatinis rezervo įjungimas;
- TP** – Transformatorių pastotė (Pastotė) – vieta, kurioje yra elektros tinklų elementų perjungimo, apsaugos, įtampos transformavimo, įtampos, galios, elektros energijos matavimo įranga;
- CEER** – Europos energetikos reguliuotojų taryba (*Council of European Energy Regulators*);
- AKI** – automatinis kartotinis įjungimas;
- FLIR** – (angl. *Fault location, isolation, restoration*) gedimo vietos nustatymas, izoliavimas, elektros energijos tiekimo automatinis atstatymas;
- APRS** – (angl. *Automated power restoration system*) automatinė elektros energijos tiekimo atstatymo sistema;
- OLJ** – oro linijos jungtuvas (angl. *Recloser*);
- OLJA** – oro linijos atkabiklis (angl. *Fusesaver*);
- OLS** – oro linijos skyriklis;
- ESO** – AB, „Energijos skirstymo operatorius“;
- LE** – AB, „Lietuvos energija“ (dabar „Ignitis grupė“);
- ADVS** – automatizuota dispečerinio valdymo sistema;
- TSPĮ** – teleinformacijos surinkimo ir perdavimo įrenginys;
- DMS** – (angl. *distribution management system*) skirstomojo tinklo valdymo sistema;
- SCADA** – (angl. *Supervisory control and data acquisition*) automatikos sistema kuri apjungia duomenų surinkimą, atvaizdavimą bei valdymą.

## Įvadas

Stabilus ir nepertraukiamas elektros tinklo darbas buvo ir yra vienas svarbiausių uždavinių elektros tinklui. XXIa. skaitmenizacija, inovacijos, IV pramonės revoliucija, elektromobiliai, atsinaujinantys išteklių, robotizuota pramonė. Technologiškai tobulėja tinklo elementai, diegiamos inovacijos į tinklą. Kokybiškos elektros energijos tiekimas, patikimai ir saugiai yra vienas svarbiausių uždavinių šiuolaikiškam elektros tinklui. Elektros tiekimo nutraukimas padaro didelę įtaką tiek komerciniam, tiek buitiniam vartotojui. Šių dienų žmogus yra kaip niekada priklausomas nuo elektros energijos. Išmaniosios technologijos, buitiniai prietaisai, komunikacijos, elektromobiliai sparčiai tolsta nuo pradinių elektros tinklo ištakų. Prieinama prie teiginio, kad nepateiktos energijos sukelti nuostoliai didėja eksponentiškai.

Elektros tinklas plačiuoju atveju sudarytas iš generacijos, vartotojų, perdavimo ir skirstymo tinklų, tarpsisteminių jungčių. Tačiau šiuo metu kaip niekada toks požiūris nėra tikslus. - Atsiradus atsinaujinantiems ištekliams, tobulinant mažos galios lokalias generacijas, tinklų perduodama elektros energijos kryptis gali kisti betarpiškai. Reikalingi nauji sprendimai, kaip diegti naujas technologijas, inovacijas į tinklus, nenutraukiant tiekimo. Nemažai problemų iškyla skirstomajame tinkle, atsiranda naujos nedidelės generacijos galios, išsimėčiusios įvairiuose tinklo mazguose. - Didelės problemos kyla perduodant elektros energiją iš skirstomųjų tinklų atgal į perdavimo tinklus. Elektros skirstomasis tinklas žengia kartu su inovacijomis, skaitmenizacija ir daiktų internetu. Tinklo operatoriams yra keliami nauji reikalavimai, iškyla sudėtingi iššūkiai ir problemos. Klientai pradeda kelti aukštesnius patikimumo ir kokybiškos elektros energijos reikalavimus, kurie turi polinkį – tendenciją augti eksponentiškai.

Lietuvos respublikos elektros energetikos įmonės siekia neatsilikti nuo naujovių, pasitinka ateities iššūkius perspektyviai išnaudodamos dabartines technologijas ir ateities inovacijas. Lietuvos elektros energijos skirstomojo tinklo operatoriaus strateginiai tikslai ilgus metus išlikdavo panašūs. Jų pagrindą visada sudarydavo kokybė, patikimumas ir efektyvumas. Žiūrint į „LE“ ir „ESO 2018 – 2019 metais sudarytų strategijų „LE 2030“ ir „ESO 2030“ kryptis iš esmės nepasikeičia, tačiau tobulėja. „ESO 2030“ strateginės kryptys – tinklo patikimumas, veiklos efektyvumas, tinklo išmanizacija, rinkos įgalinimas ir kliento patirtys [1,15,16,17]. „LE 2030“ strategijoje taip pat matomas ruošimasis tiek dabarties, tiek ateities poreikiams ir iškeltas ambicingas tikslas iki 2030 metų sumažinti SAIDI ir SAIFI rodiklį 2 kartus [2]. „ESO“ numato 2019–2028 m. - elektros tinklų investicijoms skirti apie 1,56 mlrd. Eurų. 2018 metais investicijoms buvo skirta 214,1 mln. Eurų[16]. **Darbo tikslas** – ištirti Klaipėdos regiono pietvakarių tinklo dalies 2019 metų elektros skirstomojo tinklo gedimus, įvertinti jų įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams. Nustatyti tinklo vietas labiausiai lemiančias SAIDI ir SAIFI rodiklius tinkle. Ištirti, kokiomis priemonėmis galima pagerinti tinklo patikimumą.

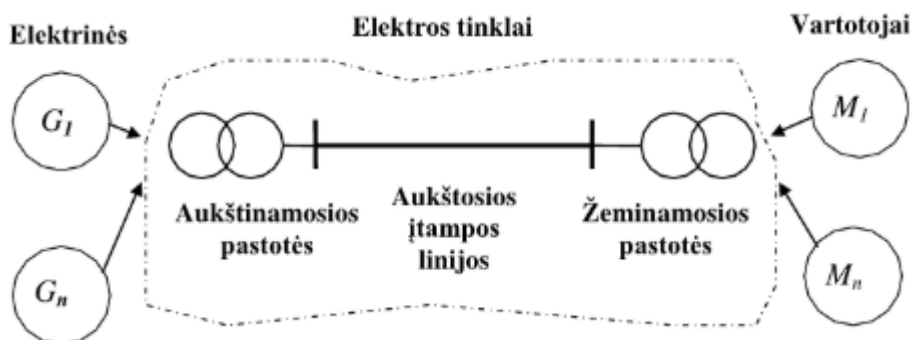
**Darbo aktualumas** – elektros energijos patikimumas ir jo išreiškimas SAIDI ir SAIFI rodikliais yra taikomas visose šalyse ir nustatomas ne tik reguliatorių kiekvienos šalies viduje, bet ir tarptautinių institucijų, pavyzdžiui, Europos Sąjungos. Be to, analizuoti elektros gedimus efektyviausia vertinti įsivertinant per kiekybinius rodiklius.

### Darbo uždaviniai:

- atlikti analitinę mokslinės ir techninės literatūros analizę;
- atlikti Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo gedimų imties analizę;
- nustatyti gedimų įtaką SAIFI ir SAIDI rodikliams;
- parinkti tinklo patikimumo gerinimo priemones;
- nustatyti kurios priemonės yra ekonomiškai tikslingiausios.

## 1. Elektros energetikos sistema

Energetikos sistema – tai visuma elektrinių, elektros tinklų taip pat vartotojų, susijusių nepertraukiama elektros gamyba, perdavimu, paskirstymu ir naudojimu. Elektros energetikos sistemos struktūrinė schema pateikiama 1 pav.



1 pav. Elektros energetikos sistemos struktūrinė schema

Pagrindiniai EES elementai.

- Elektrinės – įrenginiai, keičiantys įvairias energijos rūšis į elektros energiją.
- Elektros tinklai – tinklai, skirti elektros energiją perduoti iš elektrinių stambiems paskirstymo centrams, iš kurių elektra toliau skirstoma vartotojams. Juos sudaro elektros transformavimo, perdavimo ir skirstymo įrenginių visuma.
- Elektros vartotojai – įmonės, organizacijos, įstaigos, kurių elektros įrenginiai prijungti prie elektros tinklo ir vartoja elektros energiją.

Supaprastinta EES struktūra pateikiama 2 pav.

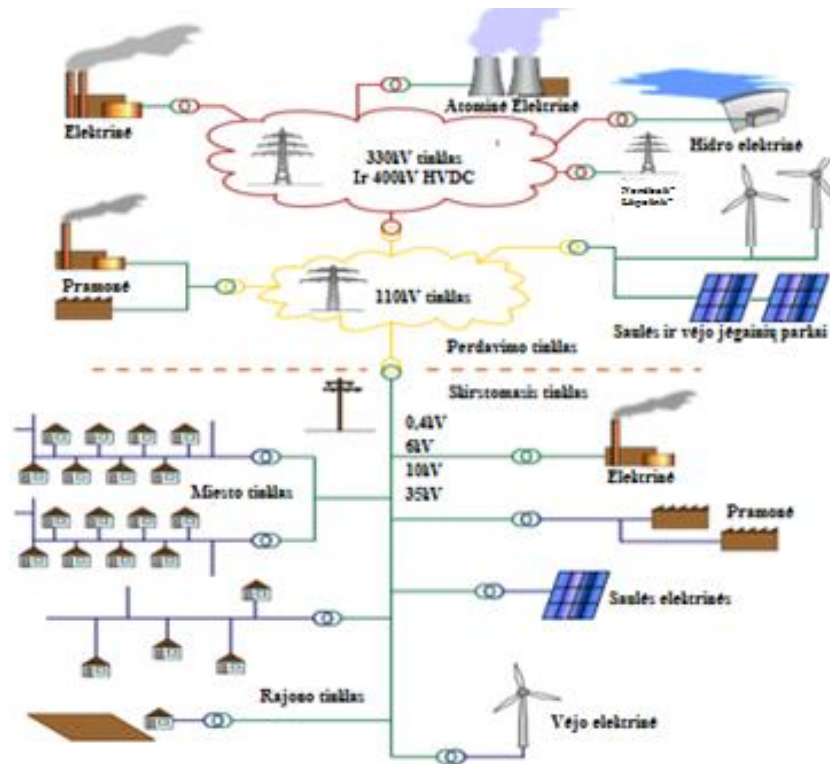


2 pav. Supaprastinta EES struktūrinė schema

Elektros energetikos sistema sudaryta iš daugelio tarpusavyje susijusių generatorių, perdavimo ir skirstomųjų tinklų, kiekvienu momentu turi gaminti ir patikimai tiekti tiek aukštos kokybės elektros energijos, kiek pareikalauja vartotojai[3,11].

Lietuvos elektros tinklo ypatybės.

Perdavimo tinkle naudojamos 110kV ir 330kV įtampos, bei 400kV HVDC, taip pat naudojama tiesiogiai įžemintos neutralės konfigūracija. Skirstomajame tinkle naudojamos 0,4(0,23)kV, 6kV, 10kV, 35kV įtampos, naudojamos neutralių konfigūracijos: tiesiogiai įžemintos, izoliuotos, kompensuotos. Lietuvos elektros tinklo struktūrinė schema pateikiama 3 pav.



3 pav. Lietuvos EES struktūrinė schema.

### 1.1. Skirstomieji tinklai

Skirstomieji tinklai – tai tinklai, kuriais elektros energija pasiekia galutinius vartotojus nuo perdavimo tinklo žeminančių pastočių. Skirstomuosiuose tinkluose dominuoja žemesnės nei 50kV įtampos ir įvairios neutralių sistemų konfigūracijos.

Lietuvoje skirstomajame tinkle yra 0,4(0,23)kV, 6kV, 10kV, 35kV įtampos, generuojančių gamintojų vidaus tinkluose galima rasti vidaus 20kV tinklą. Energijos skirstymo operatoriaus duomenimis, Lietuvos skirstomuosiuose tinkluose yra[3]:

- 6–10kV oro linijų 40650,9km,
- 0,4kV oro linijų 58444,2km,
- 10kV kabelių linijų 15964,6km,
- 0,4kV kabelių linijų 23727,1km.[4]

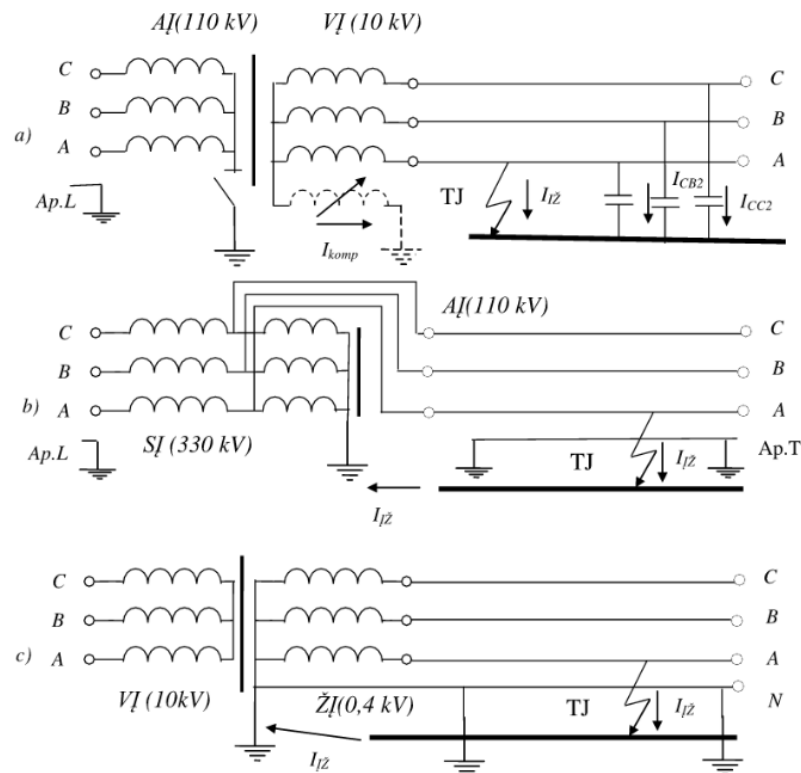
Iš jų Klaipėdos regiono tinkle:

- 6–10kV oro linijų 6819,2km, iš jų miškingose vietovėse 1059,2km
- 0,4kV oro linijų 9630,3km, iš jų miškingose vietovėse 1105,6km
- 10kV kabelių linijų 2742km, iš jų miškingose vietovėse 417km
- 0,4kV kabelių linijų 4595,5km, iš jų miškingose vietovėse 354,7km.[4]

Iš jų Klaipėdos regiono pietvakarių tinkle:

- 0,4–10kV oro linijų 5356,8km,
- 0,4–10kV kabelių linijų 1668,2km.[4]

Elektros tinklų neutralės (nulinis taškas) gali būti įvairiai susijusios su žeme. Tai priklauso nuo transformatorių neutralių režimo. Transformatorių neutralės gali būti įžemintos tiesiogiai, per kompensacinę ritę (petersono ritę) arba izoliuotos. Tinklai, kurių neutralės įžemintos, vadinami tinklais su įžeminta neutrале. Tinklai, kurių neutralės izoliuotos, vadinami tinklais su izoliuota neutrале. Tinklai, kurių neutralės įžemintos per kompensacinę ritę, kompensuojančia tinklo talpą žemės atžvilgiu, vadinami tinklais su kompensuota neutrале. Kadangi elektros linijos prasideda transformatorinėje pastotėje, linijos darbo režimą nulemia transformatoriaus neutralės darbo režimas (žr. 4 pav.).



**4 pav.** Elektros tinklų neutralės režimai: A)  $AI$  N įžeminta,  $VI$  N izoliuota (arba kompensuota), B) Autotransformatoriaus  $SI$  ir  $AI$  N įžeminta, C)  $VI$  N izoliuota,  $ŽI$  N įžeminta

Skirstomuosiuose tinkluose yra naudojamos šios neutralės konfigūracijos:

- įžemintos neutralės,
- izoliuotos neutralės,
- kompensuotos neutralės.

Vidutinės įtampos tinklai (6–35 kV) dirba su izoliuota arba kompensuota neutrале. Tokiame tinkle įvykus vienfaziam trumpajam jungimui (laidui nukritus ant žemės), teka palyginti silpnos srovės, sąlygojamos tinklo laidų talpos žemės atžvilgiu. Jos siekia 5–10A. Todėl tokio tinklo avarijos metu nebūtina išjungti, jis gali dirbti ir laidui nukritus ant žemės, kol bus rasta avarijos vieta. Toks režimas vadinamas įžemėjimu. Jei įžemėjimo srovė didesnė kaip 10A, tinklo neutralė kompensuojama (į neutralę įjungiamą ritę). Kompensavimo ritės srovė yra priešingos fazės negu talpuminė įžemėjimo srovė. Todėl, kompensavus neutralę, avarijos vietoje tekanti srovė gerokai sumažėja. Vidutinės įtampos tinkle apskritai nėra neutralaus laido, todėl sistemoje yra tik trys faziniai laidai[5,10,11].

Vienas iš trūkumų eksploatuojant izoliuotos neutralės tinklą esant realioms sąlygoms yra įžemėjusios tinklo gedimo vietos nustatymas, išskyrimas, remontas tausojant rodiklius.

## 1.2. Elektros energijos tiekimo patikimumas

„Patikimumas tai objekto savybė tam tikrą laiką atlikti savo funkcijas ir išlaikyti nustatytų eksploatacinių rodiklių leidžiamas vertes, atitinkančias tam tikrus naudojimo rezultatus ir techninio aptarnavimo, taisymo, laikymo ir gabenimo sąlygas. Tai kompleksinė savybė, kuri priklausomai nuo objekto paskirties gali būti nusakoma negendamumu, ilgaamžiškumu, pataisomumu ir išlaikymu“ [12]. Skirstomojo tinklo tiekiamos elektros energijos patikimumas labiausiai priklauso nuo tinklo geografinės vietovės, techninės eksploatacinės kokybės, schemos, įrenginių modelio, būklės, amžiaus.

### 1.2.1. Pagrindiniai elektros energijos tiekimo patikimumo vertinimo rodikliai

Žmonijos suvartotos elektros energijos kiekis auga vis sparčiau, nei praeituose amžiuose, išskyla poreikis gauti elektros energijos be trikdžių. Kontrolės institucijos stebi, rodiklius kurie nusako elektros energijos tiekimą, be to įvertina nepateiktą energiją vartotojams. Dėl griežtesnės kontrolės operatoriai peržiūri ir atitinkamai gerina elektros energijos tiekimo patikimumą. Stambiausi elektros energetikos ūkiniai objektai renka ir analizuoja elektros energijos sutrikimų dažnį ir trikdžių sumą. Plačiausi naudojami standartai, vadinami SAIDI, SAIFI ir MAIFI, kuriuos sukūrė Elektros elektronikos inžinierių institutas (IEEE) [6] taip pat rečiau sutinkamas nepateiktos energijos kiekis vadinamas ENS .

SAIDI (angl. *System Average Interruption Duration Index*) – sistemos vidutinės nutraukimo trukmės rodiklis. Rodiklis nusako vidutinį laiką vienam klientui per nustatyta periodą kuriuo nebuvo pateikta elektros energija. Periodas dažniausiai parenkamas kalendoriniai metai. Įprastai SAIDI matuojamas minutėmis vartotojui, tačiau gali būti perskaičiuotas valandomis.

$$SAIDI = \frac{\sum T_{ai} * N_i}{\sum N_i} = \frac{\text{Visų klientų nutraukimų trukmių suma}}{\text{visų klientų skaičius}}; \quad (1.1)$$

čia:

$T_{ai}$  – i-tojo mazgo klientų atjungimo trukmė;

$N_i$  – i-tojo mazgo klientų skaičius.

SAIFI (angl. *System Average Interruption Frequency Index*) – sistemos vidutinio nutraukimo dažnio rodiklis. Rodiklis nusako elektros energijos nutraukimo dažnį klientui per periodą. Periodas dažniausiai pasirenkamas kalendoriniai metai, rodiklio matavimo vienetas kartai klientui.

$$SAIFI = \frac{\sum f_i * N_i}{\sum N_i} = \frac{\text{Visų elektros nutraukimų skaičius}}{\text{visų klientų skaičius}}; \quad (1.2)$$

čia:

$f_i$  – i-tojo mazgo maitinimo nutraukimų skaičius;

$N_i$  – i-tojo mazgo klientų skaičius.

Rečiau sutinkamas tinklo patikimumo įvertinimo rodiklis yra MAIFI (angl. *Momentary Average Interruption Frequency Index*) – sistemos vidutinis trumpalaikis nutraukimo dažnumas. Rodiklis Nusako, trumpalaikių elektros energijos nutraukimų dažnį per periodą vienam klientui. Plačiausiai naudojamas periodas kalendoriniai metai. MAIFI rodiklio matavimo vienetas kartais klientui. Trumpa nutraukimą šalių operatoriai vertina skirtingai, priklausomai nuo operatoriaus trumpalaikio



nutraukimo laikas svyruoja nuo minutės iki penkių . Energijos skirstymo operatoriui trumpas nutraukimas nurodytas iki 3 minučių. Tačiau MAIFI problema, kad rodiklį iškreipia kalendoriniai metai, kuriuose būna didesnis kiekis blogų oro sąlygų (liūtys, perkūnijos). Tai reikia įsivertinti, analizuojant skirtingas metų imtis. Augant sumanaus tinklo, save gydančio tinklo, tinklo automatikų išnaudojimui skirstomuosiuose tinkluose SAIFI mažės, MAIFI didės, rodiklių santykiai koreliuoja. Patikimumas gali būti įvertinamas CAIDI (angl. *Customer Average Interruption Duration Index*). CAIDI nusako elektros energijos tiekimo atstatymo vidutinį laiką tinkle:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}; \quad (1.3)$$

CAIDI išreiškiamas kaip SAIDI ir SAIFI santykis.

Rodiklis sutinkamas retai, dažniau už jį vertinamas vidutinis gedimo šalinimo laikas.

ENS (angl. *Energy Not Supplied*) – nepateiktos elektros energijos kiekis. Rodiklis nusako nepateiktos elektros energijos suma skirstomaisiais tinklais dėl sutrikimų. Šis rodiklis taip pat dažnai vartojamas, taip pat plačiau panaudojamas perdavimo tinkluose [7,13,14,18].

### 1.2.2. Elektros energijos tiekimo patikimumo reikalavimai ir rodikliai Lietuvoje

Lietuvoje valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija nustačiusi du pagrindinius rodiklius vertinti elektros energijos patikimumą skirstomuosiuose tinkluose, tai yra SAIDI ir SAIFI. Komisija nurodžiusi operatoriui reikalavimus kurių privaloma laikytis. Komisija nustačiusi, kad SAIFI turi būti ne didesnis nei 0,72 karto per metus, SAIDI turi būti ne ilgesnis nei 52,12 min, tačiau nevertinamos išorinės priežastys ir nenugalimos jėgos (pranc. *Force majeure*) sukelti gedimai [8][9].

### 1.2.3. Elektros energijos tiekimo patikimumo rodikliai Europoje

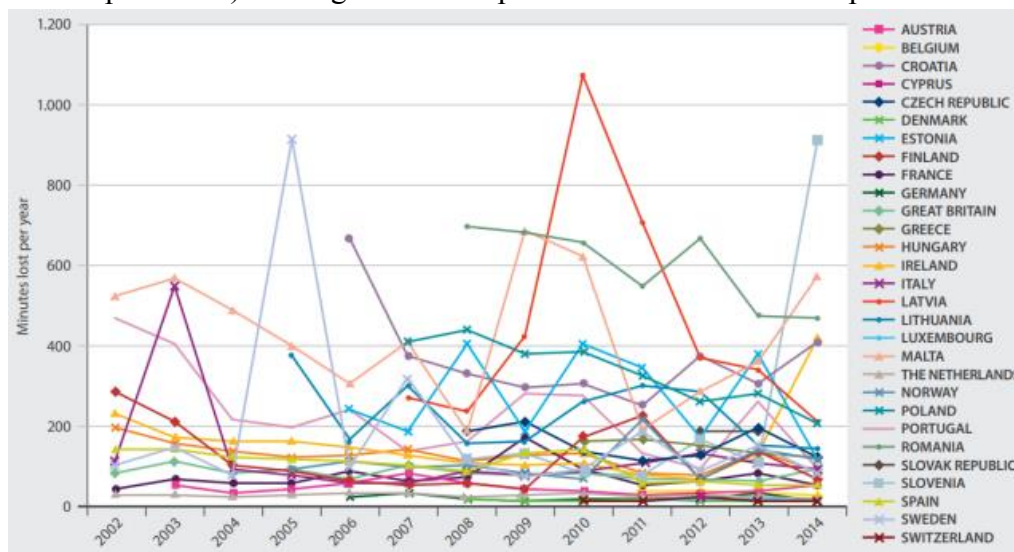
Visoje Europoje elektros energijos tiekimo patikimumas yra vertinamas panašiais kriterijais. Dauguma valstybių patikimumą vertina ne vienu rodikliu, o naudoja keletą rodiklių. Keleto rodiklių naudojimas siekiant kokybiškai įvertinti energijos tiekimo patikimumą padidina informacijos kiekį ir galimybes stebėti tendencijas.

SAIDI ir SAIFI yra pagrindiniai rodikliai, kuriuos naudoja visos valstybės, tačiau yra ir kitų rodiklių, kurie turi savo svorius tinklo sutrikimams pamatuoti, bet dažnai jie yra išreikšiami iš šių dviejų. Skirtingų svertų rodiklių naudojimas daro įtaką skirtingų tipų tinklo vartotojams. Kai matuojama reikšmė yra nustatoma remiantis tinklo vartotojų skaičiumi, tai vartotojai yra traktuojami vienodai nepriklausomai nuo jų dydžio ar vartojimo lygio.

Kuomet rodiklio svoris yra nustatomas remiantis pertrauktu tiekimu ar energija, kuri buvo nepateikta (ENS), vienas energijos tiekimo nutrūkimas gauna didesnę svorį, kai bendra nutraukta galia yra didesnė. Tai gali nutikti kai stambiams vartotojams, turintiems didelį energijos poreikį, yra nutraukiama elektros energija arba kuomet tiekimo sutrikimas įvyksta dideliu energijos vartojimo laikotarpiu.

Svarbus aspektas yra tas, kad SAIDI ir SAIFI rodikliai gali būti pateikti *su* arba *be* nenugalimų jėgų poveikiu – „*Force majeure*“. Dauguma Europos valstybių „*Force majeure*“ įvardija kaip natūralias gamtos priežastis: didelį vėją, uraganą, pūgą, didelį sniego iškritimą, potvynį, žemės drebėjimą. Taip pat gali pasitaikyti atvejų kurie nėra apibrėžti, ir nustatomi individualiu atveju. Iš ne gamtos reiškinių būtų: karai, teroristiniai išpuoliai, blokados.

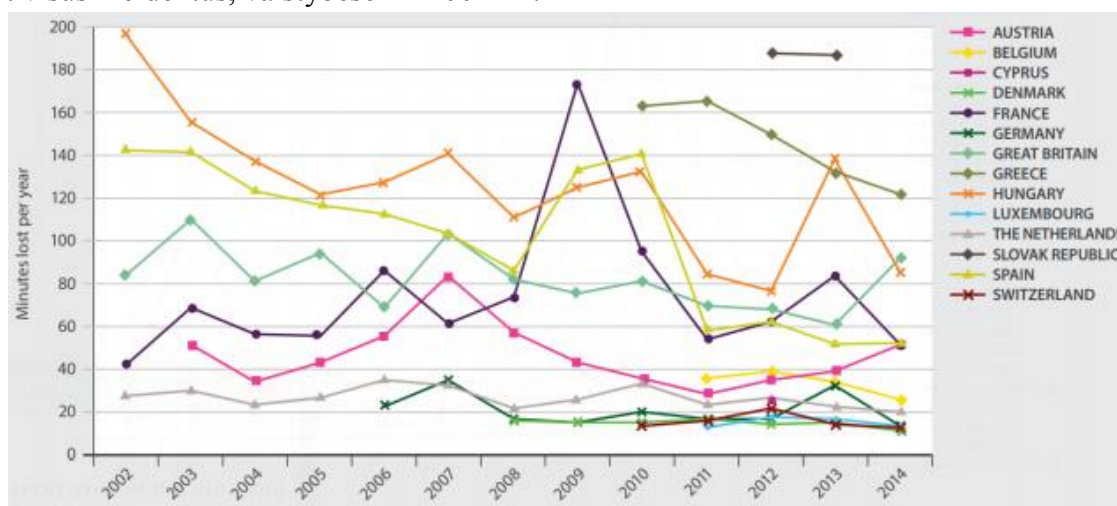
Taip pat verta paminėti, jog rodiklius atspindinčius elektros tiekimo sutrikimus visuomet sudėtinga palyginti tarp šalių. To priežastis – skirtingų energijos tiekimo sutrikimų sumavimo taisyklių skirtumai visoje Europoje. Patikimumo rodikliai (nepateiktos energijos minutės per metus ir tiekimo nutrūkimo skaičius per metus) skirtingoms šalims pateikti žemiau esančiuose paveiksluose.



**5 pav.** Neplanuoti elektros tiekimo sutrikimai įskaitant visus incidentus. (Nepateiktos elektros energijos minutės per metus)

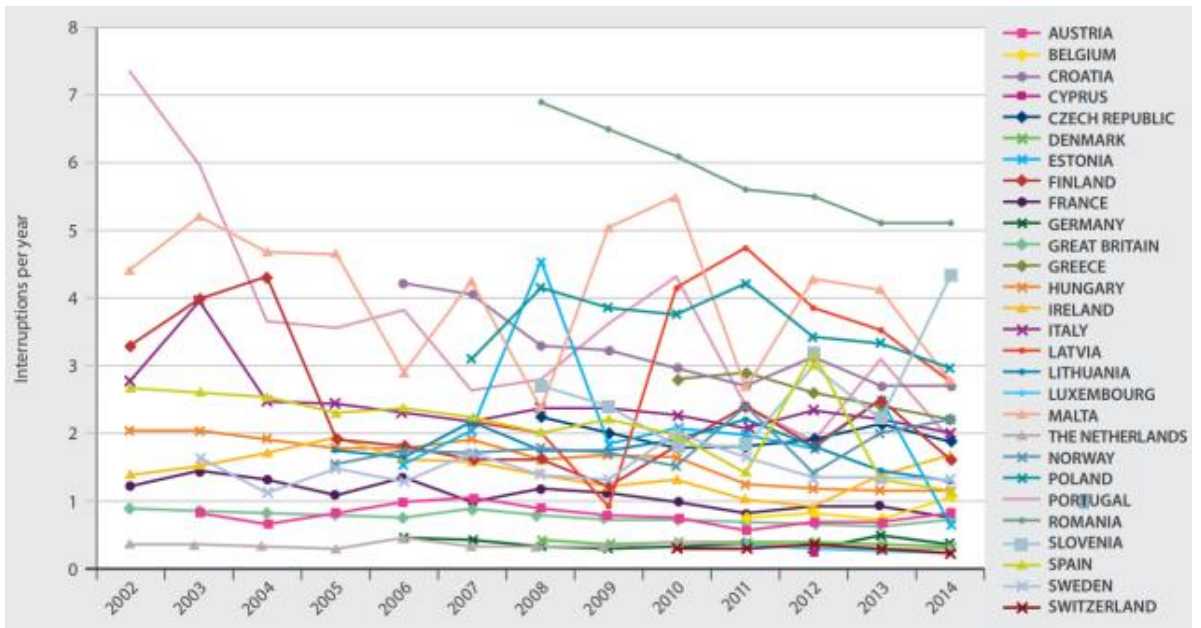
Aukščiau esančiame 5 paveiksle pavaizduoti neplanuoti elektros energijos tiekimo sutrikimai per metus, įskaitant visus atvejus, nepateiktos elektros energijos minutės per metus. Dėl ekstremalių oro sąlygų, įvykusių daugumoje Europos valstybių, rodiklių reikšmės stipriai varijuoja. Todėl reikšmės be išskirtinių įvykių yra pateiktos toliau. Bendrai paėmus, 29 valstybių, kurios pateikė duomenis, nepateiktos elektros energijos kiekis per metus svyruoja nuo 10 iki 1050 minučių.

Žemiau pateiktas 6 paveikslas, kuris parodo didesniu masteliu neplanuoti elektros tiekimo sutrikimus įskaitant visus incidentus, valstybėse iki 200 min.



**6 pav.** Neplanuoti elektros tiekimo sutrikimai įskaitant visus incidentus. (Nepateiktos elektros energijos minutės per metus). Valstybėse, kuriose rodiklis iki 200 min

Žemiau esantis 7 paveikslas rodo elektros energijos tiekimo nutrūkimo skaičius per metus, įskaitant visus įvykius. Kasmet energijos tiekimo sutrikimų dažnumas vis mažėja.

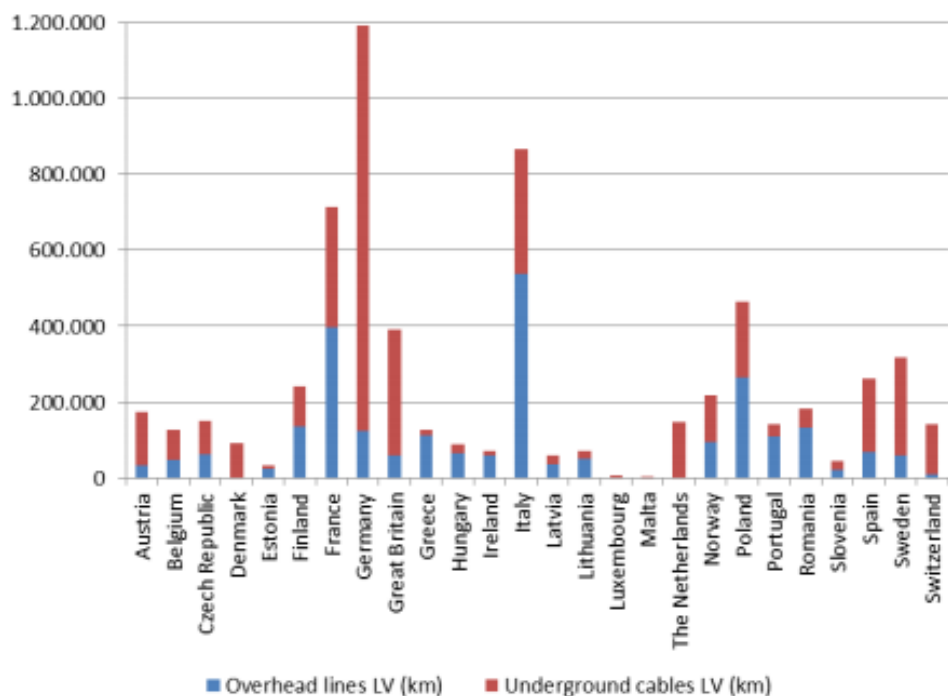


**7 pav.** Neplanuoti elektros tiekimo sutrikimai įskaitant visus incidentus. (Elektros energijos tiekimo nutrūkimo skaičius per metus)

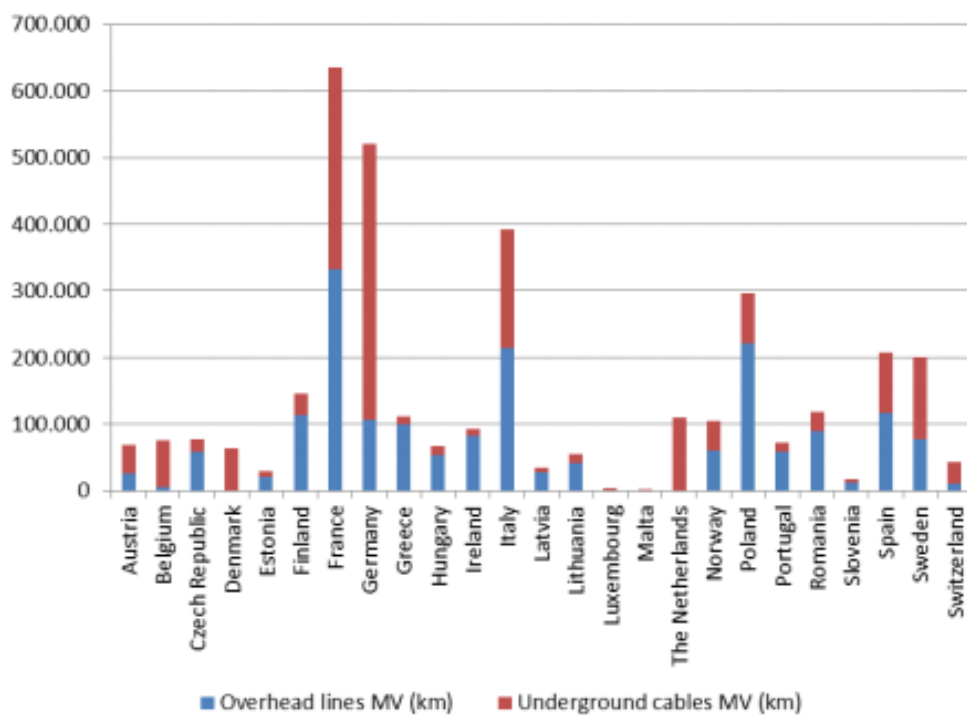
Taip pat yra vertinami ir elektros energijos tiekimo patikimumo rodikliai neįtraukiant, nenugalimų jėgų poveikio – „*Force majeure*“. Lyginant elektros energijos tiekimo nutrūkimo dažnumą, verta paminėti, kad kiekviena šalis turi savo metodiką, leidžiančią nustatyti, kas yra išskirtinis įvykis, kas tiesioginį palyginimą daro sudėtingesniu.

Iš paskutinių dviejų 6 ir 7 paveikslų matosi, kad elektros energijos tiekimo nutrūkimo dažnumas išskyrus ypatingus atvejus, tendencingai mažėja, ir elektros tiekimo kokybė gerėja beveik visose šalyse.

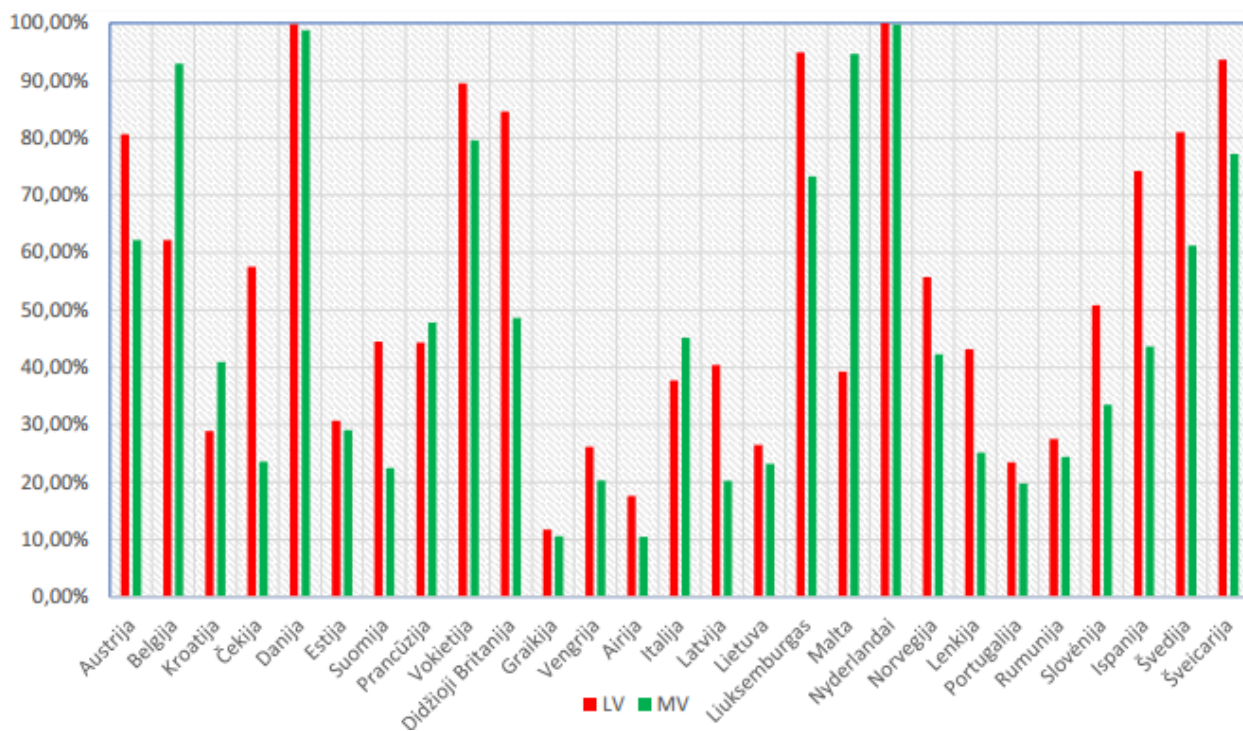
Remiantis ataskaita, parengta Europos energetikos reguliuotojų tarybos, aukštos ir žemos įtampos linijų ilgiai ir procentinė išraiška pateikta 8,9 ir 10 paveikslėliuose.



**8 pav.** Europos valstybių žemos įtampos (LV) linijų ilgiai 2016m.



9 pav. Europos valstybių vidutinės įtampos (MV) linijų ilgiai 2016m.



10 pav. Žemos (LV) ir vidutinės (MV) įtampos kabelinių linijų procentinė dalis Europos valstybėse

Iš 8,9 ir 10 paveikslėlių galime pastebėti, kad Baltijos šalių elektros energetikos sistemos yra gana panašios, tačiau kiekybiniai įvertinimo rodikliai yra individualūs dėl įvairių priežasčių [19,20,21].

## 2. Klaipėdos regiono 2019 metų skirstomojo tinklo gedimų analizė

Duomenų imčiai naudojama ESO „neplan“ programos 2019 m archyvas. Elektros energijos trikdys kuris įvyko dėl elektros energijos įrangos gedimo ar kitos priežasties, dėl kurio klientas netenka elektros energijos tiekimo įvardijamas kaip gedimas. Analizuojamas Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomasis tinklas, jo gedimų imtis kurie įvyko 2019 m. Duomenys apibendrinti, siekiant atskleisti tiriamų gedimų visumos bendrąsias savybes.

### 2.1. Klaipėdos regiono tinklas

Klaipėdos regiono sudėtis skirstomojo tinklo atžvilgiu pateikta 11 paveiksle „Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo sudėtis“.



11 pav. Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo sudėtis

Dispečerinių, valdomų tinklų sudėtis Klaipėdos regione:

- Klaipėda;
- Gargždai;
- Kretinga(Palanga);
- Skuodas;
- Plungė;
- Telšiai;
- Šilalė;
- Šilutė;
- Tauragė(Pagėgiai).



2018 metais vykdant dispečerinio valdymo pertvarka, Klaipėdos regionas buvo apjungtas į keturias dispečerines:

- Gargždų tinklo, Klaipėdos miesto ir rajono;
- Kretingos (Palangos), Skuodo, Plungės tinklo;
- Telšių, Mažeikių tinklo;
- Šilutės, Šilalės, Tauragės(Pagėgiai).

Normaliu darbo režimu tinklą pagal dispečerinę darbo metu valdo vienas dispečeris.

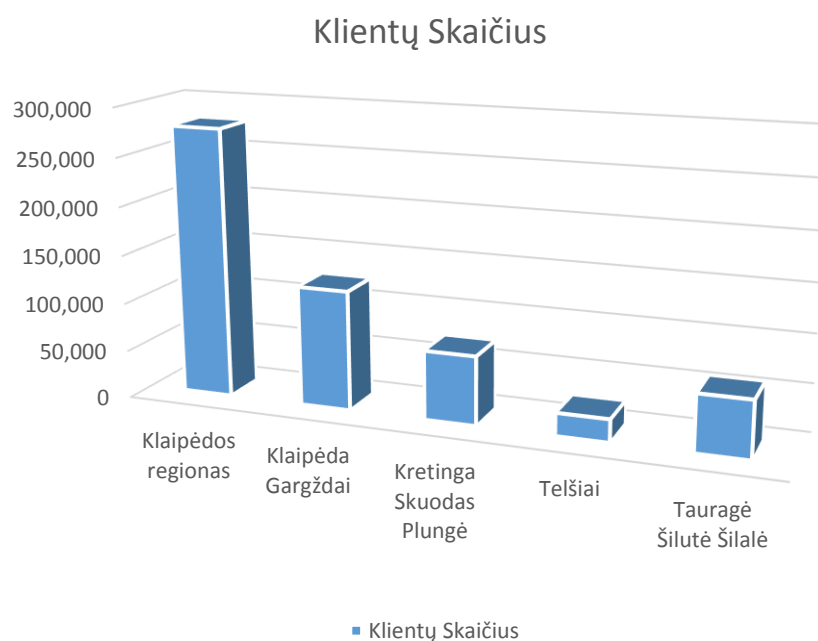
*\*Mažeikių tinklas yra kito regiono todėl statistiniuose duomenyse bus nevertinamas.*

Klaipėdos regiono tinklo sandara įvertinant teritorija, vartotojų skaičių, transformatorines pateikiama 1 lentelėje „Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo dispečerinių sudėtis“.

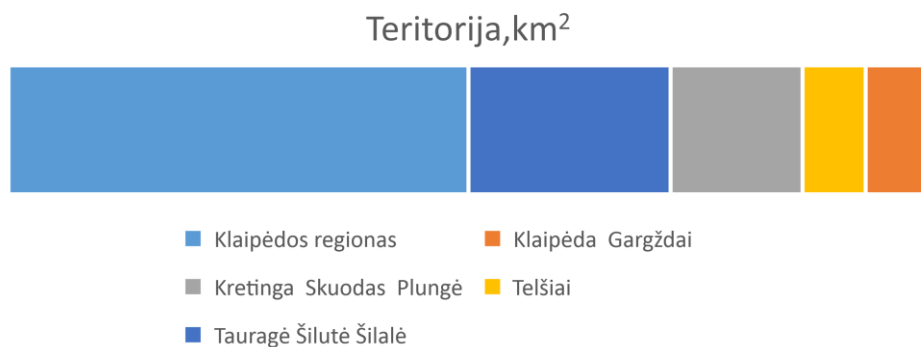
1 lentelė. Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo dispečerinių sudėtis

Dispečerinės tinklas	Teritorija, km <sup>2</sup>	Klientų Skaičius	Transformatorių skaičius	Transformatorių pastočių Skaičius
<i>Klaipėdos regionas</i>	10488	277,962	7016	74
<b>Klaipėda Gargždai</b>	1434	123,661	1721	24
<b>Kretinga Skuodas Plungė</b>	3005	71,469	2226	20
<b>Telšiai</b>	1439	23,544	847	8
<b>Šilutė Šilalė Tauragė</b>	4610	59,288	2222	22

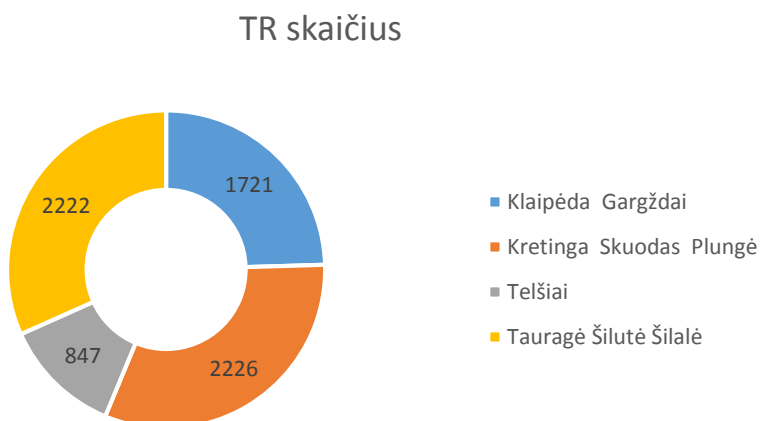
SAIFI ir SAIDI rodikliams apskaičiuoti bus naudojamas suminis vartotojų skaičius iš 1 lentelės, kuris bus nekintantis. Tinklo sudėtis atvaizduota 12-15 paveikslėliuose.



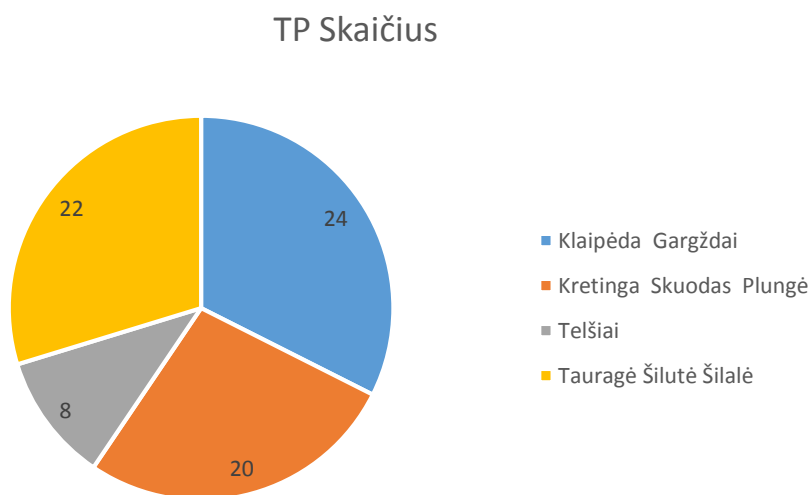
12 pav. Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo prijungtų klientų skaičius



**13 pav.** Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo pasiskirstymas geografinėje teritorijoje



**14 pav.** Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo transformatorinių, prijungtų į 6-10kV tinklą, skaičius



**15 pav.** Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo 35-110kV transformatorių pastočių pasiskirstymas

Iš 12-15 paveikslėlių matome, kad iš didžioji dalis Klaipėdos regiono klientų 44,4 procento yra Klaipėdos miesto dispečerio valdomoje teritorijoje. Be to šiems klientams elektros energijos yra tiekama iš 1721 transformatorinių, kurios sudaro net 24,52 procento visų Klaipėdos regiono

transformatorinių. Dėl to galime daryti išvada, kad gedimai įvykę Klaipėdos mieste turi didesnę įtaką rodikliams nei kituose regiono tinkluose. Tai nulemiama būtent didesnio vartotojų skaičiaus prijungto prie transformatorinių mieste. Verta atkreipti dėmesį, kad Skuodo, Kretingos, Plungės dispečerinė valdo 31,7% regiono transformatorinių, kurios aprūpina 25,7 procentus regiono vartotojų. Tuo tarpu Tauragės, Šilutės, Šilalės dispečerinė valdo 31,6% transformatorinių iš kurių maitinasi tik 21,33% vartotojų, o Transformatorių pastočių skaičius skiriasi 2 vnt. Pabrėžtina, kad Kretingos tinkle Palangos miestas aprūpina 20734 vartotojus. Iš to galime padaryti išvadą, kad Klaipėdos miesto tinkle ir Palangos mieste įvykę gedimai daro didžiausią įtaką SAIFI SAIDI rodikliams iš miestų tinklų, o rajonų tinklų apimtimi didžiausią įtaką rodikliams turi Tauragės, Šilutės, Šilalės dispečerinės valdomi įrenginiai.

## 2.2. Klaipėdos regiono pietvakarių 2019 metų gedimų tyrimas

Šiame darbe pasirinkau vertinti mišrų tinklą t.y. mažesnių miestelių vietovių su miestelių rajonais, kuris yra – Šilutės, Šilalės, Tauragės dispečerio valdomoje zonoje, kuri visa yra Klaipėdos regiono atžvilgiu pietvakarių kryptimi. Vertinama gedimų imtis yra 2019m pasirinkta todėl, kad valdant iš centralizuotos dispečerinės, gedimai fiksuojami standartizuotai, o fiksuotų duomenų analizė yra tikslesnė ir išsamesnė. Tokį pasirinkimą lėmė ir transformatorinių bei transformatorių pastočių skaičius ir gedimų kiekis, tenkantis, dispečerinei, taip pat gedimų paplitimas 2019m, esant blogoms oro sąlygoms, ir dispečerinės valdomuose įrenginiuose įvykę beveik pusė visų 110-35kV gedimų. Taip pat 2019m registruotų defektų kiekis dispečerinės valdomuose tinklo įrenginiuose. Taip pat atsižvelgta į teritorijos dydį.

Klaipėdos regiono pietvakarių tinklas 16 paveiksle pažymėtas žalia spalva, į jį taip pat įeina šie rajonų tinklai:

- Šilalė;
- Šilutė;
- Tauragė(Pagėgiai).



16 pav. Pietvakarių tinklas



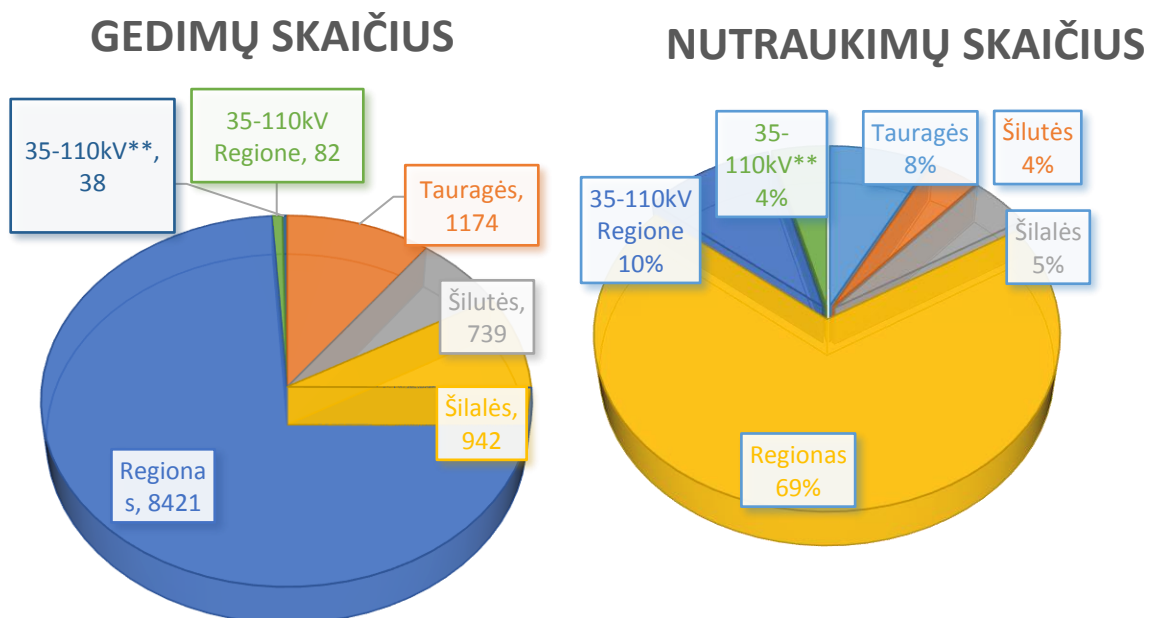
## 2.2.1. Gedimai 2019m tinkle

2019 metais gedimų, nutraukimų skaičius, ir SAIFI ir SAIDI dedamosios rodikliai tinkle pateikti 2 lentelėje „Gedimai Klaipėdos regiono skirstomojo tinkle 2019m“. Šiame darbe MAIFI rodiklis nebus įvertinamas. Pagrindinė priežastis – yra ta, kad nepriklausomai nuo elektros energijos pertrūkio trukmės, vartotojas patiria nuostolius. 2019m Klaipėdos regiono ir pasirinkto tinklo rodikliai pateikiami 17 – 18 pav.

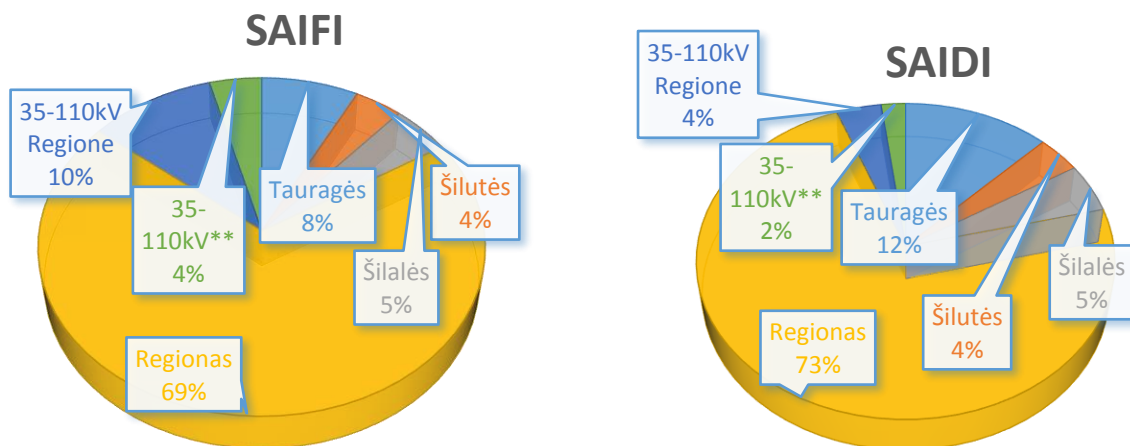
2 lentelė. Gedimai Klaipėdos regiono skirstomojo tinkle 2019m

Dispečerinės tinklas	Gedimų Skaičius	Nutraukimų skaičius, fini	SAIFI	SAIDI
Tauragės	13,94%	11,09%	11,08%	17,05%
Šilutės	8,78%	5,43%	5,43%	5,15%
Šilalės	11,19%	6,79%	6,79%	6,76%
Regionas	8421	1177083	1,821	137,97
35-110kV Regione	82	169859	0,2628	11,4758
35-110kV**	46,34%	41,46%	41,44%	25,58%

35-110kV\*\* - Gedimai, įvykę Šilutės Šilalės Tauragės tinklų valdomuose 35-110kV įrenginiuose.



17 pav. Klaipėdos regiono ir pietvakarių skirstomojo tinklo gedimų, nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas



18 pav. Klaipėdos regiono ir pietvakarių skirstomojo tinklo SAIFI, SAIDI skaičiaus pasiskirstymas

Išanalizavus duomenis, matome, 2019 metais Klaipėdos regione įvyko 8421 gedimai. Pašalinamų gedimų vidurkis parai yra 23. Šie gedimai regione nulėmė patikimumo rodiklius sekančiai. SAIFI - 1,821 karto klientui, SAIDI – 137.97 minutės klientui. Iš viso buvo įvyko 1177083 elektros nutraukimai. Įvertinus tinklų dydžius ir gedimų sąryšį, galima pastebėti, kad gedimų kiekis tiesiogiai sąlygojamas įrenginių kiekio, beveik galima teigti kad yra tiesinė priklausomybė. O klientų skaičius nedaro tokios didelės įtakos. Tinklų pasiskirstymas pagal įrenginius ir gedimus juose yra gana panašus, tačiau klientų skaičius yra gedimų skaičius nekoreliuoja.

Tauragės, Šilutės, Šilalės tinklo dispečerinė turi apie 21% gyventojų regiono ir užima kiek daugiau nei trečdalį regiono teritorijos, eksploatuoja apie trečdalį tinklo objektų regione. Joje iš viso fiksuota trečdalis gedimų, 23% nutraukimų regione, tai sudarė 39.961 minutes SAIDI rodiklio, ir 0,4242 kartus SAIFI rodiklio.

Tų pačių dispečerinių 35-110kV gedimai nulėmė: 27 gedimus, t.y. daugiau nei pusė regiono 35-110kV gedimų, 55626 nutraukimus, 0,086 SAIFI dedamąją, bei 3,9272 SAIDI dedamąją.

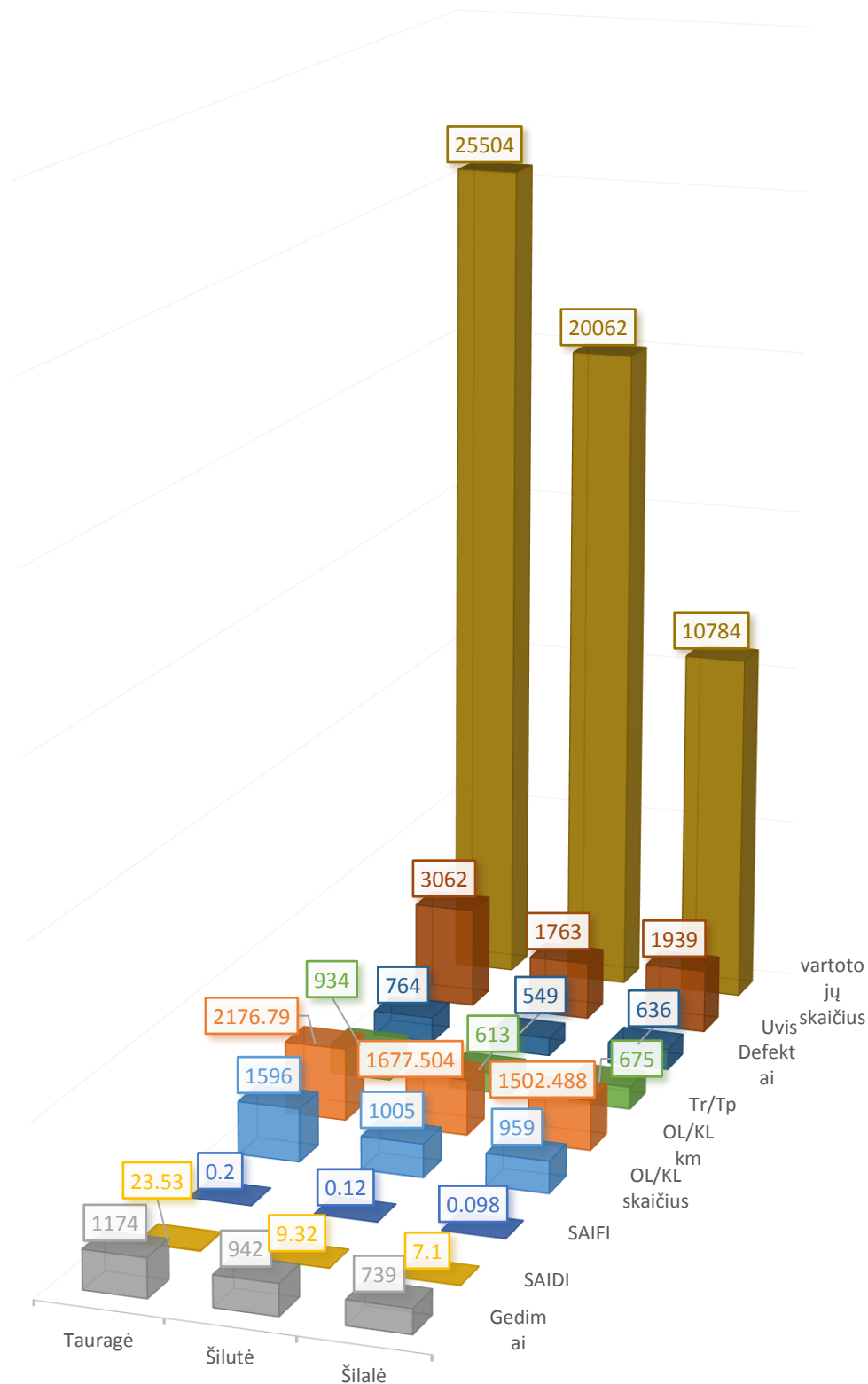
Palyginimui 3 lentelėje pateikiamas dispečerinės valdomų tinklų vertinimas ir 19 pav. „Pietvakarių tinklo dispečerinių tinklų palyginimas pagal rodiklius“.

3 lentelė. Pietvakarių tinklo dispečerinių tinklų palyginimas pagal rodiklius

NR.	Gedimų skaičius dispečerinės tinkle	SAIDI dalis dispečerinės tinkle	SAIFI dalis dispečerinės tinkle	OL/KL kiekio dalis dispečerinės tinkle	OL/KL km dalis dispečerinės tinkle	TR/TP dalis dispečerinės tinkle	Defektų dalis dispečerinės tinkle	Gedimų užklausų svorio dalis dispečerinės tinkle	Vartotojų skaičius dalis dispečerinės tinkle
Tauragė	1174	23,53	0,20	1596	2176,79	934	764	3062	25504
Šilutė	942	9,32	0,12	1005	1677,504	613	549	1763	20062
Šilalė	739	7,10	0,098	959	1502,488	675	636	1939	10784

Remiantis 3 lentele, pastebime, kad Tauragės tinkle įvyko daugiau gedimų nei Šilutės ir Šilalės tinkluose juose įvyko ženkliai mažiau, o apskritai dispečerinėje įvyksta trečdalis regiono gedimų. Tačiau pagal įtaką regiono SAIDI ir SAIFI rodikliams Tauragė maždaug du kartus lenkia Šilutės, Šilalės. Įvertinant dispečerinių rodiklius, Tauragė išsiskiria užimama teritorija, transformatorių

skaičiumi, tačiau Tauragės tinkle yra penktadaliu daugiau klientų nei Šilutės tinkle ir du su puse karto daugiau nei Šilalės tinkle. Dėl to galima daryti išvadą, jog SAIDI ir SAIFI rodiklius stipriai sąlygoja klientų skaičius. Esant apytikriai vienodam gedimų skaičiui yra atjungiama daug daugiau klientų. SAIFI, SAIDI rodikliai tiesiogiai koreliuoja su vartotojų skaičiumi ir didėja proporcingai gedimų skaičiui. Gedimai, užklauskos dėl gedimų ir vartotojų skaičius nėra tiesiogiai tarpusavyje susiję dydžiai.



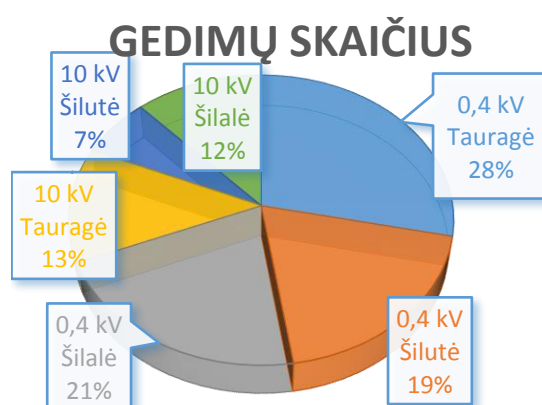
19 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo rodiklių skaičiaus pasiskirstymas

## 2.2.2. Gedimų pasiskirstymas pagal įtampą

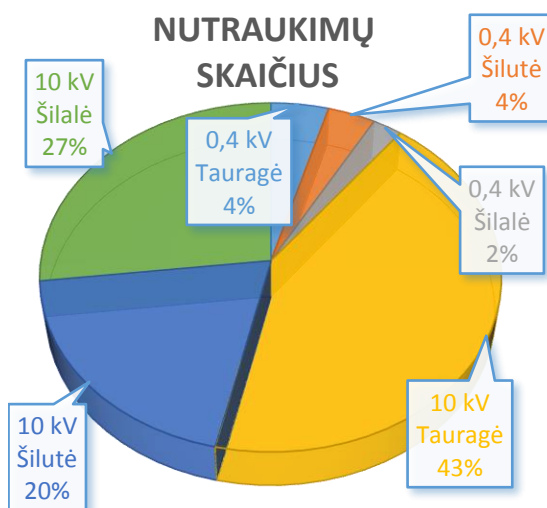
Gedimų pasiskirstymas tinkluose pagal įtampą 2019 metais Klaipėdos regiono skirstomajame pietvakarių tinkle pateiktas 4 lentelėje „Gedimų kiekio, ir rodiklių pasiskirstymas pagal įtampas“ ir grafiškai 20-22 paveikslė.

4 lentelė. Gedimų kiekio, ir rodiklių pasiskirstymas pagal įtampas

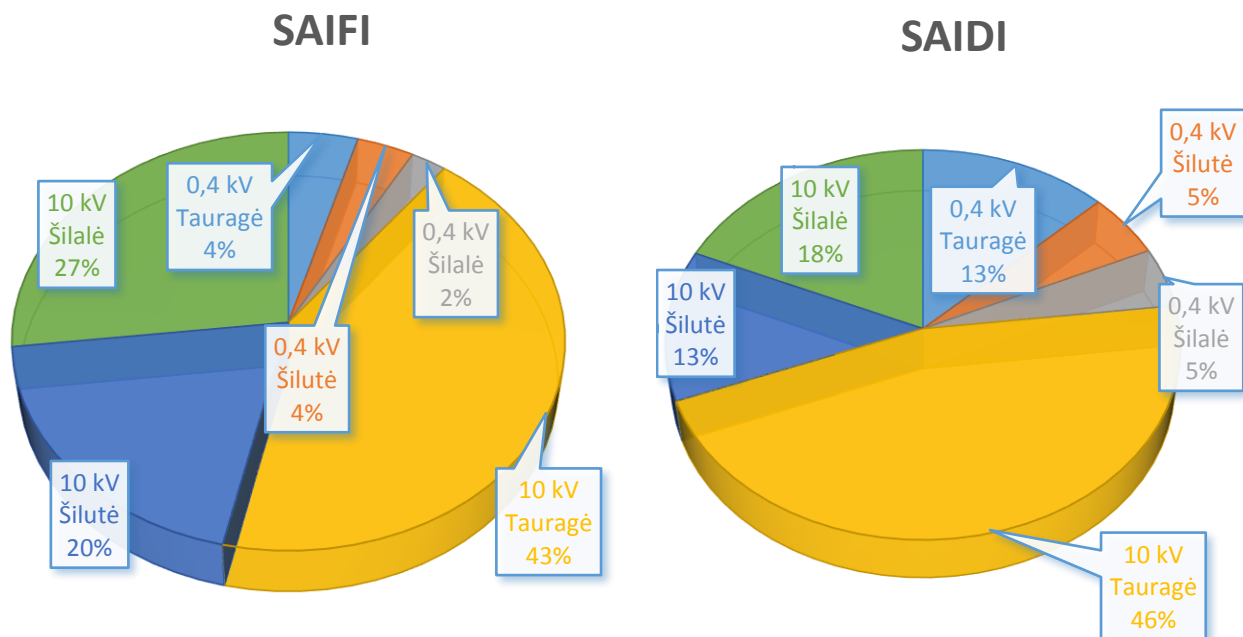
Įtampa	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius	SAIFI	SAIDI
0,4 kV viso	1963	28483	0,0440	9,2215
10 kV viso	892	245926	0,3803	30,7400
0,4 kV Tauragė	809	12138	0,0187	5,1424
0,4 kV Šilutė	549	10049	0,0155	2,1171
0,4 kV Šilalė	605	6296	0,0097	1,9619
10 kV Tauragė	365	118379	0,1830	18,3879
10 kV Šilutė	190	53882	0,0833	4,9858
10 kV Šilalė	337	73665	0,1139	7,3662



20 pav. Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo gedimų skaičiaus pasiskirstymas



21 pav. Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas



22 pav. Klaipėdos regiono skirstomojo tinklo SAIFI, SAIDI skaičiaus pasiskirstymas

Matome, kad 0,4kV įtampas gedimai vyksta dažniausiai, jų buvo 1963, tai yra 2,2 karto daugiau nei 10kV gedimų, kurių įvyko 892. 35-110kV gedimai įvyksta labai retai, tokių buvo 27, ir tai sudarė tik 0,33 procento regiono gedimų ir 0,95 procento pasirinkto tinklo gedimų. Prieiname, kad gedimų svoris, sąlygojant SAIDI ir SAIFI rodiklius pasiskirsto pagal įtampas sekančiai. 0,4kV gedimai sudaro 68 procentus visų gedimų, bet iš jų tik 23 procentų SAIDI ir 10 procentų SAIFI rodiklio. 10kV gedimai sudaro 32 procentus visų gedimų, tačiau nulemia net 90 procentų SAIFI rodiklio ir 77 procentus SAIDI rodiklio. Remiantis šiais pastebėjimais bei įvertinus pasiskirstymą pagal įtampą, trečiame skyriuje „SAIFI ir SAIDI rodiklių gerinimo priemonių analizė“ bus nagrinėjami tik veiksmai, skirti 10kV tinklo gerinimui.

### 2.2.3. Gedimų pasiskirstymas pagal sutrikimo priežastį

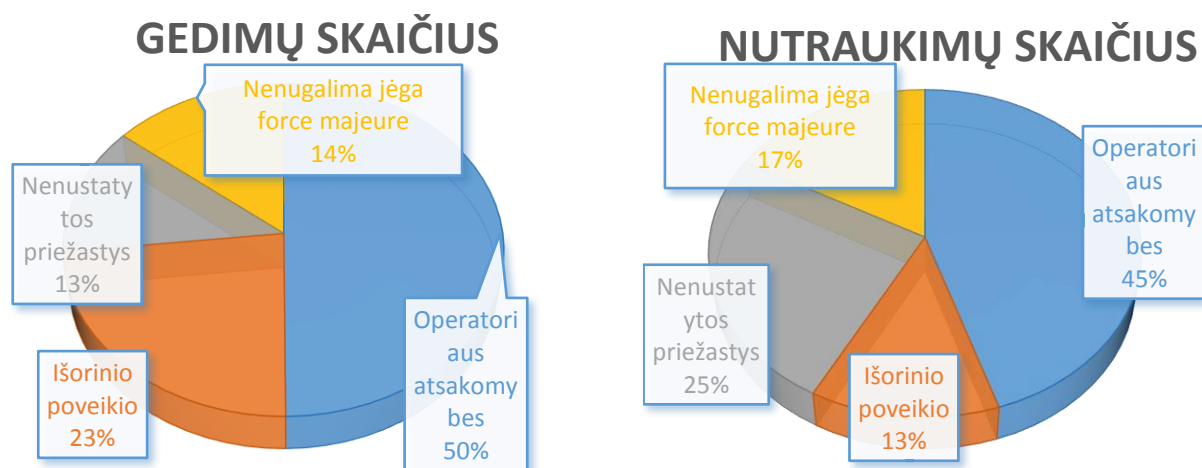
Skirstomajame tinkle visi gedimai yra suskirstomi pagal atsiradimo priežastis. Iš esmės yra 4 pagrindinės rūšys: operatoriaus atsakomybė, išorinis poveikis, nenustatytos priežastys ir nenugalima jėga (pranc. *Force majeure*). „Operatoriaus atsakomybei priskiriami visi gedimai, įvykę skirstomojo tinklo įrenginiuose, kurių nesukėlė pašaliniai asmenys ar jėgos“[4]. „Išoriniam poveikiui priskiriami gedimai, kuriuos sukėlė pašaliniai asmenys, rangovai, gyvūnai ir kiti veiksniai, kurių skirstomojo tinklo operatorius negalėjo numatyti ar sustabdyti (pavyzdžiui medžio virtimas ant linijos iš už apsaugos zonos)“[4]. „Nenustatytoms priežastims priskiriami gedimai, kurie įvyko tinkle ir kurių sukėlimo priežasties nepavyko išsiaiškinti operatyviniams darbuotojams (darbuotojams keliami tikslai, kad tokių gedimų būtų kuo mažiau)“[4]. „Nenugalimai jėgai (pranc. *Force majeure*) priskiriami gedimai, kuriuos sukėlė labai sunkios oro sąlygos, pavyzdžiui, audros, vėtros, masiniai gaisrai, potvyniai, pūgos, taip pat tyčiniai žmonių veiksmai, pavyzdžiui, teroristiniai išpuoliai, kurių metu pažeidžiamas elektros tinklas“[4]. Gedimų pasiskirstymas pagal atsiradimo priežastis Klaipėdos regiono pietvakarių tinkle 2019 metais pateiktas 5 lentelėje „Gedimų priežastys“ ir grafiškai 23-24 paveiksle.

5 lentelė. Gedimų priežastys

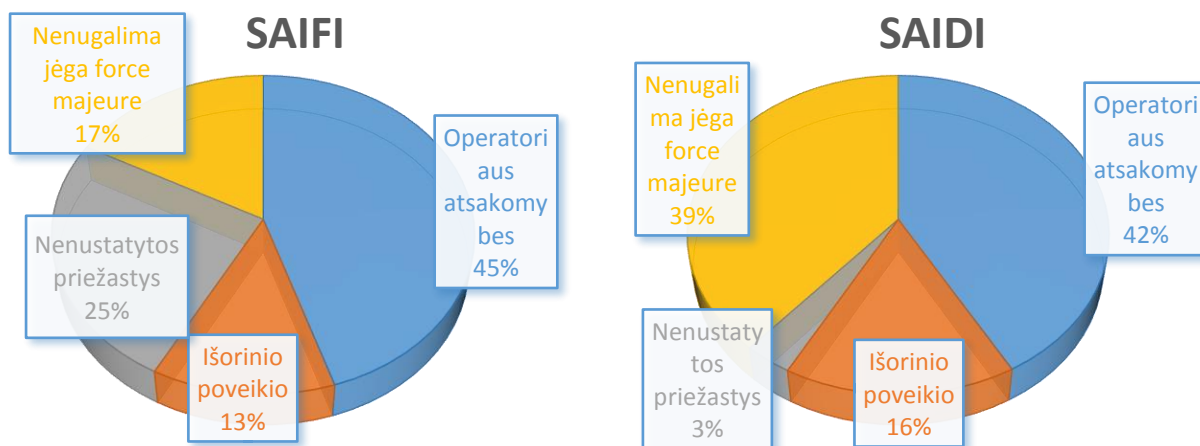
Gedimo priežastis	Gedimų Skaičius	Nutraukimų skaičius	SAIFI	SAIDI
Operatoriaus atsakomybės	1424	123377	0,19	16,688
Išorinio poveikio	667	35424	0,054	6,4858
Nenustatytos priežastys	360	68989	0,106	1,349
Nenugalima jėga <i>force majeure</i>	404	46619	0,072	15,4376
Iš viso	2855	274409	0,422	39,9604

Iš lentelės pastebime, kad pietvakarių tinkle įvyko 2855 gedimai, kurie lemia 274 409 nutraukimus, ir kurie sudaro 0,422 ir 39,96 SAIFI ir SAIDI rodiklių svorio. Iš kurių:

- Pusė gedimų skirstomajame tinkle yra operatoriaus atsakomybės, tai yra apie - 50 procentų;
- Kurie sudaro 45% vartotojų nutraukimų, ir 45% ir 42% SAIFI ir SAIDI rodiklio;
- Beveik ketvirtadalis gedimų yra išorinio poveikio (23%). Kurie sudaro 13% nutraukimų ir 13% ir 16% SAIFI ir SAIDI;
- Septintadalis (14%) gedimų sukeliama nenugalimos jėgos;
- Kurie atitinkamai nulemia 17% nutraukimų ir sudaro 17% ir 3% SAIFI ir SAIDI rodiklio svorio;
- Likusieji 13% gedimų priežastys yra nenustatomos,
- Šie gedimai sukelia 25% nutraukimų ir nulemia 25% ir 3% SAIFI ir SAIDI svorio.

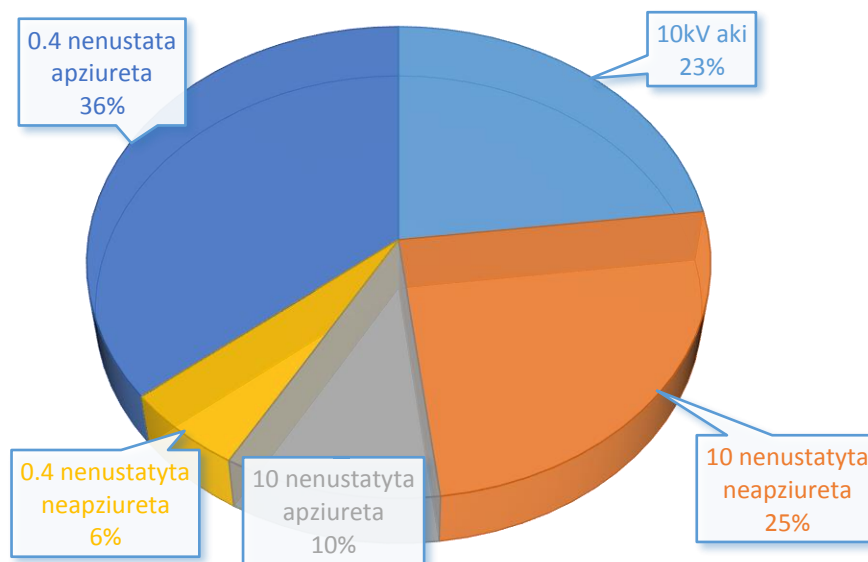


23 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių tinklo 2019m gedimų ir nutraukimų skaičius



24 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI ir SAIDI svoriai

Svarbu atkreipti dėmesį, kad iš 360 nenustatytų priežasčių gedimų 0,4kV gedimai sudaro 42% o 10kV sudaro 58%. Remiantis 25 pav., kuriame pateiktas nenustatytų priežasčių pasiskirstymas, matome, kad 10kV OL Automatinis kartotinis įjungimas sudaro 23% visų nenustatytų gedimų, 25% sudaro 10kV gedimai, kurie neapžiūrėti, 10% 10kV gedimai, kurie nenustatyti ir apžiūrėti, 0,4kV gedimai 6% neapžiūrėti ir 36% apžiūrėti.



25 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI ir SAIDI svoriai pagal gedimo priežastis ir įtampą

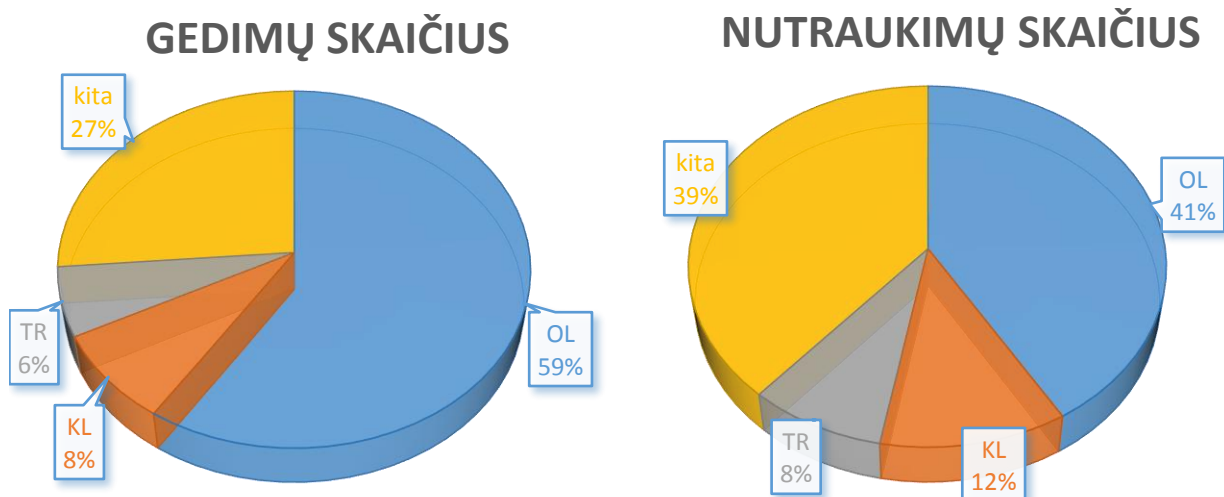
#### 2.2.4. Gedimų pasiskirstymas įrenginiuose

Gedimai išskirstomi pagal gedimo vietą (įrenginio tipą) ir kiekius, kai gedimo vieta skirstoma į „oro linijas“, „kabelines linijas“, „transformatorines“ ir „kita“ (atsijungimai dėl perkrovų, gaisrų, vagysčių, LITGRID gedimų, kitų priežasčių). Gedimų pasidalinimas 2019 metais Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomajame tinkle pateiktas 6 lentelėje „Gedimų pasidalinimas pagal sugedusį įrenginį“ ir grafiškai 26-27 paveiksle.

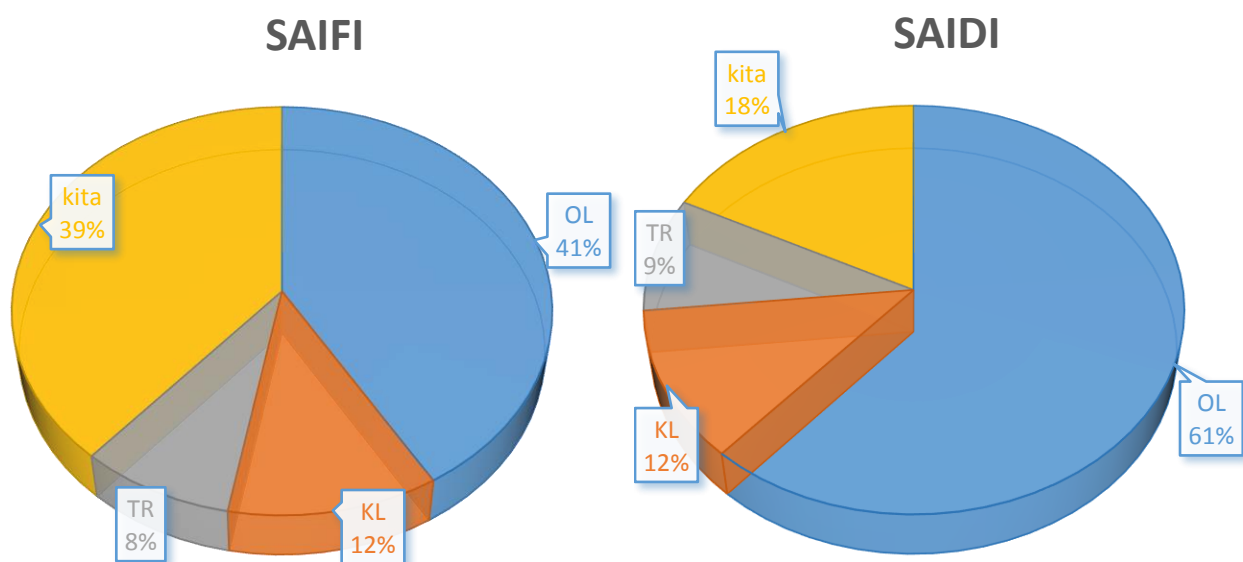
6 lentelė. Gedimų pasidalinimas pagal sugedusį įrenginį

Gedimo vieta	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius	SAIFI	SAIDI
OL	1691	113551	0,1756	24,5818
KL	236	31694	0,0490	4,7436
TR	178	23184	0,03585	3,6266
kita	750	105980	0,1639	7,0094
Iš viso:	2855	274409	0,4244	39,9616





26 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m gedimų ir nutraukimų kiekis pagal tipą



27 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI ir SAIDI svoriai pagal tipą

Suskirsčius gedimus pagal gedimo vietos tipą pastebime, kad:

Pietvakarių tinkle gedimai pagal tipą dažniausiai įvyksta oro linijose t.y. 59%, kurie lemia 113 551 nutraukimus, ir kurie sudaro 41% ir 61% SAIFI ir SAIDI rodiklio pasiskirstymo visame pietvakarių tinkle;

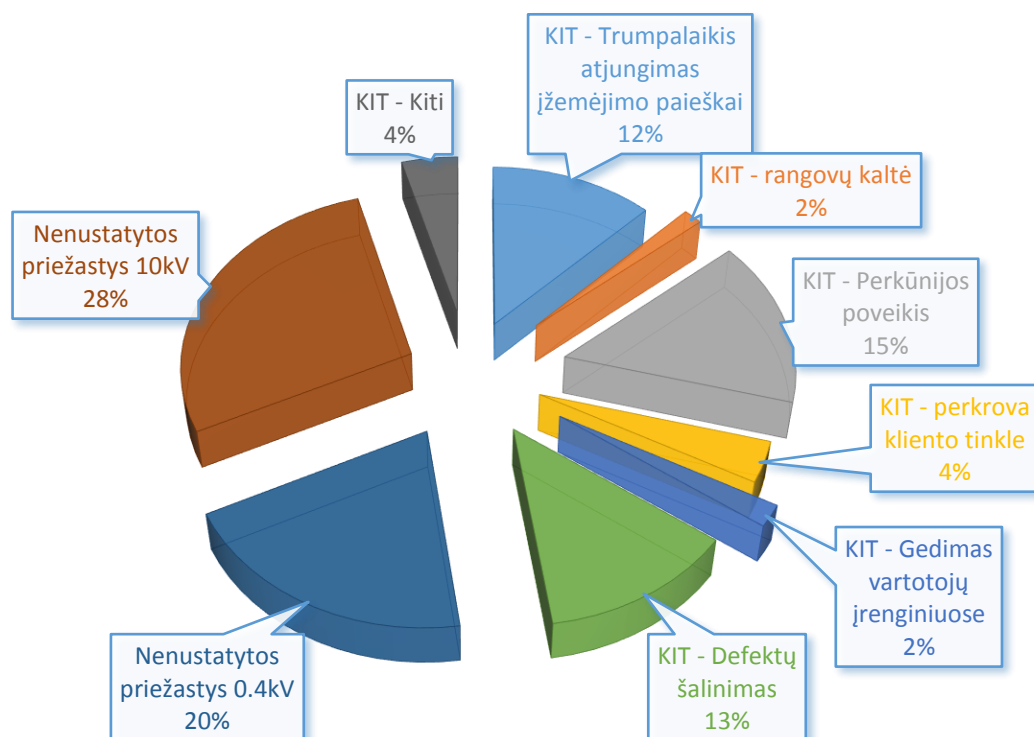
Kas dvyliktas gedimas, arba (8%), įvyksta kabelinėse linijose, šie gedimai lemia 31694 Nutraukimus, ir sudaro 12% SAIFI ir SAIDI rodiklio;

Kas septynioliktas gedimas, arba (6%), įvyksta transformatorinėse arba transformatorių pastotėse ir arba skirstomuosiuose punktuose. Šie gedimai lemia 23184 nutraukimus, kurie sudaro 8% ir 9% SAIFI ir SAIDI rodiklio;

Kas ketvirtas gedimas, arba (27%), priskiriamas prie kitų priežasčių. Tokie gedimai nulemia 105980 nutraukimus, ir turi 39% ir 18% dedamasias SAIFI ir SAIDI rodiklio.



Gedimų pasiskirstymas pagal gedimo vietos tipą „kiti“ pateikti 28 pav.



28 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m gedimo vietos tipo „kiti“ pasiskirstymas

Normaliu atveju gedimai kabelinėse linijose daugiau sąlygoja rodiklius, nei gedimai oro linijose. To priežastis – kabelinių linijų tinklas labiau išplėtotas miesto teritorijose, taip pat mieste vartotojų skaičiaus tankis intensyvesnis ir gedimas daro poveikį didesniai klientų skaičiui nei oro linija kaimiškoje vietovėje. Gedimai oro linijose įvyksta 7,3 karto daugiau, nei gedimai kabelinėse linijose. Matome, kad pasirinkto tinklo oro linijos yra ganėtinai ilgos, todėl oro linijų atitinkama įtaka rodikliams vis tik yra didesnė nei kabelių, tačiau čia labai svarbus yra mažesnis gyventojų skaičius miestelių teritorijoje.

Verta išskirti pagal įtaką rodikliams pasiskirstymą oro linijose. Didžiausią įtaką oro linijose rodikliams septyni veiksniai: - Gyvūnų poveikis sudaro 340 atvejų, užkritę medžiai ant oro linijos 255 atvejai, užkritę medžių šakos - 177 atvejai, nutrūkę laidai - 128 atvejai, įaugę krūmai - 120 atvejų, perkūnijos poveikis - 115 atvejų, supinti laidai - 97 atvejai, linijos AKĮ dėl neįvardytų priežasčių - 95 atvejai. Tai reiškia, kad tokio pobūdžio gedimai sąlygoja vidutiniškai pusę rodiklių svorio. Tą lemia, kad įaugę krūmai ir šakos sukelia trumpalaikius atsijungimus, kol augmenija nudega arba yra pašalinama ir tinklo įranga nėra pažeidžiama. Užtenka pakeisti saugiklius arba prijungti komutacinius aparatus. Šių gedimų šalinimas greitas. Užvirtus medžiams ant linijų, gedimų šalinimas užtrunka daug ilgiau, nes yra sugadinami tinklo įrenginiai - nulaužiamos atramos, nutraukiami laidai, sulankstomos traversos, ir kt. Daugelis šių gedimų turi būti šalinami su specialia technika, kuria personalas turi privažiuoti ar priplaukti į gedimo vietą nutolusiose ir sunkiai pasiekiamose vietose. Yra gedimų kurie dėl saugumo gali būti šalinami tik šviesiuoju paros metu - o tai papildomai uždelsia gedimo šalinimo laiką. Tuomet, kai gedimas įvyksta vakare arba naktį, permaitinti klientų galimybės nėra, o darbai pradedami tik ryte. Labiausiai gedimo šalinimą OL prailgina gedimo vietos nustatymas, ypač tamsiu paros metu.

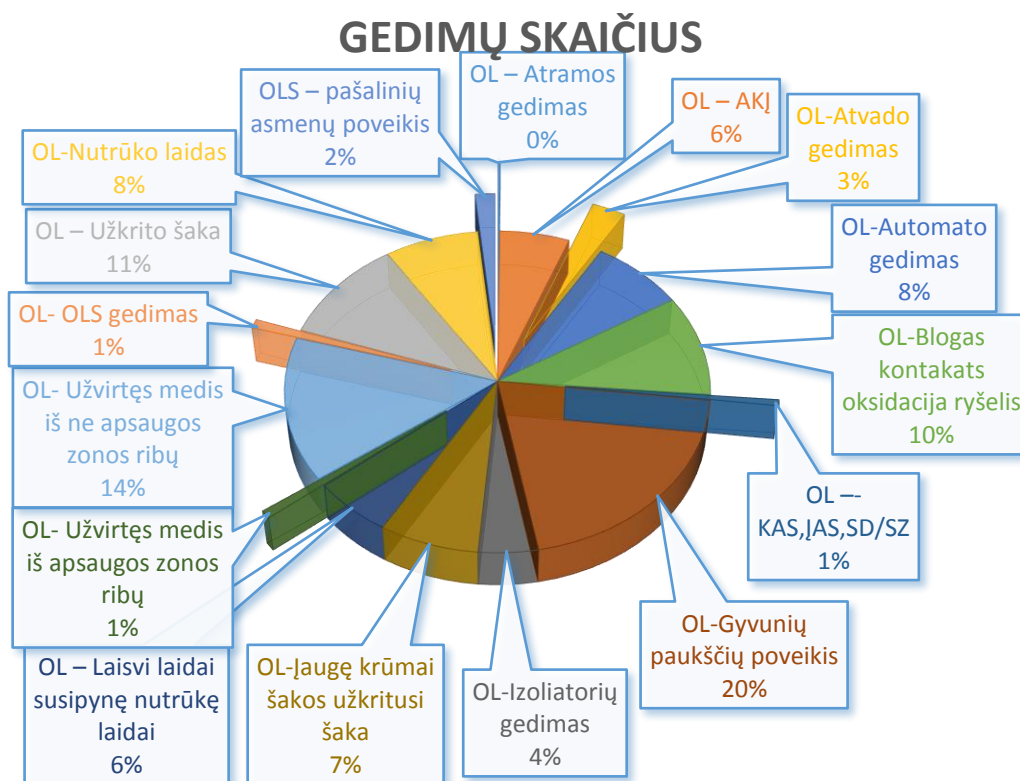
Todėl, remiantis šia išvada trečiame šio darbo skyriuje „SAIFI ir SAIDI rodiklių gerinimo priemonių analizė“ bus nagrinėjama tik oro linijų pagerinimas panaudojant įvairias priemones.

## 2.2.5. Gedimų pasiskirstymas oro linijose

2019 metais Klaipėdos regiono oro linijose įvykę gedimai suskirstant pagal sutrikimo priežastis pateikiami 7 lentelėje „Gedimai oro linijose“ ir grafiškai 29-32 pav.

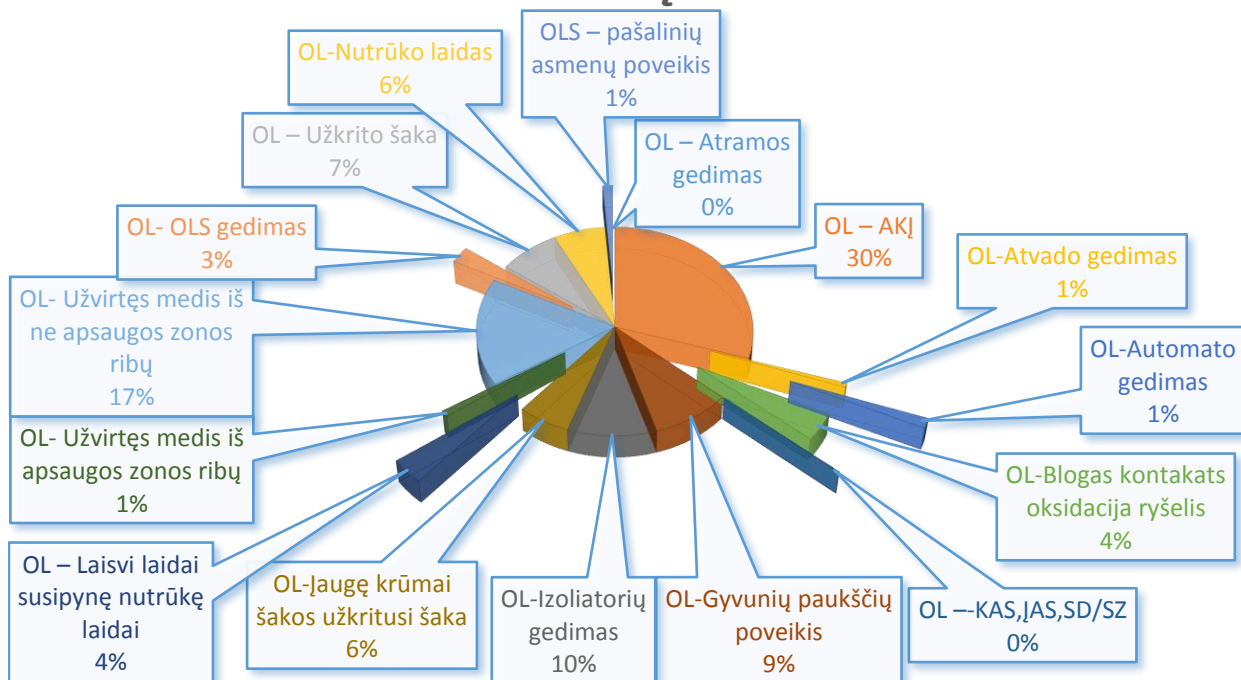
7 lentelė. Gedimai oro linijose

Gedimo vieta oro linijoje	Gedimų skaičius	Nutraukimų skaičius	SAIFI	SAIDI
OL – Atramos gedimas	3	22	0,0000	0,0863
OL – AKĮ	95	33644	0,0520	0
OL-Atvado gedimas	47	733	0,0011	0,1870
OL-Automato gedimas	128	1658	0,0025	0,1873
OL-Blogas kontaktas oksidacija ryšelis	170	4879	0,0075	1,0189
OL –KAS,IAS,SD/SZ	10	121	0,0001	0,0267
OL-Gyvūnų, paukščių poveikis	340	10075	0,0155	1,5018
OL-Izoliatorių gedimas	72	11337	0,0175	2,7861
OL-Įaugę krūmai, šakos užkritusi šaka	120	6651	0,0102	1,0683
OL – Laisvi laidai, susipynę, nutrūkę laidai	97	4362	0,0067	0,8030
OL- Užvirtęs medis iš apsaugos zonos ribų	13	1062	0,0016	0,3342
OL- Užvirtęs medis iš ne apsaugos zonos ribų	242	18666	0,0298	11,7308
OL- OLS gedimas	15	2834	0,0043	0,6554
OL – Užkrito šaka	177	8426	0,0130	1,2121
OL-Nutrūko laidas	128	7094	0,0109	2,6839
OLS – pašalinių asmenų poveikis	27	1372	0,0021	0,3019
viso	1691	113551	0,1756	24,5818



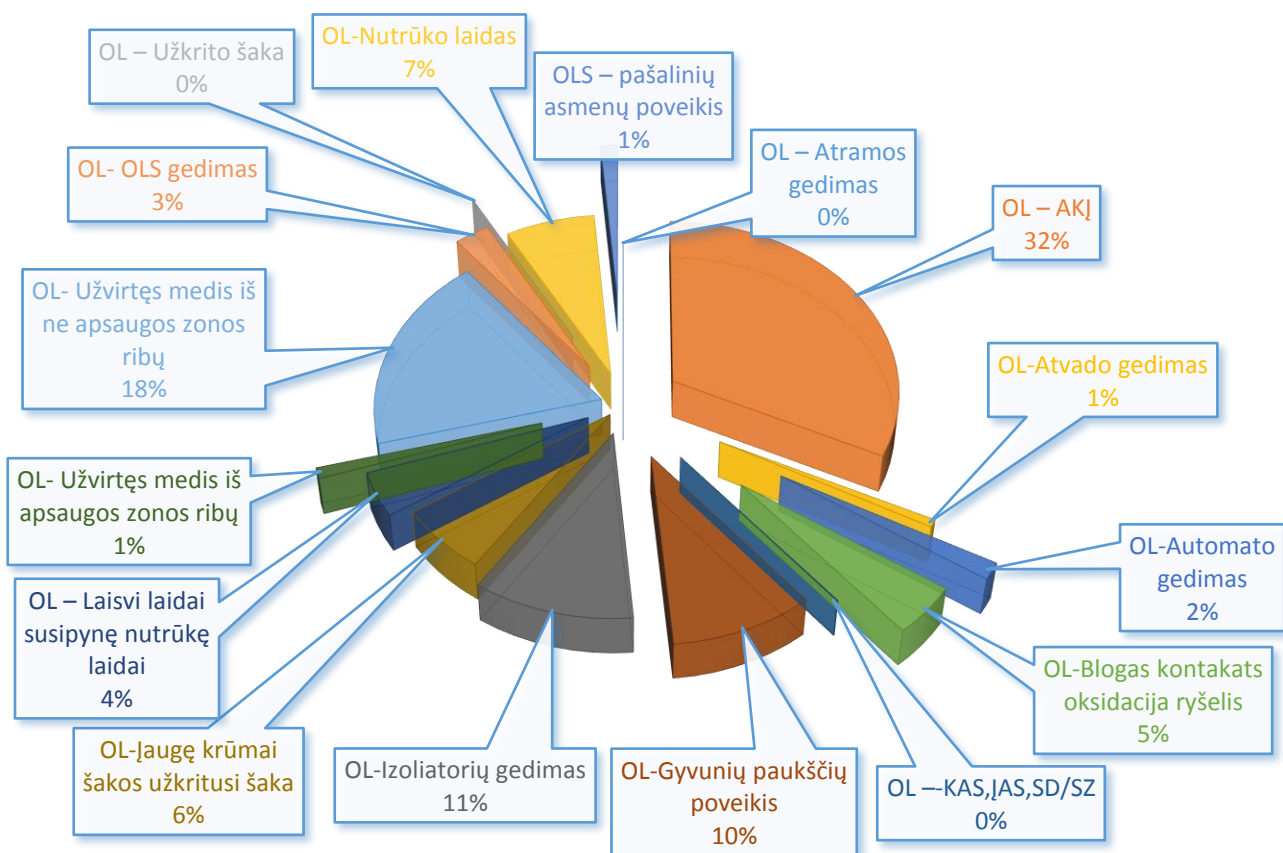
29 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m gedimų skaičiaus pasiskirstymas OL

## NUTRAUKIMŲ SKAIČIUS

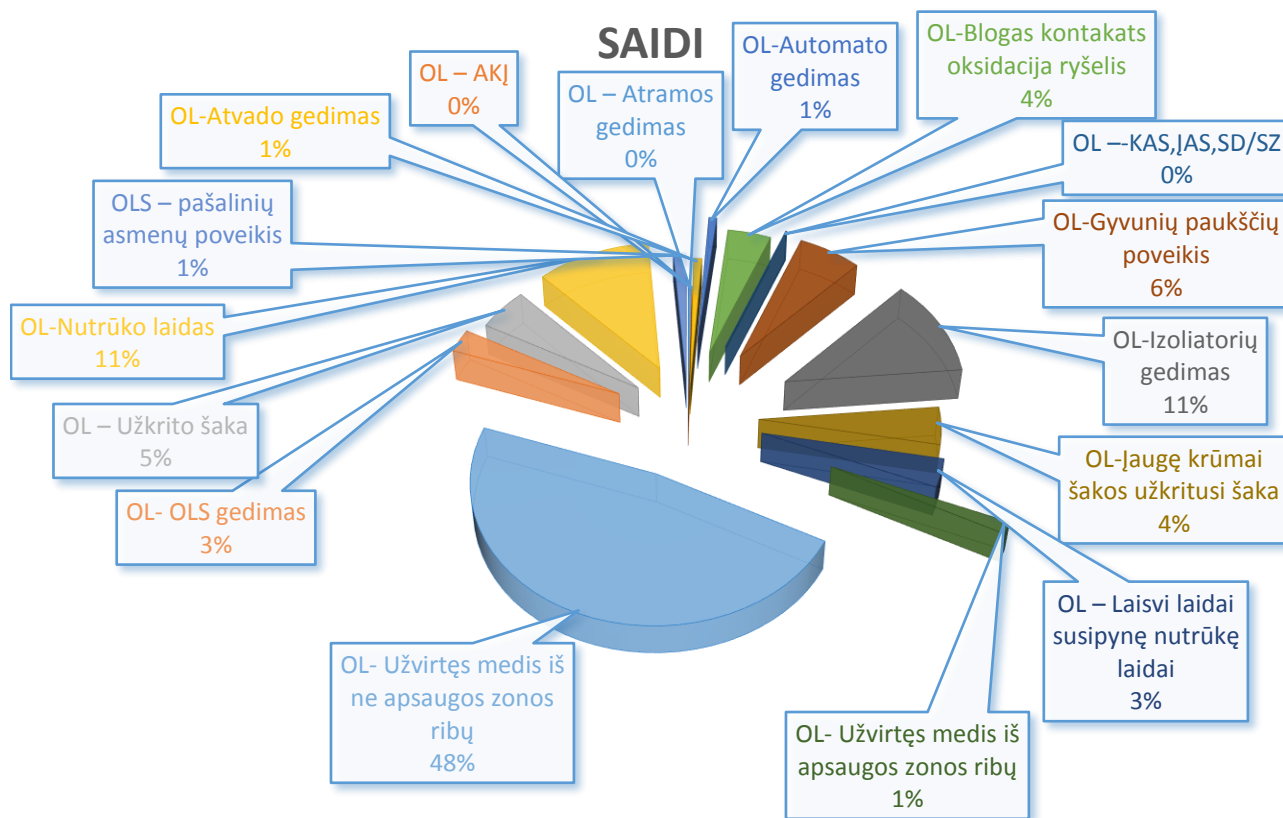


30 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas OL

## SAIFI



31 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI pasiskirstymas OL



**32 pav.** Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIDI pasiskirstymas OL

Išanalizavus duomenimis, matome, kad daugiausia gedimų oro linijose nulemia gyvūnų, paukščių poveikis - 20 procentų. Taip pat nemažą kėsnį augmenija, - jaugę krūmai/medžiai, šakos ir užkritusios šakos, užvirtę medžiai. Blogi kontaktai ir oksidacija, nutrūkę laidai, laisvi, susipynę, atitinkamai nulemia 18, 15, 10, 8, ir 6 procentus gedimų oro linijose.

SAIFI ir SAIDI įtaka skiriasi. Didžiausią įtaką SAIDI rodikliui turi užvirtę medžiai, izoliatorių gedimai, nutrūkę laidai, perkūnijos poveikis, atitinkamai – 49, 11, 11, 38 procentų. Tokių pobūdžių gedimai sąlygoja didesnę įtaką SAIDI rodikliui, nei dažnesnis gedimas „jaugę krūmai, šakos ir užkritusios šakos“. Kuris nulemia beveik du kartus mažesnę įtaką SAIDI rodikliui. Taip yra dėl to, kad jaugę krūmai ir šakos sukelia trumpalaikius atsijungimus, kol augmenija yra pašalinama ir įranga nėra pažeidžiama. Tačiau užvirtus medžiams yra padaroma žala įrenginiams jie pažeidžiami ir gedimo šalinimas užtrunka ilgiau.

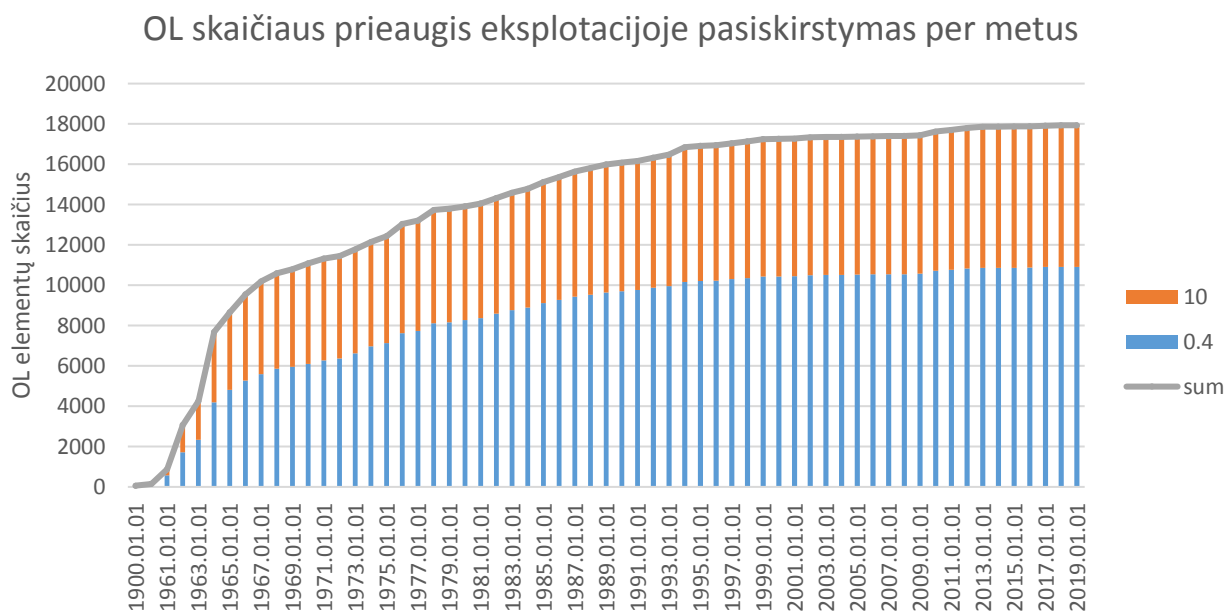
Didžiausias dedamasis SAIFI rodikliui sudaro AKĮ ir trumpalaikiai atjungimai įžemėjimo paieškai. Tokie gedimai sudaro 18 procentus visų gedimų oro linijose, ir nulemia beveik pusę (45 procentus) SAIFI rodiklio oro linijoms. Taip yra dėl tinklo neutralės specifikos ir įtampos šie gedimai visada vyksta 10 ar 35 kV tinkle, šiose įtampose yra prijungti dideli kiekiai vartotojų. Šie atjungimai būna labai trumpalaikiai, dažnai nuo kelių sekundžių iki kelių minučių ir kadangi prijungimai būna sėkmingi, dažniausiai skirstomojo tinklo įrangai žalos nebūna, o klientams tiekimas atstatytas. Šių gedimų įtaka SAIDI rodikliui yra tik 11 procentų. Svarbu pastebėti, kad visi 11% yra įžemėjimo paieškos, atjungimai linijos, nes AKĮ poveikio laikas nevertinamas (yra nulinis arba artimas 0).

Gedimų intensyvumą gali nulemti tinklo elementų amžius. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo oro linijų eksploatavimo pradžia, išskirstant pagal metus, pateikta 33 pav.

Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo bendras oro linijų kiekis išskirstant pagal metus ir įtampa pateiktas 34 pav.



**33 pav.** Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo OL pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus



**34 pav.** Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo pasiskirstymas pagal eksploatuojamų OL

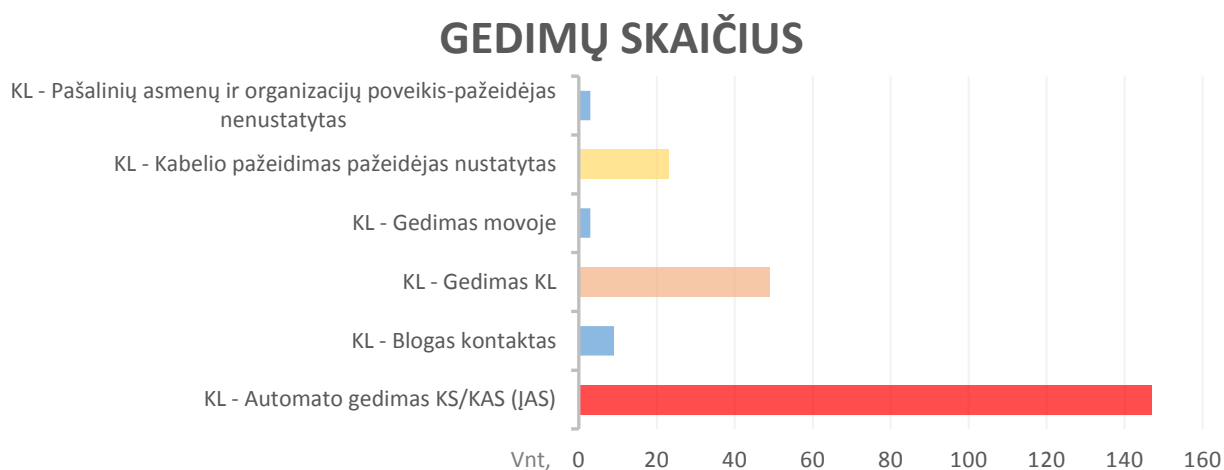
Kaip matome iš 33 ir 34 paveikslėlių, didžiausia OL plėtra buvo 1960m - 1965m kuomet buvo vykdoma elektrifikacija. Lietuvos kaimiškose vietovėse, dauguma OL tarnauja iki dabar. 34 paveikslėlyje galime stebėti, kaip OL plėtra vykdoma stabilia kreive nuo 1965m iki 1994m, po to ši plėtra perėjo labiau į stagnaciją ir buvo stabiliai nedidelė.

## 2.2.6. Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose

2019 metais Klaipėdos regiono kabelinėse linijose įvykę gedimai suskirstant pagal sutrikimo priežastis pateikiami 8 lentelėje „Gedimai kabelinėse linijose“ ir grafiškai 35 pav.

8 lentelė. Gedimai kabelinėse linijose

Gedimo vieta kabelinėje linijoje	Gedimų skaičius	Nutraukimų Skaičius	SAIFI	SAIDI
KL - Automato gedimas KS/KAS (IAS)	147	2555	0,0039	0,5849
KL - Blogas kontaktas	9	198	0,0003	0,0306
KL - Gedimas KL	49	23563	0,0364	3,3970
KL - Gedimas movoje	3	854	0,0013	0,2064
KL - Kabelio pažeidimas pažeidėjas nustatytas	23	4329	0,0066	0,4965
KL - Pašalinių asmenų ir organizacijų poveikis-pažeidėjas nenustatytas	3	71	0,0001	0,1218
viso	236	31694	0,0490	4,7436

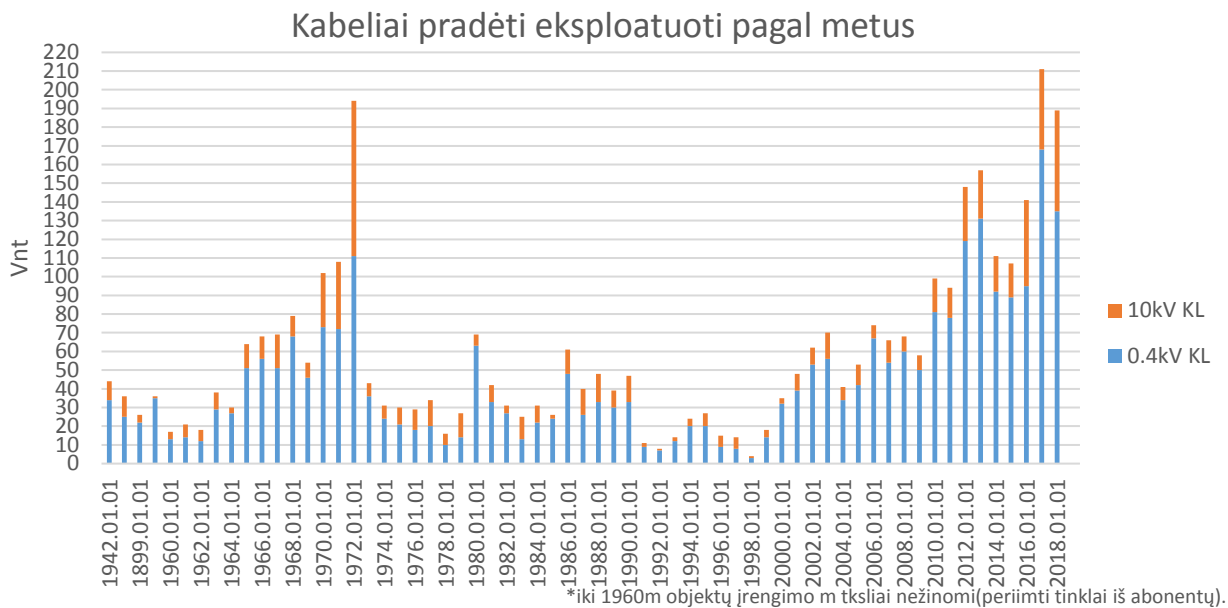


35 pav. Gedimų pasiskirstymas kabelinėse linijose pagal gedimo vietą

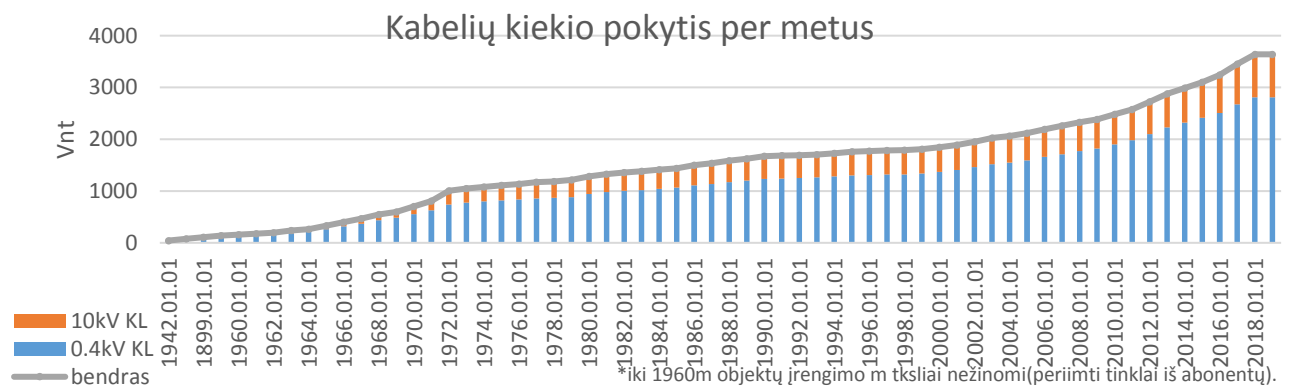
Iš duomenų pastebime, kad daugiausia gedimų kabelinėse linijose sudaro automatinų jungiklių bei apskaitos skydų įrenginių gedimai ir kabelio gedimai, kurie sudaro atitinkamai 63 ir 21 procentus visų kabelinių linijų gedimų. Tačiau, vertinant dedamąsias SAIDI ir SAIFI rodiklius, didžiausią svorį tiek SAIDI, tiek SAIFI rodikliui daugiau nei 70 procentų sudaro kabelio movos ir kabelio gedimai, o susumavus šiuos su trečiųjų asmenų kabelių pažeidimais rezultatas virš 85 procentų. Iš to galima spręsti, kad vertinant kabelinį tinklą ir jo įtaką rodikliams, svarbiausiai vertinti kabelių būklę. Taip pat papildomai įvertinant ir reitinguojant dažniausiai atsijungiančius bei seniausius kabelius ir juos keisti naujais, be to įvertinant pagal aprūpinamų vartotojų kiekius ir jų tiekimo kategorijas.

Gedimų intensyvumą gali nulemti tinklo elementų amžius. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo kabelių linijų eksploatavimo pradžia, išskirstant pagal metus, pateikta 36 pav., o Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo bendras kabelių linijų kiekis, išskirstant pagal metus ir įtampa, pateiktas 37 pav.



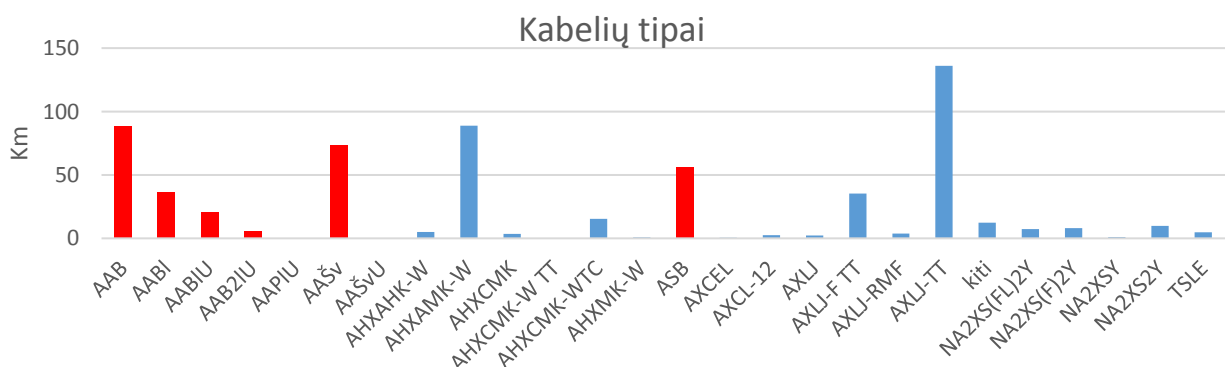


**36 pav.** Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo KL pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus



**37 pav.** Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo eksploatuojamų KL pasiskirstymas

Kaip matome iš 36 ir 37 paveikslėlių, galima išskirti kelis KL plėtros etapus. Kuomet buvo vykdoma elektrifikacija Lietuvoje 1960m – 1972m. Nuo 1972m iki 2000m KL plėtra buvo stabili, o tada smarkiai šovė į viršų. Dauguma KL tarnauja iki dabar. Matome kad 10kV ir 0,4kV Kl plėtra buvo visuomet panašaus paskirstymo. Išskirtiniai KL plėtros metai buvo 1972m ir 2017m - 2018m. Taip pat reiktų atkreipti dėmesį į KL modelį, nes tam tikrų markių KL linę sugesti dažniau (alyviniai kabeliai linę įdrėkti). 10kV kabelių pasiskirstymas pagal markę kilometrais pateiktas 38 pav.



**38 pav.** Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo eksploatuojamų KL markės

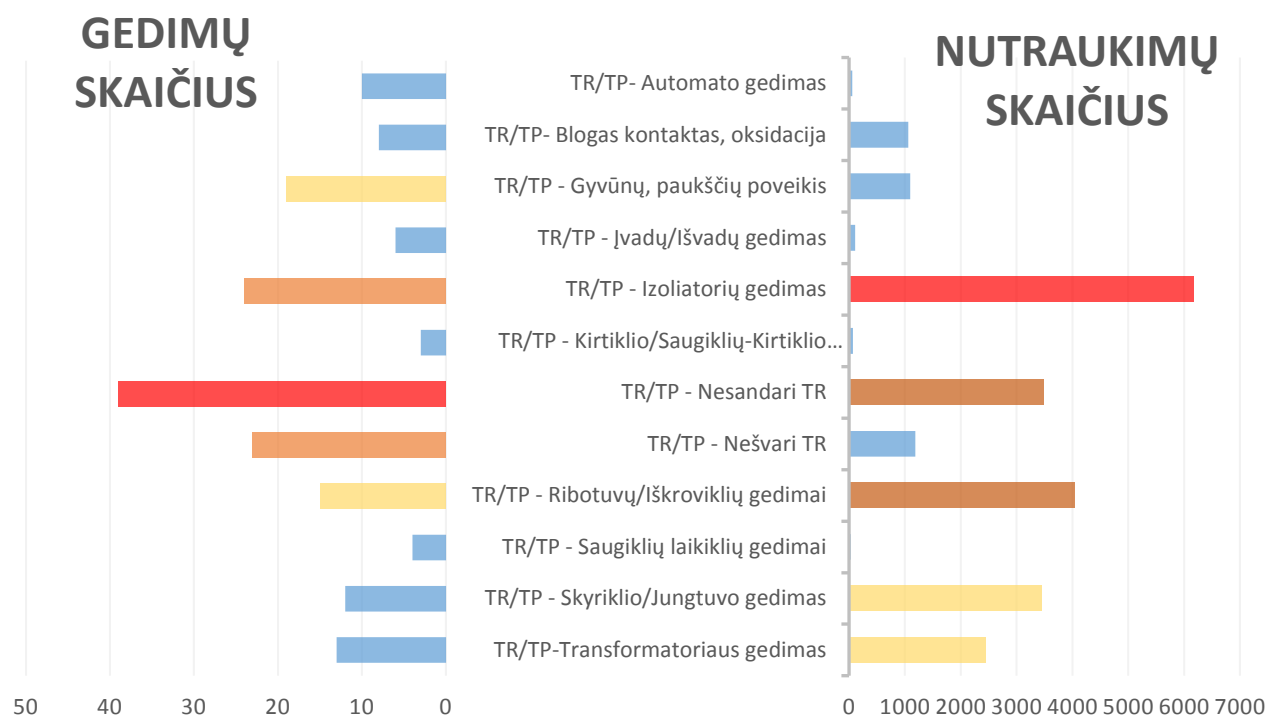
Remiantis 38 pav., matome kabelių bendrą ilgį eksploatacijoje pagal kabelio tipą. Taip pat atskirti kabeliai, kurie yra labiau linkę, sugesti, t.y. raudona spalva pažymėti alyviniai kabeliai, mėlyna sausa izoliacija. Alyviniai kabeliai lemia didesnę įtaką patikimumo rodikliams.

### 2.2.7. Gedimų pasiskirstymas transformatorių pastotėse

2019 metais Klaipėdos regiono transformatorių pastotėse ir ar transformatorinėse įvykę gedimai suskirstant pagal sutrikimo priežastis pateikiami 9 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas TR ir TP“ ir grafiškai 39-40 pav.

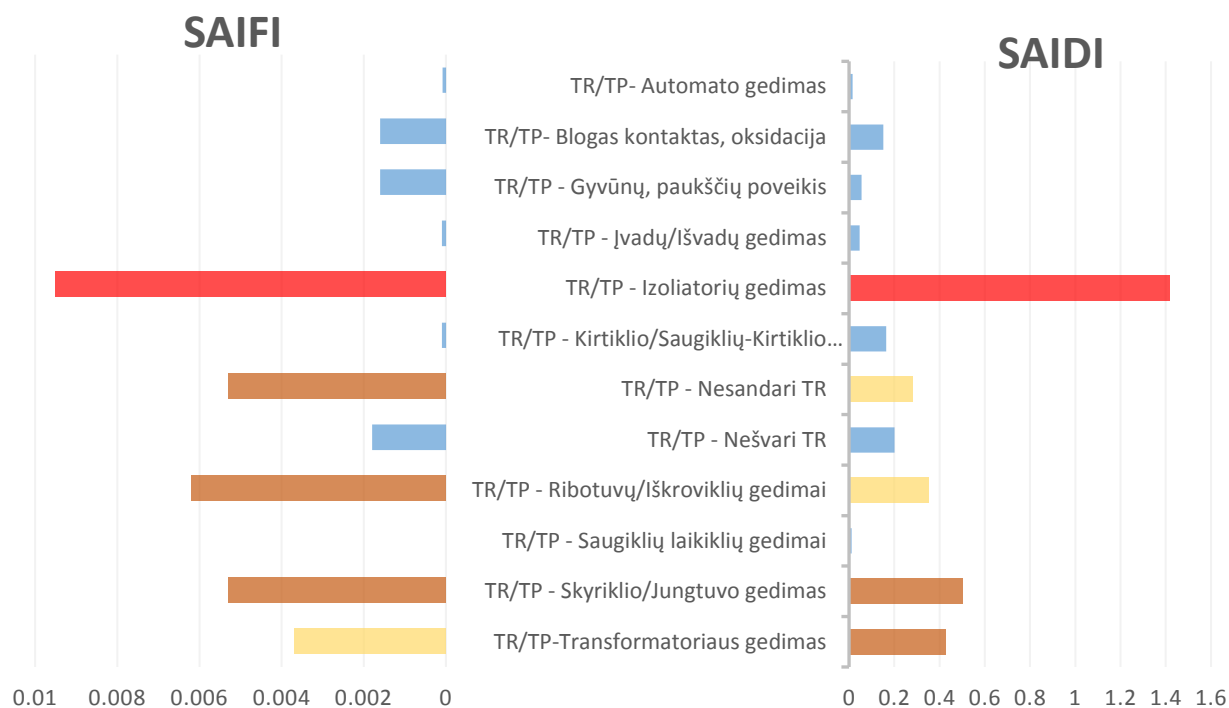
9 lentelė. Gedimų pasiskirstymas TR ir TP

Gedimo vieta transformatorinėje	Gedimų Skaičius	Nutraukimų skaičius	SAIFI	SAIDI
TR/TP-Transformatoriaus gedimas	13	2449	0,0037	0,4261
TR/TP - Skyriklio/Jungtuvo gedimas	12	3451	0,0053	0,5035
TR/TP - Saugiklių laikiklių gedimai	4	30	0,0000	0,0117
TR/TP - Ribotuvų/Iškroviklių gedimai	15	4030	0,0062	0,3523
TR/TP - Nešvari TR	23	1186	0,0018	0,2006
TR/TP - Nesandari TR	39	3477	0,0053	0,2823
TR/TP - Kirtiklio/Saugiklių-Kirtiklio gedimas	3	67	0,0001	0,1639
TR/TP - Izoliatorių gedimas	24	6161	0,0095	1,4158
TR/TP - Įvadų/Išvadų gedimas	6	107	0,0001	0,04685
TR/TP - Gyvūnų, paukščių poveikis	19	1097	0,0016	0,0547
TR/TP- Blogas kontaktas, oksidacija	8	1059	0,0016	0,1520
TR/TP- Automato gedimas	10	56	0,0000	0,0162
viso	178	23184	0,0358	3,6266



39 pav. Gedimų ir nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas transformatorinėse pagal sutrikimo vietą

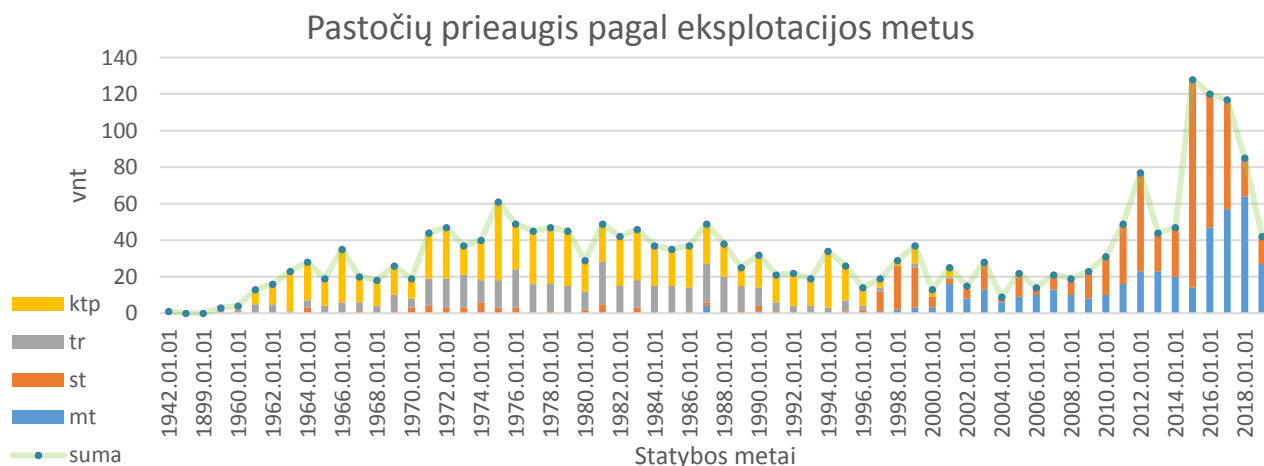




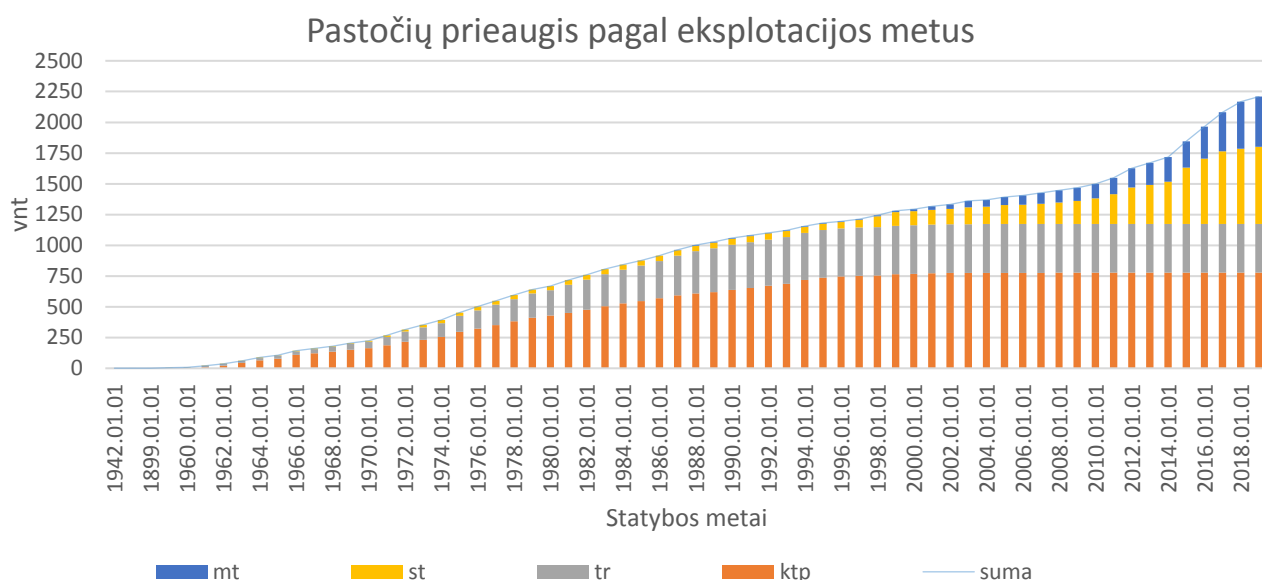
40 pav. SAIFI ir SAIDI skaičiaus pasiskirstymas transformatorinėse pagal sutrikimo vietą

Iš 9 lentelės galime pastebėti, kad didžiausią gedimų dalį transformatorių pastotėse ir transformatorinėse sudaro nesandarumai, nešvarumai, ir gyvūnų sukelti gedimai. Dažniausiai įvykstančių gedimų procentinis pasiskirstymas 22, 14, 13, 11, 8 procentų. Tačiau, didžiausią dalį SAIDI ir SAIFI rodiklių dalį sąlygoja izoliatorių, ribotuvų/iškroviklių, komutacinės įrangos gedimai. Pagrindinė priežastis ta, kad šiems dėl gedimų transformatorių pastotėse ir transformatorinėse, padaroma žala įrangai, be to nutraukiamas elektros energijos tiekimas labai dideliems kiekiam vartotojų, o dėl reikalingo įrangos patirtos žalos atstatymo, elektros energijos tiekimo atkurimo laikas dažniausiai būna ilgesnis nei 30 minučių.

Gedimų intensyvumą gali nulemti tinklo elementų amžius. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo transformatorinių eksploatavimo pradžia, išskirstant pagal metus, pateikta 41 pav., o Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo bendras transformatorinių kiekis, išskirstant pagal metus ir įtampa, pateiktas 42 pav.



41 pav. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo TR pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus



**42 pav.** Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo bendras TR pasiskirstymas pagal eksploatacijos metus

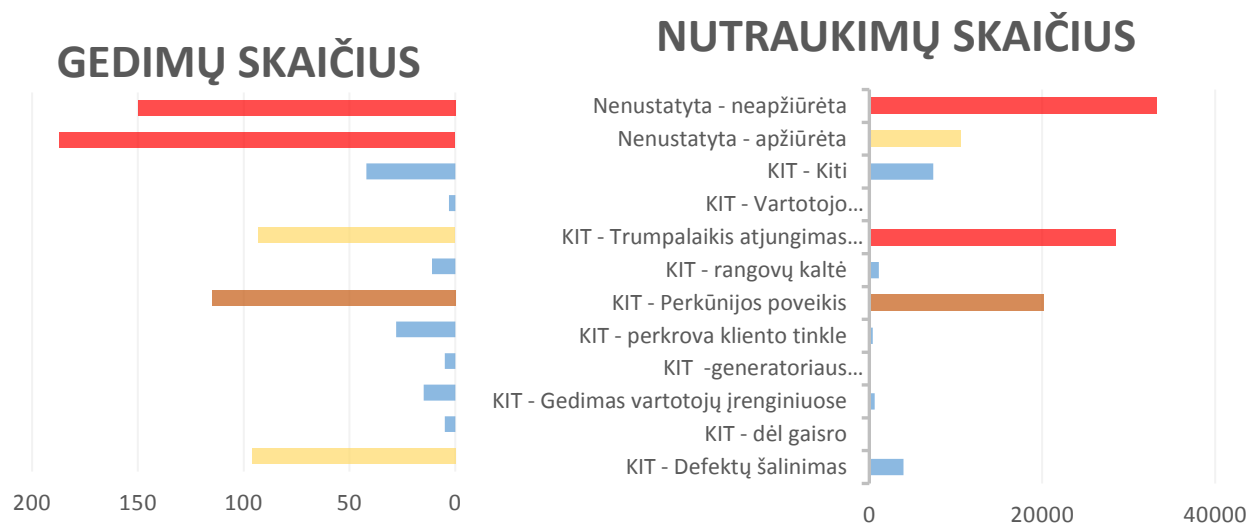
Kaip matome iš 41 ir 42 paveikslėlių, galima išskirti kelis transformatorinių plėtros etapus. Dauguma transformatorinių įrengta 1960m - 2000m, kreivė buvo nuožulni. Kreivės statumas išaugo 2010m ir plėtra suintensyvėjo. Galime pastebėti, kad nuo 1994m sumažėjo „KTP“ ir „TR“ tipo transformatorinių įrengimo apimtys, o 2004m visai sustojo, ir kad nuo 1994m išaugo „ST“ transformatorinių įrengimas. Taip pat galime pastebėti, kad nuo 2004m suintensyvėjo „MT“ tipo transformatorinių statyba.

### 2.2.8. Kiti gedimai

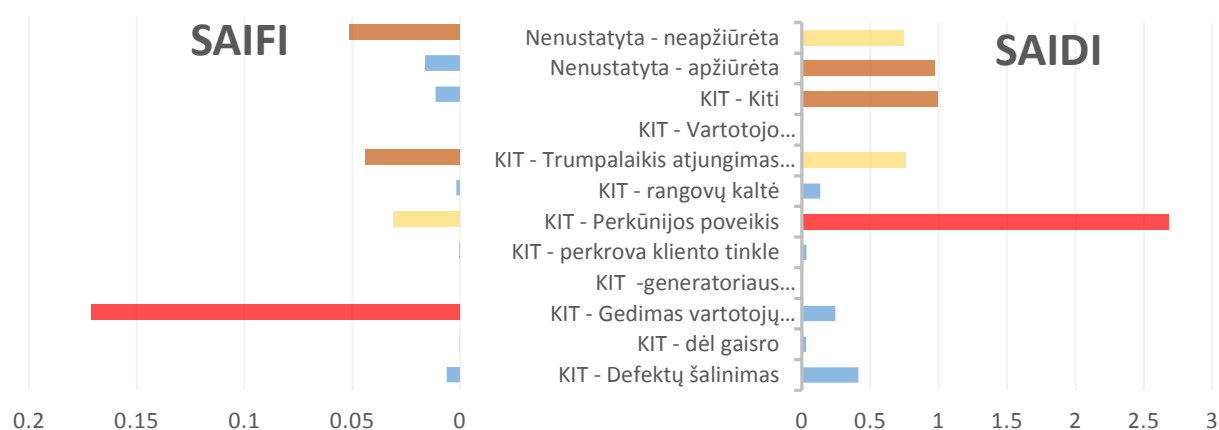
2019 metais Klaipėdos regione kiti įvykę gedimai suskirstant pagal sutrikimo priežastis pateikiami 10 lentelėje „Kitų gedimų pasiskirstymas“ ir grafiškai 43-44 pav.

**10 lentelė.** Kitų gedimų pasiskirstymas

Gedimo vieta	Gedimų Skaičius	Nutraukimų skaičius	SAIFI	SAIDI
KIT - Defektų šalinimas	96	3953	0,0061	0,4144
KIT - dėl gaisro	5	78	0,0001	0,0314
KIT - Gedimas vartotojų įrenginiuose	15	617	0,1710	0,2459
KIT -generatoriaus pajungimas/atjungimas	5	51	0,0000	0,0031
KIT - perkrova kliento tinkle	28	391.5	0,0004	0,0337
KIT - Perkūnijos poveikis	115	20156	0,0311	2,6791
KIT - rangovų kaltė	11	1083	0,0016	0,1342
KIT - Trumpalaikis atjungimas įžemėjimo paieškai	93	28476	0,0440	0,7567
KIT - Vartotojo atjungimas/prijungimas	3	39	0,0000	0,0055
KIT - Kiti	42	7400	0,0114	0,9931
Nenustatyta - apžiūrėta	187	10554	0,0163	0,9713
Nenustatyta - neapžiūrėta	150	33267	0,0514	0,7408
Viso- nenustatyta	337	43821	0,0677	1,7121
Iš viso	750	105980	0,1639	7,0094



43 pav. Gedimų ir nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas tarp „kiti“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą



44 pav. SAIFI ir SAIDI skaičiaus pasiskirstymas tarp „kiti“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą

„Kita“ apima rečiau pasitaikančius gedimus - relinės ir apsaugų, šynų, iškroviklių, savų reikmių transformatorių, įtampos transformatorių, nulinės sekos transformatorių ir panašius, perkūnijos, skubius defektų šalinimus, avarinius generatoriaus prijungimus - atjungimus, gaisrus.

Remiantis pateiktais duomenimis, matome, kad didžiausią gedimų dalį tarp klasifikatoriaus kiti sudaro perkūnijos poveikio ir įžemėjimo paieškos atjungimai – gedimai, atitinkamai – 15 ir 12 procentų. Šie gedimai sąlygoja didžiausią dalį SAIDI ir SAIFI rodiklių, taip pat nemažai prisideda gedimai vartotojų vidaus tinklo abonentiniuose įrenginiuose. Verta paminėti, kad nenustatytos priežasties gedimai taip pat daro didelę įtaką rodikliams. Pagrindinė priežastis - tokie gedimai yra trumpalaikės trukmės, jie nutraukia elektros energijos tiekimą labai mažiems kiekiams klientų ir atstatymo laikas dažniausiai būna ilgesnis nei 10 minučių. Išimtiniai atvejai, nenustatyti trumpalaikiai gedimai 10kV tinkle, - tai dažnai pasikartojantys gedimai, iššaukiantys kitus gedimus.

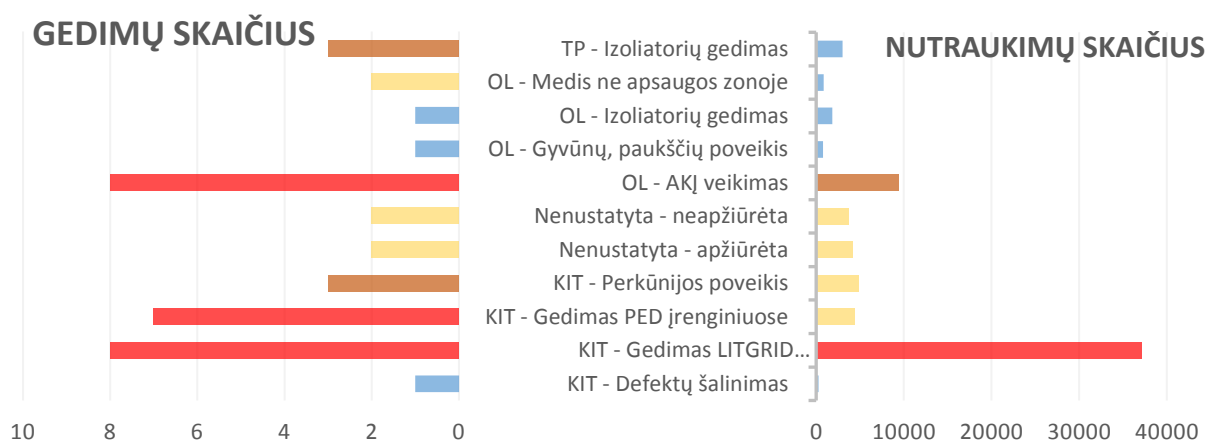
## 2.2.9. 35-110kV įrenginių gedimai

Verta atkreipti dėmesį į gedimus, įvykstančius 35-110kV tinkle. Tokie gedimai nedažni, tačiau dėl jų įtakos dideliame vartotojų skaičiui ir poveikio rodikliams į juos negalima nekreipti dėmesio. Kai kurių tokio tipo gedimų įtaką rodikliams įmanoma sumažinti, pagerinus skirstomąjį 10kV tinklą, įdiegus šiuolaikiškus sprendimus, tokius, kaip televaldomi komutaciniai įrenginiai, trumpo jungimo

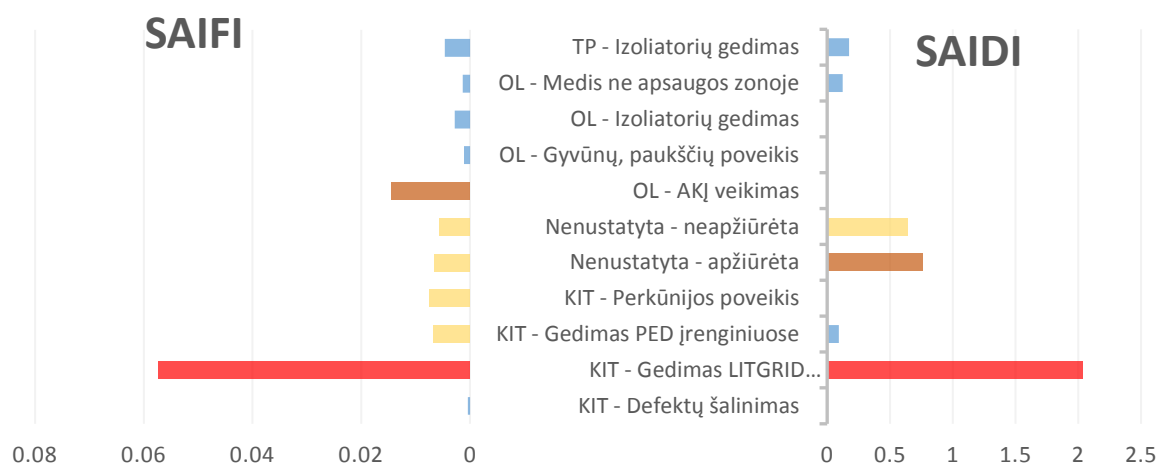
indikatoriai, avarinės automatikos, tokios kaip save gydančio tinklo logika. Gedimų pasiskirstymas 35-110kV įrenginiuose pagal gedimo vietą 2019 metais Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomajame tinkle pateiktas 11 lentelėje „Gedimų pasiskirstymas 35-110kV įrenginiuose“ ir grafiškai 45-46 paveiksle.

**11 lentelė.** Gedimų pasiskirstymas 35-110kV įrenginiuose

Gedimo vieta	Gedimų Skaičius	Nutraukimų skaičius	SAIFI	SAIDI
KIT – Defektų šalinimas	1	288	0,0004	0,0008
KIT - Gedimas LITGRID įrenginiuose	8	37140	0,0574	2,0358
KIT - Gedimas PED įrenginiuose	7	4347	0,0067	0,0939
KIT - Perkūnijos poveikis	3	4873	0,0075	0
Nenustatyta - apžiūrėta	2	4212	0,0065	0,7608
Nenustatyta - neapžiūrėta	2	3681	0,0056	0,6387
OL - AKJ veikimas	8	9415	0,0145	0
OL - Gyvūnų, paukščių poveikis	1	770	0,0011	0
OL - Izoliatorių gedimas	1	1830	0,0028	0,0054
OL - Medis ne apsaugos zonoje	2	860	0,0013	0,1241
TR - Izoliatorių gedimas	3	3012	0,0046	0,1741
Iš viso:	38	70428	0,1084	3,8336



**45 pav.** Gedimų ir nutraukimų skaičiaus pasiskirstymas tarp „35-110kV“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą



**46 pav.** SAIFI ir SAIDI skaičiaus pasiskirstymas tarp „35-110kV“ klasifikatoriaus pagal gedimo vietą

Remiantis duomenimis, matome, kad didžiausią gedimų dalį transformatorių pastotėse ir oro linijose sudaro AKĮ veikimo, pastočių įrangos, perdavimo tinklo operatoriaus įrenginių gedimai ir sutrikimai. Atitinkamai šie gedimai sudaro 21, 18, 21 procentus. Verta išskirti gedimą perdavimo tinklo įrenginiuose. Tokie gedimai nutraukia elektros energijos tiekimą labai dideliems kiekiams klientų ir atstatymo laikas dažniausiai būna ilgesnis nei 30 minučių. Elektros energijos atstatymas užtrunka dėl personalo kiekio reikalingo įvykdyti perjungimus įrenginiais kurie reikalauja tiesioginio operavimo jais, t.y. televaldymui nėra galimybės.

## 2.2.10. Skyrelių 2.2.1. - 2.2.9. apibendrinimas

Remiantis ištirtais 2.2.1.-2.2.9. skyrelių duomenimis, matome, kad 10 kV gedimai sudarė 31,24 procentus visų gedimų, tačiau lemia net 89,7 procentus SAIFI rodiklio ir 76,9 procentus SAIDI rodiklio Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019 metais, arba lyginant su visu regionu 10,6 procentus visų gedimų, tačiau lemia net 20,9 procentus SAIFI rodiklio ir 22,3 procentus SAIDI rodiklio. Taip pat nustatyta, kad didžiausia dalis gedimų skirstomajame tinkle įvyksta oro linijose – 59,2 procentų visų gedimų ir tai lemia 41,3 procentus SAIFI rodiklio ir 61,5 procentus SAIDI rodiklio. Verta paminėti klasifikatoriaus kiti du tipus gedimų, tai yra perkūnijos poveikis ir trumpalaikis atjungimas įžemėjimo paieškai, kurie kartu sudaro 7,2 procentus visų gedimų ir 17 procentų SAIFI bei 8,6 procentus SAIDI rodiklio pietvakarių skirstomajame tinkle. Be to, šie gedimai dominuoja oro linijose. Daroma išvada, kad nustatant priemonių, kuriomis siekiama efektyviai pagerinti skirstomojo tinklo patikimumo SAIFI ir SAIDI rodiklius, reikia analizuoti 10 kV oro linijų tinklą. Todėl, trečiame šio darbo skyriuje „SAIFI ir SAIDI rodiklių gerinimo priemonių analizė“ bus skirtos aukštos įtampos oro linijų tinklui gerinimui siekiant pagerinti patikimumą.

## 2.3. Klaipėdos regiono pietvakarių elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m turėjusios didžiausią įtaką rodikliams

Remiantis 2019m atsijungimais atrenkamos oro linijos, turėjusios daugiau kaip n=10 atsijungimus. Šios linijos atvaizduotos 12 lentelėje „Pietvakarių skirstomojo tinklo oro linijos turėjusios daugiau kaip 10 atsijungimus“.

12 lentelė. Pietvakarių skirstomojo tinklo oro linijos, turėjusios daugiau kaip 10 atsijungimus

Tinklas	Transformatorių pastotė	Linija	atsijungimai, n	OL magistralės ilgis, km	OL bendras ilgis, km	Vartotojų skaičius	Transformatorinių skaičius
Šilutė	Švėkšna	L-600	10	26,021	41,259	339	25
Šilalė	Laukuva	L-500	27	10,233	17,667	190	20
Šilalė	Laukuva	L-100	24	8,068	18,187	155	13
Šilalė	Šilalė	L-800	20	22,068	43,179	499	35
Šilalė	Šilalė	L-400	14	22,957	34,914	504	30
Šilalė	Laukuva	L-200	14	9,866	16,476	94	12
Šilalė	Kaltinėnai	L-600	11	16,696	37,215	363	33
Šilalė	Pajūris	L-600	10	15,334	16,628	160	17
Tauragė	Taurai	L-700	19	21,262	46,426	658	37
Tauragė	Taurai	L-300	13	19,064	50,205	443	41

### 2.3.1. Klaipėdos regiono pietvakarių elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m nulėmusios didžiausias dedamąsias SAIFI rodikliui

Pagal SAIFI rodiklį didžiausią dedamąją turėjusios 10 kV oro linijos pateiktos 13 lentelėje „Didžiausią dedamąją SAIFI rodikliui turėjusios linijos“.

13 lentelė. Didžiausią dedamąją SAIFI rodikliui turėjusios linijos

Transformatorių pastotė	Linija	atsijungimai, n	SAIFI	SAIFI įtaka, %	OL magistralės ilgis, km	OL bendras ilgis, km	vartotojų skaičius	Transformatorinių skaičius
Taurai	L-700	19	0,0178	4,2%	21,262	46,426	658	37
Šilalė	L-400	14	0,0118	2,8%	22,957	34,914	504	30
Šilalė	L-800	20	0,0087	2,0%	22,068	43,179	499	35
Taurai	L-300	13	0,0084	2,0%	19,064	50,205	443	41
Laukuva	L-500	27	0,0083	2,0%	10,233	17,667	190	20
Švėkšna	L-600	10	0,0058	1,4%	26,021	41,259	339	25
Kaltinėnai	L-600	11	0,0056	1,3%	16,696	37,215	363	33
Laukuva	L-100	24	0,0053	1,2%	8,068	18,187	155	13
Pajūris	L-600	10	0,0031	0,7%	15,334	16,628	160	17
Laukuva	L-200	14	0,0018	0,4%	9,866	16,476	94	12

Išanalizavus pateiktus duomenimis, matome, kad dešimt 10 kV oro linijų, turėjusių didžiausias dedamąsias SAIFI rodikliui, sudaro 18,0 procento viso Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIFI rodiklio. Šios linijos per metus turėjo 162 atsijungimus, t.y. 5,67 procento visų gedimų pietvakarių tinkle. Tai parodo, kad šios linijos yra problematiškos ir sudarydamos nedidelę dalį gedimų, santykinai sąlygoja beveik penktadalį SAIFI rodiklio.

### 2.3.2. Klaipėdos regiono pietvakarių elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m nulėmusios didžiausias dedamąsias SAIDI rodikliui

Pagal SAIDI rodiklį didžiausią dedamąją turėjusios 10 kV oro linijos pateiktos 14 lentelėje „Didžiausią dedamąją SAIDI rodikliui turėjusios linijos“.

14 lentelė. Didžiausią dedamąją SAIDI rodikliui turėjusios linijos

Tinklas	Transformatorių pastotė	Linija	atsijungimai, n	SAIDI	SAIDI įtaka, %	OL, magistralės ilgis, km	OL bendras ilgis, km	Vartotojų skaičius	Transformatorinių skaičius
Šilalė	Šilalė	L-400	14	0,6616	1,66%	22,957	34,914	504	30
Šilalė	Laukuva	L-100	24	0,3634	0,91%	8,068	18,187	155	13
Šilalė	Pajūris	L-600	10	0,2431	0,61%	15,334	16,628	160	17
Šilutė	Švėkšna	L-600	10	0,1803	0,45%	26,021	41,259	339	25
Šilalė	Laukuva	L-200	14	0,1104	0,28%	9,866	16,476	94	12
Šilalė	Laukuva	L-500	27	0,0877	0,22%	10,233	17,667	190	20
Tauragė	Taurai	L-700	19	0,0437	0,11%	21,262	46,426	658	37
Šilalė	Kaltinėnai	L-600	11	0,0341	0,09%	16,696	37,215	363	33
Šilalė	Šilalė	L-800	20	0,0298	0,07%	22,068	43,179	499	35
Tauragė	Taurai	L-300	13	0,0219	0,05%	19,064	50,205	443	41

Išanalizavus pateiktus duomenimis, matome, kad dešimt 10 kV oro linijų, turėjusių didžiausias dedamąsias SAIDI rodikliui, sudaro tik 4,44 procento viso Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo 2019m SAIDI rodiklio. Šios linijos per metus turėjo 162 atsijungimus, t.y. 5,67 procento visų gedimų. Tai parodo, kad šios linijos yra problematiškos ir sudarydamos nedidelę dalį gedimų, santykinai vienodai sąlygoja įtaką SAIDI rodikliui. Taip galimai nutinka dėl geografinio linijų išsidėstymo.

### **2.3.3. Klaipėdos regiono elektros skirstomojo tinklo oro linijos 2019m turėjusios didžiausias dedamąsias patikimumo SAIFI ir SAIDI rodikliams**

Iš 2.3.1. ir 2.3.2. skyrelių sugrupuojame dešimt linijų, labiausiai sąlygojančių SAIFI ir SAIDI rodiklius. Visos linijos sugrupuotos pagal mažėjančią įtakos dalį.

Iš šių linijų galima pastebėti, kad pirmaujančios oro linijos pagal SAIFI rodiklį ne visuomet pirmauja pagal SAIDI rodiklį ir atvirkščiai, galima daryti prielaidą, kad SAIFI ir SAIDI rodikliai nėra tiesiogiai susiję.

Tą nulemia trumpalaikiai atjungimai, svyruojantis vartotojų skaičius tarp skirtingų linijų, geografija, linijos ilgis, valdomų prietaisų kiekiai, teleindikacijos prietaisų kiekiai.

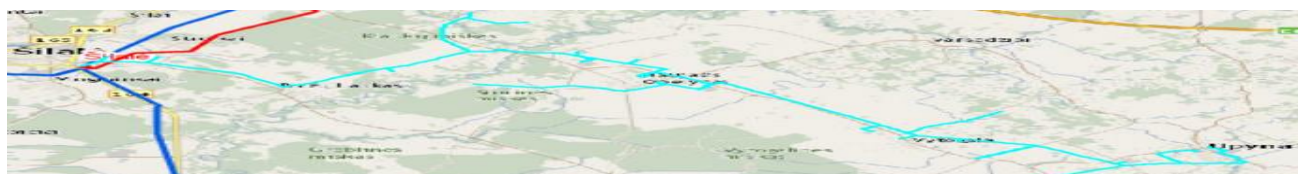
Svarbu atkreipti dėmesį, kad dešimt 10kV oro linijų nulėmė 18 procentų SAIFI, 4,44 procento SAIDI, 5,6 procentus visų gedimų, įvykusių Klaipėdos pietvakarių skirstomajame tinkle 2019m.

Siekiant efektyviai gerinti skirstomojo tinklo patikimumą, reikia išskirti linijas, kurios daugiausiai sąlygojo abejus stebimus patikimumo rodiklius (SAIDI ir SAIFI). Pagal didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams turėjusios 10 kV oro linijos yra:

Šilalės L-400, didžiausias SAIDI rodiklis – 1,6 procento, SAIFI svoris beveik 3 procentai, bendras OL ilgis beveik 35km, tiekama elektra 504 vartotojams, 14 atsijungimų. Svarbu atkreipti dėmesį, kad ši linija turi ryšį su Kaltinėnai L-600, kuri taip pat yra sąrašė, kaip daranti didelę įtaką rodikliams. Taurai L-700, didžiausias SAIFI rodiklis – 4,2 procento, SAIDI rodiklis vidutinis, bendras OL ilgis, vienas didžiausių 46km. Elektra tiekama 658 vartotojams, net 19 įvykusių atsijungimų. Svarbu paminėti, kad geografiškai linija ne vieną kartą kerta Jūros upę, kas apsunkina gedimų nustatymą ir šalinimą, be to, linija turi ryšį su Pajūrio L-600, kuri taip pat turi didelę įtaką rodikliams, dalis linijos maitina linijos Tauragės L-400 vartotojus.

Laukuva L-100, 27 atsijungimai, pagal SAIFI rodiklį vidutiniokas – 1,25 procento, pagal SAIDI rodiklį antra vieta beveik 1 procentas. Elektra tiekama 155 vartotojams, bendras OL ilgis 18 km. Svarbu paminėti, kad dideliame SAIDI rodikliui įtakos galimai turėjo didelis kiekis seno tipo komplektinių Minsko transformatorių, gedimai dominavo jose, buvo daugkartiniai linijos pakartotiniai įjungimai, dauguma atvėjų sėkmingi.

Tai parodo, kad šios linijos yra problematiškiausios ir siekiant efektyviai gerinti rodiklius, joms turi būti skiriamas pirmumas priemonių paieškai ir pritaikymui. Toliau darbe bus tiriama daugiausiai rodiklius sąlygojusi linija - Šilalės transformatorių pastotės L-400 Obelynas. Šios linijos trasa pateikta 47 paveikslėlyje žemiau. Tačiau Linija Taurai L-700 nebus vertinama dėl to, jog ši linija dalinai maitina Tauragės L-400 pastotes, dėl to išsikreipia duomenys ir linija nevertinama.



47 pav. Šilalės TP L-400 linija



### 3. Patikimumo gerinimo priemonių analizė

Šiame skyriuje nėra įvertinama įranga kure būtina rekonstruoti dėl nusidėvėjimo lygio. Pagrindinis tikslas - įvertinti papildomas priemones, kurios gali efektyviai pagerinti tinklo patikimumą, jo rodiklius SAIFI ir SAIDI. Šiame skyriuje bus įvertintos priemonės kurias gali pritaikyti skirstomojo tinklo operatorius „ESO“ informacija apie priemones gauta iš ESO duomenų santraupos, bei bus apžvelgtos kelios priemonės kitų skirstomojo tinklo operatorių. Įvertinamos ESO priemonės: „oro linijų rekonstravimas kabelinėmis linijomis“, „oro linijų rekonstravimas oro kabelinėmis linijomis“, „oro linijos jungtuvo įterpimas ir save gydančio tinklo logikos įdiegimas“, „atkabiklio įterpimas oro linijose“, „neperiodinis oro linijų trasų valymas nuo įaugusios augmenijos“, „ilgos linijos padalinimas, įterpiant naują modulinę transformatorinę“, „normalių atskyrimų keitimas“ [4]. Taip pat įvertinamos kitų skirstomojo tinklo operatorių inovatyvios priemonės gerinti patikimumui: trumpo jungimo indikatorių panaudojimas oro linijose, FLIR (gedimo vietos nustatymo, izoliacijos ir elektros atstatymo), APRS sistema. Sumani apskaita, realaus laiko trumpo jungimo indikatoriai, televaldymo išplėtimas. Iš esmės nutarta skyriuje nagrinėti tik priemones, skirtas 10 kV įtampos oro linijų tinklui gerinti, siekiant pagerinti patikimumo (SAIFI ir SAIDI) rodiklius.

#### 3.1. Energijos skirstymo operatoriaus investicijos į elektros skirstomąjį tinklą Lietuvoje

Remiantis ESO duomenimis, - „Energijos skirstymo operatorius“ 2018 metais investavo į skirstomojo tinklo patikimumo didinimą, operatoriaus investicijos į elektros skirstomuosius tinklus buvo istorinės – siekė daugiau nei 214,1 milijonus eurų, o tai lėmė ne tik išaugusios rangos darbų kainos, bet ir ūgtelėjęs naujų, elektros energiją naudojančių, klientų skaičius[4]. Naujausia „ESO“ 2030 strategija ir „ESO“ 2019-2028 investicijų planas rodo ambicingus tikslus, iki 2028m planuojama į elektros tinklus skirti 1,56 mlrd. Eurų [16,17].

#### 3.2. Patikimumo rodiklių „SAIFI“ ir „SAIDI“ rodiklių gerinimo metodai

##### 3.2.1. Oro linijų trasos valymas nuo augmenijos

Remiantis „ESO“ duomenimis - oro linijų trasų valymas nuo augmenijos, medžių genėjimas ir pjovimas siekiant didinti tinklo patikimumą, naudojamas nuo elektros tinklo įrengimo pradžios[4]. Pagrindinis pokytis – Lietuvos skirstomojo tinklo operatorius yra atsisakė savo brigadų atsakingų už medžių genėjimą ir dažniausiai šiuos darbus perduoda rangovinėms organizacijoms, o smulkius ruožus atlikti operatyvinėms brigadoms tarp gedimų šalinimo. Vieno oro linijos trasos kilometro išvalymo kaina priklauso nuo reikalingo pašalinti augmenijos tūrio bei kitų sąlygų[4]. Metodo įvertinimas 48 pav.

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
gali būti greitai išvalomi linijos „karštieji ruožai“ ir sumažinama tikimybė atsijungti linijai dėl ruožo, kuris sudaro didžiąją dalį linijos atsijungimų.	trasų valymas negarantuoja, kad sutvarkytoje tinklo dalyje neįvyks gedimai, nes didesni medžiai gali virsti ant linijos iš už apsaugos, ir proskynos zonos, ši priemonė yra trumpalaikė.	kaina priklauso nuo linijos ilgio, kilometrui iki 4 500 eur.	Priemonė trumpalaikė, vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra ribotas, bet svarstytinas.

48 pav. Neperiodinio oro linijų trasų valymo metodo įvertinimas



### 3.2.2. Normalių schemos nutraukimų korekcija

Dar viena „ESO“ naudojama priemonė - normalių atskyrimų korekcija. Tai komutacinių aparatų, kurie normaliu tinklo darbo režimu yra laikomi atjungtais ir kurie atskiria du maitinimo šaltinius (ne visais atvejais atskirtas maitinimo šaltinis yra nepriklausomas ir gali būti iš kito, netoli esančio skirstomojo tinklo taško). Normalūs nutraukimai suteikia galimybę personalui atliekant perjungimus izoliuoti gedimo vietas, permaitinant dalį arba visus paveiktus klientus. Normalūs nutraukimai parenkami, statant naują tinklo dalį arba vykdant tinklo rekonstrukcijas. Tačiau skirstomasis tinklas nuolatos vystos, atsiranda nutraukimų, kurie tinkamai neišskiria tinklo į du panašaus patikimumo ir klientų skaičiaus dalis. Tą sąlygoja prijungti nauji klientai, minimalūs tinklo įrenginių pakeitimai, senėjantis tinklas ar dėl atsiradusių kitų sąlygų pabloginusių tinklo dalies patikimumą. Atsiranda butinybė peržiūrėti tinklų nutraukimus, surasti vietas, kuriose, pakeitus nutraukimą, būtų eliminuojama gedimo įtaka patikimumo rodikliams. Tai pasiekama koreguojant vartotojų skaičių tarp nutraukimų[4]. Metodas įvertintas 49 pav.

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
Darbą atlieka skirstomojo tinklo darbuotojai. Teisingai pritaikius - gali efektyviai mažinti gedimų įtaką rodikliams.	Panaudojimas yra labai ribotas, nes efektyviai ir tinkamai pakeisti atskyrimą galima palyginus retais atvejais; šiam darbui reikalingos darbuotojų kompetencijos, nes galima pabloginti tinklo būklę. Šis metodas nemažina gedimų skaičiaus tinkle ir nedidina bendro tinklo patikimumo, o tik paskirsto atsijungiančius klientus tarp skirtingo patikimumo linijų.	Nereikalauja didelių papildomų investicijų. Bendro pobūdžio kintamos išlaidos kuriai nevertinamos, kadangi atliekama įmonės personalo normalaus darbo metu.	Vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra labas ribotas, tačiau periodinis tinklo atskyrimų peržiūrėjimas turėtų būti vykdomas.

49 pav. Normalių atskyrimų keitimo įvertinimas

### 3.2.3. Trumpo jungimo indikatorių įrengimas su tiesioginiu ryšiu į ADVS

Vis dažniau ši priemonė diegiama ir naudojama skirstomuosiuose tinkluose. Priemonė nemažina gedimų tinkle. Tačiau padeda operatyviau nustatyti gedimo vietą, sparčiau pašalinti gedimą, kas lemia geresnius SAIDI. Taip pat atsiranda galimybė panaudoti išmanaus tinklo sprendimuose, kaip APRS automatikos dalį. Technologija nėra labai jauna, trumpo jungimo indikatoriai nuo seno naudojami kabelinėse linijose, jie pradėti naudoti ir oro linijose, bet, atsiradus ryšio priemonėms, populiarėja indikatoriai su ryšio modemais kurie realiu laiku perduoda duomenis į SCADA. Metodas įvertintas 15 lentelėje.

15 lentelė. Trumpo jungimo indikatorių įrengimo įvertinimas

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
Suteikia galimybę sužinoti defektinį ruožą po AKĮ poveikio. Ši įranga suteikia galimybę realiu laiku matyti po jungtuvo atsijungimo tinklo dalį, kurioje yra gedimas – trumpasis jungimas, atitinkamai priimant efektyvesnius sprendimus atstatyti elektros tiekimui.	Tiesiogiai nedidina tinklo patikimumo ir nemažina gedimų kiekio, tačiau gali gerinti SAIDI rodiklį. Gali padėti sparčiau, po sėkmingo AKĮ, ar sėkmingo prijungimo linijos televaldymu, surasti defektinę tinklo vietą, taip padedant greičiau pašalinti defektus lemiančius SAIFI rodiklį.	Kaina priklausomai nuo funkcijų kiekio, tipo su įrengimu, projektavimu ir medžiagomis vidutiniškai kainuoti 2500 Eur.	Vis plačiau taikomas metodas, santykinai nereikalaujantis didelių investicijų. Skaitmenizuojant tinklo valdymą, didinant televaldomų įrenginių kiekį, siekiant sumažinti SAIDI ir santykinai SAIFI rodiklius vertas naudoti.

### 3.2.4. Oro linijų rekonstravimas kabelinėmis oro linijomis

Remiantis „ESO“ duomenimis, - aukštesnėje nei 0,4kV (Lietuvoje) retai sutinkama priemonė gerinti tinklo patikimumui, yra oro linijų rekonstravimas pakeičiant į kabelines oro linijas. Ši technologija pradėta taikyti gerokai vėliau, dėl to nėra plačiai naudojama tinkle ir sudaro labai mažą procentą elektros skirstomojo tinklo dalies. Oro linijų kabeliai yra ilgaamžiški ir įprastomis eksploataavimo sąlygomis gali tarnauti nuo 20 iki 30 metų, priklausomai nuo kabelio rūšies[4]. Metodas įvertintas 50 pav.

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
ilgaamžiškumas, greitesnis įrengimas nei požeminės kabelių linijos, mažesnė kaina už požeminę kabelinę liniją, galimybė greitai pašalinti išorinių veiksnių (jaugusi nestambi augmenija, vėjas, paukščiai, ir kiti gyvūnai) tikimybę sutrikdyti elektros energijos tiekimą.	patikimumo pagerinimas yra mažesnis nei požeminių kabelinių linijų, kaina taip pat tiesiogiai priklauso nuo tinklo ilgio, neapsaugo nuo stambesnių medžių ar žmonių poveikio nutraukti liniją, nuversti ar pažeisti atramas.	kaina vidutiniškai siekia 15500 eurų už 10 kV linijos kilometrą, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą, bet be atramų keitimo. Palyginimui - 1 kilometrą 10 kV oro linijos, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą, bet be atramų keitimo vidutiniškai kainuoja 13000 eur.	Vis plačiau taikomas metodas, dėl konkurencingos kainos su oro linijų keitimo į kabelines linijas. Tikslinga naudoti ne urbanizuotose teritorijose, dėl mažesnių investicijų.

50 pav. Oro linijų keitimas kabelinėmis oro linijomis, metodo įvertinimas

### 3.2.5. Oro linijų rekonstravimas kabelinėmis linijomis

Dar viena priemonė plačiai naudojama „ESO“ - gerinti tinklo patikimumui, yra oro linijų keitimas į KL. Kabelių klojimas yra nuo seno taikoma technologija. Kabeliai yra ilgaamžiški ir įprastomis eksploataavimo sąlygomis gali tarnauti nuo 30 ir daugiau metų[4]. 2019 metais tik 31,2 procento. Lietuvos skirstomojo elektros tinklo sudarė kabelinės linijos, kurių didžioji dalis yra miestuose. Miškuose kabelinės linijos 2019 metais sudarė tik 29,9 procentus. Tai palieka dideles galimybes gerinti tinklus miškingose užmiesčio vietovėse[4]. Metodas įvertintas 51 pav..

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
ilgaamžiškumas, efektyvus patikimumo pagerinimas, pašalinamos galimybės išoriniams veiksniams sutrikdyti elektros energijos tiekimą, kraštovaizdžio gerinimas.	didelė įrengimo kaina, tiesiogiai priklausanti nuo tinklo ilgio, atšakinėje linijoje sugedus kabeliui elektros energijos atstatymo laikas bus didesnis nei oro linijos.	Vidutiniškai kaina siekia 32000 eurų už 10 kV linijos kilometrą įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą (kaina gali kisti dėl skirtingo technologinio trasos išpildymo).	nėra plačiai naudojama tinkle dėl pagrindinės priežasties – kainos.

51 pav. Oro linijų keitimas kabelinėmis linijomis, metodo įvertinimas

### 3.2.6. Oro linijos jungtuvo įterpimas ir save gydančio tinklo įdiegimas

Viena naujesnių priemonių „ESO“ pradėjo naudoti yra - Oro linijos jungtuvo (angl. *Recloser*) įterpimas ir save gydančio tinklo įdiegimas Lietuvos skirstomajame tinkle. Save gydantis tinklas 2018 metais pradėjo veikti Kauno, Jonavos rajono tinkle. Šiuo metu oro linijos jungtuvų skaičius Lietuvos skirstomajame tinkle pasieks pirmąjį šimtą, tačiau save gydantis tinklas veikia tik keliose vietose[4]. Metodas įvertintas 52 pav.

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
Oro linijų jungtuvų ir save gydančio tinklo įrengimo privalumai – gali būti santykinai greitai įrengiami, įrengimo kaina nepriklauso nuo tinklo ilgio, didina tinkle esančių valdomų įrenginių kiekį, kuriais galima greičiau išskirti gedimo vietas ir sukurti tikimybę sumažinti SAIDI ir SAIFI rodiklius. Racionalu linijoms, kurios turi labai didelį kiekį klientų ir vienas linijos atsišūnimas sąlygoja labai didelį SAIFI ir SAIFI rodiklių pokytį. Priimtinesnis sprendimas labai ilgose linijose, kurios eina per miškingas teritorijas, arba linijose, kurios turi daug gendančių ruožų, dėl žemesnės kainos nei oro linijos rekonstravimas kabeliuojant.	Oro linijų jungtuvai nėra tokie ilgaamžiški ir patikimi kaip kabelinės linijos ir jų tarnavimo laikas yra gerokai mažesnis bei jiems reikalinga periodinė priežiūra. Ši priemonė nesumažina gedimų skaičiaus tinkle, o tik padeda greičiau išskirti pažeistą ruožą. Įvykus gedimui tarp jungtuvo ir maitinimo šaltinio vis tiek atsišūnys visa linija, to išvengti rekomenduotina linijoje įrengti bent du televaldomus komutacinius įrenginius.	Vieno oro linijos jungtuvo kaina vidutiniškai siekia 22000 eurų, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą, save gydančio tinklo kaina kelis kartus didesnė, nes jame naudojami bent 2 oro linijų jungtuvai ir reikalingas papildomas save gydančio tinklo logikos programavimas ir derinimas.	Taigi, vertinant šią priemonę SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra santykinai ribotas. Mažina gedimo įtaką rodikliams.

52 pav. Oro linijos jungtuvo įterpimo ir save gydančio tinklo, metodo įvertinimas

### 3.2.7. Atkabiklio įterpimas oro linijose

„ESO“ pradėjo taikyti inovacinį sprendimą - Oro linijos atkabiklio (angl. *Fusesaver*) įterpimas Lietuvos skirstomajame. Pirmi oro linijos atkabikliai Lietuvoje buvo pradėti eksploatuoti 2018 metais. Atkabiklis taikomas tik linijos atšakai prijungti prie pagrindinės linijos[4]. Metodas įvertintas 53 pav.

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
Gali būti santykinai greitai įrengiami, įrengimo kaina nepriklauso nuo tinklo ilgio ir yra, palyginti su kitomis priemonėmis, maža. Racionalus atkabiklio panaudojimas yra linijų atšakoms prijungti prie pagrindinės linijos, rečiau padalinti liniją į dvi dalis, atskiriant nepatikimą ruožą nuo patikimesnės linijos dalies.	Oro linijų atkabikliai nėra tokie ilgaamžiški ir patikimi kaip kabelinės linijos ir jų tarnavimo laikas yra gerokai mažesnis, tačiau yra patikimesni už oro linijų jungtuvus. Ši priemonė nesumažina gedimų skaičiaus tinkle, o tik atskiria pažeistą linijos atšaką arba atlieka automatinį kartotinį įjungimą, atkabiklis yra nevaldomas ir neturi ryšio su ADVS, dėl to apie jo atsišūnijimą galima sužinoti tik iš klientų pranešimų.	Vieno oro linijos atkabiklio kaina vidutiniškai siekia 5000 eurų, įskaičiuojant medžiagas, darbus ir projektavimą	SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra labai ribotas. Tačiau dėl kainos ir paprastumo gali būti efektyviai panaudotas išskirti linijų ruožus, kuriuose įvyksta dažni gedimai ir apsaugoti pagrindinę liniją nuo atsišūnijimų, taip sumažinant neigiamą gedimo įtaką rodikliams. Mažina gedimo įtaką rodikliams.

53 pav. Oro linijos atkabiklio įterpimo, metodo įvertinimas

### 3.2.8. Ilgos linijos padalinimas, įterpiant naują modulinę transformatorinę

Viena iš „ESO“ naudojamų priemonių gerinti tinklo patikimumui yra ilgos linijos dalinimas įterpiant modulinę transformatorinę[4]. Modulinės transformatorinės plačiai Lietuvoje pradėtos naudoti nuo 2000m. Jos pakeitė KT tipo transformatorines ir dabar jau išstumia mūrines TR tipo transformatorines rekonstrukcijų metu. Modulinės transformatorinės yra geriau išplanuotos, jas lengva išplėsti, patogiu eksploatuoti, nesudėtinga įrengti. Daro mažesnę neigiamą įtaką kraštovaizdžiui. Modulinės kaina stipriai keičiasi nuo montuojamų įrenginių kiekio, tipo. Metodas įvertintas 54 pav.

Privalumai	Trūkumai	Kaina	Įvertinimas
Linija padalinama ir naudojant jungtuvus, atsiranda papildoma komutacinė vieta su apsaugomis. Įrengimo kaina su nevaldomais jungtuvais mažesnė nei oro linijos jungtuvo, pigesnis variantas valdomi galios skyrikliai be apsaugų. Įrengiant kartu su valdymu (TSP) trumpo jungimo indikatorius, galimas pagreitinimas, gedimo paieškos, ar panaudojimas specialios automatikos deriniuose.	Modulinės transformatorinės pastatymui reikalinga vieta. Priklausomai nuo išpildymo, jei sumontuoti galios skyrikliai, tai, kaip ir oro linijos jungtuvas, ši priemonė gedimų skaičiaus tinkle nesumažina, o tik suteikia galimybę sumažinti atjungiamų klientų skaičių ir atlikti greitesnius perjungimus, siekiant permaitinti elektros tinklą. Jei išpildymas su jungtuvais, kurie turi apsaugas ir yra valdomi, gedimų taip pat nesumažina, tačiau gali reikšmingai paveikti SAIDI ir SAIFI rodiklius.	Vienos modulinės transformatorinės įterpimas į liniją kainuoja vidutiniškai 35000 eurų, įskaičiuojant darbus, medžiagas ir projektavimą, tačiau kaina kinta nuo komplektacijos ir gali kilti virš 50000 eurų.	SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu taikymas yra svarstytnas, įvertinus kainą ir poreikį tam tikroje vietoje. Taip pat priemonė gali būti efektyviai panaudota, esant ilgoms linijoms, kurios turi labai didelį kiekį klientų ir vienas linijos atsišūnimas sąlygoja labai didelį SAIDI ir SAIFI rodiklių pokytį, ar ta linija yra kategorinių vartotojų maitinimas. Tokia ilga linija gali būti dalinama į dvi dalis, panaudojant modulinę transformatorinę ir įvykus gedimui už transformatorinės nuo maitinimo pusės, dalis linijos liks neatsijungus, o naudojant valdomus komutacinius aparatus ir turint galimybę permaitinti liniją iš kitos pusės, galima išskirti bei sumažinti gedimą ir tarp modulinės ir pagrindinio maitinimo. Mažina gedimo įtaką rodikliams.

54 pav. Ilgos linijos padalinimas įterpiant, naują modulinę transformatorinę, metodo įvertinimas

### 3.2.9. FLIR, APRS

FLIR- (angl. *Fault location, isolation, restoration*) gedimo vietos nustatymas, izoliavimas, elektros energijos tiekimo automatinis atstatymas. Tai automatinė automatikos programa kuri veikia tiesiai iš

ADVS, tai yra DMS produktas. Šiais metais pradėtas naudoti ESO bandymams. Automatinės programos veikimas pagrįstas iškarto paruošta simuliacija, programa turi ryšį su tam tikrais televaldomais įrenginiais, kad veiktų. Programos tikslas - atsijungus valdomui komutaciniui aparatui, išskirti automatiškai sugedusį ruožą ir atstatyti elektros tiekimą automatiškai nepaveiktam ruožui, panaudojus televaldomus komutacinius įrenginius be personalo įsikišimo.

APRS – (angl. *Automated power restoration system*) automatinė elektros energijos tiekimo atstatymo sistema. Tai labai panaši programa į FLIR, tik perjungimai nėra vykdomi, o pasiūloma jų eiga dispečeriui, ir jis priima sprendimus. Metodų vertinimas 16 lentelėje.

**16 lentelė.** FLIR,APRS metodų įvertinimas

Metodas	Privalumai	Trūkumai	Įvertinimas
FLIR	Veikia automatiškai, be personalo įsikišimo. Automatiškai išskiria pažeista ruožą. Greito veikimo programa,	Dar tik pradėta bandyti Lietuvos teritorijoje realiomis sąlygomis. Tai neištirtas produktas. Reikalingas ryšio	SAIDI ir SAIFI gerinimo atžvilgiu dar nėra gerai ištirta, bet galima daryti prielaidą, kad taikymas yra apribotas pažangių įrenginių pasiskirstymo, pati technologija gedimų skaičiaus nemažina, tik sumažina jų poveikį rodikliams. Programa gali smarkiai sumažinti įtaką rodikliams masinių atsijungimu metu.
APRS	viskas vyksta realiu laiku.	užtikrinimas skirtingiems įrenginiams, plačiam geografiniam pasiskirstyme.	

### 3.2.10. Sumani apskaita, senos įrangos modernizavimas televaldoma

Lietuvoje, energijos skirstymo operatorius (toliau ESO) ir Valstybinė energetikos reguliavimo taryba (toliau VERT) nusprendė dėl išmanios apskaitos diegimo Lietuvos teritorijoje ir apibrėžė gaires, kokia įranga turi būti įrengta. ESO strategijoje minima kaip vienas iš pagrindinių tikslų diegti išmanią apskaitą, o investicijų plane nurodoma iki 2028m, kad Lietuvoje būtų 100%. Išmani apskaita.

Daugybė įrenginių skirstomajame tinkle 10-35kv tinkle vis dar yra be televaldymo ar elementaraus indikacijos ryšio, apie gedimus sužinoma iš registruotų gedimų, arba apsaugų starto signalo rajoninėje pastotėje. Gedimo vietos suradimas ir išskyrimas bei elektros energijos atstatymas užima daugiau laiko, kai komutaciniai įrenginiai nėra valdomi per ADVS, personalas turi fiziškai vykti į vietas, kartais, važiuoti po kelis kartus į tuos pačius objektus. Senos įrangos modernizavimas televaldymu išsprestų šią problemą. Metodų įvertinimas pateiktas 17 lentelėje. Metodų kainos priklauso nuo specifikacijų.

**17 lentelė.** Sumanios apskaitos, senos įrangos modernizavimas televaldoma, metodo įvertinimas

Metodas	Privalumai	Trūkumai	Įvertinimas
Sumani Apskaita	Išmani apskaita įgalina personalą realiu laiku matyti matavimus, arba kas patyrė gedimą tai gali pagreitinti 0,4-10kV gedimų paiešką. O kartu gali atsiliiepti rodiklių gerinimui.	Dar nėra įdiegta, santykinai brangu.	Po apskaitos įdiegimo, pasitelkus kai kurias funkcijas ir įgalinus ryšį su ADVS, galima padėti gerinti rodiklius, nors tiesiogiai gedimų nemažina.
Televaldymo išpletimas	Įgalinant komutacinių aparatų valdymą kurie turi apsaugos galima sumažinti gedimo poveikį rodikliams.	Sunku įdiegti senai įrangai valdymą. Nemažina gedimų kiekio, tik gali paveikti vartotojų skaičių, papildomai įdiegus ir apsaugas gaunamas geresnis efektas.	Valdomų komutacinių įrenginių kiekio padidinimas leistų sparčiau ieskoti gedimų, juos šalinti, taip gerinant rodiklius, nors gedimų kiekio tai nekeičia.

### 3.2.11. Priemonių aptarimas

Išanalizavus patikimumo rodiklių gerinimo priemones. Pastebėta, jog – priemonės kurias galima taikyti gana siaurai, plačiuoju atveju yra pigesnė alternatyva nors pritaikymas spręsti keliems rodikliams yra gana ribotas. O priemonės, kurių pritaikymas yra sąlyginai platesnis, kurios gali spręsti iškart kelių rodiklių pagerinimą, ir pagerinti daugiau rodiklius, yra gana brangios. Be to šias priemones galima išskaidyti kurios gerina tam tikros dalies patikimumą, o kurios mažina gedimų skaičių, ar sumažinta paveikiamų vartotojų skaičių. Kurios gali mažinti įtaka rodikliams nepaveikiant gedimų skaičiaus ar pagreitina atstatymo trukmę. Viena priemonė yra trumpo veikimo, ją reikia periodiškai atlikinėti iš naujo tai augmenijos valymas oro linijų trasose.

Įvertinus išanalizuotas priemones ir remiantis, kad 2019-2028 metais numatyta skirti investicijų, kurios siekia suma 1,56 mlrd. Eurų. Daroma išvada, kad turi būti naudojami inovatyvūs, efektyvūs SAIFI ir SAIDI metodai. Maždaug iki 2015m buvo taikomi pavieniai metodai, dėl ko neefektyviai buvo sprendžiamos problemos, arba buvo bandoma spręsti jas su minimaliomis investicijomis, o tai neduodavo norimos grąžos ilgalaikėje prasme. Po 2015m buvo pradėta vartoti po kelis metodus keliuose ruožuose o ne viename, ir didesnėmis investicijomis. Tai ir nulemdavo efektyvesnę rodiklių gerinimą. Tačiau atsiranda naujų metodų, naujos įrangos, kurie leidžia efektyviau panaudoti investicijas, pritaikyti daug metodų kompleksiskai. Visa tai duoda maksimalią grąžą ir gerina rodiklius. Pavyzdžiui, galima sukabinti magistralę oro linijos, į atšakas įrengiant trumpo jungimo indikatorius su realaus laiko informacijos perdavimu, įrengti televaldomus komutacinius aparatus, įterpti modulines transformatorines su jungtuvais, kurie turi apsaugas ir televaldymą, pasitelkiant naujas ADVS programas. Taip išsprendžiamos problemišiausios vietos, o jei ir įvyktų gedimas, turint informaciją ir televaldymą, galima greitai reaguoti ir nustatyti gedimo vietą, išskirti ruožą atstatyti elektros tiekimą vartotojams. Taigi, įvertinus liniją, ir pritaikius kompleksines priemones, galima efektyviai panaudoti investicijas, maksimaliai pagerinti SAIDI ir SAIFI rodiklius.

### 3.3. Vertintos literatūros SAIFI ir SAIDI rodiklių metodų gerinimo išvados

Siekiant įvertinti analizuotų metodų efektyvumą ir įtaką SAIFI ir SAIDI rodikliams išanalizuoti šešiolika mokslinių literatūros šaltinių.

Dvidešimt antrame šaltinyje tiriamas investicijų efektyvesnis panaudojimas skirstomajame tinkle ir patikimumo gerinimas. Šaltinyje, išnagrinėtos kitokios priemonės, nei šiame darbe. Linijos dalinimas papildomais saugikliais, atitvarų nuo paukščių įrengimas, barjerų nuo automobilių įrengimas, papildomas klientų informavimas apie esamus gedimus. Taip pat nagrinėjamos ir dvi tos pačios priemonės kaip ir šiame darbe pateiktos ESO priemonės – oro linijų keitimas kabelinėmis linijomis ir oro linijos jungtuvų įterpimas į oro liniją. Deja, bet šaltinyje nenurodyti patikimumo skaičiavimai pateiktoms priemonėms. Darbe sudaromas modelis, kuriuo vertinama investicijų efektyvumo priklausomybė nuo SAIDI/SAIFI sumažinimo procento. Pavyzdžiui, sumažinti patikimumo rodiklius 29 procentais nuo 100 procentų iki 71 procento kainuoja 20000 santykinų pinigų vienetų, tačiau papildomi 11 procentų – 280000 santykinų pinigų vienetų [22]. Dvidešimt-trečiame šaltinyje tiriamas skirstomojo tinklo saugiklių, oro linijų jungtuvų ir atkabiklių įrengimo vietos tinkle optimizavimas su sukurtu modeliu, siekiant optimizuoti patikimumo rodiklius. Šaltinyje nėra nurodytos atskiros patikimumo rodiklių gerinimo priemonės ir nevertinamas naujų įrenginių įrengimas, o analizuotos pasirinktos tinklo schemas pakeitimo galimybės ir efektyvumas. Darbų autoriai nenurodė įkainių [23]. 24-a, 25-a ir 26-a šaltiniuose tiriamas automatizuotų komutacinių

aparatu įtaka patikimumo rodikliams. 24-e šaltinyje tyrimui pasitelkiama programa „RADPOW“ ir Monte Carlo simuliacija. Yra daugybė bandymų sugeneruoti modelį. Iš gautų duomenų daroma išvada, kad, automatizavus esamą jungtuvą arba pastačius naują oro linijos jungtuvą tiriamoje radialinėje linijoje, parinktoje vietoje teoriškai galima būtų pagerinti patikimumo rodiklius nuo 1,55 SAIFI iki 0,67 ir nuo 160min SAIDI iki 76,9min. Bet gauti tyrimo rezultatai nėra sulyginami su realiais bandymais ar rezultatais [24]. 25-e šaltinyje pateikiama išvada, kad, parinkus optimalią automatizuoto komutacinio aparato vietą, SAIFI galima sumažinti nuo 3,33 iki 1,36 tiriamam tinklui [25]. Taip pat šiame tyrime nurodoma, kad rezultatai yra panašūs į realius, tačiau palyginimai ir skaičiai nėra pateikti. 26-e šaltinyje dėmesys skiriamas optimaliam automatizuotų komutacinių aparatų linijos skaičiui 100-ui kilometrų. Gauti rezultatai rodo, jog pagal patikimumo rodiklių gerinimą (nevertinant finansinio efektyvumo) optimaliausias skaičius yra 5. Didesnis jų skaičius geresnių patikimumo rodiklių negarantuoja [26]. 27-a, 28-a, 29-a šaltiniuose nagrinėjamos nestandartinės priemonės patikimumo rodikliams gerinti. 27-e nagrinėjama priemonė skirta automatiškai naudojant nuotoliniu būdu valdomus komutacinius aparatus realiu laiku keisti tinklo schemas nutraukimus pagal apkrovas arba gedimus, sumažinant apkrovas ir riziką įvykti atsijungimams bei mažinant atsijungimų paveikiamus vartotojus [27]. 28-e šaltinyje analizuojamos tokios priemonės, kaip mikrotinklai, aktyvi apkrovos nukrovimo logika, išmanieji tinklai. Taip pat minima televaldomi komutaciniai įrenginiai (oro linijos jungtuvai), užsimenama apie automatines sistemas spartesniam gedimo vietos suradimui ir elektros energijos atstatymui [28]. 29-e šaltinyje nagrinėjamos organizacinės priemonės gedimų šalinimo efektyvumui padidinti – operatyvinių brigadų aprūpinimas technika, esamų relinių apsaugų ir sistemų veikimo principų peržiūra, darbų atsakomybės dubliavimas, izoliuotos sistemos keitimas į įžemintos neutralės [29]. 30-a, 32-a ir 35-a šaltinyje aprašomi trumpo jungimo indikatorių įtaka patikimumo rodikliams skirstomajame tinkle. 30-e šaltinyje tiriamas skirstomojo tinklo trumpo jungimo indikatorių įrengimo vietos ir kiekio tinkle optimizavimas su sukurtu modeliu, siekiant pagerinti SAIDI patikimumo rodiklius. Šaltinyje nėra nurodytų atskirų rodiklių patikimumo gerinimo priemonių ir nevertinamas naujų įrenginių įterpimas. Darbe nurodyta, kaip iš esmės darbe nurodyta kaip pagreitinti gedimo vietos suradimą ir atlikti reikalingus operatyvinius perjungimus, taip sumažinant SAIDI rodiklį. Šaltinyje išanalizuota, kokiose vietose objektyviausia įrengti trumpojo jungimo indikatorius bei kiek tai pagerina rodiklį. Iš šaltinio duomenų matome, kad 1 trumpo jungimo indikatoriaus įrengimas radialiniame tinkle didelio pokyčio neatneša, bet, įrengus du, sutaupoma apie 5 procentai SAIDI rodiklio. Tačiau įrengus 9 trumpo jungimo indikatorius sutaupoma iki 30 procentų SAIDI rodiklio [30]. 32-e šaltinio autorius nurodo, kad rodikliai labai priklausomi nuo trumpojo jungimo indikatoriaus įrengimo vietos. Be to, šio šaltinio autorius nurodo, kad 8 km. oro linijos ruože nustatyti gedimą vidutiniškai reikia bent 45 minučių ir daugiau, tačiau, įrengus trumpo jungimo indikatorius, laikas sparčiai sutrumpėja. 31-e šaltinyje [31] aptariamos skirstomojo tinklo oro linijų ir požeminių linijų realaus laiko parametrų stebėsenos sistemos. Aptariami jų privalumai ir trūkumai, kokius duomenimis įmanoma išanalizuoti su automatinėmis sistemomis, nurodoma, kad tai žingsnis link tinklo sumanumo. Šaltinyje nurodoma, kad, panaudojus šias sistemas, galimas patikimumo rodiklių sumažinimas, kitų tinklo parametrų stebėjimas. Analizuojant duomenis, įmanoma nuspėti gedimus ar greičiau nustatyti jų vietas. 33-e šaltinyje aprašoma skirstomojo tinklo schema, kurioje naudojami televaldomi sekcionavimo įtaisai bei oro linijos jungtuvai, realaus laiko trumpo jungimo indikatoriai. Šiame straipsnyje nurodoma, kad, panaudojus šiuos įrenginius, sumažinamas SAIDI. Atsiperkamumas perdant į tokią sistema yra ketveri metai. Taip pat nurodoma, jog panaudojus oro linijos jungtuvus, padalinus ruožą, sumažinamas SAIFI rodiklis dėl mažesnio paveiktų vartotojo skaičiaus [33]. 34-e, 37-e ir 38-e šaltinyje aprašomos skirstomojo tinklo valdymo programos, išmanių sprendimų diegimas. 34-e

šaltinyje tiriama tokių kaip DAS, FLIR automatinių sistemų panaudojimas, aprašomas jų veikimas. 34-e Šaltinio autorius nurodo, jog šių sistemų pagalba SAIDI sumažinamas apie 32 procentus. 37-e šaltinyje detaliau aprašomos sistemos, kurios integruojamos darbui kartu su DMS ir skirtos efektyvesniam skirstomojo tinklo valdymui. 38-e Šaltinyje detaliai aprašoma FLIR sistema, jos veikimas, įgyvendinimas, panaudojimas. Šaltinyje nurodoma, jog naudojamas protokolas 61850 GOOSE, o sistema padeda drastiškai sumažinti SAIDI. Taip pat šaltinyje palyginamas laikas vidutinis pašalinti gedimą aukštos įtampos tinkle. Kiek tai trunka įprastomis priemonėmis ir kiek panaudojus tinklo automatizacijas ar FLIR [38]. 39-e šaltinyje nurodoma daugybė įvairių skirstomojo tinklo pagerinimo variantų, siekiant efektyviai gerinti patikimumo rodiklius. reziumuojant vertintus literatūros šaltinius, pastebima, kad dauguma jų tiria komutacinių aparatų automatizavimą ir įtaką SAIFI ir SAIDI rodikliams. Plačiai analizuojami kompleksiniai priemonių taikymo būdai, o atskirų priemonių poveikis ar efektyvumas nevertinamas. Visi šie literatūros šaltiniai pateikia teorinius SAIDI/SAIFI sumažinimus, tačiau jų apskaičiavimo metodika nėra plačiai aprašoma ir rezultatai nėra lyginami su kitais tyrimais arba praktiniais rodikliais. Remiantis tuo, keliamas tikslas ketvirtame skyriuje apskaičiuoti teorinius SAIFI ir SAIDI rodiklius ir juos įvertinti, naudojant turimus faktinius rezultatus ir duomenis. Aptartus metodus 3.2 ir 3.3 skyriuose naudosime 4 skyriuje, oro linijai kuri 2.3 skyriuje turėjo didžiausią įtaką rodikliams t.y. Šilalės TP L-400 Obelynas linijai.

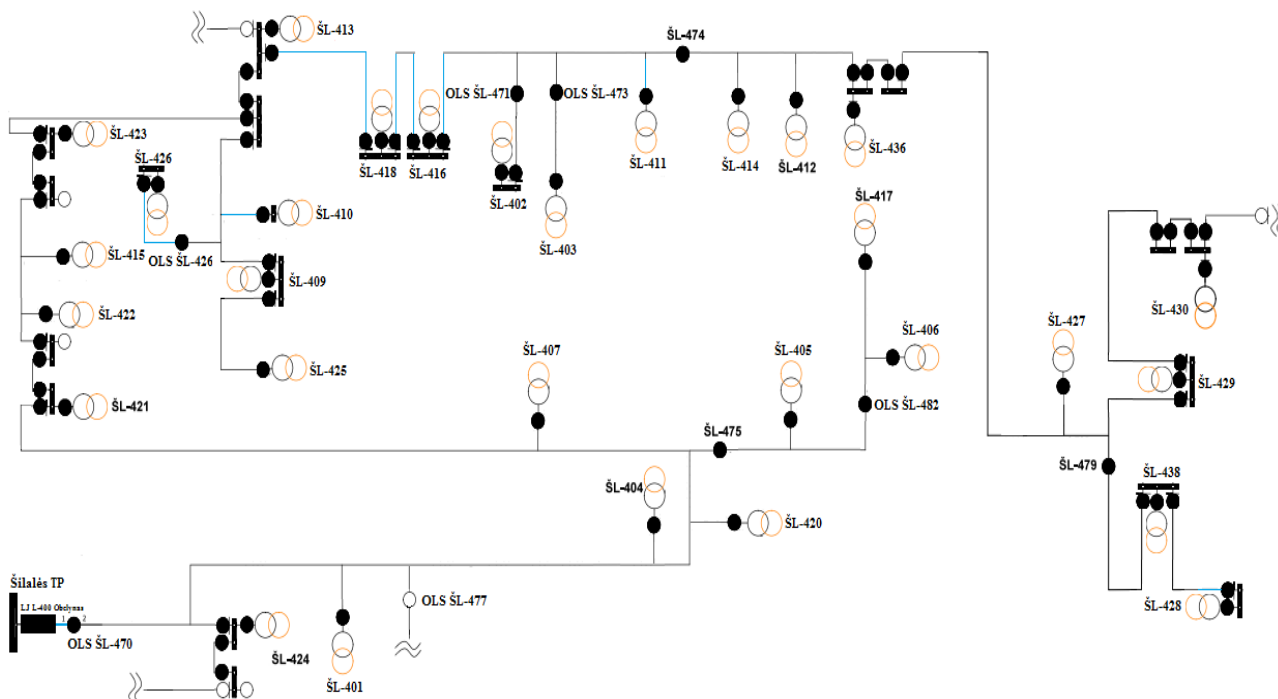


#### 4. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo nepatikimiausios linijos „Šilalės TP L-400 Obelynas“ patikimumo rodiklių gerinimo tyrimas

Šiame skyriuje apskaičiuojamas naudojant „spindulinio skirstomojo tinklo zonų ir šakų metodą“ ir rezultatai palyginami su esamais tinklo dalies patikimumo rodikliais ir pritaikius pasirinktus metodus. Spindulinės schemos sistemą patogiau aprašyti zonomis ir šakomis. Zona - tai sistemos dalis, kurią galima atjungti nuo likusios sistemos dalies, jeigu sugenda jos grandis. Zona driekiasi iki kitos zonos, kuri yra toliau nuo maitinimo šaltinio ir taip pat gali būti atjungta nuo nagrinėjamos zonos [12]. Taigi, zona prasideda nuo jungtuvo ir baigiasi kitu jungtuvu. Šaka - tai jungiančioji dalis tarp zonų. Šiuo metodu tinklo patikimumas yra skaičiuojamas, surandant kiekvienos šakos ir zonos patikimumo rodiklius (SAIFI ir SAIDI). Atitinkamai po to nustatant vartotojų apkrovos taško patikimumo charakteristiką. Apskaičiuojant spindulinio elektros tinklo SAIFI ir SAIDI rodiklius, nusakoma, kad elementų gedimai tarpusavyje nepriklausomi ir nesusija, todėl komutacinių aparatų gedimai nevertinami. Darbe atsižvelgiama tik į neplaninių atsijungimų SAIDI ir SAIFI rodiklius.

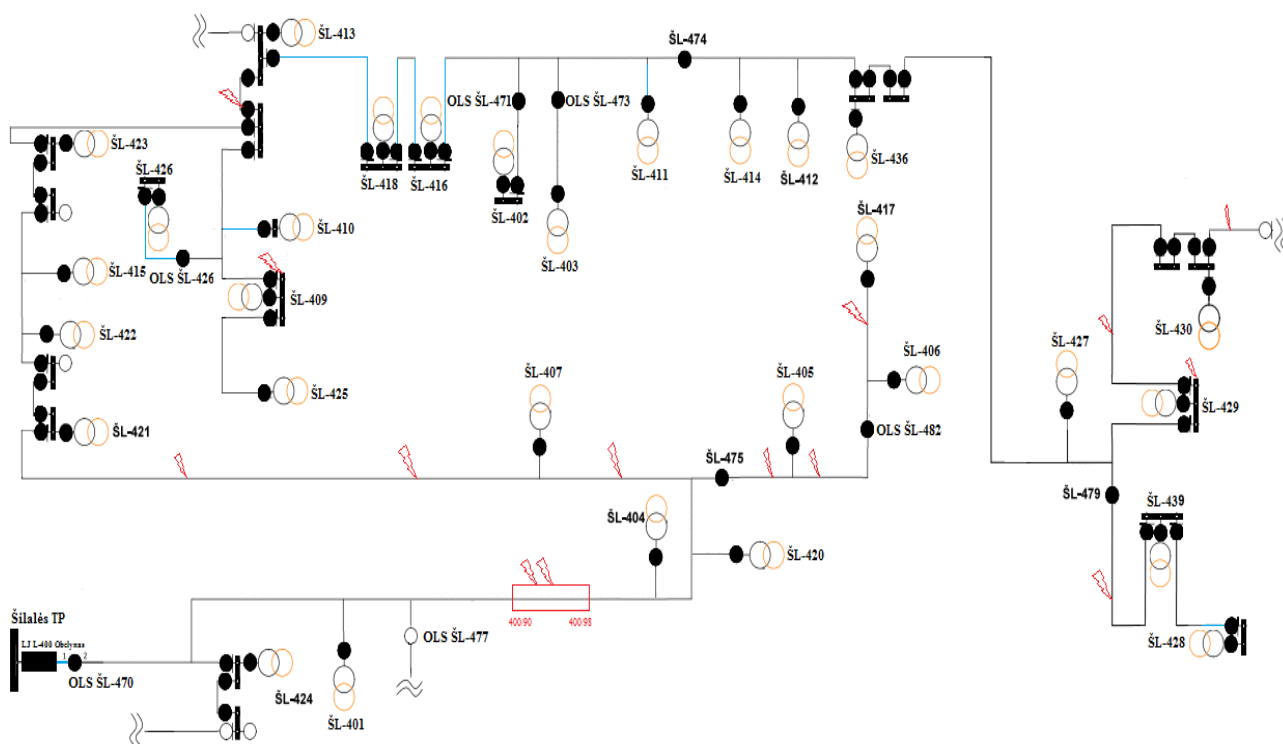
##### 4.1. Šilalės transformatorių pastotės linijos L-400 Obelynas schema ir aprašymas.

Tiriamoji skirstomojo elektros tinklo schema yra Šilalės rajono 10 kV linija L-400 Obelynas, kuri yra aprūpinama iš 110/35/10 kV Šilalės transformatorių pastotės. Linijos ilgis – 38,038 kilometro, liniją sudaro oro linijos 34,914 kilometro, ir kabelinių linijų intarpai su atšakomis 3,124 kilometro, 30 transformatorių, 82 komutacinis aparatas bei 21 renkamųjų šynų. Prie linijos iš viso yra prijungti 504 klientai. Tiriamojo tinklo schema pateikta 55 pav. „Šilalės TP linijos L-400 Obelynas schema“, schemoje oro linijos pažymėtos juoda spalva, kabelinės linijos - mėlyna spalva. Šilalės tinklo žemos įtampos dalies patikimumas darbe nebus vertinamas, nes pagal atliktą gedimų imties analizę priimta vertinti tik 10 kV tinklą. 2019 metais tiriamajame tinkle įvykusių gedimų (viso buvo 14 gedimų) vietas pateiktos 56 pav. „Šilalės TP linijos L-400 Obelynas 2019 metų gedimų vietas“.



55 pav. Šilalės TP linijos L-400 Obelynas schema





56 pav. Šilalės TP linijos L-400 Obelynas 2019 metų gedimų vietas

Vartotojų pasidalinimas linijoje pateiktas 18 lentelėje.

18 lentelė. Šilalės L-400 linijos vartotojų skaičius atkarpose

Pastotė	Linija	Vartotojų skaičius
Šilalės TP	L-400 visa linija	504
Šilalės TP	L-400 iki ŠL-413 įskaitant ŠL-413	331
ŠL-413	L-410/1atr.	73
ŠL-413	L-ŠL418	100
ŠL-413	T	14

Gedimų pasiskirstymas pateiktas 19 lentelėje.

19 lentelė. Šilalės L-400 gedimų paplitimas

Gedimo tipas	Kiekis
OL - medis iš ne apsaugos zonos ribų	7
OL -šaka	2
OL -nutrūkę laidai	1
TR- nesandari	1
TR- gyvūnų paukščių poveikis	1
TR – izoliatorių gedimas	1
OL – kontaktas, ryšelis, jungtis	1
<b>Iš viso:</b>	<b>14</b>

Svarbu atkreipti dėmesį, kad pasikartojantys gedimai, užvirtę ant laidų medžiai buvo dvejose atkarpose. Pirmoji- tarp 400/90-98 atr. Antroji- tarp pastočių ŠL-407 ir ŠL-421. Taip pat vienas gedimas buvo ypatingai pavojingas dėl nutrūkusio ryšelio, kai fazinis laidas prisilietė prie traversos,

linijos atrama įžemėjo, tarp pastočių Šl-430 ir Šl-429. Nustačius gedimo vietą, Upynos miestelyje, prie atramos, rasta negyva karvė.

Šilalės L-400 Obelynų linija, jos oro linijų ir kabelinių linijų atšakų bei intarpų sąrašas su ilgiais pateikiamas 20 lentelėje „Šilalės L-400 Obelynų linijos atkarpų ilgiai“.

**20 lentelė.** Šilalės L-400 linijos atkarpų ilgiai

<b>Linijos/ atšakos pavadinimas</b>	<b>Ilgis, km</b>	<b>Tipas</b>	<b>Linijos/ atšakos pavadinimas</b>	<b>Ilgis, km</b>	<b>Tipas</b>
Linija: L-400 iš Šilalės TP	22,957	OL	OLS_Šl471-Šl402	0,561	KL
Atšaka: L-401 iš Šilalės TP	0,366	OL	atr400/236-Šl413	0,022	KL
Atšaka: L-402 iš Šilalės TP	0,019	OL	atr400/237-Šl413	0,035	KL
Atšaka: L-403 iš Šilalės TP	0,215	OL	atr400/247-Šl413	0,033	KL
Atšaka: L-404 iš Šilalės TP	2,304	OL	atr400/270-Šl418	0,034	KL
Atšaka: L-405 iš Šilalės TP	0,926	OL	atr400/271-Šl418	0,092	KL
Atšaka: L-407 iš Šilalės TP	0,255	OL	atr400/283-Šl416	0,023	KL
Atšaka: L-408 iš Šilalės TP	1,322	OL	atr400/284-Šl416	0,084	KL
Atšaka: L-409 iš Šilalės TP	0,674	OL	atr400/409-Šl429	0,141	KL
Atšaka: L-410 iš Šilalės TP	1,434	OL	Šl409-atr408/1	0,032	KL
Atšaka: L-413 iš Šilalės TP	0,009	OL	Šl413-atr409/1	0,022	KL
Atšaka: L-414 iš Šilalės TP	0,180	OL	Šl422-atr400/171	0,300	KL
Atšaka: L-415 iš Šilalės TP	0,155	OL	atr409/15-Šl410	0,195	KL
Atšaka: L-416 iš Šilalės TP	1,709	OL	atr410/22-Šl409	0,081	KL
Atšaka: L-417 iš Šilalės TP	1,227	OL	atr414/4-Šl411	0,125	KL
Atšaka: L-418 iš Šilalės TP	1,162	OL	atr418/16-Šl428	0,140	KL
OL iš viso:	34,914		OLS_Šl480-Šl440	1,122	KL
			Šl426-atr410/10	0,025	KL
			TP Šilalė-atr.400/1	0,057	KL
			KL iš viso:	3,124	

Iš 20 lentelės pastebime, kad Šilalės TP L-400 Obelynų linijos atkarpų suma yra 38,038 kilometrų ilgio, ją sudaro 34,914 kilometro oro linijų ir 3,124 kilometro kabelinių linijų. Šilalės L-400 linijos ir jos oro linijų atšakų sąrašas, kurių atkarpos yra nutiestos per miškingas vietas, su ilgiais pateikiamas 21 lentelėje „Šilalės TP L-400 linijos atkarpos miškingoje teritorijoje“.

**21 lentelė.** Šilalės TP L-400 linijos atkarpos miškingoje teritorijoje

Linijos/atšakos pavadinimas	Ilgis, km	OL suminė atkarpa miškingose vietovėse, km
Šilalės L-400 Obelynas magistralė	22,957	6,532
Atšaka: L-404	2,304	1,388
Atšaka: L-418	1,162	0,600
Iš viso:		8,520

Remiantis 20 ir 21 lentelių rezultatais, nustatyta jog 91,78 procento Šilalės L-400 linijos sudaro oro linijos ir 22,4 procento oro linijų yra nutiesta per miškus ar miškingas vietoves.

#### 4.2. Tiriamosios elektros linijos teorinis patikimumo skaičiavimas

Toliau bandysime efektyviai pagerinti pasirinktos linijos patikimumo rodiklius, atliekant skaičiavimus. Svarbu paminėti pasirinktą linija Šilalės L-400 Obelynas, kuri turi tik vieną valdomą komutacinį įrenginį su apsaugomis. Tai yra linijos jungtuvas transformatorių pastotėje. Tačiau yra numatoma Šiaulių komplektinio tipo transformatorinę rekonstruoti į valdomą modulinę transformatorinę ties ryšių su Kaltinėnų L-600 linija (K-614). Būtina atsižvelgti į tai, jog linijoje nėra trumpo jungimo indikatorių, beveik ketvirtadalis oro linijos yra miškingose teritorijose. Kabelių linijų suma linijoje nesudaro nė 10 procentų visos linijos.

##### 4.2.1. Elektros linijos elementų patikimumo parametrai

Kalbant apie pasirinkto tinklo patikimumą, bus įvertinama elektros linijų, renkamųjų šynų ir komutacinių aparatų patikimumo charakteristikos 10 kV tinkle. Tiriant tinklo patikimumo rodiklius, relinės apsaugos ir automatikos įtaisų patikimumą nebus atsižvelgta, dėl labai retų jų gedimo skirstomojo tinklo įrenginiuose 2019m. Taip pat neatsižvelgsime į transformatorių gedimus, nes šie įrenginiai atskirti saugikliais ir, esant įprastam gedimui, saugikliai apsaugos tinklą nuo atsijungimo. Dėl to visos tiriamos 10 kV sistemos patikimumo, transformatoriaus gedimas, nepaveiks. Tinklo įrenginių gedimų intensyvumas  $\lambda$  ir vidutinė atkūrimo trukmė vertinama, remiantis dviem literatūros šaltiniais ir pateikta 22 lentelėje „Elementų patikimumo charakteristikos“ [3,12].

**22 lentelė.** Elementų patikimumo charakteristikos

Tinklo elementas	Gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai	Vidutinė atkūrimo trukmė, h
Oro linija	25 (100-tam kilometrų)	5
Oro linija (miško ruože)	30 (100-tam kilometrų)	6
Kabelinė linija	10 (100-tam kilometrų)	8
Jungtuvai	0,006	14
Skyrikliai	0,015	2
Renkamosios šynos	0,02	2

Elektros linijų gedimų intensyvumas apskaičiuojamas, atsižvelgiant į linijų ilgį  $l$  ir santykinį jų gedimo intensyvumą. Magistralinės linijos L-400 gedimų intensyvumas apskaičiuojamas:

$$\lambda_L = l * \lambda_{L0}; \quad (4.1)$$

$$\lambda_{L-400} = 6,532 * \frac{30}{100} + 16,425 * \frac{25}{100} = 6,06 \text{ 1/metai}$$

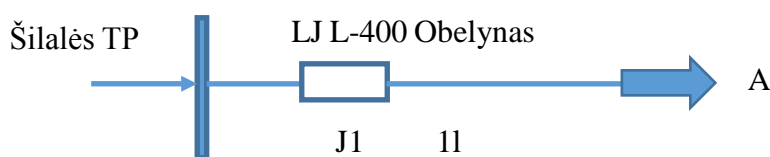
Skaičiuojant magistralinės L-400 bei atšakų gedimų intensyvumą, svarbu taip pat atskirai apskaičiuoti linijų dalis, einančias per miškingą vietovę. Visų linijų ir atšakų ilgiai ir gedimų intensyvumo apskaičiavimo rezultatai pateikti 23 lentelėje „Šilalės L-400 linijos ir atšakų gedimų intensyvumai“.

**23 lentelė.** Šilalės L-400 linijos ir atšakų gedimų intensyvumai

<b>Linijos/ atšakos pavadinimas</b>	<b>Ilgis, km</b>	<b>Gedimų intensyvumas <math>\lambda</math>, 1/metai</b>	<b>Tipas</b>	<b>Linijos/ atšakos pavadinimas</b>	<b>Ilgis, km</b>	<b>Gedimų intensyvumas <math>\lambda</math>, 1/metai</b>	<b>Tipas</b>
Linija: L-400 iš Šilalės TP	22,957	6,06585	OL	OLS_Šil471-Šil402	0,561	0,0561	KL
Atšaka: L-401 iš Šilalės TP	0,366	0,0915	OL	atr400/236-Šil413	0,022	0,0022	KL
Atšaka: L-402 iš Šilalės TP	0,019	0,00475	OL	atr400/237-Šil413	0,035	0,0035	KL
Atšaka: L-403 iš Šilalės TP	0,215	0,05375	OL	atr400/247-Šil413	0,033	0,0033	KL
Atšaka: L-404 iš Šilalės TP	2,304	0,606	OL	atr400/270-Šil418	0,034	0,0034	KL
Atšaka: L-405 iš Šilalės TP	0,926	0,2315	OL	atr400/271-Šil418	0,092	0,0092	KL
Atšaka: L-407 iš Šilalės TP	0,255	0,06375	OL	atr400/283-Šil416	0,023	0,0023	KL
Atšaka: L-408 iš Šilalės TP	1,322	0,3305	OL	atr400/284-Šil416	0,084	0,0084	KL
Atšaka: L-409 iš Šilalės TP	0,674	0,1685	OL	atr400/409-Šil429	0,141	0,0141	KL
Atšaka: L-410 iš Šilalės TP	1,434	0,3585	OL	Šil409-atr408/1	0,032	0,0032	KL
Atšaka: L-413 iš Šilalės TP	0,009	0,00225	OL	Šil413-atr409/1	0,022	0,0022	KL
Atšaka: L-414 iš Šilalės TP	0,180	0,045	OL	Šil422-atr400/171	0,300	0,03	KL
Atšaka: L-415 iš Šilalės TP	0,155	0,03875	OL	atr409/15-Šil410	0,195	0,0195	KL
Atšaka: L-416 iš Šilalės TP	1,709	0,42725	OL	atr410/22-Šil409	0,081	0,0081	KL
Atšaka: L-417 iš Šilalės TP	1,227	0,30675	OL	atr414/4-Šil411	0,125	0,0125	KL
Atšaka: L-418 iš Šilalės TP	1,162	0,3599	OL	atr418/16-Šil428	0,140	0,014	KL
OL iš viso:	34,914	9,1545		OLS_Šil480-Šil440	1,122	0,1122	KL
Iš viso gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai Šilalės L-400 linijai:	9,4669			Šil426-atr410/10	0,025	0,0025	KL
				TP Šilalė-atr.400/1	0,057	0,0057	KL
				KL iš viso:	3,124	0,3124	

#### 4.2.2. Spindulinės schemos konfigūracijos tinklo zonų ir šakų sudarymas

Pagal tinklo schemą, pateiktą 57 pav., „Šilalės TP linijos L-400 Obelynas schema“ sudaroma spindulinio elektros tinklo zonų ir šakų schema, pavaizduota 57 paveiksle.



57 pav. Šilalės TP linijos L-400 Obelynas spindulinė zonų ir šakų schema

Spindulinėje schemoje J1 žymi tinklo zoną ir atitinkamai ją saugantį jungtuvą. Zonoje yra šaka 11, kuri sudaro visa linija ir jos atšakos, komutacinius aparatus ir transformatorinės. Apkrovos taškas A žymi visus klientus, prijungtus prie skirstomojo tinklo zonos. Siekiant apskaičiuoti tinklo patikimumą, reikia nustatyti, kiek zonoje ir jos šakoje yra transformatorinių, komutacinių aparatų, renkamųjų šynų, linijų ir atšakų. Linijos sandara pateikta 34 lentelėje „Šilalės L-400 linijos sandara“.

24 lentelė. Šilalės L-400 linijos sandara

Zona ir šaka	Transformatorinių skaičius	Jungtuvų skaičius	Linijinių, oro ir galios skyriklių skaičių	Renkamųjų šynų skaičių	Linijų ir atšakų skaičius. Ilgių suma	Linijų ir atšakų gedimų intensyvumas $\lambda$ , 1/metai
J1, 11	30	1	82	21	35 (38,038)	9,4669

#### 4.2.3. Tinklo teorinio patikimumo apskaičiavimas

Skaičiavimas bus atliktas, naudojant spindulinio tinklo zonų ir šakų metodiką.

Tiriamąjį tinklo visų elementų parengties koeficientai dideli, tai gedimų intensyvumas (šakoje  $mn$ ) apskaičiuojamas taip:

$$f_{Gmn} = \sum_{k \in MN} \lambda_k; \quad (4.2)$$

čia:

$\lambda_k$  - k-ojo elemento, esančio šakoje  $mn$ , gedimų intensyvumas;

MN - elementų, esančių šakoje  $mn$ , aibė.

Vidutinė tinklo, esančio šakoje  $mn$ , atkūrimo trukmė apskaičiuojama:

$$T_{avidMN} = \frac{\sum_{k \in MN} (\lambda_k * T_{avidk})}{\sum_{k \in MN} \lambda_k}; \quad (4.3)$$

čia:

$T_{avidk}$  - k-ojo elemento, esančio šakoje  $mn$ , vidutinė atkūrimo trukmė.

Tiriamąjį tinklo arba jo dalies patikimumas neplaniniam atsijungimui apskaičiuojamas:

$$P_{MN} = \left(1 - \frac{f_{Gmn} * T_{avidMN}}{8760}\right) * 100; \quad (4.4)$$

Tiriamąo tinklo arba jo dalies teorinis SAIDI ir SAIFI rodiklis apskaičiuojamas:

$$SAIFI_{MN} = \frac{\sum k \varepsilon MN (N_k * f_{Gmn})}{\sum i N_s}; \quad (4.5)$$

$$SAIDI_{MN} = \frac{\sum k \varepsilon MN (N_k * f_{Gmn} * T_{avidMN} * 60)}{\sum k S N_s}; \quad (4.6)$$

čia:

$N_k$ - gedimo, esančių šakoje  $mn$ , sąlygoto atjungimo paveiktų klientų skaičius;

$N_s$ - sistemos klientų skaičius (šiam tyrimu - Klaipėdos regiono klientų skaičius).

Apskaičiuojamos J1 zonos su 11 šaka (visos linijos L-400 ) patikimumo charakteristikos:

$$f_{G1l} = 9,4669 + 1 * 0,006 + 21 * 0,02 + 82 * 0,015 = 11,1229 \text{ 1/metai};$$

$$T_{avid1l} = \frac{16,425*5+6,325*6+3,124*8+0,006*14+0,42*2+1,23*2}{26,081+0,42+1,23+0,006} = 5,3968 \text{ val};$$

$$P_{1l} = \left(1 - \frac{11,1229*5,3968}{8760}\right) * 100 = 99,31\% ;$$

$$SAIFI_{1l} = \frac{11,1229*504}{277962} = 00,20 \text{ karto per metus klientui};$$

$$SAIDI_{1l} = \frac{5,3968*60*11,1229*504}{277962} = 6,53 \text{ minučių per metus klientui};$$

Skaičiavimo rezultatai pateikti 25 lentelėje.

**25 lentelė.** Patikimumo skaičiavimo rezultatai

Zona ir šaka	Gedimų intensyvumas 1/metai	Vidutinė atstatymo trukmė, val.	Patikimumas %	SAIFI	SAIDI
J1, 11	11,1229	5,3968	99,31	0,020	6,53

Įvykus gedimui linijoje, atsijungia visa linija, visa apkrova (504 vartotojai) netenka elektros energijos. Gedimo nustatymą apsunkina tai, jog linija kelis kartu kerta upes, kerta miškingas vietas, linijoje nėra įrengtų trumpo jungimo indikatorių.

### 4.3. Tiriamąo elektros tinklo linijos teorinio skaičiavimo palyginimas su faktu 2019m

Turint tiriamąo elektros tinklo 2019 metų gedimų analizę bei patikimumo rodiklius, ir apskaičiuotus teorinius patikimumo rodiklius, galima juos palyginti. Šilalės linijos L-400 Obelynas faktiniai ir teoriniai patikimumo rodikliai pateikti 26 lentelėje „Šilalės L-400 Patikimumo rodiklių palyginimas“.

**26 lentelė.** Šilalės L-400 Patikimumo rodiklių palyginimas

<b>Rodiklis</b>	<b>Gedimų intensyvumas 1/metai</b>	<b>Vidutinė atstatymo trukmė, val.</b>	<b>Patikimumas %</b>	<b>SAIFI</b>	<b>SAIDI</b>
Teorinis	11,1229	5,3968	99,31	0,020	6,53
Faktinis	14	1,05	99,86	0,012	0,66

Tirtoje linijoje „Šilalės TP L-400 Obelynas“ 2019m įvyko 14 gedimų. Remiantis 26 lentele, matome, kad gautos patikimumo charakteristikos nesutampa. Pagrindinė priežastis - vidutinė atstatymo trukmė, gauta iš literatūros šaltinių, neatitinka realių, šiuolaikinių vidutinio gedimo šalinimo laikų. Pavyzdžiui, mažiausias oro linijos gedimo vidutinis šalinimo laikas pagal naudotus šaltinius yra 5 valandos, tačiau realiai tokie gedimai pašalinami greičiau nei per 2-3 valandas nuo gedimo atsiradimo. Taip pat neįvertinama, kad dalis atsijungimų yra trumpalaikiai, pavyzdžiui, nuo linijos sudegus šakai ar paukščiui, tai dar labiau sumažina realią vidutinę atstatymo trukmę. Kadangi patikimumas ir SAIDI yra apskaičiuojamas, naudojant vidutinę atstatymo trukmę, tai šie rodikliai išsikreipia. Atlikus tiriamojo elektros tinklo turimų faktinių patikimumo rodiklių ir apskaičiuotų teorinių patikimumo rodiklių palyginimą, daroma išvada, kad teorinis spindulinio skirstomojo tinklo patikimumo skaičiavimas pasirinktu metodu yra nekorektiškas dėl iš literatūros parinktų teorinių patikimumo charakteristikų didelio nuokrypio nuo realių charakteristikų ir, vertinant pritaikytų patikimumo gerinimo priemonių efektyvumą, nebus panaudojama. 2019 metų gedimai ir faktiniai rodikliai bus naudojami įvertinant pritaikomų priemonių efektyvų naudojimą norint pagerinti patikimumo rodiklius.

#### **4.4. Priemonių tinklo patikimumui gerinti pritaikymas tirtai elektros linijai**

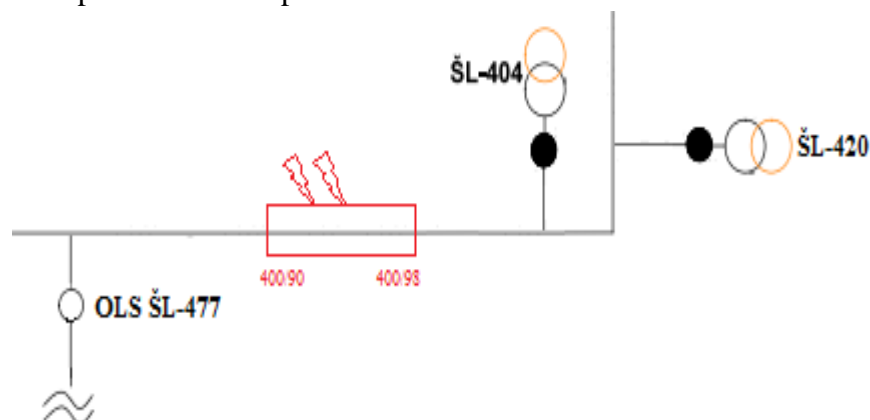
Panaudojamų priemonių efektyvumas SAIDI ir SAIFI rodikliams pagerinti bus įvertinamas pagal 2019 metų faktinius rodiklius ir gedimus, priemonių parinkimas ir įvertinimas atliekamas, naudojant 56 paveikslėlį, pateiktą „Šilalės TP linijos L-400 Obelynas 2019 metų gedimų vietos“ schemoje. Paveikslėlyje matome, kad įvyko 14 gedimų, iš kurių 7 įvyko oro linijos magistralėje bei 2 tranzitinėse pastotėse magistralėje, trys 404 atšakoje, vienas pastotėje ŠL-409 410 atšakoje ir vienas 418 atšakoje.

Pagrindinis dėmesys turi būti skiriamas magistralei, nes joje įvyko 7 gedimai, iš kurių 2 miškingoje vietovėje tarp atramų 400/90-98, trys ruože nuo 400/128 atramos iki pastoties ŠL-421, vienas tarp pastočių ŠL-429 ir ŠL-430, vienas už ŠL-430. Priemonės magistralės patikimumui gerinti aptariamoms 4.4.1 skyriuje. Priemonės spartesniam gedimo nustatymui ir likvidavimui aptariamoms 4.4.3 skyriuje. Priemonės, taikomos 404 atšakai, aptariamoms 4.4.2 skyriuje.

##### **4.4.1. Priemonės Šilalės L-400 magistralės patikimumo gerinimui**

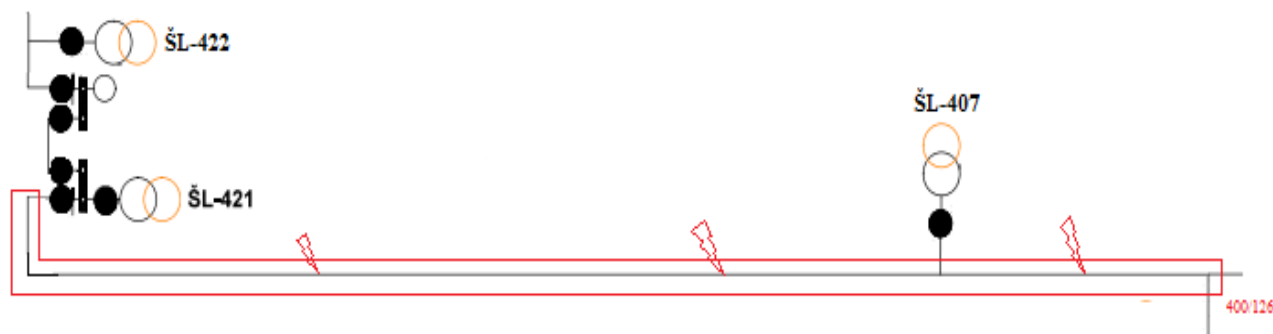
Atkarpoje 400/90-98 įvyko du gedimai, kai medžiai užvirto ant oro linijos. Todėl svarbu pirmiausia sutvarkyti būtent šią atkarpą. Ši oro linijos atkarpa, kurios ilgis yra 513 metrų, nutiesta per tankų ir seną mišką. Būtina šią atkarpą pakeisti į požeminę kabelinę liniją. Kaip aprašyta trečiame skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė“, kilometras oro linijos keitimo į požeminę kabelinę liniją kainuoja 32000 eurų, taigi, 513 metrų pakeitimas kainuos 16416 eurų. Šis tinklo pakeitimas 2019 metais būtų apsaugojęs liniją L-400 Obelynas nuo 2 atsijungimų, kurie bendrai

sąlygojo 0.0017 SAIFI rodiklio ir 0,1134 SAIDI rodiklio. Tinklo schemos dalis su siūlomu pokyčiu pažymėta raudonai ir pavaizduota 58 paveiksle.



**58 pav.** Keičiama magistralės atkarpa tarp atramų 400/90 ir 400/98

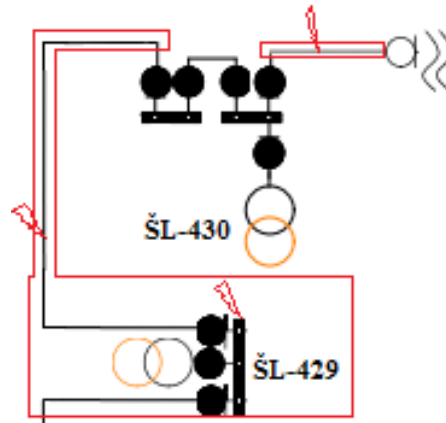
Magistralės atkarpoje 400/126 – ŠL-421 įvyko trys gedimai, ten medžiai užvirto ant oro linijos. Ši atkarpa kerta upę, miškingas vietas, oro linijos atkarpa, kurios ilgis yra 2471 metrų. Būtina šią atkarpa pakeisti į požeminę kabelinę liniją. Kaip aprašyta trečiame skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė“ kilometras oro linijos keitimo į požeminę kabelinę liniją kainuoja 32000 eurų, taigi, 2471 metrų pakeitimas kainuos 79072 eurų. Šis tinklo pakeitimas 2019 metais būtų apsaugojęs liniją L-400 Obelynas nuo 3 atsijungimų, kurie bendrai sąlygojo 0.0025 SAIFI rodiklio ir 0,1702 SAIDI rodiklio. Tinklo schemos dalis su siūlomu pokyčiu pažymėta raudonai ir pavaizduota 59 paveiksle.



**59 pav.** Keičiama magistralės atkarpa tarp atramos 400/126 ir ŠL-421

Magistralės atkarpoje ŠL-429 – Ryšis su Kaltinėnai L-600 K-614 įvyko du gedimai, medis užvirto ant oro linijos, oro linijos ryšelis nutrūko ir įžemėjo atrama, dėl to žuvo karvė. Taip pat verta paminėti, kad tranzitinėje pastotėje ŠL-429 įvyko gedimas dėl nesandarumo. Ši atkarpa yra miestelio teritorijoje, ji kerta pamiškę, kerta ganomų gyvulių teritorijas, pastotės ŠL-429 tipas KT, oro linijos atkarpa, kurios ilgis yra 1320 metrų. Būtina šią atkarpa pakeisti į požeminę kabelinę liniją. Kaip aprašyta trečiame skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė“, kilometras oro linijos keitimo į požeminę kabelinę liniją kainuoja 32000 eurų, taigi, 1320 metrų pakeitimas kainuos 42240 eurų. Taip pat kartu pakeičiant KT tipo pastotę į MT, pastoties keitimo kaina bus 35000 eurų. Šis tinklo pakeitimas 2019 metais būtų apsaugojęs liniją L-400 Obelynas nuo 3 atsijungimų, kurie bendrai sąlygojo 0.0024 SAIFI rodiklio ir 0,1119 SAIDI rodiklio. Tinklo schemos dalis su siūlomu pokyčiu pažymėta raudonai ir pavaizduota 60 paveiksle.

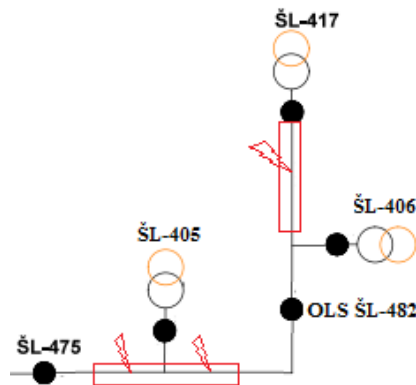




60 pav. Keičiama magistralės atkarpa tarp ir Šl-429 ir Kaltinėnai L-600

#### 4.4.2. Priemonės Šilalės L-400 404 atšakos patikimumo gerinimui

Šilalės L-400 atšakoje 404 įvyko trys gedimai: medis užvirto ant oro linijos, laidas nutrūko o likę laidai susipynė, šaka užkrito ant oro linijos. Ši atkarpa kerta pamiškę, kerta upę, tvenkinį, kerta pelkėtą miško dalį. Oro linijos atkarpos miškingoje zonoje ilgis yra 1242 metrų. Būtina šią atkarpą pakeisti į požeminę kabelinę liniją. Kaip aprašyta trečiame skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė“, kilometras oro linijos keitimo į požeminę kabelinę liniją kainuoja 32000 eurų, taigi, 1242 metrų pakeitimas kainuos 39744 eurų. Šis tinklo pakeitimas 2019 metais būtų apsaugojęs liniją L-400 Obelynas nuo 3 atsijungimų, kurie bendrai sąlygojo 0.0024 SAIFI rodiklio ir 0,1119 SAIDI rodiklio. Tinklo schemas dalis su siūlomu pokyčiu pažymėta raudonai ir pavaizduota 61 paveiksle.

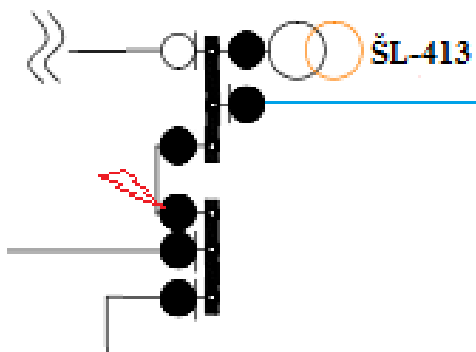


61 pav. Keičiamos 404 atšakos atkarpos

Tačiau be šių priemonių galima pritaikyti ir priemonę iš skyriaus „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė“ – įrengti oro linijos atkabiklį, parenkant vietą iškart už oro linijos skyriklio OLS ŠL-475. Tai padėtų sumažinti ateityje galinčius kilti gedimus. Tai būtų naudinga dėl kelių priežasčių, pirma, ši atšaka sudaro 10,15 procento visos Šilalės L-400 linijos, joje yra 44 vartotojai, atkabiklis leistų, įvykus gedimui atšakoje, atjungti pažeista ruožą, neatjungiant visos oro linijos. Tokio sprendimo įgyvendinimas įgalintų siekti efektyvumo. Tai yra, atsijungus ruožui SAIFI, svoris būtų vos 0,0001 karto per metus klientui;

#### 4.4.3. Papildomos priemonės Šilalės L-400 patikimumo gerinimui

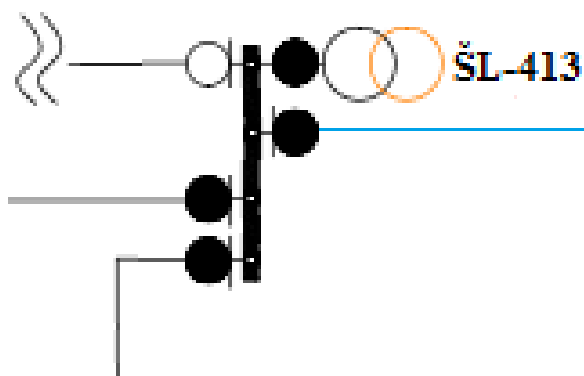
Efektyviai gerinant patikimumo rodiklius, verta pagalvoti apie galimybę greitai dalinti liniją esant gedimui, bei sužinoti gedimo kryptį. Tai aprašoma skyriuje „SAIDI ir SAIFI rodiklių gerinimo priemonių analizė“ – televaldomų komutacinių įrenginių įrengimas. Pasirenkamas objektas ŠL-413 stacionari transformatorinė, dėl savo strateginio patogumo tai yra 4 susikertančios linijos joje. Siūlymas būtų rekonstruoti stacionarią transformatorinę vietą senos 10kV skirstyklos ir įrengti naują 10kV skirstyklą su valdomais galios skyrikliais, TSPĮ, bei trumpo jungimo indikatoriais. Be to, senoji skirstykla turėjo 1 gedimą 2019 metais. Skirstyklos schema pateikta 62 paveikslėlyje.



62 pav. Keičiamos TR ŠL-413 schema

Transformatorinė yra įrengta magistralėje, iš jos toliau nueina magistralė link ŠL-418 pastoties. Atsišakoja į atšaką 410, ir taip atsiranda ryšis su Kaltinėnai L-400 linija.

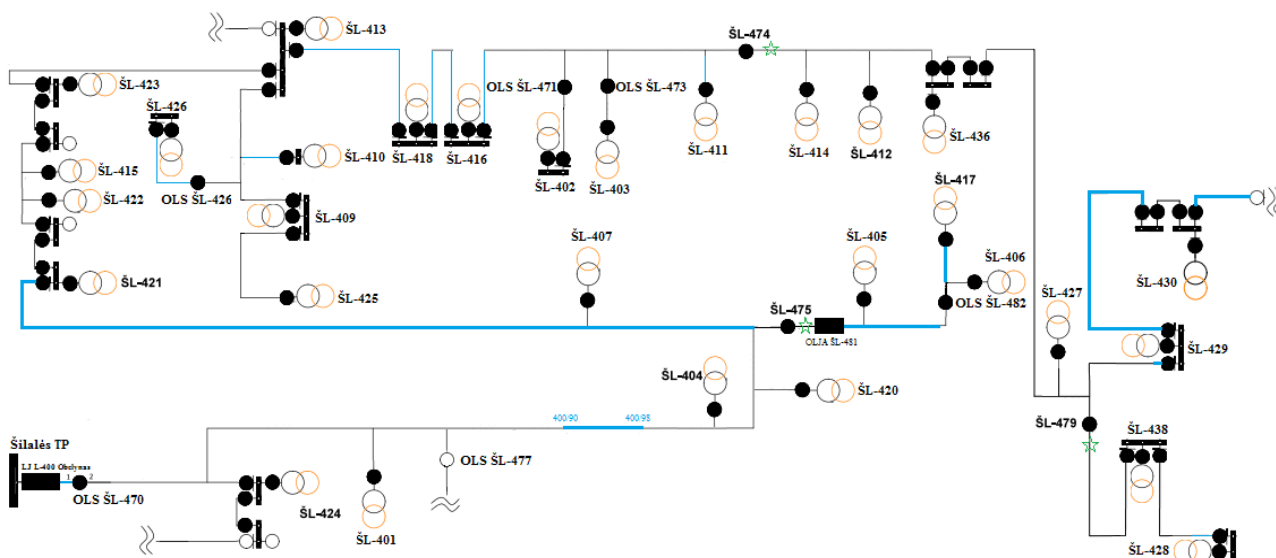
Šis sprendimas kardinaliai nemažina SAIFI rodiklio poveikio, kadangi realaus gedimų skaičiaus oro linijoje nesumažina, tačiau leidžia operatyviai greitai nustatyti, kurioje kryptyje yra gedimas, ir televaldymo pagalba atlikti perjungimus, atstatant elektros energijos tiekimą nepaveiktiems gedimo vartotojams. Be to, dėl linijos išdalavimo į atskiras zonas gal būtų verta linijai pritaikyti APRS arba FLIR programas. Po atnaujinimo transformatorinės schema būtų paprastesnė, mažiau įrenginių kam sugesti, be to, įrenginiai būtų valdomi televaldymu realiu laiku. Schema pateikta 63 pav.



63 pav. Pakeistos TR ŠL-413 su televaldymu schema

Taip pat papildomai efektyviai greitinant procesą ir ieškant gedimų, verta įrengti trumpo jungimo indikatorius, kurių vnt kaina 2500 eurų. Parenkamos vietos: už OLS ŠL-475, už OLS ŠL-474, už OLS ŠL-479. Iš viso įrengimo kaina būtų 7500 eurų.

Po visų nurodytų atnaujinimų komplekto Šilalės L-400 Obelynas schema pateikta 64 pav.



64 pav. Šilalės L-400 Obelynas schema su pagerintais rodikliais

#### 4.5. Parinktų priemonių tirtam tinklui efektyviai pagerinti patikimumo rodiklius įvertinimas

Apskritai, jei pakeitimai oro linijoms būtų buvę įvykdyti iki 2019 m., tai lemtų 83 procentais ir 82 procentais mažesnius SAIFI ir SAIDI patikimumo rodiklius linijai. Pakitimo kaina oro linijose 212 472 eurų, papildomai oro linijos atkabiklis 5000 eurų, papildomos priemonės, tokios kaip trumpo jungimo indikatoriai, papildomai kainuotų 7500 eurų, ŠL-413 rekonstrukcija kainuotų apie 25000 eurų, įvertinus kad įrengiama ne nauja MT o surenkama skirstykla senos viduje, be to, toks sprendimas įgalintų ateityje drąstiškai sumažinti SAIDI rodiklius. Tačiau dar ne per vėlu įgyvendinti aptartas priemones dėl rodiklių griežtinimo, tik reikia atitinkamai tobulinti tinklą. Šie patobulinimai leistų efektyviai tarnauti tinklui su mažesniu patikimumo rodiklių neigiamu poveikiu. Svarbu atkreipti dėmesį, jog 1 procento kaina SAIFI yra 91852 eurų ir 1 procento SAIDI 150862 eurų, taikant kabeliavimo priemonę, tokia išaugusi kaina priklauso nuo santykinai mažo vartotojų skaičiaus. Svarbu paminėti, kad kabeliavimas efektyviai mažina SAIFI. Be to 1 procento kaina SAIFI yra 155253 eurų ir 1 procento 330327 eurų, taikant rekonstravimo pastoties priemonę, ši išaugusi kaina priklauso nuo santykinai mažo vartotojų skaičiaus. Tačiau toks vertinimas nėra tikslus. Kiekvienam tinklo gerinimui kainos turi būti perskaičiuotos, norint efektyviausiai pagerinti tinklo rodiklius. Taigi efektyviausiai SAIFI mažina linijų kabeliavimas. Oro linijos jungtuvai, kurie turi apsaugas, arba atkabikliai, gali sumažinti SAIFI vertę, gedimui paveikiant mažesnę vartotojų skaičių. Verta paminėti, kad trumpo jungimo indikatoriai suteikia informaciją realiu laiku apie gedimo vietą, spartina atstatymo laiką, trumpina SAIDI laikus. Taip pat reikia atkreipti dėmesį, jog analizuota praščiausių rodiklius turinti linija pasirinktame tinkle. Svarbu tai, kad ESO iki 2029m, ketina investuoti apie 1,56 mlrd eurų į elektros tinklus, ir yra išsikėlusį tikslus beveik perpus sumažinti patikimumo rodiklius (beveik dvigubai pagerinti). Remiantis šia informacija, 244972 eurų investicija, gerinti šia liniją kaip blogiausią pasirinktame tinkle, yra priimtina kaina. Elektros tinklo efektyvus gerinimas, naudojant pažangias technologijas, tokias kaip APRS, FLIR, ateityje bus imamos plačiai taikyti, tačiau joms reikalingi komutaciniai įrenginiai su realaus laiko valdymu ir apsaugomis. Panašu, kad ateityje vidutinis tinklo amžius Lietuvoje didės, ir tam projektui įgyvendinti bus reikalingos dar didesnės papildomos investicijos. Norint efektyviai gerinti rodiklius, su optimaliomis išlaidomis, reikia naudoti kompleksinius metodus.

## Išvados

1. 2019m Klaipėdos regione įvyko 8421 gedimai, kurie sąlygojo 1,821 SAIFI ir 137,97 SAIDI. Iš kurių pietvakarių tinkle įvyko 2855 gedimai, kurie nulėmė 0,422 SAIFI ir 39,9604 SAIDI rodiklį. Žemos įtampos gedimai sudarė 68,76 % visų gedimų. 10 kV gedimai sudarė 31,24 procentus visų gedimų, kurie nulėmė 0,3803 SAIFI rodiklio ir 30,74 SAIDI rodiklio. Pagal gedimo vietą didžiausia dalis gedimų skirstomajame tinkle įvyksta oro linijose – 59,22 %. Gedimų kiekis kabelinėse linijose yra 8,2 %, transformatorinėse – 6,2 %, kiti gedimai – 26,26 %. Skirstomojo tinklo tiekiamos elektros energijos patikimumas labiausiai priklauso nuo tinklo vietovės, priežiūros kokybės, schemas, įrenginių tipo, būklės, amžiaus ir aplinkos sąlygų.
2. Tirtame pietvakarių tinkle nustatyta, jog daugumos oro linijų amžius daugiau kaip 40m. Be to, apie 280km 10kV kabelinių linijų yra seno tipo „alyviniai“ kabeliai, kurie linkę dažniau sugesti, beveik trečdalis 10kV kabelinių linijų yra daugiau kaip 40m senumo. Taip pat 35 procentai transformatorinių yra seno tipo KT pastotės, o 18 procentų yra stacionariosios transformatorinės, kurių daugumos amžius daugiau kaip 30-40 metų.
3. Nustatyta, jog Klaipėdos regione pietvakarių skirstomajame tinkle 2019 metais didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams turėjusios 10 kV oro linijos. Linijose įvyko daugiau kaip 10 gedimų per metus, tai SAIDI ir SAIFI rodikliams sudarė 4,44 procento iš viso tirtu pietvakarių tinklo 2019m. SAIDI rodiklio ir 18,04 procento SAIFI rodiklio, iš viso įvyko 162 atsijungimai. Iš jų atrinkta oro linija turėjusi didžiausią įtaką SAIFI ir SAIDI rodikliams – Šilalės TP L-400 Obelynas linija.
4. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo linijai Šilalės TP L-400 Obelynas, turinčiai didžiausią įtaką SAIDI ir SAIFI rodikliams, paskaičiuojamas faktinis ir teorinis patikimumas, naudojant spindulinio skirstomojo tinklo zonų ir šakų metodą. Tiriamoje linijoje 2019 metais įvyko 14 gedimų, kurie sąlygojo 0,0118 SAIFI ir 0,6616 SAIDI rodiklio. Gauti teorinio skaičiavimo rezultatai stipriai nesutapo su faktiniais rodikliais. Pagrindinė priežastis - vidutinė atstatymo trukmė, gauta iš literatūros šaltinių, neatitinka realių, šiuolaikinių vidutinio gedimo šalinimo laikų ir neįvertinama, kad dalis atsijungimų yra trumpalaikiai ir suveikus automatiniai kartotiniui įjungimui, išnyksta. Dėl to, pritaikytų priemonių efektyvumas SAIDI ir SAIFI rodikliams pagerinti vertinamas pagal 2019 metų gedimus ir faktinius rodiklius.
5. Klaipėdos regiono pietvakarių skirstomojo tinklo linijai Šilalės TP L-400 Obelynas pritaikomos pagrindinės 3 priemonės bei papildomos 3 analizuotos patikimumo gerinimo priemonės. Kabelinės oro linijos keitimas į požeminę kabelinę liniją atkarpoje tarp 400/90-98 atramų, 400/126 – transformatorinės ŠL-421, atšakoje 404 kabeliavimas miškingų ruožų. Patariama pakeisti transformatorinę ŠL-429 į MT, taip pat svarstoma rekonstruoti ŠL-413 transformatorinę, įrengiant televaldymą. Siūloma įrengti atkabiklį 404 atšakoje, pasiūlomos trys pozicijos realaus laiko trumpo jungimo indikatoriams. Be to, aptariamoms galimybėms panaudoti APRS ir FLIR programas ateityje. Visos šios priemonės kartu pagerina SAIFI 83 procentais ir SAIDI 82 procentais. Visų išvardintų priemonių įgyvendinimo vertė 244972 eurų, tokia kaina yra priimtina dėl didelio rodiklių pagerinimo. Be to, gerinama pati blogiausia linija, o ESO yra numatomi iki 2028 m. tinklui skirti 1,56 mlrd eurų, siekiant sumažinti rodiklius beveik perpus. Siekiant efektyviai investuoti į skirstomojo tinklo patikimumą, būtina kompleksiskai pritaikyti kuo daugiau skirtingų patikimumo gerinimo priemonių, pavyzdžiui, FLIR ir APRS, kurias ateityje galima būtų pritaikyti ir panaudoti. Pritaikius kompleksiskai įvairias priemones įmanoma optimalia kaina, efektyviai pagerinti linijos patikimumą.

## Literatūros sąrašas

1. „Energijos skirstymo operatoriaus“ strategija „ESO 2030“. Vilnius. 2019.
2. „Lietuvos energijos“ strategija „LE 2030“. Vilnius. 2018.
3. Gytis Svinkūnas, Algimantas Navickas, „*Elektros energetikos pagrindai*“ 2013m, KTU leidykla „Technologija“.
4. „Energijos skirstymo operatoriaus“ Elektros skirstomojo tinklo duomenys santraupa 2020-01-01.
5. ROBERTS, Jeff. *Review of ground fault protection methods for grounded, ungrounded, and compensated distribution systems*. [interaktyvus] [žiūrėta 2020 sausio 5 d.] Prieiga per internetą: <<https://cdn.selinc.com//assets/Literature/Publications/Technical%20Papers/6123.pdf?v=2015112>>
6. *SAIDI and SAIFI indices guiding towards more reliable distribution network*. [interaktyvus] [žiūrėta 2020 sausio 12d.], prieiga per internetą. <<https://www.ensto.com/company/newsroom/articles/saidi-and-saifi-indices-guiding-towards-more-reliable-distribution-network/>>
7. Yeddanapudi, Sree. „*DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY EVALUATION*“. Iowa. Iowa State University. 2011.
8. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija *LIETUVOS ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS PATIKIMUMO ĮVERTINIMO ATASKAITA UŽ 2016 METUS*. Vilnius. 2017.
9. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija *LIETUVOS ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS PATIKIMUMO ĮVERTINIMO ATASKAITA UŽ 2017 METUS*. Vilnius. 2018.
10. PILLAI, P. *Grounding and ground fault protection of multiple generator installations on medium-voltage industrial and commercial power systems II. Grounding methods*. Houstonas, Texasas.
11. *Distribution Automation Handbook*. [interaktyvus] [žiūrėta 2020 sausio 28d.], prieiga per internetą. <<https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/misc/distribution-automation-handbook>>
12. Navickas A. „*ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ PATIKIMUMAS*“. Kaunas. Technologija. 2013.
13. *LIETUVOS ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS PATIKIMUMO ĮVERTINIMO ATASKAITA UŽ 2018 METUS*, Valstybinė energetikos reguliavimo taryba. Vilnius, 2019
14. Lietuvos Respublikos elektros energijos ir gamtinių dujų rinkų metinė ataskaita Europos Komisijai, Valstybinė energetikos reguliavimo taryba, Vilnius, 2019
15. „Energijos skirstymo operatoriaus“ 2016-2020 strategija. Vilnius.
16. „Energijos skirstymo operatoriaus“ 2018-2027 metų investicijų planas. Vilnius, 2018.
17. „Energijos skirstymo operatoriaus“ 2019-2028 investicijų planas, Vilnius, 2019.
18. P.U.Okorie, Quest Journal, paper - "*Reliability Indices of Electric Distribution Network System Assessment*" 2015m.
19. *CEER Benchmarking Report 5.2 on the Continuity of Electricity Supply*.
20. *6TH CEER BENCHMARKING REPORT ON THE QUALITY OF ELECTRICITY AND GAS SUPPLY*.
21. *CEER Benchmarking Report 6.1 on the Continuity of Electricity and Gas Supply*.
22. Brian J. Pierre and Bryan Arguello *INVESTMENT OPTIMIZATION TO IMPROVE POWER DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY METRICS*. Albuquerkė.
23. G.D. Ferreira, A.S. Bretas *A NON BINARY PROGRAMMING MODEL FOR ELECTRIC DISTRIBUTION SYSTEMS RELIABILITY OPTIMIZATION*. Rio Grande do Sul, 2012

24. H. Zhenga, Y. Chenga, B. Goub, D. Frankc, A. Bernc, W.E. Muston *IMPACT OF AUTOMATIC SWITCHES ON POWER DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY*. Arlingtonas, 2012.
25. Pavel Markovskii, Alexei Merkushev *INVESTIGATING INTO HIGH VOLTAGE NETWORK RELIABILITY PREDICTIVE CALCUALTION*. Peterburgas.
26. Mirosław Kornatka *DISTRIBUTION OF SAIDI AND SAIFI INDICES AND THE SATURATION OF THE MV NETWORK WITH REMOTELY CONTROLLED SWITCHES*. Čenstakavas, 2017.
27. Juan Camilo López, Marina Lavorato, Marcos J. Rider *OPTIMAL RECONFIGURATION OF ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS CONSIDERING RELIABILITY INDICES IMPROVEMENT*. Limeira, 2015.
28. Alberto Escaleraa, Barry Hayesa, Milan Prodanovića *A SURVEY OF RELIABILITY ASSESSMENT TECHNIQUES FOR MODERN DISTRIBUTION NETWORKS*. Madridas,2017.
29. Marko Kruithof, John Hodemaekers, Rob Van Dijk *QUANTITAVE RISK ASSESSMENT; A KEY TO COST-EFFECTIVE SAIFI AND SAIDI REDUCTION*. Amsterdama, 2005.
30. E.Vidyasagara, P.V.N.Prasadb, Ather Fatimaa. *Reliability Improvement of a Radial Feeder Using Multiple Fault Passage Indicators*.
31. Francisc Zavoda, Ernie Rodriguez, George Fofeldea. *UNDERGROUND AND OVERHEAD MONITORING SYSTEMS FOR MV DISTRIBUTION NETWORKS*. Glasgow, 2017.
32. H. Falaghi, M.-R. Haghifam, M. R. Osouli Tabrizi. *FAULT INDICATORS EFFECTS ON DISTRIBUTION RELIABILITY INDICES*.
33. Kenichi Suzuki, Takeshi Yamanaka, Masaki Kuroiwa. *DISTRIBUTION PLANNING SYSTEM IN VIETNAM FOR MULTI-DIVIDED AND MULTICONNECTED SYSTEM*. Madridas, 2019.
34. M.R. Elkadeem. *Improving performance of underground MV distribution networks using distribution automation system*.
35. Eduardo F. Ferreiraa, J. Dionísio Barros. *Faults Monitoring System in the Electric Power Grid of Medium Voltage*.
36. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices, USA 2004, The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
37. A.Jayantilal, Senior Member, IEEE C. A. McCarthy, Member, IEEE *.Smarter Fault Location, Isolation, and Service Restoration using Integrated Distribution Management Systems and Distribution Automation*.
38. Palak Parikh, Ilia Voloh, Michael Mahony, IEEE *.Fault Location, Isolation, and Service Restoration (FLISR) Technique using IEC 61850 GOOSE*.
39. HENRY LÅGLAND, *Comparison of Different Reliability Improving Investment Strategies of Finnish Medium-Voltage Distribution Systems*, UNIVERSITAS WASAENSIS 2012, Suomija.