



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
ELEKTROENERGEETIKA INSTITUUT

# **Elektrilevi OÜ võrguvarade ülevaade ning vaatlusandmete ja rikete vaheliste seoste uurimine**

**Elektroenergeetika õppekava**

**Energiasüsteemide õppetool**

**Magistritöö**

Õppetooli juhataja

dotsent Jako Kilter

Juhendaja

professor Arvi Hamburg

Lõpetaja

Mihkel Pedak

**Tallinn 2016**

Töö kaitsmine

Lõputöö on kaitstud ..... 2016. a hindele .....

Kaitsmiskomisjoni esimees (nimi ja allkiri)\_\_\_\_\_

# Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudile haridusastme lõpudiplomi taotlemiseks elektroenergeetika erialal. Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Lõpetaja (allkiri ja kuupäev) \_\_\_\_\_

# Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Mihkel Pedak	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Elektrilevi OÜ võrguvarade ülevaade ning vaatlusandmete ja rikete vaheliste seoste uurimine	
<i>Kuupäev:</i> 27.05.2016	84 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool <i>Teaduskond:</i> Energeetikateaduskond <i>Instituut:</i> Elektroenergeetika instituut <i>Õppetool:</i> Energiasüsteemide õppetool	
<i>Töö juhendaja(d):</i> professor Arvi Hamburg	
<i>Sisu kirjeldus:</i> <p>Käesoleva magistritöö eesmärgiks on uurida Eesti suurima jaotusvõrguettevõtte Elektrilevi OÜ võrguvarade seisukorda varaklasside ja vanuste lõikes ning uurida rikete ja vaatlusandmete vahelisi võimalikke seoseid. Töös antakse ülevaade elektriliinide, mastide, alajaamade ja trafode koguarvudest, vanuselisest jaotusest, defektide koguarvudest ja jaotusest, rikete koguarvudest ja nende põhjuste jaotusest varagruppide tüüpide lõikes. Töös võrreldakse sagedasemaid defekte ja rikete põhjuseid varagruppide tüüpide lõikes.</p> <p>Antud uurimustöö koostamine on vajalik, et anda ajakohane ülevaade ligikaudu 500 000 klienti teenindava jaotusvõrguettevõtte kohta. Töö tulemustega on võimalik tulevikus lihtsamini võrrelda võrguvaradega toimunud muutusi. Käesolev töö annab ajakohase ülevaate võrguvarade vanustest, rikete põhjuste ja defektide sagedustest ning pakub vanustega, defektidega, rikete põhjustega ja kahe viimase omavaheliste seostega seotud sisendandmeid edaspidisteks uuringuteks. Algandmetena kasutati Elektrilevi OÜ võrguinfosüsteemide andmebaasidest pärit andmeid, mida töödeldi erinevate andmebaasitarkvaradega ja tabelarvutusprogrammidega.</p> <p>Töö põhilisteks tulemusteks on järeldused, et probleemsemateks kohtadeks on keskpinge ja madalpinge paljasjuhtmete ja raudbetoonmastide varagrupid ning, et osaliselt esineb erinevate varagruppide lõikes defektide ja rikete põhjuste vahel võimalik seos.</p>	
<i>Märksõnad:</i> Elektrilevi OÜ, jaotusvõrk, võrguvarad, vaatlusandmed, defektid, rikked	

# Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Mihkel Pedak	<i>Kind of the work:</i> Master's Thesis
<i>Title:</i> Overview of Elektrilevi OÜ network assets with relations between observation and fault data	
<i>Date:</i> 27.05.2016	84 pages
<i>University:</i> Tallinn University of Technology <i>Faculty:</i> Faculty of Power Engineering <i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering <i>Chair:</i> High Voltage Engineering	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Professor Arvi Hamburg	
<p><i>Abstract:</i></p> <p>The purpose of this master's thesis is to investigate Estonian largest network operator company Elektrilevi OÜ assets conditions in different asset groups and in age groups. Also to investigate outage data and observation data relations. In this master's thesis, the overview of power lines, poles, substations and transformers is given by showing their age distribution, defect counts and distribution and outage counts and distribution. There is a comparison of the most frequent defects and outage reasons between different asset groups.</p> <p>This master's thesis is necessary to give an updated overview of assets that belong to a network operator that is serving approximately 500 000 customers. With the results of this work it is noticeably easier in the future to compare the developments in the network over time. This work gives an overview of the network assets in terms of their age, outage reasons and defect frequencies. With age, defect, outage reason related data and a comparison with the last two it gives an input for further investigations. The initial data that was used in this work is from Elektrilevi OÜ power network information system databases and they were processed with different database software and spreadsheet software.</p> <p>The main conclusions of this work are that both low and middle voltage bare lines and reinforced concrete poles are most problematic. Also it has pointed out that possibly there is a relation between defects and outage reasons on some asset groups.</p>	
<i>Key words:</i> Elektrilevi OÜ, Electric distribution network, network assets, observation data, defects, outages	

# Sisukord

<b>Lõputöö ülesanne</b> .....	<b>7</b>
Teema põhjendus: .....	7
Töö eesmärk:.....	7
Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:.....	8
Lähteandmed:.....	8
<b>Eessõna</b> .....	<b>8</b>
<b>Sissejuhatus</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Võrguvarade ülevaade</b> .....	<b>11</b>
1.1. Madalpinge liinide ülevaade .....	11
1.2. Madalpinge mastide ülevaade .....	16
1.3. Keskpinge liinide ülevaade .....	18
1.4. Keskpinge mastide ülevaade .....	23
1.5. Alajaamade ülevaade .....	25
1.6. Trafode ülevaade.....	34
<b>2. Defektide ülevaade</b> .....	<b>40</b>
2.1. Madalpinge mastide defektid .....	40
2.2. Keskpinge mastide defektid .....	43
2.3. Madalpinge liinide defektid .....	47
2.4. Keskpinge liinide defektid .....	49
2.5. Trafode defektid.....	50
2.6. Alajaamade defektid .....	52
<b>3. Rikete ülevaade</b> .....	<b>55</b>
3.1. Rikked madalpinge mastidega .....	55
3.2. Rikked keskpinge mastidega.....	56
3.3. Rikked madalpinge liinidega .....	58
3.4. Rikked keskpinge liinidega.....	59
3.5. Rikked trafodega ja alajaamadega .....	61
<b>4. Defektide ja rikete seosed</b> .....	<b>63</b>
4.1. Madalpinge .....	63
4.2. Keskpinge .....	65
<b>Lõputöö kokkuvõte</b> .....	<b>69</b>
<b>Kirjandus</b> .....	<b>73</b>
<b>Lisad</b> .....	<b>75</b>

# Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	<b>Elektrilevi OÜ võrguvarade ülevaade ning vaatlusandmete ja rikete vaheliste seoste uurimine</b>
Üliõpilane:	<b>Mihkel Pedak, 152983</b>
Lõputöö juhendaja:	<b>Arvi Hamburg</b>
Õppetool:	<b>Energiasüsteemide õppetool</b>
Õppetooli juhataja:	<b>Jako Kilter</b>
Lõputöö esitamise tähtaeg:	<b>27. mai 2016</b>

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Õppetooli juhataja (allkiri)

## Teema põhjendus:

Uuritava teema vajadus seisneb selles, et anda konkreetse suunitlusega ajakohane ülevaade ligi poolt miljonit klienti teenitava elektrijaotusvõrgu kohta. Seoses suurte investeerimismahtudega on käesoleva töö tulemustega võimalik tulevikus võrrelda võrguvaradega toimunud muutusi oluliselt lihtsamini. Uurimise koostamise teine vajadus seisnes selles, et anda ülevaade võrguvaradega toimunud rikete põhjustest ning seotud defektidest nii, et nende võrdlemisel oleks võimalik järeldada kas defektide ja rikete vahel võivad olla järeldatavad seosed ning kas defektide ja rikete seoste uurimine vajaks suuremat tähelepanu ja edasist uurimist. Käesolev töö annab ajakohase ülevaate võrguvarade vanustest, rikete põhjuste ja defektide sagedustest ning pakub vanusega, defektidega, rikete põhjustega ja kahe viimase omavaheliste seostega seotud sisendandmeid Elektrilevi võrgu korrashoiutööde korraldamiseks ning edaspidisteks uuringuteks.

## Töö eesmärk:

Töö eesmärgiks on kuvada Elektrilevi OÜ jaotusvõrgu varade seisukorda varaklasside ja vanuste lõikes ning uurida rikete ja vaatlusandmete vahelisi seoseid.

## **Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:**

Leida uurimisobjektideks olevate võrguelementide mahud ning esitada nende abil ülevaade hetke olukorrast. (Nt. liinide pikkused, vanused jm. huvipakkuvad karakteristikud)

Siduda valitud võrguelementidega vaatlusandmed ning koostada ülevaade esinevatest defektidest ning nende sagedusest erinevatel varaklassidel.

Siduda valitud võrguelementidega rikete andmed ning koostada ülevaade esinevatest rikestest ning nende sagedusest erinevatel varaklassidel.

Leida võimalik seos rikete ning defektide vahel võrreldes selleks omavahel erinevaid võrguelemente millel on sarnased defektid ning rikked..

## **Lähteandmed:**

Lähteandmed pärinevad Elektrilevi OÜ võrguinfosüsteemis olevatest test andmebaasidest ning sisedokumentidest.

## **Eessõna**

Lõputöö teema anti välja Elektrilevi OÜ võrguanalüütika sektori analüütikute ning korrashoiutööde spetsialistide initsiatiivil. Töö põhiliste algandmete kogumine toimus Elektrilevi OÜ võrguinfosüsteemide test andmebaasidest, millega töö autor oli kursis tänu oma eelnevale töökogemusele. Autor tänab lõputöö koostamisel eelkõige juhendajat professor Arvi Hamburgi tema professionaalse juhendamise eest ning Eesti suurimat jaotusvõrgu ettevõtet Elektrilevi OÜd võimaluse eest käesolevat teemat uurida.

Autori alaline elukoht ning töökoht

Pöörise 20-75, Tallinn, Eesti

Eesti Energia AS



# Sissejuhatus

Elektrilevi on Eesti suurima jaotusvõrguettevõttena, varustades elektriga ligi poolt miljonit klienti, ka üks suurimaid ettevõtteid oma käibelt, mis moodustas 2014. aastal koguni 247,7 miljonit eurot. [1] [2] Ligi 500 000 kliendiga jaotusvõrguettevõtte, edastades elektrit enamuste elanikkonnast ning ettevõtetest, on Eesti mõistes väga olulise tähtsusega. Seetõttu investeerib Elektrilevi OÜ igal aastal miljoneid eurosid võrgu stabiilseks ning jätkusuutlikus toimimiseks. Alates aastast 2012. kuni aastani 2014. on Elektrilevi OÜ investeeringuteks kulutanud ligikaudu sada miljonit eurot igal aastal ning see moodustab keskmiselt 13% võrguvarade mahust. [1] [3] [4].

Sadadesse miljonitesse ulatuvad investeeringute mahud on käesoleva töö üheks ajendiks kus töö eesmärgiks on uurida Elektrilevi OÜ jaotusvõrgu varaklasside seisukordi nii nende vanuste lõikes kui ka nende rikete ja vaatlusandmete vaheliste seoste kaudu. Käesolevas töös keskenduti Elektrilevi OÜ teeninduspiirkondadesse kuuluvatele madalpinge ja keskpinge elektriliinidele, mastidele, alajaamadele ja trafodele. Töö ülesandeks püstitati leida uurimisobjektideks olevate elementide mahud ning vanused, läbi mille on võimalik hinnata Eesti suurima jaotusvõrgu vanuselist olukorda. Lisaks vanuselisele olukorra uurimiseks püstitati ülesanne uurimaks milliste varaklassidega toimus rikkeid ja mis on nende rikete sagedamateks põhjustajateks. Samuti püstitati ülesandeks uurida nimetatud elementide kohta märgitud vaatlusandmeid ehk defekte ning seeläbi leida võrgu murekohti. Töö ülesandeks oli püstitatud ka võimaliku seose leidmine rikete ning defektide vahel mille tulemusena on võimalik anda täpsemat sisendit murekohtade likvideerimiseks.

Uuritav teema on pideva tähelepanu all ning probleemne, sest Elektrileviga seotud strateegilised eesmärgid peavad vaatama ette kaugesse tulevikku ning seetõttu sellega seotud otsused peavad olema põhjalikult läbi kaalutud. Käesolevas töös sisalduvate analüüsidega on tehtud sarnaseid või analoogseid analüüse, kus näiteks võrreldakse konkreetsete objektidega toimunud rikkeid ja nendega eelnevalt seotud defekte või kus näiteks vaadeldakse võrgu seisukorda vastavalt selle asetsemisele kas tihedas või vähem tihedas asukohas. Käesolevat tööd iseloomustab detailsem võrguvarade vanuseline jaotus ning riketega ja defektidega seotud andmete tehnilisem analüüs.

Töös kasutatud algandmed on pärit Elektrilevi võrguinfosüsteemide Tekla NIS, MMS ja DMS andmebaasidele põhinevatest testandmebaasidest, mis oma sisult ja olemuselt vastavad üks ühele tavalistele mitte testandmebaasidele kuid need on lihtsalt ajalise viitega. Kuigi

andmebaasides oleva informatsiooni vastavust tegelikkusele on raske hinnata, siis käesoleva töö puhul on andmete töötlemisega ning ümardamisest tulenevatel tingimustel vastavus algandmetesse üle 90%. Algandete töötlemiseks kasutati SQL programmeerimise keelt ning Oracle SQL Developer tarkvara, lisaks kasutati andmete töötlemiseks ja visualiseerimiseks Microsoft Excel tabelarvutusprogrammi ning Tableau tarkvara. Kõik töös kasutatud joonised on autori koostatud ning põhinevad autori poolt tuletatud analüüsidele. Abimaterjalina tervikkontseptsiooni koostamiseks oli ettevõtte majanduslikud aruanded, varade klassifikaatorid, eelnevad uuringud ja jaotusvõrkudega seonduv kirjandus.

Käesoleva töö esimeses osas antakse esmalt ülevaade madalpinge liinide ning mastide koguarvudest ning nende vanuselisest jaotusest, seejärel antakse ülevaade keskpinge liinide ja mastide koguarvudest ning samuti nende vanuselisest jaotusest. Esimese osa lõpus antakse ülevaade alajaamade ja trafode koguarvudest ning vanuselisest jaotusest. Esimese osas keskendutakse põhiliselt erinevate võrguvarade arvudele ning nende vanuselisele jaotusele kus märgitakse ära samuti ka nendele määratud kulumi normid, mille järgi on võimalik vanusest tulenevaid mõjusid paremini hinnata.

Töö teises osas antakse esmalt ülevaade vaatlusandmetest ehk defektidest keskpinge ja madalpinge mastidel, seejärel antakse ülevaade defektidest madalpinge ja keskpinge liinidel. Töö teise osa lõpus antakse ülevaade trafodega ning alajaamadega seotud defektidest. Töö teises osas keskendutakse põhiliselt erinevate defektide esinemissagedustele nii madalpinge kui ka keskpinge võrguelementidel ning neid esitatakse nii koguarvudena kui ka osakaaludena.

Töö kolmandas osas antakse ülevaade madalpinge ja keskpinge mastidega seotud rikestest ning seejärel antakse ülevaade madalpinge ja keskpinge liinidega seotud rikestest. Kolmanda osa lõpus antakse ülevaade trafodega ning alajaamadega seotud rikestest. Kolmandas osas keskendutakse põhiliselt rikete esinemissagedustele ja rikete põhjuste jaotusele erinevate võrguvarade lõikes.

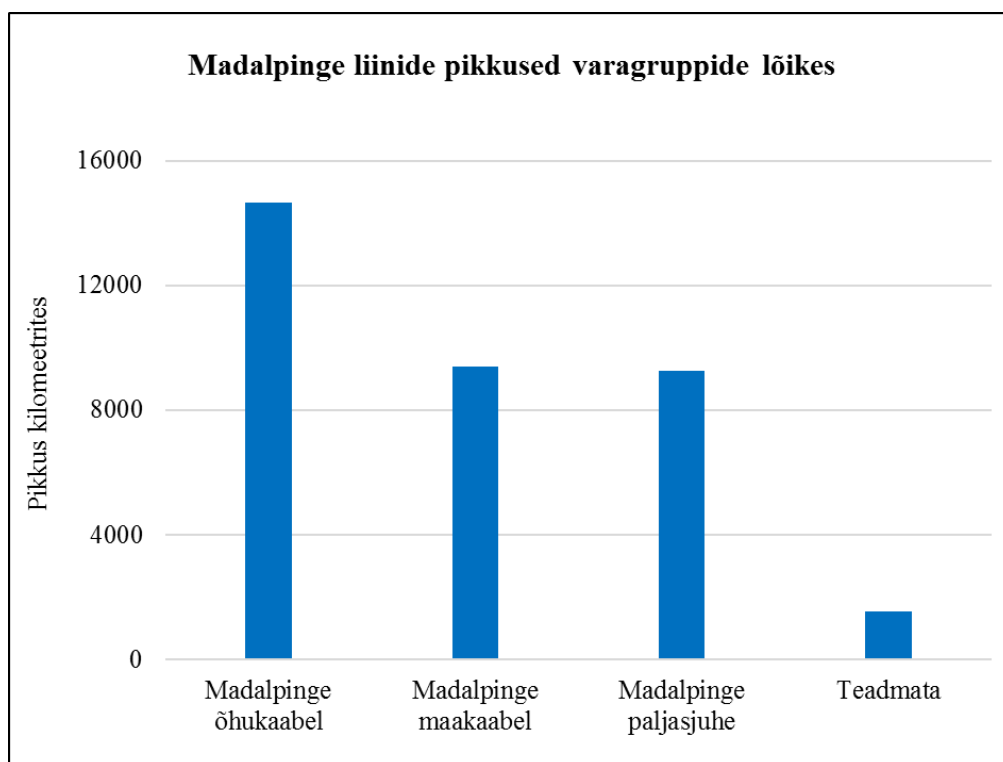
Käesoleva töö neljandas ja ühtlasi ka viimases osas keskendutakse eelnevalt uuritud defektide ja rikete vahelistesse seostesse. Neljanda osa esimeses pooles vaadeldakse madalpinge võrguelementidega toimunud rikkeid ja seotud defekte ning teises pooles vaadeldakse keskpinge võrguelementidega toimunud rikkeid ja nendega seotud defekte. Neljandas osas uuritakse põhiliselt kõikide võimalike võrguvarade kõige sagedamini esinevaid defektirühmi ning kõige sagedamini esinevaid rikete põhjuseid, mille omavahelisel võrdlemisel tehakse järeldused.

# 1. Võrguvarade ülevaade

Võrguvarade ülevaates uuritakse liinide ja mastide koguarvude ning jaotuse kohta eraldi nii madalpinges kui keskpingses. Uurimise käigus leitakse ka erinevate liinivaragruppide, mastivaragruppide ja erinevate alajaamade ning trafode tüüpide oskaalud nende koguarvudest. Kõikide võrguvarade kohta esitatakse võimaluse korral ka nende normatiivselt määratud kulumi normid, mis aitavad uurimise käigus määratleda ning hinnata vaatluse all olevate elementide eluigasid.

## 1.1. Madalpinge liinide ülevaade

Elektrilevi OÜ hallatavad madalpinge liinid jagunevad kogupikkuste järgi erinevatesse varagruppidesse vastavalt joonisele 1.1. Algandmetest lähtuvalt on madalpinge liinide kogupikkusteks 34 867 kilomeetrit kuid neist 1546. kilomeetrit pole täpsustatud millise liinivaragrupiga on tegemist, mistõttu eksisteerib andmebaasis madalpinge liinide varagruppidega 4,4 % suurune määramatus.

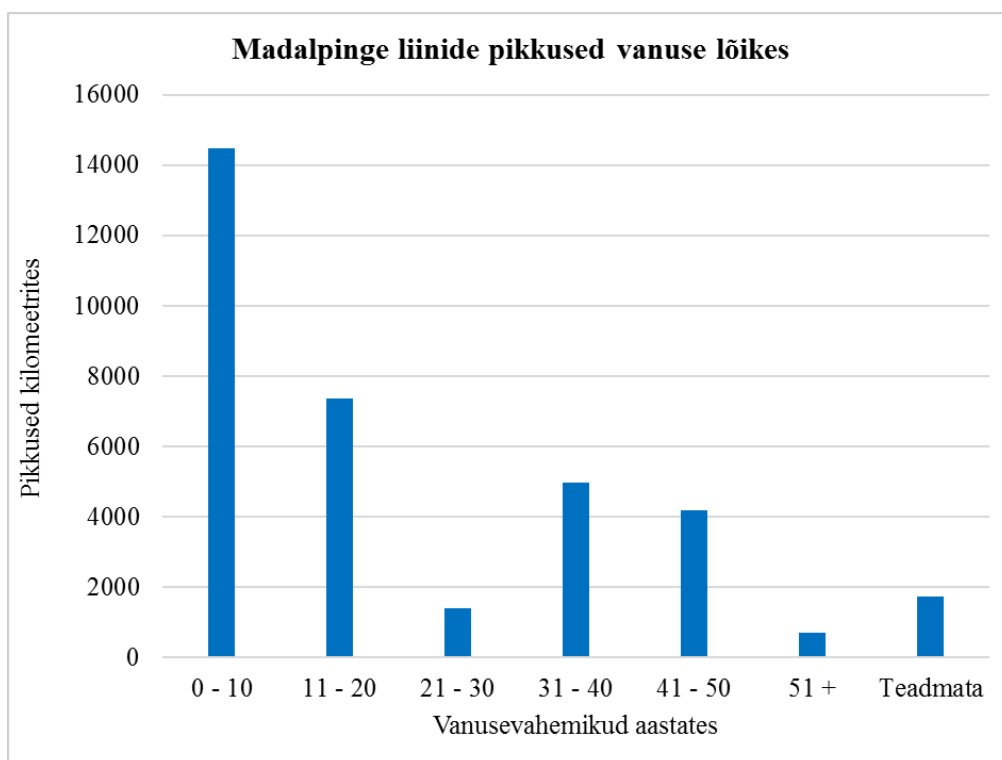


*Joonis 1.1. Madalpinge liinide pikkused varagruppide lõikes*

Enimkasutatud madalpinge liinivaragrupp on õhukaabel, mis moodustab 14 653 kilomeetriga kõikidest madalpinge liinidest 42 %. Õhukaablile järgnevad maakaabel ning paljasjuhe vastavalt 9402 kilomeetriga ja 9266 kilomeetriga mis moodustavad vastavalt 27 % ja 26,6 %

kõikidest madalpinge liinidest. Vastavalt nimetatud jaotusele on Elektrilevi OÜ hallata 34 867 kilomeetrit madalpinge ülekandeliine. Vastavalt kasutatud allikale Varade mahud 2014 majandusaasta lõpus [5] tuleb andmebaasis olevate ning dokumendis kinnitatud andmete erinevuseks +3,7 %. Arvestades asjaoluga, et uuritavad andmed on andmebaasist hangitud seisuga 31.12.2015, loetakse päritud andmed tegelikkusele vastavateks.

Madalpinge liinide pikkused erinevate vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.2. Vanusevahemikkudeks on valitud kümne aasta pikkused vahemikud. Ka madalpinge liinide vanustega seotud algandmetes eksisteerib määramatus, 1742 kilomeetrit madalpinge liine on kasutatud andmebaasis teadmata paigaldusaastaga ning see moodustab kõikidest madalpinge liinidest neli protsenti.

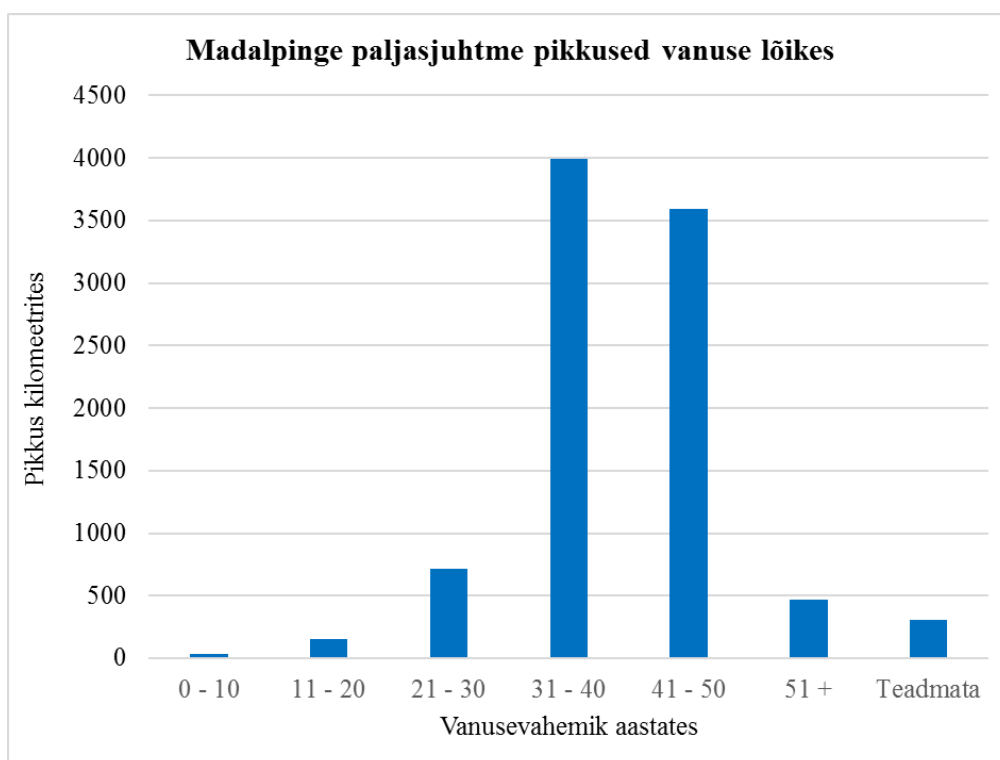


**Joonis 1.2. Madalpinge liinide pikkused vanusevahemike lõikes**

Kõige suurema osa paigaldatud madalpinge liinidest moodustavad kuni kümne aastased liinid 14 482 kilomeetriga ning need moodustavad kõikidest madalpinge liinidest 41 protsenti. Järgmine suurim osa paigaldatud madalpinge liinidest vanusevahemike lõikes on 11-20aastased liinid, moodustades 7354 kilomeetriga 21% kõikidest paigaldatud madalpinge liinidest. 21-30aastased liinid moodustavad 1404 kilomeetriga neli protsenti kõikidest paigaldatud madalpinge liinidest. 31aastased ja vanemad madalpinge liinid moodustavad 9882 kilomeetriga 28% kõikidest paigaldatud madalpinge liinidest. Vastavalt algallikale Põhivarade klassifikaator

on Madalpinge paljasjuhtmete ja õhukaablite kulumi normiks 35 aastat ja maakaablite kulumi normiks on 45 aastat [6], mistõttu on vähemalt 66% Elektrilevi OÜ madalpinge liinidest neile normatiivselt määratud eluea piirides. 62% madalpingeliinidest on määratud eluea lõpuni jäänud veel rohkem kui 15 aastat

Madalpinge paljasjuhtmete pikkused vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.3. Vanusevahemikud on valitud samuti kümne aasta pikkuste vahemikkudena. Madalpinge paljasjuhtmete paigaldusaastatega seotud algandmetes eksisteerib määramatus 309 kilomeetri liinide kohta mis moodustab kõikidest paigaldatud madalpinge paljasjuhtmete pikkustest 3,3%

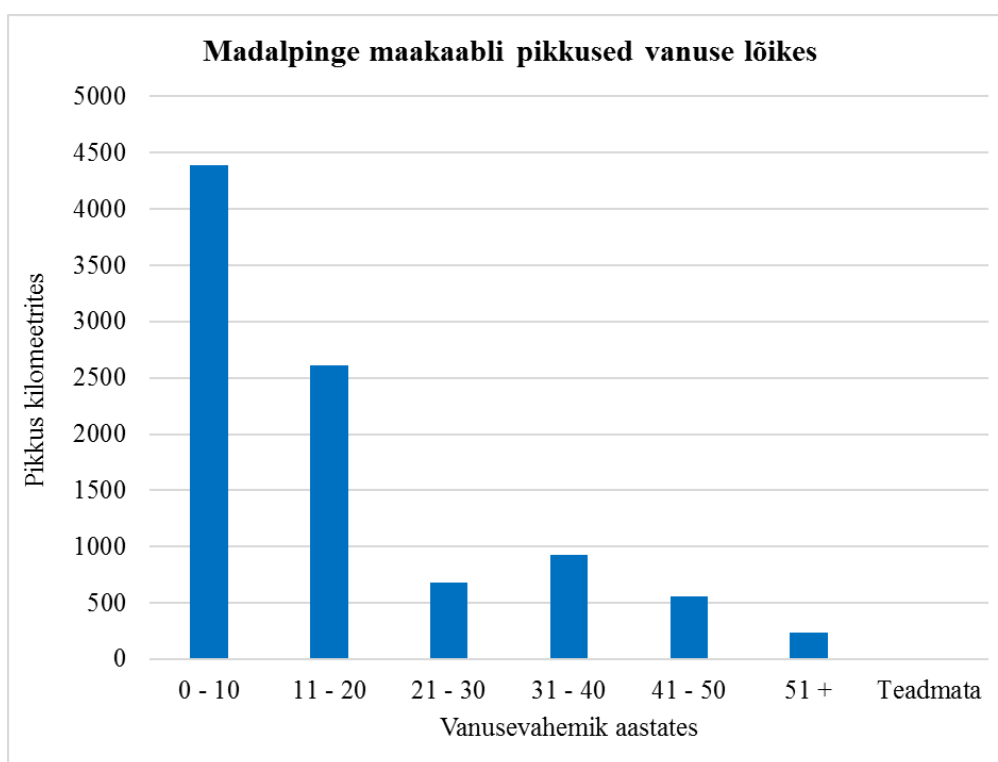


**Joonis 1.3. Madalpinge paljasjuhtme pikkused vanusevahemike lõikes**

Algandmetest lähtuvalt on kasutusel 9266 kilomeetrit madalpinge paljasjuhtmeid. Kõige suurema osa paigaldatud madalpinge paljasjuhtmetest moodustavad üle 31aastased liinid, mis moodustavad koos 8054 kilomeetriga 86% kõikidest madalpinge paljasjuhtmetest. Andmetest selgub, et 1980. ja varasematel aastatel oli peamiseks madalpinge liinitüübiks paljasjuhe kuid viimase 30 aastaga on nende kasutamine järsult vähenenud. See tuleneb asjaolust, mida kirjeldatakse jaotusvõrkudega seotud erialakirjanduses, et paljasjuhtmete töökindlus võrreldes õhukaabelliinide ja maakaabelliinidega on tunduvalt väiksem ning tänapäeval neid peaaesjalikult enam ei kasutata. [7]

Kõige suurem osa paigaldatud madalpinge paljasjuhtmetest on ühtlasi kas juba üle nende määratud eluea [6] või sellele lähemal kui neli aastat ning arvestades nende väikest töökindlust [7] võib eeldada nendest mõistliku osa asendamist järgmise viie aasta jooksul. Vähem kui 30 aasta vanuseid madalpinge paljasjuhtmeid on algandmetest lähtuvalt paigaldatud vaid 902 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest paigaldatud madalpinge paljasjuhtmetest vaid 9,7%.

Madalpinge maakaabli pikkused vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.4. Vanusevahemike sammuks on valitud samuti kümne aasta pikkune ajavahemik. Madalpinge maakaablite puhul ei eksisteeri algandmetes erinevalt madalpinge paljasjuhtmetega statistiliselt olulist määramatust seoses paigaldusaastate andmetega.



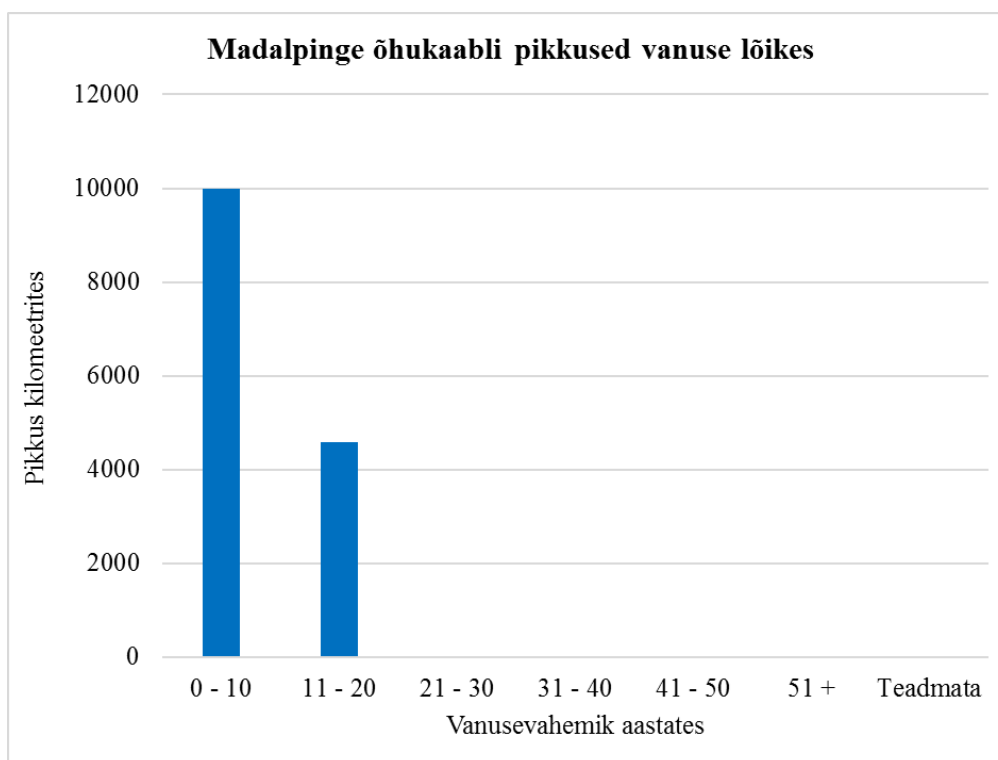
**Joonis 1.4. Madalpinge maakaabli pikkused vanusevahemike lõikes**

Algandmetest lähtuvalt on madalpinge maakaableid paigaldatud kogupikkusega 9401 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest paigaldatud madalpinge liinidest 27%. Kuni kümne aastaseid madalpinge maakaableid on paigaldatud 4390 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest madalpinge maakaablitest 46,7%. 11-20aastaseid madalpinge maakaableid on paigaldatud 2606 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest madalpinge maakaablitest 27,7%. Vanemaid madalpinge maakaabelliine kui 21aastat on paigaldatud 2405 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest madalpinge maakaabelliinidest 25,6%. Kuna

madalpinge maakaabelliinide kulumi normiks on vastavalt kasutatud algallikatele määratud 45 aastat [6], siis seetõttu on 91% maakaabelliinidel eluea lõpuni rohkem kui 5 aastat, 46,7% rohkem kui 35 aastat ja 27,7% rohkem kui 25 aastat.

Andmetest selgub, et madalpinge maakaabli kasutamisel pole kuni 1990. aastate esimese pooleni erilisi muutusi olnud ning nende kasutamine oli võrreldes tänapäevaga tagasihoidlik. Viimase kahe aastakümne jooksul on madalpinge maakaabli paigaldamine hüppeliselt tõusnud, lisaks töökindlusele on algallikana kasutatud erialase kirjanduse järgi üheks põhjuseks ka see, et „Kaabelliinid on vältimatud tihedasti asustatud linnarajoonides ja mujal, kuhu ei ole võimalik õhuline rajada“. [8]

Madalpinge õhukaabli pikkuste jagunemist vanusevahemike lõikesse kirjeldab joonis 1.5. ning vanusevahemikud on valitud kümne aasta pikkuste vahemikega. Lähtuvalt algandmetest puudub madalpinge õhukaablil statistiliselt oluline määratus paigaldusaastate suhtes. Samuti ilmneb, et vanemate kui 21 aastaste madalpinge õhukaablite kogupikkus on võrreldes nooremate madalpinge õhukaablite kogupikkusega kaduvvähene.



**Joonis 1.5. Madalpinge õhukaabli pikkused vanusevahemike lõikes**

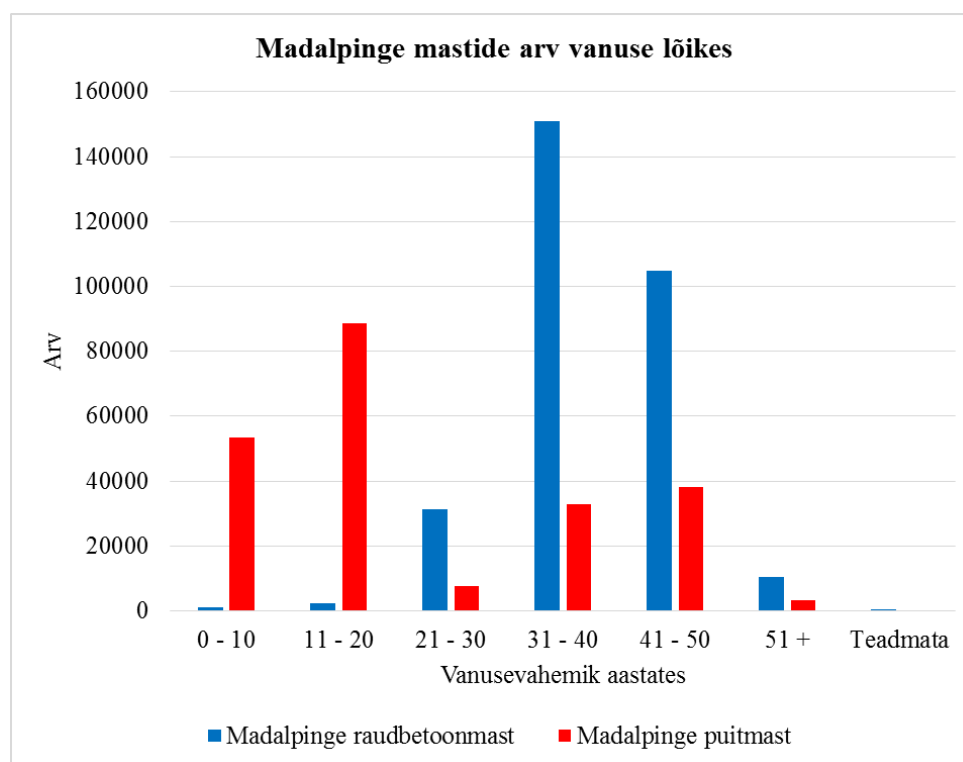
Ilmneb, et madalpinge õhukaabli kasutamine on saanud märkimisväärse alguse 20 või vähem aastat tagasi. Kuni 10aastaseid madalpinge õhukaableid on paigaldatud 9993 kilomeetri ulatuses ning 11-20aastaseid madalpinge õhukaableid on paigaldatud 4582 kilomeetrit, mis

moodustavad kõikidest paigaldatud madalpinge õhukaablite kogupikkusest vastavalt 68% ja 31%.

Madalpinge õhukaablite kulumis normiks on algallikatest lähtuvalt määratud 35 aastat [6] mistõttu on nendest liinidest 68% määratud eluea lõpuni rohkem kui 25 aastat ning 31% liinidest rohkem kui 15 aastat. Vastavalt ajas paigaldatud liinikilomeetritele võib eeldada, et madalpinge õhukaabli populaarsus on tõusev.

## 1.2. Madalpinge mastide ülevaade

Algallikatest lähtuvalt paigaldatakse tänapäeval madalpinge õhuliine põhiliselt immutatud männipuidust mastidega. [7], kuid siiani on veel kasutusel oluliselt suur osa madalpinge raudbetoonmaste. Joonisel 1.6. on näidatud nii madalpinge raudbetoonmastide kui ka madalpinge puitmastide arvulist jaotust kümne aasta pikkustesse vanusevahemikesse. Madalpinge puitmastid mis on paigaldatud koos raudbetoonjalanditega on arvestatud puitmastide koguarvu hulka ning masti tüüpide mõistes neid ei eristata. Madalpinge mastide puhul puudub statistiliselt oluline määramatus paigaldusaastaga seotud algandmetes.



**Joonis 1.6. Madalpinge mastide arv vanusevahemike lõikes**

Lähtuvalt algandmetest on Elektrilevi OÜ omandis ning hallata kokku 525 931 madalpinge masti. Madalpinge raudbetoonmaste on kokku 301 441 tükki ning madalpinge puitmaste on



kokku 224 490 tükki, osakaaludena moodustavad kõikidest madalpinge mastidest madalpinge raudbetoonmastid vastavalt 57,3% ja madalpinge puitmastid 42,7%.

Tänapäevast eelistust madalpinge puitmastide osas kinnitavad ka algandmed. Madalpinge puitmastide jaotus vanusevahemikkudesse (Joonis 1.6.) näitab, et viimase 20 aasta jooksul on seda tüüpi maste paigaldatud oluliselt rohkem võrreldes varasemate aastatega. Kuni 10aastased madalpinge puitmastid moodustavad 53 513 arvuga 23,8% madalpinge puitmastide koguarvust ja 11-20aastased madalpinge puitmastid moodustavad 88 692 arvuga 39,5% madalpinge puitmastide koguarvust. Kuni 21-30aastaseid madalpinge puitmaste on paigaldatud 7723 tükki ning nad moodustavad madalpinge puitmastidest vaid 3,4%. Vanemaid madalpinge puitmaste kui 31 aastat on kokku paigaldatud 74 562 tükki ning nad moodustavad madalpinge puitmastide koguarvust 33,3%. Madalpinge puit- ning raudbetoonmastidele on vastavalt algallikale Põhivarade klassifikaator määratud sama pikk kulumi norm, pikkusega 35 aastat [6], mistõttu on 33,3% nimetatud mastidest kas üle nende määratud eluea või selle lõpule lähemal kui neli aastat.

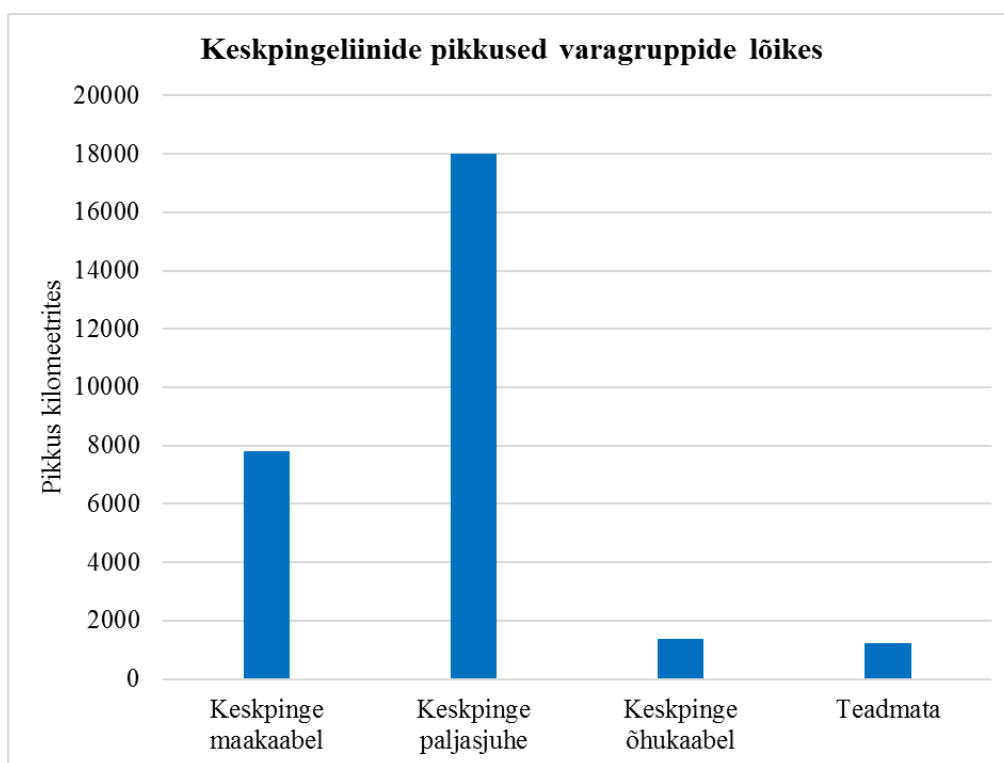
Kuna tänapäeval eelistatakse madalpinge raudbetoonmastidele puitmaste [7] on paigaldatud madalpinge raudbetoonmastide arv viimase 20 aasta jooksul olnud sisuliselt olematu. Jooniselt 1.6. ilmneb, et madalpinge raudbetoonmastide suurim populaarsus on olnud 31-50aastat tagasi. Viimase 30aastaga on madalpinge raudbetoonmaste paigaldatud 34 517 tükki, mis moodustavad kõikidest paigaldatud madalpinge raudbetoonmastidest 11,5%. 31-40aastaseid madalpinge raudbetoonmaste on paigaldatud 150 932 tükki ning need moodustavad kõikidest madalpinge raudbetoonmastidest 50%. Vanemaid madalpinge raudbetoonmaste kui 41aastat on paigaldatud 115 992 tükki ning need moodustavad 38,5% kõikidest madalpinge raudbetoonmastidest. Lähtudes algallikates määratud madalpinge raudbetoonmastide kulumi normi [6], saab väita, et 34 517 madalpinge raudbetoonmasti osakaaluga 11,5% on oma vanusega veel määratud eluea piirides, kuid suurem enamus neist osakaaluga 10,3% kõikidest on eluea lõpule lähemal kui viis aastat. 88,5% madalpinge raudbetoonmastidest on oma määratud eluea juba ületanud või selle lõpule lähemal kui neli aastat.

Võttes arvesse madalpinge puitmastide populaarsuse kasvu ning oma eluea ületanud või selle lõpule väga lähedal olevate madalpinge raudbetoonmastide arvu ja osakaalu võib eeldada, et lähima viie aasta jooksul alustatakse nendest mõistliku suurusega osa asendamist immutatud männipuitpostidega.

Paigaldatud madalpinge mastide koguarvude ning nende ajas muutumise juures on oluline pidada silmas asjaolu, et viimase 20aasta jooksul on jõudsasti tõusnud madalpinge maakaabelliinide populaarsus. Selline populaarsuse kasv tähendab ühtlaselt ka madalpinge õhuliinide netokoguse kasvu pidurdamist või languse suurenemist, sest rekonstrueerimist vajavaid madalpinge õhuliine asendatakse ka hoopis madalpinge maakaabelliinidega. Õhuliinide asendamisel maakaabelliinidega väheneb samuti ka juba eelnevalt paigaldatud mastide arv, seetõttu on ka puitmastide kasutamine väheneva trendiga.

### 1.3. Keskpinge liinide ülevaade

Keskpinge liinide kogupikkuste jagunemist varagrupidesse on kujutatud joonisel 1.7. Tulenevalt algandmetena kasutatud andmebaasi täpsusest eksisteerib 4,3% ulatuses teadaolev määramatus ehk kasutatud andmebaasi andmetes ei ole määratletud kindlat varaklassi ligi 1228-le kilomeetrile keskpinge liinidele.

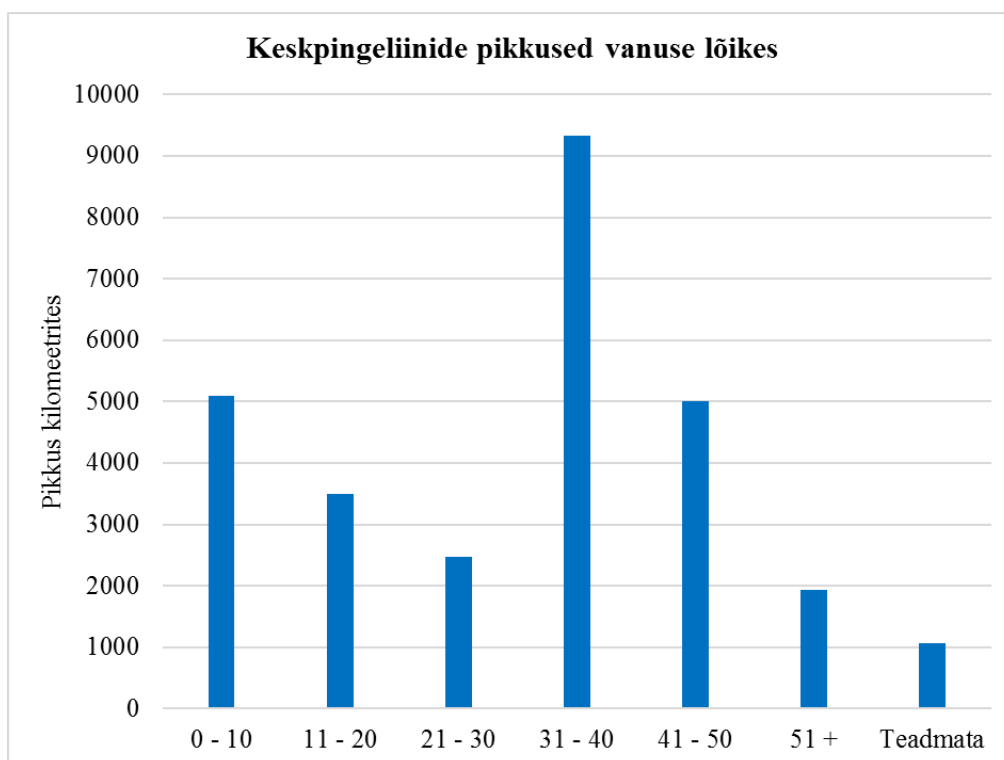


**Joonis 1.7. Keskpingeliinide pikkused varagruppide lõikes**

Enimkasutatud keskpinge liinivaragrupp on paljasjuhe, mis moodustab 18 016 kilomeetriga kõikidest keskpinge liinidest 63,4 %. Paljasjuhtmetele järgnevad maakaabel ning õhukaabel vastavalt 7791 kilomeetriga ja 1360 kilomeetriga mis moodustavad vastavalt 27,4 % ja 4,8 % kõikidest keskpinge liinidest. Vastavalt nimetatud jaotusele on Elektrilevi OÜ omandis 28 395 kilomeetrit keskpinge ülekandeliine. Vastavalt kasutatud allikale Varade mahud 2014

majandusaasta lõpus [5] tuleb andmebaasis olevate ning dokumendis kinnitatud andmete erinevuseks +12 %. Arvestades asjaoluga, et uuritavad andmed on päritud seisuga 31.12.2015 ning, et erinevus tuleb ligi 80% ulatuses paljasjuhtmete pikkusest ja üldine jaotus on algandmetes ja aruandes sarnased, loetakse päritud andmed tegelikkusele vastavateks.

Keskpingeliinide pikkused erinevate vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.8. Vanusevahemikkudeks on valitud kümne aasta pikkused vahemikud. Ka keskpinge liinide vanustega seotud algandmetes eksisteerib määramatus, 1071 kilomeetrit keskpinge liine on kasutatud andmebaasis teadmata paigaldusaastaga ning see moodustab kõikidest madalpinge liinidest 3,8% protsenti.

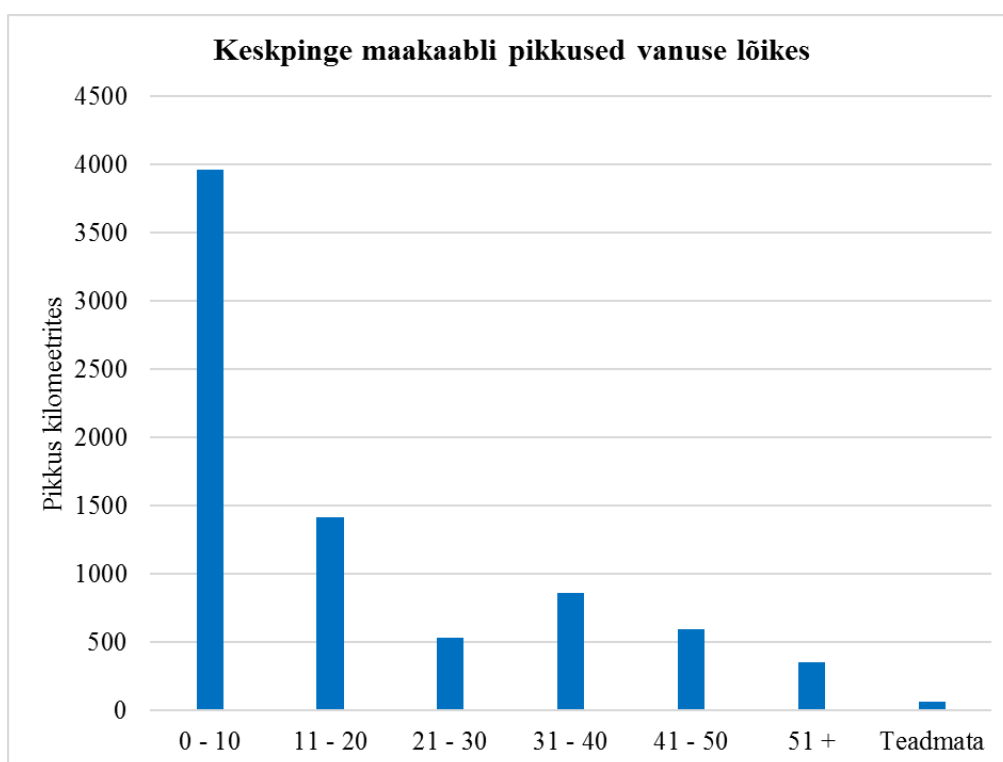


**Joonis 1.8. Keskpinge liinide pikkused vanusevahemike lõikes**

Kõige suurema osa paigaldatud keskpinge liinidest moodustavad 31-40aastased liinid 9322 kilomeetriga ning need moodustavad kõikidest keskpinge liinidest 32,8 protsenti. Järgmine suurim osa paigaldatud keskpinge liinidest vanusevahemike lõikes on kuni 10aastased liinid, moodustades 5086 kilomeetriga 17,9% kõikidest paigaldatud keskpinge liinidest. 41-50aastased liinid moodustavad 5009 kilomeetriga 17,6% kõikidest paigaldatud keskpinge liinidest. 11-20aastased keskpinge liinid moodustavad 3494 kilomeetriga 12,3% kõikidest paigaldatud keskpinge liinidest. 21-30aastased keskpinge liinid moodustavad 2478 kilomeetriga 8,7% kõikidest paigaldatud keskpinge liinidest. Vanemad kui 51aastat keskpinge liinid moodustavad 1934 kilomeetriga kõikidest paigaldatud keskpinge liinidest 6,8%.

Kasutatud allikatest selgub, et keskpinge õhuliinide kulumi normiks on 40 aastat ja maakaablite kulumi normiks on 45 aastat [2], mistõttu on vähemalt 71,8% Elektrilevi OÜ keskpinge liinidest neile normatiivselt määratud eluea piirides. 38,9% keskpinge liinidest on määratud eluea lõpuni jäänud veel kuni 10 aastat ning 24,4% keskpinge liinidest on juba üle oma määratud eluea või sellel lähemal kui neli aastat.

Keskpinge maakaablite pikkused vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.9. Vanusevahemikeks on valitud kümne aasta pikkused vanusevahemikud. Keskpinge maakaablite paigaldusaastatega seotud algandmetes eksisteerib määramatus 63 kilomeetri liinide kohta mis moodustab kõikidest paigaldatud keskpinge maakaablite pikkustest 0,8%

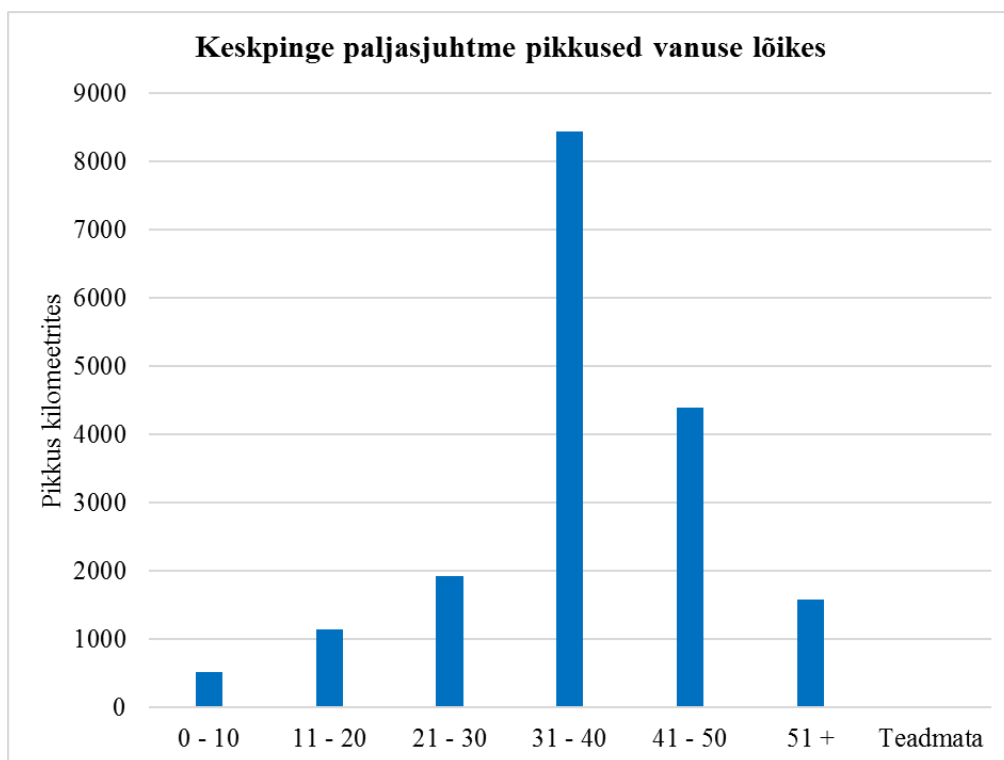


**Joonis 1.9. Keskpinge maakaabli pikkused vanusevahemike lõikes**

Algandmetest lähtuvalt on kasutusel 7791 kilomeetrit keskpinge maakaableid. Kõige suurema osa paigaldatud keskpinge maakaablitest moodustavad kuni 10aastased liinid, mis moodustavad koos 3960 kilomeetriga 50,8% kõikidest keskpinge maakaablitest. Andmetest selgub, et 21 aastat ja rohkem tagasi on keskpinge maakaablite paigaldamine olnud tänasega võrreldes oluliselt väiksemamahuline ja suuremate muutusteta. Keskpinge maakaablite kasutamine on algandmetest lähtuvalt olnud väga populaarne viimase kahekümne aasta jooksul ning seda kinnitavad ka kasutatud allikad, et Euroopa jaotusvõrkude arengu üheks võtmemomendiks on olnud õhuliinide asendamine maakaablivõrkudega [9]

Kõige suurema osa moodustavad paigaldatud keskpinge maakaablitest vanusevahemike lõikes kuni 10aastased liinid, mis ühtlasi tähendab seda, et 50,8% keskpinge maakaablitel on oma määratud eluea lõpuni rohkem kui 35 aastat. Määratud eluea lõpuni on veel rohkem kui 25 aastat 11-20aastastel keskpinge maakaabelliinidel mis moodustavad 1419 kilomeetriga 18,2% kõikidest paigaldatud keskpinge maakaabelliinidest. Oma eluea ületanud või selle ületamisele lähemal kui neli aastat keskpinge maakaabelliine on 954 kilomeetrit ning need moodustavad kõikidest keskpinge maakaabelliinidest 12,%. Et keskpinge maakaabelliin oleks oma eluea ületanud või selle ületamisele lähemal kui neli aastat, peab vastavalt kasutatud allikale põhivara klassifikaator [6] tema vanuseks olema vähemalt 41 aastat.

Keskpinge paljasjuhtmete pikkuseid vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.10. Vanusevahemike suuruseks on valitud samuti kümme aastat. Keskpinge paljasjuhtmete puhul ei eksisteeri algandmetes paigaldusaastatega seoses statistiliselt olulist määramatust.



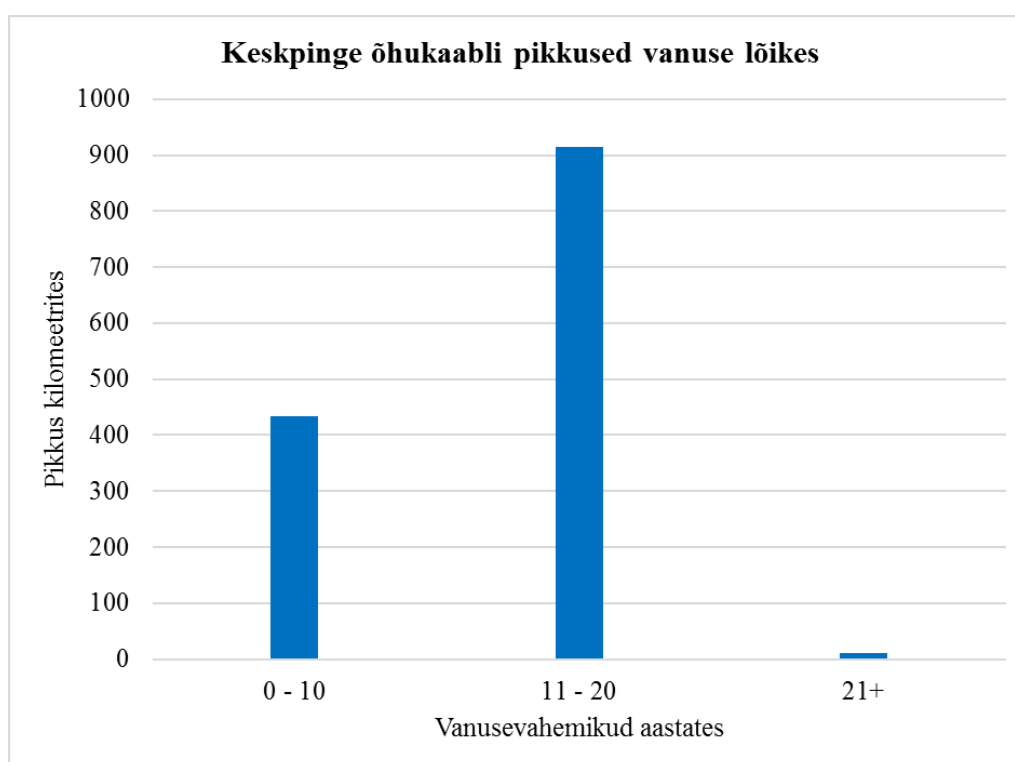
**Joonis 1.10. Keskpinge paljasjuhtme pikkused vanusevahemike lõikes**

Algandmetest lähtuvalt on keskpinge paljasjuhtmeid paigaldatud kogupikkusega 18 016 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest paigaldatud keskpinge liinidest 63,4%. Kuni 30aastaseid keskpinge paljasjuhtmeid on paigaldatud 3585 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest keskpinge paljasjuhtmetest 19,9%. Kõige suurema osa paigaldatud keskpinge paljasjuhtmetest moodustavad 31-40aastased liinid, mis moodustavad 8450 kilomeetriga

koguni 46,9% keskpinge paljasjuhtmete kogupikkusest. 41aastased ja vanemad keskpinge paljasjuhtmed moodustavad 5974 kilomeetriga kõigist keskpinge paljasjuhtmetest 33,2%

Andmetest selgub, et keskpinge paljasjuhtmete paigaldamine on olnud kuni 1980. aastate esimese pooleni tõusva tempoga. Alates 1980. aastate teisest poolest on näha keskpinge paljasjuhtme paigaldamises tugevat langustrendi, sest 21-30aastat tagasi paigaldati 77% vähem keskpinge paljasjuhtmeid kui 31-30 aastat tagasi, 11-20aastat tagasi paigaldati 40% vähem keskpinge paljasjuhtmeid kui 21-30aastat tagasi ning kuni 10 aastat tagasi paigaldati 55% vähem keskpinge paljasjuhtmeid kui 11-20aastat tagasi.

Keskpinge õhukaabli pikkuste jagunemine vanusevahemike lõikesse on toodud joonisel 1.11, kusjuures vanusevahemikud on valitud kümne aasta pikkuse sammuga. Lähtuvalt algandmetest puudub keskpinge õhukaablil statistiliselt oluline määramus paigaldusaastate suhtes. Samuti ilmneb, et vanemate kui 21aastaste keskpinge õhukaablite kogupikkus on võrreldes nooremate keskpinge õhukaablite kogupikkusega kaduvväikene



**Joonis 1.11. Keskpinge õhukaabli pikkused vanusevahemike lõikes**

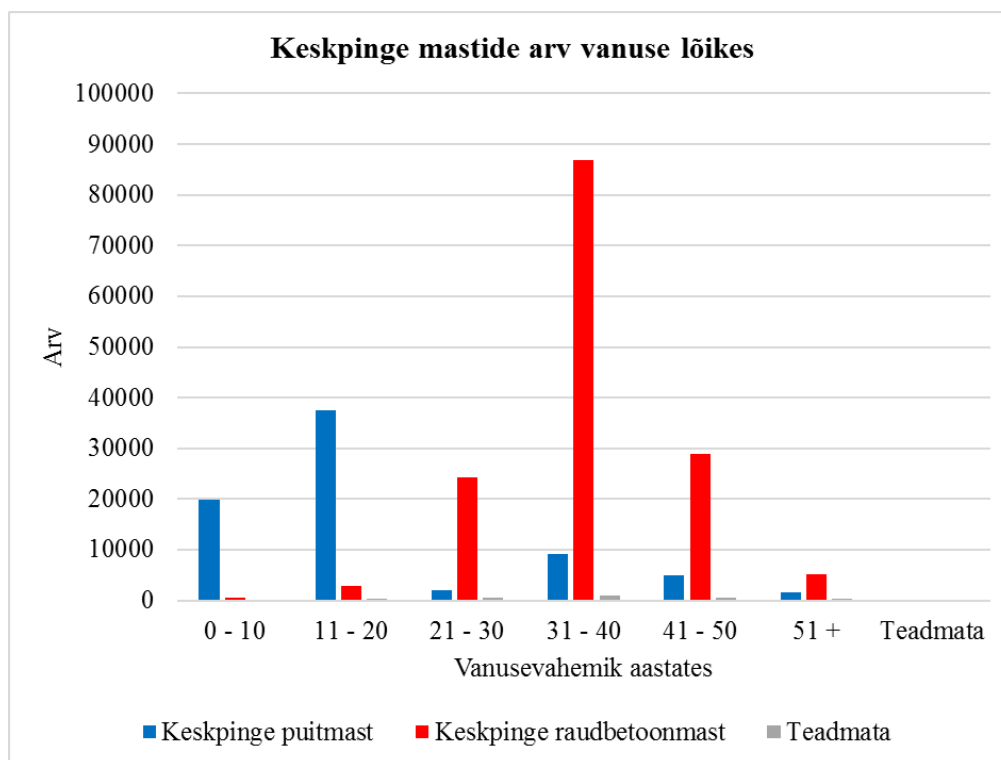
Ilmneb, et keskpinge õhukaabli kasutamine on saanud märkimisväärse alguse 20 või vähem aastat tagasi. Kuni 10aastaseid keskpinge õhukaableid on paigaldatud 434 kilomeetri ulatuses ning 11-20aastaseid keskpinge õhukaableid on paigaldatud 914 kilomeetri ulatuses, mis moodustavad kõikidest paigaldatud keskpinge õhukaablite kogupikkusest vastavalt 31,9% ja

67,2%. Algandmetest lähtuvalt on 21aastat või rohkem tagasi paigaldatud keskpinge õhukaableid vaid 12 kilomeetrit ning nad moodustavad kõikidest keskpinge õhukaablitest antud vaates statistiliselt mitte olulise osa 0,9%.

Keskpinge õhukaablite kulumi normiks on kasutatud allikate andmetel määratud 40 aastat [6], mistõttu on kõikidest paigaldatud keskpinge õhukaablitest 31,9% oma määratud eluea lõpuni rohkem kui 30 aastat ning 67,2% keskpinge õhukaablitest oma määratud eluea lõpuni rohkem kui 20 aastat.

#### 1.4. Keskpinge mastide ülevaade

Kasutatud allikatest lähtuvalt kasutatakse keskpinge õhuliinide mastide valmistamisel tavaliselt puitu, raudbetooni või terast ning Eestis on levinuimad raudbetoonmastid ja puitmastid. [10] Joonisel 1.12. on näidatud nii keskpinge raudbetoonmastide kui ka keskpinge puitmastide arvulist jaotust dekaadi pikkustesse vanusevahemikesse. Terasmastide arv võrreldes keskpinge puitmastide arvuga ja keskpinge raudbetoonmastide arvuga on kaduvväikene ning nende maht on arvestatud teadmata tüübiga mastide koguarvu sisse. Keskpinge mastide puhul puudub statistiliselt oluline määramatus paigaldusaastaga seotud algandmetes ja valmistusmaterjaliga seotud algandmetes.



Joonis 1.12. Keskpinge mastide arv vanusevanusevahemike lõikes

Lähtuvalt algandmetest on Elektrilevi OÜ omandis ning hallata kokku 226 460 keskpinge masti. Keskpinge raudbetoonmaste on kokku 148 543 tükki ning keskpinge puitmaste on kokku 75 234 tükki, osakaaludena moodustavad kõikidest keskpinge mastidest keskpinge raudbetoonmastid vastavalt 65,6% ja keskpinge puitmastid 33,2%. Keskpinge terasmaste on paigaldatud kokku koos teadmata tüübiga mastidega 2683 tükki ning nad moodustavad kõikidest keskpinge mastidest 1,2%. Terasmastid peaksid pälvima rohkem tähelepanu, sest neid on paigaldatud vastutusrikastele positsioonidele ja nende valmistusmaterjalist tulenevatele omadustele on nende suureks probleemiks korrosioon. Tehniliseks analüüsiks on kasutatavates algandmetest terasmastide kohta liiga vähe informatsiooni.

Keskpinge puitmastide jaotus vanusevahemikkudesse (Joonis 1.12.) näitab, et viimase 20 aasta jooksul on seda tüüpi maste paigaldatud oluliselt rohkem võrreldes varasemate aastatega. Kuni 10aastased keskpinge puitmastid moodustavad 19 954 tükiga 26,5% kõikidest keskpinge puitmastidest ja 11-20aastased keskpinge puitmastid moodustavad 37 455 tükiga 49,8% keskpinge puitmastide koguarvust. 21-30 aastaseid keskpinge puitmaste on kokku paigaldatud 1933 tükki ning nad moodustavad keskpinge puitmastide koguarvust 2,6%. 31-40 aastaseid keskpinge puitmaste on kokku paigaldatud 9225 tükki ning nad moodustavad keskpinge puitmastide koguarvust 12,3%. Vanemaid keskpinge puitmaste kui 40 aastat on kokku paigaldatud 6649 tükki ning nad moodustavad keskpinge puitmastide koguarvust 8,8%. Keskpinge puit- ning raudbetoonmastidele on vastavalt kasutatud allikatele määratud sama pikk kulumi norm, pikkusega 40 aastat [6], mistõttu on 8,8% nimetatud mastidest üle nende määratud eluea ja 12,3% selle lõpule lähemal kui üheksa aastat.

Algandmetest selgub, et tänapäeval eelistatakse keskpinge raudbetoonmastidele puitmaste, see võib tuleneda asjaolust, et raudbetoonmastid on küll pika elueaga kuid kasutatud erialase kirjanduse järgi üsna haprad. [10] Tänu sellele on paigaldatud keskpinge raudbetoonmastide arv viimase 20 aasta jooksul olnud sisuliselt olematu. Jooniselt 12. ilmneb, et keskpinge raudbetoonmastide suurim populaarsus on olnud 31-50aastat tagasi. Viimase 30aastaga on keskpinge raudbetoonmaste paigaldatud 27 540 tükki, mis moodustavad kõikidest paigaldatud keskpinge raudbetoonmastidest 18,5%. 31-40aastaseid keskpinge raudbetoonmaste on paigaldatud 86 918 tükki ning need moodustavad kõikidest madalpinge raudbetoonmastidest 58,5%. Vanemaid keskpinge raudbetoonmaste kui 40aastat on paigaldatud 34 057 tükki ning need moodustavad 22,9% kõikidest madalpinge raudbetoonmastidest. Teades keskpinge raudbetoonmastidele määratud kulumi normi [6], saab väita, et 34 057 keskpinge



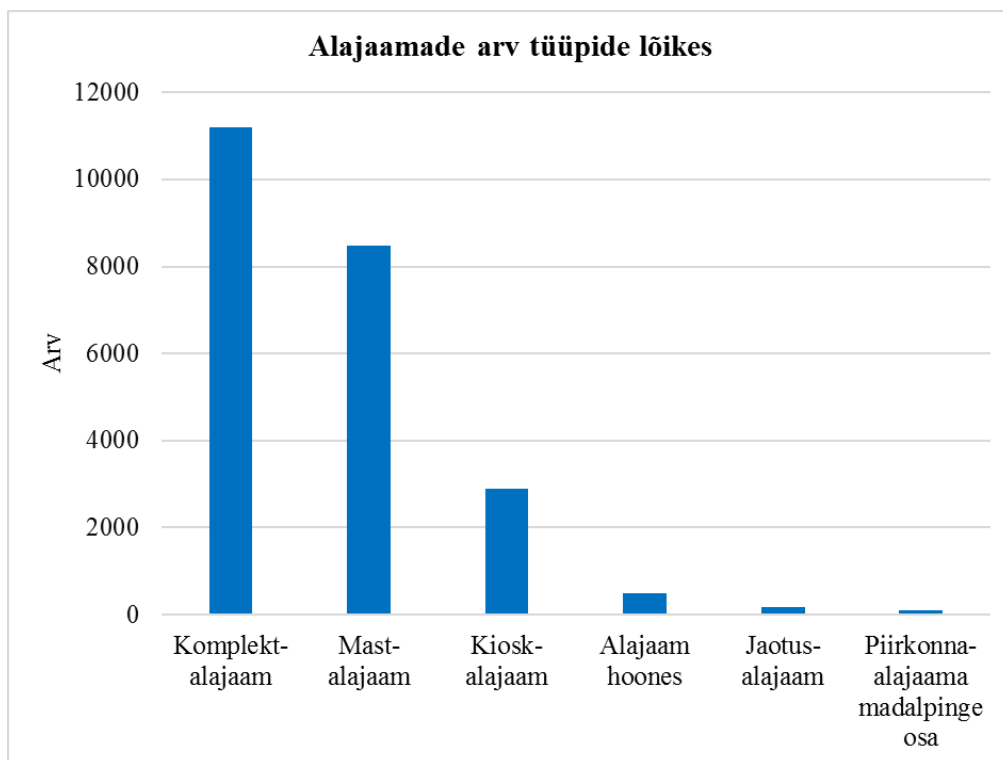
raudbetoonmasti osakaaluga 22,9% on ületanud enda määratud eluea ning 86 918 keskpinge raudbetoonmasti osakaaluga 58,5% on enda määratud eluea lõpule lähemal kui üheksa aastat.

Võttes arvesse keskpinge puitmastide populaarsuse kasvu viimase 20 aasta jooksul ja oma eluea ületanud või selle lõpule väga lähedal olevate keskpinge raudbetoonmastide arvu ning osakaalu võib eeldada, et lähima üheksa aasta jooksul alustatakse nendest mõistliku suurusega osa asendamist puitmastidega. Mastide kulumi normi kontrollimiseks on koostatud analüüs mida kajastatakse magistritöö lisas 1. Analüüsis uuritakse täpsemalt mastide vaatlusandmete ja rikete andmete sõltuvust masti vanusest. Seetõttu on võimalik olukord, kus keskpinge raudbetoonmastidele määratud normatiivse kulumi normi vastavust kontrollitakse tegelikkusega ning vastavalt reaalsele olukorrale määratakse raudbetoonmastidele uus, pikem kulumi norm.

Ka paigaldatud keskpinge mastide koguarvude ning nende ajas muutumise juures on oluline pidada silmas asjaolu, et õhuliinide asendamisel maakaabelliinidega väheneb samuti juba eelnevalt paigaldatud mastide arv. Seetõttu on keskpinge mastide arvu või siis nende tüüpide osakaalude muutumist ajas raske ennustada.

## **1.5. Alajaamade ülevaade**

Keskpinge/madalpinge alajaamade, jaotusalajaamade ja piirkonnaalajaamade madalpinge osade koguarvused nende erinevate tüüpide lõikes on kujutatud joonisel 1.13. Kasutatud allikatest tulenevalt mõeldakse keskpinge/madalpinge alajaamade all on selliseid alajaamu kus madalpinge poolele on ühendatud tarbijad. [9]

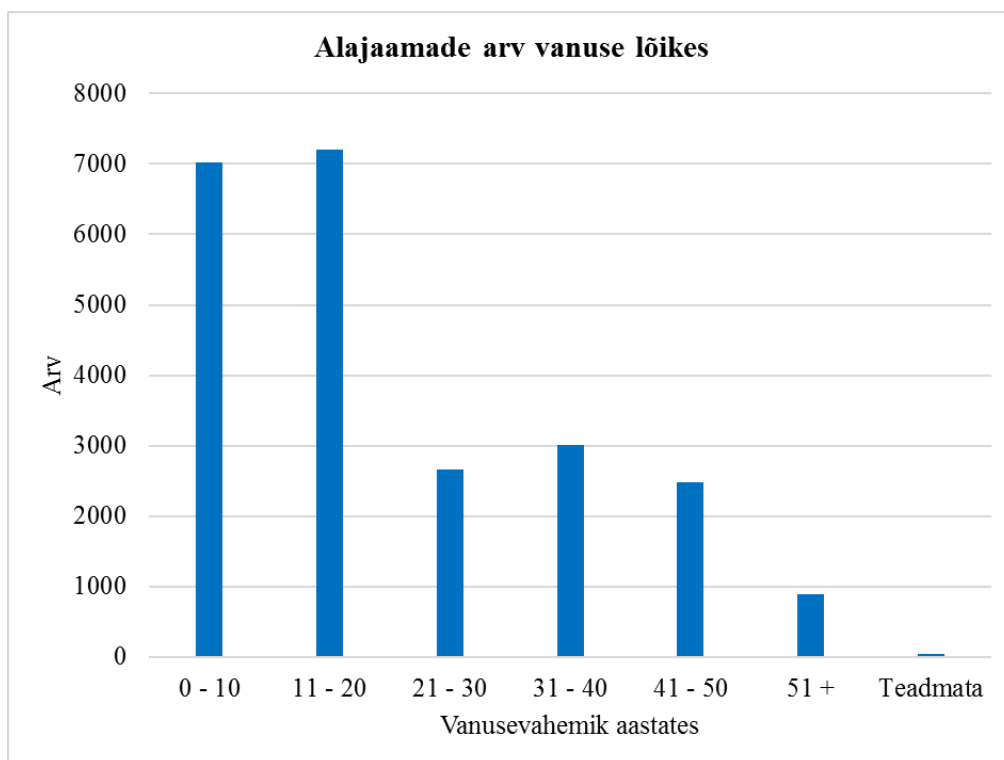


**Joonis 1.13. Alajaamade arvud tüüpide lõikes**

Ka erialasest kirjandusest lähtub, et kõige levinum alajaama tüüp on komplektalajaam, mis kujutab endast teisaldatavat metallkonstruktsioonist alajaama. [11] Algandmetest lähtuvalt on näha, et levinuimat alajaama tüüpi komplektalajaamu on kokku paigaldatud 11 196 tükki ning nad moodustavad kõikides keskpinge/madalpinge alajaamadest 48%. Komplektalajaamadele järgnevad mastalajaamad ning kioskalajaamad vastavalt 8471 tükiga ja 2905 tükiga, mis moodustavad vastavalt 36,3% ja 12,4% kõikidest keskpinge/madalpinge alajaamadest. Hoones asuvaid alajaamu on paigaldatud 488 tükki ning nad moodustavad keskpinge/madalpinge alajaamadest 2,1%. Jaotusalajaamu on paigaldatud 164 tükki ja piirkonnaalajaama madalpinge osi on 113 tükki ning nad moodustavad vastavalt 0,7% ja 0,5% kõikidest keskpinge/madalpinge alajaamadest. Nimetatud jaotuse järgi on Elektrilevi OÜ omandis 23 337 alajaama. Vastavalt kasutatud allikale Varade mahud 2014 majandusaasta lõpus [5] tuleb andmebaasis olevate ning dokumendis kinnitatud andmete erinevuseks -1,4%. Arvestades asjaoluga, et algandmete ning kinnitatud andmete jaotus tüüpide lõikes on korreleeruv ning erinevus kaduvväikene, loetakse algandmed tegelikkusele vastavateks.

Alajaamade koguarvud erinevate vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.14. Vanusevahemikkudeks on valitud kümne aasta pikkused vahemikud. Alajaamade vanustega seotud algandmetes eksisteerib määramatus, 51 alajaama on kasutatud andmebaasis teadmata paigaldusaastaga ning see moodustab kõikidest alajaamadest 0,2 protsenti. Teadmata

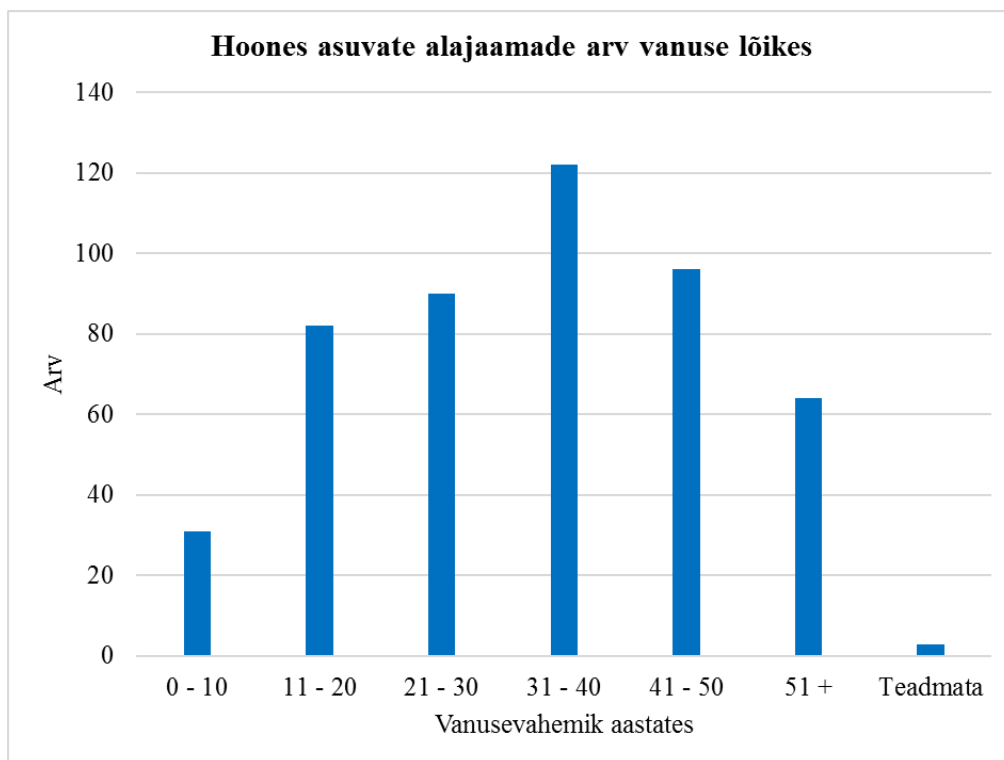
paigaldusaastaga alajaamade arv ja osakaal on kaduvväikesed ning neil puudub võrdlustes statistiline olulisus.



**Joonis 1.14. Alajaamade arv vanusevahemike lõikes**

Kõige suurema osa paigaldatud alajaamadest moodustavad kuni 20aastased alajaamad 14 233 tükiga ning need moodustavad kõikidest alajaamadest 61%. 21-30aastased alajaamad moodustavad 2668 paigaldisega 11,4% kõikidest paigaldatud alajaamadest. 31-40aastased alajaamad moodustavad 3010 paigaldisega 12,9% kõikidest paigaldatud alajaamadest. Vanemad kui 40aastased alajaamad moodustavad 3375 paigaldisega 14,5% kõikidest paigaldatud alajaamadest. Uuritud alajaamade kulumi normiks on lähtuvalt kasutatud allikatest määratud 40 aastat [6], mistõttu on vähemalt 72,4% Elektrilevi OÜ keskpinge/madalpinge alajaamadest majanduslikult määratud eluea piirides. 12,9% alajaamadest on määratud eluea lõpuni jäänud veel kuni üheksa aastat. 14,5% alajaamadest on ületanud neile määratud kulumi normi.

Hoones asuvate alajaamade koguarvud vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.15. Vanusevahemikud on valitud samuti kümne aasta pikkuste sammudega. Hoones asuvate alajaamade paigaldusaastatega seotud algandmetes eksisteerib määramatus kolme alajaama kohta mis moodustab kõikidest paigaldatud hoones asuvatest alajaamadest 0,6%. Eksisteeriv määramatus loetakse statistiliselt mitteoluliseks.

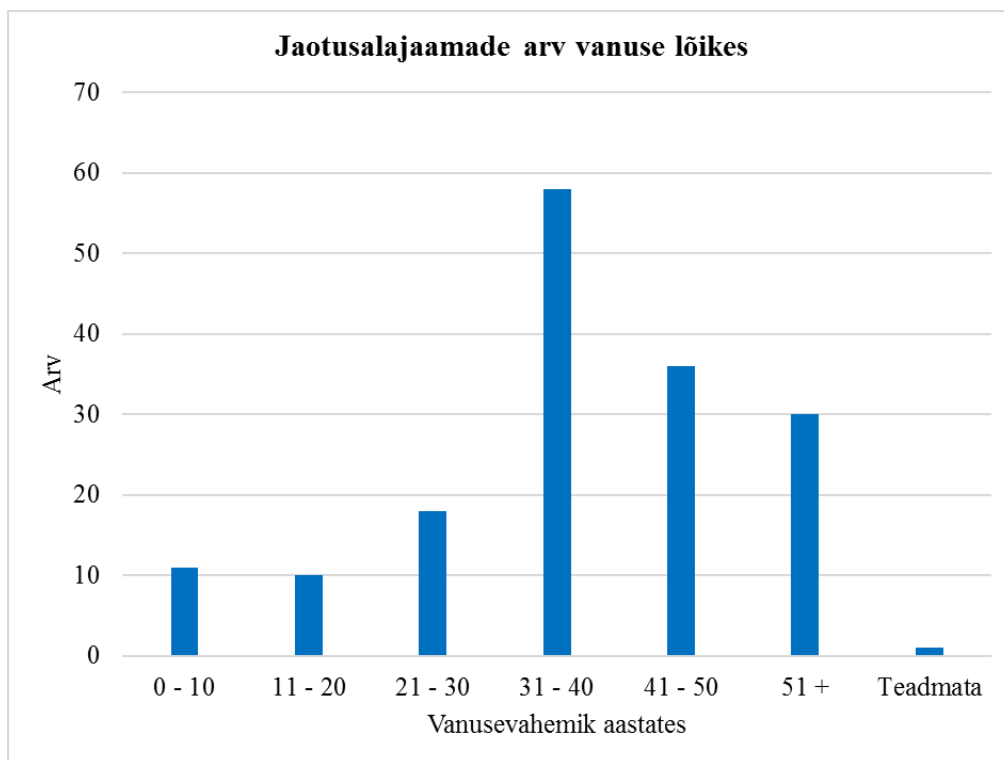


***Joonis 1.15. Hoones asuvate alajaamade arv vanusevahemike lõikes***

Algandmetest lähtuvalt on kasutusel 448 hoones asuvat alajaama. Kõige suurema osa hoones asuvatest alajaamadest moodustavad 31-40aastased alajaamad, mis moodustavad koos 122 ehitisega 25% kõikidest hoones asuvatest alajaamadest. Andmetest selgub, et hoones asuvate alajaamade ehitamine on olnud läbi aastakümnete üsna stabiilne. 1970. aastate teisest poolest alates on aga märgata langustrendi. Märkimisväärne langus on hoones asuvate alajaamade ehitamisel viimase aastakümne vältel.

Vanusevahemike lõikes on kõige suurem osa hoones asuvaid alajaamu neile määratud eluea lõpuni lähemal kui üheksa aastat, see tähendab, et 25% hoones asuvatest alajaamades ületavad aastaks 2025 enda kulumi normi. 41,6% alajaamadest on oma eluea lõpuni aega rohkem kui 10 aastat. Hoones asuvatest alajaamadest on tänaseks oma eluea ületanud 32,8%

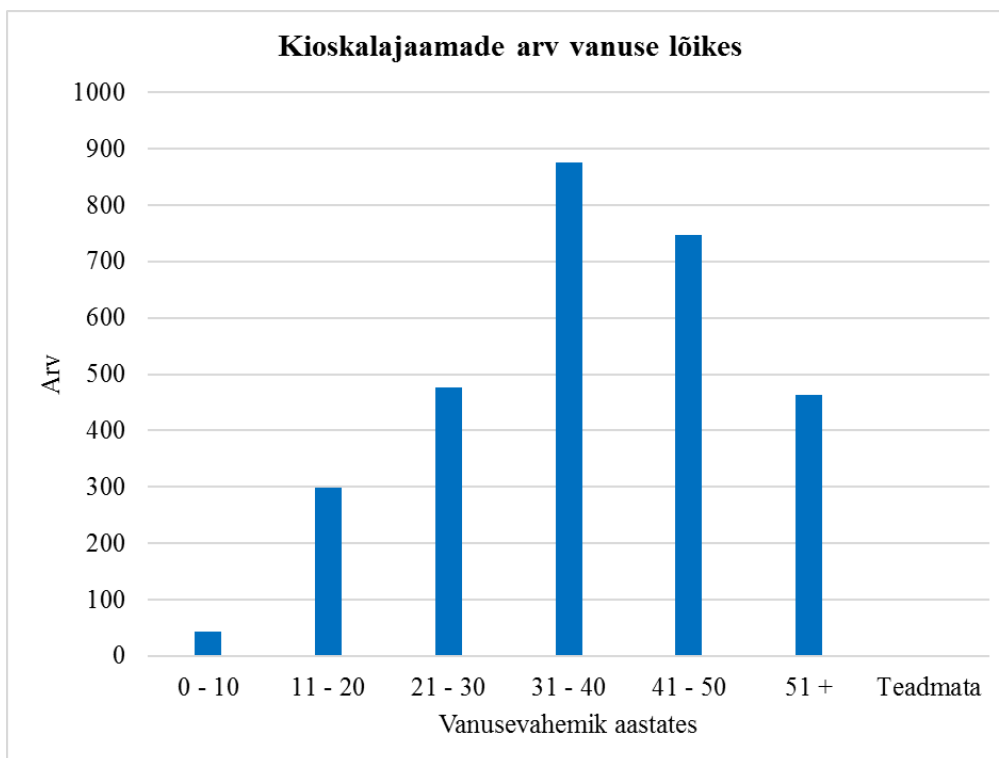
Jaotusalajaamade koguarvud vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.16. Vanusevahemike sammuks on valitud kümme aastat. Jaotusalajaamade puhul on algandmetes teadmata ainult ühe alajaama paigaldusaasta ning see moodustab 0,6% kõikidest jaotusalajaamadest mistõttu loetakse määramatus statistiliselt mitteoluliseks. Kasutatud allikatest lähtuvalt varustavad jaotusalajaamad tarbijaid enamasti madalpingel. [12]



**Joonis 1.16. Jaotuslajaamade arv vanusevahemike lõikes**

Algandmetest lähtuvalt on jaotuslajaamasid paigaldatud 164 tükki ning nad moodustavad kõikidest paigaldatud jaotuslajaamadest 0,7%. Kuni kümne aastaseid jaotuslajaamasid on paigaldatud 11 tükki ning nad moodustavad kõikidest jaotuslajaamadest 6,7%. 11-20aastaseid jaotuslajaamasid on paigaldatud 10 tükki ning nad moodustavad jaotuslajaamadest 6,1%. 21-30aastaseid jaotuslajaamasid on paigaldatud 18 tükki ning nad moodustavad kõikidest jaotuslajaamadest 11%. 31-40aastaseid jaotuslajaamasid on paigaldatud 58 tükki ning nad moodustavad kõikidest jaotuslajaamadest 35,4%. Vanemaid kui 40 aastat jaotuslajaamasid on paigaldatud 66 tükki ning nad moodustavad kõikidest jaotuslajaamadest 40,2%. Kuna jaotuslajaamade kulumi normiks on määratud 40 aastat [6], siis seetõttu on kuni 59,1% kõikidest jaotuslajaamadest lubatud eluea piirides, kusjuures 23,8% jaotuslajaamadest on oma määratud eluea lõpuni vähemalt kümme aastat. 40,2% jaotuslajaamadest on aga neile määratud kulumi normi ületatud.

Kioskalajaamade koguarvud vanusevahemike lõikes on kujutatud joonisel 1.17. Vanusevahemike sammuks on valitud kümme aastat. Kioskalajaamade puhul on algandmetes teadmata ainult kahe alajaama paigaldusaasta ning see moodustab 0,1% kõikidest jaotuslajaamadest mistõttu loetakse määramatus statistiliselt mitteoluliseks. Lähtuvalt erialasest kirjandusest kujutavad kioskalajaamad endast tellistest või muudest materjalidest statsionaarseid ehitisi, mida tänapäeval enam ei ehitata. [11]

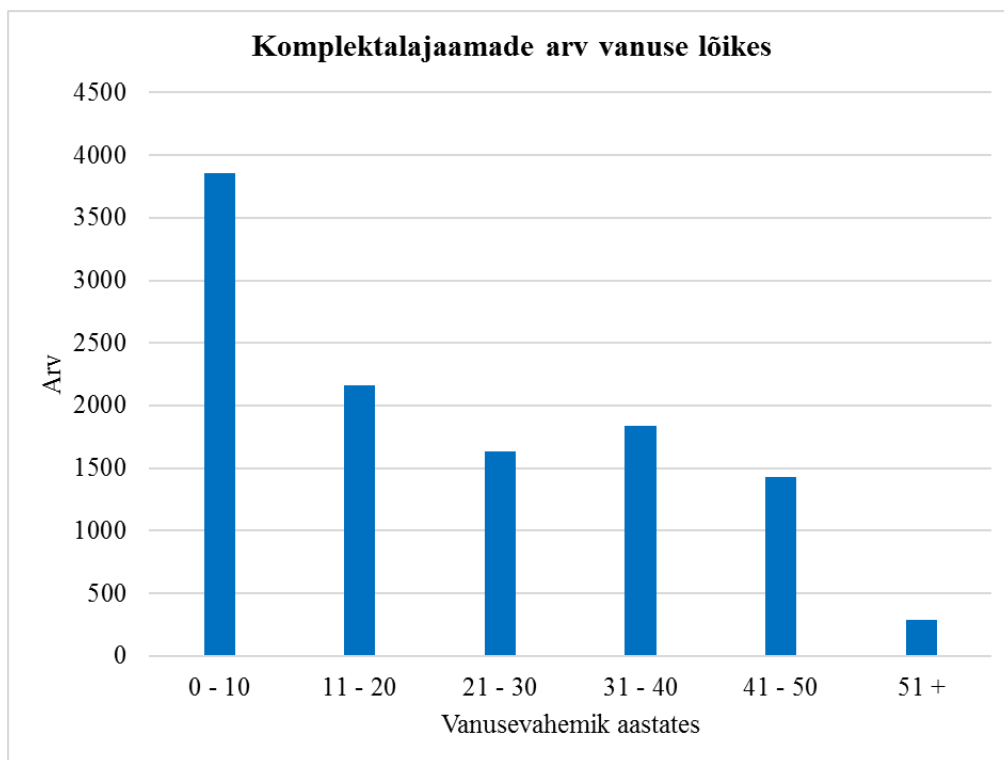


**Joonis 1.17. Kioskalajaamade arv vanusevahemike lõikes**

Algandmetest lähtuvalt on kasutusel 2905 kioskalajaama. Kõige suurema osa kioskalajaamadest moodustavad 31-40aastased alajaamad, mis moodustavad koos 875 ehitisega 30,1% kõikidest ehitatud kioskalajaamadest. Andmetest selgub, et kioskalajaamade ehitamine on olnud kuni 1980ndate teise pooleni tõusva trendiga ning peale seda langusrendiga kuni tänaseni. Kuni 10aastaseid kioskalajaamasid on 43 tükki ning nad moodustavad 1,5% kõikidest kioskalajaamadest. 11-20aastaseid kioskalajaamu on 298 tükki ning nad moodustavad kõikidest kioskalajaamadest 10,3%. 21-30aastaseid kioskalajaamu on 476 tükki ning nad moodustavad kõikidest kioskalajaamadest 16,4. Kioskalajaamu mis on vanemad kui 40aastat on kokku ehitatud 1211 tükki ning nad moodustavad kõikides kioskalajaamadest koguni 41,7%

Vanusevahemike lõikes kõige suurema osa moodustavad kioskalajaamad on neile määratud eluea lõpuni lähemal kui üheksa aastat, see tähendab, et 30,1% kioskalajaamadest ületavad aastaks 2025 endale määratud kulumi normi. 41,7% kioskalajaamadest on endale määratud eluea juba ületanud, kuid 28,1% kioskalajaamadest on oma määratud eluea lõpuni rohkem kui 10 aastat.

Komplektalajaamade koguarvud vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.18. Vanusevahemike sammuks on valitud kümme aastat. Komplektalajaamade puhul puudub algandmetes määratus alajaamade paigaldusaasta suhtes. Komplektalajaamade puhul on tegemist kõige populaarsema keskpinge/madalpinge alajaamatüübiga. [11]

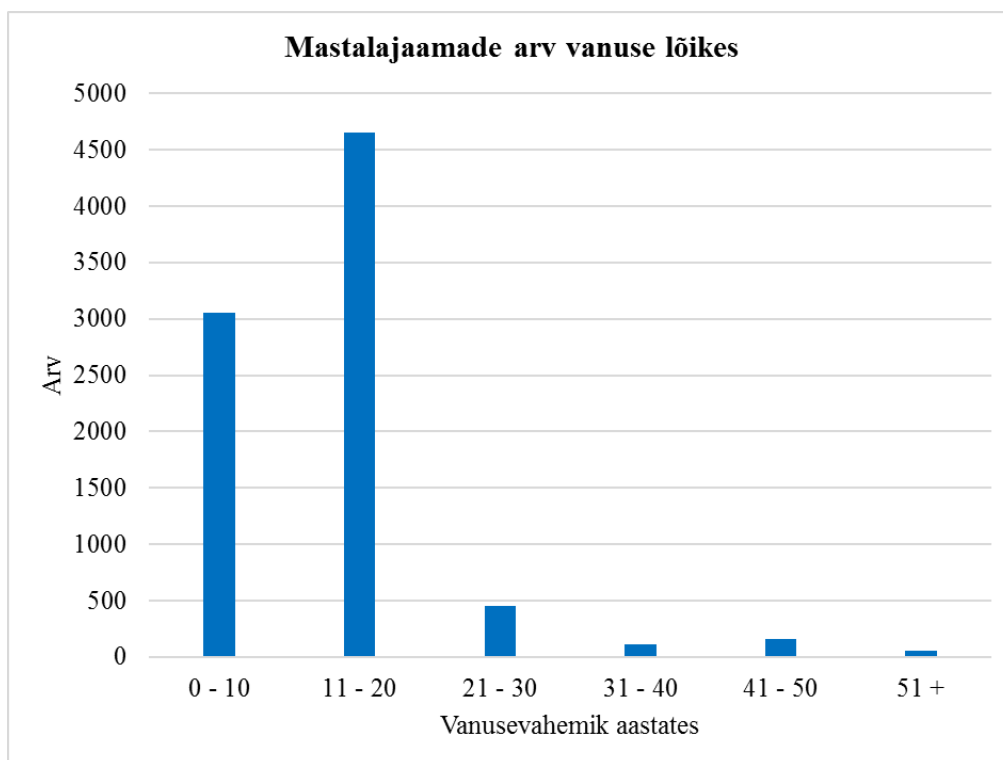


**Joonis 1.18. Komplektalajaamade arv vanusvahemike lõikes**

Kuni 10aastaseid komplektalajaamasid on paigaldatud 3854 tükki ning nad moodustavad kõikidest komplektalajaamadest 34,3%, ühtlasi on tegu kõige populaarsema vanusevahemikuga komplektalajaamade hulgas. 11-20aastaseid komplektalajaamasid on paigaldatud 2163 tükki ning nad moodustavad kõikidest komplektalajaamadest 19,3%, tegu on komplektalajaamade puhul populaarsuselt teise vanusevahemikuga. 21-30aastaseid ja 31-40aastaseid komplektalajaamu on paigaldatud vastavalt 1633 ja 1835 tükki ning nad moodustavad kõikidest komplektalajaamadest vastavalt 14,6% ning 16,4%. Vanemaid komplektalajaamu kui 40aastat on algandmete seisuga paigaldatud 1711 tükki ning nad moodustavad 15,3% kõikidest paigaldatud komplektalajaamadest.

Algandmetest lähtuvalt saab väita, et 15,3% komplektalajaamadest on oma eluea juba ületanud. Määratud eluea lõpuni on vähem kui 10 aastat 16,4% komplektalajaamadel ning rohkem kui 10 aastat 68,3% komplektalajaamadel. Elektrilevi OÜ investeringute strateegia on eelolevatel aastatel jagunenud just ilmastikukindlate maakaabelliinide, õhukaabelliinide ja uute alajaamade ehitamise vahel ning perioodil 2011-2014 ehitati ligikaudu 2100 alajaama. [13] Sellest ning algandmetest tulenevalt võib järeldada, et tänane eelistatuim alajaama tüüp on just komplektalajaam.

Mastalajaamade arvuline jagunemine vanusevahemikesse on kuvatud joonisel 1.19. Vanusevahemikuks on valitud samuti kümme aastat. Ka mastalajaama tüüpi alajaamade puhul puudub algandmetest määramatus seoses paigaldusaastatega.



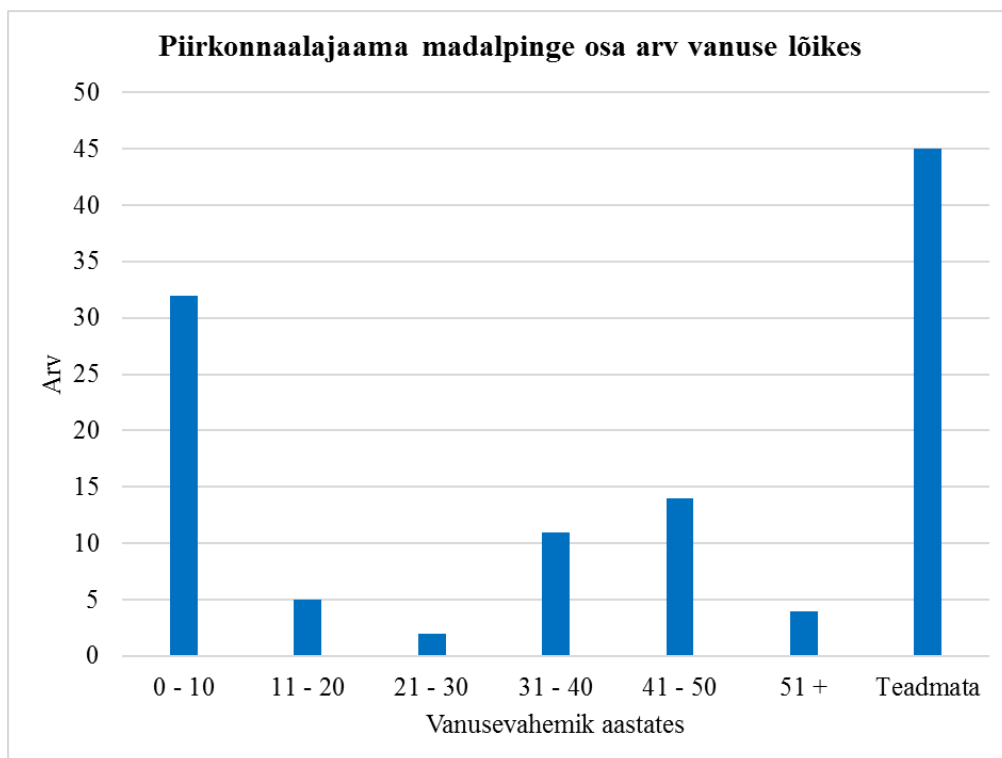
**Joonis 1.19. Mastalajaamade arv vanusevahemike lõikes**

Algandmetest selgub, et mastalajaamade kasutamise populaarsus on oma kõige kõrgema taseme saavutanud just viimase kahekümne aasta jooksul. Enne 1990ndate aastate teist poolt on mastalajaamade paigaldamine olnud väga tagasihoidlik ja stabiilne. Kuni 10aasta vanuseid mastalajaamasid on paigaldatud 3054 tükki ning nad moodustavad kõikidest mastalajaamadest 36,1%. 11-20aastaseid mastalajaamasid on paigaldatud 4650 tükki ning nad moodustavad kõikidest mastalajaamadest 54,9%. Vanemaid mastalajaamasid kui 21 aastat on kokku paigaldatud vaid 767 tükki ning nad moodustavad kõikidest mastalajaamadest 9%

Kasutatud allikatest lähtuvalt on mastalajaamadele määratud kulumi norm võrreldes teiste alajaamatüüpidega viie aasta võrra lühem ehk kokku 35 aastat. [6] Lähtuvalt mastalajaamadele määratud kulumi normist järeldatakse, et 36,1% on oma määratud eluea lõpuni rohkem kui 25 aastat, 54,9% on oma määratud eluea lõpuni rohkem kui 15 aastat ning 5,3% on oma määratud eluea lõpuni rohkem kui 5 aastat. 1,3% mastalajaamadest kuuluvad vanusevahemikku kus nende määratud eluiga võib olla juba ületatud kuni viie aastaga. Mastalajaamade puhul on oma määratud eluiga ületatud ainult 2,5% alajaamadest.



Piirkonnaalajaamade madalpinge osade arvuline jagunemine vanusevahemikesse on kuvatud joonisel 1.20. Vanusevahemikkudeks on valitud kümne aasta pikkused sammud. Algandmetes esineb nimetatud alajaamatüübi puhul arvestatav määramatus seoses ehitusaastatega. Teadmata vanusega piirkonnaalajaamade madalpinge osasid on 45 tükki mis moodustavad kõikidest samadest alajaamatüüpidest 39,8%



**Joonis 1.20. Piirkonnaalajaamade madalpinge osade arv vanusevahemike lõikes**

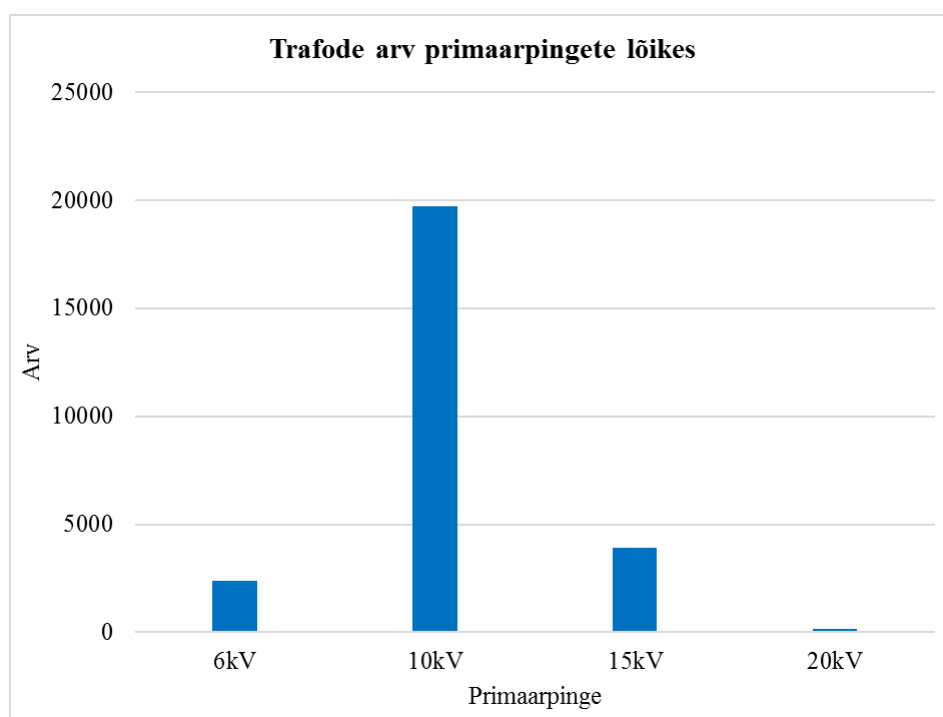
Teadaolevate paigaldusaastatega piirkonnaalajaama madalpinge osad moodustavad kokku 68 ehitisega 60,2% ning neist kuni 10aastased alajaamasid on 32 tükki, mis moodustavad kõikidest sama tüüpi alajaamadest 28,3%. Ühtlasi on tegu kõige populaarsema vanusevahemikuga antud alajaamatüübi hulgas. 11-20aastaseid ja 21-30aastaseid piirkonnaalajaamade madalpinge osasid on vastavalt 5 tükki ja 2 tükki ning nad moodustavad kõikidest sama tüüpi alajaamadest vastavalt 4,4% ja 1,8%. 31-40aastaseid ja 41-50aastaseid piirkonnaalajaamade madalpinge osasid on vastavalt 11 tükki ja 14 tükki ning nad moodustavad kõikidest sama tüüpi alajaamadest vastavalt 9,7% ja 12,4%. Vanemaid piirkonnaalajaamade madalpinge osasid kui 50 aastat on 4 tükki ning nad moodustavad kõikidest sama tüüpi alajaamadest 3,5%

Kuigi kasutusel olevates materjalides puudub piirkonnaalajaamade madalpinge osadele määratud kulumi norm, eeldatakse käesolevas töös, et nende oodatav eluiga on sama pikk kui piirkonnaalajaamadele määratud eluiga, milleks on 45 aastat. [6] Seetõttu on üle oma eluea 3,5% nimetatud alajaamadest ning 12,4% alajaamadest võivad olla kas 5 aastat üle oma eluea või

võivad ületada oma eluea lähima 4 aasta jooksul. 44,2% piirkonnaalajaamade madalpinge osadest jäävad neile määratud eluea piiridesse ning 28,3% on eluea lõpuni rohkem kui 35 aastat.

## 1.6. Trafode ülevaade

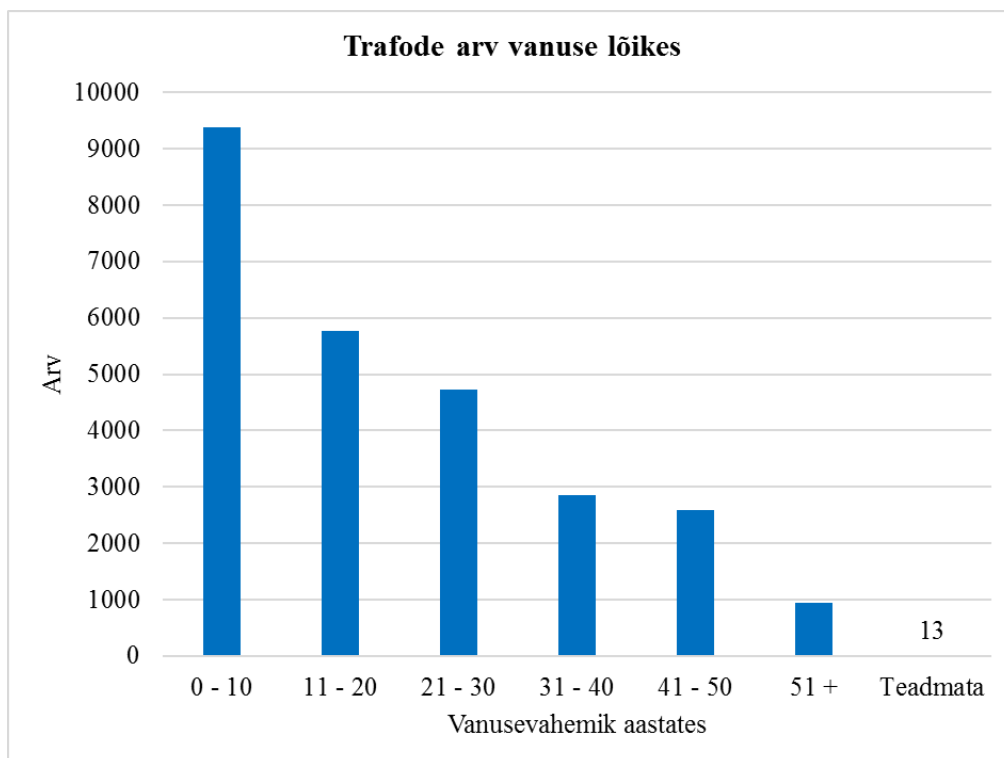
Keskpinge/madalpinge trafode jagunemine nende primaarpingete lõikes on kuvatud joonisel 1.21. Vastavalt kasutatud allikatele on keskpinge/võrkudesse paigaldatavate trafode nimipinged 6-6,3 kV, 10-10,5 kV, 15-15,75 kV ja 20-21 kV, [14] analüüsi käigus on trafod koondatud ja nimetatud kokku 6 kV, 10 kV, 15 kV ja 20 kV primaarpingetena. Algandmetes ei eksisteeri trafode tüüpide kohta määramatust.



*Joonis 1.21. Trafode arv primaarpingete lõikes*

Algandmetest lähtuvalt on keskpinge/madalpinge trafosid kokku paigaldatud 26204 ning võrreldes kinnitatud andmetega tuleb erinevuseks -1,2%. Erinevus ei ole statistiliselt oluline ning keskpinge/madalpinge trafode arv ning jaotus loetakse tegelikkusele vastavaks.

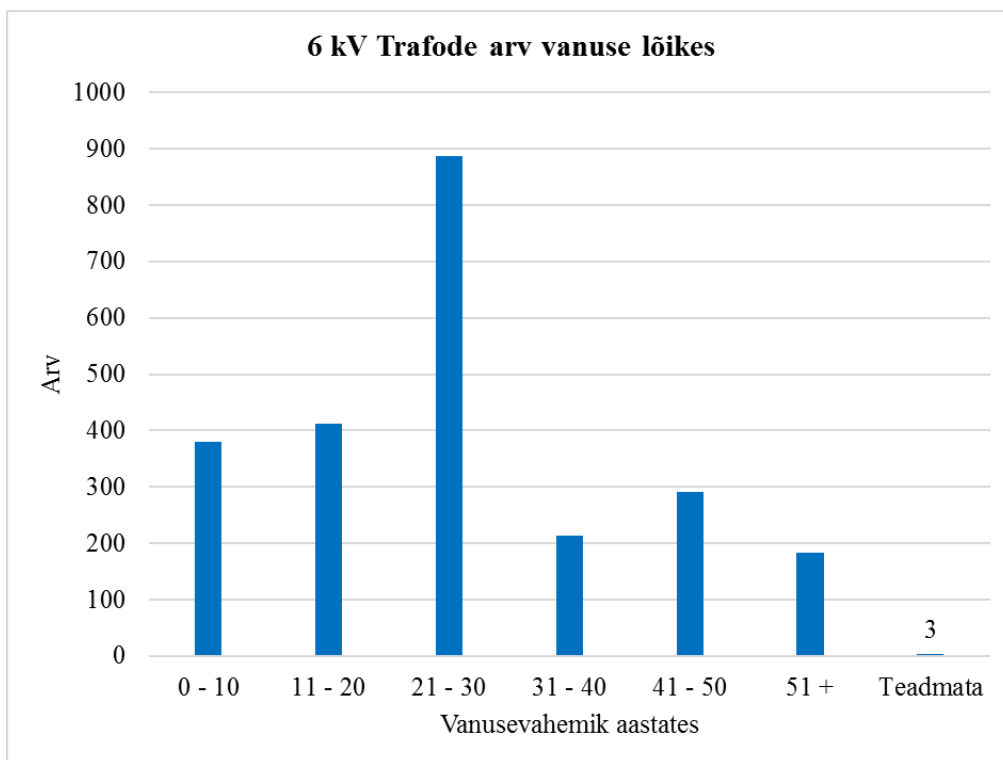
Keskpinge/madalpinge trafode koguarvud erinevate vanusevahemike lõikes on kuvatud joonisel 1.22. Vanusevahemikkudeks on valitud kümne aasta pikkused sammud. Keskpinge/madalpinge trafode vanustega seotud algandmetes eksisteerib määramatus kus 13 keskpinge/madalpinge trafol on kasutatud andmebaasis teadmata paigaldusaasta kuid see moodustab kõikidest nimetatud trafodest statistiliselt mitte olulise osa.



**Joonis 1.22. Trafode arv vanusevahemike lõikes**

Kõige suurema osa paigaldatud trafodest moodustavad kuni kümne aastased trafod, mida on kokku 9331 tükki ning need moodustavad kõikidest trafodest 35,6%. Järgmine suurim osa paigaldatud trafosid vanusevahemike lõikes on 11-20aastased trafod, moodustades 5754 trafoga 22% kõikidest paigaldatud keskpinge/madalpinge trafodest. 21-30aastased trafod moodustavad 4709 ühikuga 18% kõikidest paigaldatud trafodest. 31-40aastased trafod moodustavad 2858 ühikuga 10,9% kõikidest paigaldatud trafodest. 41-50aastased trafod moodustavad 2588 ühikuga 9,9% kõikidest paigaldatud trafodest. Vanemaid trafosid kui 51 aastat on kokku 951 tükki ning nad moodustavad 3,6% kõikidest paigaldatud trafodes. Keskpinge/madalpinge kulumi normiks on vastavalt kasutatud allikatele määratud 45 aastat, olenemata nende primaarpingest [6], mistõttu on vähemalt 86,4% Elektrilevi OÜ trafodest neile määratud normatiivse eluea piirides. 9,9% trafodest on kas oma eluea juba viie aastaga ületanud või on neil enda määratud eluea lõpuni vähem kui viis aastat. 3,6% trafodest on oma eluea ületanud rohkem kui viie aastaga.

6 kV primaarpingega trafode jaotust vanusevahemikkudesse on kuvatud joonisel 1.23. Vanusevahemikud on valitud kümne aasta pikkuste sammudena. 6 kV primaarpingega trafode algandmetes eksisteerib määramatus seoses paigaldusaastaga kolmel trafol ning see moodustab 0,1% kõikidest 6 kV primaarpingega trafodest. Määramatus loetakse statistiliselt mitte oluliseks.

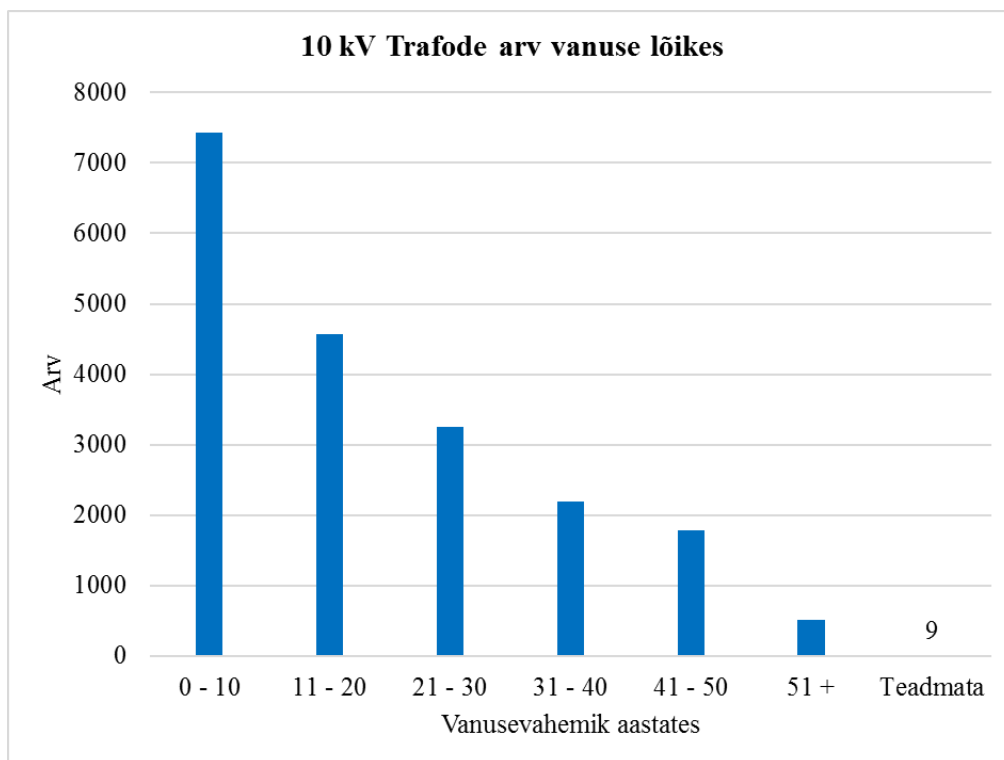


***Joonis 1.23. 6 kV primaarpingega trafode arv vanusevahemike lõikes***

Kuni kümne aastaseid 6 kV primaarpingega trafosid on kokku 380 tükki ning nad moodustavad kõikidest sama primaarpingega trafodest 16%. 11-20aastaseid 6 kV trafosid on kokku 413 tükki ning nad moodustavad 17,4% kõikidest 6 kV trafodest. 21-30aastaseid 6 kV trafosid on kokku paigaldatud 888 tükki ning nad moodustavad kõikidest 6 kV trafodest kõige suurema osa 37,4%. 31-40aastaseid 6 kV trafosid on kokku paigaldatud 214 tükki ning nad moodustavad kõikidest 6 kV trafodest üheksa protsenti. 41-50aastaseid 6 kV trafosid on kokku paigaldatud 291 tükki ning nad moodustavad kõikidest 6 kV trafodest 12,3%. Vanemaid 6 kV trafosid kui 50aastat on kokku paigaldatud 184 ning nende osakaal kõikidest 6 kV trafodest on 7,8%

12,3% 6 kV primaarpingega trafodest on kas oma eluea viie aastaga juba ületanud või ületavad selle lähima viie aastaga. 7,8% 6 kV primaarpingega trafodest on oma määratud eluea juba ületanud. 79,9% 6 kV primaarpingega trafodest on neile määratud eluea piirides.

10 kV primaarpingega trafode jaotust vanusevahemikkudesse on kujutatud joonisel 1.24. Vanusevahemikud on valitud kümne aastaste sammudena. 10 kV primaarpingega trafode algandmetes eksisteerib määramatus seoses paigaldusaastaga üheksal trafol ning see moodustab 0,1% kõikidest 10 kV primaarpingega trafodest. Määramatus loetakse statistiliselt mitte oluliseks.

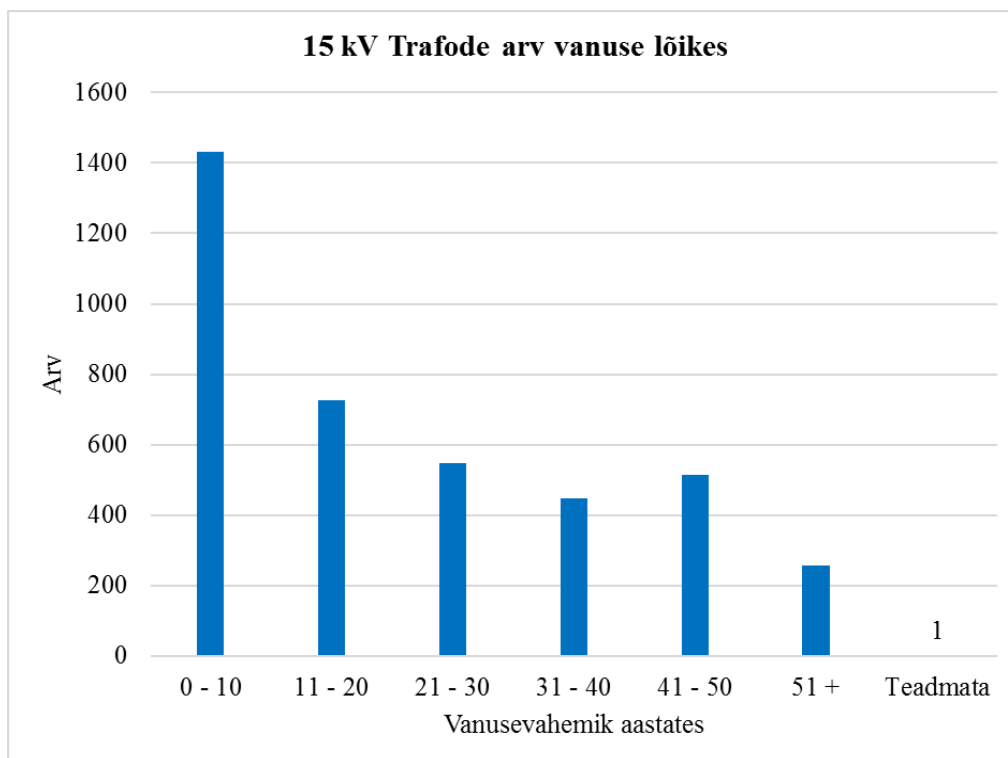


**Joonis 1.24. 10 kV primaarpingega trafode arv vanusevahemike lõikes**

Kuni kümne aastaseid 10 kV primaarpingega trafosid on kokku 7430 tükki ning nad moodustavad kõikidest sama primaarpingega trafodest 37,6%. 11-20aastaseid 10 kV trafosid on kokku 4564 tükki ning nad moodustavad 23,1% kõikidest 10 kV trafodest. 21-30aastaseid 10 kV trafosid on kokku paigaldatud 3252 tükki ning nad moodustavad kõikidest 10 kV trafodest 16,5%. 31-40aastaseid 10 kV trafosid on kokku paigaldatud 2196 tükki ning nad moodustavad kõikidest 10 kV trafodest 11,1%. 41-50aastaseid 10 kV trafosid on kokku paigaldatud 1784 tükki ning nad moodustavad kõikidest 10 kV trafodest üheksa protsenti. Vanemaid 10 kV trafosid kui 50aastat on kokku paigaldatud 511 ning nende osakaal kõikidest 10 kV trafodest on 2,6%

Üheksal protsendil 10 kV primaarpingega trafodest on kas oma eluea viie aastaga juba ületanud või ületavad selle lähima viie aastaga. 2,6% 10 kV primaarpingega trafodest on oma määratud eluea juba ületanud. 88,3% 10 kV primaarpingega trafodest on neile määratud eluea piirides

15 kV primaarpingega trafode jaotust vanusevahemikkudesse on kujutatud joonisel 1.25. Vanusevahemikud on valitud kümne aastaste sammudena. 15 kV primaarpingega trafode algandmetes eksisteerib määramatus seoses paigaldusaastaga ühel trafol ning see moodustab kõikidest 15 kV primaarpingega trafodest statistiliselt mitte olulise osa.

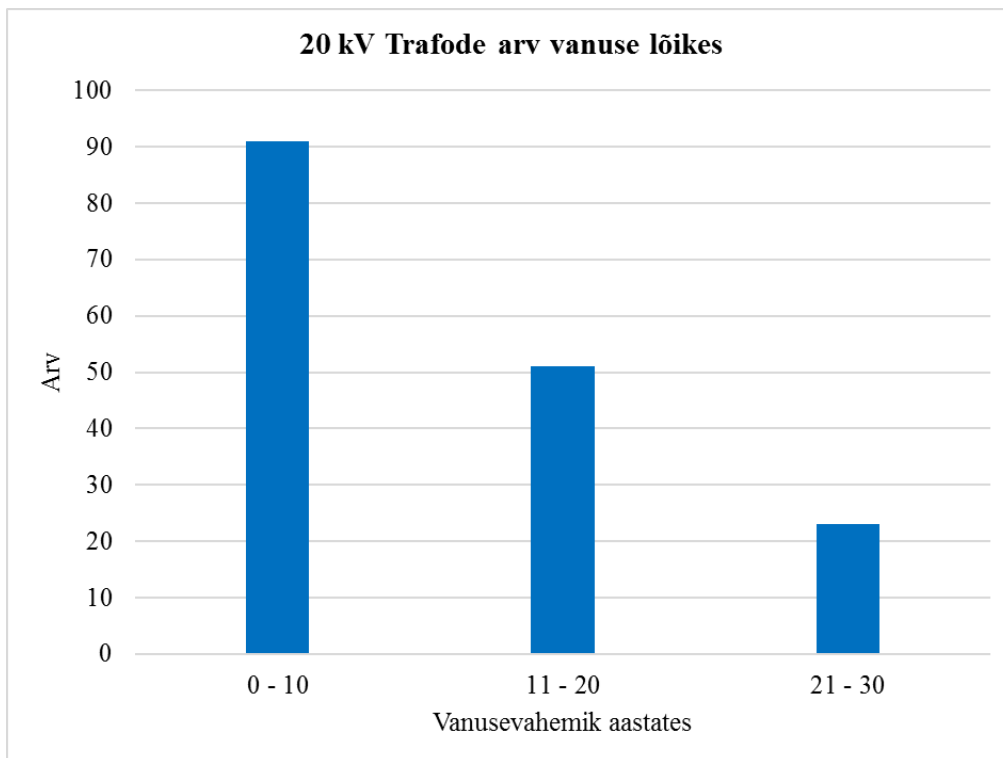


**Joonis 1.25. 15 kV primaarpingega trafode arv vanusevahemike lõikes**

Kuni kümne aastaseid 15 kV primaarpingega trafosid on kokku 1430 tükki ning nad moodustavad kõikidest sama primaarpingega trafodest 36,5%. 11-20aastaseid 15 kV trafosid on kokku 726 tükki ning nad moodustavad 18,5% kõikidest 15 kV trafodest. 21-30aastaseid 15 kV trafosid on kokku paigaldatud 546 tükki ning nad moodustavad kõikidest 15 kV trafodest 13,9%. 31-40aastaseid 15 kV trafosid on kokku paigaldatud 448 tükki ning nad moodustavad kõikidest 15 kV trafodest 11,4%. 41-50aastaseid 15 kV trafosid on kokku paigaldatud 513 tükki ning nad moodustavad kõikidest 15 kV trafodest 13,1%. Vanemaid 15 kV trafosid kui 50aastat on kokku paigaldatud 256 ning nende osakaal kõikidest 15 kV trafodest on 6,5%

13,1% 15 kV primaarpingega trafodest on kas oma eluea viie aastaga juba ületanud või ületavad selle lähima viie aastaga. 6,5% 15 kV primaarpingega trafodest on oma määratud eluea juba ületanud. 80,4% 15 kV primaarpingega trafodest on neile määratud eluea piirides

20 kV primaarpingega trafode jaotust vanusevahemikkudesse on kujutatud joonisel 1.26 ning vanusevahemikkudeks on valitud kümne aasta pikkused vahemikud. 20 kV primaarpingega trafode algandmetes ei eksisteeri paigaldusaastatega seotud määramatust.



**Joonis 1.26. 20 kV primaarpingega trafode arv vanusevahemike lõikes**

Kuni kümne aastaseid 20 kV primaarpingega trafosid on kokku 91 tükki ning nad moodustavad kõikidest sama primaarpingega trafodest 55,2%. 11-20aastaseid 20 kV trafosid on kokku 51 tükki ning nad moodustavad 30,9% kõikidest 20 kV trafodest. 21-30aastaseid 20 kV trafosid on kokku paigaldatud 23 tükki ning nad moodustavad kõikidest 20 kV trafodest 13,9%. Algandmetest lähtuvalt pole vanemaid kui 30aastaseid 20 kV primaarpingega trafosid paigaldatud. 20 kV primaarpingega trafode kasutamine on olnud läbi vaadeldava aja tõusva tempoga, ning seda kinnitab ka Elektrilevi varahalduse põhimõtted, kus märgitakse, et kasutusel on järgmised perspektiivsed nimipinged nagu 0,4 kV, 10 kV ja 20 kV [15]

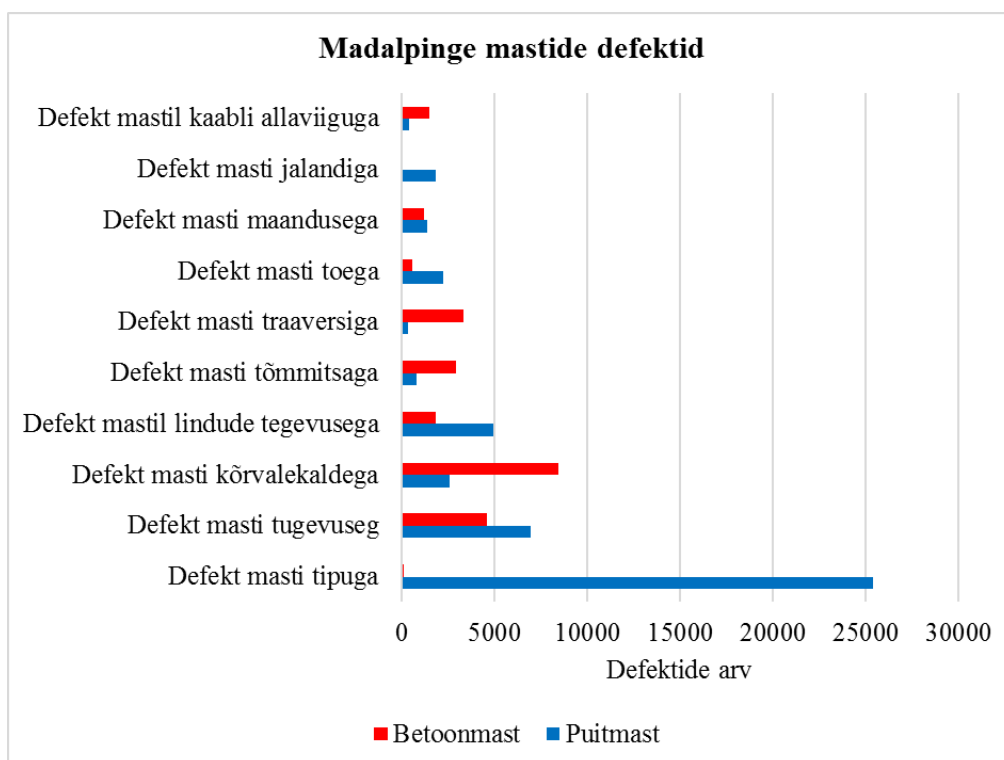
Kuna trafodele määratud kulumi norm on 45 aastat, siis 20 kV primaarpingega trafodest pole mitte ükski omale määratud eluiga ületanud. Oma määratud eluea lõpuni on kuni 24 aastat 13,9% 20 kV primaarpingega trafodel. Järgmisel vanusevahemikul, mis moodustavad 30,9% on oma määratud eluea lõpuni koguni 34 kuni 25 aastat. Kõige suurema osakaalu moodustavad kõige hiljutisemalt paigaldatud 20 kV primaarpingega trafod ning nimetatud vanusevahemikes olevate trafode määratud eluiga lõppeb alles 35 kuni 45 aasta pärast.

## 2. Defektide ülevaade

Defektide ülevaates uuritakse liinidega, mastidega, trafodega ning alajaamadega seotud vaatlusandmeid. Uurimise käigus leitakse erinevate varagruppide lõikes võrguvaradega seotud defektide koguarvud, nende osakaalud ja mõnel juhul ka täpsustused. Kõikide varagruppide puhul on püütud uurida pigem ohtlikumaid või kriitilisemaid defekte, mistõttu on uurimisel algandmetest eemaldatud vaatlusandmed mis on seotud erinevate tähistuste puudumisega elektripaigaldistel.

### 2.1. Madalpinge mastide defektid

Joonisel 2.1. on kuvatud madalpinge mastidega seotud defektid. Kuvatud jaotuses olevad defektid moodustavad valimi mille osakaaluks kõikidest tähelepanuväärsematest madalpinge mastide defektidest on 95%. Kuigi mastide tähistus vastavalt ohutusnõuetele on väga oluline, on arvestusest välja jäetud sellega seoses olevad defektid, sest käesolevas osas pööratakse tähelepanu mastide füüsilisele korrasolekule.



**Joonis 27.1. Madalpinge mastidega seotud defektid**

Algandmetest selgub, et madalpinge puitmastide puhul suurimaks defektide rühmaks on defekt masti tipuga. Defektid puitmasti tipuga jaotatakse kolmeks täpsustavaks rühmaks, milleks on mädanenud tipp, mädanenud kuid maha saetav tipp ning puuduv mastimüts. Madalpinge



puitmasti tipuga seotud defektid moodustavad kõikidest madalpinge puitmasti defektidest 52% ning sellest 20% moodustavad mädanenud tipuga mastid, 51% moodustavad mädanenud kuid saetava tipuga mastid ning 15% moodustavad mastimütsita mastid. Järgmiseks suurimaks madalpinge puitmasti defekti rühmaks on defekt masti tugevusega, mis moodustab 14% kõikidest madalpinge puitmastide defektidest. Defektid masti tugevusega jaotatakse kaheks täpsustavaks rühmaks, milleks on ohtlikult mädanenud mast ning mädanenud kui vajaliku varudiametriaga mast. Ohtlikult mädanenud mastid moodustavad puitmasti tugevuse defektirühmast 31% ning mädanenud kuid vajaliku varudiametriaga mastid 69%. Suuruselt järgmiseks defekti rühmaks madalpinge puitmastide puhul, osakaaluga 10%, on defektid lindude tegevusega, mis jaotatakse kaheks täpsemaks rühmaks, milleks on mastil asetsev kurepesa ning rähni kahjustused. Kurepesadega madalpinge puitmastide osakaal lindude tegevusega seotud defektidest on 5% ning rähni kahjustuste defektidega osakaal on vastavalt 95%. Populaarsuselt neljandaks defekti rühmaks on madalpinge puitmastidel masti kõrvalekalle mis moodustab kõikidest madalpinge puitmastide defektidest 5%. Defektid madalpinge puitmasti toega moodustavad kõikidest madalpinge defektidest 4,5%, antud defekti rühm rohkemateks osadeks küll ei jaotu kuid täpsustuseks on lisatud, et tegu on mädanenud toega. 4% madalpinge puitmasti defektidest moodustavad defektid masti jalandiga. Puitmastide jalandina võib kasutada raudarmatuuriga betooni ning 43% antud defektidest moodustavad purunenud või murenenud betoonjalandid ja nende lahtine side puitmastiga. 57% puitmasti jalandiga seotud defektidest on seotud ohtlikult mädanenud masti jalandiosaga. Kuna mastide külge paigaldatakse ka elektrikilpe, siis on masti defektide hulka lisatud ka lisaks masti maandusega seotud defektidele masti küljes olevate kilpide maanduste defektid. Nimetatud defektid moodustavad kõikidest madalpinge puitmastide defektidest 3% ning need defektid jaotuvad puudevaks maanduspaigaldiseks ning puuduliku ühendusega maanduseks, osakaaludega vastavalt 54% ja 46%. Valimi kaks eelviimast väiksemat defekti rühma on defektid masti tõmmitsatega ning defektid masti traaversiga, nad moodustavad vastavalt kaks ja üks protsenti kõikidest madalpinge puitmastide defektidest. Defektid madalpinge puitmastide tõmmitsatega jaotuvad kaheks täpsustavaks rühmaks, milleks on katki või kõlbmatu tõmmits ning lõtvunud masti tõmmits. 83% neist moodustavad katkised või kõlbmatud tõmmitsad ning 27% moodustavad lõtvunud tõmmitsad. Madalpinge puitmastide defektid traaversitega jaotuvad kaheks, nendeks on paindunud või deformeerunud traaversid ja viltu vajunud traaversid. Paindunud või deformeerunud traaversid moodustavad neist 18% ning viltu vajunud traaversid 82%. Defektide rühm seose kaabli alla viiguga moodustab ühe protsenti kõikidest

madalpinge puitmastide defektidest ning ta jaotub kolmeks täpsustavaks defekti rühmaks. Nendeks kolmeks defektirühmaks on kahjustunud kaabel, puudulik kaabli kaitsekate ja kinnitusest lahtiolev või valesti kinnitatud kaabel. Suurima osa neist kolmest moodustab kinnitusest lahti või valesti kinnitatud kaabel ning nende defektide osakaal kõikidest madalpinge puitmasti kaabli alla viiguga seotud defektidest on 93%. Kahjustunud kaabli defektid ning puuduliku kaablikaitse defektid jaotuvad ülejäänud kaabli alla viigu defektide arvuga võrdselt kolm ja kolm protsenti.

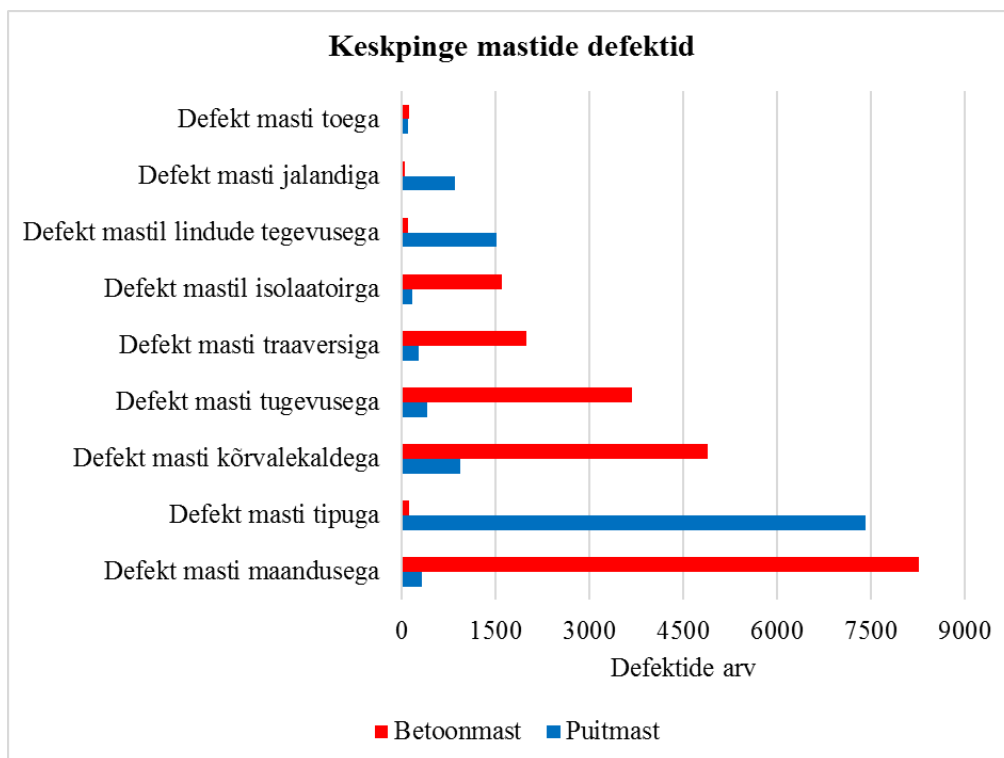
Madalpinge raudbetoonmastide puhul on suurima arvuga defektide rühmaks masti kõrvalekalle ning see moodustab ühtlasi kõikidest madalpinge raudbetoonmastide defektidest 28,7%. Defekt mast kõrvalekaldega jaotatakse kaheks täpsemaks defektide rühmaks, nendeks on viltune mast mis vajab vahetust ning viltune mast mida on võimalik õiguda. Õigumist vajavaid maste on kõrvale kaldega madalpinge raudbetoonmastidest 98,5% ning vahetamist vajavaid maste vastavalt 1,5%. Järgmiseks suurimaks madalpinge raudbetoonmastide defektide rühmaks on masti tugevus mis moodustab 15,7% kõikidest madalpinge raudbetoonmastide defektidest. Madalpinge raudbetoonmastide puhul jaotatakse masti tugevusega seotud defektid kolmeks täpsustavaks rühmaks, nendeks on pragunenud betooniga ning väljaulatuva armatuuriga mastid, pragunenud betooni pealispinnaga mastid ning mehaanilise vigastusega mastid. Pragunenud betooniga ning väljaulatuva armatuuriga madalpinge raudbetoonmastid moodustavad 46%, murenenud betooni pealispinnaga madalpinge raudbetoonmastid moodustavad 50% ning mehaanilise vigastusega madalpinge raudbetoonmastid moodustavad 4% kõikidest madalpinge raudbetoonmastide defektidest mis on seotud masti tugevusega. Järgmiseks suurimaks defektide rühmaks madalpinge raudbetoonmastide puhul on defektid traaversiga ning nad moodustavad kõikidest madalpinge raudbetoonmastide defektidest 11,4%. Madalpinge raudbetoonmastide defektid traaversiga jaotuvad sarnaselt madalpinge puitmastidega kaheks täpsustavaks defektide rühmaks. Paindunud või deformeerunud traaversi defektid moodustavad 44% ja viltu vajunud traaversi defektid moodustavad vastavalt 55% kõikidest madalpinge raudbetoonmastide defektidest mis on seotud traaversitega. Madalpinge raudbetoonmastidega seotud defektidest 10% moodustavad defektid masti tõmmitsaga. Masti tõmmitsaga seotud defektid jaotatakse kaheks täpsustavaks defektide rühmaks ning nendeks on kõlbmatud või katkised tõmmitsad ja lõtvunud tõmmitsad. Kõikidest madalpinge raudbetoonmastide defektidest, mis on seotud masti tõmmitsatega moodustavad kõlbmatud või katkised tõmmitsad 93% ning lõtvunud tõmmitsad 7%. Madalpinge raudbetoonmastide puhul on kaabli alla viiguga seotud defekte viie protsendi ulatuses ning sellel defektide rühmal puuduvad alajaotused, mis

omakorda tähendab, et kõik nimetatud defektid on täpsemas vaates seotud kinnitusest lahti või valesti kinnitatud kaabli alla viikudega. Madalpinge raudbetoonmastide defektidest moodustavad masti või mastil asetseva kilbi maandusega seotud defektid 4% ning nad jaotatakse sarnaselt madalpinge puitmastide defektidele kaheks täpsustavaks rühmaks. Neist 30% moodustavad puuduliku ühendusega seotud defektid ning 70% moodustavad puuduliku maanduspaigaldisega seotud defektid. 2% kõikidest madalpinge raudbetoonmastidega seotud rikest moodustavad defektid masti toega. Madalpinge raudbetoonmastide puhul peetakse antud defektide rühmas silmas ainult murenenud või pragunenud betooniga masti tugesid ning rohkem täpsustavat alajaotust ei eksisteeri.

Madalpinge raudbetoonmastide puhul ei eksisteeri märkimisväärset osa defekte seoses masti jalanditega või masti tippudega kuna valdavas osas on need defektid seotud pigem puitmastide ning nende mädanemisega. Raudbetoonmastidel esineb küll jalanditel betooni pragunemisi, murenemist ning väljaulatuvaid armatuure kuid need defektid on arvestatud juba defektide rühma masti tugevus.

## **2.2. Keskpinge mastide defektid**

Joonisel 2.2. on kuvatud keskpinge mastidega seotud defektid. Kuvatud jaotuses olevad defektid moodustavad valimi mille osakaaluks kõikidest tähelepanuväärsematest keskpinge mastide defektidest on 95%. Sarnaselt madalpinge mastide defektide valimiga pole mastide tähistusega seoses olevaid defekte arvestatud, sest käesolevas osas pööratakse tähelepanu mastide füüsilisele korrasolekule.



**Joonis 28.2. Keskpinge mastidega seotud defektid**

Keskpinge puitmastide puhul on suurimaks defektide rühmaks defektid masti tipuga. Sarnaselt madalpinge puitmastidele jaotatakse keskpinge puitmastide tippudega seotud defektid kolme täpsustavasse rühma, milleks on mädanenud masti tipp, mädanenud kuid saetava tipuga mast ning puuduliku mastimütsiga mast. Keskpinge puitmastide defektide koguarvust moodustavad masti tipuga seotud defektid 58,4% ning neist omakorda 56% moodustavad mädanenud kuid saetava tipuga keskpinge puitmastid, 32% moodustavad puuduva mastimütsiga mastid ja ülejäänud 12% moodustavad täiesti mädanenud tipuga mastid. Järgmine suurem defektide rühm keskpinge puitmastide puhul on defektid seoses lindude tegevusega ning nad moodustavad 12% kõikidest keskpinge puitmastide defektidest. Lindude tegevust eristatakse vastavalt kas mastil asetseb kurepesa või on tegu rähni kahjustustega. Kurepesadega keskpinge puitmaste on ainult üheksa tükki ning moodustavad vaadeldavast defektirühmast ainult pool protsenti. 99,5% lindude tegevusega seotud defektidest on põhjustatud rähni kahjustustest. Masti jalandiga seotud defektid moodustavad seitse protsenti kõikidest keskpinge puitmastide defektidest ning jaotus on sarnane madalpinge puitmastide samale defektirühmale. Antud defektide rühmas eristatakse ohtlikult mädanenud jalandit ja murenenud või pragunenud pealispinnaga betoonjalandeid. Ohtlikult mädanenud jalanditega keskpinge puitmastid moodustavad 58% ning murenenud või pragunenud betoonjalandiga keskpinge puitmastid moodustavad 42% kõikidest keskpinge puitmastide jalandite defektidest. Keskpinge puitmasti kõrvalekaldega

seotud defekte on seitse protsenti kõikidest keskpinge puitmastide defektidest ning kõikide defektide puhul on tegu viltuste mastidega, mida on võimalik õiguda, see tähendab seda, et keskpinge puitmaste mida tuleks tänu nende kõrvalekaldele välja vahetada, ei eksisteeri. Kolm protsenti kõikidest keskpinge puitmastide defektidest moodustavad defektid masti tugevusega. Puitmastide korral eristatakse antud defektide rühmas kolme täpsustust, nendeks on ohtlikult mädanenud mast, mädanenud kuid vajaliku varudiametriaga mast ja mehaanilise vigastusega mast. Masti tugevusega seotud defektide jaotus keskpinge puitmastide puhul on vastavalt 37% ohtlikult mädanenud maste, 50% mädanenud kui vajaliku varudiametriaga maste ning 13% mehaanilise vigastusega maste. Keskpinge puitmastide defektidest moodustavad 2,4% defektid masti maandusega ning neist omakorda suurima osa 54% moodustavad puuduliku kontaktühendusega mastid, kus juures 46% vaadeldavatest defektsetest mastidest ei oma üldse nõuetekohast maanduspaigaldist. Keskpinge puitmastide traaversitega seotud defektide osakaal kõikidest keskpinge puitmastide defektidest on kaks protsenti ning nendest 29% on seotud kas paindunud või deformeerunud traaversitega ja ülejäänud osa 71% ulatuses on seotud viltu vajunud traaversitega. Ühtlasi võib algandmetest välja lugeda, et ühtegi täiesti katkist või läbi roostetanud traaversit keskpinge puitmastidel ei eksisteeri.

Erinevalt madalpinge mastide defektidest on keskpinge mastide defektide hulgas ka defektirühm seoses isolaatoritega ning selles rühmas märgitakse neid kolme täpsustavasse defektirühma, nendeks on puudulik abiisolaator, katkine või pragunenud isolaator ja ülelöögijälgedega isolaator. Valimist lähtuvalt moodustavad isolaatoriga seotud defektid kõikidest keskpinge puitmastide defektidest vaid 1,2%. Täpsustavad defektirühmad jaotuvad vastavalt 65% puudulikele abiisolaatoritele ja 35% pragunenud või katkistele isolaatoritele. Ülelöögijälgedega isolaatoreid ei ole valimist lähtuvalt täheldatud. Valimi kõige väiksema osa defektidest moodustab defektirühm masti toega kus eristatakse murenenud või pragunenud betooniga tugesid, mädanenud tugesid ning tugesid mis on masti tipust lahtised. Masti toega seotud defektid moodustavad kõikidest keskpinge puitmastide defektidest ligikaudu ühe protsendi ning neist 89% moodustavad mädanenud masti toed ja 11% neist moodustavad lahtise kinnitusega toed. See tähendab ühtlasi ka seda, et keskpinge puitmastide puhul puuduvad pragunenud või murenenud raudbetooniga masti toed.

Keskpinge raudbetoonmastide puhul on suurimaks defektide rühmaks defektid masti või mastil oleva kilbi maandusega. Need moodustavad kõikidest keskpinge raudbetoonmastide defektidest 36%. Defektid keskpinge raudbetoonmastide või mastil asetsevate kilpide maandusega jaotatakse kaheks täpsustavaks rühmaks, nendeks on puudulike

kontaktühendustega maandused ja täielikult puudulik maanduspaigaldis. Täpsustavate defektide osakaalud on vastavalt 32% ja 68%. Järgmine suurim defektirühm on masti kõrvalekalle ning selle rühma defektide koguarv moodustab 22% kõikidest keskpinge raudbetoonmastide defektidest. Masti kõrvalekalde defektirühmal on keskpinge raudbetoonmastide märgitud ainult õigumist vajavad mastid, mistõttu võib järeldada, et selliseid keskpinge raudbetoonmaste mida tuleks tänu nende kõrvalekaldele täielikult vahetada, ei eksisteeri. Kolmas suurim defektirühm keskpinge raudbetoonmastide korral on masti tugevus mis moodustab 16% kõikidest keskpinge raudbetoonmastide defektidest. Raudbetoonmastide puhul on masti tugevusega seotud defektid jaotatud kolme täpsustavasse rühma, milleks on pragunenud ja väljaulatuva armatuuriga betoon, murenenud pealispinnaga betoon ja mehaaniline vigastus. Täpsustavad rühmad on osakaaludega vastavalt 42%, 57% ja üks protsent. Järgmiseks suurimaks defektide rühmaks keskpinge raudbetoonmastide puhul on defektid traaversitega. Defektid traaversitega moodustavad keskpinge raudbetoonmastide kõikidest defektidest ligikaudu üheksa protsenti ja neid jaotatakse sarnaselt keskpinge puitmastidega või madalpinge mastidega kaheks täpsustavaks rühmaks, nendeks on paindunud või deformeerunud traaversid ja viltu vajunud traaversid. Paindunud või deformeerunud traaversid on keskpinge raudbetoonmastide traaversitega seotud defektidest osakaaluga 51% ning viltu vajunud traaversid on osakaaluga 49%. Isolaatoritega seotud defektid moodustavad kõikides keskpinge raudbetoonmastide defektidest seitse protsenti ning nad jagunevad sarnaselt keskpinge puitmastidele kolmeks täpsustavaks defektirühmaks, nendeks on puuduv abiisolaator, pragunenud või katkine isolaator ning ülelöögi jälgedega isolaator. Puuduva abiisolaatoriga defektid moodustavad 21%, pragunenud või katkise isolaatoriga defektid 77% ja ülelöögi jälgedega isolaatorid moodustavad ühe protsenti kõikidest keskpinge raudbetoonmastidega seotud isolaatorite defektidest.

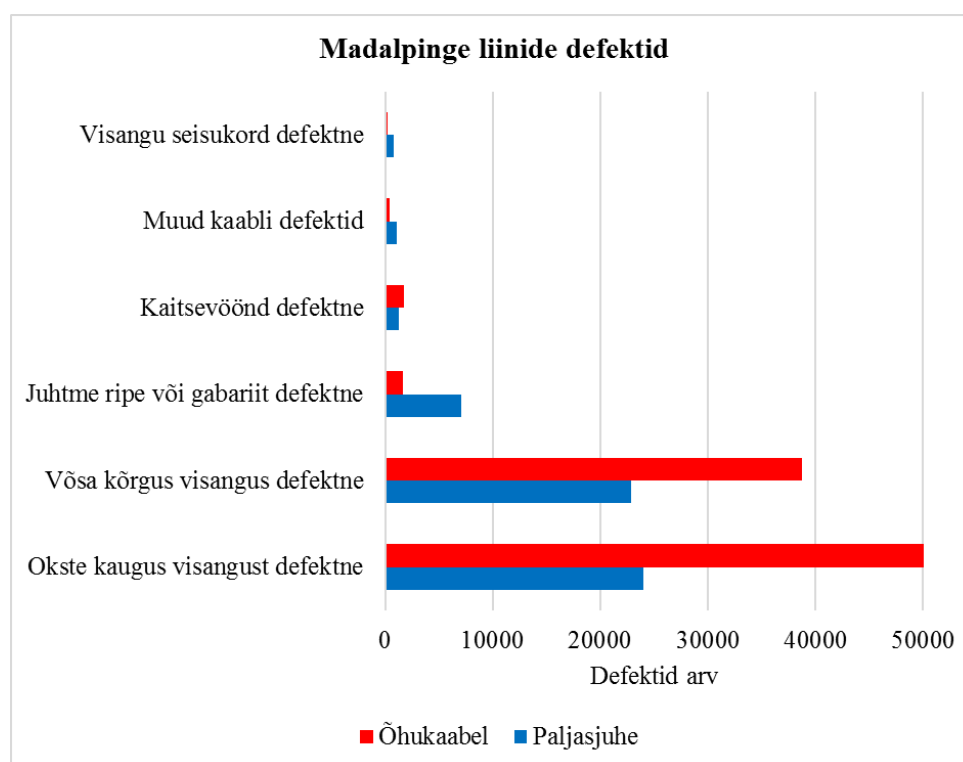
Keskpinge raudbetoonmastidega on algandmetes ühendatud ka masti tipuga seotud defekte ning nende seotud defektide osakaal kõikidest keskpinge raudbetoonmastide defektidest on ligikaudu pool protsenti. Ilmneb, et tegu on sisestamisvigadega kus raudbetoonmastidele on märgitud ainult puitmastidele sobivaid defekte.

Masti tugevusega seotud defektid moodustavad kõikidest keskpinge raudbetoonmastide defektidest pool protsenti ning neid jaotatakse kaheks täpsustavaks defektirühmaks, nendeks on murenenud või pragunenud betooniga mastitugi ja tipust lahtiolev mastitugi. Täpsustavate rühmade osakaalud on vastavalt ligikaudu 70% ja 30%. Väikseimateks defektirühmadeks on keskpinge raudbetoonmastide valimist lähtuvalt lindude tegevusega seotud defektid ja masti

jalandiga seotud defektid. Lindude tegevusest tulenevad defektid moodustavad 0,4% kõikidest keskpinge raudbetoonmastide defektidest ning enamuse neist moodustavad omakorda kurepesad mastil. Keskpinge raudbetoonmastidega on ühendatud ka defektirühm masti jaland, kuid kuna märgitud defektide osakaal kõikidest keskpinge raudbetoonmastide defektidest on vaid 0,2% ja täpsustavad defektirühmad on väga sarnased masti tugevuse defektirühmale, siis loetakse masti jalandiga seotud defektid masti tugevusega seotud defektide hulka.

### 2.3. Madalpinge liinide defektid

Madalpinge liinidega on seotud kokku üle 150 000 defekti ning nende jaotust erinevatesse defektide rühmadesse on kujutatud joonisel 2.3. Kuigi madalpinge liinide kogupikkusest moodustavad 27% maakaablid on nendega seotud defektide arv kaduvvähene ning vaatluse all on ainult madalpinge paljasjuhtmetega ja õhukaablitega seotud defektid. Madalpinge liinide puhul on uuritavasse valimisse koondatud populaarseimad defektid mis oma koguarvult moodustavad 97% kõikidest madalpinge liinide defektidest.



*Joonis 29. Madalpinge liinide defektid*

Madalpinge õhukaablite puhul on suurimaks defektirühmaks okste kaugus visangust, mis moodustab koguni 54% kõikidest madalpinge õhukaabluga seotud defektidest. Okste kaugust visangust täpsustatakse reeglina meetrites, see tähendab, et mitu meetrit on vaatlusandmete kogumise hetkel okste ja visangute vahemaa. Kuna okste kasvamise kiirus on võrreldes

vaatlusandmete kogumise regulaarsusega suur, pole võimalik ühest ja tervet pilti kogu võrgu seisukorrale anda. Algandmetest lähtuvalt jaotub nimetatud defektirühm täpsustavalt kaheks, kus pooltest märgitud defektidest ilmneb, et okste kaugus visangust on kuni üks meeter ning ülejäänud pooltest defektidest ilmneb, et okstel on visanguga vahetu kontakt. Defektide rühm okste kaugus visangust, sisaldab endas reeglina informatsiooni liinikoridori ääres asetsevate puude okste ja visangu vahemaast, defektide rühm võsa kõrgus visangust, aga kirjeldab visangu all kasvava võsa ja visangu enda vahelist vahemaad. Defektide rühm võsa kõrgus visangus on madalpinge õhukaabli puhul suuruselt teine, moodustades 41% kõikidest madalpinge õhukaabli defektidest. Võsa kõrgust visangust täpsustatakse samuti meetrites kuid vaatlusandmetes toodud pikkused kirjeldavad kasvanud võsa kõrgust maapinnast. Võsa kõrguse kirjeldamiseks on loodud kolm täpsustavat rühma, nendeks on võsa kõrgus kuni kaks meetrit, võsa kõrgus kaks kuni neli meetrit ja võsa kõrgus suurem kui neli meetrit või võsa ulatub visanguni. Täpsustavate rühmade osakaalud on madalpinge õhukaabli puhul vastavalt 44% kahe kuni nelja meetri kõrgusel võsal, 50% üle nelja meetri või visanguni ulatuval võsal ja kuus protsenti kuni kahe meetri kõrgusel võsal.

Madalpinge õhukaabli defektide valimi ülejäänud osa moodustavad kaitsevööndi defektid 1,9 protsendiga, juhtme rippe või gabariitide defektid 1,8 protsendiga, muud defektid poole protsendiga ning visangu seisukorra defektid 0,2 protsendiga kõikidest madalpinge õhukaablite defektidest. Kaitsevööndi defektide all peetakse silmas olukordi kus on toimunud kaitsevööndi nõuete rikkumine näiteks millegi ladustamisel valesse kohta või olukordi kus visang on üle ehitise ning seetõttu ei vasta normidele. Kõikide juhtme rippe või gabariitide defektide puhul on tegu normile mittevastavate ripetega ning teisi täpsustavaid rühmasi ei eksisteeri. Defektirühma muud defektid sisu jääb täpsustuste puudumise tõttu teadmata kuid võib arvata, et tegu on olukordadega kus defektirühmade valikus ei leidu sobivat defekti aga paigaldis vajab sellegi poolest tähelepanu. Visangu seisukord sisaldab endas täpsemat informatsiooni juhtmete kohta, eristatakse kolme täpsustavat rühma, milleks on katkenud kiududega juhtmed, vigase jätkuga juhtmed ja mehaanilise vigastusega juhtmed. Pooled neist moodustavad vigase jätkuga juhtmed, 35% neist moodustavad katkenud kiududega juhtmed ja ülejäänud osa on mehaanilise vigastusega juhtmed.

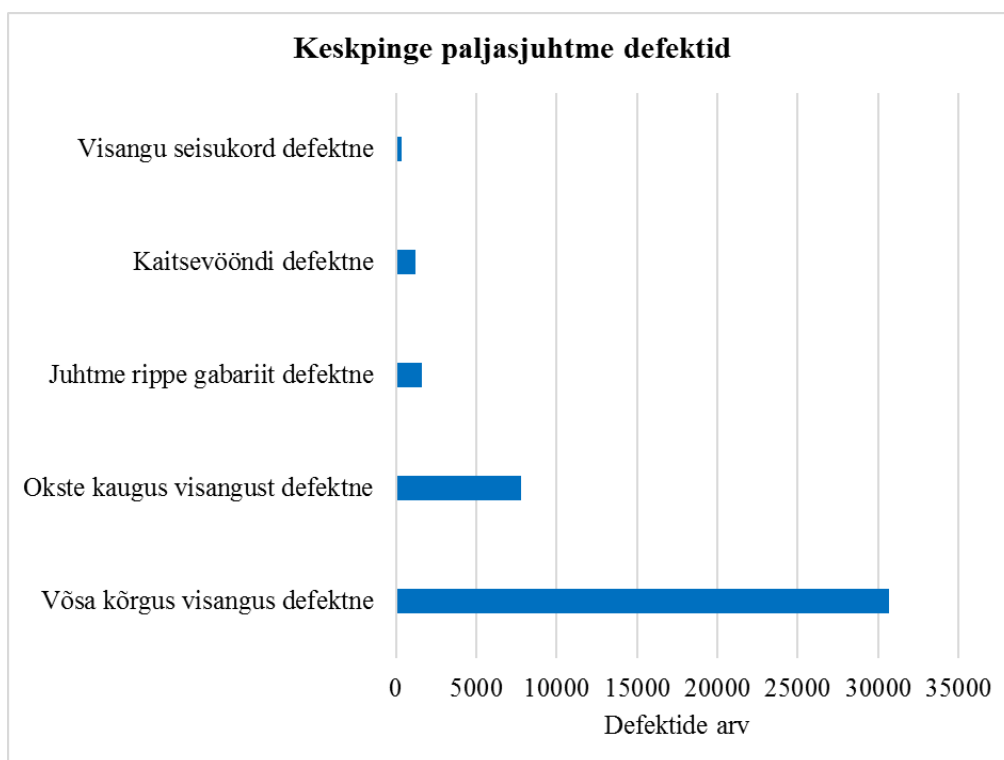
Madalpinge paljasjuhtmete puhul on defektide arvu jaotus defektirühmadesse sarnane õhukaablitega. Algandmetest selgub, et defektirühm okste kaugused visangust moodustab 42% kõikidest madalpinge paljasjuhtmete defektidest ning võsa kõrgus visangus defektirühm moodustab 40% kõikidest defektidest. Madalpinge paljasjuhtme defektirühmade täpsustused ja



defektide jaotus nende vahel on sarnased õhukaablitega. Defektse kaitsevööndiga seotud defektid moodustavad 2,2%, muud defektid moodustavad 1,8% ja visangu seisukorraga seotud defektid moodustavad 1,4% kõikidest madalpinge paljasjuhtme defektidest. Suurim erinevus madalpinge õhukaablite ja paljasjuhtmete defektides ilmneb defektirühmast juhtme riipe või gabariit. Lähemal vaatlusel selgub, et paljasjuhtmete korral moodustavad defektid juhtme gabariidi või rippega 12,5% ning õhukaablite korral vaid 1,8% kõikidest vastava kaabliklassi defektidest. Mõlema liinitüübi puhul on täpsustuseks lisatud, et riipe ei vasta normile. Andmetest järeldatakse, et madalpinge paljasjuhtmetel on märgatavalt rohkem probleeme ripete nõuetekohasusega kui madalpinge õhukaablitel.

## 2.4. Keskpinge liinide defektid

Keskpinge liinidega on seotud üle 47 000 defekti, millest 90% moodustavad keskpinge paljasjuhtmetega seotud defektid. Kuna keskpinge maakaablite ning õhukaablite defektide kohta puudub algandmetes võrdluseks piisavalt informatsiooni, vaadeldakse üksnes keskpinge paljasjuhtmete defekte. Keskpinge paljasjuhtmetega seotud defektide jaotus on kuvatud joonisel 2.4.



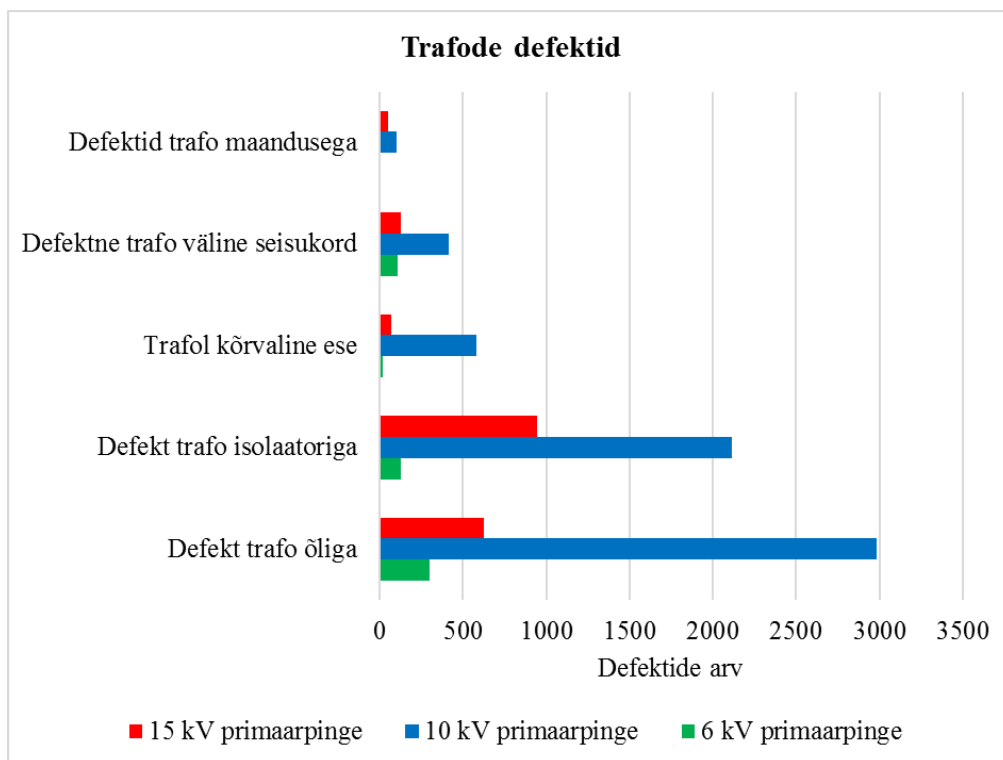
**Joonis 2.4. Keskpinge paljasjuhtme defektid**

Keskpinge paljasjuhtmete puhul on kõige suurema defektide koguarvuga defektirühm võsa kõrgus visangus, moodustades 73% kõikidest keskpinge paljasjuhtme defektidest. Kõige

suurema osa nimetatud defektirühmast moodustavad 60% osakaaluga kahe kuni nelja meetri kõrguse võsaga visangud. 32% märgitud visangutest on võsaga mille kõrgus maapinnast on neli või rohkem meetrit ning ülejäänud kaheksa protsenti märgitud võsa defektidest tähistavad kuni kahe meetri kõrgust võsaala. See ei pruugi esmapilgul otsest ohtu põhjustada kuid annab eelaimdust millal võiks võsa olla juba ohtlikult kõrge, sest võrk käiakse läbi jooksvalt iga viie aastaga kus kogutakse vaatlusandmeid ning võsa kasvamise kiirusega arvestades osatakse võsatöid paremini planeerida. Suuruselt järgmine defektirühm on okste kaugus visangust, mis moodustab 19% kõikidest keskpinge paljasjuhtme defektidest, neist 43% on okste kaugus visangust lähemal kui üks meeter ja 35% on okste kaugus visangust kuni kolm meetrit. 22% defektirühmast okste kaugus visangust moodustavad visangud kus oksad on juba juhtmetesse kasvanud. Kõikidest keskpinge paljasjuhtmete defektidest moodustavad 3,8% defektid juhtme rippega ehk ligikaudu 1580 keskpinge paljasjuhtme visangut on normile mittevastava rippega. Kolm protsenti kõikidest keskpinge paljasjuhtmega seotud defektidest moodustavad kaitsevööndiga seotud defektid mis jagunevad kaheks täpsustavaks defektirühmaks, nendeks on kaitsevööndi nõude rikkumine millegi ladustamisel ning nõuetele mittevastav visang üle ehitise. Millegi ladustamise tagajärjel tekkinud nõuetekohasuse rikkumised moodustavad 10% ning mitte nõuetekohased visangud üle ehitiste moodustavad 90% kõikidest kaitsevööndiga seotud defektidest.

## **2.5. Trafode defektid**

Trafode defektide valim koosneb kõikidest trafodega seotud defektidest millest on eemaldatud tähistuste ja tõketega seotud puudused. Trafode defektide valimis on kokku ligikaudu 9000 erinevat defekti kuid 20 kV nimipingega trafode kohta pole piisavalt informatsiooni, et nende defekte uurida. Seepärast on käesolevas töös uuritud ainult 6 kV, 10 kV ja 15 kV primaarpingega trafode defekte. Trafodega seotud defektide jaotust on kujutatud joonisel 2.5.



**Joonis 30. Trafode defektid**

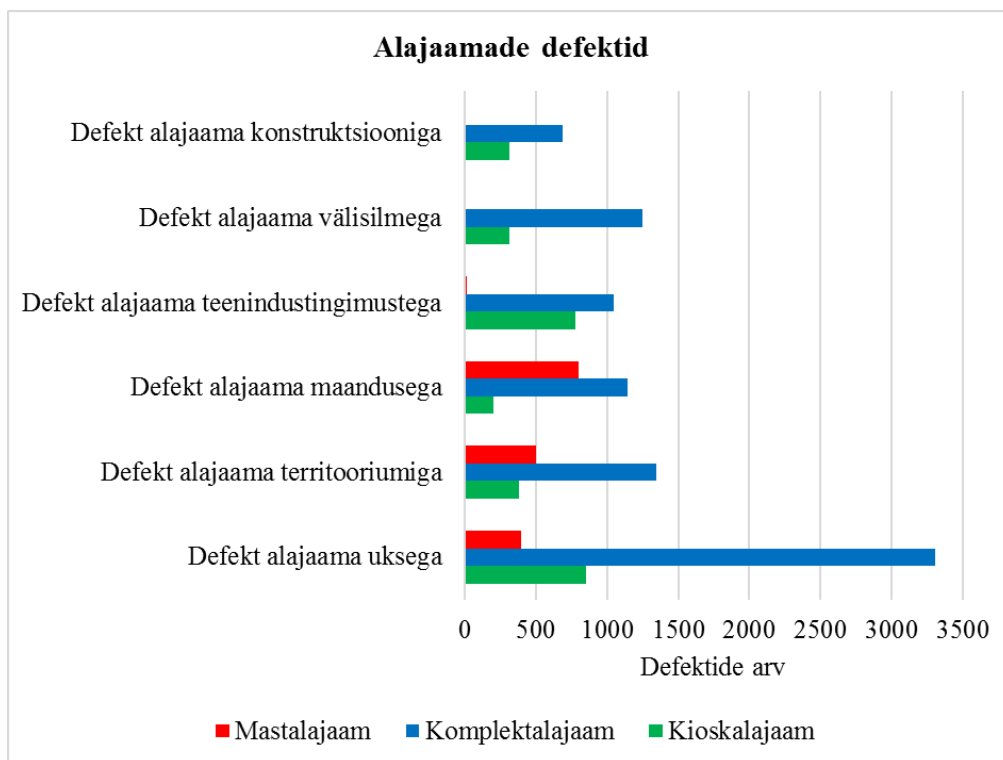
15 kV primaarpingega trafodega on seotud üle 1800 defekti mis moodustab kõikide trafode defektide koguarvust ligikaudu 21%. 15 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad poole defektid trafo isolaatoritega. Algandmetest selgub, et suurem enamus defektsetest isolaatoritest on mustunud isolaatorid, vähesel määral esineb ka pragunenud, katkiseid või ülelöögi jälgedega isolaatoreid. 34% 15 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad defektid trafo õliga. Defektid trafo õliga võivad olla olukorrad kus trafo õlitase on alla normi või on õlinäidikud mustunud ning õlitaset ei ole võimalik määrata või kui trafo lekib õli. 15 kV primaarpingega trafode õliga seotud defektid koosnevad 60% ulatuses trafodest kus õlinäidik on mustunud ning õlitaset pole võimalik kontrollida ja 40% ulatuses trafodest mille õlitase on kindlalt alla normaaltasandi. Neljal protsendil 15 kV primaarpingega trafodest asub trafol kõrvaline ese mis vajab eemaldamist. Algandmetes pole täpsustatud millised võiksid trafol olevad kõrvalised esemed olla ning kuidas nad sinna saanud on. Seitse protsenti kõikidest 15 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad defektid trafo välise seisukorraga. Defektse trafo välise seisukorra all peetakse silmas kas roostetanud või tugevasti määrdunud trafosid või liigselt tolmunud trafosid. Kolm protsenti kõikidest 15 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad defektid trafo maandusega, see tähendab et kolmel protsendil antud trafodest ei ole trafo kaas nõuetekohaselt maandatud.

10 kV primaarpingega trafodega on seotud üle 6100 defekti mis moodustab kõikide trafode defektide koguarvust ligikaudu 72%. 10 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad defektid trafo õliga ligikaudu pooled. Defektid trafo õliga jaotuvad 10 kV primaarpingega trafode puhul sarnaselt 15 kV primaarpingega trafodele ning õli lekkivate trafode arv võrreldes kõikide defektsete trafode arvuga on kaduvväikene. Kõikidest 10 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad defektsed isolaatorid 34% millest kaks protsenti on katkised või pragunenud isolaatorid, üks protsent ülelöögijälgedega isolaatorid ja ülejäänud lihtsalt mustunud isolaatorid. Üheksa protsenti defektsetest trafodest omavad endal kõrvalist eset, kuid nende olemust ega päritolu pole täpsustatud. Kuus protsenti 10 kV trafode defektidest moodustavad defektid trafo välise seisukorraga, neist 25% on kas roostetanud või tugevasti määrdunud ning 75% lihtsalt liigselt tolmunud. Poolteist protsenti 10 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad probleemid trafo maandusega, kus trafo kaas pole nõuetekohaselt maandatud.

6 kV primaarpingega trafodega on seotud üle 500 defekti mis moodustab kõikide trafode defektide koguarvust ligikaudu 6,5%. 6 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad üle poole defektid trafo õliga. Sarnaselt teiste primaarpingetega trafodele on ka 6 kV primaarpingega trafodel mustunud õlinäidikuga trafod mille õlitase pole võimalik määrata ning trafod õliga alla normaaltaseme, samas leidub ka üksikuid trafosid millel on probleeme otseselt õli lekkega. 34% kõikidest 6 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad defektid trafode isolaatoritega, neist valdav osa enamus on mustunud kuid leidub ka üksikuid pragunenud isolaatoritega trafosid. Üheksal protsendil nimetatud trafode defektidest on seotud kõrvalise eseme paiknemisega trafol. Kuus protsenti 6 kV primaarpingega trafode defektidest moodustavad probleemid trafode välise seisukorraga, neist seitse protsenti on roostetanud või tugevasti määrdunud ning 93% liialt tolmunud. 1,6% kõigist 6 kV primaarpingega trafode defektidest on seotud nõuetekohaselt maandamata trafo kaantega.

## **2.6. Alajaamade defektid**

Kõikide alajaamadega on seotud ligikaudu 15 000 defekti kuid käesolevas uuringus on eemaldatud defektid mis on seotud alajaamade tähistustega. Valimisse kuulub üle 13 000 defekti kuid kuna algandmetes pole piisavalt informatsiooni jaotusalajaamade ja hoones asetsevate alajaamade defektide kohta, vaadeldakse alajaamade defekte ainult mastalajaamade, komplektalajaamade ning kioskalajaamade lõikes. Alajaamadega seotud defektide jaotust on kuvatud joonisel 2.6.



**Joonis 31. Alajaamade defektid**

Mastalajaamadega seotud defektide arv moodustab kõikide alajaamade defektide koguarvust ligikaudu 13%. Mastalajaamade puhul on suurimaks probleemiks defektid alajaama maandusega mis moodustavad 46% kõikidest mastalajaamade defektidest. Mastalajaama maandusega seotud defektid jagunevad kolmeks täpsustavaks defektirühmaks, nendeks on maandamata konksud ja/või traaversid osakaaluga 13%, maandamata trafo korpus osakaaluga 66% ning puuduliku ühendusega maandus osakaaluga 21%. Mastalajaamadega seotud defektidest 30% on seotud alajaama territooriumiga, mille all mastalajaamade puhul mõeldakse liigselt kõrge heina ja võsa olemasolu trafo läheduses. Mastalajaamadega seotud defektidest on 23% seotud alajaama ustega ning kuigi mastalajaamadel puuduvad komplektalajaamadele sarnased ukсед on mastalajaamadel ustega mõõtekilbid. Kuna mastalajaama kilbid on nende lahutamatud osad, loetakse nende defektid alajaamade defektide hulka. 80% neist ustest on roostetanud ning ülejäänud 20% muu olulise puudusega. Mastalajaamade puhul on defektid alajaama teenindustingimustega, välisilmega ning konstruktsiooniga kaduvvähikesed ning ei kuulu uurimise alla

Komplektalajaamadega seotud defektide arv moodustab kõikide alajaamade defektide arvust 65%. Enim defekte esineb komplektalajaamade ustega, mille defektide koguarv moodustab komplektalajaamade kõikidest defektidest 37%. Defektsetest komplektalajaamade ustest 84% on roostetanud ning ülejäänud 16% omavad mingit muud olulist puudust, mille sisu või päritolu

pole täpsustatud. 15% kõikidest komplektalajaamade defektidest on seotud alajaama territooriumist tulenevate probleemidega ning nende probleemide all mõistetakse valdavas osas hooldamata alajaama ümbrust, milleks võib olla kinni kasvanud võsa ja kõrge hein mis pärsivad alajaamale ligipääsu kuid samuti võib selle all mõelda näiteks vajumisest tulnud pinnase ebataasususi. 14% defektsetest komplektalajaamadest omavad defekte alajaama välisilmega, neist 82% on täis soditud ja 18% liialt mustunud või räämas. 13% kõikidest defektsetest komplektalajaamadest on defektse maanduspaigaldisega, neist 86% on maandamata madalpinge väljaviiguga ning 14% on puuduliku maanduskontuuri ühendusega kus juhistik on roostetanud või kiud lahti. 12% defektsetest komplektalajaamadest omab probleeme alajaama teenindustingimustega. Alajaama teenindustingimused kujutavad endas erinevaid toetavaid funktsioone nagu näiteks alajaama valgustus, küte, juurdepääs või teenindusplatvorm ja redel. Komplektalajaamade puhul moodustab teenindustingimuste defektidest 45% mitte töötav valgustus, 45% erinevad võõrasesemed alajaamas ning kaheksal protsendil puudub teenindusplatvorm või redel. 7,8% komplektalajaamade defektidest moodustavad defektid alajaama konstruktsiooniga, millest omakorda 90% moodustavad veel rahuldava seisukorraga konstruktsioonid millel on pisivead ning 10% moodustavad halvas seisukorras alajaamakonstruktsioonid mis võivad juba põhjustada katkestusi.

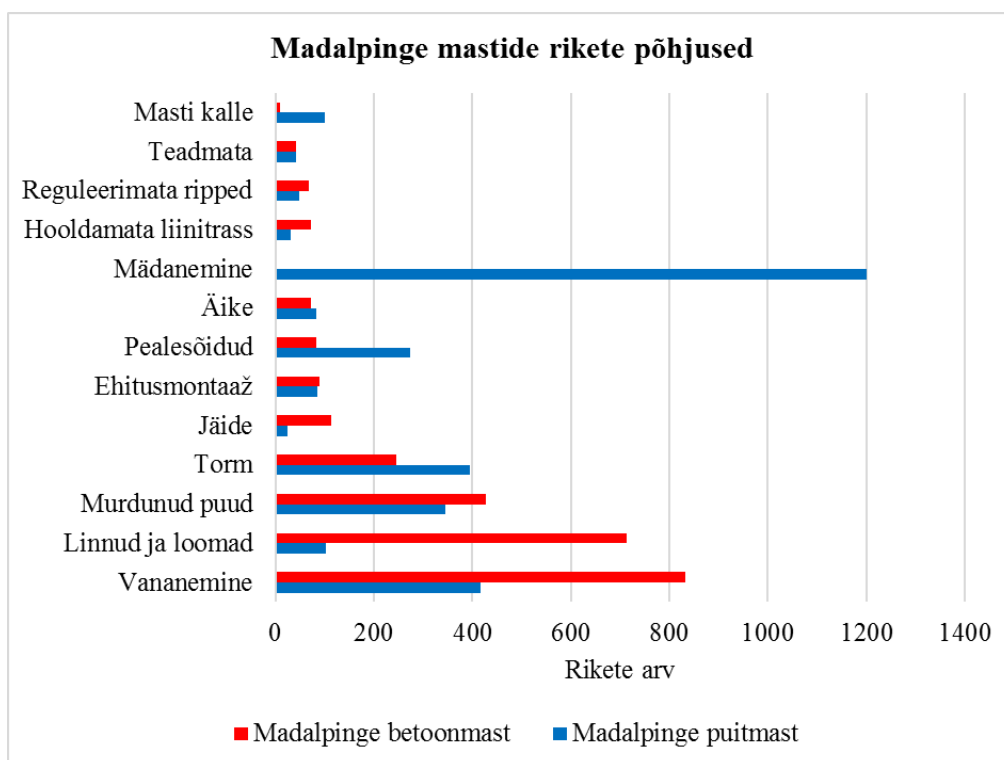
Kioskalajaamadega seotud defektide arv moodustab kõikide alajaamade defektide koguarvust ligikaudu 21%. Kioskalajaamade puhul on suurimaks probleemiks defektid alajaama ustega mis moodustavad 30% kõikidest kioskalajaamade defektidest. Defektsetest kioskalajaamade udest 79% on liialt roostetanud ning ülejäänud 21% omavad mingit muud olulist puudust, mille sisu või päritolu pole täpsustatud. 27% defektsetest kioskalajaamadest omab probleeme alajaama teenindustingimustega. Kioskalajaamade puhul moodustavad teenindustingimuste defektidest 71% mittetöötavad valgustid ja 29% erinevad võõrasesemed alajaamas. Kioskalajaamadega seotud defektidest 13% on seotud alajaama territooriumiga, mille all kioskalajaamade puhul mõeldakse liigselt kõrge heina ja võsa olemasolu alajaama läheduses.. 11% defektsetest kioskalajaamadest omavad defekte alajaama välisilmega, neist 80% on lihtsalt täis soditud ja 20% neist on liialt mustunud või räämas. 10% kioskalajaamade defektidest moodustavad defektid alajaama konstruktsiooniga, millest omakorda 74% moodustavad veel rahuldava seisukorraga konstruktsioonid millel on pisivead ning 26% moodustavad halvas seisukorras alajaamakonstruktsioonid mis võivad juba põhjustada katkestusi. Kioskalajaama maandusega seotud defektid moodustavad kõikidest kioskalajaamade defektidest seitse protsenti ning täpsustatult koosnevad kogu ulatuses maandamata väljaviikudest.

### 3. Rikete ülevaade

Rikete ülevaates uuritakse liinidega, mastidega, trafodega ning alajaamadega seotud rikkeid ning nende põhjuseid. Uurimise käigus leitakse erinevate varagruppide lõikes võrguvaradega seotud rikete koguarvud, nende osakaalud ja mõnel juhul ka täpsustused.

#### 3.1. Rikked madalpinge mastidega

Madalpinge mastidega seotud rikete koguarv on 5921 ning nende jaotust erinevate põhjuste vahel on kuvatud joonisel 3.1.



Joonis 32.1. Rikked madalpinge mastidega

Madalpinge raudbetoonmastidega on seotud 2770 riket ning nad moodustavad kõikidest madalpinge mastidega toimunud riketest 46,8% Madalpinge raudbetoonmastidega seotud rikete põhjustest populaarseimaks on masti vananemisest tulenevad puudused. Madalpinge mastide vananemisest tulenevad puudused mis põhjustavad rikkeid on näiteks sidemete katkemine, kontaktühenduste vigastumine ja probleemid isolaatoritega. Vananemisest tingitud rikked moodustavad madalpinge raudbetoonmastide rikete koguarvust ligikaudu 30%. Järgmiseks suurimaks rikete põhjustajaks madalpinge raudbetoonmastide puhul on lindude ja loomade tegevused mastil. Alandmetest lähtuvalt on suur osa lindude ja loomade tegevusest mastidel lõppenud mööduva lühisega, isolatsiooni ülelöögiga ja kokku puutuvate liinijuhtmetega.

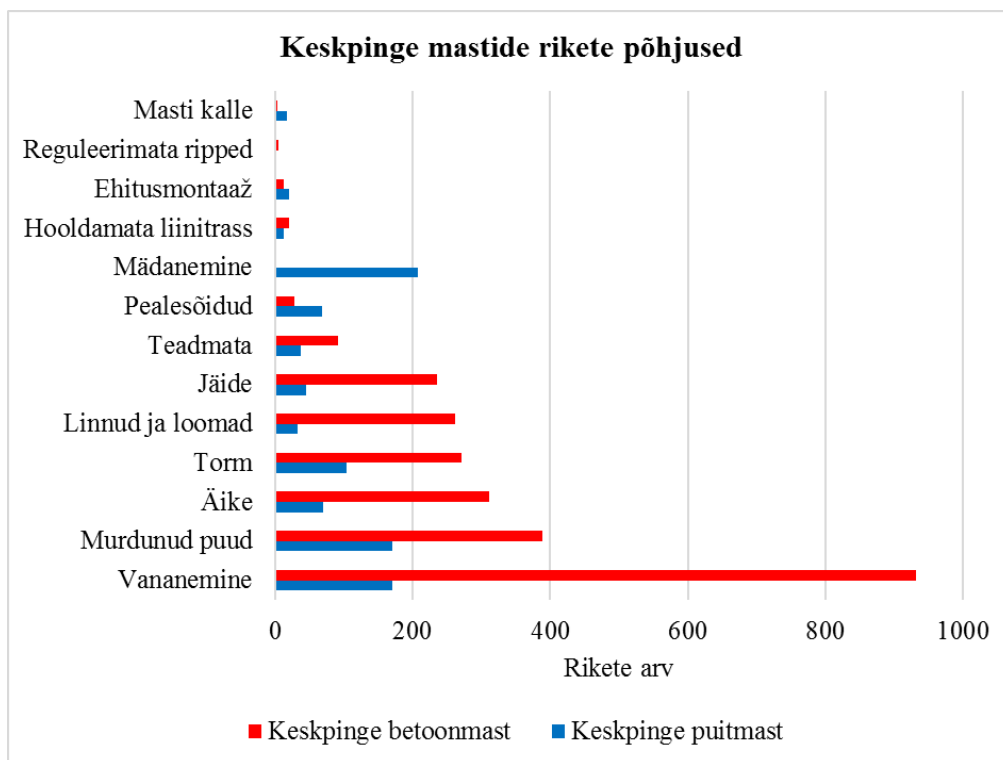
Lindude ja loomade tegevusega seotud rikked madalpinge raubetoonmastil moodustavad kõikidest madalpinge raubetoonmastide rikestest ligikaudu 26%. Järgmiseks suurimaks rikete põhjuste rühmaks madalpinge raubetoonmastide puhul on puude murdumine mis moodustab kõikidest madalpinge raubetoonmastide rikestest 15%. Murdunud puud võivad kukkuda nii liinide peale kui ka mastide peale ning nad põhjustavad eelkõige mastide kaldumist ning murdumist, sidemete katkemisi, isolaatori konksude välja tulemist kui ka juhtmete katkemisi. Madalpinge raubetoonmastidega seotud rikestest üheksa protsenti moodustavad tormist tingitud põhjused ning tormide ajal on mastides katkenud sidemeid ja maste ka murdunud või kaldunud. Neli protsenti madalpinge raubetoonmastide rikestest on põhjustatud jäitest ning üle kolme protsenti rikestest on põhjustatud ehitusmontaažist. Vähem kui kolm protsenti madalpinge raubetoonmastide rikestest on põhjustatud pealesõitudest, äikesest, hooldamata liinitrassist, reguleerimata ripetest või masti kaldest. Ligikaudu pooleteisel protsendil madalpinge raubetoonmastide rikestel on põhjus teadmata.

Madalpinge puitmastidega on seotud 3151 riket ning nad moodustavad kõikidest madalpinge mastide rikestest 53,2%. Suurimaks rikete põhjustajaks madalpinge puitmastide puhul on masti mädanemine mis moodustab kõikidest madalpinge puitmastide rikete põhjustest ligikaudu 38%. Järgmiseks suurimaks rikete põhjustajaks madalpinge puitmastide korral on masti vananemine, mis moodustab ligikaudu 13% kõikidest madalpinge puitmastide rikestest. Tormist ja murdunud puudest tingitud rikked madalpinge puitmastidega moodustavad vastavalt 12,7% ja 11% kõikidest madalpinge puitmastide rikestest. Pealesõitudest ning lindude ja loomade tegevusega seotuid rikkeid on madalpinge puitmastidega vastavalt 8,7% ja 3,2%. Ka masti kaldest põhjustatud rikkeid on kõikidest madalpinge puitmastidega seotud rikestest 3,2%. Vähem kui kolm protsenti kõikidest madalpinge puitmastide rikestest on põhjustatud ehitusmontaažist, äikesest, reguleerimata ripetest, hooldamata liinitrassist või jäitest. Madalpinge puitmastidega seotud rikete koguarvust on ligikaudu poolteisel protsendil teadmata põhjustaja.

### **3.2. Rikked keskpinge mastidega**

Keskpinge mastidega on toimunud 3516 riket ning need moodustavad 37,3% kõikidest mastidega seotud rikestest. Keskpinge mastidega toimunud rikete jagunemist erinevate põhjuste rühmadesse on kujutaud joonisel 3.2.





**Joonis 33.2. Rikked keskpinge mastidega**

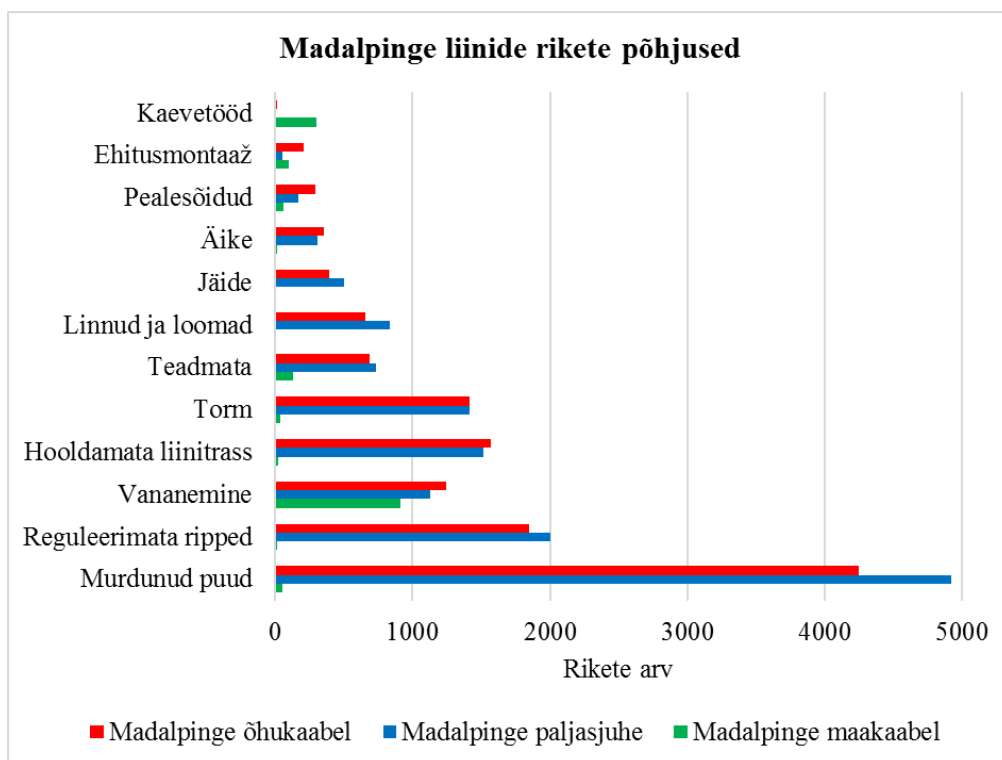
Keskpinge raudbetoonmastidega on toimunud 2560 riket ning need moodustavad kõikidest keskpinge mastide riketest 72,8%. Suurimaks keskpinge raudbetoonmastide rikete põhjuseks on masti vananemine mis moodustab kõikidest raudbetoonmastidega toimunud riketest ligikaudu 36%. Järgmiseks suurimaks rikete põhjustajaks on murdunud puud mis moodustavad 15% kõikidest keskpinge raudbetoonmastide riketest. Äikesest ning tormidest põhjustatud rikked moodustavad keskpinge raudbetoonmastide riketest vastavalt 12% ja 11%. Keskpinge raudbetoonmastidega toimunud riketest on lindude ja loomade tegevusest ja jäitest põhjustatud vastavalt 10% ning 9%. Keskpinge raudbetoonmastidega toimunud rikked mille põhjus on teadmata, moodustavad kõikidest keskpinge raudbetoonmastide riketest 3,6%. Alla kolme protsendi moodustavad keskpinge raudbetoonmastide riketest nii pealesõitudest, hooldamata liinitrassidest, ehitusmontaažidest, reguleerimata ripetest kui ka masti kaldest põhjustatud rikked.

Keskpinge puitmastidega on toimunud 956 riket ning need moodustavad kõikidest keskpinge mastide riketest 27,2%. Suurimaks keskpinge puitmastide rikete põhjuseks on algandmetest lähtuvalt masti mädanemine mis moodustab kõikidest keskpinge puitmastide riketest 21,7%. 17,8% kõikidest keskpinge puitmastide rikete põhjustest moodustavad mõlemad nii mastide vananemine kui ka puude murdumine. Keskpinge puitmastide puhul on tormidest ning äikesest põhjustatud rikkeid esinenud vastavalt 10,8% ja 7,3% korral kõikidest keskpinge puitmastidega

esinenud riketest. Pealesõitudest ning jäitest põhjustatud rikkeid on toimunud vastavalt seitsmel protsendil ja viiel protsendil keskpinge puitmastide rikete korral. Neli protsenti kõikidest keskpinge puitmastide rikestest on teadma põhjusega. Alla kolme protsenti kõikidest keskpinge puitmastide rikestest moodustavad lindude ja loomade tegevusest, ehitusmontaažist, masti kaldest, hooldamata liinitrassist ning a reguleerimata ripetest tingitud põhjused.

### 3.3. Rikked madalpinge liinidega

Madalpinge liinidega on seotud 28 227 riket ning neist 48,2% on toimunud madalpinge paljasjuhtmetega, 45,8% on toimunud madalpinge õhukaablitega ja 6% neist on toimunud madalpinge maakaabluga. Madalpinge liinidega seotud rikete jaotust erinevate põhjuste kaupa on kirjeldatud joonisel 3.3.



Joonis 34.3. Rikked madalpinge liinidega

Madalpinge paljasjuhtmetega on seotud 13 597 riket, moodustades kõikidest madalpinge liinide rikestest 48,2%. Suurimaks madalpinge paljasjuhtmetega seotud rikete põhjuste rühmaks on murdunud puud mis moodustavad ligikaudu 36% kõikidest madalpinge paljasjuhtmete rikestest. Järgmiseks suurimaks rikete põhjuste rühmaks on reguleerimata ripped mis moodustavad kõikidest madalpinge paljasjuhtmete rikestest 14,7%. Hooldamata liinitrassidest ning tormidest tingitud rikked moodustavad vastavalt 11,1% ja 10,4% kõikidest madalpinge paljasjuhtmetega toimunud rikestest. Liinide vananemist on toodud rikete põhjuseks madalpinge paljasjuhtmete

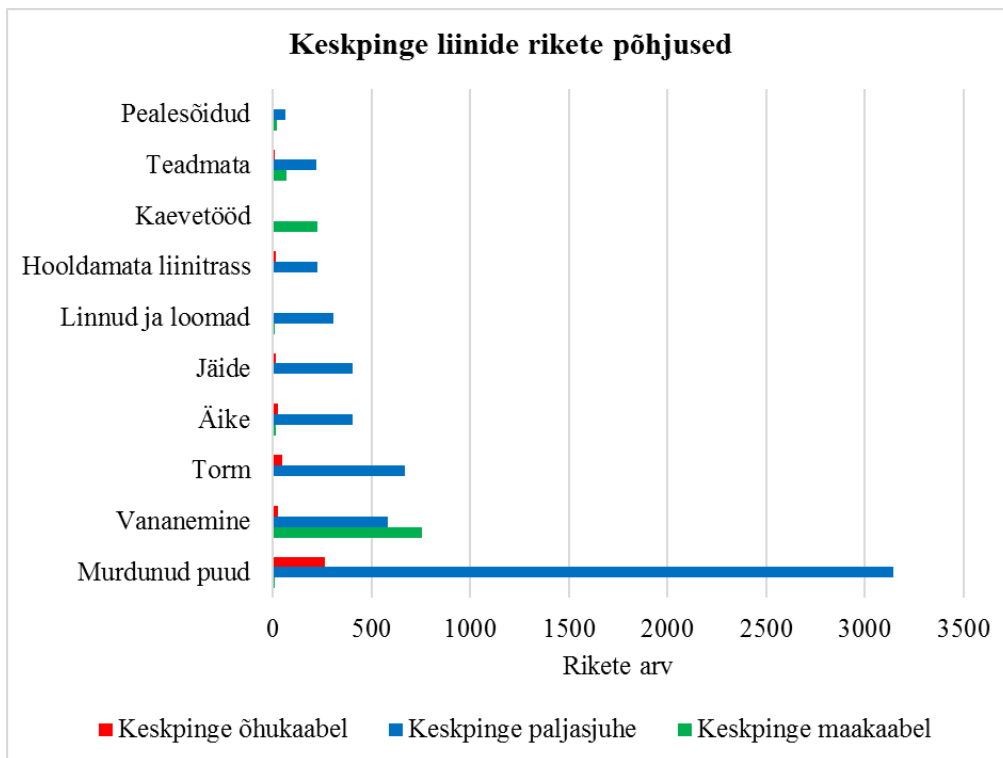
korral 8,3% juhtudest. Lindude ja loomade tegevusest põhjustatud rikked moodustavad 6,1% kõikidest madalpinge paljasjuhtmetega toimunud rikestest. Teadmata põhjusega rikked mis on seotud madalpinge paljasjuhtmetega moodustavad 5,4% kõikidest madalpinge paljasjuhtmetega seotud rikestest. Alla viie protsendi kõikidest madalpinge paljasjuhtmete rikestest on põhjustatud jäitest, äikesest, pealesõitudest ja ka ehitusmontaažist tulenevatest põhjustest.

Madalpinge õhukaablitega on seotud 12 946 riket mis moodustavad kõikidest madalpinge liinide rikestest 45,8%. Madalpinge õhukaabli rikete põhjuste jaotus on väga sarnane madalpinge paljasjuhtmete rikete jaotusele. Suurimaks rikete põhjustajaks madalpinge õhukaablite puhul on murdunud puud mis moodustavad 32,8% kõikidest madalpinge õhukaabli rikestest. Suuruselt järgmine põhjuste rühm on reguleerimata ripped mis moodustavad kõikidest madalpinge õhukaabli rikestest 14,3%. Hooldamata liinitrassidest ja tormidest tingitud rikked moodustavad madalpinge õhukaablite rikete koguarvudest vastavalt 12,1% ja 10,9%. Vananemisest tingitud rikked ja lindude ning loomade tegevusest tingitud rikked moodustavad kõikidest madalpinge õhukaablite rikestest vastavalt 9,6% ja 5,1%. Madalpinge õhukaablitega seotud rikestest on teadmata põhjusega 5,3% rikestest. Alla viie protsendi kõikidest madalpinge õhukaabli rikestest moodustavad jäitest, äikesest, pealesõitudest ja ka ehitusmontaažist tingitud põhjused.

Madalpinge maakaablitega on seotud 1684 riket mis moodustavad kõikidest madalpinge liinide rikestest 6%. Kõige suuremaks madalpinge maakaablite rikete põhjuste rühmaks on vananemine, mille tõttu on toimunud 54% kõikidest madalpinge maakaablite rikestest. 18% madalpinge maakaabli rikestest on põhjustatud kaevetöödega seotud tegevustest. Madalpinge maakaabli rikete puhul on 7,8% rikestest teadmata põhjusega ning 6,2% rikestest põhjustatud ehitusmontaažist. . Alla viie protsendi kõikidest madalpinge maakaablite rikestest moodustavad pealesõitudest, murdunud puudest, tormidest ja äikesest tingitud põhjused.

### **3.4. Rikked keskpinge liinidega**

Keskpinge liinidega on seotud 7532 riket ning neist 79,9% on toimunud keskpinge paljasjuhtmetega, 14,8% on toimunud keskpinge maakaablitega ja 5,3% neist on toimunud keskpinge õhukaablitega. Keskpinge liinidega seotud rikete jaotust erinevate põhjuste lõikes on kirjeldatud joonisel 3.4.



**Joonis 35.4. Rikked keskpinge liinidega**

Keskpinge paljasjuhtmetega toimunud rikked moodustavad kõikidest keskpinge liinidega seotud riketest ligikaudu 79,9%. Suurimateks rikete põhjuste rühmadeks keskpinge paljasjuhtmete puhul on murdunud puud ja tormid mis moodustavad vastavalt ligikaudu 52% ja 11% kõikidest keskpinge paljasjuhtmete rikete põhjustest. Vananemisest tingitud rikked moodustavad 9,6% kõikidest keskpinge paljasjuhtmete riketest ning jäitest tingitud rikked moodustavad 6,7% kõikidest keskpinge paljasjuhtmete riketest. Äikesest on samuti tingitud ligikaudu 6,7% kõikidest keskpinge paljasjuhtmete riketest. Viis protsenti kõikidest keskpinge paljasjuhtmete riketest moodustavad rikked mis on tingitud lindude ja loomad tegevuse tagajärgedest. Alla viie protsendi keskpinge paljasjuhtmete riketest moodustavad rikked mis on tingitud hooldamata liinitrassidest, pealesõitudest või teadmata põhjustest.

Keskpinge maakaablitega toimunud rikked moodustavad kõikidest keskpinge liinidega seotud riketest ligikaudu 14,8%. Suurimateks rikete põhjuste rühmadeks keskpinge maakaablite puhul on vananemine ja kaevetööd mis moodustavad vastavalt ligikaudu 67,7% ja 20,3% kõikidest keskpinge maakaablite rikete põhjustest. Teadmata põhjustest tingitud rikked moodustavad kuus protsenti kõikidest keskpinge maakaablite riketest. Ülejäänud rikete võimalikud põhjused moodustavad keskpinge maakaablite puhul võrreldes teiste keskpinge liinivaragruppide riketega, kaduvväikese osa ning nende jaotust täpsemalt ei vaadelda.

Keskpinge õhukaablitega seotud rikete koguarv moodustab keskpinge liinide rikete koguarvust 5,3% ning nende rikete põhjused jagunevad eelkõige 65% ulatuses murdunud puudest ja 11% ulatuses tormidest tingitud rikeks. Keskpinge õhukaablite puhul on nendega seotud rikestest 6,5% tingitud vananemisest ja kuus protsenti rikestest tingitud äikesest. Vähem kui viis protsenti keskpinge õhukaabli rikestest on põhjustatud hooldamata liinitrassidest, lindude ja loomade tegevustest ja ka teadmata põhjustest.

### **3.5. Rikked trafodega ja alajaamadega**

Algandmetes eksisteerib järelduste ja seoste loomiseks piisavalt rikete informatsiooni vaid 10 kV primaarpingega ja 15 kV primaarpingega trafodega. 10 kV ja 15 kV primaarpingega trafodega on kokku seotud 781 rike ning 10 kV primaarpingega trafodega on neist rikestest seotud ligikaudu 77% rikestest ja 15 kV primaarpingega trafodega on neist rikestest seotud ligikaudu 23% rikestest. Mõlemate primaarpingetega trafode puhul on kaheks suurimaks rikete põhjustajateks äikesest tingitud tagajärjed ja vananemisest tingitud tagajärjed mis moodustavad kokku vastavalt 28,5% ja 24,5% kõikidest trafodega seotud rikestest. Mõlema primaarpingega trafode puhul on märkimisväärsel hulgal toimunud rikkeid ka lindude ja loomade tegevuse tagajärgedel. Eelnevalt nimetatud rikete põhjustega võrreldes küll vähemal määral kuid siiski tähelepanuväärsel osal rikestest on põhjuseks märgitud sihilikud kahjustused ja ülepinge ning ülekoormusega seotud riked. Nii sihilikud kahjustused kui ka ülepinge ja ülekoormusega seotud riked moodustavad iga üks alla viie protsendi kõikidest trafodega seotud rikestest.

Trafodega seotud rikete põhjuste puhul on mõningatel juhtudel ka eraldi välja toodud täpsustavad asjaolud. Äikese ja vananemisega seotud rikete põhjustel on täpsustuseks lisatud, et tegu on trafo vigastumisega. Lindude ja loomade tegevusega seotud rikete põhjuste täpsustuseks on lisatud, et reeglina rakendub seetõttu trafo sulavkaitse ning trafoga ei pruugi vigastust kaasneda. Sihilike kahjustuste puhul on üldjuhul tegu olnud vargustega.

Alajaamadega seotud rikete informatsiooni eksisteerib järelduste ja seoste loomiseks piisavalt vaid komplektalajaamadega ja mastalajaamadega. Komplektalajaamadega ja mastalajaamadega on seotud 550 rike, millest komplektalajaamadega on seotud ligikaudu 67% ja mastalajaamadega vastavalt 33% rikestest. Komplektalajaamade puhul on suurimateks rikete põhjuste rühmaks vananemine, sellele järgnevad äike, tormid ja sihilikud kahjustused. Mastalajaamade puhul on suurimaks rikete põhjuste rühmaks äike, sellel järgnevad vananemine, lindude ja loomade tegevused ja tormid.

Alajaamadega seotud rikete põhjuste puhul on mõningatel juhtudel samuti eraldi välja toodud täpsustavad asjaolud. Vananemisega ja äikesega seotud rikete põhjustel on täpsustuseks lisatud, et tegu on eelkõige isolaatorite purunemistega ja isolatsiooni ülelöökidega. Ka tormidest põhjustatud rikete ning lindude ja loomade tegevustest põhjustatud rikete täpsustuseks on lisatud, et reeglina toimuvad seetõttu isolatsioonide ülelöögid

## 4. Defektide ja rikete seosed

Defektide ja rikete vahelisi seoseid uuritakse võrreldes kindla varagrupi elementide kõige tähelepanuväärsemaid defekte ja rikete põhjuseid. Arvatakse, et kui ühe varagrupi puhul on näiteks defektide esikolmikus esindatud sellised defektid mis võiksid olla selle sama varagrupi rikete põhjuste esikolmiku mõnele põhjusele eelduseks, siis on märgitud defektide ja toimunud rikete vahel seos. Vajadusel kirjeldatakse defektide ja rikete juures ka varagrupi vanuselist seisukorda.

### 4.1. Madalpinge

Madalpinge puitmaste on ligikaudu 225 000 ning nendega on seotud ligikaudu 50 000 defekti, mistõttu on ligikaudu iga viies mast defektne. Madalpinge mastidega on kokku seotud ligikaudu 3100 riket, nende võrdsel jagunemisel kõikide mastide vahel oleks ligikaudu iga 77. mast põhjustanud ühe rikke. Madalpinge puitmastide defektide jaotusest ilmneb, et kolm suuremat defektide rühma on seotud masti tipuga, masti tugevusega ja lindude ja loomade tegevusega kuid 52% defektidest on seotud masti tipuga ja 14% masti tugevusega, millest mõlemad neist on täpsustatult seotud puitmasti mädanemisega. Madalpinge puitmastidega seotud rikete arv on ligikaudu 3100 ning rikete põhjused on defektidega väga sarnased, neist kolm suurimat on mädanemisest, vananemisest ja tormist tingitud põhjused. Kusjuures tormist tingitud rikke põhjused on enamasti põhjustatud masti murumisest ning kas või osaliselt mädanenud mastid murduvad tõenäoliselt kergemini kui mitte mädanenud mastid. Kuna madalpinge puitmastide suurimad defektide rühmad on kas osaliselt või täielikult seotud kolme suurima rikete põhjuste rühmaga, võib väita, et madalpinge puitmastide puhul on enamus rikestest toimunud defektsete mastidega. Võttes eelduseks, et mädanenud mastide puhul on pigem tegu vanemate kui nooremate mastidega, arvestame madalpinge puitmastidega mis on vanemad kui kolmkümmend aastat. Lähtuvalt allikatena kasutatud materjalidest hinnatakse immutatud puitmastide elueaks 30 kuni 40 aastat kuid osa ettevõtteid julgevad immutatud puitpostidele pakkuda kuni 25 aastast garantiid. [16] Vanemaid maste kui kolmkümmend aastat on kokku ligikaudu 75 000. Oletades, et kõik mädanemisest ja vananemisest põhjustatud rikked toimusid ainult nimetatud valimiga ja et nooremate mastidega kui kolmkümmend aastat pole mädanemisega seotud defekte märgitud saab väita, et vanematest mastidest kui 30aastat, keskmiselt iga kuueteistkümnest mast põhjustab defekti tekkimisele järgneval perioodil rikke. Madalpinge puitmastidest on 63.3% nooremad kui 20aastat, mistõttu ei ole nimetatud eelduste

põhjal lähima kümne aasta jooksul oodata mastide mädanemisest tingitud rikete hüppelist kasvu.

Madalpinge raudbetoonmastide suurimate defektirühmade ja rikete põhjuste rühmade vahel ei ole sellist vastavust nagu seda on madalpinge puitmastide puhul. Madalpinge raudbetoonmastide kolm kõige suuremat defektide rühma on masti kõrvalekalle, masti tugevus ning masti traaversi defektid. Kolmeks suurimaks rikete põhjuste rühmaks on masti vananemine, lindude ja loomade tegevus ning puude murdumine. Küll aga ilmneb teistpidine seos, teades, et suuruselt kolmas rikete põhjustaja madalpinge raudbetoonmastide puhul on puude murdumine mastile või mastiga ühendatud liinidele ning suuruselt esimene defektirühm madalpinge raudbetoonmastide puhul on masti kõrvalekalle võib järeldada, et näiteks tänu hooldamata liinitassile tekib raudbetoonmastide puhul tähelepanuväärne osa mastidega seotud rikestest, mis omakorda tekitab mastidele suurima osa ohtlike defekte. Madalpinge raudbetoonmastide puhul ilmneb suurim seos rikete ja mastide vanuse vahel. 31-40aastased madalpinge raudbetoonmastid moodustavad 50% kõikidest madalpinge raudbetoonmastidest ja raudbetoonmastid vanemad kui 41aastat moodustavad 38,5% kõikidest madalpinge raudbetoonmastidest. Võib väita, et ligi 90% raudbetoonmastidest on vanemapoolsed ja tekitavad oma vanusest tulenevalt enim rikkeid. Kuna madalpinge raudbetoonmaste tänapäeval enam ei paigaldata on madalpinge raudbetoonmastide arv ajas kahanev. Eeldusel, et ka olemasolevad vananevad madalpinge raudbetoonmastid vahetakse suuremas osas välja enne kui vananemisest tingitud rikked sagenema hakkavad, võib väita, et madalpinge raudbetoonmastide vananemisest tingitud rikked on ajas pigem kahanevad.

Madalpinge õhukaablite puhul on suurimateks defektide rühmadeks okste kaugus liinidest ning võsa kõrgus liinidest, moodustades kokku ligi 95% kõikidest madalpinge õhukaablitega seotud defektidest. Madalpinge õhukaablite suurimateks rikete põhjuste rühmadeks on murdunud puud, reguleerimata ripped ja hooldamata liinitrass. Suurim defektirühm okste kaugus liinidest ning suurim rikete põhjuste rühm murdunud puud illustreerivad hästi defektide ja rikete vahelist seost, sest murdunud puude all mõistetakse ka murdunud oksti ning suure tõenäosusega murduvad liinidele lähedal olevad oksad ka liinidele. Samuti leiame defektide ja rikete põhjuste rühmade esikolmikust kokku sobivad võsa kõrguse defekti ja hooldamata trassi põhjustatud rikked. Eeldusel, et valimis esindatud rikked toimusid defektsete liiniosadega võib väita, et algandmetest lähtuvalt on võimalik defektidele tuginedes mõjutada maksimaalselt kuni 46% suurust osa madalpinge õhukaabli rikestest.



Madalpinge paljasjuhtmete suurimad defektide rühmad ja rikete põhjuste rühmad on täpselt samad mis madalpinge õhukaablite puhul, erinevuseks on defektide osakaalud kus okste kauguste defektid ning võsa kõrguse defektid moodustavad kokku 82% kõikidest madalpinge õhuliinidega seotud defektidest. Eeldades olukorda, kus kõik rikked toimuvad defektseks märgitud liiniosadega võib väita, et ennetades oksade kauguste ja võsa kõrguste defekte on võimalik defektidele tuginedes mõjutada maksimaalselt kuni 47% suurust osa madalpinge paljasjuhtmete riketest.

Madalpinge maakaablite puhul puudub algandmetes piisavalt informatsiooni defektide kohta, mistõttu ei ole võimalik defektide ja rikete kõrvutamine. Madalpinge maakaablite defektide puudulikkus võib tuleneda asjaolust, et selle varagrupi puhul ei eksisteerigi sellisel kujul defekte, kuna vaatlusandmete kogumine toimub manuaalselt ning võrguvarade reaalsel ülevaatusel pole võimalik maakaableid defekteerida. Suurimateks madalpinge maakaablite rikete põhjusteks on märgitud vananemine ning kaevetööd. Kaevetööde puhul ei ole rikke põhjus kuidagi seotud kaabli omadustega või nõuetekohase hoolduse tegemata jätmisega, vaid sisuliselt on tegu õnnetustega. Vananemisest tingitud rikked saavad olla seotud ilmselt 25,6% madalpinge maakaablitega, sest vastava osa moodustavad just maakaablid mis on paigaldatud rohkem kui 21aastat tagasi.

## **4.2. Keskpinge**

Keskpinge maste on kokku paigaldatud ligikaudu 226 000 tükki ning neist 150 000 on ligikaudu raudbetoonmastid ja 75 000 on ligikaudu puitmastid. Keskpinge puitmastide vanuseline jaotus näitab, et ligikaudu kolm neljandikku kõikidest keskpinge puitmastidest on kuni kahekümne aastased. Keskpinge puitmastide puhul kuuluvad nendega seotud defektide esikolmikusse defektid masti tipuga ja defektid masti jalandiga, mõlemad defektid kirjeldavad puudusi mis tulenevad masti mädanemisest. Keskpinge puitmastide rikete põhjuste esikolmikust leiame mädanemisega ning vananemisega seotud põhjused mis oma olemuselt on suure tõenäosusega toimunud eelnimetatud defektsete mastidega. Kuna keskpinge puitmastid on suures osas enamasti nooremapoolsed võib oletada, et vananemisega seotud rikked on toimunud pigem üle kahekümne aasta vanuste mastidega, mis moodustavad ligikaudu ühe neljandiku. Eeldades olukorda, kus kõik rikked toimuvad defektseks märgitud mastidega võib väita, et ennetades keskpinge puitmastide jalandite ja tippude mädanemisega seotud defekte on võimalik defektidele tuginedes mõjutada maksimaalselt kuni 21% suurust osa keskpinge puitmastide riketest.

Keskpinge raudbetoonmastide vanuseline jaotus näitab, et üle 80% mastidest on üle kolmekümne aasta vanused ning keskpinge raudbetoonmastide rikete jaotus näitab, et suurima osa rikete põhjustest moodustavad vananemisest tingitud tegurid. Keskpinge raudbetoonmastide defektide esikolmikusse kuuluvad defektid maandusega, masti kõrvalekalle ning puudused masti tugevuse osas. Lisaks vananemisele kuuluvad keskpinge raudbetoonmastide rikete põhjuste esikolmikusse murdunud puud ning äikesest põhjustatud rikked. Masti tugevusega seotud defektid võivad viidata riketele mis on seotud murdunud puudega, sest ajapikku hapraks muutunud raudbetoonmastid võivad mastidele või liinidele langenud puude tõttu kergemini järele anda ning rikkeid põhjustada. Seos võib olla ka suurima defekti rühma, puuduliku maanduse, ning äikesest tingitud rikete vahel, sest mõlemad on esindatud keskpinge raudbetoonmastidega seotud defektide ja rikete põhjuste esikolmikus. Eeldusel, et näiteks kõik äikesest tingitud rikked on toimunud keskpinge raudbetoonmastidega millel on maanduspaigaldised puudulikud võib väita, et ennetades maandusega seotud defekte on võimalik mõjutada maksimaalselt kuni 12% riketest. Eeldusel, et näiteks kõik vananemisega seotud rikked on toimunud keskpinge raudbetoonmastidega millel on probleeme masti tugevusega võib väita, et ennetades masti tugevusega seotud defekte on võimalik mõjutada maksimaalselt kuni 36% riketest.

Keskpinge liinide puhul puudub seoste tegemiseks piisavalt informatsiooni maakaablite ning õhukaablite defektide kohta. Maakaablite kohta on küll aga teada, et suurima osa riketest põhjustavad vananemisega seotud tagajärjed ning, et üle kolmekümne aastaseid keskpinge maakaabelliinid moodustavad ligi 30%. Seetõttu võib eeldada, et asendades ligikaudu 30% keskpinge maakaabelliinidest on võimalik mõjutada maksimaalselt kuni 68% keskpinge maakaablitega toimunud riketest. Maakaabelliinide puhul moodustab 20% riketest kaevetöödest tulenevad põhjused, mistõttu pole neid rikkeid võimalik ennetada ei defektide ega vanusega seotud andmete põhjal. Keskpinge paljasjuhtmetest moodustavad ligikaudu 80% üle kolmekümne aastased liinid ning rikete põhjuste esikolmikust leitakse ka vananemisest tingitud rikete põhjused. Keskpinge paljasjuhtmete puhul toimub vananemisest tingitud rikkeid ainult 10% juhtudest ning kuna paljasjuhtmete puhul on ligikaudu 80% liinidest üle kolmekümne aasta vanused, siis ei ole mõistlik otsida esialgu lahendusi kuidas vananemisest tingitud rikkeid vähendada. Kuna kõige suurema osa keskpinge paljasjuhtmetega toimunud riketest põhjustasid murdunud puud või oksad ja keskpinge paljasjuhtmetega seotud defektide esikolmikus on esindatud defektide rühm okste kaugus visangust, siis seetõttu võib väita, et keskpinge paljasjuhtmete defektide ja rikete põhjuste vahel esineb seos. Eeldusel, et näiteks kõik

murdunud puude ja okstega seotud rikked on toimunud keskpinge paljasjuhtmetega millega on seotud defektid just okste kaugusega, võib väita, et ennetades ligikaudu 19% defektidest on võimalik mõjutada maksimaalselt kuni 52% suurust osa keskpinge paljasjuhtmete rikestest.

Alajaamadega seotud rikete põhjuste informatsiooni on algandmetest piisavalt vaid komplektalajaamade ja mastalajaamade kohta. Komplektalajaamade suurimateks rikete põhjuste rühmadeks on vananemisest tingitud rikked, äikesest ja tormidest tingitud rikked ning sihilikust kahjustamisest tingitud rikked. Komplektalajaamade suurimad defektirühmad on seotud alajaamade uste korrasolekuga, alajaama ümbritseva territooriumi korrasolekuga ning alajaamade üldise välisilmega. Komplektalajaamade defektide ning rikete põhjuste vahel ei ilmne tähelepanuväärset seost. Kuid teades, et kõige suuremad probleemid komplektalajaamade puhul on seotud uste korrasolekuga ning üks suurematest rikete põhjustest on sihilikud kahjustused, võib oletada, et kuna uste normidele mittevastav korrasolek lihtsustab alajaama pääsetavust tavainimestele, siis on ka erinevatest sihilikest kahjustustest tulenevate rikete esinemine tõenäolisem kui normidele vastavate uste puhul. Mastalajaamade suurimateks rikete põhjusteks olid äikesest tingitud rikked, vananemisest tingitud rikked ning lindude ja loomade tegevusest tingitud rikked. Mastalajaamade suurimateks defektirühmadeks on maanduspaigaldisega seotud defektid ning alajaama territooriumiga seotud defektid. Mastalajaamade puhul ilmneb, et nii defektide kui ka rikete põhjuste rühmade suurimad esindajad kirjeldavad omavahelist seost, mastalajaamadel on enim defekte maanduspaigaldistega ning enim rikkeid äikesest tingitud põhjustel. Eeldusel, et näiteks kõik äikesest põhjustatud rikked on seotud mastalajaamadega millel on probleeme maanduspaigaldistega, võib väita, et ennetades mastalajaamade maandusega seotud defekte on võimalik mõjutada mastalajaamade kõige sagedasemat rikete rühma.

Trafode puhul on defektide jaotused erinevate primaarpingete lõikes üsna sarnased. Enim defekte on seotud trafo õlitasemega ning trafoga seotud isolaatoritega. Vähemal määral kuid siiski kõikide trafode puhul esineb trafode peal, küljes või liigses läheduses kõrvalisi esemeid. 6 kV primaarpingega trafode kohta puudub piisavalt rikestega seotud informatsiooni kuid 10 kV ja 15 kV primaarpingetega trafodega toimunud rikete põhjused on väga sarnase jaotusega. Enim on toimunud rikkeid trafodega äikesest tingitud põhjustel, seejärel on enim rikkeid toimunud vananemisest tulenevatel põhjustel ning seejärel lindude ja loomade tegevusega. Trafode õlitasemega seotud probleemid on suure tõenäosusega vanemate trafode probleemiks kuna ajapikku kaotavad tihendid enda vajalikud omadused ning seejärel võivad trafode õlimahutid või ühendused hakata õli lekkima, seetõttu võib väita, et trafode defektide ja rikete põhjuste

vahel võib esineda seoseid. Ka mustunud või nõuetele mittevastavad isolaatorid võivad lihtsutada äikesest põhjustatud rikkeid ning kui tegu on trafo läbiviikudega, siis on nad kindlasti trafole ohuks. Eeldusel, et näiteks vananemisest põhjustatud rikked toimusid ainult trafodega millel on probleeme õlitasemega, võib väita, et ennetades õliga seotud defekte on võimalik maksimaalselt mõjutada kuni 24,5% trafode riketest.

# Lõputöö kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida, millises vanuses on Eesti suurima jaotusvõrgu poolt hallatavad elektriliinid, mastid, alajaamad ja trafod ning millised on nende võrguvaradega kõige sagedamini seotud defektid ja kõige sagedamini seotud rikete põhjused. Lisaks uuriti võimalikke seoseid kõige sagedamini seotud defektide ja kõige sagedamini seotud rikete põhjuste vahel. Uurimise käigus vaadeldi kõikide võrguvarade puhul andmete jaotust elektriliinide, mastide, alajaamade ja trafode tüüpide lõikes eraldi.

Uurimise koostamise vajadus seisnes selles, et anda konkreetse suunitlusega ajakohane ülevaade ligi poolt miljonit klienti teenindava elektrijaotusvõrgu kohta. Seoses suurte investeerimismahtudega on käesoleva töö tulemustega võimalik tulevikus võrrelda võrguvaradega toimunud muutusi oluliselt lihtsamini. Uurimise koostamise teine vajadus seisnes selles, et anda ülevaade võrguvaradega toimunud rikete põhjustest ning seotud defektidest nii, et nende võrdlemisel oleks võimalik järeldada kas defektide ja rikete vahel võivad olla järeldatavad seosed ning kas defektide ja rikete seoste uurimine vajaks suuremat tähelepanu ja edasist uurimist. Koostatud töö annab ajakohase ülevaate võrguvarade vanusest, rikete põhjuste ja defektide sagedustest ning pakub vanusega, defektidega, rikete põhjustega ja kahe viimase omavaheliste seostega seotud sisendandmeid edaspidisteks uuringuteks. Käesolevas töös sisalduvate analüüsidega on ettevõttes sarnaseid või analoogseid analüüse eelnevalt küll koostatud, kuid tegu on olnud konkreetsete ja jooksvate probleemide lahendamisega. Käesolev töö annab statistilise ülevaate võrguvaradest üldiselt ning uurib lisaks teoreetilisi kasu saamise piire mida oleks võimalik defektide ja rikete seoste uurimisega saavutada. Käesolevat tööd iseloomustab detailsem võrguvarade vanuseline jaotus ning riketega ja defektidega seotud andmete tehnilisem analüüs.

Magistritöö tulemustest selgub, et madalpinge liinidest üle poolte moodustavad liinid mis on paigaldatud viimase kahekümne aasta jooksul ning seetõttu on madalpinge liinide varagrupp nooremajaline. Madalpinge paljasjuhtmete ja õhukaablite kulumi normiks on määratud vastavalt 35 aastat ja madalpinge maakaablite kulumi normiks on määratud 45 aastat, seetõttu on vähemalt 66% madalpinge liinidest neile normatiivselt määratud eluea piirides. Kuigi madalpinge liinide vanused on üleüldiselt nooremajalised, siis madalpinge paljasjuhtmete puhul moodustavad üle 31 aastased liinid 86% ning on seetõttu ühtlasi kas juba üle nende määratud eluea või sellele lähemal kui neli aastat. Madalpinge maakaablitega on olukord vastupidine, ligi 75% madalpinge maakaablitest on nooremad kui 20aastat ning seetõttu on

suuremal osal eluea lõpuni veel rohkem kui 25 aastat aega. Madalpinge õhukaabli puhul on tegu võrguvaraga mida on kasutatud ainult viimase 20 aasta jooksul, seetõttu on terve varagrupp nooremapoolne ning eluea ületamise probleemi lähiajal nendega ei teki. Madalpinge mastide puhul võib väita, et raudbetoonmastid on pigem vanemapoolsed ning puitmastid pigem nooremapoolsed, sellest tulenevalt on puitmastidega vähem probleeme kuna üle 60% neist on kuni 20aastased ja neile määratud kulumi norm on 35 aastat. Madalpinge raudbetoonmastide puhul on seevastu ligikaudu 90% mastidest üle 31 aasta vanused ja kas oma määratud eluea juba ületanud või selle ületamisele väga lähedal. Keskpinge õhuliinide kulumi normiks on määratud 40 aastat ning maakaablite kulumi normiks on määratud 45 aastat. Keskpinge liinide puhul on üle 31 aastaseid liine ligikaudu 60%, mistõttu võib väita, et tegu on pigem vanemapoolse varagrupiga. Keskpinge maakaablitega pole ilmselt lähitulevikus probleeme, sest ligikaudu pooled neist on kuni kümne aastased ning seetõttu oma eluea lõpust väga kaugel. Keskpinge paljasjuhtmed on vanuselise vaatest väga probleemsed, kuna üle 31aastaseid liine on ligikaudu 80% ning paljud neist liinidest on juba oma eluea ületanud. Keskpinge õhukaablid on täies ulatuses nooremapoolsed kuna sisuliselt on kõik paigaldatud liinid nooremad kui 20 aastat ning nende kulumi normiks on märgitud 40 aastat. Keskpinge mastide elueaks on määratud 40 aastat ning puitmastidega on olukord väga hea kuna ligikaudu 75% neist on nooremad kui 20 aastat. Keskpinge raudbetoonmastidega on olukord üsna kriitiline kuna mastid mis on vanemad kui 31 aastat, moodustavad kokku üle 80% ning neist suur osa ületab lähima üheksa aasta jooksul endale määratud eluea. Alajaamade puhul on vanuseline jaotus pigem hea, sest ligi 60% kõikidest alajaamadest on kuni kahekümne aasta vanused ning nendele määratud kulumi normi järgi on eluea lõpuni aega veel vähemal 20 aastat. Vanemaid alajaamasid esineb pigem hoones asuvate alajaamade, jaotusalajaamade ja kioskalajaamade hulgas kuid populaarseimad alajaamad on hoopiski komplektalajaamad ja mastalajaamad. Nagu ka alajaamade puhul on ka trafode puhul vanuseline jaotus pigem hea, sest ligikaudu 60% trafodest on kuni kahekümne aasta vanused ning nendele määratud kulumi normi järgi on eluea lõpuni aega veel vähemalt 25 aastat.

Töö tulemustest selgub, et nii madalpinge kui ka keskpinge puitmastide puhul on suurimateks defektide rühmadeks probleemid mädanemisega, nii masti tippude kui ka jalandite osas. Madalpinge raudbetoonmastide puhul on suurimaks murekohaks defektid masti kõrvalekaldega ja defektid masti tugevusega. Keskpinge raudbetoonmastide puhul on suurimaks probleemiks defektide vaates normidele mittevastavad maanduspaigaldised ning samuti probleemid masti kõrvalekaldega ja tugevusega. Nii keskpinge kui ka madalpinge liinide puhul ilmneb, et kõikide

liinitüüpide puhul on suurimaks probleemiks liini ääres kasvavad puud, nende oksad ning ka liini koridoris kasvav kõrge võsa. Trafode puhul on kõikide primaarpingete puhul suurimateks murekohtadeks nii trafo õlitasemed kui ka probleemid isolaatoritega. Alajaamade puhul kõige probleemsemad kohad alajaama ukсед, normidele mittevastavad maanduspaigaldised ning alajaama ümbritsev territooriumid. Rikete poole pealt on madalpinge ja keskpinge mastide puhul sagedamateks põhjusteks puitmastide puhul just mastide mädanemine, vananemisest tingitud põhjused ja tormid ning puude murdumine. Madalpinge ja keskpinge raudbetoonmastide puhul on sagedamateks rikete põhjusteks vananemisest tingitud põhjused, äike, tormid ja puude murdumine ning lindude ja loomade tegevusest tingitud põhjused. Madalpinge ja keskpinge liinide rikete kõige sagedasemad põhjused on just murdunud puud, vananemisest tingitud põhjused ja tormid. Madalpinge liinide rikete puhul on oluliseks põhjuste rühmaks ka reguleerimata ripped. Trafode puhul on sagedasemateks rikete põhjusteks äikesest tingitud tagajärjed ning vananemisest tingitud tagajärjed. Alajaamade puhul on kõige sagedamateks rikete põhjusteks just vananemisest tingitud põhjused, äikesest ja tormidest tingitud põhjused ja lindude ja loomade tegevuse tagajärjel toimunud rikked. Rikete ja defektide võrdlemisel ilmnes, et madalpinge ja keskpinge puitmastide, keskpinge raudbetoonmastide, madalpinge õhukaablite, madalpinge ja keskpinge paljasjuhmete, mastalajaamade ning trafode rikete ja defektide vahel esineb võimalik seos, mille edasisel uurimisel on tõenäoliselt võimalik ennetada osa riketest.

Käesoleva magistritöö koostamisel kasutati peamise allikana Eesti suurima jaotusvõrguettevõtte andmebaasidest pärinevaid andmeid ning kuna tegu on ligi poolt miljonit klienti teenindava ettevõttega, annab töö tulemus hästi edasi kogu Eesti jaotusvõrgu olukorda. Töö autoril puudusid vajalikul kujul algandmed teiste jaotusvõrkude ja teiste riikide jaotusvõrkude kohta, et anda võrdlevat hinnangut näiteks riikidevaheliseks hinnanguks. Magistritöö teoreetiliseks väärtuseks on ajakohane informatsioon Eesti suurima jaotusvõrgu vanuselise olukorra ning peamiste katkestuste põhjuste ja võrguvarade murekohtade kohta. Esitatud analüüsidele põhinedes on võimalik edaspidiselt lihtsamalt alustada täpsemalt fokuseeritud uuringuid ja analüüse. Magistritöö praktiliseks väärtuseks on võimalus kasutada uurimise tulemusi jaotusvõrguettevõtte strateegia kinnitamiseks või muutmiseks, investeeringute suunamiseks või näiteks korrashoiutööde kavandamise läbiviimiseks.

Käesoleva magistritöö autori hinnangul on kogutud andmed, andmete põhjal teostatud analüüsid ja nende analüüside tulemused erinevate võrguvaragruppide lõikes usaldusväärsed ning ajakohased. Autor annab Eesti suurima jaotusvõrgu poolt hallatava võrgu võrguvaradele,

liinidele, mastidele, alajaamadele ja trafodele investeringute vaatest positiivse hinnangu. Probleemesemateks kohtadeks on täna küll paljasjuhtmed ja raudbetoonmastid ning seda nii mõlemas pingeklassis kuid andmetest tulenevalt, saab väita, et neid tänapäeval ei eelistata ning tegeletakse nende asendamisega. Samuti on suure tõenäosusega võimalik edasisel uurimisel vähendada katkestuste arvu ennetades defektidest tulenevaid rikete põhjuseid.



# Kirjandus

- [1] Elektrilevi OÜ, „Elektrilevi majandusaasta aruanne 2014,“ Elektrilevi OÜ, Tallinn, 2015.
- [2] T. Oja, „Eesti 100 suurima ettevõtte edetabel peegeldab majanduse seisakut,“ Postimees, 30 10 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://majandus24.postimees.ee/3380169/eesti-100-suurima-ettevotte-edetabel-pegeldab-majanduse-seisakut>. [Kasutatud 29 04 2016].
- [3] Elektrilevi OÜ, „Elektrilevi majandusaasta aruanne 2013,“ Elektrilevi OÜ, Tallinn, 2014.
- [4] Elektrilevi OÜ, „Elektrilevi majandusaasta aruanne 2012,“ Elektrilevi OÜ, Tallinn, 2013.
- [5] Elektrilevi OÜ, „Varade mahud 2014 majandusaasta lõpus,“ Elektrilevi OÜ, Tallinn, 2015.
- [6] Elektrilevi OÜ, „Põhivara klassifikaator,“ Elektrilevi OÜ, Tallinn, 2016.
- [7] M. Meldorf, M. Tammoja, Ü. Treufeldt ja J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2007, p. 166.
- [8] M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt ja J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2007, p. 167.
- [9] H. Tammoja ja P. Raesaar, „ELEKTRILEVI OÜ HAJAVARUSTUSKINDLUSE PIIRKONDADE VÕRGUINVESTEERINGUTE EESMÄRGID, REALISEERIMISE MEETODID JA NENDE VALIKUKRITEERIUMID,“ Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2014.
- [10] M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt ja J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2007, p. 199.
- [11] M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt ja J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2007, p. 217.
- [12] M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt ja J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2007, p. 215.

- [13] Elektrilevi OÜ, „Elektrilevi investeeringud,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/et/investeeringud>. [Kasutatud 01 05 2016].
- [14] M. Meldorf, H. Tammoja, Ü. Treufeldt ja J. Kilter, Jaotusvõrgud, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2007, p. 206.
- [15] Elektrilevi OÜ, „ELV põhikiri, varahalduse põhimõtted,“ Elektrilevi OÜ, Tallinn, 2015.
- [16] Davies Implements Ltd, „Creosote posts,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.daviesimplementsltd.co.uk/product/creosote-posts/>. [Kasutatud 03 05 2016].

# Lisad

Lisa 1. Mastide seisukorra analüüs

NETWORK DEVELOPMENT

NETWORK ANALYTICS

## Pole Condition Analysis

by

Shahin Abbaszadeh  
Mihkel Pedak

## 1 Introduction

We look at the observation and outage data regarding poles, to see if there are any trends in the pole condition in relation to the age of the poles.

### 1.1 Data

The initial data has the following structure.

Both observation and Fault data sets are from 2007 onwards. Observation data looks like this:

##	ID	OBJECTID	CLASSID	AGE	OBSYEAR
## 1	11666580	153428	604	54	2014
## 2	8002160	155286	651	42	2012
## 3	14235665	187615	602	46	2016
## 4	11823403	187180	604	34	2014
## 5	11819467	188540	602	34	2014
## 6	11819405	188574	602	34	2014

And Fault data:

##	OUTAGEID	OBJECTID	STARTYEAR	CLASSID	AGE
## 1	193195	153418	2009	604	29
## 2	159680	184677	2009	604	41
## 3	475390	153826	2014	602	10
## 4	267944	154297	2010	604	30
## 5	379597	154327	2012	604	32
## 6	267970	154327	2010	604	30

We also get the Pole data along with the connection year of each Pole like this:

##	ID	CLASSID	CONYEAR
## 1	153577	604	1990
## 2	153579	604	1990
## 3	153581	604	1990
## 4	153583	604	1990
## 5	152445	604	1980
## 6	152446	604	1980

### 1.2 Considerations

We will only look at the following classes of poles:

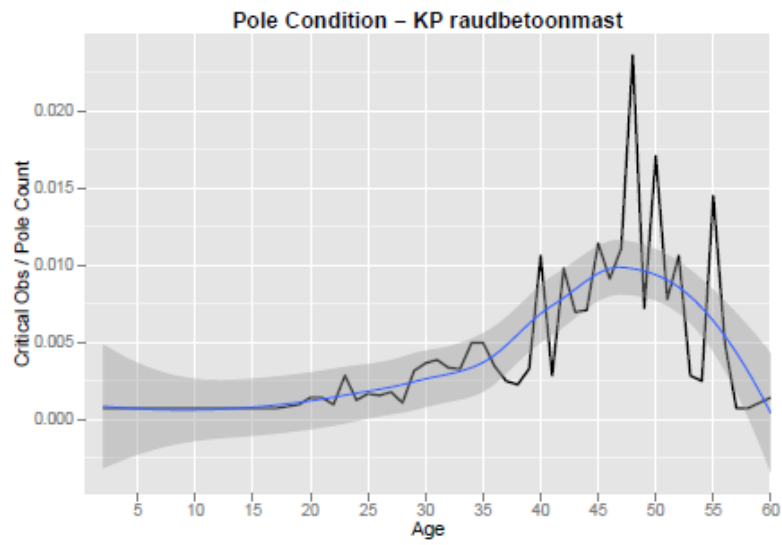
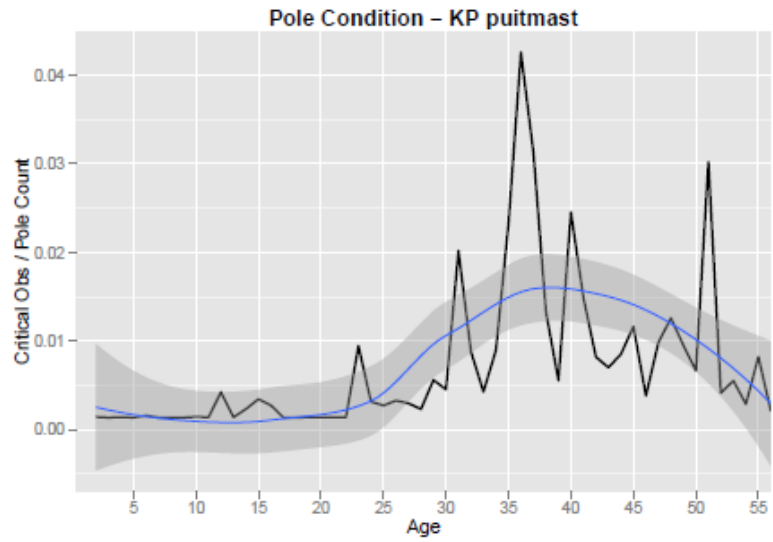
- 602: KP puitmast
- 604: KP raudbetoonmast
- 650: 0,4 kV puitmast
- 651: 0,4 kV betoonmast

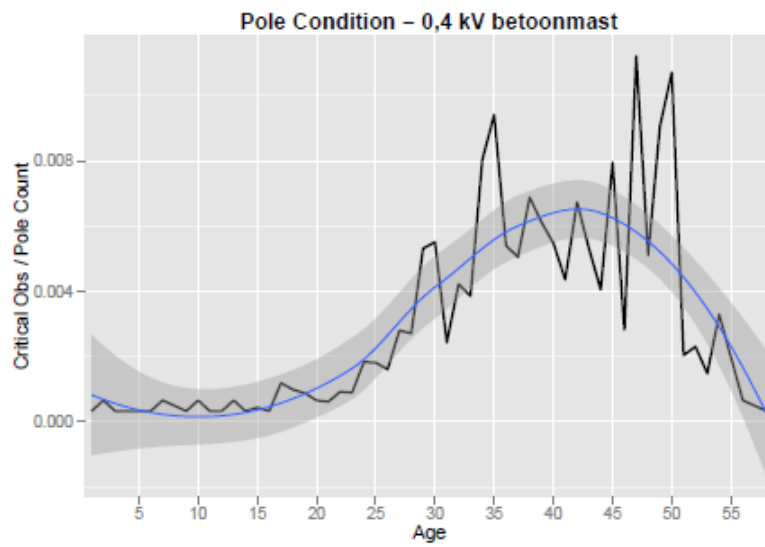
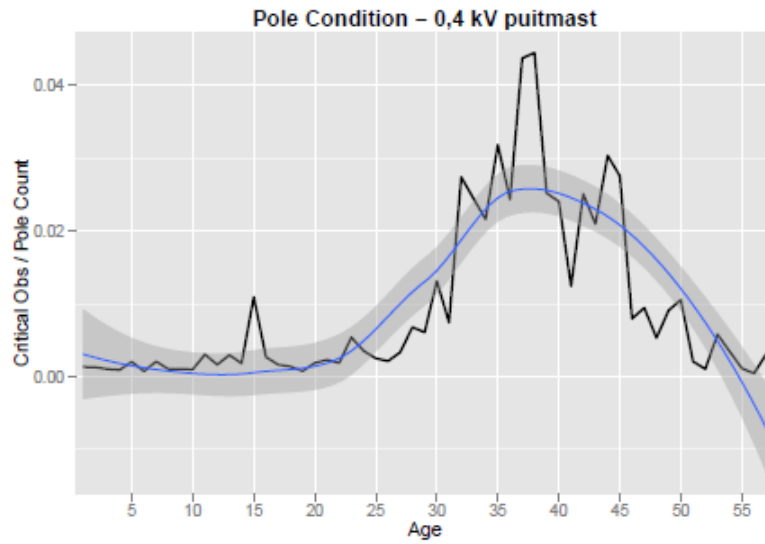
## 2 Graphs

The real data is shown in black lines. We have fitted a smoothing line to all the graphs, which provides a rough guide to the overall pattern of the time series. The loess line (the blue line with grey band) only is a guideline into the overall shape of the data.

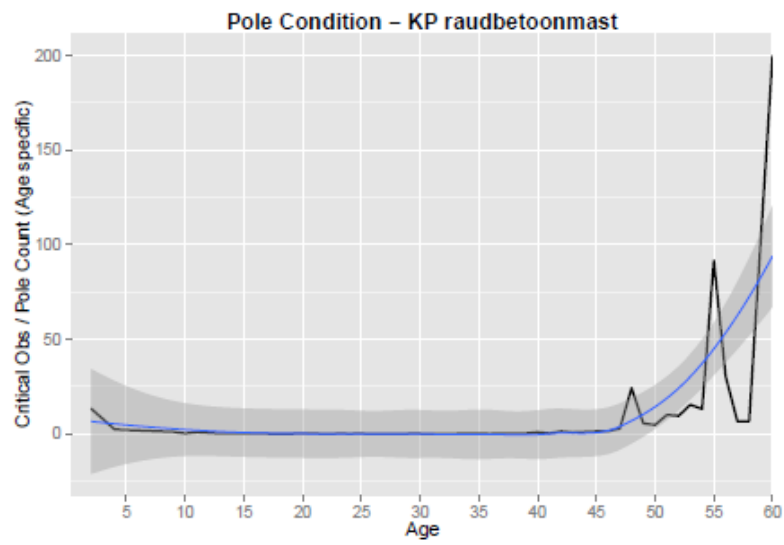
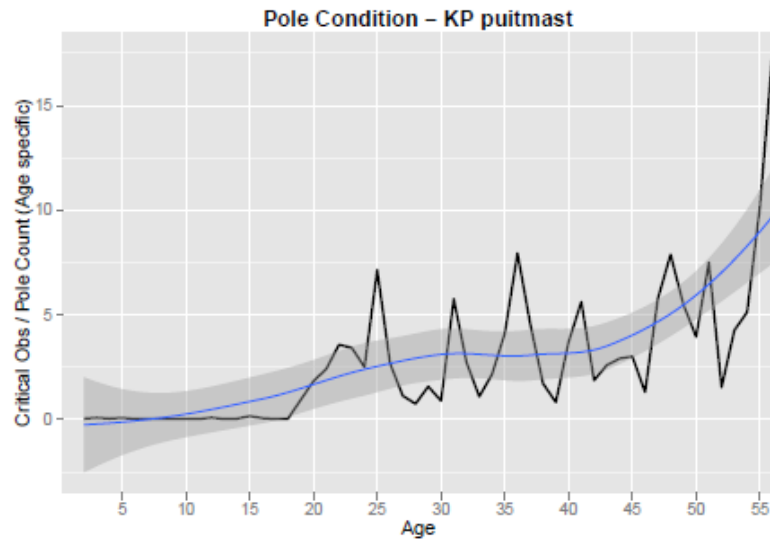
## 2.1 Observation Data

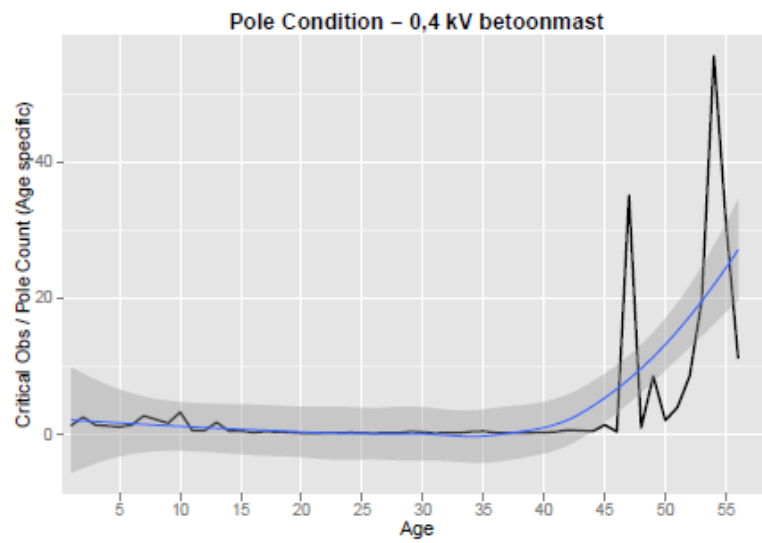
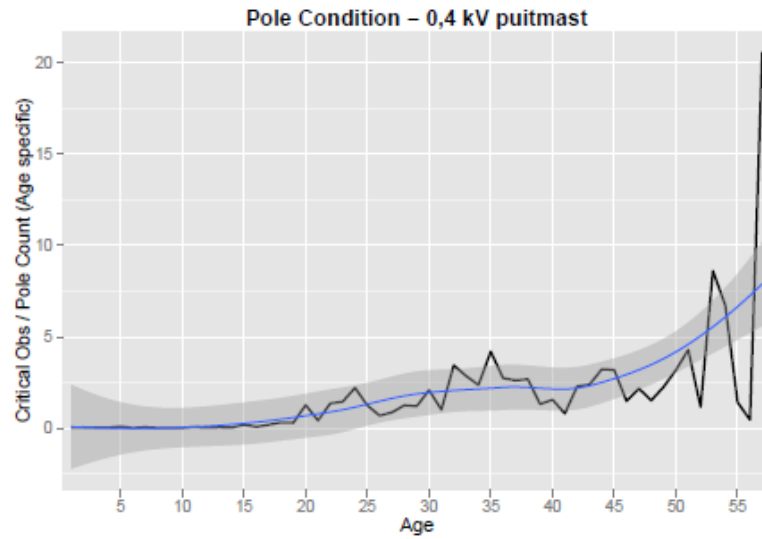
The following depicts the pole condition. We generate rates of critical observation for each age group in every year of observation. The graph is the average critical observation count per overall pole population in that year.





The following is the average critical observation count per pole population in specific age range.

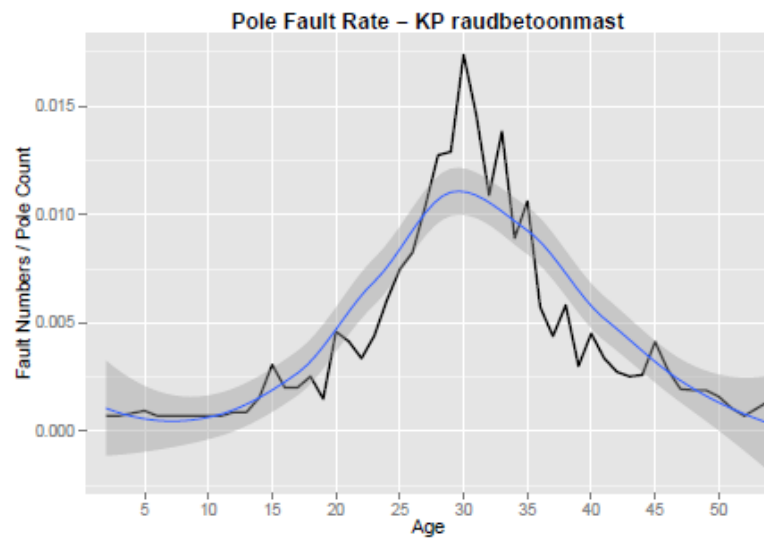
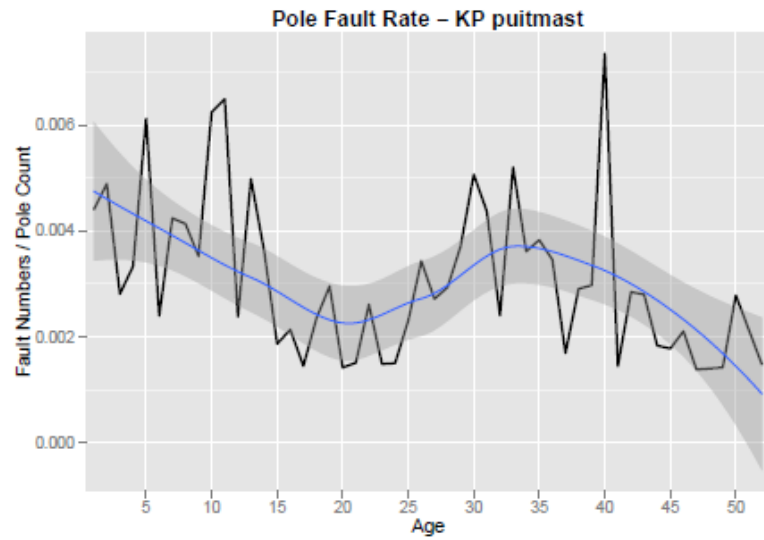


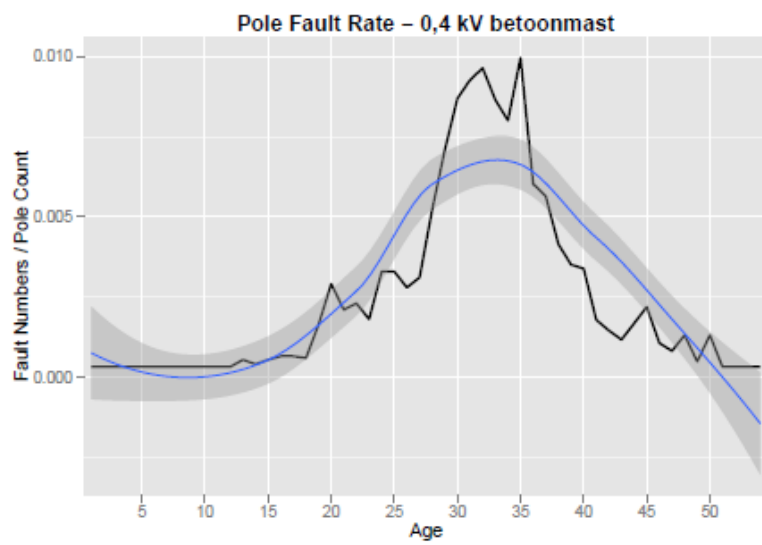
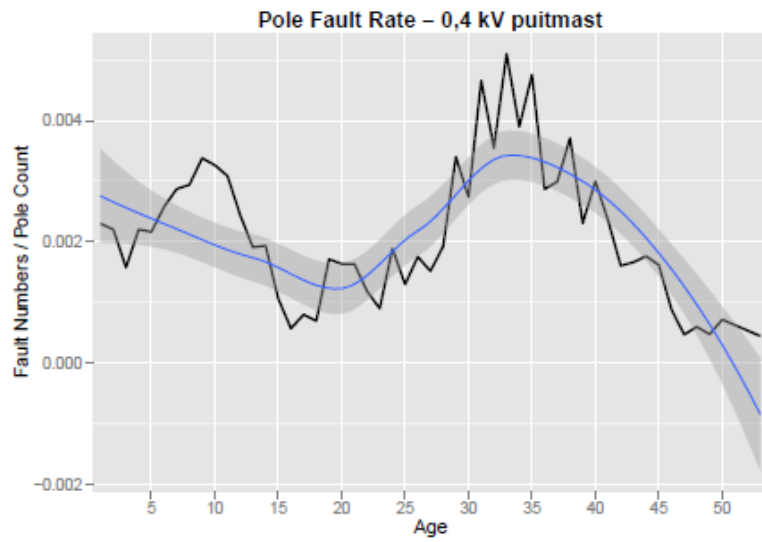




## 2.2 Fault Data

We provide graphs that shows fault rate for each age group in every year of observation. Each graph shows fault rate per pole population in that year for each pole class.





The following is the average fault count per pole population in specific age range.

