

EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut



Rando Kasuk

TORMA VALLA VANAMÕISA PIIRKONNA
ELEKTRIVARUSTUSE REKONSTRUKTSIOON

Reconstruction Electrical Energy Distribution
Network for Torma Parish Vanamõisa Region

Magistritöö
energiakasutuse erialal

Tartu 2012

Olen koostanud magistritöö iseseisvalt. Kõik magistritöös kasutatud teiste autorite tööd ning andmeallikad on viidatud

Magistritöö koostaja: **Rando Kasuk**

.....
/allkiri/

.....
/kuupäev/

Juhendaja: **prof. Kuno Jürjenson**

.....
/allkiri/

.....
/kuupäev/

Retsensent: **Erkki Varrik**

Magistritöö vastab kehtivatele nõuetele. Kaitsmisele lubatud.

Energeetika osakonna juhataja
prof. Andres Annuk

.....
/allkiri/

.....
/kuupäev/

ABSTRACT

Kasuk, R. Reconstruction Electrical Energy Distribution Network for Torma Paris Vanamõisa Region. Master's thesis. – Tartu: EMÜ, 2012. 2 copys. 108 pages, 21 figures, 23 tables, 20 drawings, format A4, A3, A2 and A1. In Estonian language.

The Thesis deals with the voltage problems at Vanamõisa Substation in Vanamõisa region and it is composed as a electrical reconstruction project. After research and analysis is found the suitable solution to the problem and is used two voltage level system. In case of a new 10 and 0,4 kV underground cable-lines with 10/0,4 kV substation are discribed in this project. The main part of the Thesis contains explanations, calculations, schemes, drawings and component tables.

Some design and construction requirements for low and medium voltage distribution lines are given. Most important construction elements and equipment required for building these distribution lines are described.

Keywords: energy project, electrical substation, transformer, distribution line, voltage drop, electrical resistance, short circuit, circuit protection.

SISUKORD

ABSTRACT	3
TÄHISED JA LÜHENDID	6
EESSÕNA	8
SISSEJUHATUS	9
1. ASUKOHT JA TEHNILISED NÄITAJAD	10
2. ENDINE OLUKORD	11
2.1. Üldist	11
2.2. Kantküla - Torma JP - Saare ja Mustvee - Torma 10 kV liinide andmed	11
3. KESKPINGEVÕRGUD	13
3.1. Üldist	13
3.2. Keskpinge kaablimastid	13
3.2. Projekteeritud 20 kV maakaabelliin	15
3.2.1. Trassi ja materjali valik	16
3.2.2. Jätkumuhvid ja siirdemuhvid	20
4. PROJEKTEERITUD ALAJAAMAD	22
4.1. Komplektalajaamad	22
4.2. Trafo	24
4.3. Keskpingeseade	26
4.4. Madalpingejaotlad	27
5. PROJEKTEERITUD MADALPINGEVÕRGUD	28
5.1. Üldist	28
5.2. Madalpinge maakaabelliinid	29
5.3. Madalpinge õhuliin	31
5.4. Elektrikilbid	33
5.4.1. Kaablikapid	34
5.4.2. Liitumiskilbid	35
5.5. Madalpingevõrgu kaitse	36
6. TÄHISTUSED	37
7. MAANDAMINE, POTENTIAALIÜHTLUSTUS JA ÄIKESEKAITSE	38
7.1. Üldist	38
7.2. Maanduspaigaldise projekteerimine	39
7.3. Projekteeritud kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldised	41
7.4. Liigpinged	42
8. ELEKTRIOSA ARVUTUSED	45
8.1. Üldist	45
8.2. Kolmefaasiline lühisvool	45
8.3. Ühefaasiline lühisvool	51
8.3.1. Sookolli AJ Fiider 1 lühisvoolu arvutused	52
8.4. Pingekadu	53
8.4.1. Sookolli KAJ F-1 pingekao arvutus	54
8.5. Kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldised	54
9. KOOSKÕLASTUSED JA E HITUSTÖÖDE KORRALDAMINE	58
9.1. Üldist	58
9.2. Ehitustööd, heakord ja käidunõuded	59
9.2.1. Ehitustööde korraldamine, dokumenteerimine ja järelevalve	59
9.2.2. Ehitusjäakide koristamine, heakorrastustööd	59
9.2.3. Käidunõuded	59
KOKKUVÕTE	61
KIRJANDUS	62
LISAD	64
Lisa A. Andmetabelid	65

Lisa B. Projekteerimisülesanne	75
Lisa C. Projekteerimistingimused	84
Lisa C.1 Torma Vallavalitsuse projekteerimistingimused	84
Lisa C.2 Maanteeameti Lõuna regiooni projekteerimistingimused	85
Lisa C.3 Põllumajandusameti Jõgeva keskuse tingimused	87
Lisa D. Projekti joonised	88
Lisa D.01.01 Asendiplaani joonis nr 1	89
Lisa D.01.02 Asendiplaani joonis nr 2	90
Lisa D.01.03 Asendiplaani joonis nr 3	91
Lisa D.01.04 Asendiplaani joonis nr 4	92
Lisa D.01.05 Asendiplaani joonis nr 5	93
Lisa D.02.01 Keskpingevõrgu elektriskeem nr 1	94
Lisa C.02.02 Keskpingevõrgu elektriskeem nr 2	95
Lisa C.03.01 Madalpingevõrgu elektriskeem	96
Lisa D.04.01 Sookolli komplektalajaama elektriskeem	97
Lisa D.04.02 Riiukuke komplektalajaama elektriskeem	98
Lisa D.04.03 Seemeni komplektalajaama elektriskeem	99
Lisa D.05.01 Kaablimasti nr 1 paigutusjoonis ja maandamisskeem	100
Lisa D.05.02 Kaablimasti nr 24 paigutusjoonis ja maandamisskeem	101
Lisa D.05.03 Kaablimasti nr 169 paigutusjoonis ja maandamisskeem	102
Lisa D.06.01 Komplektalajaama HEKA 1VM250 paigutusjoonis	103
Lisa D.07.02 Maakaabelliini ristumine kõrvalmaanteega nr 1	104
Lisa D.07.02 Maakaabelliini ristumine kõrvalmaanteega nr 2	105
Lisa D.07.02 Maakaabelliini ristumine kõrvalmaanteega nr 3	106
Lisa D.07.02 Maakaabelliini ristumine kõrvalmaanteega nr 4	107
Lisa D.07.02 Maakaabelliini ristumine kõrvalmaanteega nr 5	108

TÄHISED JA LÜHENDID

AJ	–	alajaam;
EE	–	Eesti Energia;
F-1	–	fiidri (liini) tähis koos numbriga;
G	–	üldotstarbeline kaitse;
HEKA	–	Harju Elekter AS komplektalajaam;
HK	–	harukilp;
JS	–	jaotusseade;
JV	–	Jaotusvõrk;
KAJ	–	komplektalajaam;
LK	–	liitumiskilp;
LP	–	lahutuspunkt;
LV	–	madalpingeseadme lahter;
LK	–	liitumiskilp;
M	–	mootoriahela kaitse;
MV	–	keskpingeseadme lahter;
PÜ	–	projekteerimisülesanne;
R	–	pooljuhtide kaitse;
VM	–	metallkorpusega välisteeninduseks;
I	–	vool, A;
I_2	–	trafo sekundaarvool, A;
I_n	–	nimivool, A;
I_B	–	keha läbiv vool, mA;
I_E	–	maaühenduvool, A;
I_k	–	lühisvool, A;
$I_k^{(1)}$	–	ühefaasiline lühisvool, A;
$I_k^{(3)}$	–	kolmefaasiline lühisvool, A;
K	–	taandamistegur;
L	–	induktiivsus, H;
P	–	aktiivvõimsus, W;
P_{tr}	–	trafo lühisekadu, W;
$P_{\ddot{u}}$	–	peakaitsmega määratud võimsus, W;
R_E	–	maanduri maandustakistus, Ω ;
R_f	–	üleminekutakistus, Ω ;
R_m	–	vajalik maanduspaigaldise maandustakistus, Ω ;
S_n	–	trafo näivvõimsus, V·A;
U	–	liini nimipinge, V;
U_1	–	primaarpinge, V;
U_2	–	sekundaarpinge, V;
U_c	–	kestev liigpingepiiriku talituspinge, kV;
U_E	–	maanduspinge, V;
U_{TP}	–	lubatud puutepinge, V;
U_e	–	nimitalituspinge, kV;
U_i	–	arvutuslik isolatsioonipinge, kV;
U_f	–	faasi nimipinge, V;
ΔU	–	liini pingekadu, V;
$\Delta U\%$	–	protsentuaalne liini pingekadu, %;

Z_E	–	maandustakistus, Ω ;
a	–	osaline kaitse, mõeldud vaid lühisvoolu lahutamiseks;
a_k	–	keskmine juhtmetevaheline kaugus, mm;
c	–	pinge kõikumisi arvestav tegur;
d	–	ümarelektroodi või kiudjuhtme läbimõõt, m;
f	–	võrgusagedus, Hz;
g	–	täielik kaitse, rakendub nii liigkoormusest kui lühisest;
l	–	liini pikkus, m;
l	–	püstmaanduri pikkus, m;
n	–	vajalike maandurite arv, tk;
$p_k\%$	–	lühisvõimsus, %;
r_{400}	–	madalpingele taandatud aktiivtakistus, Ω ;
r/b	–	raudbetoon;
r_o	–	juhtme 1 km aktiivtakistus, Ω/km ;
r_e	–	juhtme ekvivalentne raadius, mm;
r_{tr}	–	trafo aktiivtakistus, Ω ;
s	–	juhi ristlõige, mm^2 ;
t	–	maanduri paigaldussügavus, m;
t_F	–	rikke kestvus, s;
$u_k\%$	–	lühispinge, %;
x_o	–	juhtme 1 km induktiivtakistus, Ω/km ;
x_{400}	–	madalpingele taandatud induktiivtakistus, Ω ;
x_{tr}	–	trafo induktiivtakistus, Ω ;
x_o'	–	juhtme väline induktiivtakistus, Ω ;
x_o''	–	juhtme sisemine induktiivtakistus, Ω ;
z	–	resulteeriv näivtakistus, Ω ;
z_{f0}	–	faasijuhtme näivtakistus, Ω ;
z_n	–	neutraaljuhtme näivtakistus, Ω ;
z_{tr}	–	jõutrafo näivtakistus, Ω ;
$z_t^{(1)}$	–	trafo näivtakistus ühefaasilisele lühisele, Ω ;
μ	–	juhtmematerjali suhteline magnetiline läbitavus;
η	–	püstmaanduri kasutegur;
ρ	–	juhi materjali eritakistus, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;
ρ_E	–	pinnase eritakistus, $\Omega \cdot \text{m}$;
ω	–	nurksagedus, 1/s;
\varnothing_{sis}	–	sisediameter, mm;
$\varnothing_{\text{välis}}$	–	välisdiameeter, mm.

EESSÕNA

Magistritöö koostamisel on kasutatud töö autori poolt eelnevalt projekteeritud Võrguehitus AS-i tööprojekti numbriga IL0212-1. Projektijuht antud projektil oli Võrguehitus AS-i vanemprojekteerija Heigo Luik (A-pädevustunnistus nr. EL-661-11) ja maateenuse projektijuht Ulvi Männama.

Koostatud projekti aluseks oli EE Jaotusvõrk OÜ projekteerimisülesanne nr 15969 (lisa B). Elektrivõrgu projekteerimiseks oli kohalikult omavalitsuselt ja maanteeametilt taotletud projekteerimistingimused (lisa C).

JV objektide projekteerimisel eristatakse nelja staadiumi: eskiisprojekt, eelprojekt, tööjoonised ja tööprojekt. Aluseks võetav projekt oli tööprojekt. Tööprojekt koosneb: seletuskirjast, kooskõlastuste ära kirjadedest, joonistest, spetsifikatsioonidest ja ehitusmahtude loetelust.

Tööprojekt on JV-s levinuim ühestaadiumiline projekt, mis koostatakse nii liitumis- kui investeringuobjektide elektrivälisvõrkude lahendamiseks. Vastavalt JV dokumendile "Nõuded elektripaigaldise projektidele" peab tööprojekt võimaldama tellijal ja teistel huvitatud pooltel saada täielik ülevaade projekteeritud objektist, hinnata selle maksumust ja olema aluseks ehitushanke korraldamisel. Tööprojektiga määratakse ehitatavate liinide ja seadmete täpne paiknemine, asendid teiste hoonete, seadmete ning rajatiste suhtes, antakse kõik tehnilised parameetrid, kasutatavate seadmete ja materjalide loetelu ning tehtavate tööde mahud, samuti demonteeritavate ning rekonstrueeritavate liinilõikude ja seadmete loetelu.

SISSEJUHATUS

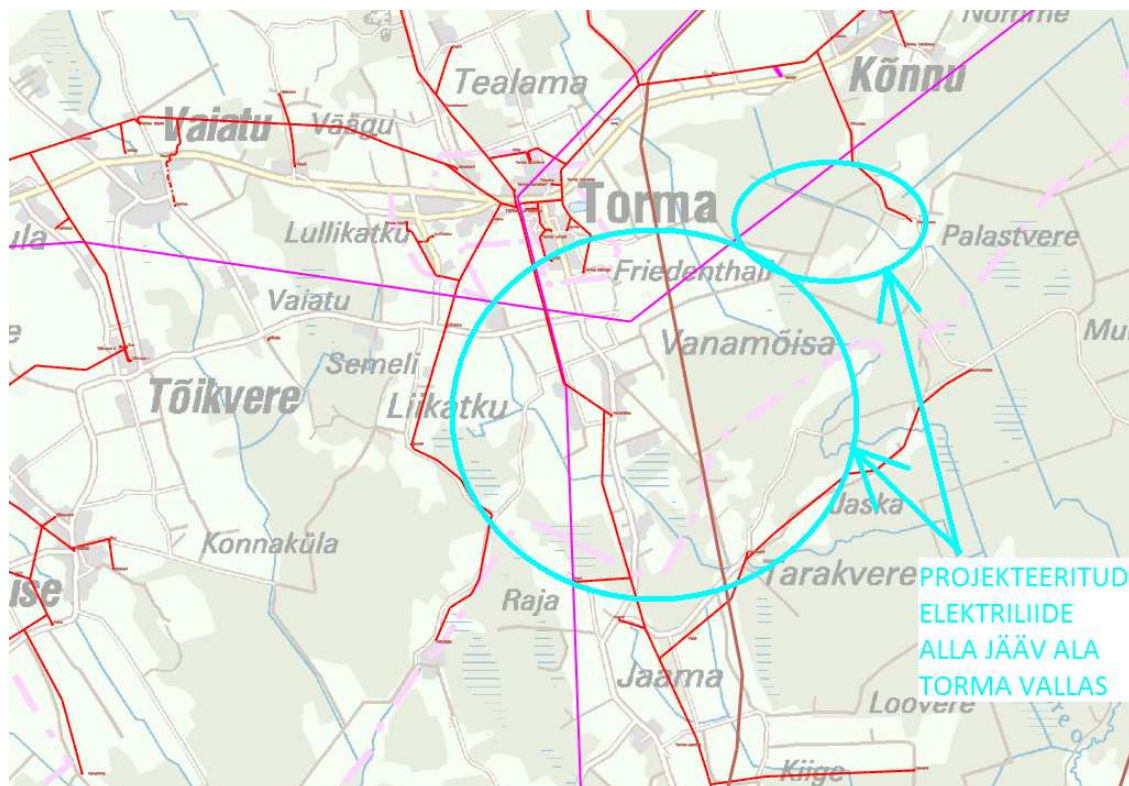
Käesoleva tööga on lahendatud Vanamõisa alajaama F-2 ja F-3 pingeprobleem Vanamõisa ja Kõnnu külas Torma vallas Jõgevamaal.

Projekteerimistöö aluseks on OÜ JV poolt antud PÜ nr 15969 30.03.2011. Projekti koostamisel on aluseks võetud OÜ Jaotusvõrgu “Nõuded elektripaigaldise projektidele”, “Eeskirjad EEI”, “Ehitusseadus”, “Elektrihutusseadus”, “Eesti Energia (0,4...20) kV võrgustandard” ja teised Eesti Vabariigi seadused ja õigusaktid.

Alusplaanina on kasutatud OÜ Geopartner koostatud geoteetilist alusplaani nr GEO 11-099, mis on mõõdistatud 05.10.11.

Töös on kirjeldatud algset olukorda objektil. Lisaks on antud ülevaade keskpinge-võrkudest, madalpingevõrkudest, elektrivõrgu rajatiste tähistamisest ja maandamisest. Vajalikud arvutused on teostatud töö arvutuslikus osas ja lõpuks on antud infot projekti kooskõlastamise ja ehitustööde korraldamise kohta. Töö koostamisel on kasutatud Microsoft Office Word 2010 tekstiredaktorit ja Excel 2010 tabelarvutusprogrammi, AutoCAD LT 2012 joonestusprogrammi, Microsoft Paint joonistusprogrammi, Eesti Energia XPower WebMap ja Maa-ameti X-GIS kaardirakendus-programmi, millega on püütud saavutada kaasaegset taset elektrivarustuse tööprojekti väljatöötamisel.

1. ASUKOHT JA TEHNILISED NÄITAJAD



Joonis 1.1. Projekteeritud elektriliinide asukoht Vanamõisa ja Kõnnu küla Torma vald [1]

Tabel 1.1. Projekteeritud väliselektivõrgu tehnilised näitajad

Materjali nimetus	Mark, tüüp	Kogus	Ühik
Projekteeritud 10/0,4 kV komplektalajaam	HEKA1VM 250	3	tk
Projekteeritud 10 kV maakaabelliin	3x25Al+16Cu 24kV	2770	m
Projekteeritud 0,4 kV maakaabelliin	AXPK 4G120	1705	m
Projekteeritud 0,4 kV maakaabelliin	AXPK 4G50	517	m
Projekteeritud 0,4 kV maakaabelliin	AXPK 4G16	574	m
Rekonstrueeritav 0,4 kV õhuliin	ALUS 4x50	623	m
Rekonstrueeritav 0,4 kV õhuliin	ALUS 4x25	16	m
Projekteeritud 0,4 kV harukilp	sokliga	8	tk
Projekteeritud 0,4 kV liitumiskilp	1-kohaline, sokliga	11	tk
Projekteeritud 0,4 kV liitumiskilp	2-kohaline, sokliga	2	tk
Demonteeritav 0,4 kV õhuliin	A-4x50	1520	m
Demonteeritav 0,4 kV õhuliin	A-4x35	2433	m
Demonteeritav 0,4 kV õhuliin	A-4x25	40	m
Demonteeritav 0,4 kV õhuliin	A-4x16	18	m
Demonteeritav 0,4 kV õhukaabel	ALUS 4x25	430	m
Demonteeritav 0,4 kV õhukaabel	AMKA 3x35+50	288	m

2. ENDINE OLUKORD

2.1. Üldist

Vanamõisa alajaamaks on KTP-N tüüpi alajaam, mis on käigus alates 1993 aastast. Alajaam on varustatud TM 100 tüüpi trafoga, mille võimsus on 100kV·A. Trafo on pärit aastast 1968 ja selle lülitusgrupp on Y/Yn-0. Alajaamast väljub 4 paljasjuhtmelist õhuliini fiidrit, mille kogupikkus on 10862 m. Alajaama toitel on 40 majapidamist aastase kogutarbimisega 88379 kW·h. Eesti Energia andmebaasi WebMap andmetel on F-2 maksimaalne pingekadu liini lõpus 7,55 % ning minimaalne lühisvool liini lõpus 51 A. F-3 liini lõpus on need näitajad vastavalt 12,56 % ja 32 A. Mõistagi on selliste näitajate puhul tegemist pingeprobleemiga ja vajalik elektrivõrgu põhjalik rekonstrueerimine.



Joonis 2.1. Vanamõisa 10/0,4 kV alajaam Vanamõisa külas Torma vallas [2]

2.2. Kantküla - Torma JP - Saare ja Mustvee - Torma 10 kV liinide andmed

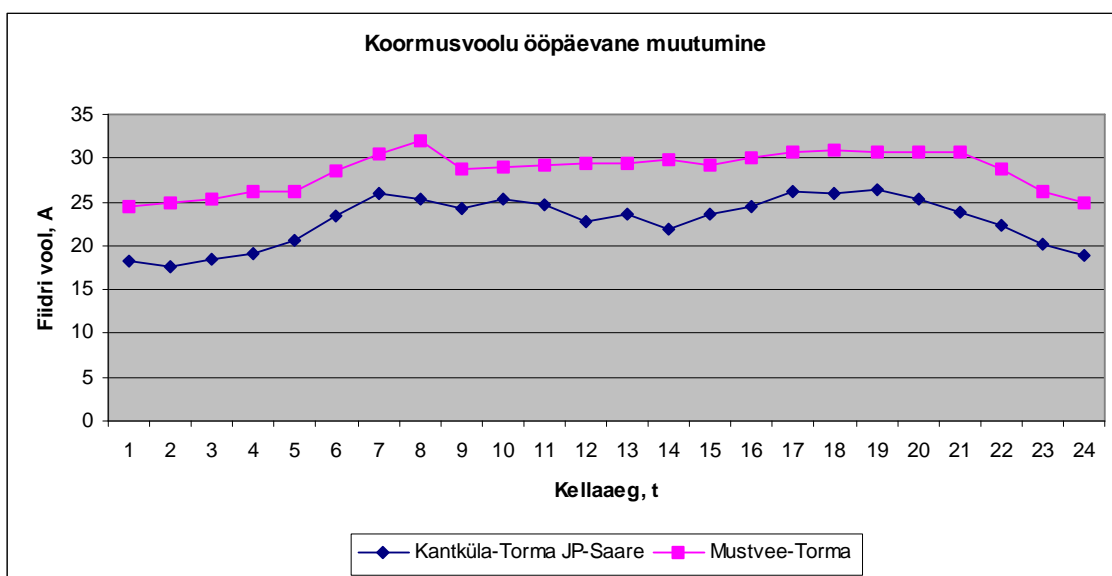
Olemasolev Vanamõisa alajaam ja uued projekteeritud Sookolli ja Riiukuke komplektalajaamad on Kantküla – Torma JP - Saare 10 kV liini kaudu ühenduses Torma vallas Iravere külas paikneva Kantküla 110/10 toitealajaamaga. Projekteeritud Seemeni komplektalajaam on Mustvee - Torma 10kV liini kaudu ühenduses Mustvee linnas asuva Mustvee 110/35/15/10kV toitealajaamaga. Järgnevalt on ära toodud ülalnimetatud fiidrite koormusmõõtmised reedel, 08. veebruaril 2012 aastal. Mõõtetulemuste põhjal on koostatud ajas muutuvate suuruste graafik, mis on esitatud joonistel 2.2.

Tabel 2.1. Kantküla - Torma JP - Saare ja Mustvee - Torma fiidrite koormusmõõtmised [3]

Kellaeg	Kantküla –Torma JP – Saare I , A	Mustvee - Torma I , A
1	2	3
08.02.12 0:00	18,8	25,0
08.02.12 1:00	18,2	24,5
08.02.12 2:00	17,7	25,0

Tabeli 2.1. järg

1	2	3
08.02.12 3:00	18,4	25,3
08.02.12 4:00	19,1	26,1
08.02.12 5:00	20,7	26,1
08.02.12 6:00	23,4	28,6
08.02.12 7:00	25,9	30,4
08.02.12 8:00	25,4	32,1
08.02.12 9:00	24,3	28,8
08.02.12 10:00	25,3	28,9
08.02.12 11:00	24,8	29,1
08.02.12 12:00	22,8	29,5
08.02.12 13:00	23,6	29,4
08.02.12 14:00	21,9	29,8
08.02.12 15:00	23,7	29,2
08.02.12 16:00	24,4	30,0
08.02.12 17:00	26,2	30,6
08.02.12 18:00	26,0	31,0
08.02.12 19:00	26,5	30,8
08.02.12 20:00	25,4	30,7
08.02.12 21:00	23,8	30,8
08.02.12 22:00	22,4	28,8
08.02.12 23:00	20,2	26,2
Keskmine	22,9	28,6
Minimaalne	17,7	24,5
Maksimaalne	26,5	31



Joonis 2.2. Koormusvoolu ööpäevane muutumine

3. KESKPINGEVÕRGUD

3.1. Üldist

Üldiselt saab elektri jaotusvõrke liigitada tarbijate ning asukoha järgi: tööstusvõrkudeks, maavõrkudeks ja linnavõrkudeks. Tööstusvõrkude puhul on tegemist suuretehtete sisevõrguga. Linnavõrke iseloomustab tarbijate rohkus ja suur tihedus. Maavõrgus on tarbijate tihedus väike ja seetõttu iseloomustavad maavõrke kõige paremini pikad õhuliinid.

Kõrgepingevõrke kasutatakse energia ülekandmiseks suurte vahemaade taha, keskpinge-võrke aga energia jaotamiseks piirkonna siseselt. Eestis kasutatakse keskpinget 6 ja 10 kV põhiliselt linnades, maal aga 15 ning 20 kV. Hetkel on maal kastuses veel 10 ja 15 kV, kuid sellelt tahetakse järk-järgult üle minna vastavalt Soome kogemusele 20 kV-le.

Eesti Energia Võrguehitus AS-is projekteeritavates keskpinge maavõrgu projektides kasutatakse 20 kV Ensto traaverseid ja isolaatoreid. See võimaldab hiljem kõigi uute liinide üle viimist 20 kV-le.

Elektrivõrgu ühendusskeem on määratud harude ja sõlmede vaheliste ühendustega[4]. Elektrivõrke saab selle tunnuse järgi liigitada[4]:

- 1) radiaalvõrkudeks;
- 2) hargnevateks radiaalvõrkudeks;
- 3) ringvõrkudeks;
- 4) silmusvõrkudeks.

Ring- ja silmusvõrkudena välja ehitatud jaotusvõrgud talitavad avatuna, sest nii on releekaitse ja automaatika tunduvalt odavam ja lihtsam. Sellistes võrkudes kasutatakse lahutuskohtasid (lülituspunktid), millega võrk jagatakse radiaalselt töötavateks osadeks ehk fiidriteks [4].

Võrgu struktuurist sõltub ka elektrienergia varustuskindlus. Radiaalvõrgus ehk tupikvõrgus tähendab kaabli või alajaama rike kõigi tarbijate elektrienergiast ilma jäämist kuni rikke kõrvaldamiseni. Ringvõrgus ja silmusvõrgus saab näiteks ainult kaablirikke korral lülituspunkte kasutades taastada elektrienergiaga varustamine kõigil tarbijatel. Alajaama rikke korral jäävad elektrita ainult selle alajaama toitel olevad kliendid.

Vanamõisa alajaama toitva Kantküla - Torma JP - Saare 10 kV õhuliini näol on tegemist ringtoitevõrguga, kuna liin on toidetav nii Kantküla 110/10 kV kui Saare 110/15/10 kV alajaama poolt. Normaaloletuse korral tuleb toide Kantküla 110/10 kV alajaamast.

Seemeni komplektalajaam on projekteeritud Mustvee - Torma 10 kV õhuliini toitele, mis oma olemuselt on radiaalvõrk, mida toidetakse Mustvee 110/35/15/10 kV alajaamast.

3.2. Keskpinge kaablimastid

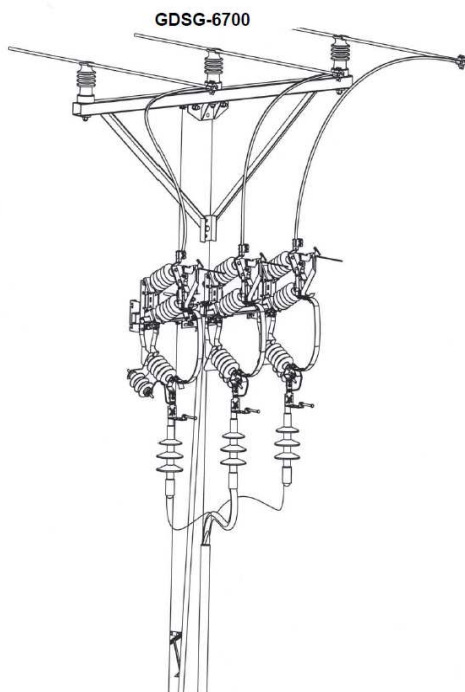
Projekteeritud maakaabelliinid saavad alguse Kantküla - Torma JP-Saare 10 kV õhuliini mastist nr 169 sama liini Vanamõisa haruliini mastist nr 1 ja Mustvee - Torma 10 kV õhuliini mastist nr 24. Kuna Vanamõisa alajaama trafo on keskpinge poolal kaitstud lahkkaitselülitiga, mis paikneb vahetult alajaama kõrval asuval kreosootimmutusega puitmastil (Vanamõisa HL mast nr 1), siis maakaabelliini allaviik tuleb teha selle masti puittoelt.

Jaotusvõrk OÜ-1 on üldine nõue et keskpinge kaablimastidena tohib kasutada ainult puitmaste, siis asendatakse Kantküla - Torma JP - Saare 10 kV õhuliini r/b mast nr 169 uue kreosootimmutusega puitmastiga. Uuele puitmastile tuleb monteerida topeltisolaatoritega kandetraavers 2VTP-K, kuna õhuliin ristub selles visangus sõiduteega. Topeltisolaatoritena kasutada SF-20 isolaatoreid, mis siduda õhuliini juhtmega spiraalsidemetega CO35. Mustvee - Torma 10 kV õhuliini masti nr 24 asendamine pole vajalik, kuna tegemist on hiljuti paigaldatud puitmastiga.

Üleminekute tegemiseks paljasjuhtmetelt AS-50 ja kaetud õhuliinijuhtmetelt PAS-W 50 maakaablile tuleb kasutada SL 4.25 klemme ja ühekordse isolatsiooniga juhtmeid PAS-W 35. Ühendusklemmide kaitsmiseks kasutada ilmastikukindlat SP 15 kaitsekattet [14].

Lülitusoperatsioonide tagajärjel tekkivate liigpingeimpulsside ja äikese eest tuleb keskpinge kaabelliinid kaitsta 10 kV liigpingepiirikutega. Vanamõisa HL-i mastis nr 1 paigaldada liigpingepiirikud kaablimasti monteeritavale kaablitarindile JTO-24, millel nad on ühtlasi ka kaabliotsamuhvi tugiisolaatoriteks. Ülejäänud kahel kaablimastil paigaldada liigpingepiirikud mastile monteeritava lahküliti alla mooduli abil.

Projekteeritud haruliinide ohutuks sisse- ja väljalülitamiseks tuleb nende ette kaablimastidele paigaldada Gevea koormuslahklülitid GDSG-6700 (mastile paigaldatav) ja GDSG-6800 (toele paigaldatav). Paigaldatavad koormuslahklülitid on varustatud kaarekustutuspiitsadega, mis võimaldavad kuni 25 A normaaltalitusvoolude ja ülekoormusvoolude kommuteerimist. Sellisel lülitel koosneb voolutee fikseeritud kontaktist ja kahest nugakontaktist liikuvale isolaatoril. Kaks paralleelset nugakontakti tagavad piisava kontaktisurve ülekoormuste puhul. Lülitusel tekkiv kaarleek lahendatakse kaarekustutuspiitsadel. Kontaktide liikumine suletud asendisse ja avatud asendisse ei kahjusta kontaktelementide pindasid. Nikliga kaetud põhikontaktid on isepuhastuvad.



Joonis 3.1. Koormuslahklüliti GDSG-6700 [5]

Kaabli kinnitamiseks mastidelele kasutada SO 75.100 distantsklambreid. Kaabliallaviigud kaitsta AKK 100 kaablikaitsereennidega min 2,0 m kõrguseni ja 0,2 m sügavusele pinnases. Projekteeritud kaablimastide joonised on toodud lisas D.05.01...03.

3.2. Projekteeritud 20 kV maakaabelliin

Uutele ehitatavatele keskpingsemaakaablitele on Eesti Energias seatud ühtsed normatiivid, mis on paika pandud ametliku võrgustandardiga. Kõige üldisemad nõuded oleksid järgmised [6]:

1. Keskpinge kaabelliinid ehitatakse üldjuhul kolme alumiinium- või vasksoonega, maandatava vaskekraani või keskjuhtmega kaabliga, kui soonte arvu ja materjali kohta pole esitatud erinõudeid. Kaablite nimipinge peab olema 20(24) kV.
2. Kasutada ekstrudeeritud polüvinüülkloriid (PVC) ja polüetüleen (PE, PEX, XLPE) isolatsiooniga kaableid. Kaablid peavad vastama standardile IEC 60502-2, mantlita (W-tüüpi) kaablid ka standardile SFS 5636. Kaabli materjalid, konstruktsioon, omadused ja testid peavad vastama standardile CENELEC HD 620.
3. Kasutataval kaablil peab olema valmistaja markeering, millest selgub kaabli tüüp, ristlõige, nimipinge, valmistamisaasta ja valmistaja tehas.
4. Kaabli konstruktsioon peab takistama niiskuse levimist pikisuunas ja olenevalt paigaldustingimustest vajadusel ka ristisuunas. Tuleohtlikes ruumides on soovitatavad tuld mittelevitava kestaga või spetsiaalselt (näiteks hermeetiliste läbiviikudega) tule edasikandumise eest kaitstud kaablid. Standarditele vastava kaabli väliskest on polüetüleenist (PE) või isekustuvast polüvinüülkloriidist (PVC), soone- isolatsioon riststruktureeritud polüetüleenist (PEX, XLPE).
5. Kaablisooone suurimaks lubatud kestvaks töötemperatuuriks võetakse vastavalt HD 620 toodud nõudele pinnases +65°C ja õhus +90°C. Lühisel 5 s jooksul on lubatud soojenemine PVC-isolatsiooniga kuni +160°C, PE-isolatsiooniga +250°. Nõuetes on viidatud järgmistele standartitele:
 - IEC 60502-2 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m=7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ kV), 1998-11;
 - CENELEC HD 620 S1:1996 Part 6 Section F Harmoniseerimisdokument PVC- ja PE-isolatsiooniga kaablite kohta;
 - SFS 5636 PEX-eristeiset 6/10 ja 12/20 kV Al-voimakaapelit AHXAMK-W. Rakenne ja koestus.

Rääkides elektrotehnikas kasutatavatest standarditest tuleb märkida, et vanim ülemaailmne standardiseerimisorganisatsioon on Rahvusvaheline Elektrotehnikakomisjon (IEC). Asutatud on see 1906. aastal ja peakorter asub Šveitsis Genfis. Ülemaailmne Standardiorganisatsioon (ISO), mille peakorter asub samuti Genfis, mis tegeleb kõigi tehnikaaladega, väljaarvatud elektrotehnika ja elektroonika nägi ilmavalgust alles 1946.a. Eestis kasutatavates elektrotehnikat käsitletavates normdokumentides jookseb tihti läbi ka: CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization), mis on Elektrotehnika Standardiseerimise Euroopa Komitee. CENELEC-i liikmed on rahvuslikud elektrotehnika komiteed: Austrias, Belgias, Tšehhis, Taanis, Soomes, Prantsusmaal, Saksamaal, Kreekas, Islandil, Iirimaa, Itaalias, Luxemburgis, Norras, Portugalis, Hispaanias, Rootsis, Sveitsis ja Inglismaal. CENELEC tegevusala langeb kokku IEC omaga ja enamik IEC standardeid võetakse muutmatult üle Euroopa standarditeks (EN) või

vähemal määral harmoniseerimisdokumentideks (HD). CENELEC-i peakorter asub Brüsselis [7].

Keskpinge elektrivõrgu projekteerimises läheb kõige enam vaja CENELEC-i harmoniseerimisdokumendil põhinevat Eesti standardit EVS-EN 61936-1:2010 “Tugevvoolupaigaldised nimivahelduvpingega üle 1kV”.



Joonis 3.2. AXLJ-TT keskpingekaabel [8]

Keskpingekaablite isolatsioonimaterjaliks on ekstrudeeritud polüvinüülkloriid ja polüeteen [2]. Joonisel 3.2. on kujutatud projektis kasutamisks sobivat keskpingekaablit AXLJ-TT. AXLJ-TT keskpingekaabli kasutusala on maa-alused paigaldused kündmiseetodil. Kõrgeim lubatav pidevas kasutuses juhtme temperatuur on 90°C, aga kuni 5 sekundilise lühise korral 250°C. Madalaim paigaldustemperatuur on –20°C. Konstruksiooniliselt on tegemist alumiiniumist valmistatud ümara, keerutatud ja tihendatud veekindla juhtmega, mida ümbritseb pooljuhtiv kopolümeerkompaund. Isolatsioonina kasutatakse XLPE-d, mida omakorda ümbritseb pooljuhtiv kopolümeerkompaund. Niiskuse levimist tõkestab nii piki- kui ristisuunaline veetõke. Pikisuunas annab veekindluse niiskuse mõjul paisuv pooljuhtiv lint, ristisuunas kattega tihedalt seotud alumiiniumfooliumlint. AXLJ-TT kaablit ümbritsev vasest varjestusvõrk maandatakse mõlemast otsas [8].

3.2.1. Trassi ja materjali valik

Sookolli 10 kV haruliin on projekteeritud Õie (katastriüksuse number 81003:002:1490) ja Soo (81003:002:0910) maaüksuste maa sisse. Trassi valikul on arvestatud maaomanike soovidega paigaldada keskpingekaabel Õie kinnistul olemasoleva 10kV õhuliini alla ning Soo kinnistul võimalikult olemasoleva mahasõidutee lähedale. Riiukuke ja Seemeni 10 kV haruliinide projekteerimisel on samuti arvestatud maaomanike ning projekti tellija soovidega paigaldada maakaabelliinid olemasolevate sõiduteedede äärte vahetusse lähedusse.

Maa-ametist võetud ja looduses piiritorudega tähistatud krundipiiride asukohad erinevad ning selle põhjused võivad olla erisugused – piiritoru oli tõstetud ringi peale katastri mõõdistust või andmed olid valesti sisse kantud maa-ameti andmebaasidesse. Trassi valikul on segaduste vältimiseks arvestatud, et kaabel ei jääks täpselt kinnistute piirile.

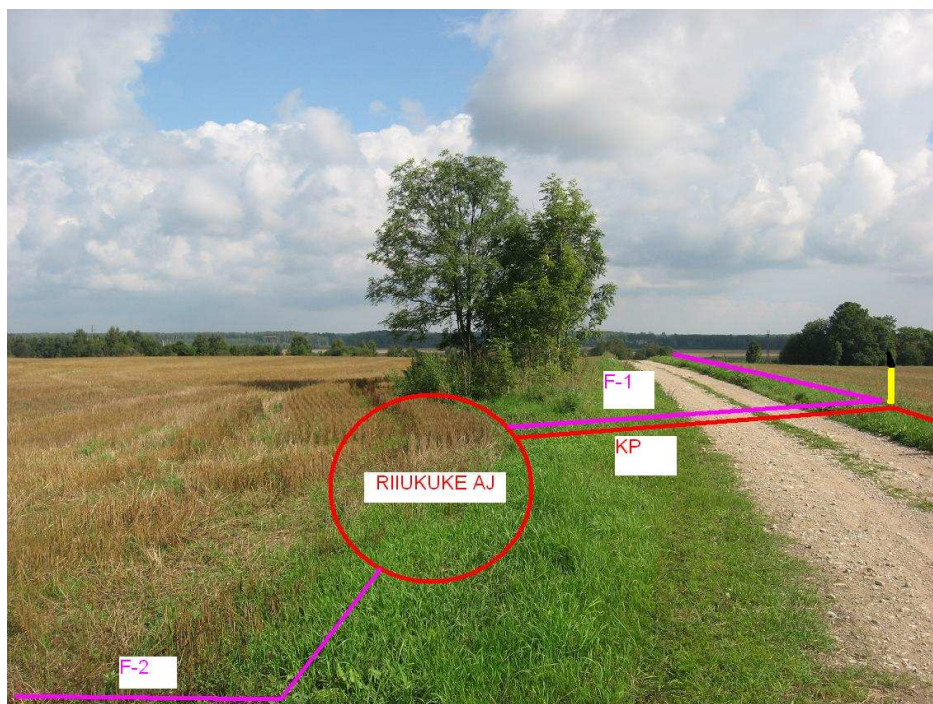
Sookolli haruliini maakaabelliini trassi pikkuseks on 210 m, kaabli orienteeruv pikkus on 223 m. Riiukuke haruliini maakaabelliini trassi pikkuseks on 996 m, kaabli orienteeruv pikkus on 1022 m. Seemeni haruliini maakaabelliini trassi pikkuseks on 1491 m, kaabli orienteeruv pikkus on 1525 m.

10 kV maakaabelliinide ehitusel kasutatakse 3x25Al+16Cu 24 kV kaablit. Kaablite otste kaitseks kasutatakse otsamuhve. Alajaamades olevates otsdes siseotsamuhve ja kaablimastides välisotsamuhve. Mõlemad muhvid on 1,2 m pikkused koos kruvingadega. Kokku on pingeprobleemi lahendamiseks arvestatud viie 10 kV kaabli jätkumuhviga (kaablit trumlil 500 m). Trassi suunamuutuse määramisel peab arvestada, et jätkukoht ei satuks käänukohale. Jätkumuhvile kaevise tegemisel peab arvestama jätkumuhvi monteerimiseks vajaliku ruumiga, mille pikkuseks võetakse orienteerivalt 2,5...3-kordne jätkumuhvi pikkus.

Kaabelliinide paigaldusel tuleb kinni pidada kaabli väikseimast lubatud painderaadiusest, mis on tootja poolt ette antud. Liinimaterjalid on toodud Lisas A materjalide spetsifikatsiooni tabelis.

Maakaabelliinid paigaldatakse vastavalt võimalustele sissekündmise teel või avatud kaevise meetodil kopaga või käsitsi kaevates. Kinnisel meetodil ja sissekündmise teel paigaldatavad ning käsitsi kaevatavad trassi lõigud on asendiplaanil eraldi ära näidatud.

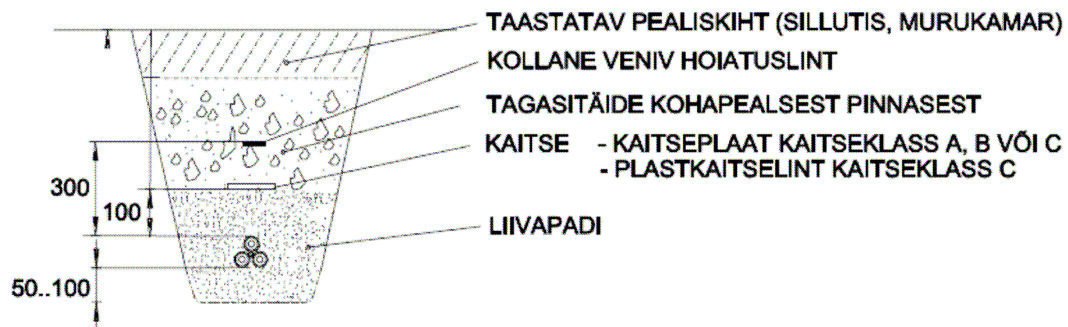
Avatud kaevise meetodit kasutades paigaldatakse kaabel 15cm paksusesse liivapatja ning kaabli kaitseks kasutatakse kaitseinti või kaitsetoru. Tavaolukorras paigaldatakse kaabel 0,7 m sügavusele, haritaval maal ja teede alt läbiminekul 1 m sügavusele. Kraavide ning väiksemate sõiduteedega ristumisel paigaldatakse kaabel B-klassi või poolitatavasse kaitsetorru. Ristumised riigimaanteedega tehakse vastavalt Lisa D.07.01...05 ristumiste joonistele ning Maanteeameti Lõuna regiooni poolt väljastatud tehnilistele tingimustele (Lisa C.2). Maanteeameti Lõuna regioonist tehniliste tingimuste küsimine oli vajalik, kuna projekteeritud maakaabelliin jääb Saare - Torma kõrvalmaantee T14112 (81003:002:2440) teekaitsevööndisse ning ristub sellega 15,29 km-l.



Joonis 3.3. Maakaabelliinide trasside eskiis Riiukuke komplektalajaama (punane ring) piirkonnas [2]

Projekteeritud keskpinge maakaabelliini trass on tähistatud punase joonega ning projekteeritud madalpinge maakaabelliinid F-1 ja F-2 lillaga. Maakaabelliini trassid tuleb teedega ristumis kohtades tähistada kaablimärketulpadega (kollane) [2].

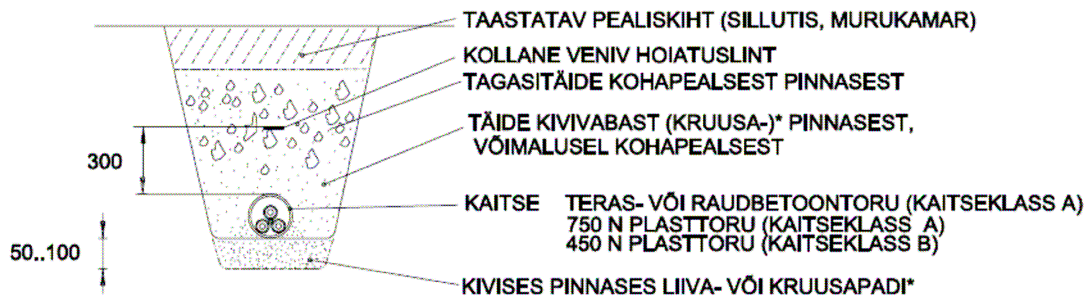
Kaabli ristumisel riigimaanteedega tuleb kaabel kaitsta A-tugevusklassi kaitsetoruga (raske koormus, survetugevus 750 N). Kaablite sisseväljaviigud komplektalajaamadest, ristumised kraavide ja valla ning mahaõiduteedega tuleb kaitsta B-tugevusklassi kaitsetoruga (keskmine koormus, 450 N). Ülejäänud osas tuleb kaabel katta C-tugevusklassi plastkaitselindiga, mis paigaldada 0,1 m kõrgemale paigaldatavast kaablist. Kaablikaitselinte on saadaval erineva laiusega. Kaevises oleva üksiku kaabli kaitseks kasutatakse 125 mm laiust kaitselinti. Kui kaableid on kaevises rohkem kui üks, näiteks kesk- ja madalpingekaablite ühispaigaldus, siis tuleb kasutada 300 mm laiust kaitselinti. Kõikide kaablikaitsetorude otsad tihendada tulekindla makrofleksi abil.



Joonis 3.4. Kaabli paigaldus plastkaitselindiga [6]

Vastavalt JV 0,4...20 kV võrgustandardile [6] peab kaablitorus olema vähemalt 30 % vaba ruumi. Draka Keila Cables kataloogis [8] pakutavate ühises kesta kaablite $3 \times 25 \text{ mm}^2$ kogu läbimõõt on sõltuvalt kaabli konstruktsioonist ja isolatsioonist 37,6 kuni 47,2 mm. Seega minimaalne kaablitoru siseläbimõõt on $47,2 \cdot 1,3 = 61,3 \text{ mm}$.

Vastavalt Piperon kaitsetorude kataloogile [9] jääb 75 mm välisdiameetriga ($\varnothing_{\text{välis}}$) kaitsetoru sisediameeter ($\varnothing_{\text{sise}}$) on 61 mm pisut kitsaks, lisaks on sellise läbimõõduga kaitsetoru saadaval ainult B-tugevusklassiga. Eeltoodust lähtudes on keskpinge maakaabelliinide kaitseks valitud kaitsetorude $\varnothing_{\text{välis}}$ 110mm ja $\varnothing_{\text{sise}}$ 95mm. Sellise läbimõõduga kaitsetoru on saadaval nii A- ja B-tugevusklassiga, kui ka poolitatava konstruktsiooniga, mida saab paigaldada juba maas olevale kaablile. Viimane variant on sobiv, kui kaitsetoru jääb kaugemale otsa- ja jätkumuhvidest.



Joonis 3.5. Kaabli paigaldus torus [6]

Paigaldatavate kaablite minimaalsed püst- ja rõhtvahekaugused on toodud tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Kaabli vahekaugused ja paigaldussügavused paigaldatuna torus või ilma toruta [6]

Nimetus	Vahekaugus või sügavus, m	
Pinnases	$\geq 0,5 / \geq 0,7$	
Sõidutee, parkla, liiklemiseks avatud õu	$\geq 1,0 / -$	
Maantee- ja kuivenduskraavide põhjast	$\geq 0,5 / -$	
Puutüvedest	$\geq 2,0 / > 2,0$	
Künnimaa	$\geq 1,0 / \geq 1,0$	
Alla 1 kV õhuliini mast	$\geq 0,5 / \geq 1,0$	
6-35 kV õhuliini mast	$\geq 2,0 / > 5,0$	
	Paralleelkulgemisel, m	Ristumisel, m
Vee- ja kanalisatsioonitoru	$\geq 1,0 / > 1,0$	$\geq 0,25 / \geq 0,5$
Sidekaabel	$0,25 \dots 0,5 / > 0,5$	$\geq 0,15 / \geq 0,5$
Elektrikaabel nimipingega kuni 1 kV	$\geq 0,07 / \geq 0,1$	$\geq 0,1 / \geq 0,1 \dots 0,5$
Elektrikaabel nimipingega üle 1 kV	$\geq 0,07 / \geq 0,1$	$\geq 0,1 / \geq 0,25 \dots 0,5$

Kaablid tuleb kogu ulatuses tähistada hoiatus-(märke)lindiga. Hoiatuslint peab olema kollast värvi ning sisaldama musta värviga hoiatust, et tegemist on elektrikaabliga ja informatsiooni selle kaabli omaniku kohta. Eelistada tuleb vähemalt kahekordselt venivat (perforeeritud) hoiatuslinti [6]. Hoiatuslinde paigaldussügavuseks on 0,3 m ülalpool paigaldatavat kaablit.

Töö käigus määrata pinnase tüüp ning kivide olemasolu kaablikaevikus. Võimalusel on lubatud kasutada kündmismeetodit, kuid arvestada Põllumajandusameti Jõgeva keskuse esitatud tingimustega (Lisa C.3):

- 1) leida lahtikaevamise teel maakaabelliini trassi ristumiskohad drenaažiga;
- 2) mullatööd drenaaži vahetus läheduses teha käsitsi;
- 3) kuivendusdreanaaži juhusliku vigastuse korral asendada vigastatud torud maakaabelliini trassi kaeve ulatuses vähemalt sama läbimõõtu plasttorudega.

Keskpingekaabli kündmisel tuleb arvestada, et pinnas peab võimaldama kaableid künda ja olema ilma ristuvate allmaakommunikatsioonideta. Künniader peab võimaldama hoiatuslinde sissekünda nõutaval kõrgusel. Kui kündmine toimub alla 0°C temperatuuril, siis tuleb kasutada tootja poolt ettenähtud ettevaatusabinõusid. Madalaimaks tootja poolt lubatud paigaldustemperatuuriks on -20 °C.

Kaablikaeviku täitmisel tihendada pinnas kaabli või toru ümber arvestades pinnase hilisemat vajumist. Kaevis täita täitepinnasega (võimalusel kohapealsest), mis valdavalt ei sisalda üle 20 mm suuruseid kive/tükke, trassi pealispind heakorrastada, ülearune pinnas ja kivid vedada ära.

Kohalike kruuskattega teedega ristumisel teha kaeviku tagasitäitmine ja tihendamine 0,3 m paksuste kihtide kaupa.

Kaevise tagasitaitel talude sissesõiduteede alal kasutada tagasitaitena mineraalset täitematerjali (liiva ja kruusa), mis tihendada vähemalt kahel erineval kõrgusel. Tagisitaitena künnimaal kasutada varem välja kaevatud pinnast, kuid 0,1 m kõrgune ja 0,5 m laiune pealiskihit täita huumusrikka musta mullaga.

Paigaldatavate keskpinge kaablite andmed, paigaldamis- ja taastamistöde mahud on koondatud tabelisse 3.2.

Tabel 3.3. Keskpinge maakaablite andmed ja paigaldamistöde mahud

Nimetus	Sookolli haruliin	Riukuke haruliin	Seemeni haruliin
Kaabli tüüp (soonte arv ja ristlõige), mm ²	Al 3x25 24 kV	Al 3x25 24 kV	Al 3x25 24 kV
Trassi pikkus, m	210	996	1491
Kaabli pikkus, m	223	1022	1525
Kaablikaitse			
A-kl, toru Ø110, m	-	29	-
B-kl, toru Ø110, m	-	16	85
C-kl, kaitselint 125mm, m	47	42	62
C-kl, kaitselint 300mm, m	165	516	-
Siseotsamuhv, tk	1	1	1
Välisotsamuhv, tk	1	1	1
Jätkumuhv, tk	-	2	3
Väljakaevatav pinnas, m ³	105	295	30
Liiv, m ³	14	40	4

3.2.2. Jätkumuhvid ja siirdemuhvid

Keskpinge kaablite jätkamiseks kasutatakse jätkumuhve. Jätkumuhvi konstruktsioon sõltub omavahel ühendatavatest kaablitest. Põhimõtteliselt on kolm erinevat konstruktsiooni, kas omavahel ühendatakse: kaks polümeerkaablit, kaks paberkaablit või paber- ja polümeerkaabel. Viimast loetletud muhvi nimetatakse siirdemuhviks.

Projektis oli arvestatud viie jätkumuhviga. Tehtavad muhvid on näidatud asendiplaanidel (Lisa D).



Joonis 3.6. Jätkumuhv 10, 20 ja 35 kV 1-soonelistele ekraniseeritud plastkaablitele [10]



Joonis 3.7. Siirdemuhv vööisolatsiooniga või ekraniseeritud paberkaablilt 1-soonelisele plastkaablile[10]

Joonisel 3.6. on kujutatud jätkumuhvi ja joonisel 3.7. siirdemuhvi. Muhvi saab osta muhvikomplektina ja tavaliselt on muhvikomplektis järgmised materjalid [10]:

1. Termokahanev väljaühtlustustoru, mis kahandatakse pärast kaabli vastavat ettevalmistamist mõlema kaabli otstele. See toru on kontaktis kaabli välimise pooljuhtkihiga ja ulatub kuni kaabli isolatsiooni mahalõikekandini. Komponente ei ole vaja eelpaigaldada enne mehaanilise klemmi paigaldamist, mis muudab paigalduse kindlamaks. Ainult muhvi isoleerkest ja välimine kaitsetoru tulevad vahepeal ühele kaabli otsale asetada.
2. Jätkuklemm, millel on ärakeeratavad poldipead. Komplektis on kaasas mitmele ristlõikele sobiv jätkuklemm. Antud klemm on seadistatav igale antud juhi diameetrile ja vajalik kontaktjõud tagatakse sõltumata juhi konstruktsioonist ja metallist. Poldipead murduvad tasapinnaliselt klemmi korpusega. Klemmi ja sellega külgnervate väljaühtlustustorude otsad kaetakse juhtiva mastiksmansetiga.
3. Üheosaline termokahandatav põhikest täidab täpselt kaablimantli otste vahele jääva lõigu. Muhvi põhikest koosneb isoleerivast eelpingestatud elastomeerist ja pooljuht termokahanevast pooljuht tugimaterjalist. Paigaldamise käigus rakendatav kuumus tagab elastomeeri töökindla kahanduse ka pärast muhvi pikaajalist laosseismist.
4. Jootevaba ekraaniühendust, kasutades spetsiaalset silindervedru ja vaskvõrku, on võimalik teha universaalne ekraaniühendus kuni 50 mm² vasktraatidega, vasklindiga või alumiinium-laminaadiga kaablitele. Vaskvõrgu abil ekraneeritakse muhv kogu pikkuses.
5. Välistoru, mis katab ka kaabli väliskesta, kahandatakse muhvi peale viimasena. Välistoru on kaetud sisemise liimikihiga. Välistoruga tagatakse kaabli tõhus kaitse väliskeskkonna ja mehaaniliste toimete eest.

4. PROJEKTEERITUD ALAJAAMAD

4.1. Komplektalajaamad

Alajaamaks saab nimetada elektrivõrku kuuluvat kompleksi, mis paikneb kindlal territooriumil, koosneb enamasti ülem- ja alampinge jaotusseadmetest ning trafodest. Jaotusseade ehk jaotla hõlmab lülitusseadmeid nende juurde kuuluvate juhtimisseadmetega [2].

Jaotusalajaamad on oma olemuselt kinnised või lahtised elektrivõrgu rajatised. Lahtisteks saab lugeda mastalajaamasid, mida kasutatakse maavõrgus ja kinnisteks valdavalt linnades kasutatavaid komplektalajaamasid. Komplektalajaamade eeliseks on see, et nad on juba tehases valmis ehitatud ja neid on seetõttu võimalik kiirelt paigaldada. Käitu on komplektalajaamades lihtne teostada, sest nad on standardsed ja tööpõhimõte ning ehitus on lihtne.

Komplektalajaama valimisel ja projekteerimisel tuleb lähtuda trafo maksimaalvõimsusest, alajaama asukohast ja sellest tulenevast koormuskasvust. Samuti tuleb arvestada piirkonna elektriskeemi ning alajaama kestale ja seadmetele esitatavaid nõudeid. Uute alajaamade korpuste valikul on arvestatud OÜ JV võrguhalduse põhimõtetega investeerimisel [12], mille järgi tuleb üldjuhul kasutada välisteenindusega metallkestadega alajaamu. Betoonkesti kasutatakse linnakujunduslike nõuete ja mürasummutusvajaduse korral. Siseteenindusega alajaamu tuleb kasutada juhtudel, kui alajaama teenindamine väljast on takistatud või madalpingeseadmest väljuvate liinide arv on üle 14 trafo kohta.

Lähtudes alajaama toitepiirkonna maksimaalsest perspektiivsest võimsusest otsustati koostöös liinide käidukorraldaja ja arendus-ehitus osakonna projektijuhiga kasutada alajaamu võimsusega kuni 250 kV·A, mis vastab allpool tootud tingimustele [11]:

- 1) võimalik paigaldada trafo võimsusega kuni 250 kV·A kaasa arvatud;
- 2) välisteenindusega;
- 3) ühefiidrilise keskpingseseadme lahtriga (MV), mida saab kasutada läbijooksvana;
- 4) madalpingeseadme (LV) nimivool on vähemalt 400 A;
- 5) Madalpingeseadmesse peab olema võimalik paigaldada kuni kaheksa 160 A jadavinnaklülitit või neli 400 A jadavinnaklülitit;
- 6) LV-s peab olema reserveeritud koht kaoarvesti jaoks. Lahutus-lühistusklemmidelt peavad olema tehtud vastavad ühendused;
- 7) LV-s peab kaoarvesti jaoks olema paigaldatud voolutrafod 400/5 A, 0,2 S;
- 8) KAJ peab vastama standardi IEC 62271-202 kõigile nõuetele.

Harju Elektris saab komplektalajaamu valida kesta järgi vastavalt trafo suurusele [12]:

1. HEKA 1VM160 on tehases valmistatud väljast teenindatav metallkorpusega komplektalajaam ühele jõutrafole kuni 160 kV·A. See on kõige väiksem komplektalajaam, mida saab Harju Elektri toodetest üldse valida. HEKA1VM160 on tupikalajaam ilma keskpingseseadmeta, sisenevad keskpingekaablid ühendatakse otse trafo poolustele. Lisavarustusena saab paigaldada keskpinge liigpinge piirikud. Jõutrafoks on hermeetiliselt suletud õlitrafo võimsusega kuni 160 kV·A primaarnimitalitluspingega kuni 24 kV ja sekundaarnimitalitluspingega kuni 440 V. Võimaliku keskkonna õlisaaste vältimiseks on alajaam varustatud õlikoguriga. Madalpingepaneel ei sisalda pealülitit vaid ainult latistusel 160 A jadavinnaksulavkaitselüliteid. Alajaam ei sisalda ka omatarbe- ega mõõteosa.

2. HEKA 1VM250 on tehases valmistatud väljast teenindatav metallkorpusega komplektalajaam ühele jõutrafole kuni 250 kV·A. Antud alajaam on samuti tupikalajaam ühe fiidrilise keskpingseseadmega. Keskpingseseadmena kasutatakse õhkisolatsiooniga nimivooluga kuni 630 A ja nimitalitluspingega kuni 24 kV tupikseadet (1 fiider). Trafokaitse on teostatud sulavkaitselülitiga. Seadmega on võimalik ühendada läbijooksvat keskpinge kaablit ja lisavarustusena liigpingepiirikuid. Jõutrafo on hermeetiliselt suletud õlitrafo võimsusega kuni 250 kV·A primaar-nimitalitluspingega kuni 24 kV ja sekundaarnimitalitluspingega kuni 440 V. Võimaliku keskkonna õlisaaste vältimiseks on alajaam varustatud õlikoguriga. Madalpingepaneeli tüüpversioon võimaldab sisendis kuni 400 A koormuslülitit, väljundis 400 A jadavinnaksulavkaitselülitid. Standardlahendus sisaldab ka alajaama omatarbe- ja mõõteosa (ampermeetrid ja ümberlülitiga voltmeeter).
3. HEKA 1VM1000 on tehases valmistatud väljast teenindatav metallkorpusega komplektalajaam ühele jõutrafole kuni 1000 kV·A. Komplektalajaama korpus on valmistatud 2,0 mm paksusest kuumtsingitud lehtmestallist, kaetud UV-kindla pulbervärviga ja monteeritud kuumtsingitud terasalusele. Juurdepääsuks keskpinge/madalpinge lülituskohtadele on alajaama otstes ukсед, juurdepääsuks trafole on trafolahtril uks. Uksi saab lukustada. Lahtrite vaheseinad on valmistatud samuti 2,0 mm paksusest kuumtsingitud lehtmestallist.

Vastavalt projekteerimisülesandele on olemasolevale Vanamõisa 10/0,4 kV alajaamale lisaks projekteeritud kolm uut komplektalajaama: Sookolli, Riiukuke ja Seemeni. Uuteks komplektalajaamadeks on valitud ülalpool toodud tingimustele vastav Harju Elektri HEKA 1VM250, mis on varustatud 30 ja 50 kV·A õlitrafodega. Alajaamade 10 kV pool kaitstakse sulavkaitselülitiga AREVA ISARC mis on varustatud 3x10 ja 3x6 A sularitega trafo kaitseks. Alajaamad komplekteeritakse Harju Elekter AS-is 24 kV seadmetega, trafokaablitega ja madalpingejaotlaga vastavalt projektis olevatele joonistele ja tähistustele.

Projekteeritud alajaamade korpus on valmistatud 2,0 mm paksusest kuumtsingitud lehtmestallist, mis on kaetud UV-kindla pulbervärviga. Alajaama seinad ja sokkel kaetakse RAL7035 Light grey värviga. Teisaldatav viilkatus on kaetud RAL6015 Black olive tooniga. Tellija soovil on võimalik alajaama kest katta ka laudvoodriga. Juurdepääsuks madalpinge lülituskohtadele ja ka trafole on alajaama otsas ja küljel ukсед, mis on varustatud tuuleriiviga.

Ehituse käigus tuleb alajaama alla kaablite sisse- ja väljaviikude jaoks vähemalt 2 m ulatuses paigaldada kaitsetorud. Alajaamade alune pinnas kaevatakse välja mineraalse pinnaseni ja täidetakse tihendatud kruusa ja killustikuga. Alajaamade alla ja ümber paigaldadakse 2 m laiuselt geotekstiil. Alajaamade sokliosa/ kaablikelder paigaldadakse 10 cm paksusele liivapadjale mille alla tehakse 20 cm paksune killustikalus, mis tagab alajaama paigalduskõrguse 50 cm planeeritud pinnasest kõrgemale. Alajaama ümber paigaldadakse 0,3 m ulatuses kõnniteeplaadid, teeninduskohtadele 0,9 m ulatuses. Enne alajaama ümbruses olevate tööde teostamist ja alajaama paigaldamist kutsutakse kohale kinnistu omanik või volitatud esindaja.

Tõstmiseks ja paigaldamiseks on komplektalajaamad varustatud tõsteasadega. Alajaama kest tuleb tõsta koos katuse ja madalpingeseadmetega, kuid ilma jõutrafota [12]. Alajaama transport ja montaaž tuleb teha vastavalt seadmetega kaasas olevale transpordi- ja vundeerimisjuhendile ja paigutusjoonisele (Lisa D.06.01).



Joonis 4.1. Harju Elektri komplektalajaam HEKA1VM250 [2]

Tabel 4.1. Harju Elektri AS poolt valmistava komplektalajaama HEKA1VM250 mõõtmed [12]

Andmed	Pikkus, mm	Laius, mm	Kõrgus, mm
Alajaama korpus	2185	1604	2232
Trafo ruum	1420	1075	2120
Keskpinge seadme ruum	1170	900	2120
Madalpinge jaotla	900	320	2120
Max. trafo mõõtmed	1200	875	1650

4.2. Trafo

Jaotusvõrgu käidu seisukohalt on oluline trafo lülitusgrupi valik. Jaotusvõrgu trafodes kasutatakse kolme erinevat lülitusgruppi. Trafodel nimivõimsusega 50-100 kV·A kasutatakse lülitusgruppi Yzn. Selle lülituse eeliseks on, et asümmeetrilisel koormusel ei teki trafo madalpingepoolel olulisi faasipingete erinevusi. Siksaklülitusel asub trafo iga mähis trafo kahel sambal, mistõttu asümmeetrilisel koormusel püsib pinge sümmeetrilisena. Trafodel 160-2500 kV·A kasutatakse lülitusgruppi Dyn. Trafo ühe mähise ühendamisel tähte ja teise ühendamisel kolmnurka takistatakse kõrgemate harmooniliste levikut elektrivõrgus ning tagatakse, et trafo faaside koormus primaarpoolel on trafo sekundaarkoormuste ebavõrdsuse korral ühtlasem [4].

Eesti jaotusvõrgus olid varem laialdaselt kasutusel Yyn-lülitusgrupiga trafod. Selliste trafode asümmeetrilisel koormamisel tekivad madalpinge poolel suured faasipingete erinevused ning täiendavad võimsuskao [4].

Samuti annab lülitusgruppide Yzn ja Dyn kasutamine Yyn asemel paremaid tulemusi 0,4 kV elektrivõrgu kaitsmisel ühefaasiliste lühiste eest. Erinevate lülitusgruppide ühefaasilise lühise näivtakistused on antud arvutusliku osa tabelis 8.1. Ühefaasilise lühise näivtakistused on lülitusgruppidel Yzn ja Dyn väiksemad kui Yyn-lülitusgrupil ja seepärast tuleb arvutuslik ühefaasiline lühisvool suurem.

Tabel 4.2. Põhilised nõuded kuni 160 kV·A 10/0,4 kV trafodele [13]

Nimetus	Andmed
Konstruksioon	Hermeetiliselt suletud (vastavalt EVS-HD 426.1 S1)
Jahutus	Loomulik õli-õhkjahutus
Kliimatingimused	-40 °C kuni +40 °C
Kõrgus merepinnast	Kuni 1000 m
Nimepinged	15,5 ± 2 x 2,5% / 0,410 kV
Mähiste materjal	Vask
Maksimaalne lubatud temperatuuritõus (mähis/õli)	65 / 60 K
Trafoõli	Mineraalõli vastavalt IEC 60296 nõuetele
Tühijooksukaod	Kasutada vähendatud tühijooksukadudega trafosid (vastavalt EVS-HD 428.1 S1)
Trafo paak	Korrosioonikindel (liivjugapuhastus, värvitud, tsiingitud)

Projekteeritud komplektalajaamadesse paigaldada järgmised trafod: Seemeni KAJ - 30 kV·A, Sookolli ja Riiukuke KAJ - 50 kV·A.



Joonis 4.2. ABB 10/0,4 kV õlitrafo 50 kV·A [2]

Tabel 4.2. Valitud trafode tehnilised andmed [14]

Nimetus	Trafo andmed	
	30 kV·A	50 kV·A
Primaarpinge, V	10500	10500
Sekundaarpinge, V	410	410
Lülitusgrupp	Y/zn-11	Y/zn-11
Lühispinge, %	4	4
Tühijooksukadu, W	100	170
Koormuskadu, W	720	1150
Pikkus, mm	760	810
Laius, mm	570	620
Kõrgus, mm	880	880
Õlikaal, kg	85	92
Kogukaal, kg	270	315

Jõutrafod on viieastmelise reguleerimisdiapasooniga $\pm 2 \times 2,5 \%$ – 11026 V, 10763 V, 10500 V, 10237 V ja 9974 V. Jaotustrafode pingeastet saab muuta vaid väljalülitatud olukorras [4].

4.3. Keskpingseseade

Keskpingepoolel saab trafo kaitseks kasutada õhkisulatsiooniga nimivooluga kuni 630 A ja nimitalitluspingega kuni 24 kV tupikseadet (1 fiider).

Keskpingseseadmeks on valitud sulavkaitselüliti AREVA ISARC $I_n=400$ A, $U_r=24$ kV, $I_k=20$ kA. Sisenev keskpingekaabel ühendatakse kõige pealt liigpingepiirikutele ning sealt edasi keskpingseseadme alla. Valitud alajaama saab vajadusel hiljem liigpingepiirikute pealt teise lisakaabli paigaldamisega ehitada läbijooksvaks.



Joonis 4.3. Keskpingseseade AREVA ISARC $I_n=400$ A, $U_r=24$ kV, $I_k=20$ kA [2]

4.4. Madalpingejaotlad

HEKA1VM250 madalpingepaneeli tüüpversioon võimaldab sisendis kasutada 400 A koormuslüliti ning väljundis 400 A jadavinnaksulavkaistselüliteid.

Uude Sookolli alajaama madalpinge jaotlasse on projekteeritud kolm, Sookolli alajaama kaks ja Seemeni alajaama üks väljuvat fiidrit jadavinnaklülititega $I_n=400$ A ja $I_n=160$ A.

Lisaks on alajaamal omatarbe osa, mis tagab uste avamisel valgustuse ja 1-faasilise toite. 0,4 kV jaotlat võib näha jooniselt 4.4.

Projekteeritud komplektalajaamal Sookolli on viis tarbijat, Riiukuke alajaamal on neli tarbijat ja Seemeni alajaamal 1 tarbija. Kauglugemisega kaoarvestussüsteemid (arvesti ZMD 410, antenn ja modem) tuleb paigaldada mõlemasse projekteeritavasse alajaama. Kolm tööpäeva enne kaoarvestite paigaldamise alustamist tuleb sellest teavitada Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ kohaliku mõõtesektori töödejuhatajat.

Et 0,4kV poolel tarbitav vool oleks kaoarvestiga mõõdetav, tuleb selle ette paigaldada voolutrafod 400/5 A täpsusklassiga 0.2 S. Voolutrafodega mõõtesüsteemis kasutatakse alati lahtus- ja lühistusklemme, mille abil saab arvesti vahetamisel või mõõtesüsteemi kontrolli-ja hooldustoimingutel pingehelaid lahutada ja vooluahelaid lühistada.

Alajaamade elektriskeemid on esitatud lisas D04.01...03.



Joonis 4.4. HEKA1VM250 madalpingejaotla [2]

5. PROJEKTEERITUD MADALPINGEVÕRGUD

5.1. Üldist

Kaablite paigaldamisel tuleb ehitajal järgida järgnevaid punkte [15]:

1. Enne kaevetööde ja ehitustööde alustamist võtta ühendust teiste ristuvate tehnorajatiste trasside ja maaomanikega või nende esindajatega.
2. Teiste tehnorajatiste trassidega ristumisel teha kaevetööd käsitsi.
3. Kaabelliini nõutavad püstvahekaugused ristumisel: sidekaabliga $\geq 0,15$ m; дренаazi, vee- ja kanalisatsioonitoruga $\geq 0,5$ m; kaugküttetoruga $\geq 0,3$ m; gaasitoruga $\geq 0,2$ m, elektri kaabliga $\geq 0,1$ m.
4. Kaabelliini nõutavad rõhtvahekaugused rööpkulgemisel: sidekaabliga $\geq 0,5$ m; дренаazi-vee- ja kanalisatsioonitoruga ≥ 1 m; kaugküttetoruga ≥ 2 m; gaasitoruga ≥ 1 m, elektri kaabliga $\geq 0,07$ m.
5. Ristumistel sõiduteedega paigaldada kaabel A-klassi kaitsetorru, kõnnitee korral B-klassi kaitsetorru.
6. Liikluskorralduse nõuded teetöödel: ehitajal on kohustus täita liikluskorralduse nõudeid teetöödel, mis on kehtestatud majandus- ja kommunikatsiooniministri 16. aprilli 2003. a määrusega nr 69, liiklejale ohutute liiklustingimuste loomiseks teel ja töö tegijale ohutute töötingimuste loomiseks teel ja tee kaitsevööndis.

Ehitatavatele madalpingekaablitele on OÜ Jaotusvõrk seadnud järgmised nõuded [15]:

1. Madalpinge kaabelliinid ehitada neljasoonelise, markeeritud neutraalsoonega alumiinium- või vasksoontega kaablitega, kui pole esitatud erinõudeid. Kaablid peavad vastama standardile IEC 60502-1. Kaabli materjalid, konstruktsioon, omadused ja testid peavad vastama standardile CENELEC HD 603.
2. Kaablite nimipinge peab olema soonte vahel vähemalt 1(1,2) kV, soone ja maa vahel 0,6 kV.
3. Kasutataval kaablil peab olema valmistaja markeering, millest selgub kaabli tüüp, ristlõige, nimipinge, valmistamisaasta ja valmistaja (tehas).
4. Soovitavad on ekstrudeeritud PVC- ja PE, PEX-, PEH, XLPE isolatsiooniga kaablid. Isolatsiooni struktuur peab takistama niiskuse levimist pikisuunas ja olenevalt paigaldustingimustest vajadusel ka ristisuunas. Tuleohtlikes ruumides eelistada tuld mitte levitava PVC-isolatsiooniga kaableid.
5. Kaablisooone suurimaks lubatud temperatuuriks võetakse:
 - kestval töövoolul PVC-isolatsiooniga $+70$ °C;
 - (XL-)PE-isolatsiooniga pinnases $+65$ °C õhus $+70$ °C;
 - ja lühisel 5 s jooksul PVC-isolatsiooniga kuni $+160$ °C (>300 mm² $+140$ °C);
 - (XL-)PE-isolatsiooniga $+250$ °.

Madalpingevõrkudes kasutatakse maakaablina AXPK kaablit. AXPK on ettenähtud kohtkindlaks paigalduseks sise- ja välistingimustes, ka pinnases. Sobib ka rasketes oludes, kuid peab olema ka kaitstud mehaanilise toime eest. Kõrgeim lubatav pidevas kasutuses juhtme temperatuur on 90 °C, aga kuni 5 sekundilise lühise korral 250 °C. Madalaim paigaldustemperatuur on -15 °C. Konstruktsiooniliselt on tegemist alumiiniumsoontega, (PEX) ja PVC-mantliga kaabliga. AXPK ristlõiked algavad 16 mm² [8].



Joonis 5.1. Alumiiniumjuhtmetega ja PEX isolatsiooniga 1kV jõukaabel AXPk [8]

Tabel 5.1. Jõukaabli AXPk 4G16, 4G50 ja 4G120 tehnilised andmed [8]

Tehnilised andmed	AXPK 4G16	AXPK 4G50	AXPK 4G120
Läbimõõt, mm	20	27	38
Mass, kg/km	380	830	1900
Väiksem lubatud painderaadius paigaldusel, m	0,24	0,33	0,46
Suurim lubatud tõmbejõud (paigaldusel veosukaga), kN	0,9	3,0	7,2
Suurim lubatud tõmbejõud (paigaldusel veopeaga), kN	3,2	10,0	20,0
Näivtakistus (juhe 20 °C), Ω/km	1,91	0,641	0,253
Lubatud koormusvool õhus (juhe 70 °C), A	64	125	220
Lubatud koormusvool pinnases (juhe 70 °C), A	78	150	255
Suurim lubatud lühisvool 1 s jooksul, kA	1,5	4,7	11,3

5.2. Madalpinge maakaabelliinid

Vastavalt PÜ-le on projekteeritud endiste Vanamõisa alajaama F-2 ja F-3 tarbijate osaline ülevõtmine uute alajaamade toitele. F-2 liinil on tarbijad ülevõetud uue alajaama toitele alates Soo talust. Selleks on Sookolli alajaamast projekteeritud kolm maakaabelliini fiidrit. Soo talu toiteks on projekteeritud F-1 maakaabelliin AXPk 4G50 kaabliga mööda Soo talu mahasõidutee äärt. Ülejäänud talude alajaamaga sidumiseks on projekteeritud F-2 ja F-3, mis on seotud olemasolevate õhuliinidega alajaama kõrval olevas mastis. F-2 väljaviik on projekteeritud kaabliga AXPk 4G50 ja F-3 väljaviik kaabliga AXPk 4G120.

Vanamõisa alajaama F-3 pingeprobleemi lahendamiseks on õhuliin rekonstrueeritud maakaabelliiniga. Rekonstrueeritud liini tarbijad jagatakse olemasoleva Vanamõisa ja uute Riiukuke ja Seemeni alajaamade vahel. Kuni Lombi taluni jäävad tarbijad Vanamõisa alajaama toitele. Torma-Kirik, kabel, pastoraadihoone ja Päevaaru talu on võetud Riiukuke alajaama toitele. Endise Vanamõisa F-3 õhuliini lõpus olev Seemeni talu on võetud uue Seemeni alajaama toitele. Vanamõisa F-2 ja F-3 õhuliinide rekonstrueerimiseks on kasutatud AXPk 4G120, AXPk 4G50 ja AXPk 4G16 kaableid.

Projekteeritud alajaamadest väljuvad maakaabelliinidel, mis seotakse õhuliinidega tuleb kaabliotsad varustada termokahanevate sõrmikotsamuhvidega. Lülitusoperatsioonide tagajärjel tekkivate liigpingeimpulsside ja äikese eest kaista madalpingekaablid

välisotsadele monteeritavate LVA 440 liigpingepiirikutega. Kaablite kinnitamiseks puitmastile kasutada SO 71 distansnaelu. Raudbetoonmastidele kinnitada kaablikinnitusklambrid teraslintide abil. Kaabli ülesviigud kaista AKK 10 kaablikaitserenniga min. 2,0 m kõrguseni mastil.

Võrgu maakaabelliinidega rekonstrueerimisel tuleb olemasolevate talude toite taastamiseks paigaldada uued tarbijakaablid, milleks oli valitud jõukaabel AXPK 4G16. Maakaablid tuleb paigaldada vastavalt lisa D.01.01...05 joonistel näidatud trassile. Ülesviigud kaitsta AKK 100 kaablikaitserenniga min. 2,0 m kõrguseni. Tarbijate maja seinale juhtmete sisseviigu kohale monteeridakse klemmkarbid, mis koosnevad plastamassist A-boxist ja klemmidest vastavalt juhtmete arvule ja ristlõgetele. Vanad õhuliini sisestused ja püstakud koos isolatoritega demonteeritakse.

Jaotusvõrgu 0,4...20 kV võrgustandard [6] näeb ette vähemalt 30 % vaba ruumi olemasolu kaitsetorus. Draka Keila [8] AXPK kaablite läbimõõdud on toodud tabelis 5.2. Minimaalne kaabli toru siseläbimõõt kaablile AXPK 4G120 on $38 \cdot 1,3 = 49,4$ mm, kaablile AXPK 4G50 on $27 \cdot 1,3 = 35,1$ mm ja kaablile AXPK 4G16 on $20 \cdot 1,3 = 26$ mm.

Vastavalt Pipelife kaitsetorude kataloogile [9] on $\varnothing_{\text{välis}}$ 110 mm kaitsetoru $\varnothing_{\text{sise}}$ 95 mm ja $\varnothing_{\text{välis}}$ 75 mm kaitsetoru $\varnothing_{\text{sise}}$ 61 mm. AXPK 4G120 kaabel mahuks ka kitsamasse $\varnothing_{\text{välis}}$ 75 mm kaitsetorru, mida on saadaval ainult B-tugevusklassi oma, kuid arvestades asjaolu, et trass ristub paljudes kohtades riigimaanteega, kus on nõutud A-tugevusklassi kaitsetoru, siis on AXPK 4G120 kaitseks valitud $\varnothing_{\text{välis}}$ 110 mm kaitsetoru. AXPK 4G50 kaablikaitseks on valitud valdavalt $\varnothing_{\text{välis}}$ 75mm kaitsetoru, välja arvatud ristumistel riigimaanteega, kus kasutada samuti $\varnothing_{\text{välis}}$ 110mm kaitsetoru. AXPK 4G16 kaabli kaitseks kasutada $\varnothing_{\text{välis}}$ 50 mm kaitsetoru, kuna selle $\varnothing_{\text{sise}}$ 42 mm on piisav.

0,4 kV maakaabellinide ehitamisel lähtuda samadest nõuetest, mis 10 kV maakaabelliini korralgi. Madalpinge maakaabelliinide andmed ja paigaldamistööde mahud on toodud tabelis 5.2.

Jadavinnak sulavkaitselülite klemmide alla kaablisoonte ühendamisel jälgida klemmi ja sektori kujulise kaablisoonte kuju. Kaablisoon keerata klemm geomeetriaile vastavasse asendisse enne kinni pingutamist.

Tabel 5.2. Madalpinge maakaabelliinide andmed ja paigaldamistööde mahud

Nimetus	Vanamõisa AJ 0,4 kV maakaabelliinid	Sookulli AJ 0,4 kV maakaabelliinid	Riukuke AJ 0,4 kV maakaabelliinid	Seemeni AJ 0,4 kV maakaabelliinid
1	2	3	4	5
Kaablite arv ja tüüp (soonte arv, ristlõige), mm ²	6x AXPK 4G120 2x AXPK 4G50 6x AXPK 4G16	1x AXPK 4G120 2x AXPK 4G50 1x AXPK 4G16	3x AXPK 4G120 3x AXPK 4G16	1x AXPK 4G50 1x AXPK 4G16
Trassi pikkus, m	1082	251	1184	108

Tabeli 5.2. järg

1	2	3	4	5
Kaabli pikkus, m	1185	289	1229	118
Kaablikaitse				
A-kl, toru Ø110, m	107	-	15	-
B-kl, toru Ø110, m	4	-	19	-
B-kl, toru Ø75, m	11	23	-	9
B-kl, toru Ø50, m	8	6	49	7
C-kl, kaitselint 125 mm, m	345	40	312	93
C-kl, kaitselint 300 mm, m	19	10	9	-
Välisotsamuhv, tk	28	7	12	3
Puurimine kinnisel meetodil, m	86	-	15	-
Väljakaevatav pinnas, m ³	180	34	178	52
Liiv, m ³	18	3,5	18	5
Huumusrikkas mustmuld, m ³	16	-	-	-
Äraveetav pinnas, m ³	34	3,5	18	5
Kruusateede taastamine, m ²	18	6	38	5,4

5.3. Madalpinge õhuliin

Projekti kohaselt tuleb rekonstrueerida Sookolli alajaama F-3 õhuliin. Õhuliin rekonstrueerimine, ehk juhtme ja mastide osaline vahetus, on vajalik kuna praegune õhuliin on amortiseerunud. Rekonstrueerimise käigus asendatakse olemasolev A-4x35 juhtmeline õhuliini juhe uue rippkeerdkaabliga ja olemasolevad raudbetoon mastid M1 ja M3 uute puitmastidega.

Masti materjaliks tuleb kasutada immutatud männipuitposte lubatud paindetugevusega vähemalt 18 N/mm² [16]. Vastavalt JV tehnikapoliitikale [17] tiheasutusega piirkonnas tuleb kasutada Tanalith E-7 immutusega maste, hajaasutusega piirkonnas – kreosootõliga immutatud maste. Immutatava puidu algniiskus ei tohi ületada 28 %. Masti markeeringul peab olema toodud immutusmeetod, tootmise- ja immutamise aasta ning tootja [18].

Tabel 5.3. Standardiseeritud mastid [16]

Masti pikkus, m	Ladva läbimõõt							
	Klass 1		Klass 2		Klass 3		Klass 4	
	d = 15 cm		d = 17 cm		d = 19 cm		d = 21 cm	
	V m ³	M _{max} kN·m	V m ³	M _{max} kN·m	V m ³	M _{max} kN·m	V m ³	M _{max} kN·m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	0,21	8,4	0,25	12,8	-	-	-	-

Tabeli 5.3. järg

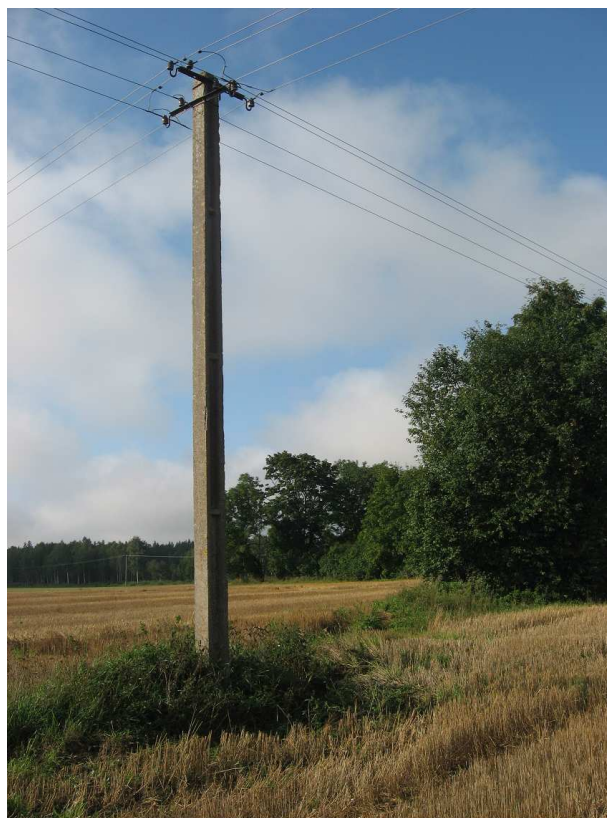
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	0,25	10,4	0,29	13,6	0,36	17,6	0,43	21,4
10	0,29	11,6	0,34	15,0	0,42	20,4	0,49	25,2
11	0,33	12,3	0,40	16,4	0,48	22,3	0,56	29,0
12	0,37	13,0	0,45	17,6	0,54	23,8	0,63	31,2
13	pole soovitatavad		0,51	19,8	0,60	24,5	0,70	33,0
14			0,56	22,2	0,67	25,6	0,78	34,4
15			0,63	25,0	0,75	26,8	0,86	34,6
MÄRKUS 1 – masti ruumala on arvutatud lähtudes posti suurimast arvutuslikust koondest 8 cm/m.								
MÄRKUS 2 – lubatav paindemoment on arvutatud 2,0 meetrit posti alumisest otsast lähtudes posti koondest 5...7 cm/m.								

Madalpinge õhuliini juhtmena tuleb kasutada 1 kV PE isolatsiooniga alumiiniumjuhtmega rippkeerdkaablit EX. Nimetatud kaabel on ettenähtud riputamiseks mastidele ja koosneb keerutatud ja tihendatud ümar alumiiniumjuhtmetest. Rippkerdkaablisooned on isoleeritud ilmastikukindla musta polüeteeniga, mille faasisooned on omakorda tähistatud pikisuunas markeerimisharjasega [8].

Sookolli alajaama F-3 õhuliini rekonstrueerimisel kasutada rippkeerdkaablit EX ristlõikega 4x50 mm² ning Tiia Rannale kuuluva hoone sisestuseks ristlõikega 4x25 mm². Olemasolevate r/b mastide asendamisel puitmastidega tuleb kasutada kreosootilis immutatud kolmanda klassi maste. Sookolli F-3 mast M1 ehitusel tuleb paigaldatav mast toetada sama tüüpi 1 m pikema puittoega, mis jääb rekonstrueeritud liini suunale. Olemasoleva juhtmega allesjääva F-2 liini sidumiseks paigaldada samasse M1 masti uus isolaatoritega varustatud paljasjuhtme lõputraavers. Samasugune lõputraavers tuleb paigaldada veel ka hargnemismasti M3 ning lisaks veel ka puitmasti tõmmitsa komplekt (ilma isolaatorita). Tõmmitsa paigaldus on vajalik kuna üks väljuvatest harudest demonteeritakse ja allesjääva paljasjuhtmelise haruliini A-4x35 poolt tekitatav tõmme on vaja kompenseerida. Sookolli F-3 olemasolevad raudbetoonmastid M12, M14 ja M15 õiguda.

**Joonis 5.2.** Alumiiniumjuhtmetega ja PE isolatsiooniga 1kV rippkeerdkabel EX [8]

Liini rekonstrueerimisel on jälgitud et püstvahekaugus tee ja liinijuhtme vahel ei ületaks standardis [16] määratud 7 m minimumi, arvestatud on maksimaalse rippega 1 m +30 C° juures kui teega ristuva visangu pikkus on 50 m.



Joonis 5.3. Sookolli komplektalajaama mast M3 [2]

Õhuliini mastidele paigaldatavate seadmete spetsifikatsioon on toodud materjalide ja seadmete spetsifikatsiooni tabelis (Lisa A) Kasutatud EX rippkerdkaablite tehnilised andmed on toodud tabelis 5.4.

Tabel 5.4. Rippkerdkaabli EX 4x25 ja 4x50 tehnilised andmed [8]

Tehnilised andmed	EX 4x25	EX 4x50
Isolatsiooni paksus, mm	1,3	1,4
Läbimõõt, mm	22	28
Mass, kg/km	405	700
Minimaalne katketugevus, kN	4,1	7,3
Näivtakistus (juhe 20 °C), Ω /km	1,2	0,641
Lubatud koormusvool (juhe 70 °C), A	83	125

5.4. Elektrikilbid

Elektrikilp on ehitise või elamupiirkonna elektrienergia jaotamise seade. Kilpi võivad kuuluda lülitid vooluahelate kommuteerimiseks, sulavkaitsmed ja liigvoolu- või rikkevoolukaitselülitid inimeste ja aparatuuri kaitseks, kontrollerid seadmete juhtimiseks, arvestid tarbitava energia mõõtmiseks, lisaks reguleerimis- ja signalisatsiooniseadmed. Kilbil on enamasti üks sisend, väljundite arv sõltub vajadusest [4].

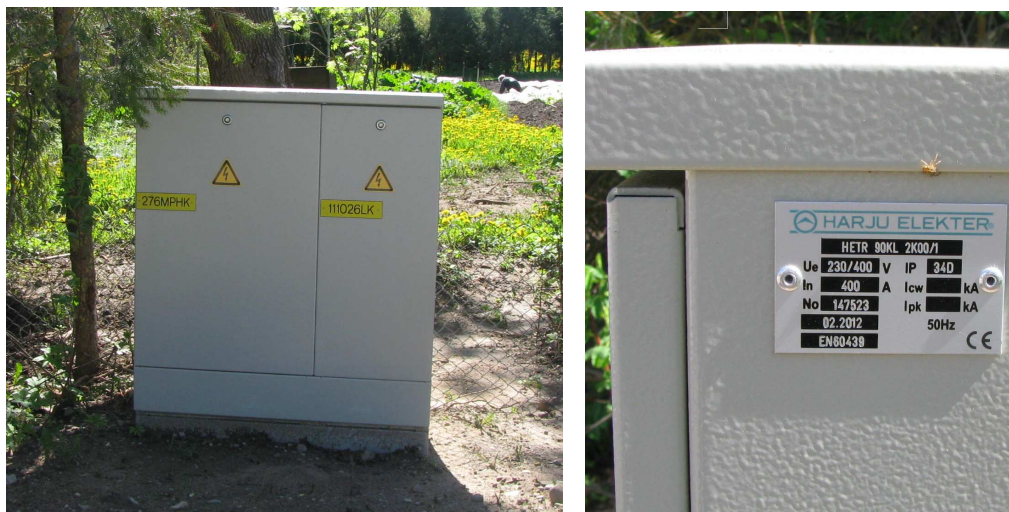
Kaablikapid on ette nähtud madalpingeliste liinide kommuteerimiseks ja tarbijate toiteliinide kaitseks. Kapid on mõeldud statsionaarseks paigaldamiseks välitingimustes pinnasesse selleks ettenähtud vundamendile (soklile) või seinale seinakinnitustarvikute abil. Võimalik on ka paigaldamine betoonist alusele kasutades ankrupolte [8]. Välitingimustes peaks kilbi kaitseaste olema vähemalt IP 34D.

Välitingimustele vastav kilp peab olema ilmastikukindlast materjalist (tsingitud metall, alumiiniumkest või plast) ja omama soovitavalt UV-kindlat värvkatet. Kilp peab olema ventileeritav ja võimaldama kondensaadvee äravoolu [19].

5.4.1. Kaablikapid

Haru- ja liitumiskilbid paigaldada asendiplaanil (Lisa D.01.01...05) näidatud kohtadesse sokliga pinnasesse. Kilbi paigaldamisel arvestada paigalduskoha planeeritud kõrgusega, sokliosa peaks ulatuma sellest ca 20 cm kõrgemale. Kilbi alus täita tihendatud kruusaga, kilbi sokliosa täita kergkruusaga. Liitumiskilbi paigaldamisel võtta ehitajal ühendust OÜ Jaotusvõrgu mõttesektoriga vähemalt 3 tööpäev enne tööde alustamist. Liitumiskilpi paigaldada kilbiskeem koos liituja aadressiga.

Tavaliselt on kaablikapi uks teisaldatav ja varustatud lukuga. Seadme korpus valmistatakse 2 mm paksusest kuumtsingitud teraslehest ning kaetakse ränihalli pulbervärviga. Elektriaparatuur paigaldatakse kapis kas kogumislattidele või montaažiplaadile. Harukilbil on sademete kaitseks ülekattega katus, kondensaadvee kogunemine on piiratud topeltlaega ja äravooluga läbi korpuse põhja. Kapi ventilatsioon toimub veenina varjus paiknevate tuulutusavade kaudu. Korpuste kaitseaste suletud uste ja hermetiseeritud läbiviikude korral on IP 44, eemaldatud uksega IP 20. Seadmestik valitakse selline, et vajalikke lülitustoiminguid saab täita ka pingestatud juhtmete ja lattide korral [12].



Joonis 5.4. Harju Elektri liitumiskilp ja kaablikapp [2]

Kõik tänapäevased kaablijaotus- ja harukapid on ülesehitatud moodulsüsteemis. Moodulsüsteem lihtsustab oluliselt projekteerimist ja monteerimist. Kõigi lülitite ja lattide laius on täisarv mooduleid. Ainuke puudus on see, et erinevatel firmadel on moodulite laiused erinevad. Eestis kasutatakse põhiliselt kolme firma kaablikappe: Harju Elekter, Ensto ja ABB.

5.4.2. Liitumiskilbid

Elektrituruseaduse järgi on liitumispunkt turuosalise elektripaigaldise täpselt määratletud ühenduskoht väliselektrivõrguga.

Kaablivõrgu korral monteeritakse mõõtekilp spetsiaalsele raamile, eraldi vundamendile või kinnitatakse transiitkilbi külge. Paigaldatava mõõtekilbi ees peab olema teenindusruumi vähemalt 1 m ja kilbi uks peab avanema vähemalt 120°. Mõõtekilp peab olema lukustatav elektrivõrgu ettevõtte poolt. Luku avamiseks on ette nähtud kolmnurkvõti. Välistingimustes kasutatav mõõtekilp peab olema valmistatud ilmastikukindlast materjalist (tsingitud metall, alumiiniumkest või plastik) ja värvituna omama soovitatavalt UV-kindlat värvkatet. Mõõtekilbi kesta kaitseaste peab olema välistingimustes vähemalt IP 34D; avatud ukse korral vähemalt IP 20. Mõõtekilbi ehitus peab tagama mitteohuteadlike isikute ohutuse peakaitseelüliti lülitamisel, see tähendab kogu kilbi juhtmestik peab olema kaitsekatte taga. Peab olema tagatud arvestini kulgeva juhtmestiku plommitavus. Plommitavad peavad olema ka arvesti klemmiist, programmkell ja peakaitsmed [19].

Eesti Energias kehtiva võrgustandardi järgi koosneb mõõtekilp:

- 1) arvestisektsioonist;
- 2) alumisest ühendusruumist;
- 3) ülemisest ühendusruumist (ühendamiseks arvestist tagapool asuvate seadmetega, kuid mitte kasutamiseks jaotussõlmene).

Liitumiskilpide ehitusel kasutada 1 ja 2-kohalisi sokliga kilpe. Harukilbi ehitusel kasutada samuti sokliga kilpe. Soklite ümbrus tihendada ja täita kruusaga, madalas kohas olevate kilpide aluspinda tõsta 0,2-0,3 m võrra. Kilbi kohta on arvestatud 0,02 m³ kruusa. EELK Torma Maarja Koguduse kirikule ja pastoraadi hoonetele ja Eimar Roondikule kuuluvale Ormani talule lähivad 2-kohalised sokliga liitumiskilbid. Objektile paigaldatavad liitumiskilbid on toodud lisa A tabelis 1.

Allpool on näitena ära toodud 1-kohaliste sokliga liitumiskilbi ehituseks sobiva ABB OKAB 14 kilbi tehnilised andmed.

Tabel 5.11. Liitumiskilbi ABB OKAB 14 tehnilised andmed [20]

Nimetus	Andmed
Nimivool, A	63-100
Nimitalituspinge U_e , V	400
Arvutuslik isolatsioonipinge U_i , V	$U_i > U_e$
Enim lubatav lühiajaline lühisvool, kA	10
Kaitse elektrilöögi eest	Kest, kaitsemaandus
Juhistiku süsteem	TN-C
Mass, kg	59
Mõõdud, mm	
- pikkus	600
- laius	200
- kõrgus	1200

ABB liitumiskilbi OKAB-seeria väljatöötamise peamiseks nõudeks on lihtsus ja paindlikus. Kilpide materjaliks on kuumtsingitud terasplekk, nende sokliosad on lisaks sellele värvitud pulbervärviga. Korpused valmistatakse Rootsis ja komplekteeritakse Harjumaal Keilas asuvas tehases sobiva montaažplaadiga, millel on koostatud ühe või mitme arvestiga liitumiskilbi skeem. Liitumiskilbi sisu on valmistatud Keilas [21].

5.5. Madalpingevõrgu kaitse

Elektrivõrguga ühendatud seadmed võivad ebasoodsates oludes kahjustuda või muutuda ohtlikuks. Kaitsta on tarvis inimesi ja loomi elektrilöögi eest ning seadmeid liigkoormuste ja lühiste eest. Enamlevinud kaitsevad elektrivõrgus on sulavkaitsmed, kaitserleed, kaitseülilid ja liigpingepiirid.

Sulavkaitse on lihtsaim ja odavaim viis kaitsta madalpingevõrkusid. Sular on kergsulavast metallist varras või riba, mis elektrivoolu toimel kuumeneb ja rakendusvoolu juures sulab, katkestades vooluahela.

Sularite juures on kasutusel järgmised tähised [4]:

- 1) g- täielik kaitse, rakendub nii liigkoormusest kui lühisest;
- 2) a- osaline kaitse, mõeldud vaid lühisvoolu lahutamiseks;
- 3) G- üldotstarbeline;
- 4) M- mootoriahela kaitse;
- 5) R- pooljuhtide kaitse.

Elektrivõrgu kaitseks kasutatakse kiiretoimelisi sulavkaitsmeid, mille rakendumistunnusjoone tüüpi tähiseks on gG. Mootorite puhul kasutatakse aM- tüüpi sulareid. Sulavkaitse lahutab mootoritel vaid lühisvoolu. Liigkoormuse vastu kaitseb mootorit väiksema lahutusvõimega kaitseüliliti.

Sulavkaitsmeid iseloomustab veel nimivool, nimipinge, voolu tüüp (alalisvoolu jaoks on eraldi kaitsmed), lahutusvõime [4].

Sulavkaitse peab taluma 1-2 tunni vältel 1,6 kordset nimivoolu. Sular ei tohi reageerida kuni (1,3-1,4) kordsele nimivoolule. Suuremate voolude korral on lahutusajad väiksemad. Nii võib kümnekordselt nimivoolu ületava lühisvoolu korral lahutusaeg olenevalt kaitsme tüübist olla vaid 0,001 sekundit. Niivõrd kiiresti reageeriv sulavkaitse piirab tunduvalt lühisvoolu. Selektiivsuse tagamiseks peab alati gG-tüüpi sulavkaitsme nimivool olema temale järgnevast sulavkaitsmest 1,6 korda (nimivoolu ühe astme võrra) suurem [4]. Sobivate sularite leidmiseks on teostatud arvutused töö arvutuslikus osas 8.

6. TÄHISTUSED

Elektripaigaldise või -seadme tähistus annab käidu- või ohutusalast eriteavet kujutise, värvi, tingmärgi, numeratsiooni või kirje kombinatsiooni kaudu. Tähis peab olema valmistatud võimalikult purunemis-, ilmastiku- ja keskkonnakindlast materjalist. Välistähistuseks kasutada peale värvi ainult tugevat plast- või metallmaterjali, mis kinnitada ülesseadmiskohale neetimise või kruvikinnitusega. Võrgustandardis on tähistuste mõõtmete valikul lähtunud piisavast lugemiskaugusest [18].

Projekteeritud kaablimastidele paigaldada järgmised tähised [18]:

- 1) 1,0 m allpool masti pingestatud seadmetest (liigpingepiirikud) kollane hoiatuslint;
- 2) 2...2,5 m kõrgusele maapinnast lahtuspunkti nimetus „LP RIIUKUKE“ / „LP SOOKOLLI“ / „LP SEEMENI“, (tähe kõrgus 50 mm);
- 3) allpool LP tähist masti number „1“ / „169“ / „24“ ja paigaldusaasta „12“ (tähe kõrgus 25 mm);
- 4) 0,15 m allpoole nimetatud siltidest kollane hoiatusmärk „Elektrioht“.

Projekteeritud komplektalajaamade välisseinale paigaldada järgmised tähised [18]:

- 1) alajaama teepoolsele küljele tähis alajaama nimega „RIIUKUKE“ / „SOOKOLLI“ / „SEEMENI“ (tähe kõrgus 50 mm);
- 2) allpool alajaama tähisest primaar- ja sekundaarpinge tähis „10/0,4 kV“ (tähe kõrgus 50 mm);
- 3) trafouksele tähis „TRAFO“, 10 kV jaotusseadme uksele tähis „10 kV JS“ ja 0,4 kV jaotlauksele tähis „0,4 kV JS“ (tähe kõrgus 25 mm);
- 4) 0,4 kV jaotla uksele lisaks jaotla tähisele veel ka alajaama number (tähe kõrgus 50 mm);
- 5) alajaamade kõigil ustel peab olema kollane hoiatusmärk „Elektrioht“.

Trafo ruumi ukse tagusele tõkkepuule monteerida tähised „30 kV·A“ / „50 kV·A“ (tähe kõrgus 25 mm), trafo nimipinge tähis „10/0,4 kV“ (tähe kõrgus 25 mm) ning hoiatusmärk „Elektrioht“. Madalpinge jaotusseadmes näidatakse fiidrite numbri tähised ja kaitsmete suurused vastavalt elektriskeemile (Lisa D.03.01).

0,4 kV mastidele monteerida uued masti numbrid (tähe kõrgus 25 mm, 2,0-2,5 m kõrgusele maapinnast) ja paigaldada kollased hoiatusmärgid „Elektrioht“. Alajaamast väljuvad liinid tähistada fiidri lipikutega.

Elektrikilpidele kinnitada „Elektrioht“ märk ja liitumiskilbi/harukilbi nimesilt. (tähe kõrgus 25 mm), kilbis näidata kaitselülite nimisuurused.

Kaablid tuleb kogu ulatuses tähistada hoiatuslindiga. Hoiatuslint peab olema kollast värvi ning sisaldama musta värviga hoiatust, et tegemist on elektrikaabliga ja informatsiooni selle kaabli omaniku kohta. Hoiatuslindi paigaldussügavuseks on 0,3 m ülalpool kaablit.

Kaablitrassid tähistada kaablimärketulpadega vastavalt asendiplaani joonistele (Lisa D.01.01...05). Kaabli otsad tuleb tähistada kaablilipikutega. Kaablilipikutele tuleb kanda Kaabli number (võetakse enne ehitustööde algust käidukorraldaja käest, tarbijakaablitele kirjutada numbri asemele „Tarbija“) ja kaabli tootemark. Kõik kaablihood märgistada mastidel, alajaamades ja liitumiskilbis ilmastikukindlate kaablilipikutega vastavalt L1, L2, L3 ja PEN.

7. MAANDAMINE, POTENTIAALIÜHTLUSTUS JA ÄIKESEKAITSE

7.1. Üldist

Maapinna potentsiaal võetakse kokkuleppeliselt mis tahes punktis nulliks. Elektriseadme galvaanilist ühendamist maaga nimetatakse maandamiseks ja seadmeid, millega seda teostatakse maanduriteks. Maandurist, maandusjuhtidest ja peamaanduslatist koosnev süsteem moodustab maanduspaigaldise.

Maandamise ja potentsiaaliühtlustuse juures on hulgaliselt mõisteid. Siinkohal on ära toodud projekteerimise jaoks vajaminevate mõistete seletused [22] järgi:

potentsiaaliühtlustus (equipotential bonding) – juhtivate osade vaheline juhtiv ühendus nende osade vahelise potentsiaalide erinevuse vähendamiseks.

potentsiaalitasandus (potential grading) – maa (eriti maapinna) eri punktide vaheliste potentsiaalide reguleerimine maanduselektroodide abil.

isoleeritud neutraaliga võrk (system with isolated neutral) – võrk, milles trafode ja generaatorite neutraalid ei ole tahtlikult ühendatud maaga, väljaarvatult signalisatsiooni-, mõõte- ja kaitseotstarbeliste suuretakistuslike ahelate kaudu.

resonantsmaandatud võrk (system with resonant earthing) – võrk, milles vähemalt ühe trafo või maandustrafo neutraal on maandatud maandusreaktori kaudu, kusjuures maandusreaktorite resulteeriv induktiivsus on võrgu talitlussagedusel häälestatud ligilähedaselt resonantsi võrgu mahtuvusega maa suhtes.

Keskpingevõrgud on oma olemuselt isoleeritud neutraaliga võrgud, mis tähendab, et kui keskpingeõhuliini üks faasijuht kukub maha, sulgub tekkiv maaühendusvool läbi võrgu ja maa vahelise summaarse mahtuvuse ehk resulteeriva mahtuvuse.

Maaühenduseks nimetatakse ühefaasilist lühist isoleeritud, resonantsmaandatud või suure takistuse kaudu maandatud võrgus. Isoleeritud neutraaliga võrgus sulgub maaühendusvool põhiliselt läbi liinide ja maa vahelise mahtuvuse.

Võrreldes tavaliste aktiiv- ja induktiivtakistustega on faaside ja maa vahelised mahtuvustakistused tunduvalt suuremad ja seepärast ei ole maaühendusvoolude leidmisel tavaliste aktiiv- ja induktiivtakistustega vaja arvestada. Selle tõttu on maaühendusvool jaotusvõrgu galvaaniliselt ühendatud osa kõikides punktides sama [4].

Mida suurem on liinide kogupikkus, seda suuremad on võrgu summaarne mahtuvus ja maaühendusvool. Suurte maaühendusvoolude korral võib maaühenduskohas esineda perioodiliselt süttiv ja kustuv ehk vilkuv elektrikaar, mis põhjustab mahtuvuste ja induktiivsustega ahelas 2,5 kuni 3 korda nimipinget ületavaid liigpingeid. Selle vältimiseks on enimalt lubatud maaühendusvoolud sõltuvalt keskpinge väärtusest [4]:

- 1) 6kV-30A;
- 2) 10kV-20A;
- 3) 20kV-15A;
- 4) 35kV-10A.

Maaiühendusvoolude piiramiseks kasutatakse kaarekustutus- ehk Peterseni poole, mis lülitatakse trafo neutraali ja maa vahele. Kaarekustuspooli läbiva induktiivse vooluga kompenseeritakse maaiühenduse mahtvuslikku voolu, mille tulemusena läbi maaiühenduskoha kulgev koguvool väheneb ja elektrikaart ei teki [4].

Maaiühendusvoolu suurus sõltub liinide mahtvuste kõrval ka vigastatud faasi ja maa vahelisest üleminekutakistusest R_f . Rikketakistus saab olla vahemikus $R_f = 0 \dots \infty$ oomi. Kui rikketakistus on null on tegemist jäikmaaiühendusega. Rikke puudumisel on rikketakistus lõpmata suur. Vahepealsed takistused tekitavad ohuliinile langevad puud ja faasi maa vaheline elektrihaar. Jäiga maaiühenduse korral muutub nulliks maaiühenduses oleva faasi pinge ja ülejäänud faaside pinged suurenevad $\sqrt{3}$ korda [4].

7.2. Maanduspaigaldise projekteerimine

Maanduspaigaldise maandusvool on see osa maaiühendusvoolust I_E , mis põhjustab maanduspinge tekkimise.

Maanduspaigaldise projekteerimisel tuleb arvestada standardis [22] antud norme. Selle harmoniseerimisdokumendi järgi peab maanduspaigaldiste kujundus vastama neljale nõudele:

- 1) tagama mehaanilise tugevuse ja korrosioonikindluse;
- 2) termiliselt vastu pidama suurimale maaiühendusvoolule;
- 3) ära hoidma vara ja seadmete kahjustumise;
- 4) tagama inimeste ohutuse, arvestades maanduspaigaldistes suurima maaiühendusvoolu kestel tekkivaid pingeid.

Nendest punktidest tulenevalt peetakse silmas, et projekteeritud maanduspaigaldisel oleks arvestatud [22] :

- 1) mehaanilise tugevuse ja korrosioonikindlusega;
- 2) termilise tugevusega;
- 3) puute ja sammupingega.

Mehaaniline tugevus ja korrosioonikindlus tähendab, et pinnasega vahetult kokkupuutuvad maanduselektroodid peavad olema materjalist, mis on võimelised vastu pidama korrosioonile, sealhulgas ka keemilisele või bioloogilisele agressioonile, oksüdeerumisele, galvaaniliste paaride tekkele, elektrolüüsile. Maanduselektroodid peavad vastu pidama nii nende paigaldamise ajal kui ka tavatalitlusel toimivatele mehaanilistele jõududele [22].

Projekteerimisel tuleb termilise tugevuse all silmas pidada lõpptemperatuure, et vältida materjali tugevuse vähenemist ja materjali ümbruse (betooni või isoleermaterjalide) kahjustusi. Tavaliselt võetakse lõpptemperatuuriks elektroodidel 300 °C. Maandureid ümbritseva pinnase temperatuuritõusu ei arvestata, kuna kogemus on näidanud, et pinnase temperatuuri tõus on tavaliselt tähtsusetu [22].

Maandustakistuse määramisel arvestatakse puute- ja sammupinget. Inimesele on ohtlik inimkeha läbiv vool. Elektrikahjustuse ulatuse määrab põhiliselt inimese lubatavast suurema tugevusega voolu läbimine. IEC/TR2 60479-1 standard annab teavet inimkeha

läbiva voolu toime kohta sõltuvalt voolu väärtusest ja kestusest. Tegelikuses on aga otstarbekam lähtuda puutepingetest. Maaihenduse korral lubatava puutepinge piirväärtused sõltuvalt ajast ja on esitatud tabelis 7.2. ; tabel kehtib pinge kohta, mis rakendub inimkehale palja käe ja palja jala vahel. Arvutustel ei ole arvestatud muid takistusi.

Tabelis 7.1. on toodud inimese keha läbiv lubatav vool sõltuvalt rikke kestusest ja tabelis 7.2. lubatav puutepinge eeldusel, et südamevatsakeste fibrillatsiooni tõenäosus alla 5 %, voolurada vasakust käest jalgadesse.

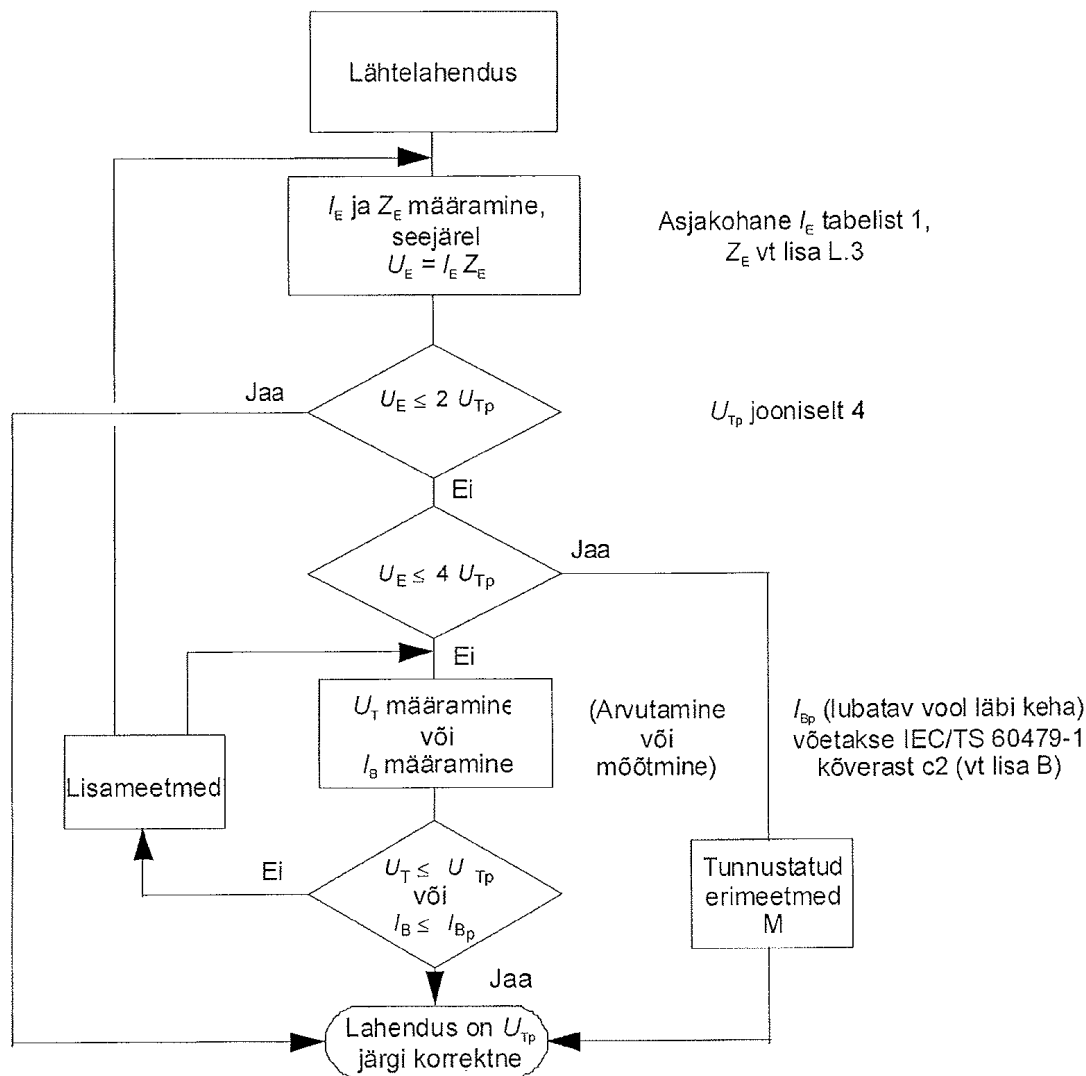
Tabel 7.1. Inimese keha läbiv lubatav vool I_B olenevalt rikke kestusest t_F [22]

Rikke kestvus t_F , s	Keha läbiv vool I_B , mA
0,05	900
0,1	750
0,2	600
0,5	200
1	80
2	60
5	51
10	50

Tabel 7.2. Lubatava puutepinge U_{Tp} arvutatud väärtused olenevalt rikke kestusest t_F [22]

Rikke kestvus t_F , s	Lubatav puutepinge U_{Tp} , V
10,00	80
1,10	100
0,72	125
0,64	150
0,49	220
0,39	300
0,29	400
0,20	500
0,14	600
0,08	700
0,04	800

Kui voolu kestus on palju suurem kui tabelis 7.2. esitatud, võib U_{Tp} väärtuseks võtta 80 V.



Joonis 7.1. Laia maandussüsteemi koosseisu mittekuuluva maanduspaigaldise projekteerimine lubatava puutepinge U_{Tp} järgi, maanduspinge U_E või puutepinge U_T kontrolliga [22]

Vajalikud arvutused on tehtud antud töö arvutuslikus osas 8.5. ja maanduseks vajalikud materjalid on antud materjalide ja seadmete spetsifikatsiooni tabelis (Lisa A).

7.3. Projekteeritud kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldised

Kesk- ja madalpinge paigaldistes tuleb kasutada potentsiaalitasanduselektroode, mille abil saab hoida inimest ja loomi ohtlike sammu- ja puutepingete eest [23].

Keskpinge kaablimastide maanduspaigaldise väljaehitamisel tuleb jälgida, et lahküliti kaitsemaandusjuht paigaldada lahkülitist otse maasse minevale maandusjuhile. Maandusjuhi külge tuleb ühendada kõik puutevõimalikud juhtivad osad – mastitraavers, abitraavers, mastitarind kaabli kinnitamiseks, kantava maanduseklemm ning lisaks sellele

ka maakaabli mantel ja liigpingepiirikud. Kaitsemaandusjuhti monteerimine otse maasse kindlustab maanduspaigaldise toimise ka mõõtmiste olukorras [23, 24].

Maandusjuht tuleb mastil kaitsta kaitserauaga, mis ulatub vähemalt 2,3 m kõrgusele maapinnast ja vähemalt 0,2 m allapoole maapinda. Masti tüve ümber keerata maandusjuht ringina ümber masti, umbes 1,0 m kaugusele ja 0,3 m sügavusele paigaldada potentsiaalitasandurõngas, kust maandusjuht jätkata teises torus kuni avatava (lahtivõetava) klemmini. Maandusjuhi ja maandurina kasutada komplektalajaamadest ja sokliga kilpidel isoleerimata vaskkõit Cu 25 mm², ning kesk- ja madalpingeliini mastidele maanduste ehitamisel tsingitud terastraati Ø8 mm mastil ja Ø10 mm pinnases [23, 24].

Cu 25 mm² maandusjuhti kasutades tuleb püstmaanduri komplekt koostada FS tüüpi [25] varrasmaanduritest, mis oma korda koosnevad terasotsikust FS-11, kiiltorust FS-21 ja kahest jätkutorust FS-31. Maandusjuhe (isoleerimata vaskkõis Cu 25 mm²) lüüa maasse terasotsiku, juhtmekiilumistoru ja jätkutoru abil. Viimase jätkutoru saab välja tõmmata ja kasutada teistkordseks. Mõlema toru diameeter on 17 mm pikkusega 800 mm. Kiil- ja jätkutorud on valmistatud terasest (roostevastase töötusega).

Maandusjuhe on samaaegselt ka maanduselektrood ja torud toimivad abivahenditena juhtme löömisel maapinna juhtivatesse kihtidesse. Vaskkõis Cu 25 mm² tuleb omavahel kokku ühendada C6 klemmidega. Maasse löömisel kasutada toru ülaotste kaitseks löögipolte või hülsse.

Maanduspaigaldise vertikaal- ja horisontaalmaandurid tuleb võimalusel alati paigaldada kaablikaevikesse. Horisontaalmaanduri minimaalne sügavus kaeviku põhjast on 0,1 m. Väljaspool kaablitsassi tuleb rõhtne maandus paigaldada min 1,0 m sügavusele. Vertikaalmaandurid FS tuleb paigaldada 6 m sügavusele varrasvahelise kaugusega 12 m (kahekordne paigaldussügavus).

Vastavalt EVS-EN 50522:2010-le [22] tuleb kesk- ja madalpingevõrgu maandused võimaluse korral alati kokku ehitada. Seega tuleb Sookolli KAJ F-2 mastile M1 paigaldada kantavamaanduse ühendusklemmid PMCC, mis ühendada alajaama maanduspaigaldisega.

7.4. Liigpinged

Seadmed elektrienergia jaotussüsteemis on tundlikud liigpingete suhtes. Liigpinged kahjustavad elektriseadmeid, kuna seadmete pingetaluvust ei ole võimalik ökonoomilistel põhjustel mistahes kõrgele viia. Samuti ei ole reeglina võimalik liigpingeid vältida ja seepärast kasutatakse selleks mõeldud kaitseseadmeid, mis peavad tagama võrgu ökonoomilise ja töökindla käidu. See kehtib nii kõrge- kui ka kesk- ja samuti madalpingevõrkude kohta [26].

Liigpingekaitseviis tagab inimeste ja madalpingeseadmete kaitse kõrgepingevõrkude maatühenduste eest, samuti elektripaigaldiste kaitse elektrivarustussüsteemi kaudu edasikanduvate pikseliigpingete ja paigaldises endas tekkivate lülitusliigpingete eest. Selle kaitseviisi juures esitatakse ka elektromagnetiliste häirete vältimise üldpõhimõtted [26].

Liigpingekaitseks kasutatakse liigpingepiirikuid. Liigpingepiirkud on ette nähtud elektrivõrkude ja elektriseadmete kaitseks piksest ja lülitustoimingutest tingitud

transientliigpingete ja impulssvoolude eest. Liigpinge on tänapäeval elektroonikaseadmete purunemise ja talitluskatkestuste üks peamisi põhjuseid [26].

Transientliigpinge on võnkuv või mittevõnkuv, tavaliselt kiiresti sumbuv liigpinge, mis tekib tavaliselt äikesest, lülitamistest või sulavkaitsmete läbipõlemisest. Transientliigpinge kestus on mõni millisekund või vähem, aga tippväärtus ei ole tavaliselt üle 6 kV, kuid võib olla ka suurem. Transientliigpinge energiasisaldus sõltub märgatavalt allikast. Piksest indutseeritud liigpinge on tavaliselt suurema tippväärtusega, kuid väiksema energiasisaldusega kui pikema kestusega lülitusliigpinge [27].

Liigpingepiirik sisaldab vähemalt ühte mittelineaarset komponenti, näiteks sädemikku või varistori, mis tagab [27]:

1. Pingeimpulsi puudumisel normaalolukorras ei avalda piirik mingit mõju elektrisüsteemile, millesse ta on ühendatud; piirik toimib nagu avatud ahel ega halvenda faasijuhi ja maa vahelist isolatsiooni.
2. Pingeimpulsi tekkel väheneb liigpingepiiriku takistus mõne nanosekundi jooksul sellise tasemeni, et see juhib vooluimpulsi kaitsvast seadmest mööda, see tähendab, et piirik toimib nagu suletud ahel ja tekitab kaitsava seadme ees lühise, kõik see kokku tagab liigpinge piiratavuse kaitsvale elektriseadmele lubatava tasemeni.
3. Pärast liigpingeimpulssi taastab piirik oma suure takistuse ja toimib taas nagu avatud ahel.

Juba umbes 15 aastat kasutatakse kõrgepingevõrkudes enamasti ainult metalloksiid-takistiga liigpingepiirikuid. Sellest hoolimata paigaldati keskpinge võrgus siiski alles mõned aastad tagasi märkimisväärsed kogused tavalisi sädevahemikuga ventiillahendeid. Tänapäeval kasutatakse keskpinge võrgus juba enamasti ilma sädevahemikuta metalloksiid liigpingepiirikuid. Selle põhjus oli sama nagu kõrgepingevõrguski piiriku põhjalikum kaitse, seda eriti väga järskude liigpingete puhul ja saastatud keskkonda paigaldamisel [26].

Põhimõtteliselt koosnevad metalloksiidist piirikud ainult kahest elemendist:

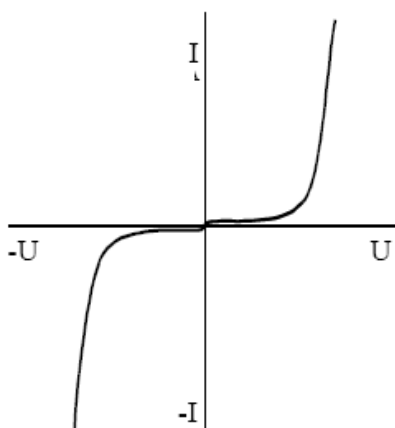
1. Aktiivosast, mis koosneb üksteise peale asetatud, enamasti silindrikujulistest metalloksiidist plokkidest.
2. Isoleeritud väliskestast.

Mehaanilise tugevuse saab pingepiirikule anda nii väliskesta kui ka aktiivosa abil. Väliskesta abil tugevuse andmiseks kasutatakse portselankorpust ja aktiivosa abil polümeerisolatsiooni. Viimasel juhul kasutatakse selleks klaaskiudstruktuuri, mis katab kas täielikult metalloksiidist plokkid või pressib piisava jõuga üksteise peale asetatud plokkide otsad omavahel kindlalt kokku. Tänu oma lihtsale ja mehaaniliselt tugevale aktiivosa ehitusele saavad mõned tüüpi polümeerisolatsiooniga piirikud võtta üle tugiisolaatori funktsiooni [27].

Kõige rohkem on tugiisolaatori funktsiooni omavad pingepiirikud kasutusel tänapäevases jaotusvõrgus kaablimastides. Kaablimast on elektrivõrgu paigaldis, kus keskpinge õhuliinilt minnakse üle maakaablistesse. Tugiisolaatoreid kasutatakse maakaabli otsamuhvi kinnitamiseks mastile. Lisaks kinnitusele saab kasutada neid ka liigpinge kaitseks. Metalloksiidist aktiivosaga piirikute suureks eeliseks on sädevahemiku puudumine, mis tagab, et ei esine viivitust, nagu seda on ventiillahenditel, kus esmalt on vaja ülelööki sädevahemikus.

Kaabli otsmuhvide optimaalseks kaitsmiseks ja kulglainete vähendamiseks tuleb paigaldada piirikud kaabli otsmuhvi lähedale. Juhis indutseeritud pinge võimalikult madalal hoidmiseks peavad olema kõik kaabli ja piiriku vahelised ühendusjuhid (lisaks ka maandusühendused) nii lühikesed kui võimalik. Kaabli ekraan või mantel peab olema ühendatud piiriku maandusühendusega [27].

Mittelineaarse elemendina kasutatakse metalloksiidist pingepiirikus varistore. Varistor on pooljuhtakisti, mille takistus alaneb järsult alates teatud pingest ja tema tunnusjoon on sümmeetriline nullpunkti suhtes, mis võimaldab neid kasutada nii alalis- kui vahelduvvooluahelais. Varistori tähtsaimaks tunnusjooneks on pinge-voolu tunnusjoon $I = f(U)$ [28]. Varistori pinge-voolu tunnusjoon on toodud joonisel 7.2.



Joonis 7.2. Varistori pinge-voolu tunnusjoon [28]

Objektile on liigpingepiirkud paigaldatud õhuliinide ja haruliinide ette ning kujutatud elektriskeemil lisas D 03.01. Õhuliinide ette pannakse pingepiirikud seepärast, et vältida õhuliinis tekkivate pingekõikumiste edasikandumist maakaablivõrku.

8. ELEKTRIOSA ARVUTUSED

8.1. Üldist

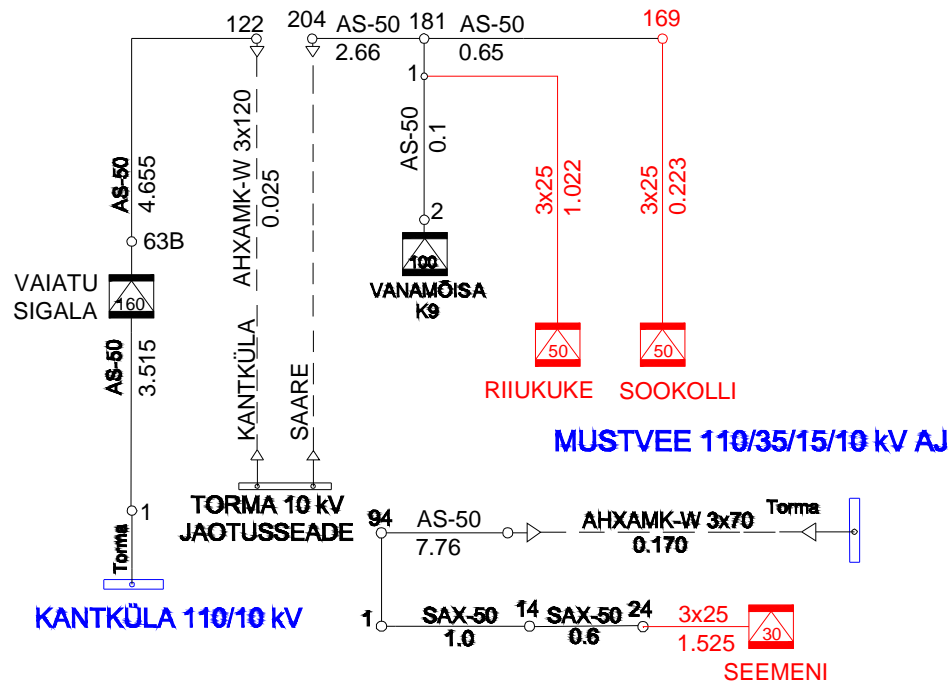
Seadmete parameetrid on antud lisa D joonistel ja skeemidel. Paigaldatud kaitsmed ja projekteeritud maanduspaigaldised tagavad elektriseadmete ohutuse. 10 kV fiidrite releekaitse sätteid arvutatakse OÜ Jaoutsvõrgu automaatika osakonna poolt ning lisatakse täiendavalt projektile. Kõikide 10 kV liinide ümberühenduste ja uute liinilõikude pingestamise käigus tuleb liinid uuesti faseerida, tagamaks töösse jäävate liinilõikudel olemasolev faasijärjestus.

Uute madalpingeliinide ja majayhenduste pingestamise käigus kontrollitakse faasijärjestuse sobivust kõigile kolmefaasilistele tarbijatele.

8.2. Kolmefaasiline lühisvool

Lühisvoolude arvutamise täpsus sõltub madalpingevõrkudes eelkõige kõikide induktiiv- ja aktiivtakistuste võimalikult täielikust ja täpsest arvestamisest. Erinevalt kõrgepingevõrkudest tuleb madalpingevõrkudes arvestada ka lattide ja voolutrafode takistusega [4].

Arvutuslikus osas on trafo 0,4 kV klemmidel 3-faasilise lühisvoolu leidmiseks kasutatud kirjandusallikas [29] kirjeldatud viisi, mis arvestab ka trafo ees olevat keskpingeosa. Alajaamade ees olev keskpingeskeem on toodud joonisel 8.1.



Joonis 8.1. Kolmefaasilise lühisvoolu arvutamis skeem Kantküla - Torma JP - Saare ja Mustvee - Torma 10 kV liinil [1]

AHXAMK-W 20kV 3x70+35Cu kaabli kohta saame Draka Keila Kaabli kataloogist [8] järgmised andmed: aktiivtakistus $r_0 = 0,443 \text{ } \Omega/\text{km}$ ja induktiivsus $L = 0,42 \text{ mH/km}$.

Induktiivtakistuse saame leida valemiga

$$x_0 = 2\pi \cdot f \cdot L, \quad (8.1)$$

kus

f on võrgusagedus, Hz;
 L – induktiivsus, H.

$$x_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,42 \cdot 10^{-3} = 0,132 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Kaabli pikkuseks Mustvee toitealajaama lattidelt on 0,17 km. Keskpingekaabli aktiivtakistuseks ja induktiivtakistuseks saame

$$r = r_0 \cdot l = 0,443 \cdot 0,17 = 0,075 \text{ } \Omega \quad (8.2)$$

$$x = x_0 \cdot l = 0,132 \cdot 0,17 = 0,022 \text{ } \Omega \quad (8.3)$$

Leitud takistused tuleb taandada 0,4 kV-le. Taandamistegur on leitud valemiga

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10000}{400} = 25, \quad (8.4)$$

kus

U_1 on keskpinge, V;
 U_2 – madalpinge, V.

Madalpingele taandatud AHXAMK-W 20kV 3x70+35Cu kaabli takistused on

$$r_{400} = \frac{r}{K^2} = \frac{0,075}{25^2} = 0,12 \text{ m}\Omega \quad (8.5)$$

(7.5)

$$x_{400} = \frac{x}{K^2} = \frac{0,022}{25^2} = 0,035 \text{ m}\Omega \quad (8.6)$$

AS-50 õhuliini kohta saame kirjandusallikast [4] järgmised andmed: aktiivtakistus on $r_0 = 0,65 \text{ } \Omega/\text{km}$.

Ühe kilomeetri kolmefaasilise liini induktiivtakistus on leitav eeldusel, et koormus on enam-vähem sümmeetriline valemiga

$$x_o = \omega(4,61g \frac{a_k}{r_e} + 0,5\mu) \cdot 10^{-4}, \text{ } \Omega/\text{km}, \quad (8.7)$$

kus

$\omega = 2\pi f$ on nurksagedus, 1/s,
 a_k – keskmine juhtmetevaheline kaugus, mm,

r_e – juhtme ekvivalentne raadius, mm,
 μ – juhtmaterjali suhteline magnetiline läbitavus (värvilisest metallist juhtmetel $\mu = 1$).

Võrgusagedusel 50 Hz saame valemi 8.7 kujuks

$$x_o = 0,145 \lg \frac{a_k}{r_e} + 0,0157 \mu = 0,063 \ln \frac{a_k}{r_e} + 0,0157 \mu. \quad (8.8)$$

Selle valemi saame kirjutada ka kujul

$$x_o = x'_o + x''_o, \quad (8.9)$$

kus $x'_o = 0,145 \lg \frac{a_k}{r_e}$ on liini väline induktiivtakistus, $x''_o = 0,0157 \mu$ on juhtme sisemine induktiivtakistus.

Kirjandusallikast [30] saame AS-50 õhuliini kohta $r_e = 4,8$ mm. Keskmine juhtmetevaheline kaugus Ensto kolmnurkraaversitel on $a_k = 1200$ mm.

Induktiivtakistuse AS-50 õhuliinil saame:

$$x'_o = 0,063 \ln \frac{1200}{9,6} = 0,348 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$x''_o = 0,0157 \cdot 1 = 0,0157 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$x_o = x'_o + x''_o = 0,364 \text{ } \Omega/\text{km}.$$

Õhuliini pikkuseks mastist 1-94 on 7,76 km. AS-50 õhuliini aktiivtakistuseks ja induktiivtakistuseks saame valemite 8.2 ja 8.3 põhjal

$$r = r_0 \cdot l = 0,65 \cdot 7,76 = 5,044 \text{ } \Omega$$

$$x = x_0 \cdot l = 0,364 \cdot 7,76 = 2,825 \text{ } \Omega$$

Madalpingele taandatud AS-50 õhuliini takistused valemite 8.5 ja 8.6 põhjal on

$$r_{400} = \frac{r}{K^2} = \frac{5,044}{25^2} = 0,0081 \text{ m}\Omega$$

$$x_{400} = \frac{x}{K^2} = \frac{2,825}{25^2} = 0,0045 \text{ m}\Omega$$

Alajaamade ees oleva keskpinge võrgu arvutustulemused kanname tabelisse 8.1. lk 50.

Leiame Sookolli ja Riiukuke komplektalajaamade 50 kV·A trafo aktiivtakistuse ja induktiivtakistuse. Trafo näivtakistus avaldub

$$z_{tr} = \frac{u_{k\%} \cdot U_2^2}{100 \cdot S_n}, \Omega, \quad (8.10)$$

kus

$u_{k\%}$ on lühispinge, %;
 U_2 – sekundaarpinge, V;
 S_n – trafo võimsus, V·A.

$$z_{tr} = \frac{4 \cdot 400^2}{100 \cdot 50 \cdot 10^3} = 0,128 \Omega$$

Trafo lühiskadu avaldub

$$P_{tr} = \frac{p_{k\%} \cdot S_n}{100}, \text{ W}, \quad (8.11)$$

kus

$p_{k\%}$ on lühisvõimsus, %;
 S_n – trafo võimsus, V·A.

$$P_{tr} = \frac{3 \cdot 50}{100} = 1,5 \text{ kW}.$$

Trafo sekundaarvool I_2 avaldub

$$I_2 = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_2}, \text{ A}, \quad (8.12)$$

$$I_2 = \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 72,17 \text{ A}$$

Trafo aktiivtakistus ja induktiivtakistus avalduvad

$$r_{tr} = \frac{P_{tr}}{3 \cdot I_2^2} = \frac{1500}{3 \cdot 72,17^2} = 0,096 \Omega \quad (8.13)$$

$$x_{tr} = \sqrt{z_{tr}^2 - r_{tr}^2} = \sqrt{0,128^2 - 0,096^2} = 0,085 \Omega \quad (8.14)$$

Analoogselt arvutatakse ka Seemeni komplektalajaama 30 kV·A trafo aktiiv- ja induktiivtakistuse, milleks on $r_{tr} = 0,16 \Omega$ ja $x_{tr} = 0,141 \Omega$.

Sookolli komplektalajaama ees oleva võrgu kogu aktiiv-, induktiiv- ja näivtakistus trafo sekundaarklemmideni on

$$r = \sum r_{400} + r_{tr} = 0,01171 + 0,096 = 0,108 \Omega \quad (8.15)$$

$$x = \sum x_{400} + x_{rr} = 0,00636 + 0,085 = 0,091 \Omega \quad (8.16)$$

$$z = \sqrt{r^2 + x^2} = 0,141 \Omega \quad (8.17)$$

Analoogselt arvutatakse ka Riiukuke ja Seemeni komplektalajaamade ees oleva võrgu kogu aktiiv-, induktiiv- ja näivtakistus trafo sekundaarklemmideni, milleks Riiukuke KAJ-1 on $z = 0,142 \Omega$, ja Seemeni KAJ-1 $z = 0,227 \Omega$.

Kolmefaasiline lühisvool Sookolli komplektalajaama trafo klemmidel avaldub

$$I_k^{(3)} = \frac{c \cdot U_2}{\sqrt{3} \cdot z} \quad (8.18)$$

kus

c on tegur, mis arvestab pinget kõikumist, võetakse 1,1;
 U_2 – sekundaarpinge, V;
 z – võrgu kogu näivtakistus, Ω .

$$I_k^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,141} = 1800 \text{ A} \quad (8.19)$$

Analoogselt arvutatakse ka Riiukuke ja Seemeni komplektalajaamade trafo klemmidel olev kolmefaasiline lühisvool, milleks Riiukuke KAJ-1 on $I_k^{(3)} = 1790 \text{ A}$, ja Seemeni KAJ-1 $I_k^{(3)} = 1120 \text{ A}$.

Tabel 8.1. Alajaamade ees oleva keskpingeosa arvutustulemused

Kaabli/juhtme mark	r_0 Ω/km	L mH/km	x'_0 Ω/km	x''_0 Ω/km	x_0 Ω/km	l km	r Ω	x Ω	r_{400} Ω	x_{400} Ω
Seemeni KAJ										
AHXAMK-W 3x70	0,443	0,42	-	-	0,132	0,17	0,075	0,022	0,00012	0,000035
AS-3x50	0,65	-	0,348	0,0157	0,364	7,76	5,044	2,825	0,0081	0,0045
SAX-3x50	0,72	-	0,29	0,016	0,306	1,6	1,152	0,49	0,00184	0,00078
3x25	1,2	0,42	-	-	0,132	1,525	1,83	0,201	0,00293	0,00032
								Kokku	0,013	0,00564
Riukuke KAJ										
AS-50	0,65	-	0,304	0,0157	0,364	8,17	5,311	2,974	0,0085	0,00476
AHXAMK-W 3x120	0,253	0,39	-	-	0,123	0,025	0,006	0,003	0,00001	0
AS-50	0,65	-	0,304	0,0157	0,364	2,66	1,729	0,968	0,00277	0,00155
3x25	1,2	0,42	-	-	0,132	1,022	1,226	0,135	0,00196	0,00022
								Kokku	0,01324	0,00653
Sookolli KAJ										
AS-50	0,65	-	0,304	0,0157	0,364	8,17	5,311	2,974	0,0085	0,00476
AHXAMK-W 3x120	0,253	0,39	-	-	0,123	0,025	0,006	0,003	0,00001	0
AS-50	0,65	-	0,304	0,0157	0,364	2,66	1,729	0,968	0,00277	0,00155
3x25	1,2	0,42	-	-	0,132	0,223	0,268	0,029	0,00043	0,00005
								Kokku	0,01171	0,00636

Kolmefaasiline lühisvool Sookolli ja Riiukuke komplektalajaama 50 kV·A trafo klemmidel üldtuntud valemiga

$$I_k^{(3)} = \frac{c \cdot U_2}{\sqrt{3} \cdot z_{tr}} \quad (8.20)$$

$$I_k^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,128} = 1985 \text{ A}$$

Analoogselt arvutatakse ka Seemeni komplektalajaama trafo klemmidel olev kolmefaasiline lühisvool, milleks Seemeni KAJ-I $I_k^{(3)} = 1193 \text{ A}$.

50 kV·A trafo näivtakistus kolmefaasilisel lühisel on saadud 128 mΩ ja 30 kV·A trafo korral 213 mΩ. Sookolli komplektalajaama ees oleva keskpinge võrgu ja trafo summaarne näivtakistus on saadud 141 mΩ. Riiukuke ja Seemeni komplektalajaade korral on need näitajad vastavalt 142 mΩ ja 227 mΩ. Suurema näivtakistuse arvestamine arvutustel toob kaasa kolmefaasilise lühise väärtuse vähenemise. Kolmefaasilise lühise väärtust leitakse maksimaalse voolu leidmiseks võrgus, millele seadmed peavad vastu pidama. Selle leidmiseks valem 8.20 sobib hästi. Tegelikud kolmefaasilised lühisvoolud jäävad võrku ühendatud alajaama trafodel teoreetiliselt leitud väärtustest väiksemateks.

8.3. Ühefaasiline lühisvool

Ühefaasiline lühisvool avaldub valemiga [30]

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{z_{fo} + z_t^{(1)}/3}, \text{ A}, \quad (8.21)$$

kus

z_{fo} on faas-neutraal ahela näivtakistus $z_{fo} = 2 \cdot z_f$,
 $z_t^{(1)}/3$ – trafo näivtakistus ühefaasilisele lühisele.

Tabelis 8.2. on antud trafo näivtakistused ühefaasilisel lühisel ja tabelis 8.3. maakaabli AXPK ühe faasi näivtakistus.

Tabel 8.2. Trafode Yyn, Yzn, Dyn ühenduses arvutuslikud näivtakistused ühefaasilisel lühisel [31]

Sn, kV·A	$z_t^{(1)}/3, \text{ m}\Omega$		
	Yyn	Yzn	Dyn
30	880	190	-
50	530	90	-
100	260	55	-
160	160	47	-
250	100	30	-
400	65	-	20
630	43	-	14
1000	27	-	11

Tabel 8.3. Maakaabli AXPK ühe faasi näivtakistus [8]

0,4kV maakaabli näivtakistused			
AXPK	z_f (Ω/km)	AXPK	z_f (Ω/km)
4G16	1,910	4G120	0,256
4G25	1,200	4G150	0,208
4G35	0,868	4G185	0,168
4G50	0,641	4G240	0,130
4G70	0,443	4G300	0,100
4G95	0,320	-	-

8.3.1. Sookolli AJ Fiider 1 lühisvoolu arvutused

Lühisvool arvutatakse Ohmi seaduse alusel, kusjuures vooluringi toitepingeks U_f võetakse võrgu 5 % võrra suurendatud nimipinge. Lühisetakistuste summa leitakse lõikude kaupa. Alustatakse võrku toitvast trafost, sest eelev võrk on tavaliselt suhteliselt võimas, mistõttu selle takistuse võib lugeda nulliks.

50 kV·A jõutrafo näivtakistus Yzn ühenduses on 90 mΩ. AXPK 4G50 maakaabli pikkus Soo liitumiskilpi on 212 m ja kaabli näivtakistus vastavalt tabelile 8.3 on 0,641 Ω/km.

$$I_k^{(1)} = \frac{240}{2 \cdot 0,212 \cdot 0,641 + 90 \cdot 10^{-3}} = 660 \text{ A}$$

Sookolli alajaamast Soo liitumiskilbini on ühefaasiline lühisvool trafo Yzn ühenduses 660A.

Ülejäänud arvutustulemused on kantud tabelisse 8.5. ja elektriskeemile lisas D.03.01.

Tabel 8.4. Lühisvoolu vähimad väärtused vastavalt standardile IEC 269, mille juures sularakendub

Sulari nimivool	gG ja gM tüüpi sular		
	0,2 s	0,4 s	5 s
A	A	A	A
1	2	3	4
2	19	16	9
4	38	32	19
6	57	46,5	28
10	95	82	46,5
16	130	110	65
20	170	145	85
25	215	180	110
32	310	270	150
40	380	320	190
50	540	470	260
63	650	550	320
80	950	840	425

Tabeli 8.4. järg

1	2	3	4
100	1200	1000	580
125	1700	1450	715
160	2100	1700	950
200	3000	2500	1300
250	3600	2950	1650
315	5000	4100	2200
400	6500	5500	2840
500	8550	7200	3800
630	10150	9500	5100
800	10650	13000	7000
1000	19000	16000	9500
1250	29000	24000	13000

Sularid valitakse ühefaasilise lühisvoolu järgi tabeli 8.4. põhjal tingimusel, et sular peab rakenduma viie sekundi jooksul. Tabelis 8.4. on toodud lühisvoolu vähimad väärtused, mille juures sular rakendub.

8.4. Pingekadu

Liinipinge kadu 3-faasilises vahelduvvoolu liinis avaldub kujul

$$\Delta U = \frac{S}{U} (r \cos \varphi + x \sin \varphi), \text{ V} \quad (8.22)$$

$$S = \sqrt{3}U \cdot I, \text{ V} \cdot \text{A} \quad (8.23)$$

Pingekadu % leitakse valemi järgi

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%, \text{ \%} \quad (8.24)$$

Valemite (8.18), (8.19) ja (8.20) abil saame valemi mis on ka antud kirjanduses [26]

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3}I \cdot z_0 \cdot l}{10U_n}, \text{ \%}, \quad (8.25)$$

Arvutuste jaoks vajalikud koormusvoolud on saadud geinfosüsteemi Xpower abil. Ühe tarbijaga fiidri korral on koormusvooluks arvutamisel võetud aluseks tarbija peakaitsme suurus.

8.4.1. Sookolli KAJ F-1 pingekao arvutus

LK Soo pingekadu avaldub koormusvoolu $I=40$ A kaudu

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 40 \cdot 0,641 \cdot 0,212}{10 \cdot 0,4} = 2,4 \%$$

Ülejäänud arvutustulemused on kantud elektriskeemile lisas D.03.01 ja tabelisse 8.5.

Projekteeritud uuel elektrivõrgul peab pingekadu jääma väiksemaks kui 5 %. Antud juhul on see nõue täidetud. Pingekao tulemused on head, sest alajaamast väljuvatel fiidritel on transiitkaablina kasutatud 120 mm² ristlõikega alumiiniumkaablit. Kõige suurem arvutuslik pingekadu 3,9 % on saadud Vanamõisa F-2 õhuliinile.

Tabel 8.5. Arvutustulemuste koondtabel

Alajaama fiider	Kaugeim tarbija	Kaugeima tarbija peakaitse	Kaabel/Juhe	Pikkus	1f lühisY-z0	Pingekadu
-	-	A	-	m	A	%
Sookolli F1	LK SOO	3x40	AXPK4G50	212	660	2,4
Sookolli F2	LK Kalda	3x16	AXPK4G50 A-4x35	28 360	1710 420	1,8
Sookolli F3	LK Sooserva	3x25	AXPK4G120 ALUS 4x50	28 623	1710 280	2,6
Vanamõisa F2	LK Peets	3x25	A-4x50 A-4x35	528 80	260 225	3,9
Vanamõisa F3	LK Lombi	3x25	AXPK4G120 AXPK4G50	657 91	390 330	3,8
Riukuke F1	LK Päevaaru	3x40	AXPK4G120	517	660	2,5
Riukuke F2	LK Torma-Kiriku	3x25 3x25	AXPK4G120	462	700	2,6
Seemeni F1	LK Seemeni	3x20	AXPK4G50	68	880	0,4

8.5. Kesk- ja madalpingevõrgu maanduspaigaldised

Arvutan keskpinge kaablimasti maandustakistuse. Maanduspinge peab vastama väärtusele [24]:

$$U_E \leq 2 \cdot U_{TP} , \quad (8.26)$$

kus

U_E on maanduspinge, V;

U_{TP} – suurim lubatud puutepinge, V.

Kui rikke kestvus keskpingevõrgus ületab 10 s, tuleb U_{TP} väärtuseks võtta 80 V [22]. Maanduspinge on sellisel juhul $U_E = 2 \cdot 80 = 160$ V. Maandustakistuse leidmiseks kasutan valemit [22]:

$$Z_E = \frac{U_E}{I_E} , \quad (8.27)$$

kus

Z_E on maandustakistus, Ω ;

I_E – maapinda siirduv vool ehk maaühenduvool, A.

Kantküla - Torma JP - Saare 10 kV elektrivõrgu 2010 a. mõõdetud maaühendusvoolu suurus Kantküla alajaama 10 kV sektsioonil on 5,3 A (andmed EE JV OÜ käidusektorist). Arvutan Kantküla - Torma JP - Saare 10kV õhuliini kaablimastide maandustakistuse:

$$Z_E = \frac{160}{5,3} = 30,19 \ \Omega.$$

Arvutan Mustvee - Torma 10 kV õhuliini kaablimasti maandustakistuse:

$$Z_E = \frac{160}{9,8} = 16,33 \ \Omega.$$

Järelikult on kaablimastidele projekteeritud maanduspaigaldised maandustakistusega 10 Ω täiesti piisavad.

Arvutan komplektalajaamade maandustakistuse. Alajaama toitepiirkonna maanduspinge väärtusena kasutan [24]:

$$U_E \leq U_{TP} , \quad (8.28)$$

Kui madal- ja keskpinge maanduspaigaldised on kokku ühendatud, peab arvestama ühekordse lubatud puutepingega 80 V [22]. Maanduspinge on sellisel juhul $U_E = 1 \cdot 80 = 80$ V. Maandustakistuse leidmiseks kasutan valemit 8.27. Arvutan Kantküla -Torma JP - Saare 10 kV õhuliini toitele projekteeritud komplektalajaamade maandustakistuse:

$$Z_E = \frac{80}{5,3} = 15,1 \ \Omega.$$

Arvutan Mustvee - Torma 10 kV õhuliini toitele projekteeritud komplektalajaama maandustakistuse:

$$Z_E = \frac{80}{9,8} = 8,16 \ \Omega.$$

Järelikult on Sookolli, Riiukuke ja Seemeni komplektalajaamadele projekteeritud maanduspaigaldised maandustakistusega 4 Ω täiesti piisavad.

Tabel 8.6. Pinnase eritakistus võrgusagedusel mõõtmistel sageli saadud väärtusvahemikud [22]

Pinnase liik	Eritakistus $\rho_e, \Omega \cdot m$
Soopinnas	5 ... 40
Liivsavi, savi, mustmuld	20 ... 200
Liiv	200 ... 2500
Kruus	2000 ... 3000
Murenend kivim	1000
Liivakivi	2000 ... 3000
Graniit	kuni 50000
Moreen	kuni 30000

Homogeensesse pinnasesse süvistatud püstmaanduri maandustakistuse leian valemiga [22]:

$$R_E = \frac{\rho_E}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{l^2}{t \cdot d}, \quad (8.29)$$

kus

- R_E on maanduri maandustakistus, Ω ;
- ρ_E – pinnase eritakistus, $\Omega \cdot m$;
- l – püstmaanduri pikkus, m;
- t – maanduri paigaldussügavus, m;
- d – ümarelektroodi või kiudjuhtme läbimõõt, m.

Sookolli AJ piirkonnas on gleistunud leetjad mullad. Riiukuke AJ piirkonnas punakaspruun liivsavimoreen mullad. Seemeni AJ piirkonnas on leostunud gleimullad. Eelnimetatud mullatüüpidest on näha et tegemist on liivsavi pinnasega, mille eritakistuseks võtame 100 $\Omega \cdot m$. Arvutan ühe maanduselektroodi maandustakistuse valemiga 8.29:

$$R_E = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \ln \frac{3^2}{1,1 \cdot 0,0064} = 38 \Omega.$$

Vajaliku püstmaandurite koguse leian valemiga [22]:

$$n = \frac{R_E}{R_m \cdot \eta}, \quad (8.30)$$

kus

- n on vajalike maandurite arv, tk;
- R_m – vajalik maanduspaigaldise maandustakistus, Ω ;
- η – püstmaanduri kasutegur [30, lk 147].

Vajalik püstmaandurite arv projekteeritud kaablimasti maanduspaigaldisel on:

$$n = \frac{38}{10 \cdot 0,83} = 4,6.$$

Seega vajalik püstmaandurite arv projekteeritud keskpinge maanduspaigaldises on 5. Analoogselt on arvutatud projekteeritud komplektalajaamade ja elektrikilpide maanduspaigaldiste püstmaandurite arv. Alajaama maanduspaigaldise ehitamisel maandustakistusega kuni 4Ω läheb vaja 13 püstmaandurit. Maanduskontuur ehitada 2 kiirena (varraste arv reas ei tohiks olla üle 10). Kaablikapidele ja liitumiskilpidele tuleb ehitada kordusmaandus maandustakistusega kuni 30Ω (kasutada 2 püstmaandurite komplekti). Kui maanduspaigaldise maandustakistus ei anna soovitud tulemusi, siis tuleb püstmaandurite arvu suurendada.

9. KOOSKÕLASTUSED JA E HITUSTÖÖDE KORRALDAMINE

9.1. Üldist

Vastavalt Eesti Vabariigis kehtivale Asjaõigusseadusele peab tehno rajatiste rajamisel kinnistusraamatusse kantud kinnistutele sõlmima kinnistute valdajatega notariaalsed isiklikukasutusõiguse lepingud.

Isiklik kasutusõigus koormab kinnisasja selliselt, et isik, kelle kasuks see on seatud, on õigustatud kinnisasja teatud viisil kasutama või teostama kinnisasja suhtes teatud õigust, mis oma sisult vastab mõnele realservituudile [32].

Torma Vallavalitsus väljastas ka projekteerimistingimused Vanamõisa alajaama F-2 ja F-3 pingeprobleemi lahendamise ehitusprojekti koostamiseks (Lisa C.1).

Projekteerimistingimustes arhitektuur-planeerimise nõuded nägid ette, et projekteerimisel kasutatav alusplaan peab kajastama ehitisi ja rajatisi vähemalt 15m ulatuses projekteeritavast kaabelliinist. Projekt pidi vastama Eesti Vabariigi kehtivatele seadustele ja ehitusnormidele. Erinõuded tuleohutusele ja liiklusohutusele puudusid.

Projekti kooskõlastasid:

- 1) Jõgeva maavanem (taotlus maavanemale riigimaa kasutuselevõtu kohta);
- 2) Eesti Energia AS-i Jaotusvõrgu Lõuna piirkond;
- 3) Torma Vallavalitsus;
- 4) Elion Ettevõtted AS;
- 5) Maanteeamet Lõuna regioon;
- 6) Põllumajandusamet Jõgeva keskus;
- 7) kinnistute omanikud.

Elektrivõrkude säilimise tagamiseks, nende kasutuseks ja hoolduseks normaalsete tingimuste loomiseks, õnnetusjuhtumite vältimiseks määratakse kindlaks kaitsevööndid [33];

Kaitsevöönd on ala, kus tehnovõrkude ohtlikkusest ja kaitsevajadusest tulenevalt kitsendatakse kinnisasja omaniku või valdaja tegevust. Maakaabli kaitsevöönd ulatub vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele 1 m mõlemale poole maakaabli teljest.

Kaitsevööndis on Jaotusvõrgu kirjaliku nõusolekuta keelatud [33]:

1. Mis tahes hoonete ja rajatiste ehitamine, kapitaalremont, rekonstrueerimine ja lammutamine.
2. Teha laadimis-, mäe-, süvendus-, lõhkamis- ja maaparandustöid, istutada ja raiuda puid ja põõsaid, rajada karjaaedu, okastraattarasid, kasta põllumajanduskultuure.
3. Teha mullatöid rohkem kui 0,3 m sügavuses, küntaval maal aga rohkem kui 0,45 m sügavuses, samuti pinnase plaanimist.

On keelatud igasugune tegevus, mis võib takistada elektrivõrkude normaalset tööd, põhjustada nende vigastamist või õnnetusjuhtumeid, sealhulgas [33]:

- 1) paigaldada tanklaid ja kütuse- või määrdeainehoidlaid;

- 2) kõrvalistel isikutel viibida elektrivõrgurajatiste territooriumil ja ruumides, avada nende rajatiste uksi ja luuke ning teha ümberlülitusi;
- 3) tõkestada juurdepääsuteid elektrivõrkude objektideni;
- 4) visata juhtmetele ja mastidele ning lähendada neile kõrvalisi esemeid, samuti ronida mastide otsa;
- 5) teha tuld;
- 6) töötada löögimehhanismidega, maha panna rohkem kui 5 t raskuseid esemeid;
- 7) valada maha sööbivaid ja korrodeerivaid aineid ning kütust maakaabelliinide kaitsetsoonides.

9.2. Ehitustööd, heakord ja käidunõuded

9.2.1. Ehitustööde korraldamine, dokumenteerimine ja järelevalve

Elektritöödele võib lubada ainult sellekohast väljaõpet omavat personali. Tööde tegemisel jälgida ehitustööde head tava, pärast tööde lõpetamist peab olema ehitusplats koristatud ja heakord taastatud. Kaablitrasside pealiskiht, murukatted, teed ja muud rajatised tuleb taastada vastavalt nende endisele kujule. Kaablikaevise täitmisel tihendada pinnast. Ülejäänud täitepinnas tasandada kinnistu ulatuses kooskõlastatult kinnistu valdajaga. Enne kaevetöö alustamist kutsuda kohale kinnistute ja ristuvate rajatiste valdajad ning arvestada nende tingimuste ja nõudmistega.

Ehitustööde dokumenteerimisel lähtuda Eesti Vabariigi "Ehitusseadusest" ja Jaotusvõrgu elektripaigaldise kasutuselevõtu protseduurist. Ehituse järelevalvet teostab elektrivõrgu käidukorraldaja. Kõrvalekalded projektist kooskõlastatakse tellijaga ja projekteerijaga ning fikseeritakse kirjalikult.

9.2.2. Ehitusjääkide koristamine, heakorrastustööd

Demonteeritud mastide augud täita pinnasega ja tihendada. Võsa ja puuksad põletada kohapeal või viia prügilasse. Kaablitrasside pealiskiht, murukatted, teed ja muud rajatised tuleb taastada vastavalt nende endisele kujule. Vajalikud tööde mahud on toodud töödemahtude tabelis. Ülejäänud täitepinnas ladustada kooskõlastatult kinnistu valdajaga tema poolt ette näidatud kohta.

9.2.3. Käidunõuded

Pärast kaabelliinide, jaotus- ja liitumiskilbi kasutusele võtmist tuleb teha seadmete ja liinitrasside ülevaatus peale esimest eksploatatsiooniaastat. Ülevaatus teha päevasel ajal kontrollides põhjalikult elektriseadmete kõiki elemente. Kontrollimisel pöörata erilist tähelepanu järgmistele elementidele:

- 1) kaablitrassi seisukorrale;
- 2) kaabli armatuuri, isolatsiooni ja kinnituste seisukorrale;
- 3) elektrikilbi seadmete seisukorrale;
- 4) märkide, plakatite, hoiatuste ja pealkirjade olemasolu.

Seadmete ülevaatusel täita ülevaatusleht ja kanda sellele avastatud defektid. Defektide avastamisel määrab selle kõrvaldamise viisi ja aja elektrivõrgu meister. Pärast esimest

ekspluatatsioonaaastat lähtuda ülevaatuse ja hooldustööde planeerimisel jaotusvõrgu kaabelliinide hoolduskavade koostamise juhenditest ja nõuetest.

KOKKUVÕTE

Projekteeritud lahenduse tulemusena:

1. Laheneb pingeprobleem 36-l tarbijal, kuna lühisvoolud ja pingekaod liinide lõpus on järgmised:
 - Vanamõisa AJ F-2 225A ja 3,9%, F-3 700A ja 2,6%;
 - Seemeni AJ F-1 880A ja 0,4%;
 - Riiukuke AJ F-1 660A ja 2,5%, F-2 700A ja 2,6%;
 - Sookolli AJ F-1 660A ja 2,4%, F-2 420A ja 1,8%, F-3 280A ja 2,6%.
2. Suureneb liinide töökindlus alajaama piirkonnas, kuna erinevalt õhuliinidest on maakaabelliinid tunduvalt paremini kaitstud looduse ja inimtegevuse poolt tekkivate ohtude eest.
3. Paraneb maaomanike maakasutus. Kuna maakaabelliinidel on kaitsevöönd väiksem ning vastupidiselt õhuliinidele ei taksita nad ka põlluharimist, kuna haritavatel aladel on maakaabelliinid paigaldatud 1 m sügavusele pinnasesse.
4. Soodsam liitumise ja peakaitsme suurendamise võimalus uutel ja olemasolevatel tarbijatel. Kuna elektrivõrguga liituda soovijatel, kes jäävad keskpinge liinist välja poole 400 m raadiust, tuleb osa vajalikust liini ehituse maksumusest oma vahenditest finantseerida, sama nõue kehtib ka olemasolevatele tarbijatele peakaitsme suurendamise korral.

Magistritöö valmimise ajaks olid ehitustööde ettevalmistused objektil alanud ning põhiline ehitustegevus jääb 2012 aasta juunikuusse.

Objekti ehitusmaksumus on ca 100 000 €, millele lisandub materjalide maksumus 50000 €. Kui arvestada Vanamõisa alajaama toitel olevate majapidamiste aastase kogutarbimisega 88,3 MW·h, siis projekti tasuvusajaks tuleb ligikaudu 14 aastat, kui jätta arvestamata hoolduskulusid ja elektri hinna tõuse.

Valitud kaitsmed ja projekteeritud maanduspaigaldised tagavad elektriseadmete ohutuse.

KIRJANDUS

1. Tekla WebMap [Online]. Kättesaadav AS Eesti energia sisevõrgus: <http://webmap.energia.sise/> [25.05.2012].
2. Kasuk, R. Pildigalleri. – Tartu, 2007-2012.
3. MicroScada [Online]. Kättesaadav: OÜ Põhivõrk sisevõrgus. [25.05.2012].
4. Meldorf, M., Tammoja H., Treufeldt, Ü., Kilter, J. Jaotusvõrgud. TTÜ kirjastus. Tallinn, 2007, 546lk.
5. GEVEA. GDS tüüpi õhuliini lahkülitid kuni 52 kV. – 30 lk.
6. Eesti Energia 0,4...20 kV Võrgustandard. Osa 2: 20 kV kaabelliinid. – Tallinn, 2009. – 27 lk
7. Risthein, E. Elektri- ja valgustusalasest standardiseerimisest Eestis. Tartu, 2008, 13lk.
8. Draka Keila kaabel tootekataloog [Online]. Kättesaadav: <http://www.draka.ee/index.php?page=53&> [25.05.2012].
9. Pipelife: Kaablikaitse. Kättesaadav: <http://www.elektroskandia.ee/pub/tooted/elektrivork/Pipelife-tootekataloog-kaablikaitse.pdf> [25.05.2012].
10. Ensto: Maakaablitarkivikutega seotud artiklid [Online]. Kättesaadav: <http://www.elektroskandia.ee/pub/tooted/elektrivork/Raychem-kaablitarkivute-kataloog.pdf> [25.05.2012].
11. Juursalu, T. Juhend VJ23: Komplektalajaamade nõuded ja valiku põhimõtted. – Tallinn, 2008. – 10 lk.
12. Harju Elekter Grupp [Online]. Kättesaadav: <http://www.harjuelekter.ee/elektrotehnika/index.php?page=6&> [25.05.2012].
13. Aru, K. Juhend VJ22: Nõuded trafodele. – Tallinn, 2006. – 3 lk.
14. ABB. Oil Type Small Distribution Transformers. – 4 lk.
15. (0,4...20) kV Võrgustandardid. Osa 6 0,4 kV kaabelliinid. Eesti Energia.
16. Eesti Energia 0,4...20 kV Võrgustandard. Osa 5: 0,4 kV õhuliinid. – Tallinn, 2009. – 30 lk.
17. Roosnurm, M., Vingal, R., Rebane, R., Sünt, L., Makus, M., Ott, A., Okk, E., Pilt, R., Öövel, L., Kaps, M., Kotkas, J. Juhend VJ4: Jaotusvõrgu tehnikapoliitika. – Tallinn, 2005. – 6 lk.
18. Roosnurm, M. Juhend VJ210: 0,4-20 kV Võrgustandard – Tähistused – Tallinn, 2011. – 29 lk.
19. (0,4...20) kV Võrgustandardid. Osa 7: Liitumispunkt. Eesti Energia. 2002.
20. ABB AS. Tehniline informatsioon ABB OKAB 14. Kättesaadav: <http://www.abb.ee/cawp/eeabb022/496bc27c5a9c6feac125711b004c3a0b.aspx> (25.05.2012).
21. ABB AS. Kabeldoni seeria liitumiskilbid. Kättesaadav: [http://www02.abb.com/global/eeabb/eeabb022.nsf/0/b849735e883f1f60c12571e00043787e/\\$file/Tehniline+toimik+Kabeldon.pdf](http://www02.abb.com/global/eeabb/eeabb022.nsf/0/b849735e883f1f60c12571e00043787e/$file/Tehniline+toimik+Kabeldon.pdf) (25.05.2012).
22. EVS-EN 50522:2010 Üle 1kV nimivahelduvpingega tugevvoolupaigaldiste maandamine.
23. Risthein, E. Kaitseviisid elektriohutuse tagamisel. – Tallinn: EETEL-EKSPERT, 2002. – 96 lk.
24. Roosnurm, M. Juhend JTar5: Juhend mastilülituspunktide, kaablivõrgu alajaamade ja madalpingevõrgu maanduspaigaldiste ehituseks. – Tallinn, 2007. – 26 lk.
25. Elpress. FS maandurid. Kättesaadav: <http://www.elpress.se/index.asp?l=19&p=198> (25.05.2012).

26. Enno Okk, Virgo Vaabel. Elektriku teadmik. Põhja elektrivõrgud, 1996. 178lk.
27. Elektripaigaldised Teaberaamat 7 Liigpingekaitse. Eesti Elektritööde ettevõtjate liit. Tallinn, 2007,112lk
28. Jansikene, R., Joller, J. Elektroonika ja jõupooljuhttehnika. Tallinn, 2003, 112lk.
29. MV/LV transformer substations: theory and examples of short-circuit calculation. ABB, Italy, 2005, 40lk.
30. Lepa, J., Jürjenson K. Energiavarustus. Tartu, 2000, 176 lk.
31. Курсовое и дипломное проектирование по электро снабжению сельского хозяйства. 1988, 52lk.
32. Eesti Vabariigi Asjaõigusseadus. Riigi Teataja. Tallinn, 1993.
33. Eesti Vabariigi Elektriõigusseadus. Riigi Teataja. Tallinn, 2002.

LISAD

Lisa A. Andmetabelid

Tabel A.1. Liitumiskilpide tabel

LK tähis projektis	Tarbija nimi	Peakaitse, A	Tarbimiskoht
113023LK	Ilmar Peets	3x40	00115749-T
113024LK	Jouko Matti Ensio Korte	3x50	00618849-3
113025LK	Torma PÕÜ	3x25	00333388-I
113026LK	Mait Liblik	1x10	00406994-S
113027LK	Katrin Paju	1x25	00251877-6
113028LK	Eimar Roondik Eimar Roondik	3x50	00245121-P 00245122-M
113029LK	Evelia Kull	3x25	00639955-N
113030LK	Aino Lüütsepp	3x25	00559612-K
113031LK	Ene Palmiste	3x25	00242971-K
113032LK	Urve Vaga	3x40	00209586-7
113033LK	Torma Valla-valitsus	1x20	00446937-F
113034LK	EELK Torma Maarja Kogudus	3x25 3x25	00444004-J 00444003-M
113035LK	Lembit Sepp	3x20	00257822-5

* Kilpide ustele paigaldatavad LK-de nimetused peavad olema ilmastikukindlad.

* Tarbijatele jäetavad kilbi võtmed peavad olema metallist.

* Arvestid paigaldab mõttesektori töötaja.

* Kolm tööpäeva enne LK-de paigaldamise alustamist teavitada sellest mõttesektori käidukorraldajat.

Tabel A.2. Materjalide ja seadmete spetsifikatsioon

Materjali nimetus	Mark, tüüp	Ühik	Kogus
1	2	3	4
Kantküla – Torma JP - Saare 10kV õhuliini mast nr 169			
Puitpost (kreosootimmutusega)	3 klass, 11m	tk	1
Masti tipu kate	SP 18	tk	1
Topelt isolaatoritega kandetraavers koos kinnitusega puitmastile	2VTP-K	tk	1
Hargnemisklemm	SL 4.25 + SP 15	tk	3
Õhuliini juhe	PAS-W 35	m	8
Kandeisolaator	ŠF-20	tk	6
Spiraalside	paljasjuhtmele	tk	12
24kV lahkülüti	GDSG 6700	kompl	1
Lahklüliti traavers	2046 HEA-100		
Lahklüliti vertikaalpaigaldus klamber	6540		
Kaabliühendusmoodul koos töömaandussarvedega	GCCB		
Liigpingepiirikute paigaldusmoodul	GSAB	tk	3
10kV liigpingepiirik	HE-15		

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Latiklemm	KG 41	tk	3
Distantsklamber	SO75.100	tk	5
Kaablikate	AKK 100 x 2,5m	kompl	1
Kaablikatte kinnitusklamber	AKS/L 100		3
Kollane hoiatuslint	HN 600	tk	1
Lahutuspunkti nimesilt	“SOOKOLLI LP”	kompl	1
Masti number ja püstitusaasta	“169” “12”	kompl	1
Hoiatusmärk mastile	“ELEKTRIOHT”	tk	1
Maandus			
Peamaanduslatt	PSS 396.1	tk	1
Maandussarv	SJP-33	tk	1
Maandusjuht tsingitud terastraat	Ø10mm	m	85
Maandusvarda komplekt	L=3m	tk	7
Maaühendusklamber pinnases		tk	5
Maanduse ühendusklemm mastil		tk	8
Kaitseraud maandusjuhile		tk	2
Torma - Mustvee 10kV õhuliini mast nr 24			
Hargnemisklemm	SL 4.25 + SP 15	tk	3
Õhuliini juhe	PAS-W 35	m	8
24kV lahküliti	GDSG 6700	kompl	1
Lahklüliti traavers	2046 HEA-100		
Lahklüliti vertikaalpaigaldus klamber	6540		
Kaabliühendusmoodul koos töömaandussarvedega	GCCB		
Liigpingepiirikute paigaldusmoodul	GSAB		
10kV liigpingepiirik	HE-15	tk	3
Latiklemm	KG 41	tk	3
Distantsklamber	SO75.100	tk	5
Kaablikate	AKK 100 x 2,5m	kompl	1
Kaablikatte kinnitusklamber	AKS/L 100		3
Kollane hoiatuslint	HN 600	tk	1
Lahutuspunkti nimesilt	“SEEMENI LP”	kompl	1
Masti number	“24”	kompl	1
Hoiatusmärk mastile	“ELEKTRIOHT”	tk	1
Maandus			
Peamaanduslatt	PSS 396.1	tk	1
Maandussarv	SJP-33	tk	1
Maandusjuht tsingitud terastraat	Ø10mm	m	85
Maandusvarda komplekt	L=3m	tk	7
Maaühendusklamber pinnases		tk	5
Maanduse ühendusklemm mastil		tk	8
Maandusjuhi kate	MKS 27/2,7	tk	2
Kinnitus vahendid		kompl	1
Vanamõisa 10kV haruliini mast nr 1			
Hargnemisklemm	SL 4.25 + SP 15	tk	3

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Õhuliini juhe	PAS-W 35	m	15
Kaabli tugi	JTO-24	tk	1
24kV lahküliti	GDSG-6800L/GFLRME/GPK	kompl	1
10kV liigpingepiirik	HE-15	tk	3
Latiklemm	KG 6.1	tk	3
Vasklatt	PSS 10	tk	3
Distantsklamber	SO75.100	tk	4
Kaablikate	AKK 100 x 2,5m	kompl	1
Kaablikatte kinnituskamber	AKS/L 100		3
Kollane hoiatuslint	HN 600	tk	1
Haruliini nimesilt	“RIIUKUKE HL”	kompl	1
Hoiatusmärk mastile	“ELEKTRIOHT”	tk	1
Maandus			
Peamaanduslatt	PSS 396.1	tk	1
Maandussarv	JOP 33	tk	3
Maandusjuht tsingitud terastraat	Ø10mm	m	12
Maandusjuht tsingitud terastraat	Ø8mm	m	2
Maaühendusklamber pinnases		tk	2
Maanduse ühendusklemm mastil		tk	3
Kaitseraud maandusjuhile		tk	1
Sookolli 10kV haruliin			
Maakaabel 24kV (kaabli annab JV OÜ)	3x25Al/16Cu 24kV	m	223
Maakaabli välisotsamuhv	3x25/16 24kV kaablile, välistingimustesse, kaablikingadega, jootevaba maaühenduskomplekt	kompl	1
Maakaabli siseotsamuhv	3x25/16 24kV kaablile, sisetimingimustesse, kaablikingadega, jootevaba maaühenduskomplekt	kompl	1
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 125x0,2mm	m	47
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 300x0,2mm	m	165
Märketulp	“EE maakaabel”	tk	1
Kollane märkelint (x1,03)	“Ettevaatust elektrikaabel”	m	216
Kaablilipikud		tk	2
Liiv (kaablile liivapadi) x1,1	210x0,3x0,21	m ³	14
Seemeni 10kV haruliin			
Maakaabel 24kV (kaabli annab JV OÜ)	3x25Al/16Cu 24kV	m	1525
Maakaabli välisotsamuhv	3x25/16 24kV kaablile, välistingimustesse, kaablikingadega, jootevaba maaühenduskomplekt	kompl	1

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Maakaabli siseotsamuhv	3x25/16 24kV kaablile, sisetimingimustesse, kaablikingadega, jootevaba maaühenduskomplekt	kompl	1
Maakaabli jätkumuhv	3x25/16 24kV kaablile	kompl	3
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø110mm	m	85
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 125x0,2mm	m	62
Märketulp	“EE maakaabel”	tk	7
Kollane märkelint (x1,03)	“Ettevaatust elektriakaabel”	m	1535
Kaablilipikud		tk	2
Liiv (kaablile liivapadi) x1,1	61x0,3x0,21	m ³	4
Makroflex (kaitsetoru otsdesse)	tulekindel	tk	3
Riukuke 10kV haruliin			
Maakaabel 24kV (kaabli annab JV OÜ)	3x25Al/16Cu 24kV	m	1022
Maakaabli välisotsamuhv	3x25/16 24kV kaablile, välistingimustesse, kaablikingadega, jootevaba maaühenduskomplekt	kompl	1
Maakaabli siseotsamuhv	3x25/16 24kV kaablile, sisetimingimustesse, kaablikingadega, jootevaba maaühenduskomplekt	kompl	1
Maakaabli jätkumuhv	3x25/16 24kV kaablile	kompl	2
Kaablikaitsetoru	A-klass, Ø110mm	m	29
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø110mm	m	16
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 125x0,2mm	m	42
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 300x0,2mm	m	516
Märketulp	“EE maakaabel”	tk	7
Kollane märkelint (x1,03)	“Ettevaatust elektriakaabel”	m	1010
Kaablilipikud		tk	2
Liiv (kaablile liivapadi) x1,1	587x0,3x0,21	m ³	40
Sookolli 10/0,4kV komplektalajaam			
Komplektalajaam (Tellib EE JV OÜ, AJ komplekterida vastavalt elektriskeemile)	HEKA 1 VM 250	tk	1
Jõutrafo (Tellib OÜ JV)	50kVA, 10/0,4kV Y/zn	tk	1
Kaoarvesti (Tellib ja paigaldab ehitaja)	ZMD 410 CT44.2409 S2	kompl	1
Kaablikinnitusklamber	0,4 ja 10kV kaablitele	tk	4
AJ nimesilt	“SOOKOLLI 10/0,4kV”	kompl	1
Trafo silt alajaama välisuksel	“TRAFO”	tk	1
Trafo andmete silt	“50kVA; 10/0,4kV”	tk	1
0,4kV jaotusseadme tähis	“0,4kV JS”	kompl	1
0,4kV fiidri nimisildid	“F-1”, “F-2”, “F-3”	komp	1
Kruus või mineraalne pinnas		m ³	8
Geotekstiil (AJ ümber 2m laiuselt)		m ²	30

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Killustik (aluseks alajaamale)		m ³	1
Liiv (liivapadi alajaama alla)		m ³	1,3
Kõnnitee betoonplaadid		tk/ m ²	64/5,8
Maandus			
Maandusjuhe	Cu-25	m	170
Maanduskomplekt	FS11, FS21, 2xFS31	kompl	16
Ühendusklemm	C8	tk	14
Riukuke 10/0,4kV komplektalajaam			
Komplektalajaam (Tellib EE JV OÜ, AJ komplekteerida vastavalt elektriskeemile)	HEKA 1 VM 250	tk	1
Jõutrafo (Tellib OÜ JV)	50kVA, 10/0,4kV Y/zn	tk	1
Kaoarvesti (Tellib ja paigaldab ehitaja)	ZMD 410 CT44.2409 S2	kompl	1
Kaablikinnitusklamber	0,4 ja 10kV kaablitele	tk	3
AJ nimesilt	“RIIUKUKE 10/0,4kV”	kompl	1
Trafo silt alajaama välisuksel	“TRAFO”	tk	1
Trafo andmete silt	“50kVA; 10/0,4kV”	tk	1
0,4kV jaotusseadme tähis	“0,4kV JS”	kompl	1
0,4kV fiidri nimisildid	“F-1”, “F-2”	komp	1
Kruus või mineraalne pinnas		m ³	8
Geotekstiil (AJ ümber 2m laiuselt)		m ²	30
Killustik (aluseks alajaamale)		m ³	1
Liiv (liivapadi alajaama alla)		m ³	1,3
Kõnnitee betoonplaadid		tk/ m ²	64/5,8
Maandus			
Maandusjuhe	Cu-25	m	170
Maanduskomplekt	FS11, FS21, 2xFS31	kompl	16
Ühendusklemm	C8	tk	14
Seemeni 10/0,4kV komplektalajaam			
Komplektalajaam (Tellib EE JV OÜ, AJ komplekteerida vastavalt elektriskeemile)	HEKA 1 VM 250	tk	1
Jõutrafo (Tellib OÜ JV)	30kVA, 10/0,4kV Y/zn	tk	1
Kaablikinnitusklamber	0,4 ja 10kV kaablitele	tk	2
AJ nimesilt	“SEEMENII 10/0,4kV”	kompl	1
Trafo silt alajaama välisuksel	“TRAFO”	tk	1
Trafo andmete silt	“30kVA; 10/0,4kV”	tk	1
0,4kV jaotusseadme tähis	“0,4kV JS”	kompl	1
0,4kV fiidri nimisildid	“F-1”	komp	1
Kruus või mineraalne pinnas		m ³	8
Geotekstiil (AJ ümber 2m laiuselt)		m ²	30
Killustik (aluseks alajaamale)		m ³	1
Liiv (liivapadi alajaama alla)		m ³	1,3
Kõnnitee betoonplaadid		tk/ m ²	64/5,8
Maandus			
Maandusjuhe	Cu-25	m	170

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Maanduskomplekt	FS11, FS21, 2xFS31	kompl	16
Ühendusklemm	C8	tk	14
Sookolli 10/0,4kV alajaama maakaabelliinid			
Maakaabel	AXPK 4G120	m	28
Maakaabel	AXPK 4G50	m	240
Maakaabel	AXPK 4G16	m	21
Distantsnael ja kinnituslint	SO71+SO71.1	tk	7
Fiksaatorid (kaabli kinnituseks puitmastile ja maja seinale)	SO 70	tk	2
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 75mm	m	23
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 50mm	m	6
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 300x0,2mm	m	10
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 125x0,2mm	m	40
Kaablilipikud		tk	8
Hargnemisklemm	SL 4.25 + SP 15	tk	8
Kaablikaitseraud	AXPK 4G120 kaablile	tk	1
Kaablikaitseraud	AXPK 4G50 kaablile	tk	1
Kaablikaitseraud	AXPK 4G16 kaablile	tk	1
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G120 kaablile	tk	2
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G50 kaablile	tk	4
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G16 kaablile	tk	1
Kollane märkelint (x1,03)	“Ettevaatust elektriakaabel”	m	73
A-box (klemmkarp maja seinale)		tk	1
Liiv (kaablile liivapadi) x1,1	71x0,3x0,15	m ³	3,5
Makroflex (Kaitsetoru otsadesse)	tulekindel	tk	1
Riukuke 10/0,4kV alajaama maakaabelliinid			
Maakaabel	AXPK 4G120	m	979
Maakaabel	AXPK 4G16	m	250
Multiklamber (kaabli kinnituseks Kabeli kiviseinale)	SO 103	tk	15
Kaablikaitsetoru	A-klass, Ø 110mm	m	15
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 110mm	m	19
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 50mm	m	49
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 300x0,2mm	m	9
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 125x0,2mm	m	312
Märketulp	“EE maakaabel”	tk	5
Kaablilipikud		tk	12
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G120 kaablile	tk	6
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G16 kaablile	tk	6
Maakaabli jätkumuhv	AXPK 4G16 kaablile	tk	2
Kollane märkelint (x1,03)	“Ettevaatust elektriakaabel”	m	1163
Liiv (kaablile liivapadi) x1,1	371x0,3x0,15	m ³	18
Seemeni 10/0,4kV alajaama maakaabelliin			
Maakaabel	AXPK 4G50	m	68
Maakaabel	AXPK 4G16	m	50
Fiksaatorid (kaabli kinnituseks puitmastile ja maja seinale)	SO 70	tk	2

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 75mm	m	9
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 50mm	m	7
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 125x0,2mm	m	93
Kaablilipikud		tk	4
Kaablikaitseraud	AXPK 4G16 kaablile	tk	1
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G50 kaablile	tk	2
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G16 kaablile	tk	1
Kollane märkelint (x1,03)	“Ettevaatust elektriakaabel”	m	115
A-box (klemmkarp maja seinale)		tk	1
Liiv (kaablile liivapadi) x1,1	108x0,3x0,15	m ³	5
Vanamõisa 10/0,4kV alajaama maakaabelliinid			
Maakaabel	AXPK 4G120	m	698
Maakaabel	AXPK 4G50	m	209
Maakaabel	AXPK 4G16	m	278
Multiklamber (kaabli kinnituseks puit-ja kiviseinale)	SO 103	tk	30
Kaablikaitsetoru	A-klass, Ø 75mm	m	107
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 110mm	m	4
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 75mm	m	11
Kaablikaitsetoru	B-klass, Ø 50mm	m	8
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 300x0,2mm	m	19
Kaablikaitselint (x1,01)	C-klass, 125x0,2mm	m	345
Märketulp	“EE maakaabel”	tk	3
Kaablilipikud		tk	36
Kaablikaitseraud	AXPK 4G16 kaablile	tk	8
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G120 kaablile	tk	12
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G50 kaablile	tk	4
Maakaabli sõrmikotsamuhv	AXPK 4G16 kaablile	tk	12
Kollane märkelint (x1,03)	“Ettevaatust elektriakaabel”	m	350
Liiv (kaablile liivapadi) x1,1	372x0,3x0,15	m ³	18
Makroflex (Kaitsetoru otsadesse)	tulekindel	tk	3
A-box (klemmkarp maja seinale)		tk	6
0,4kV õhuliinid			
Puitpost (kreosootõli immutusega)	3 klass, 10m	tk	3
Puitpost (kreosootõli immutusega) (Sookolli F-3 M1 toepostlks)	3 klass, 11m	tk	1
Masti tipu kate	SP 18	tk	3
Toeklamber	SH167.30	tk	1
Tõmmitsa kinnituskomplekt isolaatorita (puitmastile)	SHS25P.110R + ankruvarras + ankruplaat	kompl	2
Tõmmitsa kinnituskomplekt isolaatoriga (r/b mastile)	SHS25K 150L+ ankruvarras + ankruplaat	kompl	1
Paljasjuhtme lõputraavers + isolaatorid		kompl	5
Õhukaabel (x1,02)	ALUS 4x50	m	635
Õhukaabel	ALUS 4x25	m	16

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Riputuskonks puitmastile	SOT21.16	tk	2
Riputusklamber	SO 130	tk	12
Riputuskonks r/b mastile	SOT29	tk	13
Ankruklamber	SO 118. 1201	tk	2
Ankruklamber	SO 158.1	tk	2
Kinnituslint klambritega	CO36+CO37	tk	26
Hargnemisklemm	SL 4.25 + SP 15	tk	17
Masti number ja paigaldusaasta	Sookolli AJ F-2: 1/12, 2-9 Sookolli AJ F-3: 2, 3/12, 4-18	kompl	1
Hoiatusplakat mastile	“Elektrihoit”	tk	27
Fiidri tähis õhuliinile	“F-2”, “F-3”,	kompl	1
Maandus			
Maandusjuht, tsingitud terastraat (mastil)	Ø 8mm	m	14
Maandusklemm koos alusega	SE15	tk	2
Kaitseraud maandusjuhile		tk	2
Kinnituslint klambritega	CO36+CO37	tk	6
Maandusjuht, tsingitud terastraat (pinnases)	Ø10mm	m	30
Maandusvarda komplekt	2x OBO 219/20+ OBO PB1819/20	kompl	2
Maandusühendusklamber pinnases	OBO 2760/20mm	tk	2
MP liigpingepiirikud		tk	6
Kantava maanduse ühendamiskomplekt	PMCC	kompl	1
Liitumiskilbid ja harukilbid			
1-kohaline arvestikilp paigaldusega soklil In=63A	vastavalt skeemile IL0212-1-2	tk	11
2-kohaline arvestikilp paigaldusega soklil In=100A	vastavalt skeemile IL0212-1-2	tk	2
Harukilp sokliga	vastavalt skeemile IL0212-1-2	kompl	8
Liitumiskilpide operatiivtähist	vastavalt skeemile IL0212-1-2	kompl	1
Harukilpide operatiivtähist	vastavalt skeemile IL0212-1-2	kompl	1
Jaotuskilpide operatiivtähist	vastavalt skeemile IL0212-1-2	kompl	1
Liitumiskilpide tähist kinnistunimedega	vastavalt skeemile IL0212-1-2	kompl	1
Harukilpide tähist kinnistunimedega	vastavalt skeemile IL0212-1-2	kompl	1
Hargnemise topeltklemm +kaitsekate	SL 19.4 + SP24	tk	24
Kaabliking (harukilbis PEN-soonele)	KG9	tk	8

Tabeli A.2. järg

1	2	3	4
Seadmeklemmid	KE 12.20	tk	12
Vaskjuhe	PK 25 MU	m	56
Liitumiskilbi võti	metallist	tk	13
Elektriohumärk	“Elektrioht”	tk	21
Kergkruus		m ³	0,5
Maandus			
Maandusjuhe	Cu25mm ²	m	210
Cu klemm	C8	tk	14
Maandurite komplekt	FS11, FS21, 3xFS31	kompl	28

*Spetsifikatsioonis antud kogused võivad muutuda.

Spetsifikatsioonis antud tooteid võib asendada samaväärsetega.

Tabel A.3. Demonteeritav materjal

Demonteeritav materjal	Ühik	Kogus	Märkused
Liinijuhe A-16	kg/m	5/96	Utiliseerida
Liinijuhe A-25	kg/m	11/160	Utiliseerida
Liinijuhe A-35	kg/m	1150/12220	Utiliseerida
Liinijuhe A-50	kg/m	820/6080	Utiliseerida
Õhukaabel ALUS 4x25	m	430	Tagastada EE JV OÜ-le
Õhukaabel AMKA 3x35+50	m	288	Tagastada EE JV OÜ-le
Mp r/b post	tk/kg	30/22500	Utiliseerida
Kp r/b post	tk/kg	1/1200	Utiliseerida
Tõmmits	kompl	7	Utiliseerida
Puitpost	tk	84	Utiliseerida
R/b jaland	tk	5	Utiliseerida
Puitpost	tk	16	Tagastada EE JV OÜ-le
Tõmmits	kompl	4	Tagastada EE JV OÜ-le
M/p traavers	tk/kg	50/600	Utiliseerida
M/p isolaator	tk	200	Utiliseerida
Liitumiskilp	kompl	2	Tagastada EE JV OÜ mõttesektori lattu

Tabel A.4. Tööde mahud

Nimetus	Ühik	Kogus
1	2	3
10 kV õhuliinile lahküliti paigaldamine	tk	3
10 kV õhuliinile traavers koos isolaatoritega	tk	1
10 kV kaablile jätkumuhvi tegemine	tk	5
10 kV kaablile otsamuhvi tegemine	tk	6
Maakaablile kaeviku rajamine	m	1831
Maakaabli kündmine	m	2625
Maakaabli läbisurumine kinnisel meetodil	m	116
Maakaablile kaitsetoru paigaldamine	m	388

Tabeli A.4. järg

1	2	3
Haljastuse taastamine	m ²	158
Õhuliini masti paigaldamine	tk	4
Õhuliini mastile toe paigaldamine	tk	1
Õhuliinile tõmmitsa paigaldamine	tk	3
Õhuliini masti õigumine	tk	3
Liini trassi rajamine	m ²	97
Maanduspaigaldise rajamine maandustakistusega kuni 30 Ω	tk	16
Maanduspaigaldise rajamine maandustakistusega kuni 10 Ω	tk	3
Maanduspaigaldise rajamine maandustakistusega kuni 4 Ω	tk	3
Õhuliini juhtmete asendamine	m	639
Õhuliini masti asendamine	tk	4
Õhuliini demonteerimine	m	4729
Õhuliini masti demonteerimine	tk	127
Liitumiskilbi demonteerimine	tk	2
Komplektaalajaama HEKA 1VM250 montaaž	tk	3
Trafo montaaž komplektalajaama	tk	3
0,4 kV kaitselüliti montaaž komplektalajaama	tk	1
Ühekohalise liitumiskilbi paigaldamine sokliga pinnasesse	tk	11
Kahekohalise liitumiskilbi paigaldamine sokliga pinnasesse	tk	2
Harukilbi paigaldamine sokliga pinnasesse	tk	8
Arvestussüsteemi paigaldamine	tk	15
Kaugloetava arvestussüsteemi paigaldamine	tk	2

Lisa B. Projekterimisülesanne

Kinnitan

Uno Lillemäe
Arendus-ehitusosakonna Lõuna piirkonna juhtivspetsialist
30.03.2011

Projekteerimisülesanne nr. 15969

Vanamõisa aj. F-2 ja F-3 PP lahendamine Vanamõisa küla, Torma vald, Jõgevamaa

Toitealajaam: Toitefiider: Jaotusalajaam: Sektsioon: Jaotusfiider:
Vanamõisa
10/0,4kV

Avalduse esitaja (elektripaigaldise omanik/volitatu) ees- ja perekonnanimi/juriidilise isiku nimi, telefon	,
Liitumispunkti aadress	
Liitumispunkti asukohta kirjeldus	
Katastriüksuse number	

Investeeringuobjekti andmed

Objekti nimetus	Vanamõisa aj. F-2 ja F-3 PP lahendamine
Objekti asukoht	Vanamõisa küla, Torma vald, Jõgevamaa
Andmed objekti koormuse iseloomustamiseks Tarbitav võimsus [kW] Peakaitsete nimivool [A]	
Märkused	

Tehnilise lahenduse lähteandmed

Olemasoleva 6...20/0,4 kV alajaama number/nimetus ja trafo võimsus [kVA]	Vanamõisa 10/0,4kV
1-faasilise mahtvusliku maatühendusvoolu suurus [A]	Jõgeva-Torma 10kV - 21A, Mustvee-Torma 10kV - 9,8A
Toitealajaama (nimetus) 6...20 kV lattidel	
Olemasoleva 6...20 kV fiidri number/nimetus	
Olemasoleva alajaama 0,4 kV sektsioon	
Kontaktisik projekteerimisalastes küsimustes/telefon	Urmas Õunapuu tel. 5348 5383.
Projekteerimistöö	Valdeko-Toivo Hirno, tel. 514 0261.

vastuvõtja/telefon	
Projekt vaja kooskõlastada	Projekt kooskõlastada Eesti Energia AS'i Maateenustega, Tartu piirkonna käidu-, mõõte-, operatiivkäidu-, automaatika- ja arendusektoris (Tartu Ilmatsalu 5, tuba 246 , tel 514 0261) ja teiste asjast huvitatud organisatsioonide ja maavaldajatega.
Märkusi	NB! Projekteeritavate liinide trassi valikust ja alajaama asukohast teavitada projektijuhti. Trassi valikul tekkivate takistuste ilmnemisel teavitada viivitamatult projektijuhti.

Eeldatavad tööde mahud	Projekteeritav	Demonteeritav
A) Alajaam		
soovitatav trafode arv [tk] ja võimsus [kVA]	F-2 PP lahendamiseks: Projekteerida uue 10kV kaabelliini lõppu trafoboks (NALF lülitiga) 50kVA trafoga. Võtta allesjääv 0,4kV õhuliin uue alajaama toitele. F-3 PP lahendamiseks: Projekteerida uute kaabelliinide lõppu trafoboksid (NALF lülitiga) 50kVA trafodega. Olemasolevas Vanamõisa aj. F-3 kaitselüliti asendada uuega.	
alajaama tehnikusviis		
alajaama korpus		
madalpinge fiidrite arv [tk]		
keskpinge fiidrite arv [tk]		
kompenseerimiseadmed		
arvestussüsteemid		
märkusi		
B) Keskpinge[KP] liinid		
Õhuliini/ maakaabelliini pikkus [m], soovitatav ristlõige	F-2 PP lahendamiseks: Projekteerida 10kV õhuliini mastist nr. 169 uut 10kV kaabelliini ca. 335m. F-3 PP lahendamiseks:	

	Projekteerida Vanamõisa aj. juurest uut 10kV kaabelliini ca. 975m ja Palastvere HL mastist nr. 24 uut 10kV kaabelliini ca. 1550m.	
vahetatavaid maste [tk]		
lülitusseadmed, tüüp [tk]		
märkused (reservtorud, jm)		
C) Releekaitse ja telemehaanika nõuded		
D) Madalpingeliin(id)		
kandurjuhtme/maakaabli pikkus [m],	F-2 PP lahendamiseks: Projekteerida uut 0,4kV kaabelliini kokku ca. 335m. Ascendada 0,4kV õhuliinil paljasjuhtmed EX4x50-ga ca. 560m. F-3 PP lahendamiseks: Projekteerida uut 0,4kV kaabelliini kokku ca. 2080m.	F-2 PP lahendamiseks: Demonteerida üleliigset 0,4kV õhuliini kokku ca. 525m. F-3 PP lahendamiseks: Demonteerida üleliigset 0,4kV õhuliini kokku ca. 4695m.
soovitatav ristlõige [mm]		
mastid [tk]		
märkused (reservtorud, jm)		
E) Jaotuskilbid		
Jaotuskilpide arv [tk]		
F) Liitumis/mõõtekilbid		
Harukilpide arv [tk]	F-3 PP lahendamiseks: Projekteerida üks JK ja neli harukilpi.	
Liitumis/mõõtekilpide arv [tk]	F-3 PP lahendamiseks: Projekteerida kümme 1-kohalist ja kaks 2-kohalist LK-i soklil.	
G) Televõrgu tingimused		
Märkusi		

Lisa 1 Projekteerijal taotleda kohalikul omavalitsuselt ehitusluba objekti ehitamiseks., Elektrikilbi projekteerimisel ja ehitamisel, tuleb võtta kilbile unikaalne tähis (vastavalt EE 10421629-JV ST võrgustandardi osa: 10), mille väljastab Tehnilise informatsiooni sektor, Tartumaa ja Jõgevamaa – tel. 53068236, e-post: Kaili.Rebane@energia.ee.

Lisa 2

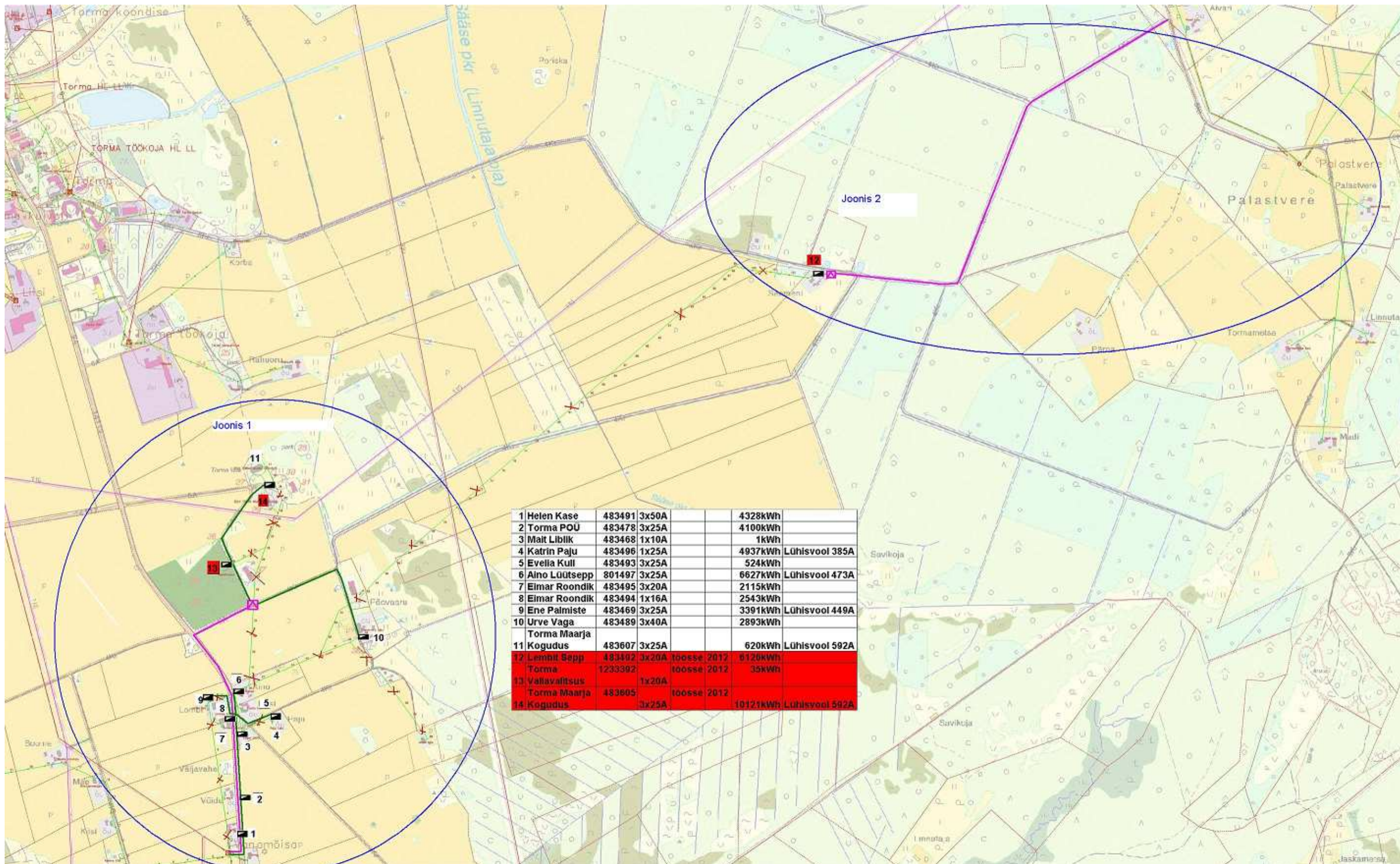
  
Vanamõisa F-2.JPG Vanamõisa F-3.JPG Vanamõisa F-3_joonis 1.JPG

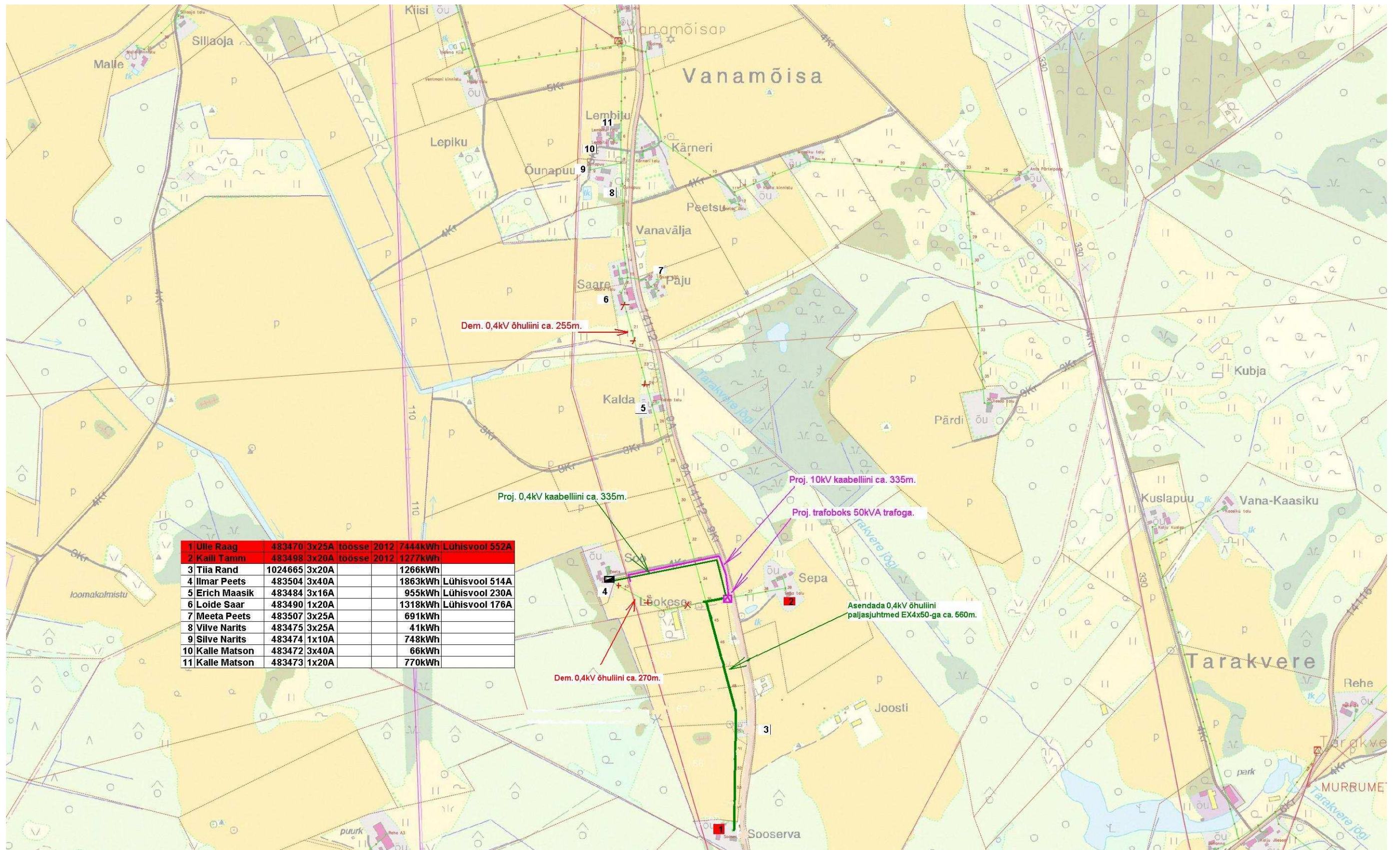
Vanamõisa F-3_joonis 2.JPG

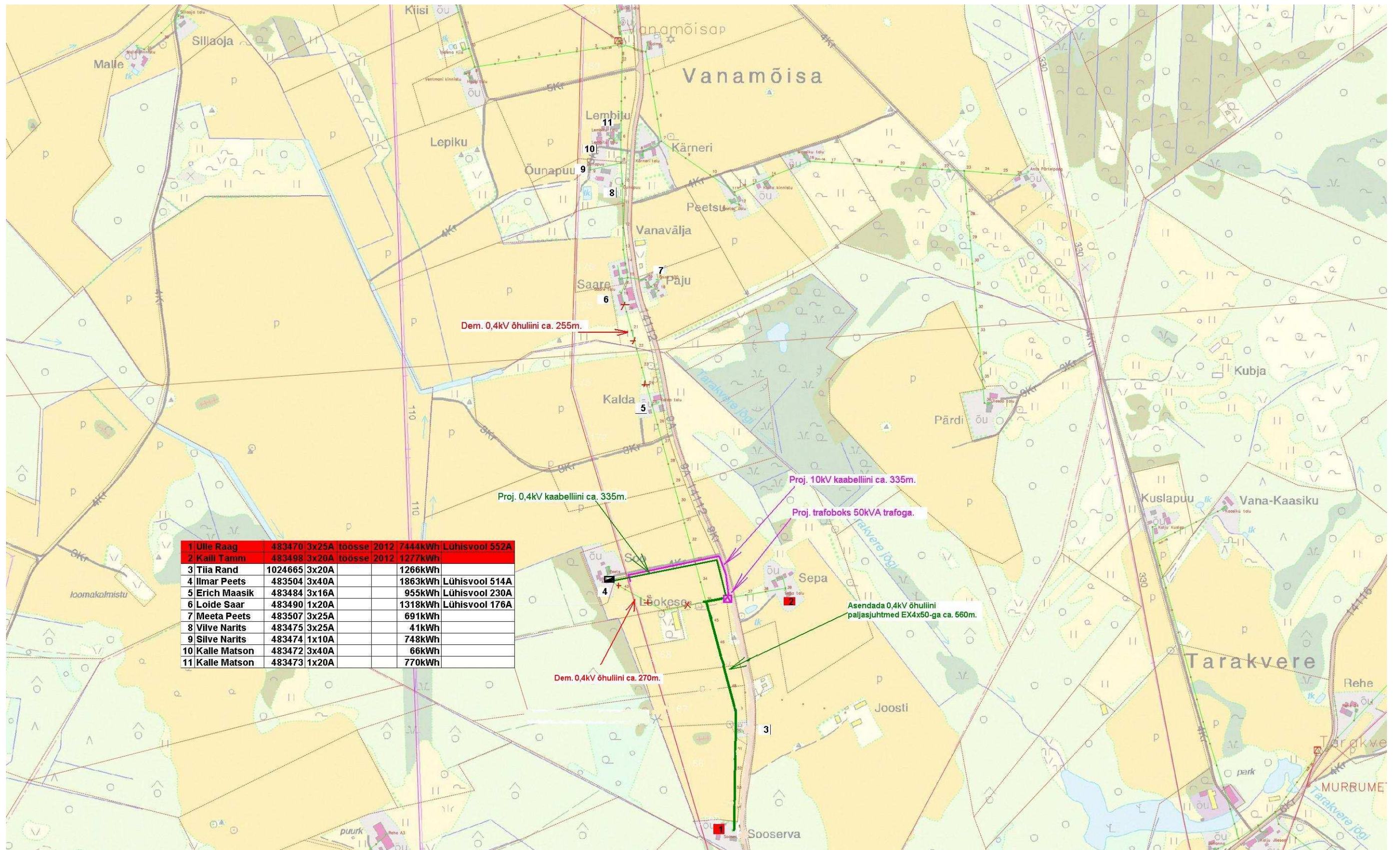
Lisa 3

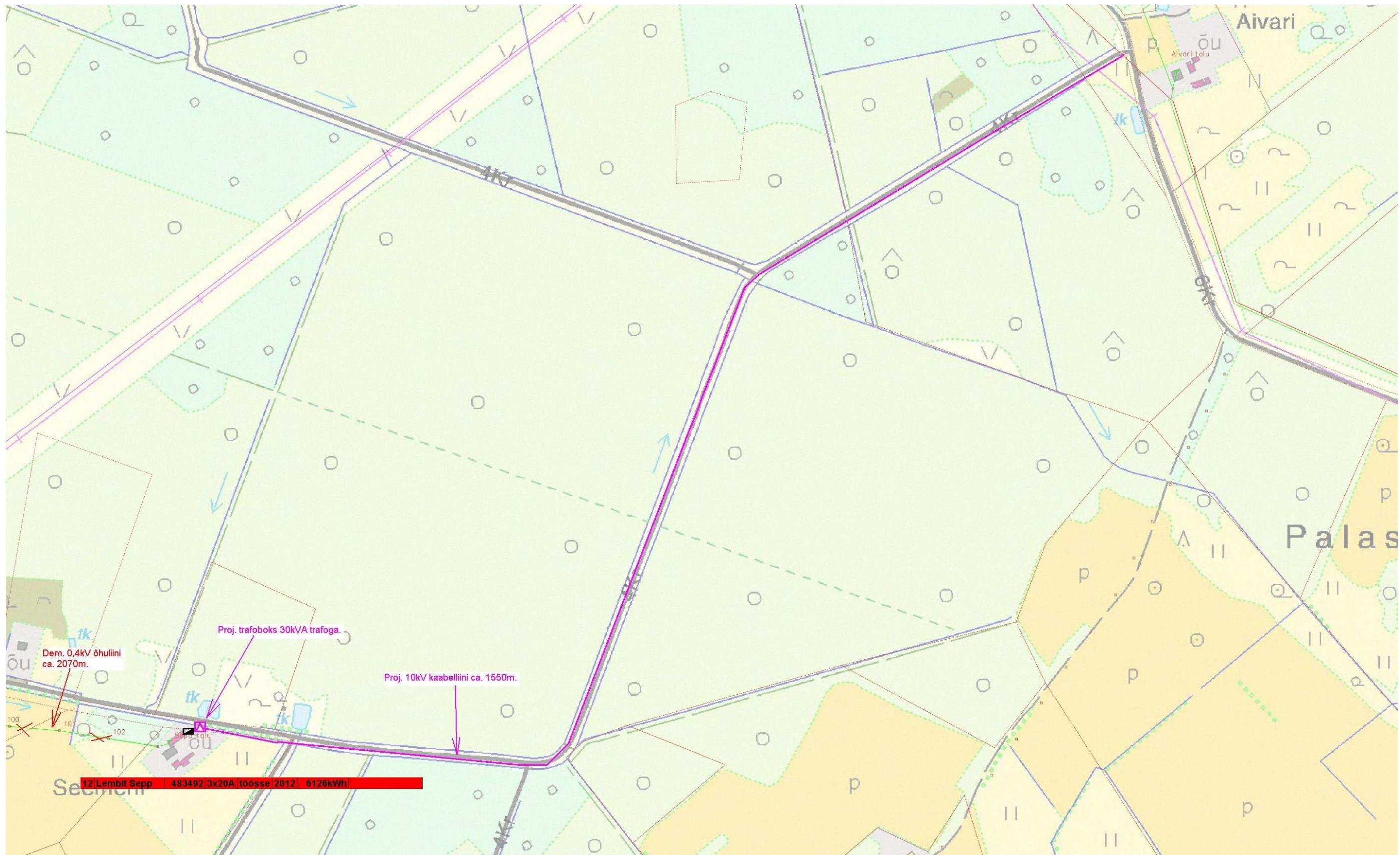
Kooskõlastatud Urmas Õunapuu 30.03.2011

Koostas
Andrus Niidumaa
50 79 382









Lisa C. Projekteerimistingimused
Lisa C.1. Torma Vallavalitsuse projekteerimistingimused

Lisa Torma Vallavalitsuse korraldusele nr 90, 11.04.2011

PROJEKTEERIMISTINGIMUSED

ASUKOHT **Torma vald**
 Vanamõisa küla

Käesolevad projekteerimistingimused on määratud Vanamõisa alajaama F-2 ja F-3 PP lahendamise ehitusprojekti koostamiseks.

1. Üldist

- 1.1 Projekti koostamisel lähtuda kehtivatest normidest (EPN), standarditest (EVS), EV seadustest ja määrustest.
- 1.2 Projekteerimisel juhinduda Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ projekteerimisülesandest nr 15969, 30.03.2011

2. Projekti koosseis ja vormistamine

- 2.1 Projekt koostada MTR'i registreeringut omava juriidilise või füüsilise isiku poolt.
- 2.2 Projekt vormistada Majandus- ja kommunikatsiooniministri 27. detsembri 2002. a määruses nr 70 "Nõuded ehitusloa taotlemisel esitatavale ehitusprojektile" sätestatud nõuete kohaselt.
- 2.3 Projekti koosseisus esitada situatsiooniskeem M 1:10000.
- 2.4 Alusplaan peab kajastama chitisi ja rajatisi vähemalt 15 m ulatuses projekteeritavast kaabelliinist.
- 2.5 Projekti kausta anda projekteerimistingimused, kinnistu plaan, ja kooskõlastatud eskiislahendus.

3. Kooskõlastused

- 3.1 Eesti Energia AS-ga;
- 3.2 Maaüksuste omanikega, kelle maid kaabelliin läbib
- 3.3 Lõuna Regionaalse Maantecametiga,
- 3.4 Torma Vallavalitsusega

4. Ehitusloa taotlemine

- 4.1 Ehitusprojekt esitada kaustas (formaad A4) kolmes eksemplaris Torma Vallavalitsusele läbivaatamiseks ja kooskõlastamiseks.
5. Käesolevad projekteerimistingimused kehtivad kuni **01.mai 2013 a.**

Projekteerimistingimused koostas:


Jüri Koger
Ehitusspetsialist
5620 8491
jyri.koger@torma.ee

Lisa C.2. Maanteeameti Lõuna regiooni projekteerimistingimused



MAANTEEAMET LÕUNA REGIOON

Rando Kasuk
Eesti Energia Vörguehitus AS
Kadaka tee 63
12915 TALLINN
rando.kasuk@energia.ee

Teie 23.08.11 nr e-kiri
Meie 09.09.11 nr 15-2/11-00154/294

Projekteerimistingimused

Võttes aluseks Teeseaduse § 5 lg 2, § 13 lg 1, § 19 lg 2, § 29 lg 3, § 36 lg 1 ning Tee ja tee kaitsevööndi kasutamise ja kaitsmise nõuded (RTL 1999, 155, 2173), esitab Maanteeameti lõuna regiooni Jõgevamaal Torma vallas Vanamõisa külas asuva 10 ja 0,4 kV maakaabli, kaablikappide ja alajaama projekteerimiseks projekteerimistingimused:

1. Võtta aluseks esitatud eskisjoonis.
2. Kõrvalmaantee nr 14112 Saare-Torma (edaspidi kõrvalmaantee) km 14,01-14,10 vasakule poole kõrvalmaanteed ning km 15,29-16,00 paremale poole kõrvalmaanteed projekteerida maakaabelliin > 8 m kaugusel tee teljest ja > 1 m sügavusele. Kõrvalmaantee kõrvale maakaabli projekteerimisel arvestada olemasolevate truupide (km 15,81 ning mahasõiduteede truupid) ümberehitamiseks vajaliku ruumiga, projekteerides maakaabelliini kaugusega > 3 m truubi otsast, vooluava piirkonnas > 1 m sügavusega truubi põhjast ja truubist maakaabelliini paralleelsel möödumisel jätta vahe > 3 m.
3. Maakaabelliini ristumised kõrvalmaanteega näha ette kinnisel meetodil, teemaa ja kraavi laiuse ulatuses kaitsetorusse > 1,5 m sügavusele teekattest, > 1,2 m sügavusele tee muldkeha kõrval oleva teemaa pinnast, kraavi olemasolul > 1,0 m sügavusele kraavi põhjast.
4. Projektis näidata ära kohad, mis võetakse lahti, sealhulgas maakaabli kinnisel meetodil paigaldamiseks.
5. Projekti lisada joonis maakaabelliini paiknemisest kõrvalmaanteega ristumisel.
6. Liitumiskilbid projekteerida kõrvalmaantee tee teljest > 10 m kaugusele, et vältida liitumiskilpide kahjustusi tehohiutöödel (heina niitmine, lume vallitamine). Kahjustamise puhul on vastutav kilbi omanik.
7. Projekteeritav alajaam projekteerida kõrvalmaantee tee servast > 20 m kaugusele, tulenevalt Tee projekteerimise normid ja nõuded (RTL 2000, 23, 303) tabel 2.13.
8. Kohas, kus maakaabel paigaldatakse teemaasse, peab maakaabli tulevane omanik taotlema tehnorajatise teemaasse paigutamise ja talumise loa.
9. Projektis peab olema nõue, et tööde teostamisega (maakaabelliini paigaldamine, kaablikappide ja alajaama ehitus) ei tohi tekkida liiklustakistusi kõrvalmaanteel.
10. Maakaabli omanik peab võimaldama maakaablitrassi kaitsetsoonis vajalike teetööde tegemise mehhanismidega.
11. Projekti peab olema nõue, et tööde teostaja on kohustatud taastama olemasoleva olukorra (sh kraavi ja muud rajatised) ja esitama Maanteeameti lõuna regioonile teostatud tööde

Veski 23
51005 Tartu

Tel +372 740 8100
Faks +372 740 8102
E-post info.louna@mnt.ee

Kodulehekül www.mnt.ee
Registrikood 70001490

kohta teostusjoonised paberandjal ja elektrooniliselt CD-l kuu aja jooksul peale tööde teostamist.

12. Projekt kooskõlastada Maanteeameti lõuna regiooniga jättes ühe eksemplari nõutavatest joonistes paberandjal Maanteeameti lõuna regioonile.
13. Projekteerimistingimused kehtivad 2 aastat.

Lugupidamisega

/allkirjastatud digitaalselt/

Janar Taal

Direktori asetäitja

Kaarel Lääne, 740 8122, kaarel.laane@mnt.ee

Veski 23
51005 Tartu

Tel +372 740 8100
Faks +372 740 8102
E-post info.louna@mnt.ee

Kodutehokül www.mnt.ee
Registrikood 70001490

Lisa C.3. Põllumajandusameti Jõgeva keskuse tingimused

MAAPARANDUSEHITISE MAA-ALALE KAVANDATAVA MUU EHITISE EHITUSPROJEKTI VÕI ÜHISEESVOOLU VÕI SELLE KAITSELÕIGU VEETASEME REGULEERIMISE KAVATSUSE KOOSKÖLASTAMISE TEATIS

1. Registreeringu andmed

Maaparandussüsteemi kood	2	1	0	5	3	4	0	0	2	0	0	3	0
Ehitise nimetus	Kõstri								kood	0	0	1	

2. Kooskõlastuse saaja nimi, registri- või isikukood, aadress ja sideandmed

Nimi	Eesti Energia Võrguehituse AS												
Registrikood	1	0	6	6	5	7	9	8	Isikukood ¹				
Maakond	Tartu maakond							Postiindeks	51014				
Linn / vald	Tartu linn							Telefon	53082960				
Küla / alev	-							Faks	7154101				
Tänav / maja	Ilmatsalu 3							E-post	rando.kasuk@energia.ee				

3. Kinnisasja andmed (muu ehitise olemasolul)

Omaniku nimi	
Katastritunnus	

4. Muu ehitise või eesvoolu asukoha andmed

Muu ehitise	Eesvoolu	
10 ja 0,4 kV maakaabelliinide ja 10/0,4kV komplektalajaamade ehitamise kooskõlastamine.	Nimetus	
Jõgeva maakond	Maakond	-
Torma vald	Vald	-
Vanamõisa küla	Küla / alev	-

5. Kooskõlastuse sisu kokkuvõte ja tingimused

Kooskõlastuse	sisu kokkuvõte	10 ja 0,4 kV maakaabelliinide ja 10/0,4kV komplektalajaamade ehitamine kooskõlastatud.
	tingimused	Leida lahrikaevamise teel maakaabelliini ristumiskohad dreenaaziga. Mullatööd dreenaazi vahetus läheduses teha käsitsi. Kuivendusdreeni juhusliku vigastamise korral maakaabelliini ehitamisel ning demonteeritavate õhuliini mastide likvideerimisel, asendada vigastatud savitorud kaeve ulatuses vähemalt sama läbimõõdu plasttorudega. Teostusjoonisel näidata täpne kaabli ristumiskoht dreenaaziga. Enne tööde algust teavitada Põllumajandusameti Jõgeva Keskust.

6. Kooskõlastamise otsuse andmed

PMA keskuse nimi	Jõgeva		
PMA otsuse number	14-1.4/1117	Kuupäev	18.10.2011

Lisa D. Projekti joonised