



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Norman Onno

ELAMU ELEKTRIPAIGALDISE PROJEKT
ELECTRICAL INSTALLATION PROJECT OF
RESIDENTIAL BUILDING

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: lektor Toivo Leola, *MSc*

Tartu 2017

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Norman Onno		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia (384)	
Pealkiri: Elamu elektripaigaldise projekt			
Lehekülgi: 58	Jooniseid: 26	Tabeleid: 5	Lisasid: 9
Osakond: Tehnikainstituut Uurimisvaldkond: ETIS teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika. ETIS teaduseriala: 4.17. Energeetikaalased uuringud. CERCS teaduseriala: T140 Energeetika, T190 Elektrotehnika. Juhendaja(d): Toivo Leola Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017			
Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks on koostada elektripaigaldise projekt eramajale. Bakalaureuse töös kirjeldatakse etappe, mis on vajalikud elektripaigaldise projekti koostamiseks ja ehitamiseks. Projekti koostamisel lähtutakse Eestis kehtivatest standarditest, määrustest ja seadustest. Elektripaigaldises kasutatavate seadmete valimiseks ja projekteeritava elektripaigaldise nõuetele vastamise kontrolliks on teostatud vajalikud arvutused. Teoreetilises osas antakse ülevaade millised nõuded peavad olema täidetud erinevate elektripaigaldiste osade juures. Valgusarvutusteks on kasutatud programmi Dialux. Lühisvoolud on arvutatud programmiga Lühisvoolud 3. Koostatud on detailne valgustuse ja pistikupesade plaan. Antud töö on kasutatav reaalse projektina elektripaigaldise ehitamisel.			
Märksõnad: elektripaigaldis, elektriarvutused, kaitselülitid, maanduspaigaldis, tehnilised joonised			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Norman Onno		Speciality: Engineering (384)	
Title: Electrical Installation Project of Residential Building			
Pages: 58	Figures: 26	Tables: 5	Appendixes: 9
Department: Institute of Technology Field of research: ETIS Field of Research: 4.Natural Sciences and Engineering. ETIS Speciality: 4.17.Energetic Research. CERCS speciality: T140 Energy Research, T190 Electrical Engineering. Supervisors: Toivo Leola Place and date: Tartu 2017			
The aim of this Bachelor's thesis is to make electrical installation project for residential building. The electrical installation project is made for residential house at Saaga tee 5. This Bachelor's thesis describes the necessary steps that are needed for creating electrical installation project. In theoretical part, an overview was given how to choose correct surge suppressors, circuit breakers and residual current operated circuit-breakers. Selected residual current operated circuit-breakers have integrated overcurrent protection inside them. The project complies with valid standards, regulations and laws. In choosing of electrical devices and checking eligibility, the necessary calculations have been carried out. Necessary drawings have been made using AutoCAD.			
Keywords: electrical installation, electrical calculations, breakers, earthing, technical drawings			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1. EHITUSOBJEKT	7
1.1. Hoone üldiseloomustus	7
1.2. Elektrivarustus	7
2. VALGUSTUS	8
2.1. Valgustusseadmete valik	8
2.2. Valgustite valik	10
3. ELEKTRIARVUTUSED	19
3.1. Arvutusliku võimsuse määramine	19
3.2. Peakaitsme ja toitekaabli valik	20
3.3. Lühisvoolude ja pingekadude määramine	22
4. ELAMU KAITSEAPARAADID	24
4.1. Maandupaigaldise ja potentsiaaliühtlustuse valik	24
4.1.1. Maanduspaigaldise valik	24
4.1.2. Potentsiaaliühtlustus	26
4.2. Liigpingekaitse valik	27
4.3. Elamu kaitselülite valik	29
4.3.1. Liinikaitselülite valik	29
4.3.2. Rikkevoolukaitselülite valik	34
5. PAIGALDUSSEADMED JA TARVIKUD	36
5.1. Pistikupesade valik	36
5.2. Juhtide valik	36
5.3. Peajaotuskeskuse valik	38
5.4. Maasoojuspump	39
KOKKUVÕTE	40

KASUTATUD KIRJANUDS	41
SUMMARY	44
LISAD	45
Lisa 1.....	46
Lisa 2.....	48
Lisa 3.....	49
Lisa 4.....	50
Lisa 5.....	51
Lisa 6.....	52
Lisa 7.....	53
Lisa 8.....	54
Lisa 9.....	55
LIHTLITSENTS.....	59

SISSEJUHATUS

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on projekteerida hoonele elektripaigaldis, mis vastaks kehtivatele standarditele, eeskirjadele ning seadustele. Elektripaigaldise projekteerimise aluseks on arhitekt Kalle Rannule arhitektuurne osa ja asendiplaan koos välisvõrkudega.

Elamu elektripaigaldise koostesse valitakse vajalikud valgustusseadmed, elektritarvitid, kaitseaparaadid, kaablid ja pistikupesad. Valikute põhjendamiseks tehakse vajalikud arvutused. Arvutatakse elamu arvutuslik võimsus, maanduspaigaldise maandustakistus, vajalik peakaitsme suurus ja toitekaabli ristlõikepindala. Lühisvoolude ja pingekadude määramiseks kasutatakse programmi Lühisvoolud 3. Valgustusseadmete valikul kasutatakse programmi Dialux, et tagada nõuetekohased valgustihedused erinevates ruumides.

Parema ülevaate saamiseks elektripaigaldisest on bakalaureusetöös ning selle lisades esitatud vastavasisulised skeemid ja joonised. Bakalaureusetööd võib vaadelda projekteerimise lähteülesannet.

1. EHITUSOBJEKT

1.1. Hoone üldiseloostus

Antud töös kirjeldatav hoone ehitatakse Tartu maakonda aadressile Luunja vald, Kikaste küla, Saaga tee 5. Krundi pindala on 3004 m². Planeeritud hoone on kahe korruseline, mille suletud netopind on 395,7 m² ja brutopind 472,3 m². Hoone asub krundi idaservas kust on ka pääs krundile [33].

1.2. Elektrivarustus

Hoone planeeritud elektrisüsteem on kolmefaasiline ja kasutatakse kahetariifset arvestit. Elektri peajaotuskilp asetseb maja tehnoruumis. Liitumispunktiks on Elektrilevi OÜ poolt kinnistu piirile paigaldatud liitumiskeskus mõõtesüsteemi ja peakaitsmega. Elektrilevi OÜ poolt paigaldatud peakaitse suuruseks on 32 A. Põhiline kahetariifne peaarvesti elektrienergia mõõtmiseks ja arvestamiseks on paigaldatud võrguettevõtte poolt liitumispunkti [33].

Tehnilised põhiandmed:

- Pingesüsteem: 3x230/400 V 50 Hz
- Kasutatav juhistikusüsteem: TN-C-S
- Toitevõrk: TN-C (4-juhtmeline, L1, L2, L3, PEN)
- Objektil: TN-S (5-juhtmeline, L1, L2, L3, PE, N)
- Peakaitse: 3x32 A

Antud töös teostatakse elektriprojekt, mis vastab kehtivatele standarditele. Projekt märgitakse pistikute, valgustite, lülitite ja muude elektriseadmete asukohad.

2. VALGUSTUS

2.1. Valgustusseadmete valik

Inimene saab 90% informatsioonist ümbritseva keskkonna kohta nägemise kaudu. Seetõttu on väga oluline, et ruumid oleksid piisavalt hästi valgustatud. Hea valgustuse korral tunneb inimene end kindlalt ja energilisena. Valguse puudulikus võib põhjustada silmade väsimist ja peavalu. Kuna loomulik valgus, ehk päikesevalgus ei ole alati kättesaadav, ega rahulda inimesele vajalikke nõudmisi, tuleb kasutada kunstlikke valgusallikaid [1].

Valgusti on seade, mis jaotab, filtreerib või muundab ühe või mitme lambi valgust. Valgusti juurde kuuluvad kõik osad, mis on vajalikud lampide kaitseks, kinnitamiseks, ühendamiseks vooluvõrguga. Kaks kõige tähtsamat lampi iseloomustavat suurust on tarbitav võimsus ja valgusvoog. Valgusvoo ja tarbitava võimsuse omavahelist jagatist nimetatakse valgusviljakuseks. Valgusviljakus näitab kui efektiivne on antud valgusti [2].

$$\eta = \frac{\Phi}{P},$$

kus η on valgusviljakus lm/W;

Φ - valgusvoog lm;

P - tarbitav võimsus W.

Seda, kas ruumis on valgust piisavalt hinnatakse valgustihedusega, mis iseloomustab valgusvoo tihedust valgustataval pinnal.[2]

$$E = \frac{\Phi}{A},$$

kus E on valgustihedus lx;

A - valgustatav pind m².

Vastavalt standardile EVS-EN 12464-1:2011 on siseruumide põhiliste hajupeegeldavate pindade soovitatavad peegeldustegurid [3]:

- lagedel: 0,7 kuni 0,9;
- seintel: 0,5 kuni 0,8;
- põrandal: 0,2 kuni 0,4.

Tähtsamate esemete nagu mööbel, kodumasinad jne peegeldustegurid peaksid olema vahemikus 0,2 kuni 0,7 [3].

Valgustihedus ja selle jaotus mõjutavad suurel määral inimese nägemisülesande käsitlemise ja täitmise kiirust, ohutust ja mugavust. Samas standardis on välja toodud erinevate ruumide, tegevust jaoks vajalikud keskmise valgustiheduse vähimväärtused: [3].

- liiklusavad ja koridorid: 100 lx;
- trepid: 100 lx;
- puhkeruumid: 100 lx;
- köögitööd: 500 lx;
- lülitusaparaatide ruumid: 200 lx;
- sõidukite remont: 300 lx;
- lugemine: 500 lx;
- spordisaal: 300 lx.

Valguspaigaldis peab täitma ruumi valgustusnõudeid energiatõhusal viisil [3]. Selleks, et mõista kui energiasäästlik on valgusallikas, on vaja teada kui palju valgust on valgusallikas saadavast energiast võimeline tootma. Mida rohkem energiat muudab valgusallikas valguseks, seda kõrgem on valgusallika valgusviljakus. Hõõglampide ja halogeenlampide valgusviljakus on üldjuhul 10...35 lm/W. Luminofoorlampide ja LED valgustite valgusviljakus jääb vahemikku 50...100 lm/W. Gaasilahenduslampidel 100...200 lm/W [5]. LED valgusti eeliseks on, et valgus kiirgab ühes suunas ja nende pikk eluiga, kuni 50 000 tundi. Luminofoorlampide eluiga on ligikaudu 20 000 tundi. Tavaliselt määratletakse LED lampide kasutusiga kui aega, mille möödumisel eeldatavasti selle valgusviljakus langeb 70 %-le algsest. Selliste LED lampide tähiseks on L70. LED valgusti väljavahetamine peale eluea lõppu ei ole ilmtingimata vajalik, kuid selle valgusviljakus langeb eluea jooksul 30 %. 12 V-sed LED-valgustid vajavad liiteseadmeid. LED-liiteseadme reageerib LED-i

muutuvatele vajadustele, optimeerides juhtvoolu ja muundab vahelduvvoolu 12 V-seks alalisvooluks. 230 V pealt töötavatel LED-valgustitel liiteseadme vajadus puudub [4].

2.2. Valgustite valik

Ruumide valgustid on paigaldatud esimesel korrusel 3 m kõrgusele välja arvatud vannitoas, WC-s ja saunas kus on kasutusel ripplaed, seal on valgustite kõrgus 2,8 m. Teise korruse valgustid on paigaldatud 2,8 m kõrgusele. Valguse modelleerimiseks ja valgustiheduse arvutamiseks on kasutatud programmi Dialux evo 6. Kuna kasutatud on enamjaolt LED valgusteid, on arvestatud, et vajalik valgustiheduse norm oleks täidetud ka lampide eluea lõpus. Arhitektuuriline plaan, kus on näha ruumide asukohad on esitatud lisas 3 ja 4.

Esikus ja käigutees on kasutatud laevalgusteid Luxiona Troll - Beryl F 75 MLM 20W 3000K (joonis 1) ja LED riba Tridonic LLE G4 ADV (joonis 2). Valgusti Luxiona Troll paigaldatakse lakke süvistatult ning antud valgusti valgusviljakus on 57 lm/W. LED riba paigaldatakse trepikäsipuu alla ja koosneb 25-st moodulist. Ühe mooduli võimsus on 2 W ja valgusvoog 325 lm. Ruumi keskmine valgustihedus on 190 lx, mis on nõuetele vastav.



Joonis 2.1. Valgusti Luxiona Troll - Beryl F 75 MLM 20W 3000K [6]



Joonis 2.2. Valgusti Tridonic LLE G4 ADV moodul [6]

Thenoruumis ja abiruumis (nr. 6) on kasutatud samasuguseid valgusteid. Valgustiks on Philips TTX150 361 1xTL-D36W HFP M (Joonis 3). Valgustid paigaldatakse lakke ja on pinnapealsed. Ühe valgusti valgusvoog on 3100 lm ja ühenduse võimsus 36 W. Tehnoruumi keskmine valgustihedus on 231 lx ja abiruumi keskmine valgustihedus on 235 lx. Mõlemad ruumi valgustihedus vastab standardis toodud nõuetele.



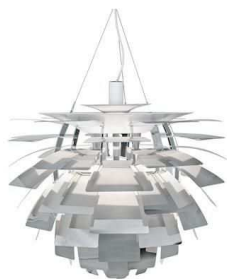
Joonis 2.3. Valgusti Philips TTX150 361 1xTL-D36W HFP M [6]

Köögis on kasutatud sarnaselt esikuga valgusteid Luxiona Troll - Beryl F 75 MLM 20W 3000K (joonis 1) ja valgustit Martinelli Luce LUNA - LED 2035 (joonis 4). Valgusti LUNA valgustuspunkti kõrgus on 2 m, selle kogu valgusvoog on 5530 lm ja ühenduse võimsus 64 W. Köögi keskmine valgustihedus on 460 lx. Vastavalt standardile on köögitöödeks, nagu porgandi hakkimine vajalik valgustihedus 500 lx. Antud nõue on täidetud köögis oleval tööpinnal, kus on valgustiheduseks 745 lx.



Joonis 2.4. Valgusti Martinelli Luce LUNA - LED 2035 [6]

Söögiruumis on kasutatud sarnaselt esiku ja köögiga valgusteid Luxiona Troll - Beryl F 75 MLM 20W 3000K (Joonis 1) ja valgustit Louis Poulsen - PH ARTICHOKE LED POLERET RUSTFRI STAL (Joonis 5). Louis Poulsen valgusti valgustupunkti kõrgus on 1,8 m, selle valgusvoog on 2253 lm ning ühenduse võimsus 96 W. Ruumis keskmine valgustihedus on 349 lx mis on nõuetele vastav. Ruumi keskel oleval laual on valgustihedus 571 lx mis on piisav näiteks pikaajaliseks lugemiseks.



Joonis 2.5. Valgusti Louis Poulsen - PH ARTICHOKE LED POLERET RUSTFRI STAL [6]

Elutoas on kasutatud valgusteid LTS Licht & Leuchten - SCEL P 501.20.55/F (joonis 6). Ühe valgusti valgusvoog on 2240 lm ja ühenduse võimsus 42 W. Valgustid on lakke süvistatavad. Ruumis keskmine valgustihedus on 347 lx mis vastab standardis toodud nõuetele. Elutoa valgustus on reguleeritav dimmer lülitiga, ning valgustihedust saab reguleerida vastavalt vajadusele. Keskmine valgustihedus 347 lx on saadud juhul, kui valgustid töötavad täisvõimsusel.



Joonis 2.6. Valgusti LTS Licht & Leuchten - SCEL P 501.20.55/F [6]

Esimese korruse garderoobis ja abiruumis (nr. 10) on kasutatud sarnaselt esikuga valgusteid Troll - Beryl F 75 MLM 20W 3000K (joonis 1). Garderoobi keskmine valgustihedus on 216 lx ja koristaja ruumi keskmine valgustihedus on 329 lx. Mõlemad ruumi keskmine valgustihedus on piisav ja vastab standardis toodud normidele.

Dušširuumis ja WC-s on kasutatud valgusteid Fagerhult - Pleiad SLD G3 77496 (Joonis 7). Valgusti kaitseaste on IP44 mille teine number näitab, et mistahes suunast korpusele pirtsival veel puudub valgustile kahjulik mõju. Ühe valgusti valgusvoog on 856 lm ja ühenduse võimsus 10 W. WC keskmine valgustihedus on 219 lx ja pesuruumi keskmine valgustihedus on 300 lx. Mõlema ruumi valgustihedus vastab standardis toodud nõuetele.



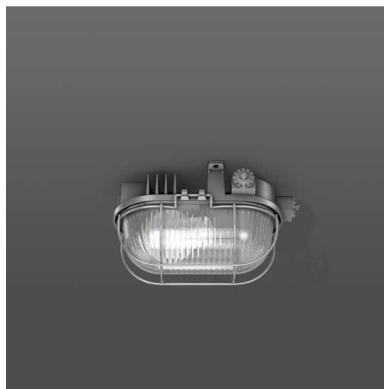
Joonis 2.7. Valgusti Fagerhult - Pleiad SLD G3 77496 [6]

Leiliruumis on kasutatud punktvalgusteid Lighting Technologies - CRISTALLO 02 (Joonis 8) ja lava alust seinavalgustit RZB - Planox LED 451161.009.2 (Joonis 9). Valgustite kaitseaste on IP65 mille teine number näitab, et mis tahes suunast korpusele juhitaval veejoal puudub kahjulik mõju valgustile. Lakke süvistatava punktvalgusti valgusvoog on 55 lm ja ühenduse võimsus 1 W. Valgusti on vastupidav temperatuurile kuni + 120 °C. RZB - Planox seinavalgusti valgusvoog on 2900 lm ja ühenduse võimsus

26 W. Valgusti asub lava all, 0,8 m kõrgusel. Valgusti sobib kasutamiseks temperatuuril kuni + 120 °C. Sauna keskmine valgustihedus on 67 lx, mis ei vasta standardis toodud nõuetele. Standardi järgi on nõutud puhkeruumide vähimaks keskmiseks valgustiheduseks 100 lx. Arvan, et 67 lx on leiliruumile piisav, kuna seal viibitakse lühiajaliselt.



Joonis 2.8. Valgusti Technologies - CRISTALLO 02 [6]



Joonis 2.9. Valgusti RZB - Planox LED 451161.009.2 [6]

Panipaigas on kasutatud valgustit Luxiona Troll - Beryl F 75 MLM 20W 3000K (Joonis 1). Ruumi keskmine valgustihedus on 135 lx mis on nõuetele vastav.

Treeningruumis ja talveaias on kasutatud valgusteid LTS Licht & Leuchten - SCEL P 501.20.55/F (joonis 6). Treeningruumi keskmine valgustihedus on 359 lx mis vastab standardis esitatud nõuetele. Talveaia keskmine valgustihedus on 505 lx.

Teise korruse ruumides on kasutatud peamiselt valgusteid Lemvigh-Müller LEDvance XL (Joonis 10). Erandiks on trepihall ja mõlemad vannitoad. Vannitubades on kasutusel sama tüüpi valgusti mis esimese korruse dušširuumis, Fagerhult - Pleiad SLD G3 77496 (Joonis 7). Trepihallis on kasutusel valgusti Glamox Luxo D70-RF155 LED 1400 830 SM D GL matt centre (Joonis 11) mille valgusvoog on 1333 lx ja ühenduse võimsus 15 W. Valgusti

LEDvance XL kogu valgusvoog on 1770 lm ja ühenduse võimsus 19 W. Vannitoas on lisaks lakke süvistatavatele valgustitele ka peeglivalgusti. Peeglivalgustiks on Lamp Lighting AMBIENT FI T5 (Joonis 13) mille valgusvoog on 1750 lm ja ühenduse võimsus 28 W. Põhjapoolses magamistoas (nr. 29) on lisaks põhilistele lakke süvistatud valgustitele veel lugemisvalgustid voodi kohal, 1 m kõrgusel. Lugemisvalgustiteks on SLV GMBH - Spot 79 mille valgusvoog on 200 lm ja ühenduse võimsus 4 W. Väiksema vannitoa keskmine valgustihedus on 396 lx ja suurema vannitoa keskmine valgustihedus on 378 lx. Väiksema garderoobi (nr. 26) keskmine valgustihedus 390 lx on ja suurema garderoobi (nr. 27) keskmine valgustihedus on 363 lx. Laste magamistubade valgustihedused on 336 lx (nr. 22) ja 307 lx (nr. 23). Kontoriruumide valgustihedused on 355 lx (nr. 24) ja 465 lx (nr. 25). Põhjapoolse magamistoa keskmiseks valgustiheduseks on 300 lx. Ruumide valgustihedus vastab standardis toodud nõuetele. Kontoriruumides on soovituslik kasutada töölaual kohtvalgustit.



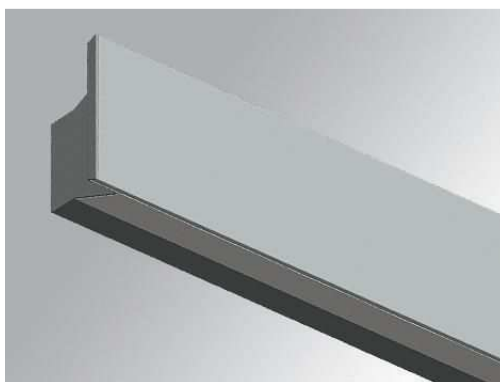
Joonis 2.10. Valgusti Lemvigh-Müller LEDvance XL [6]



Joonis 2.11. Valgusti Glamox Luxo D70-RF155 LED 1400 830 SM D GL matt centre [6]



Joonis 2.12. Valgusti SLV GMBH - Spot 79 [6]



Joonis 2.13. Valgusti Lamp Lighting AMBIENT FI T5 [6]

Garaažis on kasutatud valgusteid Feilo Sylvania RANA LED 1250 CP. Valgusti kogu valgusvoog on 6050 lm ja ühenduse võimsus on 64 W (Joonis 14). Ruumi 19 valgustihedus on 270 lx ja ruumi 18 valgustihedus on 231 lx. Valgustus vastab nõuetele.



Joonis 2.14. Valgusti Feilo Sylvania RANA LED 1250 CP [6]

Välivalgustuseks on kasutatud süvistatavaid valgusteid Simes MEGAZIP Downlight S.5594.19 (Joonis 15), mille valgusvoog on 1484 lm ja ühenduse võimsus 26 W. Seintel on kasutatud valgusteid RZB - Cadero quadra 581631.000 (Joonis 16), mille valgusvoog on

590 lm ja ühendsue võimsus 13,5 W. Maja taguse terassi valgustamiseks on kasutatud terassi sisse süvistatavaid valgusteid Simes MINIZIP S.7868 (Joonis 17), mille valgusvoog on 670 lm ja ühenduse võimsus 35 W. Katuse terassi valgustamiseks kasutatakse valgusteid Unilamp - Buzz2 7161-0-3-902-XX (Joonis 18), mille valgusvoog on 3320 lx ja ühendsue võimsus 40,5 W. Väliterasside valgustihedus jääb vahemikku 20...100 lx.



Joonis 2.15. Valgusti Simes MEGAZIP Downlight S.5594.19 [6]



Joonis 2.16. Valgusti RZB - Cadero quadra 581631.000 [6]



Joonis 2.17. Valgusti Simes MINIZIP S.7868 [6]



Joonis 2.18. Vlagusti Unilamp - Buzz2 7161-0-3-902-XX [6]

Valgustite konstruktsioon peab vastama IEC normidele. Kõik valgustusseadmed on CE-tähistusega. Valgustuse lülitis toimub käsilülititega. Niisketes ruumides kasutatakse IP44 kaitseastmega lüliteid. Lülitite paigalduskõrgus on üldjuhul 1 m, niisketes ruumides 1,5 m. Valgustuse plaanid esimesele ja teisele korrusele on esitatud lisades 7 ja 8.

3. ELEKTRIARVUTUSED

3.1. Arvutusliku võimsuse määramine

Kõik elamus kasutatavad elektriseadmed tarbivad võrgust võimsust. Üksiku elektritarviti puhul on võimalik selle tarbitavat võimsust leida seadme tehnilisest passist, andmesildilt. Elamus on kasutusel palju erinevaid elektritarviteid. Kõikide elektritarvitite nimivõimsuse summeerimisel saab leida paigaldusvõimsuse ehk installeeritud võimsuse [7].

Gruppide arvutusliku võimsuse määramiseks on kasutatud valemit [7]:

$$P_{ag} = P_{ig} \cdot k_n, \quad (3.1)$$

kus P_{ig} on grupi paigaldusvõimsus W;

k_n - nõudetegur.

Nõudetegur on üheaegsusteguri ja koormusteguri korrutis [7]:

$$k_n = k_{\ddot{u}} \cdot k_k, \quad (3.2)$$

kus $k_{\ddot{u}}$ on üheaegsustegur;

k_k - koormustegur.

Gruppide arvutuslikud võimsused on esitatud lisas 1.

Koormusteguri väärtus lähtuvalt tarbija liigist on esitatud tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Koormustegur lähtuvalt tarbija liigist [8]

Tarbija liik	Koormustegur k_k
Elektrimootor	0,6
Valgustusseadmed	1
Pistikupesad	1

Üheaegsusteguri väärtus lähtuvalt tarbijate arvust on esitatud tabelis 2.

Tabel 3.2. Üheaegsustegur lähtuvalt tarbijate arvust [8]

Tarbijate arv	Üheaegsustegur $k_{\ddot{u}}$
1	1
2	0,85
3	0,8
4-5	0,75
6-7	0,70
8-10	0,65
11-15	0,60
16-20	0,55
21-25	0,50
25-30	0,45
31-40	0,40

Elamu kogu arvutusliku võimsuse saab gruppide arvutusliku võimsuse ja üheaegsusteguri abil valemiga [7]:

$$P_a = k_{\ddot{u}} \cdot \sum P_{ag}, \quad (3.3)$$

kus P_{ag} on gruppide arvutuslik võimsus W;

$k_{\ddot{u}}$ - gruppide vaheline üheaegsustegur ($k_{\ddot{u}} = 0,40$).

$$P_a = 0,40 \cdot 75350 = 30140 \text{ W}$$

Elamu arvutuslik võimsus $P_a = 30,14 \text{ kW}$.

3.2. Peakaitsme ja toitekaabli valik

Kontrollimaks kas liitumispunkti paigaldatud 32 A nimivooluga peakaitseülilüti on sobiv, leian kaitselülilit läbiva voolu. Faasivoolu leian kasutades elamu arvutuslikku võimsust valemiga [9]:

$$I_f = \frac{P_a}{3U_f \cdot a}, \quad (3.4)$$

kus I_f on faasivool A;

P_a - elamu arvutuslik võimsus W;

U_f - faasipinge V ($U_f = 230$ V);

a - faaside vahelist koormuse erinevust arvestav tegur ($a = 0,97$).

$$I_f = \frac{30140}{3 \cdot 230 \cdot 0,97} = 45 \text{ A}$$

Elamu peakaitsme suurus tänapäevaste kodumasinade kasutamisel peaks olema vähemalt 20 A. Antud elamu faasivoolule sobiv automaatkaitselüliti on nimivooluga 50 A (3 x C50) [10]. Olemasolev 32 A nimivooluga peakaitselüliti vahetatakse sobiva vastu.

Liitumispunktist elektritarvitini tekkiv pingekadu ei tohi juhistikus ületada kokku 4% ($\Delta U \leq 4\%$) ning on soovitatav, et peajuhistikus oleks see 0,5...1 % ning arvestist tarvitini mitte üle 3% [11].

Toitekaabli minimaalse ristlõike leian valemiga [12]:

$$s = \frac{100\rho \sum Pl}{\Delta U_{\%} U^2}, \quad (3.5)$$

kus ρ on juhi materjali eritakistus ($\rho_{Al} = 0,028 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, $\rho_{Cu} = 0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ [13]);

P - maksimaalne tarbitav võimsus W;

l - toitekaabli pikkus ($l = 17$ m);

$\Delta U_{\%}$ - lubatud pingekadu ($\Delta U_{\%} = 1 \%$);

U - liinipinge ($U = 400$ V).

$$s = \frac{100 \cdot 0,028 \cdot 75350 \cdot 17}{1 \cdot 400^2} = 22,41 \text{ mm}^2$$

Elamu toitekaabli ristlõikepindala peab olema vähemalt 22,41 mm². Elamu toitekaabliks on valitud polüteen isoleermaterjaliga XLPE 4x25. Kaabel tuleb paigaldada pinnasesse vähemalt 0,7 m sügavusele kaitsetorus [14].

3.3. Lühisvoolude ja pingekadude määramine

Lühisvoolude ja pingekadude määramisel kasutan vabavaralist programmi Lühisvoolud 3. Lühisvoolud 3 on arvutiprogramm väikseimate ühefaasiliste lühisvoolude arvutamiseks, millest lähtuvalt saab valida nõuetele vastava kaitseseadme. Muuhulgas on võimalik programmi kasutada 3-faasilise lühisvoolu, mööduva löökvoolu, pingekao, 3-faasilise lühisvõimsuse, koormusvoolu arvutamisel ja kaitseseadmete selektiivsuse kontrollimisel [32].

Programm vastab järgnevatele standarditele [32]:

- IEC 60909-0:2016 - Short-circuit currents in three-phase AC systems (lühisvoolud 3-faasilistes vahelduvvoolu süsteemides);
- EVS-EN 60076 - Jõutrafad;
- EVS-HD 60269 - Madalpingelised sulavkaitsmed;
- EVS-EN 50588-1:2015 - Keskmised jõutrafad sagedusel 50 Hz ja seadmete kõrgeimale pingele mitte üle 36 kV;
- EVS-EN 60898-1:2003 - Liigvoolukaitselülitid majapidamis- ja muudele taoliste paigaldistele;
- EVS-HD 60364-5-52:2011 - Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Juhistikud;
- EVS-EN 50160:2010 - Avalike elektrivõrkude pinge tunnussuurused.

1-faasilise lühisvoolu arvutamise aluseks on valem [32]:

$$I_K^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot U_l}{Z}, \quad (3.6)$$

kus U_l on liinipinge (400 V);

Z - näivtakistus.

Summaarse pingekao arvutab programm valemiga [32]:

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \cdot ((U_f - U_{tr}) + \Delta U_{liinis})}{U_f}, \quad (3.7)$$

kus U_f on faasipinge;

U_{tr} - faasipinge trafo klemmidel;

ΔU_{liinis} - pingekadu liinis.

Lühisvoolude ja pingekadude arvutamiseks valin esmalt alajaamas oleva trafo tüübi. Alajaamas kasutatakse Schneider õlitrafot primaarpingega 15 kV ja võimsusega 250 kVA [33]. Edasi on vaja teada liinilõigu pikkust, juhi marki ja liinilõigu koormusvoolu või koormust. Grupi P13 arvutusnäide on esitatud joonisel 3.1.

Projekti üldandmed		Liinilõigu		Juhi mark		Vool liinis [A]		Kaitseade liinilõigu lõpus		I_{kmin} [A]		dU [%]	
Võrgu ja trafo andmed		Liinilõigu nr:		3									
Paralleeltöö		1											
Vool liinis [A]		9,61											
Koormus [kW]:		2,1											
$\cos(\varphi)$		0,95											
Näivvõimsus [kVA]:		2,21											
Reaktiivvõimsus [kvar]:		0,69											
Üheaegsustegur:		1											
Koormuse faaside arv:		1											
Märkmik													
Võrdlemine													
		Liinilõigu pikkus [m]		33		AXPK-4X50		45		C50 A		Ik1= 3528,8 dU1= 0,75	
		17		Al_4x25_kaabelliin		45		-Valimata-		Ik2= 2106,6 dU2= 1,18			
		12		PPJ/PPO/NYM/NYY 2,		9,61		B16 A		Ik3= 747,08 dU3= 1,94			
		0		-Vali juht-		0		-Valimata-		Ik4= 747,08 dU4= 1,94			
		0		-Vali juht-		0		-Valimata-		Ik5= 747,08 dU5= 1,94			
		0		-Vali juht-		0		-Valimata-		Ik6= 747,08 dU6= 1,94			
		0		-Vali juht-		0		-Valimata-		Ik7= 747,08 dU7= 1,94			
		0		-Vali juht-		0		-Valimata-		Ik8= 747,08 dU8= 1,94			
		0		-Vali juht-		0		-Valimata-		Ik9= 747,08 dU9= 1,94			
		1f lühisvool liini lõpus [A]		747,08		C-tunnusjoonega kaitselülit		C63 A		Reguleeritava fiidrikaitse max		-	
		3f lühisvool liini lõpus [A]		1619,31		B-tunnusjoonega kaitselülit		-		lubatud lühisvoolukordsus 1m		-	
		Lühisvõimsus liini lõpus [kVA]		1117,3		gG tüüpi sular		gG100A		EEE järgne max lubatud		248 A	
		Pingekadu		1,9 %		Liinilõigu kogupikkus		62 m		fiidrikaitse (3xIn<Ik)			

Joonis 3.1. Lühisvoolu ja pingekao määramine programmiga Lühisvoolud 3

Vastavalt standardile EVS-HD 60364-5-52:2011 on lubatud pingekadu liitumispunktist kuni liini lõpptarvitini valgustusahelates 3 % ja muudes ahelates 5 % [32]. Antud elamu raames on see nõue rahuldatud. Ühefaasiliste lühisvoolude ja pingekadude arvutustulemused on esitatud lisas 2.

4. ELAMU KAITSEAPARAADID

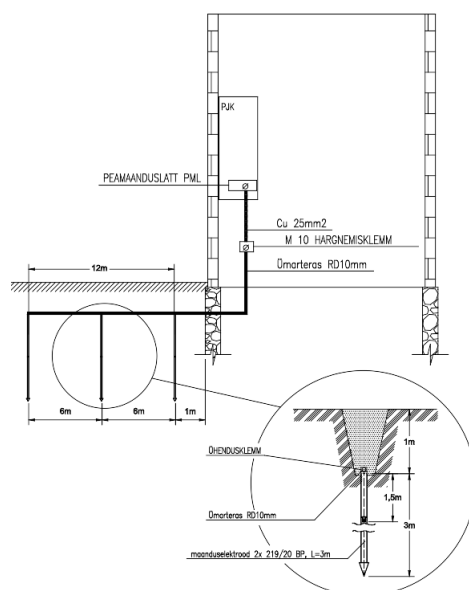
4.1. Maanduspaigaldise ja potentsiaaliühtlustuse valik

4.1.1. Maanduspaigaldise valik

Maandamiseks ehk maanduseks nimetatakse seadme või selle osa galvaanilist ühendamist maaga. Selleks kasutatakse maandusjuhte ja maanduselektroode. Maa on juhtiv aines, mille potentsiaal on kokkuleppeliselt alati null. Maandamist kasutatakse erinevatel eesmärkidel. Kaitsemaandust kasutatakse elektriohutuse tagamiseks, see on üks tähtsaimaid elektriohutus võtteid. Talitusmaandust kasutatakse elektriseadme normaalseks talitlemiseks, vähendades seadme pinget maa suhtes. Maandur, maandusjuhid ja peamaanduslatt moodustavad maanduspaigaldise. Maanduspaigaldise tähtsaimaks osaks on maandur ehk maanduselektrood [14].

Maanduri valimisel tuleb silmas pidada selle füüsikalisi omadusi. Maandur peab olema mehaaniliselt piisavalt tugev, et peaks vastu välistoimetele, näiteks korrosioonile. Antud elamule on valitud maandurid mis on valmistatud tsingitud terasest, mille tsingikihi paksus on vähemalt 70 μm . See on piisav vältimaks korrodeerivat toimet. Kasutatakse ümarterast läbimõõduga 10 mm [15].

Maanduspaigaldise skeem on kujutatud joonisel 4.1.



Joonis 4.1 Elamu maanduspaigaldis

Maandustakistus koosneb maandusjuhi takistusest ja maanduri valgumistakistusest. Kuna maandusjuht peapotentsiaaliühtlustuslatini on lühike ja suure ristlõikega ($S > 10 \text{ mm}^2$) on maandusjuhi takistus nii väike, et jäetakse arvestamata. Kuna krundi pinnaseks on liivsavi mullad siis soovituslik eritakistus ligikaudseteks arvutusteks on $100 \text{ } \Omega\text{m}$. Elamu maanduspaigaldises kasutatakse kolme maandurit ja nende omavaheline vahekaugus on 6 m [12].

Maandustakistus leidmiseks leian üksiku maanduri valgumistakistuse valemiga [12]:

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right), \quad (4.1)$$

kus ρ on pinnase eritakistus Ωm ;

l - toru pikkus m ($l = 3 \text{ m}$);

t - toru keskkoha sügavus maapinnast ($t = 2,5 \text{ m}$).

$$R_v = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,01} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,5 + 3}{4 \cdot 2,5 - 3} \right) = 35,59 \text{ } \Omega$$

Kuna lähestikku paikneb mitu vertikaalelektroodi tuleb maandustakistuse leidmiseks kasutada rööptakistuse valemit, arvestades takistuse suurenemist [12]:

$$R_m = \frac{R_v}{n \cdot \eta}, \quad (4.2)$$

kus R_v on üksiku maanduri maandustakistus;

n - maandurite arv;

η - elektrootide kasutegur, mis sõltub elektrootide arvust, nende paigutusest ja maandurite vahekaugusest ($\eta = 0,83$) [12].

$$R_m = \frac{31,9}{3 \cdot 0,83} = 12,81 \text{ } \Omega$$

Arvutatud maandustakistus on $12,81 \text{ } \Omega$.

Maandustakistuse suurima lubatud väärtuse arvutan valemiga [11]:

$$R_m \leq \frac{U_p}{I_{rak}}, \quad (4.3)$$

kus R_m on maandustakistus Ω ;

U_p - puutepinge V;

I_{rak} - rikkevoolukaitse rakendusvool A.

Inimeste kaitsel võetakse puutepinge võrdseks 50 V [11]. Elamus kasutatakse rikkevoolukaitset mille rakendusvool on 30 mA.

$$\frac{50}{0,03} = 1666 \, \Omega$$

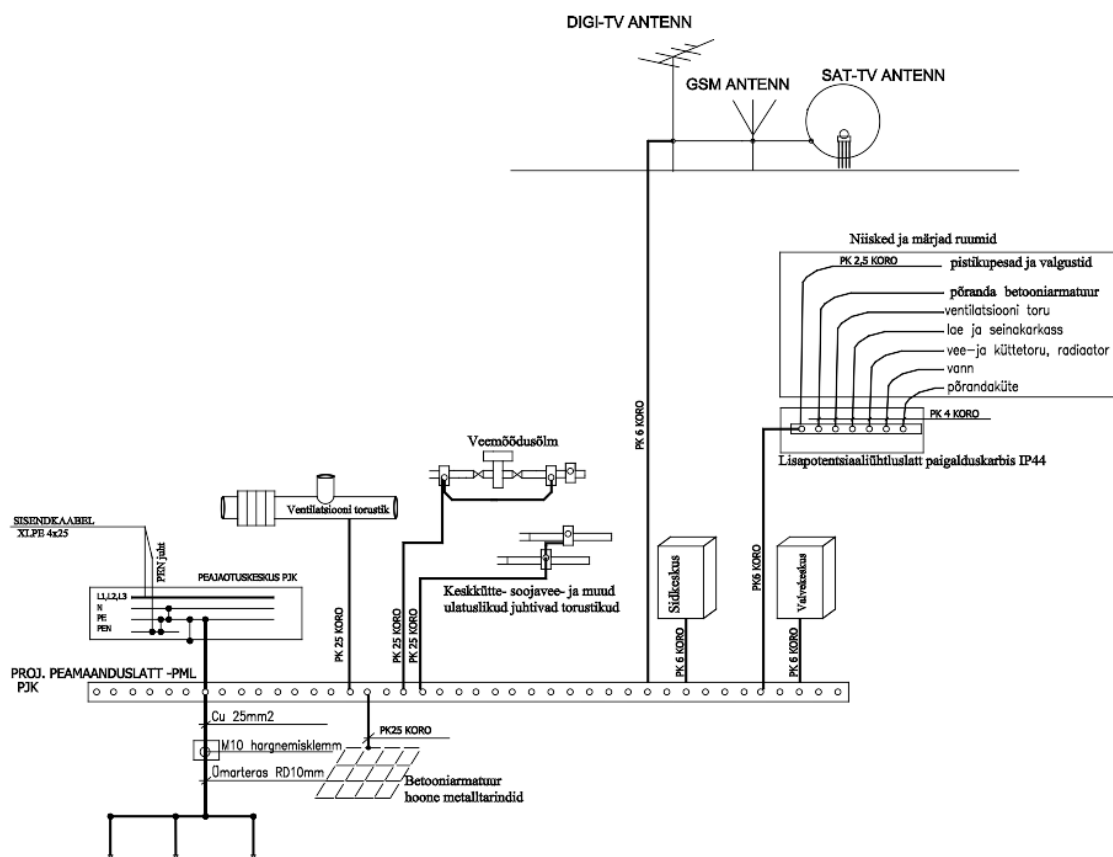
Elamu maandustakistus on väiksem kui suurim lubatud väärtus.

4.1.2. Potentsiaaliühtlustus

Tegemist on väga tõhusa kaitsevõttega mis vähendab oluliselt elektrilöögiohtu. Vastavalt standardile EVS-HD 60364-4-41:2007 peavad peapotentsiaaliühtlustuslatiga olema ühendatud järgnevalt välja toodud juhtivad osad [29]:

- peamaandusklemm;
- peamaandusjuht;
- ehitisse sisenevad gaasi-, vee- ja muud metalltorud;
- tarindeisse kuuluvad kõrvalised juhtivad osad, kui need on normaalkasutusel puutevõimalikud;
- metallist keskkütte- ja õhukonditsioneerimissüsteemid;
- raudbetoontarindite metallsarrus, kui see on puutevõimalik ja töökindlalt kokku ühendatud;
- sidekaablite metallmantlid.

Kui sellised juhid algavad väljaspool ehitist, tuleb ühendus kaitsepotentsiaaliühtlustusega teostada ehitisesse sisenemise kohale võimalikult lähedale [29]. Antud elamu potentsiaaliühtlustusskeem on esitatud joonisel 4.2.



Joonis 4.2. Potentsiaaliühenduskeem antud elamu näitel

Peapotentsiaaliühendus ei pruugi tagada elektriohutust kogu hoones. Isolatsioonirikke korral pingestatud ja pingeldiste osade vahel tekib kaitsejuhis vool. Hoone elektriohtlikumates osades nagu vannitubades võib pinge kaitsejuhi ja kõrvaliste juhtivate osade vahel osutada elektrilöögiohtlikuks või hakata häirima elektroonikaseadmete talitlust. Seetõttu on vaja kasutada ka lisapotentsiaaliühendust [15].

4.2. Liigpingekaitse valik

Elektripaigaldises tööd häirivad liigpinged liigitatakse kestuse järgi ajutisteks liigpingeteks ja transientliigpingeteks. Transientliigpinged tekivad lülituste või pikselöögi tagajärjel. Madalpingepaigaldistes võib pikse tagajärjel liigpinge ulatuda mõnekümne kilovoldini [14].

Impulssliigpingetaluvuse järgi jagatakse 230/400 V nimipingega võrgus madalpingeseadmed nelja kategooriasse [14]:

- I kategooria - erikaitset nõudvad liigpingetundlikud seadmed, mikroelektroonika - 1,5 kV;
- II kategooria - erikaitset mittenõudvad elektritarvitid, mis on ühendatud kohtkindlasse võrku, näiteks kodumasinad - 2,5 kV;
- III kategooria - kohtkindlad tööstustarvitid, elektrivõrk - 4 kV;
- IV kategooria - liitumispunkti seadmed - 6 kV.

Sõltuvalt paigalduskohast nõutakse liigpingepiirikutelt erinevat rakenduspinget ja rakenduskiirust. Rahvusvahelises standardis eristatakse piirikute nelja tüüpi, millele vastavad DIN-nõueteklassid [14]:

- klass A - õhuliinidele paigaldatavad piirikud;
- klass B - ehitise elektrisisendisse paigaldatavad piirkud;
- klass C - ehitise jaotuskilpi paigaldatavad piirikud, on ette nähtud II ja III kategooria seadmete kaitseks;
- klass D - elektritarviti ja toitevõrgu vahele paigaldatav piirik, on ette nähtud I kategooria seadmete kaitseks.

Elamus kasutatakse peamiselt II kategooriasse kuuluvaid elektriseadmeid. Elamu peajaotuskilpi paigaldatakse varistoridel toimiv neljapooluseline B+C (I+II) tüüpi OBO liigpingepiirik (Joonis 4.3).



Joonis 4.3. Liigpingepiirik [16]

Vastavalt Eesti Vabariigi määrusele nr 54 "Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded", peab piksekaitse olema paigaldatud üksikelamule, mille kõrgeim ehitise osa ulatub ümbruskonna hoonetest enam kui 15 m kõrgemale. Antud juhul piksekaitse vajadus puudub [17].

4.3. Elamu kaitselülite valik

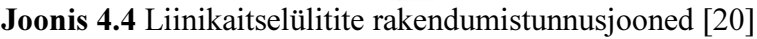
4.3.1. Liinikaitselülite valik

Juhtmete ja kaablite kaitseks ülekoormuste ja lühiste eest on ette nähtud liinikaitselülid. Liinikaitselülid on varustatud termovabastiga liigkoormuskaitseks ja elektromagnetilise vabastiga lühisekaitseks [18]. Standardi EVS-EN 60947-2:2006 järgi on kaitselüliti mehaaniline lülitusseade, mis on võimeline vooluahela tavaolukorras voolu sisse lülitama, taluma, katkestama ning anomaaloludes, nagu näiteks lühise korral, voolu sisse lülitama, sätestatud aja jooksul taluma ja katkestama [22].

Elektromagnetvabasti rakendumisvoolu alusel eristatakse B, C ja D rakendumistunnusjoonega liinikaitselüliteid [19]:

- B - tunnusjoonega kaitselüliteid kasutatakse peamiselt elamuisesest liinide kaitseks, kus tarvititeks on väikese sisselülitusvooluga seadmed, näiteks valgustid. Lüliti peab rakenduma viivitamatult 3...5 - kordse nimivoolu korral. Suurema nimivoolu juures peab rakendumisaeg jääma alla 0,1 sekundi.
- C - tunnusjoonega kaitselüliteid kasutatakse toiteliinide kaitseks juhul kui seal võib esineda suuri voolutõukeid. Lüliti peab rakenduma viivitamatult 5...10 - kordse nimivoolu korral.
- D - tunnusjoonega kaitselülid peavad kannatama kuni 10 - kordset nimivoolu. Lüliti peab rakenduma 20-kordse nimivoolu korral 0,1 sekundiga.

Erinevat tüüpi liinikaitselülite rakendumistunnusjooned on esitatud joonisel 4.4.



Joonis 4.5. Termovabasti rakendumistunnusjoon [21]

Antud elamus kasutatakse B ja C rakendumistunnusjoontega liinikaitselüliteid, nende iseloomulikud vabastite rakendusvoolude kordsused ja lahutusajad on esitatud tabelis 4.1. Kui võrgu nimipinge on maa suhtes 230 V, nagu see Eestis tavaliselt on, peab väljalülitumine toimuma elektriohutusstandardite kohaselt hiljemalt 0,4 s jooksul [30].

Tabel 4.1. B ja C rakendumistunnusjoontele iseloomulikud vabastite rakendusvoolude kordsused ja lahutusajad [18]

Termovabasti			Elektromagnetvabasti		
Tunnus- joon	Teimvool: Väiksem Suurem I_1 I_2	Rakendus- aeg t_{rak}	Hoidevool I_h	Rakendus- vool I_{rak}	Rakendusaeg T_{rak}
B	1,13 I_n 1,45 I_n	> 1 h < 1 h	3 I_n	5 I_n	> 0,1 s < 0,1 s
C	1,13 I_n 1,45 I_n	> 1 h < 1 h	5 I_n	10 I_n	> 0,1 s < 0,1 s

Liinikaitselülite valikul lähtutakse rahvusvahelise standardi IEC 60898 nõuetest mille kohaselt kaitse ülekuumenemise eest on tagatud tingimustel [18]:

$$I_b \leq I_n \leq I_z, \quad (4.4)$$

ja

$$I_{rak} \leq 1,45 \cdot I_z, \quad (4.5)$$

kus I_b on koormuse või vooluahela arvutuslik vool A;

I_n - kaitseseadme nimivool A;

I_z - liini (juhtme või kaabli) lubatav koormusvool A;

I_{rak} - kaitseseadme rakendusvool A.

Juhi kestvalt lubatav koormus sõltub selle paigaldusviisist, materjalist ja ristlõikest. Lubatud koormuse vaskkaablitele leiab tabelist 4.2. Tabelis toodud väärtused sobivad PVC ja PEX isolatsiooniga kaablite nii kolme faasilise, kui ka ühefaasilise ühenduse korral. [23]

Tabel 4.2. Kaablitele lubatav koormus süvispaigaldusel olenevalt juhtme ristlõikest [23]

Juhtme ristlõige mm ²	Lubatud koormus A
1,5	13,5
2,5	18,5
4	24
6	30
10	41

Kaitselülitite nõutav väljalülitumiskiirus on tagatud kui on täidetud järgnev tingimus [30]:

$$I_{k1} > I_{rak}, \quad (4.6)$$

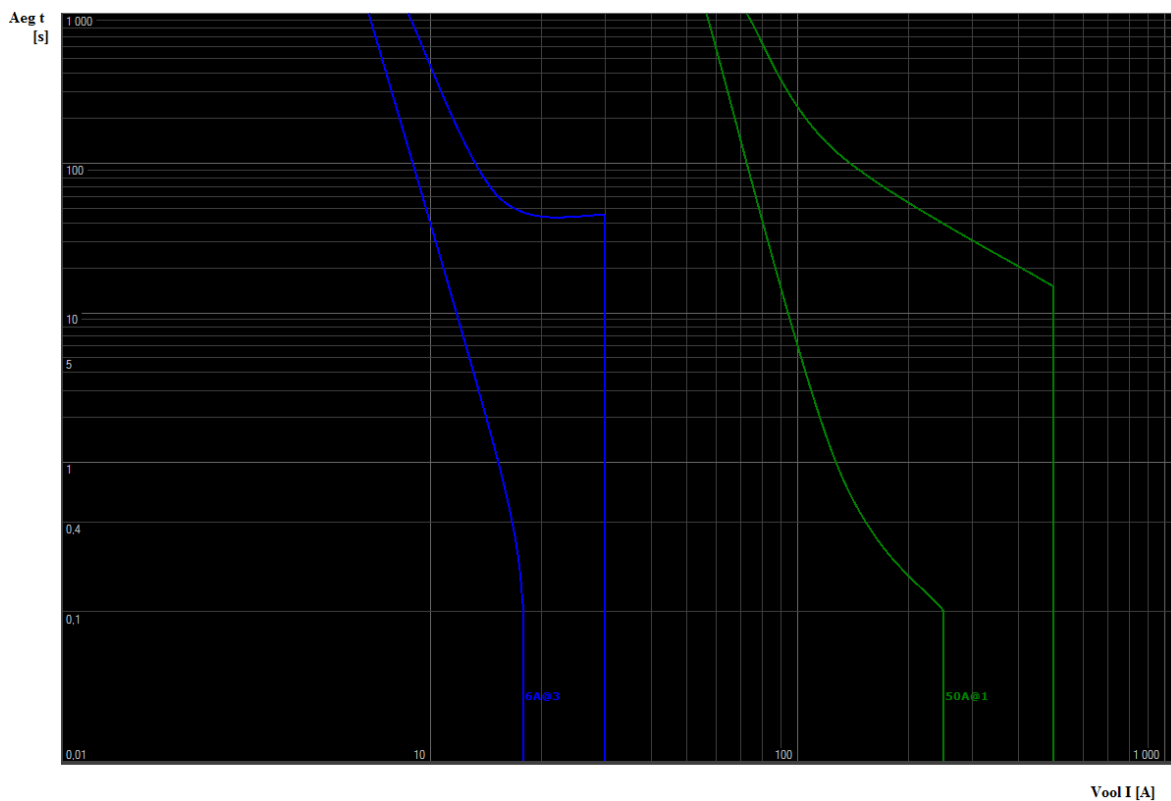
kus I_{k1} on ühefaasiline lühisvool A;

I_{rak} - kaitselüliti rakendusvool A.

Kaitselülitite rakendusvoolud B- ja C-tüüpi kaitselülititele leiab tabelist 4.1.

Kaitseseadmete valikul tuleb tagada nende omavaheline selektiivsus. Selektiivsus on mitme kaitseseadme tunnusjoonte selline koordineerimine, et liigvoolude (liigkoormusvool, lühisvool) tekkimisel rakenduks see kaitse, mis peab neis voolupiirides rakenduma ja ei rakenduks kaitse, mis rakenduma ei peaks. Reeglina on eesmärgiks see, et liigvoolu tekkimisel peab rakenduma koormuspoolne kaitse ja rakenduda ei tohi toitepoolne kaitse [18].

Võib öelda, et kaitseseadmed on omavahel selektiivsed, kui nende tunnusjooned omavahel ei lõiku ning kui koormuspoolse kaitseseadme tunnusjoon asub graafikul vasakul pool (Joonis 4.6). Selektiivsuse analüüsiks tuleb arvesse võtta halvimal tingimused, s.t arvestada tuleb, et koormuspoolne kaitseseade rakendub oma ülemise kõvera ja toitepoolne kaitseseade rakendub alumise kõvera järgi [18].



Joonis 4.6. Kaitselülite selektiivsuse kontroll programmiga Lühisvoolud 3 [32]

Joonisel 4.6 toodud näites on selektiivsus täielikult tagatud, sest koormuspoolne kaitseseade rakendub kiiremini, kui toite poolne. Joonisel 4.6 sinine tunnusjoon on omane B6 A kaitselülile, roheline C50 A kaitselülile. Kui aga liigvool on suurem, kui toite poolse kaitse rakendusvool, jääb mõlema kaitseseadme rakendusaeg alla 0,1 s ja selektiivsuse kohta järeldusi teha ei saa. Nii kõrge liigvool võib tekkida lühiseoludes. Sellisel juhul on võimalik kasutada selektiivset kaitselülitit, mis on lühiseoludes spetsiaalselt mõeldud kasutamiseks selektiivseina, teiste koormuspoolsete jadamisi ühendatud kaitseaparaatide suhtes. Selektiivne kaitselüliti on varustatud tahtliku lühiajalise viitega, et saavutada selektiivsus lühiseoludes [18].

Kuna jaotuskilbis paikneb üldjuhul mitu liinikaitselülitit üksteise kõrval, siis nende nimivool väheneb. Mida rohkem on jaotuskilbis kõrvuti asetsevaid liinikaitselüliteid, seda väiksem nende tegelik nimivool on [18]. Tabelis 4.3 on toodud nimivoolu sõltuvus kõrvuti asetsevate kaitselülite arvust.

Tabel 4.3. Liinikaitselülitite nimivoolu parandusteguri sõltuvus kõrvuti asetsevate kaitselülitite arvust [19].

Kõrvuti paiknevate kaitselülitite arv	Nimivoolu parandustegur
1	2
1	1
2-3	0,95
4-5	0,9
6 ja enam	0,85

Kuna elamu tarbeks kasutatakse üle 6-e liinikaitselüliti, siis nende nimivoolu parandusteguriks on 0,85. Peakaitsemeks liitumiskilbiks valitakse selektiivne liinikaitselüliti, et tagada selektiivsus lühiseoludes. Peajaotuskilbis kasutatakse kaitselahutuslüliti tarbijagruppide ees. Liinikaitselülitite valik on esitatud lisas 2.

4.3.2. Rikkevoolukaitselülitite valik

Ükski isoleermaterjal ei ole ideaalne, seetõttu võib normaaltalitusel isegi korras elektriseadmetes ja elektrivõrkudes tekkida vool mitte üksnes neutraaljuhtide ja faasijuhtide vahel, vaid ka juhtide ja maa vahelises isolatsioonis. Normaalolukorras mööda soovimatut juhtivusrada kulgevat voolu nimetatakse lekkevooluks [31].

Kui isolatsioon on korras on isolatsioonitakistuse suurus ligikaudu 0,5 MΩ. Kui faasipinge on 230 V ja isolatsioonitakistus on 0,5 MΩ juures, on ühe faasi lekkevool ligikaudu 0,4 mA. Selline vool on ohutu nii elektriseadmetele, kui ka neid teenindavatele inimestele [31]. Kui lekkevool suureneb üle ohutu piiri, nimetatakse seda rikkevooluks, mida põhjustavad [11]:

- isolatsiooni üldine halvenemine, näiteks vananemine;
- kereühendus elektriseadmes tingituna isolatsiooni rikkest;
- isolatsiooni kohalik halvenemine;
- maaühendus liinides.

Ohutuks voolutugevuseks loetakse üldjuhul 10...20 mA. Suurema voolu korral tekivad inimestel lihaste krambid, hingamishäired ja lõpuks südamelihaste värelemine [11].

Juhtudeks, mil on karta, et põhi- ja rikkekaitse kombinatsioon ei ole elektrilöögiohu vältimiseks piisav kasutatakse lisakaitset. Lisakaitset kasutatakse tavaliselt raskemates

ümbrusoludes, nagu niisked ja märjad ruumid või väljas. Lisakaitkena kasutatakse rikkevoolukaitset [30]. Vastavalt standardile EVS-EN 60364-4-41:2007 peab rikkevoolukaitselüliti kasutama järgmistel juhtudel [29]:

- alati, kui liigvoolukaitseseadmega pole rikkevoolu küllaldane väljalülitamise kiirus tagatud;
- pistikupesad nimivooluga kuni 20 A ruumis või väljas, kui nendest toidetavat elektritarvitit võidakse kasutada välitingimustel või muude ohtlike ümbrusolude korral;
- pistikupesad vanni ja duširuumides;
- pistikupesad ja lülitid ujulates;
- pisstikupesad nimivooluga kuni 32 A ehitus ja lammutuspaikades;
- pistikupesad vagunelamute ja soojakute paiknemiskohtades;
- pistikupesad põllumajandus ja aiandushoonetes;
- küttekaablid põrandas, katusel, katuserennides ja vihmaveetorudes;
- küttefoolium vanni ja duširuumides.

Rikkevoolukaitselüliti vabastiks on kaitselüliti keresse ehitatud rikkevoolurelee, mis koosneb elektronplokist ja mõõtepeast. Rikkevoolu suurust rikkevoolukaitselülitis mõõdab mõõtetrafo. Normaaltalitusel on faasivool ja neutraaljuhtme vool võrdsed ning nende tekitatud magnetvood on võrdsed ja vastassuunalised. Seetõttu on magnetvoog südamikus võrdne nulliga ja mõõtemähises voolu ei teki. Rikketalitusel tasakaal häirub ja südamikus tekib magnetvoog ning mõõtemähises indutseeritakse vool mis on võrdeline rikkevooluga [31].

Inimeste kaitsmiseks ohtliku elektrilöögi eest, valitakse rikkevoolukaitselüliti, mille rakendusvooluks on enamalt 30 mA ja väljalülitusaeg 0,1 s. Et kaitse ohtlike rikkevoolude tekkel rakenduks, peavad kaitsejuhi kaudu olema maandatud kaitstavate seadmete kered ja kestad.[11]

Elamu tarbeks kasutatakse lisakaitseme vajadusel rikkevoolu-liinikaitselüliteid. Rikkevoolu-liinikaitselülitid on rikkevoolukaitselüliti ja liinikaitselüliti kombinatsioon. Sellised kaitseseadmed kaitsevad vooluahelat rikkevoolu, liigkoormuse ning lühise eest [31]. Lisakaitse kasutamine on näha kilbiskeemis, lisas 9.

5. PAIGALDUSSEADMED JA TARVIKUD

5.1. Pistikupesade valik

Eesti standardi EVS 873:2014 kohaselt on pistikupesa tavaisikutele sagedaseks kasutamiseks ettenähtud tarvik, millel on pistiku kontaktsõrmedega ühilduvad kontaktid ja kaabli elektriliseks ühendamiseks vajalikud klemmid. Elamus kasutatakse kohtkindlaid pistikupesasid, mis on ette nähtud ühendamiseks kohtkindla elektrijuhistikuga. Tihti paikneb kõrvuti mitu pistikupesa, pistikupesade kombinatsiooni nimetatakse mitmikpistikupesaks, milles on kaks või enam pistikupesa. Pistikupesad paigaldatakse paigalduskarpidesse, mis on ette nähtud pistikupesade kohtkindlaks kinnitamiseks [25].

Kohtkindlad pistikupesad peavad olema projekteeritud ja valmistatud nii, et paigaldamise järgselt ei oleks ligipääs pingestatud osadele võimalik tööriista kasutamata. Pistikute pingestatud osadele peab puuduma ligipääs ka siis, kui pistik on pistikupessa pistetud osaliselt. Pistikupesad peavad olema ehitatud selliselt, et pistiku sisse lükkamisel sulgub maanduskontakti ahel enne voolukontakti ahelaid, mis pistiku pingestavad. Pistikupesade kontaktid ja sõrmed peavad olema korrosiooni ja kulumiskindlad. Maanduskontaktide kontaktsurve peab olema piisav, ega tohi normaalkasutuses väheneda [25].

Elamusse on projekteeritud 16A nimivooluga, maanduskontaktiga pistikupesad. Niisketes ruumides paigaldatakse pritsmekindlad (IP44 kaitseastmega) pistikupesad [25].

Pistikupesade ahelate puhul kasutada mitte väiksema kui 2,5mm² ristlõikepindalaga vaskjuhte. Pistikupesasid ja harutoose mitte paigaldada seina vastaspooltel kohakuti, võib vähendada heliisolatsiooni. Kaablid ühendada harutoosis spetsiaalsete ühendusklemmidega. Süvistatud harutoosid peavad olema hõlpsasti teenindatavad [25].

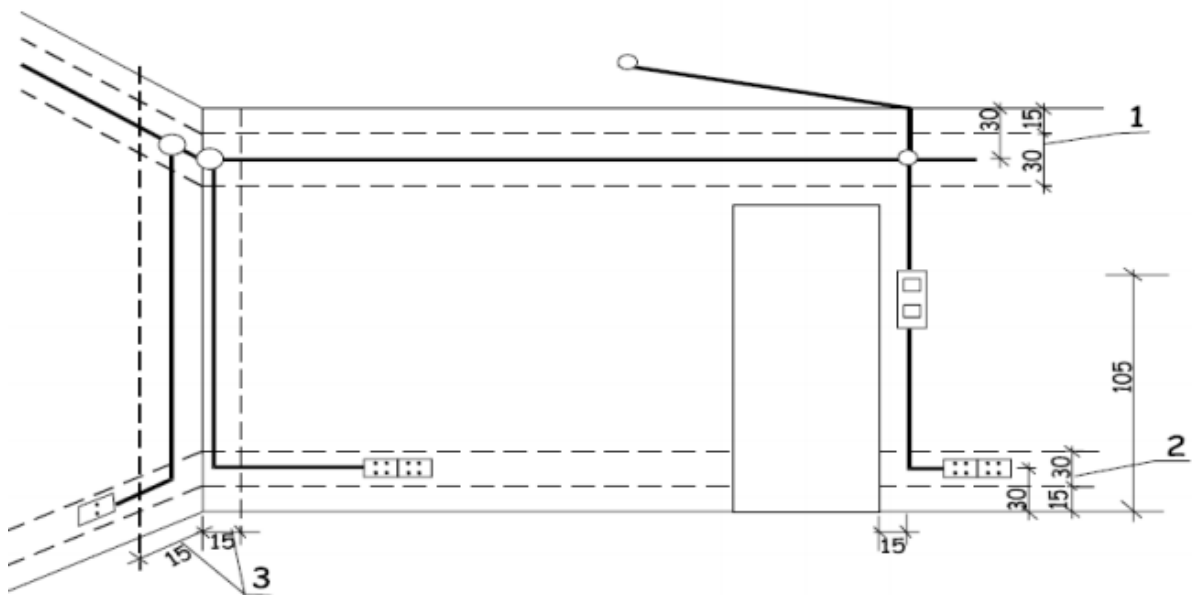
Pistikupesade paigalduskõrgus on üldjuhul 300 mm, kui ei ole näidatud teisiti. Pistikupesade plaanid on esitatud lisades 5 ja 6.

5.2. Juhtide valik

Elektrienergia edastamiseks kasutatakse ehitises peamiselt kaableid. Töökindluse tagamiseks kasutatakse vaskkaableid. Kaablis on mitu isolatsiooniga kaetud elektrijuhti,

mida nimetatakse sooneks. Kaablite eri soonte isolatsiooni on vastavalt selle otstarbele erinevat värvi. Kaablite soonte värvid on Euroopas ühtsed. Neutraaljuhina kasutatava soone värv on sinine. Sinist soont võib erandjuhul kasutada ka teisel eesmärgil kui neutraaljuhina, näiteks lülitijuhtmetes. Faasi sooned pruunid, mustad ja hallid, kusjuures esimese faasisoone värv on pruun. PE või PEN juhtide korral kasutatakse koll-rohelist soont [26].

Üldjuhul installatsioon teostada süvistatult. Ripplae taga peavad kaablid olema kinnitatud seintele või lakke. Pinnapealse kaablite installatsiooni puhul teostada montaažitorudes. Kaablid tuleb paigaldada süvistatult seintele paralleelselt ruumide arhitektuursete joontega, laes tuleb kaabel paigaldada risti või paralleelselt seintega. Kaablite paigaldamise eelispiirkonnad on näha joonisel 5.1. Läbiviigud seintest teostada montaažitoruga, tagades seinte tulepüsivuse läbiviikude tihendamisega teel. Läbiviigud tihendada nii, et oleks tagatud piisav helikindlus. Läbiviigud ei tohi vähendada seina helikindlust. Kaablite painderaadius ei tohi olla väiksem kuuekordsest kaabli välisläbimõõdust. Kaablid ühendada harukarbis spetsiaalsete ühendusklemmidega [28].



Joonis 5.1. Kaablite paigaldus piirkonnad. 1 ja 2 tähistavad rõhtpaigalduspiirkondasid, 3 püstpaigalduspiirkonda [26]

Kaablite paigaldamisel arvestada EVS 720:2011 „Paigalduskaablid“ standardi nõuetega. Valgustuse grupiliinides kasutada põhiliselt kaablit PPJ 1,5 mm². Pistikupesade

grupiliinides kasutada kaabli PPJ 2,5 mm². Hoonevälise installatsiooni korral kõik kaablid tuleb paigaldada ilmastiku- ja UV-kiirguse kindlas kaitsetorus [28]. Valgustuse, pistikupesade ja jõuseadmete toiteks kasutada PPJ tüüpi vaskkaableid.

5.3. Peajaotuskeskuse valik

Elektrikeskus on aparaadikooste mida kasutatakse elektrienergia jaotamiseks, näiteks kodumajapidamises. Elamu peakilbi valikul tuleb lähtuda sellest, et kilpi käsitlevad tavaisikud. Tavaisiku all mõeldakse isikut, kes ei ole elektriõhuteadlik. Standardi EVS-EN 61439-3:2012 kohaselt peab kaitseaste olema vähemalt IP2XC. Tavaisikud võivad kasutada A- ja B-tüüpi jaotuskilpe [27]:

- A-tüüpi kilp on projekteeritud ühepooluseliste seadmete jaoks ja seda tohivad käsitada tavaisikud;
- B-tüüpi kilp on projekteeritud ühe- ja mitmepooluseliste seadmete jaoks ja seda tohivad käsitada tavaisikud.

Keskusetootja peab andma kooste kohta alljärgnevat informatsiooni [27]:

- nimesildid;
- tähised;
- paigaldus-, käidu-, ja hooldusjuhised.

Kõik koosted tuleb varustada ühe või mitme vastupidavalt tähistatud ja nähtavalt kohale kinnitatud sildiga, mis on nähtavad ja loetavad ka pärast kooste paigaldamist. Nimesildile tuleb kanda [27]:

- tootja nimi ja kaubamärk (tootja all mõeldakse organisatsiooni või juriidilist isikut, kes võtab endale vastutuse valmis kooste eest);
- tüüp, identifitseerimisnumber või muud tähised, mille järgi võib tootjalt saada kogu vajaliku informatsiooni antud toote kohta.

Soovitatav on kanda kooste nimesildile veel [27]:

- voolu liik;
- nimitalituspinge;
- kaitseaste;
- juhistikute süsteem, mille jaoks kooste on ette nähtud.

Keskuste sektsioonidevahelised eraldusseinad peavad olema kaarleegikindlad, sektsiooni hooldust ja remonti peab saama teha nii, et poleks häiritud teiste sektsioonide töö. Toitejaotusvõrgu keskus on varustatud ülepingekaitsetega vastavalt standardite (EVS, EN, IEC) nõuetele. Keskused peavad olema lukustatavad. Keskuse ees peab olema vaba teenindusruumi minimaalselt 1,5m. Keskused paigaldatakse selliselt, et uks avaneks vähemalt 120 kraadi [27].

Kilbiskeem on esitatud lisas 9.

5.4. Maasoojuspump

Antud elamus on planeeritud maakütte kasutamine elamu kütmiseks ja sooja vee tootmiseks. Planeeritud on Thermia Diplomat Optimum G3 10 kW maasoojuspump. Soojuspumpa ei ole vaja paigutada iseseisvasse ruumi, kuna põlemisprotsesside puudumise tõttu ei ole antud seade tuleohtlik. Maasoojuspump paigaldatakse tehnoruumi, kus on ka peajaotuskeskus. Soojuspump kasutab oma töös elektrienergiat tsirkulatsioonipumpade ja kompressori tööks. Antud seadme tarbimisvõimsus on 1,7 kW. Seadmel on ka lisaküttekeha mida kasutatakse juhul, kui tavapärasest kütteviisist jääb väheseks, näiteks eriti külma välistemperatuuri korral. Lisaküttekeha võimsus on 6 kW [34].

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöös on käsitletud teemasid, mis on vajalikud elamu elektripaigaldise rajamise kohta. Töö koostamisel on arvestatud kehtivate seaduste, määruste, standardite ja eeskirjadega, mida tuleks täita elektriohutuse tagamiseks. Bakalaureusetöö on koostatud Saaga tee 5 elamu elektripaigaldise projekteerimise näitel.

Bakalaureusetöö eesmärgi saavutamiseks on ära lahendatud elamu valgustuse ja pistikupesade valik. Elektriohutuse tagamiseks kasutatakse potentsiaaliühtlustust, liigpingepiirikut ja kaitselüliteid. Elektriseadmete valikul on lähtutud arvutustulemustest.

Arvutustulemused:

- Elamu arvutuslik võimsus $P_a = 30,14 \text{ kW}$;
- Maanduspaigaldise maandustakistus $R_m = 12,81 \Omega$;
- Arvutatud peakaitse C50 A;
- Arvutatud sisestuskaabel XLPE 4x25.

Kõikidele toitegruppidele on määratud ühefaasiline lühisvool ja pingekaod liinilõikude lõpus. Selleks, et tagada selektiivsus lühiseoludes, kasutatakse peakaitmena selektiivset kaitselülitit.

Valgustusseadmete valikul arvutati programmi Dialux abil ruumide keskmised valgustihedused. Valgusti valikul arvestati energiatõhususega ja valiti valgustid mis on kõrge valgusviljakusega. Kõikide ruumide keskmised valgustihedused vastavad standardis toodud nõuetele.

Bakalaureuse töö eesmärk on saavutatud, lahendatud on elektripaigaldise projekt, mis vastab kehtivatele normidele. Koostatud on vajalikud joonised elektripaigaldisest täpse ülevaate saamiseks.

KASUTATUD KIRJANUDS

1. Olt, J. Valgus. http://materjalid.tmk.edu.ee/jaan_olt/Ohutus/PDF/Valgustus.pdf (30.04.2017)
2. Tamm, T. (2009). Valgustehnika I. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus. 111 lk.
3. Eesti standardikeskus. (2011). EVS-EN 12464-1:2011. Valgus ja valgustus. Eesti standardikeskus. 46 lk.
4. AS Glamox. LED. <https://glamox.com/ee/led> (30.04.2017)
5. W.EG.EESTI OÜ. Ledlambid. <http://www.elektroskandia.ee/roheline/valgustus/led-lambid> (30.04.2017)
6. LUMsearch. <http://lumsearch.com/en#0> (08.05.2017)
7. Teemets, R. Tarbitava võimsuse määramine. TTÜ elektriainite ja jõuelektronika instituut. 10 lk.
http://www.ene.ttu.ee/eletriainid/oppeinfo/materjal/AAV0150/4.6_Tarbitava_voimsuse_maaramine.Slaidid.pdf (13.05.2017)
8. Mürsepp, O. Sutt, J. (2004). Ehitusplatsi korralduse kavandamine. Tallinn. 84 lk.
9. Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit. (2004). Elamute Elektripaigaldised. Tallinn: EETEL-EKSPERT. 272 lk.
10. Elektrilevi OÜ. Peakaitse. https://www.elektrilevi.ee/et/abi/peakaitse#mainfuse_q5 (15.05.2017)
11. Käär, S. (2002). Hoonete elektripaigaldustööd. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkooli ehitusteaduskond. 60 lk.
12. Lepa, J. Jürjenson, K. Peets, T. (1996). Energiavarustus. Tartu: EPMÜ. 56 lk.
13. Materjaliõpetus elektrikele. <http://opiobjektid.tptlive.ee/Materjaliopetus/pooljuhid.html> (18.05.2017)
14. Meldorg, M. Tammoja, H. Treufeldt, Ü. Kilter, J. (2007). Jaotusvõrgud. Tallinn: AS Pakett. 537 lk.
15. Risthein, E. (2004) Maandamine ja potentsiaaliühtlustus. Tallinn: EETEL-EKPERT. 120 lk.
16. AS Esvika Elekter. Liigpingepiirik. http://www.esvika.ee/tooted-ja-hinnakiri/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=145&Itemid=69 (18.05.2017)

17. Majandus- ja taristuminister. (2015). Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded. 12 lk.
<http://piksekaitse.ee/wp-content/uploads/2013/07/Ehitisele-esitatavad-tuleohutusnC3%B5uded-%E2%80%93-Riigi-Teataja.pdf> (22.05.2017)
18. Teemets, R. (1994). Kaitselülitid. Tallinn: TTÜ Elektriainstituut ja jõuelektroonika instituut. 92 lk.
19. TTÜ Elektriainstituut ja jõuelektroonika instituut. Kaitselülitid.
http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/2_3_ja_2_4_Liinikaitselyliti.pdf (25.05.2017)
20. Meldorf, M. Kilter, J. (2008) Madalpingevõrgud. TTÜ elektroenergeetika instituut.
http://petz.planet.ee/elekter/3_Madalpingevorgud.pdf (25.05.2017)
21. Teemets, R. (2010). Elektriaparaadid. Tallinn: TTÜ elektriainstituut ja jõuelektroonika instituut. 16 lk.
http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/5.5.1..._5.5.5_Kaitselylitid._Liinikaitselylitid._Konspekt2010.pdf (25.05.2017)
22. Eesti standardikeskus. (2006). EVS-EN 60947-2:2006. Madalpingelised lülitusaparaadid. Osa 2: Kaitselülitid. 204 lk.
23. W.EG.EESTI OÜ. Kaablite koormustabel.
<http://www.elektroskandia.ee/files/Lihtsustatud%20kaablite%20koormatavuse%20tabel.pdf> (25.05.2017)
24. ABB AS. (2006). ABB madalpinge kaitselülite selektiivsus.
<https://library.e.abb.com/public/8fabbb562b544502c12579560041dcb9/Madalpinge%20kaitselylitite%20selektiivsus.pdf> (28.05.2017)
25. Eesti standardikeskus. (2014). EVS 873:2014. Kodumajapidamises ja muudes taolistes oludes kasutatavad pistikuühendused. 175 lk.
26. TTÜ Elektrotehnika instituut. Juhtmed ja kaablid.
http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAV0150/2.2_Juhtmed_ja_kaablid.Slaidid2013.pdf (28.05.2017)
27. Eesti standardikeskus. (2012). EVS-EN 61439-3:2012. Madalpingelised aparaadikoosted. Osa 3: Jaotuskilbid, mida tohivad käsitada tavaisikud. 27 lk.
28. Roasto, R. (2006). Elektripaigaldiste ehitamine. Tallinn: EETEL-EKSPERT. 56 lk.
29. Eesti standardikeskus. (2007). EVS-EN 60364-4-41:2007. Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 4-41: Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest. 40 lk.
30. Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit. (2004). Elamute Elektripaigaldised. Tallinn: EETEL-EKSPERT. 272 lk.

31. Teemets, R. Risthein, E. (2007). Elektripaigaldiste aparatuuri ja juhtimise täiendkoolitus. Tallinn: TTÜ Elektriajamite ja jõuelektroonika instituut. 105 lk.
32. Lühisvoolud 3. Vabavaraline rakendus madalpingeliinide lühisvoolude arvutamiseks. <http://www.luhisvoolud.eu/> (29.05.2017)
33. Rannule, K. (2016). Arhitektuurne osa ja asendiplaan koos välisvõrkudega.
34. KSV Ekspert OÜ. Soojuspumbad. <http://kliimakaubamaja.ee/hea-teada/20-soojuspumbad.html> (29.05.2017)

Electrical Installation Project of Residential Building

SUMMARY

The aim on this thesis is to solve and design a residential building's electrical installation project. The electrical installation project is made for residential house at Saaga tee 5. The electrical installation project is based on the current standards, laws and regulations.

Firstly there is selected suitable lighting for every room. In selecting the lighting there is kept in mind that every room need to have sufficient luminance. The necessary calculations are made to ensure sufficient luminance. In making these calculation there is used a programm called Dialux, wich tke into account the peculiarities of premises. Necessary drawing are made in program called AutoCAD.

Necessary calculations are made, to choose building's main circuit breaker and power cable. Main circuit breaker required for this building is C50A. For power cable there is used aluminium cable with cross sectional area of 25 mm^2 . Power cable mark is XLPE 4x25.

Correct earthing and bonding have been done for this building, to ensure protection against electric shock. Detailed schemes have been made for both earthing and bonding. In theoretical part, an overview was given how to choose correct surge suppressors, circuit breakers and residual current operated circuit-breakers. Slected residual current operated circuit-brakers have integrated overcurrent protection inside them.

In conclusion all the necessary calcutaions and technical drawings were made. Current project can be used in building electrical installation for Saaga tee 5 residential building.

LISAD

LIHTLITSENTS

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Norman Onno

(sünniaeg 24.01.1994)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö "Elamu elektripaigaldise projekt"

mille juhendaja on Toivo Leola

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomani ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, _____
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

