



jamk

Rakennustyömaan sähkökuorman en- nustaminen

Lassi Isokoski

Opinnäytetyö

Toukokuu 2023

Tekniikan ala

Insinööri (AMK) Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Isokoski Lassi

Rakennustyömaan sähkökuorman ennustaminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2023**, 51 sivua

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Rakennusliike Laptille mitoitusohjelma rakennustyömaa-aikaisen sähköverkon suunnittelun avuksi. Rakennustyömaa-aikainen sähköverkko sen suunnittelijalle helppo toteuttaa kokemuksen pohjalta, mutta aina siinä ei onnistuta. Mitoitusohjelman tarkoitus on sen käyttäjistä riippumatta tarjota yksinkertainen, kattava ja optimaalinen keino suunnitella rakennustyömaan sähköverkko laskennallisin perustein. Tavoitteena työlle on lisäksi tuoda esille rakennustyömaan sähköverkkoon liittyvät työturvallisuus asiat ja mahdolliset keinot luoda energiatehokkaampaa työmaata rakennustyömaa-aikaisen sähköenergian kautta.

Työ koostui teoria osuudesta, sitä täydentävästä empiirisestä kyselytutkimuksesta ja mitoitusohjelmasta rakennustyömaan sähköverkolle. Teoreettinen viitekehys muodostui sähköalan kirjallisuudesta sekä aiempien tutkimuksien pohjalta. Teoriaosuus muodostui rakennustyömaan aiheen olennaisimmista sähköturvallisuuteen, sähkölaitteisiin, sähköverkon huoltoon, kaapelointiin, suunnitelmiin, sähkökeskuksiin, energiatehokkuuteen ja sähkönhankintaan liittyvistä asioista. Teoriaosuutta tukeva empiirisellä kyselytutkimuksella tuotiin työhön Laptin työmailta ympäri Suomea kokemuksia ja havaintoja vastaavien työnjohtajien, työmaainsinöörin, työnjohtajien ja työmaamestarien toimesta. Kyselytutkimus toteutettiin puolistrukturaalisena, joka sisälsi myös strukturoituja monivalintakysymyksiä.

Kyselyn tuloksien yhdistäminen työn tavoitteisiin tuo selkeästi esille, että mitoitusohjelmalle olisi käyttöä ja se toisi työmaan suunnitteluun mukaan standardeja ja ohjeistuksia mitä, ei välttämättä aina huomioida. Teoriaosuus antaa toimeksiantajalle rakennustyömaan sähköverkon suunnittelun laskennallisten toimenpiteiden lisäksi tietoperustan turvalliseen, kustannus- ja energiatehokkaan sähköverkon toteuttamiseen. Tuloksena saatiin Rakennusliike Laptin käyttöön tavoitteiden täyttämä mitoitusohjelma. Mitoitusohjelmalla saadaan mitoitettua rakennustyömaalle jo suunnittelu vaiheessa, sähköpääkeskus, pääsulakkeet, työkeskukset ja syöttökaapelien jännitteenalenema. Mitoitusohjelma perustuu ennustettuun rakennustyömaan huipputehoon.

Avainsanat (asiasanat)

Sähköturvallisuus, rakennustyömaat, sähköverkko, sähkölaitteet

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liitteet 2 ja 3 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 21: Teknologista taikka muuta kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot. Salassapitoaika on (10) vuotta. Salassapito aika päättyy 14.5.2033.

Isokoski Lassi

Forecasting the electrical load on a construction site

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2023, 51 pages.

Degree Programme in Construction and civil engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The aim of the thesis was to develop a dimensioning program for the construction site electrical network to aid in its planning for Rakennusliike Lapti. It is easy for the designer of the electrical network during construction to implement it based on experience, but this is not always successful. The purpose of the dimensioning program is to offer a simple, comprehensive, and optimal way to design the construction site's electrical network based on computational principles, regardless of the user. The aim of the work is also to highlight the occupational safety aspects of the construction site's electrical network and the possible means of creating a more energy-efficient construction site using electrical energy during construction.

The work consisted of a theoretical part, a supplementary empirical survey, and a dimensioning program for the construction site's electrical network. The theoretical framework was based on literature in the electrical industry and previous research. The theoretical part consisted of the most essential electrical safety, electrical equipment, electrical network maintenance, cabling, plans, switchboards, energy efficiency, and electricity procurement issues related to the construction site's topic. The empirical survey, which supported the theoretical part, gathered experiences and observations from Lahti's construction sites around Finland from the corresponding supervisors, site engineers, foremen, and site masters. The survey was conducted as a semi-structured survey, which also included structured multiple-choice questions.

The combination of the survey results with the objectives of the work clearly shows that the dimensioning program would be useful and would bring standards and guidelines that are not necessarily always considered in the planning of the construction site. In addition to the computational measures for designing the construction site's electrical network, the theoretical part provides the client with a knowledge base for implementing a safe, cost- and energy-efficient electrical network. As a result, a dimensioning program that meets the objectives was obtained for Rakennusliike Lapti. With the dimensioning program, the construction site's electrical main switchboards, main fuses, work center fuses, and voltage drops of feed cables can be dimensioned already in the planning phase. The dimensioning program is based on the predicted peak power consumption of the construction site.

Keywords/tags (subjects)

Electric safety, construction sites, electrical network, electrical equipment

Miscellaneous (Confidential information)

Attachments 2 and 3 are confidential and have been removed from the public document. The basis for confidentiality is section 21 of the Act on the Openness of Government Activities (621/1999), which concerns information relating to technological or other developmental work and their evaluation. The confidentiality period is (10) years, and it will expire on May 14, 2033

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön tausta	3
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	3
1.3	Toimeksiantaja	5
2	Rakennustyömaan sähköistys	5
2.1	Rakennustyömaan yleinen sähköturvallisuus	5
2.2	Kaapelointi ja kaapelien suojaaminen	10
2.3	Työmaasähköistyksen suunnitelmat	15
2.3.1	Sähköistyssuunnitelma	15
2.3.2	Työmaan valaistus ja valaistussuunnitelma	16
2.3.3	Laiteluettelo	16
3	Sähkön jakaminen työmaalle	17
3.1	Sähköliittymä	17
3.2	Sähköpääkeskus	18
3.3	Työmaakeskukset	20
4	Rakennustyömaan sähköenergian kulutus	23
4.1	Työmaatilat	23
4.2	Sähköenergian säästäminen	25
5	Kyselytutkimus	27
6	Excel-laskentaohjelma sähkökuormalle	31
7	Johtopäätökset	39
8	Pohdinta	40
	Lähteet	43
	Liitteet	45
	Liite 1. Kyselylomake	45
	Liite 2. Kyselylomakkeen avoimien kysymyksen vastaukset (salassa pidettävä)	47
	Liite 3. Mitoitusohjelma rakennustyömaan sähkökeskuksille-Excel (salassa pidettävä)	48
	Kuviot	
	Kuvio 1. Itse tehtyjen ja ulkoistettujen suunnitelmien määrä	29
	Kuvio 2. Koneiden ja laitteiden vertailun määrä suunnittelussa	29
	Kuvio 3. Ongelmien esiintyminen rakennustyömaan sähköverkossa	31
	Kuvio 4. Laskentaohjelman navigointikaavio	33

Kuvio 5. Alakeskuksen mitoitusaulukko	33
Kuvio 6. Mitoitusaulukon täytettävät tiedot	34
Kuvio 7. Sähkökeskuksen tulokset	34
Kuvio 8. Mitoitusohjelman laiteluettelo	35
Kuvio 9. Laiteluettelon lisäosat	36
Kuvio 10. Tuloskaavio.....	37
Kuvio 11. Aloitusnäkyä.....	37
Kuvio 12. Laiteluettelo	38
Kuvio 13. Laskentataulukon näkyä	38

Taulukot

Taulukko 1. Vähimmäisetäisyydet avojohdon tai riippujohdosta liikuvaan tai siirrettävään koneeseen (SFS 6002, 2015, 67).	7
Taulukko 2. Kotelointiluokat ulko-olosuhteissa ja kosteissa tiloissa (ST 51.35, 2019, 4).	10
Taulukko 3. Maakaapelien suojus eri asennusvyvyksillä (SFS 6000-8-814, 2022, 9).....	12
Taulukko 4. Kolmivaiheisten jatkojohtojen tavallisimmat kaapelirakenteet (ST 51.35, 2019, 5).13	
Taulukko 5. Maksimijännitteen alenema (SFS 6000-5-52, 2022, 62).	14
Taulukko 6. Pääsulakkeita vastaavia liitäntäkaapeleita sähköpääkeskukseen (Kone-Ratu 02-3037, 5).	20
Taulukko 7. Kuormitusteholla mitoitettuja keskuksia ja ylivirtasuojia (ST 51.53, 2019, 3).....	22
Taulukko 8. Tutkimuksessa käytettyjen tilojen mitat (Karhunen, 2011, 3).....	23
Taulukko 9. Tutkimuskohteiden eristemateriaaliit ja - paksuudet (Karhunen, 2011, 20).....	24
Taulukko 10. Rakenneosien U-arvot (Karhunen, 2011, 21).....	24
Taulukko 11. Työmaatilojen tehon kulutus lämmitykseen (Karhunen, 2011, 16).....	25

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Rakennustyömaan suunnittelun yhtenä osana on rakennustyömaa-aikaisen sähköistyksen suunnitteleminen. Laadukkaan suunnittelun kautta toteutuksesta saadaan toimiva ja hyvin työmaata palveleva kokonaisuus. Vaikka rakennustyömaa-aikainen sähköverkko on vain pieni osa verrattuna koko rakennushankkeeseen, niin sillä on paljon vaikutusta työmaan toiminnan kannalta. Hyvin suunniteltu ja toteutettu sähköverkko on kustannustehokas ja sitä on mahdollisesti nopea muokata, rakentaa ja purkaa. Työmaan sähköverkkoa rakentaessa, huoltaessa ja purkaessa on tiedostettava, että kuka saa tehdä ja mitäkin.

Toimeksiantaja Rakennusliike Lapti Oy:n tutkimukselliseksi kehittämistyön kohteeksi valikoitui rakennustyömaa-aikaisen sähköverkon suunnitteluprosessin helpottaminen, nopeuttaminen ja optimointi. Rakennustyömaan sähköistyksen suunnittelu on helppo toteuttaa kokemuseräisen osaamisen pohjalta, mutta tällöin tuloksena voi olla turvallisuusriskien, aikatauluja venymisien ja ylimääräisten kustannuksien aiheuttaja.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda toimeksiantajalle Excel-laskentaohjelma, mitä voidaan käyttää tulevien rakennustyömaiden väliaikaisen sähköverkon mitoittamiseksi, edistään työnjohdon työtä. Excel-laskenta ohjelman päätarkoitus on mitoittaa työmaalle sähköpääkeskus ja alakeskukset, perustuen niille suunnitellun sähkökuormituksen perusteella. Laskenta-Excelin on tarkoitus myös kehittää tulevien rakennustyömaiden energiatehokkuutta tarjoamalla vaihtoehtoja koneiden ja laitteiden sähkönkulutuksien välillä, joten tämän opinnäytetyön teoria osassa käsitellään myös rakennustyömaiden energiantehokkaita ratkaisuja sähkönsäästämiseksi. Työn aihetta lähestytään työmaiden näkökulmasta ja aiheen rajaus on keskitetty työmaan suunnitteluun. Lisäksi aihetta käsitellään myös työmaan toimihenkilöiden näkökulmasta perehtyen hyviin käytäntöihin työmaa-aikaisen sähköverkon toteuttamisesta.

Tässä opinnäytetyössä on tuotu esille rakennustyömaa sähköistämiseen liittyvät olennaisimmat standardit mitkä esittävät pienjänniteverkon vaatimukset kohdistettuna erityisesti rakennustyömaalle ja tärkeimmät rakennustyömaan sähköistämiseen liittyvät turvallisuus asiat yleisellä tasolla sekä henkilölle, joka ei ole sähköalan ammattilainen tai toimi sähköalan ammattilaisen ohjeistamana. Lisäksi opinnäytetyö sisältää perehtymistä rakennustyömaa-aikaisen sähköverkon suunnitteluun, toteuttamiseen ja ylläpitoon. Rakennusliike Lapti Oy saa hyödynnettäväksi opinnäytetyön teoria osuuden ja tuotoksen eli laskenta-Excel rakennustyömaa-aikaisen sähköverkon mitoittamiseksi.

Ohjeita rakennustyömaiden sähköistyksen suunnitteluun on niukasti ja Rakennustieto Oy:n ”Ratukortti 02-3037: Työmaan sähköistys” on työmaan suunnittelua tekeväälle helposti saatavilla. Kuitenkin kyseinen Ratu-kortti on vuodelta 2003 ja se ei vastaa täysin ajantasaisia vaatimuksia. Tässä opinnäytetyössä on käytetty pääsääntöisenä lähteenä Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n kehittämää SFS 6000 standardisarjaa mikä käsittelee pienjännitesähköasennuksia ja niihin liittyviä vaatimuksia. Lisäksi työssä on käytetty myös Sähkötieto Oy:n ST 51.35 ja ST 96.40 ST-kortteja, mitkä sisältävät ajantasaisempaa tietoa työmaiden sähköistyksen suunnittelusta.

Työ koostui kolmesta osuudesta, joista pääosuus on laskenta-Excel rakennustyömaan sähkökeskusten mitoittamiseksi, ja sitä tukevat teoriaosuus ja empiirinen kyselytutkimus. Empiirisellä kyselytutkimuksella käyttäen kvalitatiivista tutkimusotetta, jossa pyrittiin tutkimaan Rakennusliike Lapti Oy:n nykyisiä menetelmiä rakentamisaikaisen sähköverkon suunnitteluun ja selvittämään millaisia ongelmia työmaan sähköverkko on aiheuttanut rakentamisen aikana. Kyselytutkimus toteutettiin sähköistä kyselylomaketta käyttäen. Kyselylomake lähetettiin valtakunnallisella tasolla vastaaville työnjohtajille, työmaainsinööreille, työnjohtajille ja työmaamestareille. Heiltä oli odotettavissa kokemusta rakennustyömaan sähköverkon suunnittelusta ja toteutuksesta, sekä käsitystä millainen vaikutus näillä asioilla on työmaan kustannuksiin, aikatauluun ja muihin työvaiheisiin. Kyselyn keskittämisessä pyrittiin valitsemaan samankaltaiset rakennuskohteet ja sellaiset kohteet missä rakentaminen on jo alkanut. Työssä tutkimuskysymyksiä ovat:

- Miten rakennustyömaalle valitaan työmaakeskukset?
- Millaisia lisäkustannuksia rakennustyömaa-aikainen sähköverkko voi aiheuttaa?
- Minkälaiset vaatimukset rakennustyömailla työskenteleville on asetettu työmaa-aikaiseen sähköverkkoon liittyen?

- Millä keinon rakennustyömaan sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa jo työmaan sähköistämisen suunnittelussa?

1.3 Toimeksiantaja

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Rakennusliike Lapti Oy, mikä on suomalainen asunto- toimitila- sekä palvelurakentamiseen keskittynyt rakennusalan konserni, jonka toimialaan kuuluu myös kiinteistökehitys. Rakennusliike Lapti Oy on perustettu vuonna 1990 Oulussa, jolloin toiminta keskittyi rakennusalan konsultointiin ja pientalojen rakentamiseen. Laptin perustajana toimi tuolloin toimitusjohtaja Timo Pekkarinen ja rakennusliike käytti nimeä Lappli-Tieto Oy. Toiminta rakennusliikkeen nykyisellä nimellä alkoi vuonna 2008. Rakennusliike Lapti Oy:n toiminta on laajentunut seitsemään eri kasvukeskukseen ja joihin on perustettu aluetoimisto. (Pientalorakentajasta menestyväksi rakennusalan konserniksi – tätä on Rakennusliike Lapti Oy, 2022.) Vuonna 2022 Laptilla työskenteli noin 560 henkilöä ja liikevaihto oli 280,8 miljoonaa euroa. Liikevaihdosta lähes 60 % tuli omakehitteisestä RS-asuntorakentamisesta. (Voitollinen tulos ja vahva tilauskanta, 2023.)

Rakennusliike Lapti Oy rakentaa huolella kuvaa heidän tavastansa tehdä työtä. Laptin toiminta voittajajoukkueena tarkoittaa, että yhteisten tavoitteiden ja arvojen jakamista, henkilöstön sitoutumista työhönsä ja kokonaisvastuun kantamista omasta työstä. (Rakentamisen voittajajoukkue, n.d.)

2 Rakennustyömaan sähköistys

2.1 Rakennustyömaan yleinen sähköturvallisuus

Rakennustyömaalla käytettävä sähkölaitteisto altistuu jatkuvasti raskaissa olosuhteissa mekaaniselle rasitukselle. Sähkölaitteisto kuten kaapelit, keskuskeskukset ja valaisimet ovat herkkiä vaurioitumiselle ja vaativat sen takia jatkuvaa ylläpitoa. Sähköverkon huoltoon ja käyttöön liittyvät ohjeet tulisi sisällyttää rakennustyömaan sähköistysuunnitelmaan. Tällaisia ovat sähköverkon laajentamis- ja muuttamisohjeet, tarvittava tieto vian etsinässä sekä käytettävien laitteiden huoltojaksoja ja huoltotoimenpiteitä koskeva tieto. (ST 96.40, 2022, 1.)

Sähkölaitteiston kunnossapidolla huolehditaan laitteiston pysyminen vaaditussa kunnossa. Laitteiden hyvässä kunnossa pitämällä ehkäistään laitteiden rikkoutumiset, eli suoritetaan ennakoivaa kunnossapitoa. Korjaava kunnossapito tehdään, kun vaihdetaan tai korjataan rikkoutunut osa. Kunnossapito työt jaetaan kahteen eri tyyppiin. Sellaisiin töihin, jossa on sähköiskun, valokaaren tai oikosulun vaara ja sellaisiin töihin, jossa sähkölaitteen rakenne antaa edellytykset kunnossapitotoimen suorittamiseen, kuten lampun tai sulakkeen vaihto. Kunnossapitotöihin ryhtyvän on oltava riittävän pätevä tai ammattitaitoinen. (SFS 6002, 2015, 37.)

ST 96.40 (Rakennustyömaan sähköverkon käyttö ja hoito) ohjekortissa on ilmoitettu sellaiset sähkölaitteistoon liittyvät työt mitä saa tehdä sellainen henkilö, jolla ei ole riittävää ammattipätevyyttä eikä hän työskentele vaaditun pätevyyden omaavan henkilön valvonnassa. Tällaisia sähkölaitteistoon kohdistuvia töitä ovat:

- alakeskuksien, pistorasiakoteloiden, valaisimien ja koneiden siirtäminen ja liittäminen edellyttäen, että liitäntä keskukseseen tapahtuu pistokytkimellä
- Palaneiden sulakkeiden uusiminen, rikkoutuneen lampun vaihtaminen, rikkinäisten pistotulppaliitäntäisten sähkölaitteiden toimittaminen korjattavaksi
- Laitteiden puhdistaminen päältäpäin
- Työmaan lopettamisen yhteydessä tilapäisen asennuksen purkaminen, mikäli laitteisto on tehty luotettavasti jännitteettömäksi sähköalan ammattilaisen toimesta

Mainitut sähkölaitteistoon kohdistuvien töiden tekeminen edellyttää kuitenkin niihin ryhtyviltä henkilöiltä riittävää perehtymistä tehtävään. (ST 96.40, 2022, 1.)

Sulakkeen vaihtotöitä saa kuitenkin tehdä vain, kun tulppasulake on mitoitusvirraltaan enintään 25 A sellaisessa virrallisessa keskuksessa, jossa jännitetyihin osiin koskeminen on estetty, ellei virtapiiriä pysty tekemään virrattomaksi tuottamatta haittaa. Keskukseseen mikä ei ole kuormitettu ja jännitteiset osat suojattu koskettamiselta saa vaihtaa mitoitusvirralta yli 25 A tulppasulakkeen. Sulakkeet mitkä on tarkoitettu sähkölaitteen sisäiseen suojaukseen, saa vaihtaa käyttöohjeiden mukaisesti. (SFS 6002, 2015, 38.)

Rakennustyömaalla sähkölaitteiden kuntoa on valvottava säännöllisesti ja esiintyvät viat on pyrittävä korjaamaan välittömästi. Yleisiä puutteita rakennustyömaan sähköistyksessä ovat pääkeskuk-

sen väärinkäyttö varastotilana tai pääkeskuksen lukitus on puutteellinen, ilmajohtot ovat liian matalalla, alakeskuksien suojaus ei ole riittävä, keskusten edessä ei ole riittävästi tilaa, keskuksista puuttuu osia kuten sulakekansia, kansien laseja ja pistorasioiden läppäkansia. Siirrettävät kaapelit ovat sijaintinsa takia alttiina rikkoutumiselle, niiden suojaus on puutteellinen tai ne ovat ripustettu liian pitkin jänneväleihin ja vääränlaisella materiaalilla kuten rautalangalla. Valaisimista puuttuu suojakupu tai vedonpoisto ja valaisimissa on liian suuret lamput. Kumijohtojen puristuminen oven ja kynnyksen väliin. (ST 96.40, 2022, 2.)

Rakennustyömaa on alue mikä muuttuu melkein jatkuvasti, ja sen takia sähköasennukset ovat vahingoittumiselle ja väärinkäytölle alttiina. Asennuksien käyttöönotto- ja kunnossapitotarkastusten lisäksi on asennuksia syytä tarkistaa säännöllisesti viikoittain, kuukausittain tai jopa päivittäin tarpeen mukaan. Sähköasennuksissa tarkastettavia asioita ovat suojajohtimien ja niiden liitoksien kunto, siirrettävissä olevien kaapelien kunto ja niiden liitokset kädessä pidettäviin ja siirrettäviin laitteisiin, sulakkeiden kunto ja koko, katkaisijoiden asettelu varmistukseksi siitä, että niitä ei ole muutettu luvattomasti, ja vikavirtasuojien oikeanlainen toiminta. (SFS 6000-7-704, 2022, 10.)

Taulukko 1. Vähimmäisetäisyydet avojohdon tai riippujohdosta liikuvaan tai siirrettävään koneeseen (SFS 6002, 2015, 67).

Nimellisjännite kV	Vähimmäisetäisyys m	
	Avojohto tai muu paljas jännitteinen osa	Riippukaapeli
≤ 1	2(2)	0,5
> 1-45	3(2)	1,5
110	5(3)	
220	5(4)	
400	5(5)	

Rakennustyömaalla sellaisissa tiloissa, missä laitteiden kosketussuojaus ei täytä koteloituokan IPXXB tai IP2X vaatimuksia tai koteloiteja on jouduttu avaamaan tilapäisesti korjauksen tai huollon takia tai tilassa joudutaan työskentelemään jännitteisten osien läheisyydessä ei saa tehdä sähkötöiden lisäksi muita töitä, ellei työntekijä ole sähköalan ammattihenkilö tai ole sähköalan ammattihenkilön valvomana ja opastettuna. Sähkötöiden johtaja tai sähkölaitteiston haltija on

vastuussa sähkötiloissa työskentelevien muiden kuin sähköalan ammattilaisten opastamisesta. (SFS 6002, 2015, 68.)

Kun sähkölaitteiden koteloituiluokka on vähintään IPXXB tai IP2X sähkötilassa, saa opastettu henkilö tehdä yksin seuraavanlaisia työtehtäviä: Kojeistojen puhdistaminen ulkopuolelta, relehuoneiden, valvomoiden ja samankaltaisten tilojen lattian puhdistaminen, jos pieni oikosulkuteho on epätodennäköinen ja jännitteisten osien koskettaminen ei ole vahingossa mahdollista. Sallittuihin tehtäviin kuuluu myös lattian puhdistus kojeistotilassa missä suojana on käytetty yhtenäistä verkko- tai metallilevyä. (SFS 6002, 2015, 68.)

Standardin SFS 6000-4-41 liitteissä 41B (perussuojaus käyttämällä esteitä tai sijoittamalla kosketusetaisyyden ulkopuolelle) ja 41C (eristävä ympäristö, maadoittamaton paikallinen potentiaalitasaus ja sähköinen erotus syöttämällä useampaa kuin yhtä kulutuslaitetta) määriteltyjen suojausmenetelmien käyttö ei ole sallittu rakennustyömaalla. (SFS 6000-7-704, 2022, 7.)

Rakennustyömaalla kädessä pidettävien mitoitusvirraltaan enintään 32 A laitteiden syöttävät piirit ja mitoitusvirraltaan enintään 32 A pistorasiat on suojattava automaattisella poiskytkennällä yhdessä mitoitusvirraltaan 30 mA vikavirtasuojan kanssa. Virran syöttö voi myös tapahtua SELV- tai PELV-järjestelmällä tai virran syötössä käytettään sähköistä erotusta, mutta tällöin jokaista pistorasiaa ja kädessä pidettävää laitetta syötetään erotusmuuntajaa käyttäen. (SFS 6000-7-704, 2022, 7.) Käytettäessä SELV- tai PELV-järjestelmään suojausmenetelmänä, niin silti nimellisjännitteestä riippumatta on perussuojaus toteutettava käyttämällä koteloita ja suojauksia, joilla saadaan vähintään IPXXB suojaus tai käyttämällä eristystä, joka kestää 500 V vaihtojännitteen 1 minuutin ajan. (SFS 6000-7-704, 2022, 8.)

Hitsauskoneita voidaan syöttää ilman 30 mA vikavirtasuojaa, mutta kuitenkin hitsauslaitteen syöttö on varustettava enintään 300 mA vikavirtasuojalla, kun hitsausvirtalähde on sijoitettu hit-saajan ulottumattomiin työaikana ja syöttökaapelit eivät pääse vahingoittumaan laitteen käytön aikana (SFS 6000-7-704, 2022, 8.).

Jännitehäiriöitä rakennustyömaalla syntyy todennäköisesti nosturien, hissien, betoninsekoittajien ja muiden vastaavanlaisten laitteiden aiheuttamasta kytkentä ylijännitteestä. Kun tällaisia laitteita käytetään, on suositeltavaa harkita kytkentäylijännitteen suojausta. (SFS 6000-7-704, 2022, 8.)

Vikavirtasuoja on käytetty yleisnimike suojalaitteille, joiden avulla luodaan suojaus perustuen vikavirtaan. Vikavirtasuojan tehtävänä on varmistaa suljettavan virtapiirin jännitteisten johtimien poiskytkentä. Vikavirtasuojaus voidaan toteuttaa suojalaitteilla kuten vikavirtasuojakytkimellä, mikä toteuttaa vain suojauksen vikavirtaan perustuen tai vikavirtajohdonsuojakatkaisimella, mikä toteuttaa vikavirran lisäksi ylivirtaan perustuvan suojauksen. Vuoto- ja vikavirtoja pystytään valvomaan vikavirtavalvontalaitteella, mikä myös ilmoittaa käyttäjälle vuoto- ja vikavirtojen tason. (SFS 6000-5-53, 2022, 16.)

Vikavirtasuojalaitteet ovat herkkiä ja niiden tarkoitukseen kuuluu toimia täydentävänä suojauksena sulakkeiden antamalle suojaukselle. Kun vikavirtasuojakytkimen laukaisuraja on vain 30 mA se laukaisee virtapiirin jännitteettömäksi nopeasti, jos sähköjohtoihin tai sähkölaitteisiin syntyy alkava eristysvika. Tavallinen sulake ei pysty tunnistamaan niin pienivirtaisia vikoja ja toimimaan kuten vikavirtasuojalaitteet. Rakennustyömailla yleisin syy vikavirtasuojalaitteen laukeamiselle on kosteuden pääsy sähkölaitteisiin ja työmaakeskuksiin. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 7.)

Sähkölaitteiden valmistajan on laadittava EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus mikä osoittaa valmistajan ottamaan vastuun siitä, että sähkölaite on sitä koskevien olennaisten vaatimuksien mukainen. Sähkölaitteen tekniset asiakirjat ja EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus tulee olla suomen ruotsin tai muun sähköturvallisuusviranomaisen hyväksymällä kielellä. Sähkölaitteessa on myös oltava kiinnitetty CE-merkintä. (Sähköturvallisuuslaki, 2016, 13§.)

Sähkölaitteiden suojaus

Työmaalle hankittavien laitteiden suojaus- ja kotelointiluokan oltava riittävä. Työmaaolosuhteet aiheuttavat sähkölaitteille kolhiintumisia, vesi ja kosteus vaurioita, korroosiota, lian ja pölyn rasi-tusta. Sään haitallisia vaikutuksia vastaan käytetään syöpymiskestoisia materiaaleja kuten kuparia, haponkestävää terästä, tiettyjä muovilaatuja ja kevytmetalleja mitkä on tarkoitettu ulkokäyttöön. (ST 51.35, 2019, 4.)

Taulukko 2. Kotelointiluokat ulko-olosuhteissa ja kosteissa tiloissa (ST 51.35, 2019, 4).

Tila	Kotelointiluokka	Lisätietoja
Ulkotila ¹	IPX3	Laite, joka on alttiina sateelle ja on asetettu yli 0,5 m vaakatason tai kaltevan pinnan yläpuolelle (maanpinta, lattia, vesikatto)
	IPX4	Laite, joka on alttiina sateelle ja on asetettu yli 0,5 m vaakatason tai kaltevasta pinnasta (maanpinta, lattia, vesikatto)
	IPX1	Laite, joka on asennettu siten, että se on suojattu sateelta
Kosteaa tila	IPX1	
Märkä tila	IPX4	

Varokkeiden tehtävänä on estää laitteita vioittumasta ja suojata laitteiden käyttäjiä katkaisemalla virran syöttö johtimesta, kun virran voimakkuus kasvaa suuremmaksi kuin on suunniteltu. Rakennustyömaalla liian suuren virran johtimeen voi aiheuttaa esimerkiksi johtimen tai koneen vioittuminen ja siitä aiheutuva oikosulku, veden pääsy pistorasiaan mikä aiheuttaa oikosulun tai samaan syöttöjohtoon on liitetty jakorasian avulla liika laitteita tai yksi liian suuri tehoinen laite. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 7.)

Rakennustyömailla käytettävät pistorasiat ovat yleensä normaalia suurempia kolmivaiheisia voimapistorasioita. Rakenteeltaan nämä pistorasiat ovat pyöreitä ja viisireikäisiä (nolla, suojamaadoitus ja kolme vaihetta, joista suojamaadoituksen piikki on paksumpi). 230/400 V tarkoitetuille jännitteille pistorasiat ovat merkitty punaisella värillä. (STEK-info, 2023.)

2.2 Kaapelointi ja kaapelien suojaaminen

Kaapeleiden vaurioitumisen estämiseksi suositellaan välttämään kaapelien sijoittamista jalkakäytävien ja teiden poikki (SFS 6000-7-704, 2022, 10). Välttämättömissä tilanteissa kaapelit on suojattava mekaaniselta vahingoittumiselta ja rakennuskoneilta. Mikäli rakennustyömaalla käytetään ilmajohtoja, niin teknisesti soveltuvaksi vaihtoehdoksi käy riippukierrejohto (AMKA). Usein ilmajohtona käytetään kumikaapelia, kuten H07RN-F tai H07BB-F, mitä myös käytetään alastulojohtona. Kumikaapelit on asennettava siten, ettei kaapelin kohdistu ylimääräistä rasitusta, esimerkiksi kiinnittämällä kumikaapeli nippusiteillä vaijerista rakennettuun kannatin köyteen. (ST 51.35, 2019, 5.)

Rakennustyömaan ulkoisien olosuhteiden aiheuttamiin rasituksiin sähkölaitteita kohtaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Rakenteiden ja ajoneuvojen liikkuminen, korroosiota aiheuttavat aineet, rikkoutuminen ja kuluminen, veto jännitys, iskut, taipuminen, hankautuminen, irtoamiset sekä aineiden ja nesteiden sisään tunkeutuminen ovat olennaisempia riskitekijöitä. (SFS 6000-7-704, 2022, 9.) Lisäksi vaatimuksia kaapeille on mekaanisten rasitusten kestävyysnäkökulmasta, kestävyys ylivirralla, kosteudelta, lämmöltä- ja ultravioletti säteilyltä sekä kestävyys pakkasta kohtaan (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 1–2).

Kaapelin saa asentaa maahan vain, jos kaapeli on siihen käyttötarkoitukseen ja suomalaisiin olosuhteisiin soveltuva, mekaanisesti riittävän vahvaa vaipallista kaapelityyppiä. Tällaiset kaapelit ovat eurooppalaisen standardin HD 603 mukaisia mitoitusjännitteeltään 0,6/1 kV voimakaapeleita. Kaapelin on oltava vedenpitävä ja siinä on oltava riittävän kestävä vaippa. Kaapelin soveltuvuus asennettavaksi veteen on tarkistettavissa esimerkiksi valmistajan asennusohjeessa. Maahan asennetun kaapelin vaurioitumisen estämiseksi, kaapeli on suojattava riskitekijöiltä kuten teräviltä ja isoilta kiviltä. Kaapelin voi suojata mekaanisesti putkella, kourulla tai käyttämällä hienojakoista maa-ainesta kaapelin ympärillä. Kaapeliin ei saa kohdistua haitallista vetorasitusta tai nousta maan pintaa odotettavissa olevien maan liikkeiden kuten roudan ja painumisen seurauksena. Kaapelin asennus muuttuu työmaan edetessä ja siksi kaapelin pituus ja asennus kannattaa suunnitella siten, että kaapelilla on riittävästi liikevaraa. (SFS 6000-8-814, 2022, 6, 7.)

Tilapäiset maakaapelit voidaan asentaa maan pinnalle, jos ne suojataan suojaputkella tai vastaavalla suojausmenetelmällä kuten esimerkiksi puusta tehdyillä kouruilla. Kaapeliensuojaukset on merkittävä varoituskilvellä tai merkkinauhalla kaapelista ja lisäksi kaapelit on asennettava siten, etteivät ne pääse helposti liikkumaan vapaasti. Tilapäisiä maakaapeleita saa asentaa rakennustyömaalla vain sellaisiin paikkoihin missä niiden suojausta valvotaan ja puutteellisiin suojauksiin puututaan välittömästi. Tilapäisiä kaapeleita ei saa jättää käytettäväksi niiden käyttötarkoituksen loputtua, kuten työmaan valmistuttua tai tilapäisyyden loputtua. (SFS 6000-8-814, 2022, 10.)

Taulukko 3. Maakaapelien suojus eri asennusvyvyksillä (SFS 6000-8-814, 2022, 9).

Kaapelin tai suojaputken asennusalustan syvyys h erilaisilla alueilla	Kaapelisuojaputken halkaisija ⁶	Standardin SFS-EN 50626-1 ¹ mukainen putkiluokka valmistajan ilmoittaman käyttötarkoituksen mukaan ⁴	Aikaisemman standardin SFS 5608 ² mukaisen putken luokka ja vastaavan putken rengasjäykkyys (SN) ⁵	Standardin SFS 7505 mukaisten kaapelikourujen luokka ³
0,5 m < h ≤ 0,7 m	50–75	L 450	Kevyt käyttö C (SN 4) ⁵	Kevyt käyttö C (SN 4)
	100–200	N 750	Keskiraskas käyttö B (SN 8)	Keskiraskas käyttö B (SN 8)
0,3 m ≤ h ≤ 0,5 m kevyen kuormituksen piha- ja puistoalueet ja muut alueet	50–75	N 450	Keskiraskas käyttö B (SN 8)	Keskiraskas käyttö B (SN 8)
	100–160	N 750	Keskiraskas käyttö B (SN 8)	Keskiraskas käyttö B (SN 8)
0,3 m ≤ h ≤ 0,5 m raskaan kuormituksen tie- ja liikennealueet	50–75	N 750	Raskas käyttö A (SN 16)	Raskas käyttö A (SN 16)
	100–160	N 1250	Raskas käyttö A (SN 16)	Raskas käyttö A (SN 16)

¹ Standardi SFS-EN 50626-1 korvaa standardin SFS-EN 61386-24. Suomessa käytettäville putkille vaaditaan iskutesti – 10 °C lämpötilassa.

² Standardi SFS 5608 on kumottu, mutta sen vaatimukset täyttäviä putkia voidaan edelleen käyttää. Vastaava eurooppalainen standardi EN 50626-2 on valmisteilla.

³ Suojakouruja ja suojalevyjä voidaan käyttää tapauksissa, joissa ei tarvitse varautua kaapelien vaihtoon tai lisäykseen. Luokkien B ja C suojakourujen sijasta voidaan käyttää SFS-EN 50520 mukaisia suojalevyjä ja suojanauhoja.

⁴ Kun käytetään halkaisijaltaan suurempaa putkea, putken päällä olevan maan syvyys pienenee ja pitää käyttää hajuusluokaltaan parempaa putkea.

⁵ Standardin SFS-EN ISO 9969 Thermoplastics pipes. Determination of ring stiffness mukaan testataan putken ns. rengasjäykkyys, joka ilmoitetaan rengasjäykkyysluokkana (SN) esim. SN 4, SN 8 ja SN 16.

⁶ Jos käytetään halkaisijaltaan suurempia suojaputkia, on huolehdittava siitä, että putken peittösyvyys on riittävä

Ilmajohdojen ja pinnalle asennettujen kaapelien suojaamiseen ympäristöltä ja työmaantoinnin vaikutuksilta on kiinnitettävä erityistä huomiota. Taipuisien kaapeleiden on oltava edellä mainittua H07RN-F tyyppiä tai vastaava rakennetta mikä kestää veden vaikutusta ja hankausta. (SFS 6000-7-704, 2022, 10.) Edellä mainittuja taipuisien kaapelien vaatimuksia käytetään myös jatkojohtoihin. Erittäin tärkeää turvallisuuden kannalta on varmistaa, että maadoitusjohdin on asennettu siten, ettei se pääse vioittumaan työmaan muuttuvissa olosuhteissa. (ST 51.35, 2019, 5).

Maadoituksen pääsääntöinen tarkoitus on lieventää vikatapauksissa syntyviä kosketusjännitteitä ja askeljännitteitä. Vika voi liittyä esimerkiksi rakennuksen sähköasennuksiin tai syöttävään järjestelmään mihin on myös mukaan laskettu suurjänniteverkko. Ukkosen aiheuttamat ylijännitteet ovat myös samastaa vikoihin. Maadoituksella estetään myös vaarallisten jännitteiden siirtyminen järjestelmästä toiseen, estää valokaarien ja vuorovirtojen sekä kipinöiden syntyminen. (Tiainen E, 2022, 281.) Suojamaadoituksen tarkoitus on toimia suojana sähköiskulta.

TN-järjestelmä on yleisesti käytetty Suomessa ja siinä suojamaadoitus on yhdistettynä järjestelmän maadoitukseen. (Tiainen, 2022, 289.)

Ilmajohdona käytettävät esimerkiksi AMKA ja AMCMK alumiiniset riippukierrekaapelit täytyy suojata 1,7 m korkeudelta mekaanisia rasituksia vastaa, esimerkiksi kaapelinostot tolppissa. Ilmajohdon vähimmäisetäisyys maanpinnasta on 5,5 metriä ja tolppien maksimiväli voi olla jopa 300 m. Jos ilmajohdona käytetään kumikaapelia, niin pylväiden maksimivälinä käytetään 15 metriä. Kuten riippukierrekaapelilla vähimmäisetäisyys maanpintaan on 5,5 metriä niin myös kumikaapelilla. Jos mekaanisen rasituksen vaara on yli 1,7 metrissä, niin silloin kaapelit on suojattava siltä korkeudelta. Jatkokaapeleissa pistorasia on suojattava itsestään sulkeutuvalla suojäläpällä. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 6.)

Taulukko 4. Kolmivaiheisten jatkojohtojen tavallisimmat kaapelirakenteet (ST 51.35, 2019, 5).

Mitoitusvirta A	Taipuisa kaapeli	
	CENELECin mukainen tyyppi	Poikkipinta mm ²
16	A05RN-F, H07RN-F, H05BB-F, H07BB-7	5 × 2,5
32	H07RN-F, H05BB-F, H07BB-7	5 × 6
63	H07RN-F, H07BB-7	5 × 16
125	H07RN-F, A07BB-F	5 × 50
250	H07RN-F, A07BB-F	5 × 95

Kaapelien valinta

Rakennustyömaan aikaisien johtavien kaapelien poikkipinta-alat määritetään seuraavin ehdoin normitilanteessa sekä vikatilanteessa; johtimen suurimman sallitun lämpötilan, jännitteenaleneman, oikosulku- tai maasulkuvirtojen todennäköisen mekaanisen rasituksen, muiden johtimiin kohdistuvien rasitusten, suurimman sallitun impedanssin vikavirtojen suojauksen kannalta ja asennustavan perusteella (SFS 6000-1, 2022, 12). ST 51.35 rakennustyömaan sähköverkon suunnittelu ohjekortissa kehoitetaan kaapelien ryhmittelyssä ja kaapelien valinnoissa ottamaan huomioon jännitteenalenema ja kaapelien kuormitettavuus. (ST

51.31, 2019, 3.) kts. Taulukko 5. Kolmivaiheisten jatkojohtojen tavallisimmat kaapelirakenteet, missä on myös ilmoitettu kaapelien mitoitusvirrat.

Jännitteenalenemaa laskettaessa jännitteenalenema ei saa olla suurempi kaapelin liitäntäkohdan ja kuormitusetäisyyden välillä kuin taulukossa 6 on esitetty (SFS 6000-5-52, 2022, 62). Mikäli sähkölaitetta syötetään yksittäisestä tehonlähteestä, niin silloin taulukon 6 suositukset voivat olla suurempia (Tiainen, 2022, 239).

Taulukko 5. Maksimijännitteen alenema (SFS 6000-5-52, 2022, 62).

Asennuksen tyyppi	Valaistuskäyttö %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä pienjänniteteholähteestä ^a	6	8

^a Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja. Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %.

Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.

Seuraavalla yhtälöllä 1 voidaan laskea jännitteenalenema (SFS 6000-5-52, 2022, 62).

$$u = b \left(\rho_1 * \frac{L}{S} * \cos\varphi + \lambda * L * \sin\varphi \right) I_B \quad (1)$$

missä

u = jännitteenalenema voltteina

b = kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille piireille

ρ_1 = johtimen resistiivisyys normaalissa käyttölämpötilassa, mikä on 1,25 kertaa resistiivisyys 20 C lämpötilassa, tai 0,0225 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ kuparille ja 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ alumiinille

L = johtojärjestelmän pituus metreinä

S = johtimen poikkipinta-ala mm^2

$\cos\varphi$ = tehokerroin. Jos ei tiedetä tarkkoja tehokertoimen arvoja, niin sen oletetaan olevan 0,8 ($\sin\varphi = 0,6$)

λ = johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohden. Jos ei tiedetä tarkkoja arvoja, niin

reaktanssin oletetaan olevan $0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$

I_B = suunniteltu virta ampeereina

Jännitteenalenema prosentteina saadaan laskettua yhtälöllä 2 (SFS 6000-5-52, 2022, 62).

$$\Delta u = 100 u / U_0 \quad (2)$$

missä

U_0 = jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina.

2.3 Työmaasähköistyksen suunnitelmat

Tarkan rakennustyömaan sähköistyksen suunnittelun tuotoksena on toimiva sähköjakeluverkko. Etukäteen laadittu sähköistysuunnitelman avulla sähköverkko saadaan rakennettua nopeasti ja siitä saadaan luotettava, toimiva ja työmaata palveleva kokonaisuus. Dokumentoitu hyvä sähköistysuunnitelma mahdollistaa tehokkaan ja taloudellisen käytön sekä suunnitellun kunnossapidon toteutumisen. Näiden lisäksi sähköistysuunnitelmalla saadaan ajoitettua laitteiden käyttö siten, että hukka-aikaa ei pääse syntymään tarvittavien laitteiden odottelun muodossa. (ST 51.35, 2019, 1.)

2.3.1 Sähköistysuunnitelma

Sähköistysuunnitelma laaditaan työmaalle asemapiirustuksen pohjalta tai erillistä työmaasta tehtyä aluesuunnitelmaa hyödyntäen. Suunnitelmasta tulisi selvittää työmaan koko jakeluverkon sijainti mikä pitää sisällään tiedot sähköliittymän sijainnista ja syöttöjohdon tyypistä, sähköpääkeskuksen ja alakeskuksien sijainnit sekä niiden tyypit. Suunnitelmasta on myös selvittävä kaapelien kulkureitit ja niiden tyypit. Kaapelien kulkureiteistä olisi hyvä selvittää nousujohtojen reitit mahdollisimman tarkasti. Lisäksi suunnitelmaan on merkittävä suurimman tehontarpeen kulutuskoneet kuten nosturit. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 4.)

2.3.2 Työmaan valaistus ja valaistussuunnitelma

Rakennustyömaalla on tärkeää erityisesti työturvallisuuden kannalta saada riittävän tehokas ja kattava työmaavalistus. Työmaavalistuksen tilapäisyydestä huolimatta tulisi valaistussuunnitelma laatia työturvallisuusvaatimukset täyttäen. Suunnitelman sisällön on katettava tieto:

- sisä- ja ulkovalaisimien tyypeistä ja määristä
- valaistustasosta työmaan eri kohteissa
- valaisinketjujen tyypeistä, sijoittelusta ja määristä.

Työmaan piha-alueella on valaistava seuraavat kohdat:

- jalankulkuväylät
- moottoriajoneuvojen purkaus-, lastaus- ja kääntymispaikat
- teräksien, puutavaran, elementtien ja muottien varastot
- tulevan rakennuksen peruskaivanto.

Piha-alueen valaistuksen tarve on riippuvainen vuodenajasta. (ST 51.35, 2019, 2.)

Valaistuksen on oltava rakennustyömaalla tasaista eli suuria ja äkillisiä valaistuseroja sekä haitallisia heijastumisia on vältettävä. Kohteen valaistus on toteutettava siten, ettei se aiheuta työntekijälle vaaraa, eli valaistuksen on erityisesti kulkuteillä oltava riittävä sekä yleis- ja paikallisvalaistuksen on oltava sopiva. Kun yleisvalaistus joutuu epäkuntoon, aiheutuu tällöin työmaalla työskenteleville vaaratilanne. (A 205/2009, 5§.)

2.3.3 Laiteluettelo

Rakennustyömaalla käytettävät sähkölaitteet kirjataan niiden liitännätietoineen työmaan sähkölaiteluetteloon. Työmaalle mitoittaessa sähköverkkoa on tärkeää oikeanlaisen ja optimaalisen mitoituksen kannalta tietää työmaalla käytettävien laitteiden käyttöaikataulu ja samalla käytön tasauskerroin millä saadaan laskettua huipputeho, jota tarvitaan pääkeskuksen ja sähköliittymän mitoituksessa. (ST 51.31, 2019, 2.)

Työmaan sähkölaiteluettelon avulla saadaan laskettua, milloin yhtäaikainen teho on suurimmillaan, jolloin voidaan selvittää sähköliittymän ja pääkeskuksen koko. Sähkönjakeluverkon ryhmitteilyssä ja kaapeloinnissa on otettava huomioon kaapeleiden jännitteenalenema ja kuormitettavuus.

Työmaan jakeluverkon johtopituuksien on syytä pysyä kohtuullisen pituisina, jotta sähkön laatu pysyy sähkölaitteiden vaatimissa rajoissa. (ST 51.35, 2019, 2–3.)

3 Sähkön jakaminen työmaalle

3.1 Sähköliittymä

Kun rakennustyömaan sähköistämisen suunnittelussa on selvitetty perustiedot, otetaan selvää sähkönsaantimahdollisuuksista, sähköliittymän paikasta ja liittämistavasta paikalliselta sähköä tarjoavalta laitokselta. Yleensä pääurakoitsija huolehtii työmaa-aikaisensähkön liittymissopimuksen, mutta myös tuleva kiinteistön omistaja tai haltija voi tehdä sopimuksen. Liittymissopimukset voi olla hyvin erilaisia kustannuksiltaan ja periaatteiltaan, joihin sähkölaitos vaikuttaa paljon. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 1.)

Sähkönjakelulaitokset käyttävät seuraavanlaisia menettelytapoja liittymissopimuksissa mitkä eroavat kustannuksiltaan ja sähkön liittämisen periaatteiltaan: (1) Liittymisen paikan sähköverkkoon osoittaa sähkölaitos, mistä sähköurakoitsija toteuttaa tilapäisen liittymisjohdon pääkeskukselle. Sähköurakoitsija huolehtii myös sähköpääkeskuksen asennuksesta ja kiinteän sähköverkon toteutuksesta työmaalle. (2) Työmaan koko voi olla niin suuri, että sähkölaitos ei kykene vastaamaan suurta tehontarvetta, jolloin laitos joutuu vahvistamaan sähköverkkoaan. Sähköverkkoa vahvistetaan joko lisäämällä suurjännitejohtoa tai tilapäismuuntamalla. Tilapäismuuntamolta sähköpääkeskukselle liittymisjohdon asennuksesta huolehtii sähköurakoitsija ja kuten edellä mainittu, sähköurakoitsija toteuttaa myös työmaan sisäisen kiinteän sähköverkon. Tilapäismuuntamon liitäntäkaapelin kytkennän sähköverkkoon tekee sähkölaitos. (3) Sähkölaitos asentaa liittymisjohdon rakennuspaikalle ja huolehtii kytkennästä sähköverkkoon. Sähköpääkeskuksen ja työmaan kiinteän sähköverkon asentaa sähköurakoitsija. (4) Sähköurakoitsijaa ei tarvita sähkönjakelun järjestämisessä, jos sähkölaitos asentaa liittymisjohdon lisäksi sähköpääkeskuksen. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 1–2.)

Sähköurakoitsija tekee sähköpääkeskuksen käyttöönottotarkastuksen, mutta jos sähkölaitos on asentanut sähköpääkeskuksen, niin sitten sähkölaitos vastaa käyttöönottotarkastuksesta. Kun käyttöönottotarkastus on tehty, voidaan sähkölaitokselle lähettää pyyntö sähkönmittaamisesta ja

sähkönkytkennästä. Sähkölaitos tuo työmaalle sähkömittarin ja kytkee työmaan sähkönjakeluverkkoon. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 2.)

Rakennustyömaan sähköliittymisjohtoa voidaan käyttää valmiin rakennuksen liittymisjohtona osittain tai kokonaan. Jos liittymisjohtoa käytetään valmiissa rakennuksessa, niin silloin rakennusaikaisen sähköliittymäsopimuksen tekee rakennuttaja. Tämä asia kannattaa ottaa huomioon sähköliittymäjohtoon suunnittelussa ja rakennuttajalle yleensä on edullisempaa, jos kohteen liittymisjohtoa voidaan hyödyntää rakennusaikana. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 2.)

3.2 Sähköpääkeskus

Rakennustyömaan sähköverkko liitetään sähköpääkeskuksen kautta pysyvään sähköverkkoon. Sähköpääkeskukset ovat kiinteästi asennettuja eli liitosjohto on kytketty syöttöverkkoon liittimin, joiden asentamiseen tarvitaan työkaluja. Syöttöverkon liittymiä rakennustyömaalle sallitaan yleensä vain yksi, mutta jos liittymiä on useita tarkoittaa se myös useita sähköpääkeskuksia. Jokaisen sähköpääkeskuksen jakama sähköverkko on pidettävä toisistaan selkeästi erillään. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 1.)

Sähköpääkeskus valitaan työmaalle siten, että kaikki sähkölaitteet mitkä ovat yhtä aikaa käytössä saavat tarvitsemansa tehon. Sähköpääkeskuksen pääsulakkeiden koko on mahdollista valita pienemmiksi kuin keskuksen nimelliskoko. Pääsulakkeen likimääräinen koko voidaan laskea ampeerina (A), kun kerrotaan työmaan yhteenlaskettu nimellisteho (kW) 1,5:llä. Kertoimen tarkoituksena on saada varaa ylimääräiselle tehontarpeelle. Ylimääräistä tehontarvetta tulee esimerkiksi aliorakoitsijoiden koneista ja laitteista, mitä ei ole ennakkosuunnittelussa huomioitu. Pääsulakkeen koko valitaan laskutoimituksen tuloksesta seuraava suurempi olemassa olevan sulakkeen koko. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 1,2.)

Isommilla rakennustyömailla on kuitenkin syytä laskea tehontarve tarkemmin. Tehontarpeenhuipun laskennassa käytetään tasauserrointa 0,7. Tasauserroin ottaa huomioon sen, että työmaalla ei käytännössä ole koskaan kaikki koneet yhtä aikaa käytössä. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 2.)

Pääsulakkeen koko määräytyy sen mukaan, milloin tehontarvepiikki on suurimmillaan. Yleensä rakennustyömaan tehontarvepiikki löytyy runkovaiheen aikana, koska silloin työmaalla on eniten

yhtä aikaa laitteita käytössä. Tehontarvetta voidaan tasata työkuukausien välillä, jolloin on mahdollista valita pienempi pääsulakekoko. Tällä tavalla voidaan säästää pääkeskuksen hankinta- tai vuokratkustannuksissa ja liittymäsopimuksen kustannuksissa. Jos tilanne olisi toisinpäin, eli sähköpääkeskuksen kokoa jouduttaisiin kasvattamaan työmaan aikana, niin olisi se kallis ja vaikea ellei jopa mahdotonta toteuttaa. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 1.)

Sähköpääkeskuksen valintaa ja tehontarpeen laskentaan vaikuttaa myös mikä on rakennuksen rakenneratkaisu eli paikallarakentaminen vai elementtirakentaminen, lisäksi rakennuksen toteutusmenetelmien valinnat kuten käytetäänkö torni- vai ajoneuvonosturia tai valitaanko sähkölämmitys vai jokin muu lämmitysmuoto työnajaksi. Laitteet millä on suuri tehontarve kuten nosturit, lämmittimet ja hissit on pystyttävä valitsemaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa rakennustyömaata sekä selvittää todellinen tehontarve näille laitteille. Laitteiden eri mallien välillä voi olla isoja eroja tehontarpeessa, esimerkiksi tehontarve kasvaa nostolaitteen nostotehon mukaan. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 2.)

Työmaan sähköpääkeskus voidaan mitoittaa seuraavalla yhtälöllä 3 (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 2).

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} \quad (3)$$

missä

I = virta ampeereina A

P = kokonaisteho watteina W

U = jännite voltteina V (380 V)

$\cos \varphi$ = tehokerroin

Taulukko 6. Pääsulakkeita vastaavia liitântäkaapeleita sähköpääkeskukseen (Kone-Ratu 02-3037, 5).

Keskuksen pääsulake A	Keskuksen nimellisvirta A	Liitântäkaapelin AMCMK poikkipinta-ala mm ²
25	25	3 x 16 + 10 Cu
35	63	3 x 16 + 10 Cu
63	63	3 x 25 + 10 Cu
80	125	3 x 35 + 10 Cu
100	125	3 x 50 + 15 Cu
125	125	3 x 70 + 21 Cu
160	250	3 x 120 + 29 Cu
200	250	3 x 150 + 41 Cu
250	250	3 x 185 + 57 Cu
315	400	2 x (3 x 120 + 41 Cu)
400	400	2 x (3 x 150 + 41 Cu)
500	630	2 x (3 x 185 + 57 Cu)
630	630	2 x (3 x 240 + 72 Cu)

3.3 Työmaakeskukset

Työmaakeskukset ovat siirrettävissä ja ilman työkaluja kytkettävissä syöttävän sähköverkon keskukseen. Alakeskus on rakennustyömaalla siirrettävä keskus, mikä on helposti kytkettävissä pistotulpalla tai puolikiinteästi taipuisalla liitântä johdolla. Alakeskukset voidaan kytkeä pääkeskukseen ja toiseen työmaakeskukseen. (Kone-Ratu 02-3037, 2003, 1.)

Työmaakeskusten syöttämiseen on käytettävä vähintään 32 A normaaleilla tai S-tyyppin mitoitusvirraltaan 500 mA vikavirtasuojilla. Pistorasian täytyy kuitenkin olla rakenteellisesti tai varoituskilvellä estetty muuhun käyttöön. (ST 96.40, 2022, 1–2.) Työmaakeskus mikä toimii pistorasiakeskukseksi ei saa olla nimellisvirraltaan yli 63 A (Tiainen, 2022, 371).

Asennetulle työmaakeskukselle on vaatimuksena olosuhteiden osalta, että keskusta ympäröivä lämpötila ei saa ylittää +40 °C ja 24 h aikana lämpötilan keskiarvo ei saa ylittää +35 °C. Alarajana ympäröivälle lämpötilalle on -25 °C. Työmaakeskuksen kosteusolosuhteet voi olla väliaikaisesti +25 °C lämpötilassa jopa RH 100 %. Työmaakeskuksille käytetään likaantumistasaita 3 ja 4, mutta jos

keskuksen kotelointiluokka on vähintään IP5X ja kondensoituminen on estetty, voidaan käyttää likaantumislukkaa 2. (SFS-EN 61439-4, 2013, 20.)

Työmaakeskuksen kaikki omat laitteet on oltava sijoitettuna koteloinnin sisäpuolelle. Keskuksen liittämistä ja huoltoa varten on tarvittava irrotettavat levyt tai laipat tai ovet. Korroosionsuojaus on varmistettava käyttäen korroosiolle alttiissa pinnoissa suojaavia pinnoitteita ja sopivia materiaaleja. Työmaakeskus on suunniteltu kestäämään vähintään sellaisia mekaanisia iskuja, joiden kiihtyvyys on 500 m/s^2 ja pulssintyyppi on puolisinipulssi ja pulssin kesto aika on 11ms. Nämä tiedot vastaavat irtonaisesti kuljetettavaa laitetta tavanomaisen maantie- tai kiskokulkuneuvon kuljetamana pitkän aikaa. Lisäksi työmaakeskuksen on kestävä sellaisia iskuja, jotka ovat energialtaan 6 J. Tämän vastaa keskuksen mekaanisiin käsittelylaitteisiin kohdistuvia törmäyksiä. (SFS-EN 61439-4, 2013, 22.)

Suojaus jännitteisten osien koskettamiselta ja veden sisään tunkeutumiselta työmaakeskukseen ilmoitetaan IP-tunnuksella standardin IEC 60529 mukaisesti. Työmaakeskuksen kotelointiluokan on oltava kaikki irrotettavat levyt ja laipat paikallaan ja ovet suljettuina vähintään IP44. Kondenssi- ja tuuletusaukot eivät saa vaikuttaa negatiivisesti kotelointiluokkaan. Kun työmaakeskus on asennettu valmistajan ohjeiden mukaisesti, koskee silloin koko keskusta valmistajan ilmoittama kotelointiluokka. Työmaakeskuksen sisäisen käyttöpinnan poiketessa pääosan kotelointiluokasta on tällöin valmistajan ilmoitettava osan kotelointiluokka erikseen. (SFS-EN 61439-4, 2013, 24.)

Taulukko 7. Kuormitusteholla mitoitettuja keskuksia ja ylivirtasuojia (ST 51.53, 2019, 3).

Sallittu ylivirtasuojan nim. virta A	Yksivaihekuorma kW	Kolmivaihekuorma kW
10	2,2	
16	3,5	10,0
20		12,5
25		15,6
35		21,8
50		31,2
63		39,3
80		49,9
100		62,4
125		77,9
160		99,8
200		124,7
250		155,9
315		196,4
400		249,4
630		392,8

Taulukossa 7 esitettyjen arvojen laskemiseen on käytetty yhtälöä 3.

Jos sähkölaitteilta ja työmaakeskuksilta vaaditaan yhteensopivuutta, niin mitoitusvirraltaan enintään 16 A pistorasioiden ja pistotulppien on oltava standardin SFS-EN 60309-2 mukaisia. Mitoitusvirraltaan yli 16 A mutta enintään 125 A pistorasioiden ja pistotulppien on oltava standardin SFS-EN 60309-2 mukaisia. Pistorasioiden on oltava SFS-EN 60309-1 mukaisia jos mitoitusvirta on yli 125 A, tai yhteensopivuutta ei vaadita. (SFS 6000-7-704, 2022, 9.)

Kaikkien rakennustyömaalla käytössä olevissa sähkökeskuksissa on oltava laite syötön kytkentää ja erotusta varten (SFS 6000-7-704, 2022, 9). Erotuslaitteiden pitää olla toiminnaltaan sellaisia, että vältetään ei-toivottu tai tahaton sulkeutuminen. Erotuslaite voidaan sijoittaa lukittavaan koteloon tai lukitsemalla käyttölaite. Erotuslaitteiden tunnistettavuus on oltava selkeä sijainniltaan ja erotuslaitteissa on oltava kestävä merkintä osoittamaan minkä virtapiirin laite erottaa. (SFS 6000-5-53, 2022, 58.)

4 Rakennustyömaan sähköenergian kulutus

4.1 Työmaatilat

Insinööriyössä työmaatilojen energiankulutuksen vähentäminen, jonka on tehnyt Karhunen Anne Metropolian ammattikorkeakoulussa vuonna 2011, on perehdytty tarkasti työmaatilojen energiankulutukseen. Insinööriyö sisältää tutkimusta työmaatilojen energiankulutuksesta rakenteen kautta, sähkökulutuksesta sähkökalustotietojen perusteella ja ilmalämpöpumpun vaikutuksesta energiatehokkuuteen. (Karhunen, 2011, 1.)

Karhunen tekemän tutkimuksen yhtenä tuloksena oli tutkittujen työmaatilojen osuus rakennustyömaan kokonaissähkökulutuksesta, mikä oli noin 30 %. Lisäksi todettiin tutkimuksen vertailukohdeiden A ja B välillä 13 % ero lämmitykseen kuluvaan sähkönmäärään. Polyuretaani työmaatilalan lämmöneristeenä Karhunen totesi energiatehokkaammaksi valinnaksi. (Karhunen, 2011, 19, 35.)

Taulukko 8. Tutkimuksessa käytettyjen tilojen mitat (Karhunen, 2011, 3).

		Vertailutila A	Vertailutila B
Ulkomitat	Pituus / m	6,2	7,2
	Leveys / m	3,4	3,3
	Korkeus / m	3,0	2,8
Sisämitat	Pituus / m	5,9	7,0
	Leveys / m	3,1	3,1
	Korkeus / m	2,4	2,4
Pinta-ala / m ²		18,3	21,7
Rakennuspinta-ala / m ²		73,1	85,2
Tilavuus / m ³		43,9	52,1

Työmaatilojen lämmöneristeenä on käytetty mineraalivillaa tai polyuretaanieristettä. Mineraalivillojen lämmöneristävyys perustuu villan huokoiseen rakenteeseen ja paikallaan pysyvän ilman heikkoon lämmönjohtavuuteen. Mineraalivilla käytettäessä sen lämpöeristävyys vaikuttaa kosteuspitoisuuteen ja siksi rakenteessa käytetään höyrynsulkua. Mineraalivilla toimii myös hyvänä äänieristeenä. Polyuretaanieristeissä on pieni vesihöyrynläpäisevyys ja lämmöneristävyyskykyä parannetaan erilaisilla pinnoitteilla. (Karhunen, 2011, 6, 7.)

Taulukko 9. Tutkimuskohteiden eristemateriaalit ja -paksuudet (Karhunen, 2011, 20).

		Vertailutila A	Vertailutila B	Testitila 1	Testitila 2	Testitila 3
Eristemateriaali		Mineraalivilla	Polyuretaani	Mineraalivilla	Polyuretaani	Min.villa + polyuret.
Eristeiden paksuudet	Seinät / mm	100	95	100	95	60 (poly.)
	Lattia / mm	150	123	150	123	150 (villa)
	Katto / mm	150	123	125	123	95 (poly.)

Taulukko 10. Rakenneosien U-arvot (Karhunen, 2011, 21).

Rakennusosa	Lämmönläpäisykerroin U / W/(m ² K)	
	Vertailutila A	Vertailutila B
Katto	0,33	0,23
Seinä	0,46	0,30
Lattia	0,34	0,23

Tutkimuksen vertailuun käytettyjen tilojen U-arvoista huomaa, että tila A on rakenteiltaan enemmän energiaa läpäisevä, kuin tilan B:n rakennusosat. Tila A kuluttaa siis enemmän energiaan kuin tila B. (Karhunen, 2011, 21.)

Taulukon 12 arvot kuvaavat tutkimuksessa käytetyn työmaatilaryhmän lämmitykseen kuluvan energian määrää. Taulukosta näkee myös yhtä työmaatilaa kohti lämmitysenergian määrän ja tarvittavan teho. Tutkimuksen tilaryhmän rakenteet vastasivat vertailutilan A rakennetta. (Karhunen, 2011, 16.)

Taulukko 11. Työmaatilojen tehon kulutus lämmitykseen (Karhunen, 2011, 16).

Ajanjakso	$E_{\text{lämmitys}} / \text{kWh}$	$E_{\text{läm./tila}} / \text{kWh}$	$P_{\text{lämmitys}} / \text{kW}$	$P_{\text{läm./tila}} / \text{W}$
Kesäkuu	2 802	200	3,9	278
Heinäkuu	1 428	102	1,9	137
Elokuu	2 892	207	3,9	278
Syyskuu	4 603	329	6,4	457
Lokakuu	10 090	673	13,6	904
Marraskuu	10 075	672	14,0	933
Joulukuu	14 271	995	19,2	1 279
Tammikuu	18 412	1 227	25,6	1 705
Helmikuu	14 847	990	22,1	1 473
Maaliskuu	12 468	831	16,8	1 117
Huhtikuu	7 539	503	10,5	698
Toukokuu	4 833	322	6,5	433

Lämmityksen kuluva energian määrä riippuu ulkolämpötilasta ja varsinkin talvella tarvittavan energian määrä kasvaa. Lämpimänä kesänä lämmitystä ei tarvita niin paljon kuin kylmänä kesänä. Ulkolämpötilan laskiessa lämmitysenergianmäärä kasvaa ja sama käy toisin päin. (Karhunen, 2011, 16, 17.) Työmaatilat tarvitsevat lämmityksen lisäksi lämmintä käyttövetä ja virtaa käyttölaitteille. Suuren lämminvesivaraajan tarvitsema teho on noin 3 kW ja pienen noin 1 kW (Karhunen, 2011, 16). Työmaatiloissa käytettävät kuivauskaapit ovat teholtaan noin 2 kW ja sähkölämmittimet ovat teholtaan noin 800–1200 W. Työmaatilojen sähkönkulutukseen kuuluu myös kulutuslaitteet kuten tietokoneet, tulostimet, ruokailu- ja taukotilan laitteet. (Karhunen, 2011, 3.)

4.2 Sähköenergian säästäminen

Rakennustyömaan kuluttamaa energiaa voidaan säästää monessa eri tilanteessa. Rakennustyömaan lämmittäminen voi kohdistua esimerkiksi väärään paikkaan tai lämmitystä voi olla liikkaa. Työmaalla pitäisi tunnistaa lämmityksen tarve eri tiloissa ja miten lämpö ohjautuu rakenteellisesti sekä minne kannattaisi kohdentaa suotuisat työolosuhteet. Lämmityksen kohdentamisessa tulisi-kin ajatella lämmityksen tarpeellisuutta ja missä sitä tarvitaan. (Green Building Council Finland ry, 2022.)

Lämmityskauden aikana voi ilmetä vuotokohtia, jolloin lämpöenergiaan pääsee vuotamaan ulos. Energian säästämisen kannalta olisi tärkeää hallita lämpövuotoja aukkojen kautta ja säätää ilmanvaihtoa kosteutta poistaessa. Perustuksien ja maaperän lämmittämisessä kannattaa varmistaa lämmön pysyvyys lämmitettävässä kohdassa. (Green Building Council Finland ry, 2022.)

Valaistukseen käytettävän energian määrää voidaan vähentää käyttämällä LED-valoja ja suuntaamalla valaistus järkevästi. Valaistuksen lisävarusteisiin panostaminen kuten ajastimet tai liikkeen perustuvien anturien käyttäminen vähentäisi ylimääräistä valaistusta. Valaistuksen kannalta kuitenkin kannattaa harkita turvallisuusnäkökohtien asettamista energiatehokkuuden edelle. (Green Building Council Finland ry, 2022.)

Energiatehokkaiden koneiden ja laitteiden valinnoissa kannattaa huomioida energiatehokkuus sekä tehdä vertailua työmaailloista tai niiden vaihtoehtoisista toteuttamiskeinoista. Toteutunutta energiankulutusta kannatta seurata ja tehdä se näkyväksi, jotta voidaan esimerkiksi reagoida kulu- tuspoikkeamien syihin nopeasti. Työmaan energiankulutustietoja on hyvä tuoda esille esimerkiksi työmaakokouksissa ja varsinkin silloin kun energiankulutus on korkeimmillaan. On kannattavaa viestiä siitä, että energiasäästö on tärkeää ja millä toimilla työmaalla siihen voidaan vaikuttaa. (Green Building Council Finland ry, 2022.)

Energiatehokkaan lämmitystavan valinta on olennainen asia. Rakennuksen lopullista lämmitysjärjestelmää tulisi yrittää päästä käyttämään mahdollisimman varhain, koska se on energiatehokkaampi valinta kuin väliaikainen lämmitysratkaisu. Esimerkiksi työmaailojen väliaikaiseen lämmittämisessä voidaan hyödyntää ilmalämpöpumppuja. (Green Building Council Finland ry, 2022.)

Energian kulutuksen voi ajoituksen voi suunnitella rakennustyömaalla siten, että ajoittaa sähkönkulutuksen pois valtakunnallisilta huippukulutustunneilta muihin ajankohtiin, kuten varhaisiin aamuihin. Sähkö on halvempaa tuolloin ja sähkösopimuksen hinnat riippuvat pitkälti sähkönkulutuksen ajankohdasta. Työmaan aikatauluja suunniteltaessa kannattaa miettiä myös töiden ja työvaiheiden ajoitusvaihtoehtojen energiankulutusvaikutukset. Ratkaisut mitkä lyhentävät työmaan kokonaiskestoa vaikuttaa usein alentavasti työmaan energiankustannuksiin ja energiankulutukseen. (Green Building Council Finland ry, 2022.)

5 Kyselytutkimus

Opinnäytetyössä käytetyn olemassa olevan kirjallisuusaineiston lisäksi tutkimuskysymyksiä valittiin käsiteltäväksi kyselyn kautta (liite 1), mikä lähetettiin sähköpostitse valtakunnallisella tasolla mahdollisimman suuren potentiaalisten vastaajien ja työmaiden tavoittamiseksi. Kyselyn kohderyhmänä oli työmaiden toimihenkilöt, koska heillä oletettiin olevan tietämystä ja kokemusta rakennustyönmaan sähköistämisen ennako suunnittelusta sekä työmaa-aikaisen sähköistyksen toteuttamisesta. Työmaiden toimihenkilöistä työnimikkeen perusteella valittiin vastaavat työnjohtajat, työmaainsinöörit, työnjohtajat sekä työmaamestarit. Kysely pyrittiin kohdistamaan uudisrakentamisen asuinkerrostalo työmaille, jotka olivat rakentamisvaiheessa eli työmaa-aikaisten sähköistysten suunnittelua ja toteuttamista oli jo oletettavasti toteutettu. Kysely pyrittiin pitämään kohtuullisen lyhyenä ja vastausaikaa annettiin kaksi viikkoa, jotta kyselyyn vastaaminen olisi mahdollisimman joustavaa ja vastausaika saataisiin sovellettua työmaiden nopeasti muuttuviin päiväaikatauluihin. Kysely toteutettiin täysin anonymina, eli vastaajien henkilötietoja ei tullut esille.

Kyselyrunгон toteuttamiseen käytettiin Webropol-kyselytyökalua, koska sen tarjoamien toimintojen kautta kyselystä saatiin luotua rakenteeltaan yksinkertainen ja kyselyn tutkimuskysymysten rakenteeseen monimuotoisuutta. Webropol on Jyväskylän ammattikorkeakoulussa opiskelevalle hyvä ja helppokäyttöinen työkalu, ja siellä tehtyjen kysymysten lomake ei eroa juurikaan eri ohjelmilla tehdyistä kyselyistä, joten vastaajalle ei koidu ongelmia työkalun ennalta tietämättömydestä.

Kyselyn toteuttamisen menettelynä käytettiin puolistrukturoitua haastattelua. Osa kyselyn tutkimuskysymyksistä oli strukturoituja, eli kysely sisälsi avoimia- ja monivalintakysymyksiä. Kysymykset olivat kaikille samat, mutta joidenkin kysymysten vastauksen perusteella esitettiin tutkimuskysymykseen lisäkysymys. Kyselyllä tavoiteltiin laadullisia vastauksia suuren vastausmäärän sijasta, joten kysely toimi laadullisena tutkimuksena.

Kysely aloitettiin rakennuskohteen tiedoilla, joihin sisältyi kohteen kerrosluku ja rakentamisvaihe. Täällä tavalla kyselyn vastanneista pystyttiin valikoimaan samankaltaiset rakennuskohteet, joiden rakentamisaikaiset sähköistykset olisivat periaatteiltaan mahdollisimman samanlaiset. Kysely sisälsi kaiken kaikkiaan 8 tutkimuskysymystä, jotka oli jaoteltu rakentamisaikaisen sähköistyksen en-

nakkosuunnittelun kysymyksiin ja toteutuksen kysymyksiin. Suunnittelun osiossa neljällä ensimmäisellä kysymyksellä haluttiin keskittyä siihen, että kuinka paljon ja kuinka tarkkaa suunnittelua rakennustyömaan sähköistämiseksi oli tehty. Kysymyksillä pyrittiin hakemaan vastauksia siihen, että millaista laskentaa sähköistyksen suunnitteluun on käytetty ja millaisia vertailuja erilaiset sähkökäyttöisten koneiden ja laitteiden välillä on tehty, sekä onko työmaan sähköistys suunniteltu itse vai onko suunnittelun tekeminen ulkoistettu. Jos suunnittelun toteuttaminen oli ulkoistettu siitä seurasi lisäkysymys, että kuinka toimiva ulkoistettu suunnitelma on ollut.

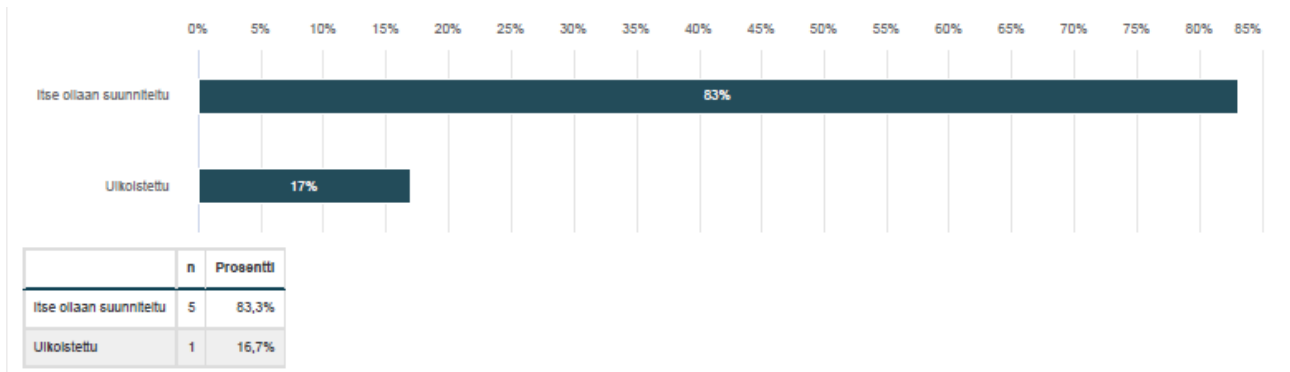
Työmaa-aikaisen sähköistyksen toteuttamisen osiossa tutkimuskysymyksillä haettiin konkreettista tietoa siitä, että millaisia ongelmia työmaa-aikaisessa sähköistyksessä on ilmennyt ja miten syöttävien sähkökaapelien reitit on toteutettu kerroksissa ja kerroksien välillä. Viimeinen kysymys liittyi akkutyökalujen tuomiin hyötyihin ja haittoihin sekä akkujen laturien järjestämiseen. Toimeksiantaja osallistui kyselyn toteuttamiseen tekemällä yhteistyötä tutkimuskysymyksiä luomisessa ja osallistamalla kyselyn tuloksien analysoimiseen.

Kyselytutkimuksen tulokset

Kyselylomake (liite 1) lähetettiin 60 Rakennusliike Lapti Oy:n kerrostalo työmaiden toimihenkilölle ja kyselyyn vastasi 6 henkilöä, joista jokainen oli eri työmaalta. Vastaus prosentti oli pieni, mutta työmaiden tavoittamisessa onnistuttiin hyvin ja vastaukset palvelivat hyvin kyselyn tavoitteita. Kyselyyn vastanneet rakennustyömaat olivat kyselyn kohdetietojen perusteella samansuuruisia rakentamiskohteita keskenään, mikä oli kyselyn kohdistamisen tarkoitus. Vastaajien käyttämä aika vaihteli 10 minuutista 20 minuuttiin ja avoimien kysymyksiä vastaamiseen oli panostettu, mikä seuraa empiirisen tutkimuksen periaatetta. Kyselyn tutkimuksen tuloksia analysoidaan teemoittelu analyysimenetelmällä.

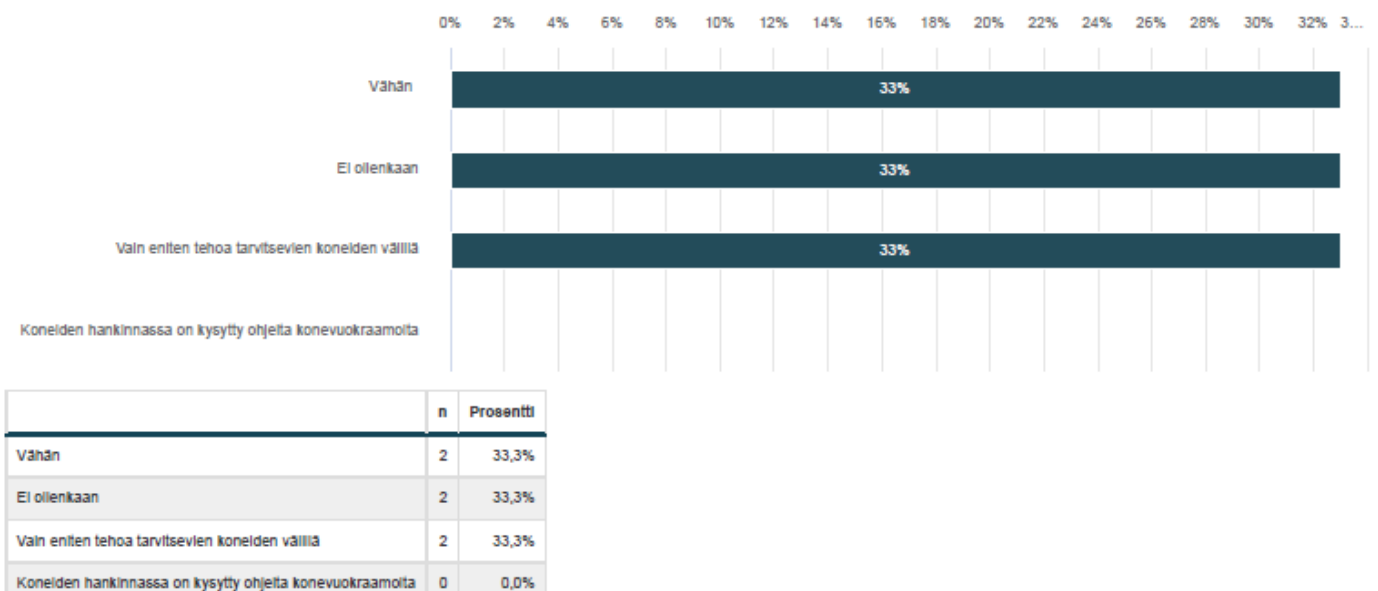
Rakennustyömaa-aikaisen sähköistyksen suunnittelun käytännöt

Kyselyyn vastanneista lähes kaikki olivat itse olleet mukana työmaan sähköistyksen suunnittelussa. Yksi vastanneista oli toteuttanut suunnittelemisen ulkoisen tekijän kautta ja todennut jatkokysymyksen 5 kautta, että suunnitelmat ovat toimineet moitteettomasti.



Kuvio 1. Itse tehtyjen ja ulkoistettujen suunnitelmien määrä.

Työmaan sähköistuksen suunnittelusta selvisi, suunnittelun määrä ja laatu. Suunnittelemista koneiden ja laitteiden valinnassa ei tehdä työmailla paljoa. Kutenkin moni vastaajista ottaa suunnitelmassa huomioon koneiden tehontarpeita. Itse tehdyt suunnitelmat ovat kuitenkin tehty sähköistys-suunnitelman periaatteiden mukaisesti, joista ilmenee sähkökeskusten koot ja sijainnit sekä suurimmat tehontarpeen koneet kuten nosturit. Sähköalan ammattilaista on myös hyödynnetty keskusten kokojen valitsemisessa, sekä suunnittelussa on kohteen koko ja huoneistojen määrä huomioitu. Kaapeleiden kulkureittejä on myös suunniteltu ja merkitty muihin työmaan suunnitelmiin sekä työturvallisuus on ollut suunnittelussa vahvasti mukana.



Kuvio 2. Koneiden ja laitteiden vertailun määrä suunnittelussa.

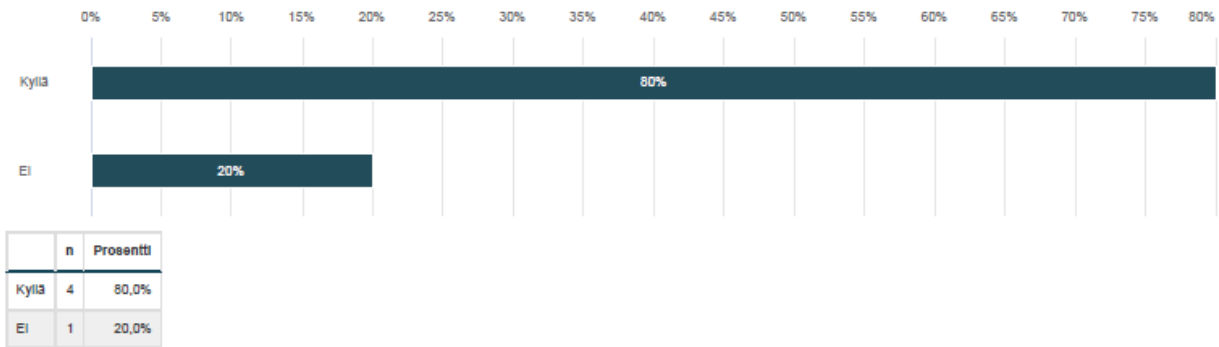
Rakennustyömaa-aikaisen sähköistyksen toteutus

Kyselyssä paneuduttiin myös akku koneiden hyötyihin ja haittoihin, sekä millaisia toimenpiteitä laturien järjestämiseen on käytetty työmailla. Kysymys koettiin tarpeelliseksi, sillä rakennustyömaalla laturien sijoittelu ja käyttäminen on ollut ongelmana ja asiaan haluttiin löytää mahdollisia ratkaisuja. Kysymys oli ollut suosittu ja vastauksista korostui, että akkukäyttöiset työkalut eivät ole poistaneet valovirran tai roikkien tarvetta huoneistoissa ja kerroksissa. Latureita on pidetty säilytettynä samassa tilassa, mutta niiden käyttämä sähkövirta usein vaikuttaa sähköverkon kuormitukseen, kun käytössä on samaan aikaan paljon muita tai suuri tehoisia laitteita. Akkutyökalut on todettu vastaajien mukaan myös tuovan omat hyvät puolensa työmaille.

Työmailla kaapelien hallinta voi olla niiden suuren määrän takia hankalaa. Kyselyn kahdeksannessa kysymyksessä selvitettiin kaapelien kulkureittejä kerroksissa ja niiden välillä. Kysymyksen vastauksista ilmeni yhtäläisyyksiä, miten kaapelit on tuotu rakennuskohteeseen ja mitä reittiä ne kulkevat kerroksissa ja kerrosten välillä. Kerroksissa kaapelit on laitettu kulkemaan seinällä tai katossa ja nousutienä on käytetty tekniikkakuiluja tai välipohjalaattaan on suunniteltu varaus syöttökaapeleille.

Rakennustyömaa-aikaisen sähköverkossa ilmenneet ongelmat

Vastaajista neljä oli kertonut, että heidän työmaallansa oli ilmennyt ongelmia työmaansähköverkossa. Kysymykseen vastanneista voidaan olettaa, että ongelmat on keskittynyt työmaille mille on itse toteutettu sähköistyksen suunnittelu, sillä yksi vastaajista oli ulkoistanut suunnitelmat ja todennut ne toimivaksi. Sähköistyksen ongelmista on kerrottu paljon ja ne ovat piirteiltään yleisiä rakennustyömaalla esiintyviä sähköistykseen liittyviä ongelmia. Vastaajat olivat tuoneet eniten esille kosteuden aiheuttamia haittoja sähkölaitteissa ja todenneet kaapelien käsittelyyn liittyvät vaikeudet. Nämä vaikeudet liittyivät kaapelien ja niiden liittimien kosteuden kesätvyyteen. Veden tunkeutuminen kaapeleihin ja sähkölaitteistoihin on ilmennyt selväksi ongelmaksi työmaan sähköverkossa.



Kuvio 3. Ongelmien esiintyminen rakennustyömaan sähköverkossa.

6 Excel-laskentaohjelma sähkökuormalle

Laskentaohjelman tekemiseen rakennustyömaan sähkökeskusten mitoittamiseksi toteutettiin Microsoft Excel taulukkolaskenta ohjelmalla. Exceliä käytetään paljon rakennustyömaiden toimihenkilöiden eri työtehtävissä sekä opinnoissa, joten sen toiminta periaatteet ovat oletetusti työn osapuolille tutut. Excel on myös helposti käytettävissä ja laskentaohjelma hyvin saatavilla eri työmaille.

Tavoitteena oli luoda yksinkertainen, valintoja tarjoava, moderni ja suhteellisen nopea käyttöinen kokonaisuus. Laskentaohjelmalla voidaan selvittää työmaakeskuskohtaisesti, niille tuleva huipputeho ja huippuvirta, joiden avulla voidaan laskea keskuksen nimellisvirta, syöttö kaapelin jännitteenalenema ja sähköpääkeskukselle sulakekoot. Ohjelma tarjoaa myös tiedot keskuksen syöttökaapelin koosta edellä mainittujen tietojen perusteella, mutta kaapelien valintaan liittyviä muita rasiuksia laskentaohjelman toteutuksessa ei ole huomioitu.

Sähkökeskusten mitoituksen laskentataulukon pohjan inspiraationa käytettiin Kone-Ratu 02-3037: Työmaan sähköistys, esitettyä laskentaesimerkkiä huipputehon laskennasta. Laskentaohjel-

man sisällössä on hyödynnetty ajantasaisempia lähteitä, kuten SFS 6000-1: Pienjännitesähköasennukset osia ja Sähkötieto ry:n ST-kortistoa. Laskentaohjelmassa on hyödynnetty myös työn kappaleen 4 sisältöä, lisäten vaikutusta rakennustyömaan energiatehokkuuteen.

Laskentaohjelma on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen. Käyttäjä pystyy liikkumaan keskuksien välillä ohjelmansisäisen navigointi kaavioiden kautta. Excel-välilehtiin käyttäjän ei tarvitse siis kiinnittää huomiota. Sähkökeskuksien tunnuksina on käytetty AK1, AK1.1, AK1.1.1 jne. mutta ohjelman käyttäjä voi itse määrittää keskuksien sijainnit, jolloin kaavio on helppo samaistaa rakennustyömaahan. Käyttäjälle on luotu ohjeet sisällytettynä itse laskenta-Exceeliin.

sen nimellistehon watteina. Käyttäjä kirjaa seuraavaksi laitteiden lukumäärät kuukausille, jolloin ne ovat käytössä. Tasauskertoimen käyttäjä voi määrittää itse, mutta vakiona on käytetty 0,7. Laskenta taulukon tulokset tulevat kuvion 9. mukaan.

ALAKESKUS 1		Tammikuu	
KONEET JA LAITTEET	TEHO (W)	Kpl	(W)
Laitevalikko	0		0
Kanavapuhallin 12500 m ³ /h	0		0
Kanavapuhallin 8000 m ³ /h	0		0
Kanavapuhallin 4000 m ³ /h	0		0
Simpukkapuhallin	0		0
VALAISTUS			
LED-valonheitin 200 W	0		0
Valomasto 600 W	0		0
LED-valonheitin 200 W	0		0
Laitevalikko	0		0
Laitevalikko	0		0
Laitevalikko	0		0
Laitevalikko	0		0
Laitevalikko	0		0
Lisää laite	0		0
Lisää laite	0		0
Lisää laite	0		0
Lisää laite	0		0
Lisää laite	0		0
Lisää laite	0		0
Lisää laite	0		0
Työmaatilat	Ei		0
Alakeskus 1.1			0
Alakeskus 1.2			0
Alakeskus 1.3			0
Laskettu huipputeho yhteensä (kW)			0,0
Tasauskertoin		0,7	
Tarvittava teho yhteensä (kW)			0,0

Kuvio 6. Mitoitustaulukon täytettävät tiedot

Tulokset perustuvat laskenta kaavoihin 1, 2 ja 3, mitkä on esitetty tietoperustassa.

ALAKESKUS 1 YHTIENVETO

Huipputeho (kW): 0 kW
 Huippuvirta (A): 0 A
 Tasauskertoin : 0,7
 Keskuksen nimellisvirta : 0 A
 Syöttökaapeli kuormitus vähintään : 16 A

Jänniteenalenema PK-AK1: 0,00 < 5 % (suositus) OK
 Jännitteen alenema : 0 V
 Johtimen materiaali : Kupari CU
 Johtimen pituus : 0 m
 Johtimen poikkipinta : 2,5 mm²

Kuvio 7. Sähkökeskuksen tulokset

Ohjelman käyttäjä voi määrittää itse laiteluettelon. Ohjelmaan on syötetty noin 115 sähköverkkoon kytkettävää laitetta, mitkä on valittu rakennuskone ja laite vuokrapalvelujen Cramo.fi ja Ramirent.fi nettisivuilta sekä ST 51.35. Rakennustyömaan sähköverkon suunnittelu ST-korttia. Näin laitteiden nimellistehosta on saatu valmistajien tiedot ja valittua ne koneet ja laitteet mitkä soveltuvat uudisrakentamisen työmaalle. Ohjelman tarjoamista laitteista käyttäjä voi valita omaan laiteluetteloon noin 55 laitetta, mitkä ovat valittavissa keskuksien laskentataulukkoon.

TAKAISIN KAAVIOON

LAITELUETTELO	Koneet ja laitteet	Nimellisteho (W)
Koneet ja laitteet sarakeesta voi valita kategorioihin kuuluvia eri tehoisia laitteita alusvetovalikosta	Nostokyky (tn) > 100	50000
	LIEBHERR 280ECH12	86667
Valittavia koneita ja laitteita on noin 115, joista laiteluettuon voi valita noin 55 laitetta.	HENKILÖNOSTIMET	
	Nivelpuomi - pyörä-alustainen	500
	Saksilava - peräkärri 30-47 kW	47000
Kaikki listan koneet ja laitteet on sähköverkkoon kytkettäviä.	Mastonostin - teleskooppi	2500
	HISSIT	
Laiteluettelo on helposti käytettävissä keskuksien mitoituksessa ja laiteluetteloa voi muokata myös myöhemmin	Henkilö-tavarahissi 2000 kg	22000
	HITSAUSVARUSTEET	
	Hitsausinverterti	EI TOIMI
	BETONIN SEKOITTIMET	
	Betonisekoitin 160 l	300
	BETONIN LÄMMITYS	
	Pöytämuotit, betoni-m ³	1300
	Muottilämmitys	7000
	Suurmuotit, betoni-m ³	
	Pöytämuotit, betoni-m ³	1300
	Lankalämmitys, betoni-m ³	
	Infrapunasäteilijät, pienet	
	Infrapunasäteilijät, suuret	
	LYTTIMET	
	ONTA JA HIERTO	
	Jyrsin, betonilattia < 200mm	2200
	Timanttihiomalaite	2100
	Betoninhiomakone	1800
	Tasoite kirahvi, seinä/katto	710
		0
	PÖLYN- JA VEDENIMURIT	
	Vesi-imuri	1260
	Keskuspölynimuri ≤ 4 kW	3600
	Rakennusimuri 1,3 kW	1250
	Vesi-imuri poistopumpulla	1950
	TIMANTTILEIKKAUSLAITTEET	
	Kalvuri 175 kg	7500

Kuvio 8. Mitoitusohjelman laiteluettelo

Laiteluettelon luomisen kohdassa on tarjolla lisäosia, mitkä antavat tiedot torninosturin tehotarpeesta ja työmaatilojen suunnittelemisesta. Nämä kuluttavat suuria määriä sähköenergiaa ja siksi niiden optimointi on oleellista työmaan kokonaistehon kannalta. Torninostureille on ohjelmassa

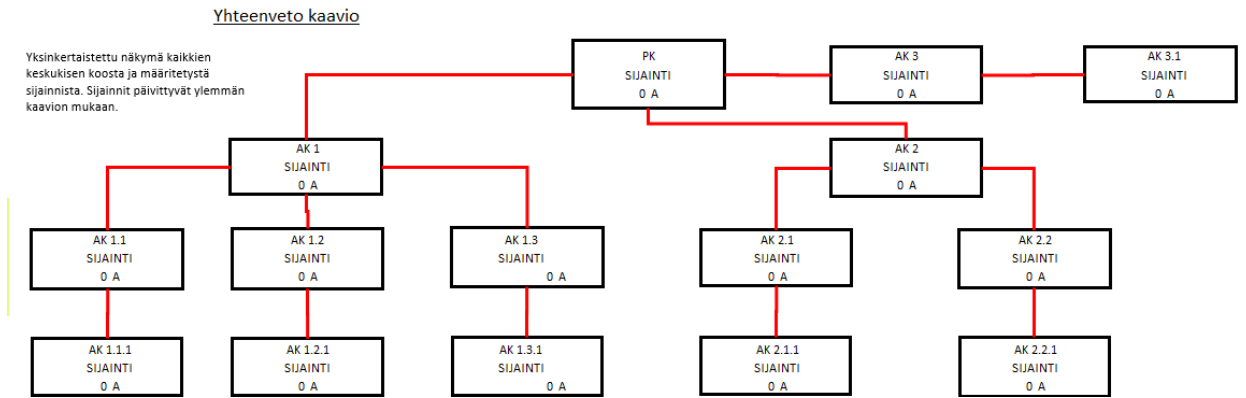
keskimääräiset tehontarpeet, mutta käyttäjä voi myös itse määrittää torninosturin suurimman tehontarpeen kuvion 11 mukaisesti.

Työmautilojen tehontarve vaihtelee paljon kuukausien lämmityksen tarpeen mukaan. Käyttäjä voi valita työmautiloissa käytetyn lämmöneristeen ja kuukaudet, jolloin työmautila on käytössä. Työmautilojen määrä ja varusteet, kuten lämminvesivaraajan, kuivauskaappien ja käyttölaitteiden tehot käyttäjän on määritettävä itse. Arvoja työmautilojen suunnitteluun on käytetty kappaleessa 4.1 työmautilat. Kuviossa 8 on esitetty ”Koneet ja laitteet” sarakkeessa ”Työmautilat”, josta käyttäjä voi valita työmautilat päälle itse valitsemaansa sähkökeskukseen, jolloin lisäosan antamat arvot tulevat automaattisesti laskentakaavaan.

LISÄOSAT LAITELUETTELOA VARTEN	
Lisäosista voi arvioida tehontarpeen torninosturille ja suunnitella koppikylän.	
TEHONTARVE ARVIO TORNINOSTURILLE tiedot siirtyvät automaattisesti laiteluetteloon ja TYÖMAAPARAKKIEN SUUNNITTELU tiedot voi valita kuukausittain päälle lisä osasta ja kokonaisuuden voi kytkeä päälle keskuksien mitoitus taulukosta.	
TEHONTARVE ARVIO TORNINOSTURILLE	
Laitetiedot:	
Nosturin max tehontarve perustuu nosturin maksimi nostikykyyn	Nostolaitteen nimi: LIEBHERR 280ECH12
Lisäosa ei anna varmaa tietoa todellisesta tehontarpeesta	Nostokyky (tm): 200 tm
	Nostokorkeus (m): 50 m
	Nostonopeus (m/min): 26 m/min
	Nosturin max tehontarve (W): 86667
TYÖMAAPARAKKIEN SUUNNITTELU	
Työmautilojen tiedot:	Työmautilojen toimittajalta voi selvittää lämmöneristetyypit.
Työmautilojen määrä (kpl): 1 kpl	Lisäosan antamat arvot ovat vain suuntaa antavia.
Työmautilojen lämmöneriste: Polyuretaani	Laskennassa ei ole huomioitu ilmalämpöpumpouja tai auriokopaneleita tai muita sähköenergian lähteitä.
Työmautilojen varustelu:	Työmautiloille on olettu sähkölämmitys ja koppien koko on noin 6 x 3 m
Lämminvesivaraaja, kuivauskaappi, kulutuslaitteet ja valaistus on täytettävä itse	Lämminvesivaraaja: 3000 W
	Kuivauskaappi: 2000 W
	Kulutuslaitteet ja valaistus: 4500 W
Työmautilan tehontarve ilman lämmitystä: 9500 W	Lämmityksen tehontarve on lisätty Työmautilojen tehontarve arvio kuukausittain kohtaan
Työmautilojen tehontarve arvio kuukausittain:	Onko työmautilat käytössä?
	Tammikuu 11300 W Kyllä
	Helmikuu 11000 W Kyllä
	Maaliskuu 0 W Ei
Onko työmautilat käytössä? valikoista voi valita kyllä tai ei	Huhtikuu 10300 W Kyllä
	Toukokuu 10000 W Kyllä
	Kesäkuu 9800 W Kyllä
Arvot voi helposti valita päälle sähkökeskuksien mitoitus taulukosta esim. ALAKESKUS 1	Heinäkuu 9700 W Kyllä
	Elokuu 0 W Ei
	Syyskuu 10100 W Kyllä
	Lokakuu 10500 W Kyllä
	Marraskuu 10550 W Kyllä
	Joulukuu 10850 W Kyllä

Kuvio 9. Laiteluettelon lisäosat

Laskentaohjelman tulokset esitetään käyttäjälle kuvion 12 mukaan. Tuloksien kaavio on samanlainen rakenteeltaan kuin ohjelman navigointikaavio ja tietoina saadaan sähkökeskuksen tunnus, sijainti ja nimellisteho. Ohjelman antamat tulokset on pyritty esittämään mahdollisimman yksinkertaisesti ja selkeästi.



Kuvio 10. Tuloskaavio

Kuvio 11. Aloituskäyttö

7 Johtopäätökset

Tavoitteet ja toteutus

Työn tavoitteena oli kehittää toimeksiantajalle Rakennusliike Lapti Oy:lle moderni mitoitusohjelma rakennustyömaa-aikaisen sähköverkon suunnittelun avustamiseksi. Tavoitteita mitoitusohjelmalle oli kyky tarjota työmaalle sopivan kokoiset työmaakeskukset ja sähköpääkeskus välttämällä yli- ja alimitoitusta sekä mahdollistaa sujuva vertailu eri tehoisten sähkölaitteiden välillä. Työtä varten tietoa kerättiin kirjallisuuslähteistä ja niitä tuettiin empiirisellä kyselytutkimuksella luoden teoriaosuus. Kirjallisuuslähteistä saatiin teoriaosuuteen selville työmaa-aikaisen sähköverkon vaatimukset koskien työturvallisuutta ja suunnittelemisen laskennallista osuutta. Kyselytutkimus ei niinkään vastaa tutkimuskysymyksiin, mutta tukee kirjallisuusosuuden teoriaa tuomalla työlle konkreettista näyttöä työmaiden sähköistyksen suunnittelusta ja toteutuksesta sekä näissä ilmenneitä ongelmia, jotka on hyvä ottaa huomioon tulevien työmaiden sähköistyksen suunnittelussa tai käyttäessä työn tuotosta eli Excel-mitoitusohjelmaa.

Työn teoriaosuudessa tuodaan esille vastaukset tutkimuskysymyksiin. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, että miten rakennustyömaalle valitaan työmaakeskukset? Tiivistettynä vastauksena, työmaakeskukset mitoitetaan lasketun huipputehon perusteella, mihin vaikuttaa työmaalla käytössä olevat laitteet ja vuodenaika. Työmaakeskukset tarvitaan työmaalle ennen sähkölaitteita mikä tarkoittaa, että huipputeho perustuu ennakkoon tehtyyn arvioon. Työmaakeskusten valintaan vaikuttaa myös niille vaaditut varusteet, kuten vikavirtasuojat ja ylivirtasuojat.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, että millaisia lisäkustannuksia rakennustyömaa-aikainen sähköverkko voi aiheuttaa? Sähköverkossa esiintyvät viat ja puutteet aiheuttavat kustannuksia työajallisesti. Viivästykset sen takia, että sähköä ei ole tarjolla tai sähkölaitteet ei toimi ovat iso ongelma työmaalla. Tarpeettoman suurien sähkölaitteiden kuten sähkökeskusten vuokraaminen aiheuttaa ylimääräisiä kalustokustannuksia. Vaarallisesti toteutettu kaapelointi ja vialliset sähkölaitteet ovat riski ja aiheuttavat vaaraa työntekijöille. Loukkaantumiset työmaalla johtavat aina kustannuksiin.

Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli, että minkälaisia vaatimuksia rakennustyömaalla työskenteleville on asetettu sähkölaitteistoon ja sähköverkkoon liittyen? Maallikoille on asetettu vaatimuk-

set SFS 6002: Sähkötyöturvallisuus standardissa. Lyhyesti kerrottuna vaatimukset koskevat sähkölaitteiden huoltamista ja ylläpitoa. Standardi vastaa tarkemmin kysymykseen, että kuka saa tehdä ja mitä rakennustyömaalla, kun käsitteenä on työmaasähkö. Tieto on olennaista, sillä standardi kertoo myös työmaan sähköverkon toteuttamiseen, muokkaamiseen ja purkamiseen soveltuvat henkilöt.

Viimeinen tutkimuskysymys oli, että millä keinoin rakennustyömaan sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa jo työmaan suunnittelussa? Tekemällä hyvissä ajoin laitevalinnat ja vertailemalla laitteiden tehontarpeita on eniten vaikutusta. Hyvällä työvaiheiden ajoittamisella ja energiatehokkailla valinnoilla voidaan myös vaikuttaa työmaan tulevaan sähkönkulutukseen. Työssä kappaleessa 4 perehdytään energiatehokkaisiin toimiin ja työmaatilojen sähköenergian kulutukseen.

Kokonaisuuden kannalta työmaan sähköverkko on kannattavaa suunnitella huolella, sillä se palvelee työmaan kaikkia osapuolia. Työn tuloksena sain kehitettyä toimeksiantajalle oivan asiaansa ajavan työkalun, mikä on kehitetty voimassa olevien standardien ja ohjeiden mukaan, mitä ei usein työmaan sähköistyksen suunnittelussa tulla katsomaa. Energiatehokasta rakennustyömaata tavoiteltaessa, työn tulos laskenta-Excel on kehitettävissä oleva työkalu. Ohjelman laiteluettelo on laajennettavissa ja päivitettävissä nykyaikaisempiin sähkölaitteisiin. Ohjelmaan yksi merkittävä kehitysehdotus on muiden sähköenergian lähteiden lisääminen. Laskenta-Excel ei huomio generaattoreita tai aurinkopaneeleita sähköliittymän kuormituksen vähentämiseksi. Sähköverkon ulkopuoliset sähköenergian lähteiden kautta voitaisiin pienentää sähkökeskuksien kokoa sekä sähköpääkeskuksen pääsulakkeita.

8 Pohdinta

Kehittimistyö alkoi tutustumalla aiheeseen liittyvään olemassa olevaan kirjallisuusaineistoon. Työn tuotos Laskenta-Excel sai alkunsa työn varhaisessa vaiheessa. Teoria osuus ja Excel kehittyivät samaa tahtia, eli kun tietoperusta täydentyi, niin tieto muutettiin laskentataulukko muotoon. Työn teoria osuuteen oli hankala saada vaatimuksien ja ohjeiden lisäksi näyttöä todellisesta työmaan sähköistamisestä. Empiirinen kyselytutkimus osoittautui hyväksi vaihtoehdoksi saada aiheesta kokemusperäistä tietoa henkilöiltä, jotka ovat toimineen työmaansähköistämisen parissa. Kyselytutkimus toi esille asioita mitä kirjallisuus lähteissä ei kokonaan mainittu, kuten seuraamuksia sähköistykseen liittyvistä ongelmista ja niiden aiheuttajista.

Kyselytutkimuksen kohdistaminen useisiin alueyksikköihin tarjosi usean työmaan saavutettavuuden. Työmailla vallitsevan kiireellisyyden ja melko lyhyen vastausajan takia kyselyyn silti onnistuttiin saamaan avoimiin kysymyksiin paljon vastauksia. Vastaajien käyttämä aika kyselyyn osoittaa, että aihe on herättänyt ajatuksia ja vastauksia on mietitty. Vaikka vastausprosentti olikin pieni, niin laadukkaiden vastauksien saaminen onnistui. Kokemuksien jakaminen kyselyn kautta auttoi varsinkin omaakin ajattelua ja vaikutti kehittävästi omaan lähestymistapaa aihetta kohtaa.

Työn aikana sisältö pysyi hyvin alkuperäisissä tutkimuskysymyksissä ja aiheen rajauksissa, sekä aihetta lähestyttiin asetettujen näkökulmien kautta. Työn tuotoksen kehittäminen onnistui sille asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Laskenta-Excel palvelee sille asetettuja tavoitteita niin kuin pitääkin ja siitä tuli käyttäjäläheinen sisällöltään ja ulkoasultaan. Tuotetta ei voida todeta vielä varmasti toimivaksi sillä, sitä ei ole vielä testattu kunnolla työmaan suunnittelu vaiheessa. Jos työn tuotteen valmistus olisi ajoittunut aikaisempaan ajankohtaan, niin sitä olisi voinut testata, ja siinä mahdolliset huomaamatta jääneet ongelmat olisivat tulleet esille. Mitoitusohjelma-Excelin toiminta riippuu sen käyttäjän valinnoista, mutta periaate vastaa luotettavia lähteitä.

Työn aihetta käsittelevien lähteiden määrä yllätti. Aihetta käsitteleviä rakennusalaan liittyviä lähteitä oli tarjolla vähän ja pääsääntöiseksi lähteeksi osoittautui sähköalan lähteet Suomen Standardisoimisliitto SFS ry ja Sähköinfo Oy:n ST-kortisto. Työn toteuduttua enimmäkseen standardien kautta tekee työn sisällöstä ajantasaisen ja luotettavan. Kun työn lähteenä käytettiin saman standardi sarjan osia, niin se tuo työn sisällölle yhdenmukaisuutta. Sähköinfo Oy:n ST-kortisto perustaa tietonsa myös SFS standardeihin, joten tämäkin edesauttaa työn luotettavuuden kasvattamista. Teoriaosuuden tarkastelussa esiin nousi myös aiemmin tehtyä tutkimusta ja sen tulokset täydensivät tämän työn tulosta.

Eettisyystarkastelu

Tämä opinnäytetyö on toteutettu eettisiä periaatteita noudattaen. Työn koko sisältö on kunnioitettava käytettyjä lähteitä ja aikeisemmin tehtyjä tutkimuksia kohtaa. Tämä näkyy työssä asiaankuuluvia viittaustapoja käyttämällä. Alkuperäislähteitä on pyritty käyttämään aina. Työ on toteutettu

luotettavasti ja rehellisesti, kuten johdannossa ja pohdinnassa tulee esille. Opinnäytetyö on tuotettu täysin itsenäisesti ilman ulkopuolisten pääsyä työhön. Työn laatua tuo esille se, että yksityiskohtiin on panostettu ja työn tuloksesta on pyritty saamaan arvokas.

Haasteellisin kohta työssä eettisyyden kannalta osoittautui kyselytutkimus. Kyselytutkimuksen kysymyksien muotoilulla ja laadinnalla on etiikan kannalta merkitystä ja se on todennettavissa ja nähtävissä liitteestä 1. Vastaajille annettiin täysi vapaus vastata kyselylomakkeen kysymyksiin vaikuttamatta lopputulokseen. Kyselytutkimus toteutettiin yhteistyössä toimeksiantaja organisaation kanssa, joten heidän tutkimusmenettelyjään noudatettiin tarkasti. Työhön kaikilla tavoin osallistuneiden henkilöiden henkilötietoja ei tule ollenkaan esille, ja toimeksiantaja organisaatiota on kunnioitettu pitämällä kyselytutkimuksen avoimien kysymyksien vastaukset salassa pidettyinä. Työn tuotos laskenta-Excel tiedosto on toimeksiantajan kanssa tehdyn salassapitosopimuksen mukaan tehty salassa pidettäväksi, kuitenkin tähän työhön on saatu lupa esittää laskenta-Exceliä havainnollistavien kuvien muodossa. Aineistohallintasuunnitelman mukaan työn valmistuttua, kaikki työtä varten itse kerätyt aineistot tullaan hävittämään ja sen lisäksi toimeksiantajan luovuttamat dokumentit tullaan poistamaan työn tekijän hallusta. Työtä varten arvoitua resurssienhallintaa on noudatettu pitämällä työn ajan kaikki toimeksiantaja organisaation luovuttamat dokumentaatiot sekä kaikki muutkin aineistot salassa.

Lähteet

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. 205/2009. Lainsäädäntö. Finlex. Viitattu 9.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/>

Sähköturvallisuuslaki. 2016. 16.12.2016/1135. Lainsäädäntö. Finlex. Viitattu 11.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/>

Top 10 Energiansäästövinkeet rakennustyömaille. 2022. Verkko-osoite. Green Building Council Finland. Viitattu 11.5.2023. <https://figbc.fi/gbc-finland/>

Karhunen A. 2011. Työmaatilojen energiankulutuksen vähentäminen. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.5.2023. <https://www.finna.fi/>

Rakentamisen voittajajoukkue. N.d. Verkko-osoite. Rakennusliike Lapti. Viitattu 11.5.2023. <https://lapti.fi/lapti-group/strategia/>

Pientalorakentajasta menestyväksi rakennusalan konserniksi – tätä on Rakennusliike Lapti Oy. 2022. Verkko-osoite. Rakennusliike Lapti. Viitattu 11.5.2023. <https://lapti.fi/lapti-group/historia/>

Voitollinen tulos ja vahva tilauskanta. 2023. Uutinen. Rakennusliike Lapti. Viitattu 11.5.2023. <https://lapti.fi/laptin-tulostiedote-2022-voitollinen-tulos-ja-vahva-tilauskanta/>

Kone-Ratu 02-3037: Työmaan sähköistys. 2003. Ratu pdf kortti. Rakennustieto. Viitattu 16.4.2023 <https://janet.finna.fi/>

SFS-EN 61439-4: Pienjännitekeskukset. Osa 4: Erytisvaatimukset työmaakeskuksille. 2013. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 2.5.2023. <https://sfs.fi/>

SFS 6002: Sähkötyöturvallisuus. 2015. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 1.4.2023. <https://sfs.fi/>

SFS 6000-1: Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Perusperiaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. 2022. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 8.5.2023. <https://sfs.fi/>

SFS 6000-5-52: Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. 2022. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 2.5.2023. <https://sfs.fi/>

SFS 6000-5-53: Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. 2022. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 5.5.2023. <https://sfs.fi/>

SFS 6000-7-704: Pienjännitesähköasennukset. Osa 7–704: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Rakennustyömaat. 2022. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 6.4.2023. <https://sfs.fi/>

SFS 6000-8-814: Pienjännitesähköasennukset. Osa 8–814: Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan ja veteen. 2022. Standardi. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 1.4.2023. <https://sfs.fi/>

ST 51.35. Rakennustyömaan sähköverkon suunnittelu. 2019. ST-ohjekortti. Sähköinfo Oy. Viitattu 31.3.2023. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

ST 96.40. Rakennustyömaan sähköverkon käyttö ja hoito. 2022. ST-ohjekortti. Sähköinfo Oy. Viitattu 31.3.2023. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Tiainen E. 2022. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähköinfo. Uudistettu painos. Viitattu 11.4.2023.

Liitteet

Liite 1. Kyselylomake

Rakentamisaikaisen sähköistyksen suunnittelu ja toteutus

Kyselyn tarkoituksena on selvittää millaisia ongelmia kerrostalotyömailla on ilmennyt rakennusaikaisen sähköistyksen suunnittelussa ja toteutuksessa.

1. Kohdetiedot

Vastaajan työnimike

Kohteen rakennusvaihe

Kohteen kerrosluku

Suunnittelu

2. Minkälaista mitoittamista teidän kohteessa tehtiin työmaasähköistämisen ennakkosuunnittelussa?

3. Kuinka paljon vertailua teitte tehontarvetta ajatellen sähkölaitteiden ja koneiden mallien välillä hankinnassa?

Voit valita useita vaihtoehtoja

- Vähän
- Ei ollenkaan
- Vain eniten tehoa tarvitsevien koneiden välillä
- Koneiden hankinnassa on kysytty ohjeita konevuokraamolta

4. Oletteko itse suunnitelleet rakentamisaikaisen sähköistyksen vai ulkoistitteko suunnitelmien tekemisen?

- Itse ollaan suunniteltu
 Ulkoistettu

5. Kuinka toimivia ulkoistetut suunnitelmat ovat olleet?



Toteutus

6. Onko teidän työmaan aikana ilmennyt ongelmia sähköistämiseen liittyen?

- Kyllä
 Ei

7. Mitä ongelmia teidän työmaalla on ollut sähköistämiseen liittyen ja miten ne on havaittu?

8. Miten teidän työmaalla on toteutettu syöttökaapeli kulkureitti kerroksissa ja kerrosten välillä?

9. Millaisia hyötyjä tai haittoja akkutyökalut ovat tuoneet työmaalle sähköistämiseen liittyen? Millaisia ratkaisuja te olette käyttäneet akkujen laturien järjestämisessä työmaalla?

Liite 2. Kyselylomakkeen avoimien kysymyksien vastaukset (salassa pidettävä)

Liite 3. Mitoitusohjelma rakennutyömaan sähkökeskuksille-Excel (salassa pidettävä)