



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan insinööri (AMK)

# Sähköpääkeskuksen uusiminen ja kustannusarvio

Maksim Fokin

Opinnäytetyö, huhtikuu 2025

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Huhtikuu 2025**  
**Insinööri (AMK), Talotekniikka koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

**Tekijä(t)**  
Maksim Fokin

**Nimeke**  
Sähköpääkeskuksen uusiminen ja kustannusarvio

**Toimeksiantaja**  
Etteplan Finland Oy

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyö käsittelee sähköpääkeskuksen uusimista, kustannusarviota ja investoinnin kannattavuutta. Pääkeskus sijaitsee Ovakon Imatran tehtaan jatkojalostusosastolla. Keskuksen uusiminen johtui tarpeesta parantaa nykyisen keskuksen turvallisuutta. Tavoitteena oli laatia kustannusarvio keskuksen täydellisestä uudistamisesta ja alustavat suunnitelmat, jotka täyttävät nykyiset turvallisuus- ja toiminnallisuusmääräykset.

Työ toteutettiin Etteplan Finland Oy:n kanssa ja suunnittelun perustana olivat voimassa olevat sähköalan säädökset ja standardit. Suunnittelussa kiinnitettiin erityisesti huomiota turvallisuuteen ja järjestelmän toimivuuteen. Keskuksen lisättiin valokaarisuojaus, joka on tehokas ja toimintavarma suojausmenetelmä. Keskus sijaitsee teollisuusympäristössä, joten sen toimintaympäristön erityistarpeet huomioitiin. Lisäksi tarkistettiin mahdolliset edut keskuksen sijoittamisesta uuteen tilaan.

Opinnäytetyön tuloksena tehtiin alustava suunnitelma, joka sisältää päivitettyt sähköpiirustukset, kaapeli- ja piirustusluettelon, kaapeli- ja keskuskilvet sekä muun urakkalaskentaa tukevan dokumentaation. Sen lisäksi tehtiin kustannuslaskenta sähköurakalle. Keskuksen ja siihen liittyvän suunnittelun ja asennustöiden kustannukset vuonna 2025 ovat noin 140 000 €. Keskuksen uudistamisen odotetaan parantavan sähköverkon turvallisuutta ja luotettavuutta pitkällä aikavälillä.

**Kieli**  
Suomi

Sivuja 31  
Liitteet 0  
Liitesivumäärä 0

**Asiasanat**  
sähköpääkeskus, sähkökeskus, kustannusarvio



**THESIS**  
**April 2025**  
**Degree Programme in Building Services**  
**Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author  
Maksim Fokin

Title  
Electrical Panel Upgrade and Cost Estimate

Commissioned by  
Etteplan Finland Oy

**Abstract**

The thesis focuses on the renewal of the main switchgear, including a cost estimate and an assessment of the investment's profitability. The project is situated in the further processing department of the Ovako Imatra factory. The renewal was prompted by the need to improve the safety of the existing system. The objective was to prepare a cost estimate for a complete overhaul of the switchgear and to develop preliminary plans that meet current safety and functionality standards.

The work was carried out in collaboration with Etteplan Finland Oy, where the design was based on applicable regulations and standards in the electricity sector. Particular attention was paid to safety and the robustness of the system. The switchgear was equipped with electric arc protection, which is an effective and reliable method of protection. Since it is an industrial switchgear, all the needs associated with it were taken into account. In addition, the possible benefits of relocating the switchgear to a new space were evaluated.

As a result of the thesis, a preliminary plan was developed, including updated electrical drawings, a cable and drawing list, cable and switchgear signs, and other documentation supporting the contract calculation. In addition, a cost estimate was prepared for the electrical contract. The total cost of the centre, including related design and installation work in 2025, is approximately €140,000. The renewal of the centre is expected to improve the safety and reliability of the electrical network in the long term.

Language  
Finnish

Pages 31  
Appendices 0  
Pages of Appendices 0

Keywords  
switchboard, switchgear, cost estimate

## Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Sähkökeskukset .....	7
2.1	Sähkölaitteiden termit ja määritelmät .....	7
2.2	Noudatettava lainsäädäntö ja standardit.....	9
2.3	Lakien ja standardien vaikutukset .....	10
3	Kustannusarviota tukeva dokumentaatio .....	10
3.1	Dokumentaatio .....	11
3.2	Piirustusluettelo.....	11
3.3	Muut luettelot.....	12
3.4	Maadoituskaavio .....	12
3.5	Pääkaavio .....	12
3.6	Piirikaavio.....	13
3.7	Sähköasennustapaselostus .....	14
4	Suunnitteluvaiheen merkittävät kohdat ja turvallisuus.....	14
4.1	Kaapeleiden uusinta.....	14
4.2	Valokaari .....	17
4.3	Suunnitteluvaiheen huomioitavat kohdat .....	17
4.4	Turvallisuuden parantaminen.....	19
5	Uusi sähköpääkeskus ja uusi sähkötila.....	20
5.1	Keskuksen vaihto .....	20
5.2	Uusi sähkötila.....	23
6	Tulokset ja havainnot .....	24
7	Pohdinta ja kehitysehdotukset.....	27
	Lähteet.....	30

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan sähköpääkeskuksen uusimista Ovakon Imatran tehtaan jatkojalostusosastolla. Työn tarkoituksena on selvittää sähköpääkeskuksen uusimisessa huomioitavat tekijät sekä laatia suunnitelma, joka täyttää nykyiset turvallisuus- ja toiminnallisuusvaatimukset. Lisäksi työssä tarkastellaan uudistamisen kustannuksia, jotka vaikuttavat suoraan budjetointiin ja investoinnin kannatettavuuteen. Uusimistarve johtuu keskuksen iästä ja tarpeesta parantaa turvallisuutta. Keskus on rakennettu 1900-luvun loppupuolella, eikä sen teknologia enää vastaa nykyisiä standardeja. Komponenttien saatavuus on heikentynyt, eikä keskus täytä enää voimassa olevia turvallisuusvaatimuksia, mikä lisää sekä käyttö- että huoltoriskejä.

Etteplan Finland Oy:n toimeksiantona oli suunnitella vanhan sähköpääkeskuksen tilalle uusi. Uuden keskuksen tulee täyttää ajantasaiset turvallisuusvaatimukset ja helpottaa tulevia huoltoja. Lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon keskuksen siirtäminen uuteen sijaintiin, jolloin on varmistettava, että turvaetäisyydet voidaan toteuttaa määräysten mukaisesti. Tulevaisuuden tarpeisiin varaudutaan siten, että uuteen keskukseseen mahdollistetaan sähkösyöttöjen laajentaminen. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia alustava suunnitelma, joka sisältää karkean kustannusarvion sekä päivitetyt sähköpiirustukset ja verkostolaskennan. Tarkkoja suunnitelmia ja niihin liittyviä yksityiskohtia ei voida jakaa julkisuuteen. Suunnittelutyön lopputuloksena toteutetaan myös kaapeliluettelo, keskuskilvet sekä muu dokumentaatio, joka tukee urakkalaskentaa ja asennustyötä. Näillä toimenpiteillä pyritään varmistamaan, että uusi sähköpääkeskus parantaa tehtaan jatkojalostusosaston turvallisuutta ja luotettavuutta sekä helpottaa huoltoja.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Etteplan Finland Oy:n kanssa, joka on kansainvälinen teknologiapalveluja tarjoava yritys. Se keskittyy erityisesti teollisuuden tarpeisiin. Yrityksen palvelut, kuten suunnittelu-, ohjelmisto- ja digitalisaatiopalvelut auttavat asiakkaita parantamaan tuotteidensa ja prosessiensa tehokkuutta ja kestävyttä. Etteplanilla on yli 40 vuoden kokemus

alalta, ja se toimii kansainvälisesti noin 80 toimistolla kahdeksassa eri maassa, työllistäen yli 4 000 asiantuntijaa. Etteplanin asiantuntemus kattaa monia teknologiateollisuuden alueita, kuten laitossuunnittelun, mekaniikka- ja sähkösuunnittelun, digitaalisten kaksosten hyödyntämisen sekä sulautetut ohjelmistojärjestelmät. Tuotekehityksen painopisteenä on tuotteiden elinkaaren pidentäminen ja niiden vaatimustenmukaisuuden varmistaminen. Etteplanin suunnitteluprosessit ovat systemaattisia ja kustannustehokkaita, mikä takaa korkealaatuiset tulokset ja resurssien tehokkaan käytön. (Etteplan 2024.)

Varsinainen työn tilaaja on Ovako Imatra Oy AB. Ovako on teräksen valmistukseen erikoistunut tehdas. Pääraaka-aineena käytettävän kierrätysromun ansiosta Ovakon terästuotteiden hiilijalanjälki on 80 % pienempi maailmanlaajuiseen keskiarvoon verrattuna. Imatran yksikkö on osa kansainvälistä Ovako-konsernia, joka kuuluu Sanyo Special Steelin tytäryhtiönä Nippon Steel Corporationiin. Nippon Steel Corporation on yksi maailman suurimmista teräksen valmistajista, ja sen palveluksessa on yli 100 000 työntekijää 15 eri maassa. (Ovako 2024.)

Tässä opinnäytetyössä on käytetty tekoäly ChatGPT:tä. Tekoälyä on hyödynnetty tekstin kieliasun tarkistamisessa.

## 2 Sähkökeskukset

Sähkölaitteiden ja -keskusten suunnittelussa on tärkeää ymmärtää olennaisia termejä ja määritelmiä sekä noudattaa voimassa olevaa lainsäädäntöä ja standardeja. Määritelmät auttavat ymmärtämään, mitä tarkoittavat esimerkiksi sähkölaitteiden kotelointi- ja tilaluokka. Lainsäädäntö ja EMC-direktiivi sekä standardit asettavat tekniset ja turvallisuusvaatimukset, jotka sähköpääkeskusten tulee täyttää. Tämä kokonaisuus luo perustan turvalliselle ja tehokkaalle sähköjärjestelmien suunnittelulle ja käytölle.

### 2.1 Sähkölaitteiden termit ja määritelmät

MagiCad Electrical on AutoCad-ohjelmaperheeseen kuuluva ohjelmisto. Electrical-versio on suunniteltu ja kehitetty täyttämään sähkösuunnittelun tarpeet.

CadMatic Electrical -ohjelmisto tarjoa tehokkaita toimintaedellytyksiä sähkösuunnitteluun erityisesti kaavioiden käsittelyssä. Keskus- ja piirikaavioiden älykäs suunnittelu mahdollistaa tietojen muokkaamisen usealla sivulla yhtäaikaisesti.

Oikosulkumoottori on vaihtovirralla toimiva sähkömoottori, joka muodostaa staattorin roottorin ympärillä pyörivän magneettikentän. Oikosulkumoottorin nimi tulee siitä, että roottorin navat ovat oikosuljettuja keskenään. (Motiva 2025.)

Sähkölaitte on laite, joka tarvitsee sähköä toimiakseen tai on tarkoitettu sähkön tuottamiseen, siirtoon tai mittaamiseen. Sähkölaitteita ovat koneet, muuntajat, kytkinlaitteet, mittalaitteet ja suojalaitteet. (SFS 6000 2022, 34.)

Tilaluokka määrittää sähkölaitteiden koteloitiluokan. Tilanluokittelu perustuu tilan olosuhteisiin. SFS6000 -standardissa on määritelty neljä tilaluokkaa: kuiva, kostea, märkä ja ulkotila. (SFS 6000 2022, 8.)

Koteloinnilla tarkoitetaan sähkölaitteiden suojaus ulkoisilta tekijöiltä. Se suojaa laitetta ja laitteen käyttäjiä vahingoilta. Esimerkiksi ulkopuolisten tekijöiden koskettamiselta jännitteisiin osiin kaikilta suunnilta. (SFS 6002 2015, 14.)

Koteloinnin luokittelu ilmoitetaan IPXX merkinnällä. Mikäli tunnusnumeroa ei tarvitse ilmaista, se korvataan merkinnällä XX. XX-merkinnän tilalla voidaan ilmoittaa numerot, jotka tarkoittavat suojausluokitusta. Lyhenne IP tulee sanoista ”Ingress Protection”, ensimmäinen tunnusnumero voi olla 0...6 tai kirjain X ja toinen tunnusnumero voi olla 0...8 tai kirjain X. Numeroiden tarkempi merkitys esitetään kuvassa 1. Ensimmäinen tunnusnumero ilmoittaa suojauksen pölyltä ja vierasesineiden sisäänpääsylvä ja toinen tunnusnumero ilmoittaa suojauksen veden haitalliselta pääsylvä. Numeroiden lisäksi luokittelua voidaan tarkentaa lisäkirjaimilla. (SFS-EN 60529 2000, 22-24.)

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Kirjaimet	IP	-	-
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsylvä (suojaamaton) Kun halkaisija $\geq 50$ mm Kun halkaisija $\geq 12,5$ mm Kun halkaisija $\geq 2,5$ mm Kun halkaisija $\geq 1,0$ mm pölysuojatusti pölytiivisti	Vaaralliset osat suojattu koskettamiselta (suojaamaton) nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta
Toinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänpääsyn haitalliselta vaikutukselta (suojaamaton) pystysuoraan tippuvalta vedeltä tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus $15^\circ$ ) satavalta vedeltä roiskuvalta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytaikaiselta upotukselta jatkuvalta upotukselta	-

Kuva 1. IP-luokitus (SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019 2013).

Sähkötyö käsittää kaikki työt, jotka tehdään sähkölaitteistossa tai sen läheisyydessä. Näihin töihin kuuluvat esimerkiksi testaus ja mittaus työt, laitteiden korjaaminen sekä uusien asentaminen ja tarkastaminen. (SFS 6001 2018, 13.)

Siirrettävä työmaadoitusväline on käsin kiinnitettävä laite, jota käytetään sähköjärjestelmän osien turvalliseen maadoittamiseen ja oikosulkemiseen. Se on suunniteltu tilapäiseen käyttöön, esimerkiksi huolto- ja korjaustöiden ajaksi. Sen avulla varmistetaan, että sähköpiirissä ei ole jännitettä, joka voisi aiheuttaa vaaratilanteita. Työmaadoitusväline kiinnitetään eristävien välineiden avulla, mikä suojaa työntekijöitä mahdollisilta sähköiskuilta ja valokaarelta työskentelyn aikana. Tämän tyyppiset välineet ovat tärkeitä turvallisuuden varmistamisessa, kun työskennellään sähköverkon osissa, jotka voivat normaalisti olla jännitteellisiä. (SFS 6002 2015, 14; SFS 6000 2022, 9–10.)

Kuormitettavuudella tarkoitetaan sähkökaapeleiden ominaisuus kuljettaa sähkövirtaa ilman, että ne ylikuumenevat tai vahingoittuvat. Kaapeleiden kuormitettavuus määräytyy johtimien materiaalista, paksuudesta ja käyttöympäristöstä. (SFS 6000 2022, 22.)

## **2.2 Noudatettava lainsäädäntö ja standardit**

Sähkökeskuksen on täytettävä EU:n EMC direktiivit, lait, asetukset ja standardit. EMC direktiivissä (2014/30EU) asetetaan sähkölaitteille sähkömagneettisen yhteensopivuuden vaatimukset. Sähkökeskuksen asennuksia ja käyttöä käsitellään sähköturvallisuuslaissa (1135/2016). Laki käsittelee sähkölaitteiden ja sähkölaitteiston turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia, jotta niiden toiminta ei aiheuttaisi vaaraa ihmisille ja ympäristölle. Valtioneuvoston asetus (1434/2016) sähkölaitteistosta käsittelee olennaisia sähköturvallisuusvaatimuksia. Asetuksessa käsitellään käyttöönotto- ja määräaikaistarkastukset sähkölaitteistolle sekä sähkökeskuksille. SFS 6000 -standardi antaa tarkemmat tekniset vaatimukset sähkökeskuksen, komponenttien ja suojalaitteiden

valinnassa. IEC 61439 -standardi käsittelee sähkökeskusten vaatimuksia ja suunnittelua.

### **2.3 Lakien ja standardien vaikutukset**

Sähköturvallisuuslain (1135/2016) tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallinen käyttö sekä estää sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset. Ennen markkinoille asettamista tuotteilla on oltava CE-merkintä. CE-merkintä osoittaa, että tuote on tarkistettu ja täyttää EU:n turvallisuus-, terveys- ja ympäristövaatimukset (Your Europe 2025).

Valmistajan on hankittava CE-merkintä ennen kuin tuotteita voidaan myydä EU:n alueella. Laki edellyttää, että sähköasennuksia suorittavalla henkilöllä on alan koulutus ja riittävä työkokemus, jotta hän voi työskennellä itsenäisesti sähkö- ja käyttötoissa. Asentajat ovat henkilökohtaisesti vastuussa siitä, ettei heidän työnsä aiheuta vaaraa ihmisille tai omaisuudelle.

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, ja vasta kun se on selvitetty riittävässä laajuudessa, sähkölaitteiston saa ottaa käyttöön.

Käyttöönottotarkastuksen lisäksi on tehtävä varmennustarkastus.

Varmennustarkastus on suoritettava ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa tai tietyn ajan kuluttua sen käyttöönotosta. Varmennustarkastuksesta on laadittava haltijan käyttöön tarkastustodistus ja kiinnitettävä pääkeskukseen tarkastustarra. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016.)

SFS 6000 -standardi määrää johdotusten ja kaapelointien suojauksen.

Kaapeleiden ja muiden komponenttien on oltava oikean tyyppisiä ja kestettävä niille suunniteltu kuormitus.

## **3 Kustannusarviota tukeva dokumentaatio**

Sähkösuunnittelussa päätyökaluna käytettiin MagiCAD Electrical -sovellusta, ja keskuskaavion suunnittelussa hyödynnettiin Cadmatic Electrical -ohjelmistoa.

Näiden ohjelmien avulla voidaan avata olemassa olevia sähkösuunnitelmia, tehdä niihin tarvittavia muutoksia tai luoda kokonaan uusia kuvia.

Teollisuudessa toimii useita suunnittelutoimistoja palveluntuottajina, joten on erityisen tärkeää varmistaa, että työskennellään aina viimeisimmän tiedostoversion parissa. Tämä siksi, jotta pysytään ajan tasalla viimeisimmistä muutoksista ja vältetään päällekkäisyyksiä suunnitelmissa. Kustannusarvion laatimiseksi tarvitaan tietoa keskuksesta ja sen varustelusta, joten ennen sen tekemistä on laadittava pääkaavio keskuksesta.

### **3.1 Dokumentaatio**

Dokumenttien käsittelyssä käytetään sähkönimikkeistön jäsentelyä ja luokittelua, ellei tilaajalla ole käytössä omaa systeemiä. Sähkönimikkeistö on sähköteknisten järjestelmien luokittelu, joka on laadittu järjestelmäperusteisesti. Järjestelmätason tunnuksen pituus on 4 merkkiä. Tunnuksen ensimmäinen merkki on normaalisti S-kirjain. Sitä käytetään yleisesti kaikissa dokumenteissa, joissa käsitellään sekä sähkö- että tietoteknisiä osia samoissa dokumenteissa. Tunnuksen ensimmäinen numero kertoo lohkon tunnuksen, toinen numero on pääryhmän numero ja kolmas on ryhmännumero. Jotta asentajille ja muille dokumenttien käsittäjille tarvittavien tietojen haku olisi vaivatonta, tehdään tarvittavat piirustusluettelot. (ST 13.29 2014, 2-3.)

### **3.2 Piirustusluettelo**

Sähköpiirustusluettelo sisältää kaikki olemassa olevat luettelot ja sähkösuunnitelmat. Piirustusluettelossa ilmoitetaan piirustusnumero, tallennusmuoto, nimitys, tulostettavan tiedoston koko sekä muutospäivämäärä ja muutoshistoria. Luettelo helpottaa muutosten ja puuttuvien tietojen seuraamista.

### 3.3 Muut luettelot

Kaapeleista ja niiden kilvistä laaditaan myös omat luettelot, jotta pysytään ajan tasalla sähköjärjestelmässä käytettävistä kaapeleista. Kaapeliluettelosta selviää, mitä kaapelia on käytetty asennuksissa, mistä ja mihin se on vedetty sekä mahdolliset kaapeleihin tehdyt muutokset. Kaapelikilpi (Kuva 2) asennetaan kaapelin molempiin päihin. Tällä parannetaan kaapelin tunnistettavuutta.



Kuva 2. Esimerkki kaapelikilvenpohjasta.

### 3.4 Maadoituskaavio

Maadoituskaaviosta selviää kiinteistön maadoitus- ja potentiaalitasauskytkennät. Kaaviossa esitetään päämaadoituskiskon sijainti ja siihen kytketyt johdot. Päämaadoituskisko toimii maadoitusten ja potentiaalitasauksen koontipisteinä. Yleinen kiskontyyppi on liitinrakenteinen, jotta johdot voidaan irrottaa erikseen. Päämaadoituskiskoon kytketään sähkölaitteiden lisäksi myös kaapelihyllyt ja valaisinripustuskiskot. Maadoituskaaviossa esitetään maadoituksen käytettävän johtimen tiedot. Jokaisessa sähkökeskuksessa on oma maadoituskisko, johon kytketään aluerajauksien/laiterajauksien mukaisesti maadoitusjohtimet. (ST 53.21 2022, 3-6.)

### 3.5 Pääkaavio

Sähköpääkeskuksen pääkaaviossa esitetään keskuksen pääpiirien tiedot. Ensimmäisellä lehdellä (Kuva 3) kuvataan sähkötekniset tiedot sekä rakenne-, kaluste- ja kaapelointitiedot tunnusmerkintöineen. Seuraavalla sivulla esitetään maadoituskaapeleiden tiedot, suojalaitteet, mahdolliset kytketyt hälytykset ja



### **3.7 Sähköasennustapaselostus**

Sähköasennustapaselostuksessa kuvataan miten asennukset ja purkutyöt toteutetaan kohteessa. Tämän asiakirjan tarkoitus on varmistaa, että kaikki sähköasennukset tehdään määräysten mukaisesti. Selostus voi sisältää tarkentavia ohjeita ja kuvia, esimerkiksi siitä, miten joitakin asennuksia tulisi toteuttaa ja mitä työmenetelmiä tulisi käyttää.

## **4 Suunnitteluvaiheen merkittävät kohdat ja turvallisuus**

Sähkölaitteiden turvallinen käyttö ja suunnittelu teollisuuskäyttöön edellyttää huolellista kaapeleiden, keskusten ja suojalaitteiden suunnittelua sekä nykyaikaisten turvallisuusstandardien noudattamista. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota kaapeleiden kuormitettavuuteen sekä vanhojen sähkölaitteiden riskitekijöihin. Lisäksi on panostettava valokaarien hallintaan. Uusien suojausjärjestelmien ja turvallisuusmekanismien, kuten kosketussuojausten ja valokaarisuojien, lisääminen parantaa merkittävästi sähkökeskusten turvallisuutta ja toimintavarmuutta. Näin varmistetaan sekä järjestelmän että työntekijöiden turvallisuus nykypäivän vaativassa teollisuusympäristössä.

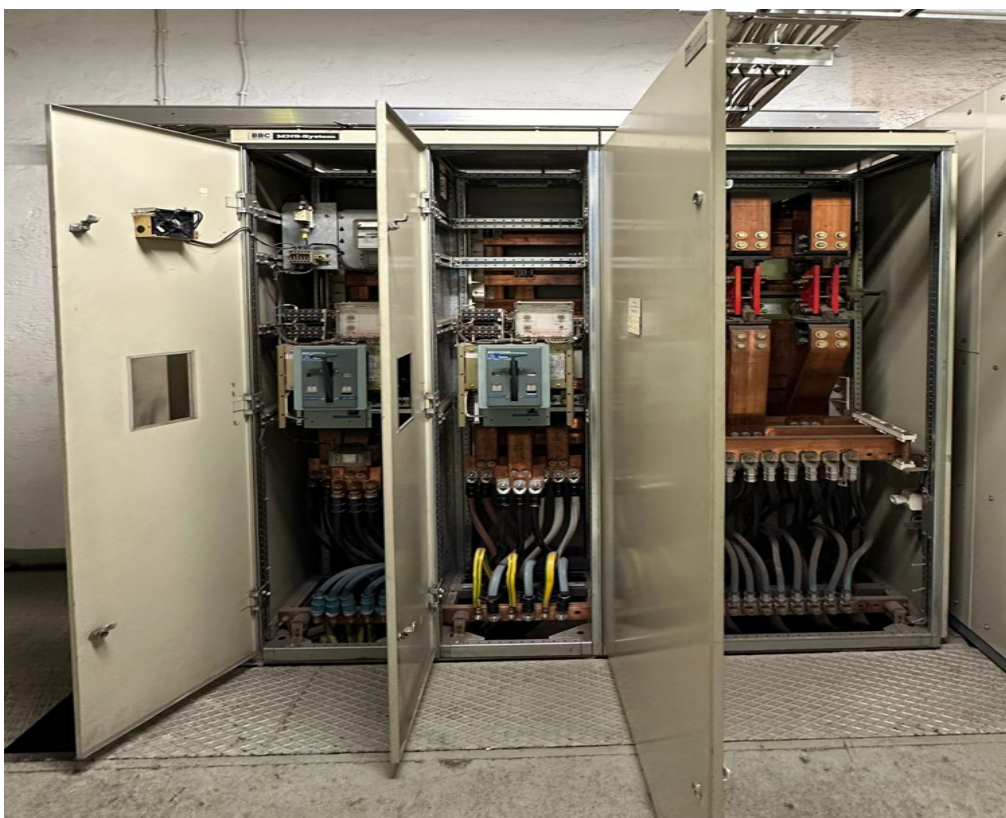
### **4.1 Kaapeleiden uusinta**

Kaapeleita uusittaessa otetaan huomioon ympäristö, johon kaapeli asennetaan ja tarkastetaan kaikki mahdolliset kuormitustekijät. Kaapelin valintaan vaikuttaa ympäröivä lämpötila ja ulkoiset lämmönlähteet. Tarkastetaan kaikki kaapelin asennukseen vaikuttavat tekijät, kuten asennetaanko kaapeli kuiluun vai hyllylle. Lisäksi tarkastetaan, kuinka paljon kaapelia voidaan kuormittaa tietyissä olosuhteissa. Kuormitettavuus määritellään kaapelin poikkipinta-alasta, materiaalista, eristeen laadusta ja ympäristön olosuhteista (SFS 6000 2022, 30-33).

Nykyisten kaapeleiden kunto täytyy tarkastaa, jos ne halutaan jättää käyttöön. Muussa tapauksessa kaapeleita puretaan ja korvataan uusilla. Jos vanhat kaapelit jätetään käyttöön, mutta niiden pituudet eivät riitä niin kaapeleita jatketaan.

Kaapeleiden laskennallinen elinikä on pääsääntöisesti 40–50 vuotta. Elinikä vaihtelee kaapelityypin mekaanisten sekä termisten ja sähköisten rasitusten mukaan (Pakonen, Verho & Muranen 2018, 11). Käyttämällä markkinoiden uusimpia kaapeleita voidaan varmistaa, että niiden saatavuus pysyy hyvänä myös tulevana vuosikymmeninä. Tämä vähentää huoltokustannuksia ja varmistaa, että järjestelmä pysyy toimintavarma pitkäin.

Kuten kuvassa 4 näkyy, nykyisessä keskuksessa ei ole kosketussuojia jännitteisten osien edessä, mikä muodostaa suuren riskin huoltotoimenpiteitä tehtäessä. Vaikka sähkökytkentäkuvien pitäisi olla ajan tasalla, sattuu tilanteita, joissa muutoksia on tehty ilman, että niitä on päivitetty varsinaisiin kuviin. Siksi ennen töiden aloittamista tulee varmistaa kaikkien johtimien jännitteettömyys.



Kuva 4. Nykyinen keskus.

Teollisuudessa suoritetuissa sähköasennustöissä on tärkeää varmistaa työntekijöiden turvallisuus merkitsemällä kytkimet selkeästi varoituskylteillä, jotka ilmoittavat, että niitä ei saa kytkeä päälle työn aikana. Tämän lisäksi jokaisen asentajan tulisi käyttää henkilökohtaista lukkoa energiasyöttölaitteissa, kuten katkaisijoissa. Näin varmistetaan, että vain kyseinen asentaja voi poistaa lukon, mikä estää muita tahattomasti tai luvatta käynnistämästä järjestelmää. Tämä menettely parantaa merkittävästi työskentelyturvallisuutta ja minimoi onnettomuuksien riskit.

Kosketussuojan (Kuva 5) tehtävä on estää tahaton kosketus jännitteisiin osiin ja ulottuminen vaaralliselle alueelle. Osat, joilla on ainoastaan toiminnallinen eristys ja osat, joissa voi olla vaarallinen jännite on suojattava koskettamisesta. Hyväksytyt kosketussuojausmenetelmät ovat: suojaus koteloinnilla, suojaus suojauskella ja suojaus sijoittamalla jännitteiset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Sähkötilojen sisäpuolella sallitaan suojaus koteloinnilla, suojauskin tai sijoittamalla jännitteiset osat kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Kotelointi luokka on oltava vähintään IP2X. (SFS 6001 2018, 63-67.)



Kuva 5. Esimerkki kosketussuojasta.

## 4.2 Valokaari

Valokaari on fysikaalinen ilmiö, jossa sähkövirta purkautuu kahden elektrodin välillä, kun niiden välinen jännite on tarpeeksi korkea. Sähkölaitteistojen lähellä työskentelevät henkilöt ovat alttiina sähkövalokaaren vaaroille, sillä valokaaren lämpötila voi nousta tuhansiin asteisiin ja aiheuttaa vakavia palovammoja. Yleensä virrallisten koskettimien avautuessa syntyy valokaari, joten uuteen keskukseen tulee asentaa valokaarisuoja. (Solarstone 2022.)

Valokaaria voi esiintyä satunnaisen vian sattuessa tai käyttöönoton aikana, siksi on tärkeää havaita ja estää se jo alkuvaiheessa. Valokaaren voivat aiheuttaa oikosulku, maasulku tai jännitteisten osien vahingollinen erottaminen. Valokaaren vaikutukset riippuvat jännitteestä, virrasta, kestoajasta ja etäisyydestä. Ja sen lisäksi voi syntyä muita vaaroja, kuten iskuaalto, äänishokki sekä haitallisten hiukkasten ja säteilyn leviäminen. Myös myrkylliset kaasut ja partikkelit voivat vapautua materiaalien sulamisen tai höyrystymisen seurauksena. Valokaaren energiaa pidetään vaarattomana alle 0,5 MJ, mutta yli 4 MJ aiheuttaa vakavan riskin. Vaikka henkilösuojaimet voivat vähentää lämpövaikutuksia, ne eivät tarjoa täyttä suojaa, joten valokaaren vaarat tulee aina arvioida ennen työn aloittamista jännitteisten osien läheisyydessä. (Kaleva 2007; Varixx 2024.)

Valokaarisuojaukselle ei ole erillistä pakollista standardia, mutta sen käyttöä ohjaavat useat sähköasennusstandardit. Standardit, jotka käsittelevät valokaarisuojausta ovat SFS6000 ja SFS6001.

## 4.3 Suunnitteluvaiheen huomioitavat kohdat

Kun keskuksia suunnitellaan, on tärkeää huomioida katkaisijoiden ja koskettimien katkaisukyky, jotta vikatilanteissa virran kulku voidaan katkaista turvallisesti. Katkaisijat (Kuva 7) ovat komponentteja, joita käytetään pää- ja alakeskusten suojaamiseen, ja niiden avulla voidaan toteuttaa sulakkeeton järjestelmä. Katkaisijat on suunniteltu avaamaan ja sulkemaan virtapiirejä myös

tilanteissa, joissa virtapiirissä kulkee moninkertainen virta, kuten oikosulun aikana. Kytkinvaroke (Kuva 6) soveltuu teollisuuden monipuolisiin tehtäviin. Kytkinvaroke voi toimia keskuksen pääkytkimenä tai suojata yksittäisiä lähtöjä.



Kuva 6. Kytkinvaroke (ABB 2024).

Ilmakatkaisijat soveltuvat hyvin suurten virtojen hallintaan, esimerkiksi tilanteisiin, joissa virta vaihtelee 800A–10 000A välillä ja jännite on 1kV–690V. Katkaisukyky on tyypillisesti 150kA (Kuva 7).



Kuva 7. Ilmakatkaisijat (ABB 2024).

Katkaisijoiden avulla voidaan suojata sekä itse laitteisto, että estää mahdolliset vahingot laajemmalla alueella sähköjärjestelmässä (Hietalahti 2013, 161).

Hietalahden (2013, 151,153) mukaan koskettimelle asetetaan mm. seuraavia vaatimuksia:

- pieni ja muuttumaton kosketusvastus
- hyvä sähkön- ja lämmönjohtokyky
- pieni metallien siirtyminen
- pieni hitsaantumisvaara
- hyvä kulumiskestävyys
- vähäinen oksidoituminen ja sulfidoituminen sekä hyvävalokaarikestävyys.

Käyttötarkoituksesta ja -olosuhteista riippuen joku tai jotkut vaatimuksista asetetaan etusijalle. Kaikkia vaatimuksia ei voida toteuttaa yhtä aikaa. Mitä suurempi koskettimen virta, sitä suurempi kosketusvoima tarvitaan, jotta kosketusvastus olisi riittävän pieni. (Hietalahti 2013, 151, 153.)

#### **4.4 Turvallisuuden parantaminen**

Vanhemmat sähkökeskukset eivät usein sovellu teollisuuden kasvaviin sähkövaatimuksiin, mikä voi aiheuttaa vakavia ylikuormituksia ja häiriöitä. Teollisuudessa käytetään paljon tehokkaita koneita, jotka vaativat suurempia sähkövirtoja kuin vanhat keskukset voivat käsitellä. Tämän seurauksena vanhat keskukset voivat johtaa toimintahäiriöihin, tuotantokatkoksiin ja jopa turvallisuusriskeihin, kuten ylikuumenemiseen ja tulipaloihin.

Uuden keskuksen asentaminen takaa, että järjestelmä pystyy hallitsemaan suuret sähkökuormat turvallisesti ja tehokkaasti. Uusissa keskuksissa on nykyaikaiset suojamekanismit, kuten katkaisijat, jotka ehkäisevät ylikuormitustilanteet ja takaavat jatkuvan sekä keskeytyksettömän toiminnan. Tämä on erityisen tärkeää teollisuusympäristöissä, joissa tuotannon keskeytyminen aiheuttaa merkittäviä taloudellisia menetyksiä. (O'Brien Electrical 2024; Audem Electrical 2024.)

Tarkasteltavan kohteen vanhasta keskuksesta puuttuu sisäinen kosketussuojaus ja valokaarisuoja. Valokaarisuojaus on tärkeä suojausmenetelmä, joka tässä tapauksessa avaa muuntajaa syöttävän 10 kV:n katkaisijan valokaaren havaitessaan. Nämä suojausjärjestelmät ovat välttämättömiä merkittävien vahinkojen ja tapaturmien ehkäisemiseksi. Valokaari voi syntyä prosessin aikana esimerkiksi, kun kaapeli on vioittunut. Teollisuudessa isojen koneiden pyörittämiseen tarvitaan suuria määriä virtaa, joten on tärkeää panostaa turvallisuuteen.

Turvallisuuden parantaminen aloitetaan kaapeloinnin ja keskuksen suojalaitteiden uusinnalla. Keskuksen siirtäminen uuteen tilaan mahdollistaa keskuksen laajentamisen sekä laajemman työskentelyalueen keskuksen edessä. Keskuksen uudet komponentit takaavat varman ja turvallisen toiminnan. Uutta keskusta suunniteltaessa varaudutaan sen mahdolliseen laajentamiseen.

## **5 Uusi sähköpääkeskus ja uusi sähkötila**

Tässä osiossa käsitellään sähköpääkeskuksen uusimisen tarpeellisuutta ja sen vaihtoon liittyviä merkittäviä tekijöitä. Miksi uusi keskus sijoitetaan erilliseen sähkötilaan ja mikä mahdollistaa asennustyöt tuotannon aikana. Lisäksi käsitellään uuden sähkötilan suunnittelua, kuten ilmanvaihdon, lämpötilan ja turvallisuuden huomioimista, jotta tila tukee järjestelmän hallittavuutta ja pitkäikäisyyttä.

### **5.1 Keskuksen vaihto**

Keskuksen teknisen käyttöiän karkeasti arvioidaan olevan 20–40 vuotta, mutta siihen vaikuttavat monet tekijät, minkä vuoksi sille ei voida asettaa tarkkaa määräaika (UTU 2020). Esimerkiksi teollisuudessa voi hyvinkin olla yli 50-vuotiaita sähkökeskuksia. Kun annettu elinkaaren ikä lähestyy loppuaan, on tärkeä arvioida, uudistetaanko koko keskus vai riittääkö osittainen vaihto.

Osittaisella vaihdolla tarkoitetaan sisäosien päivitystä uusiin. Keskukseen suoritetaan aistivarainen tarkastus, jossa tarkastellaan komponenttien ja liittimien kunto.

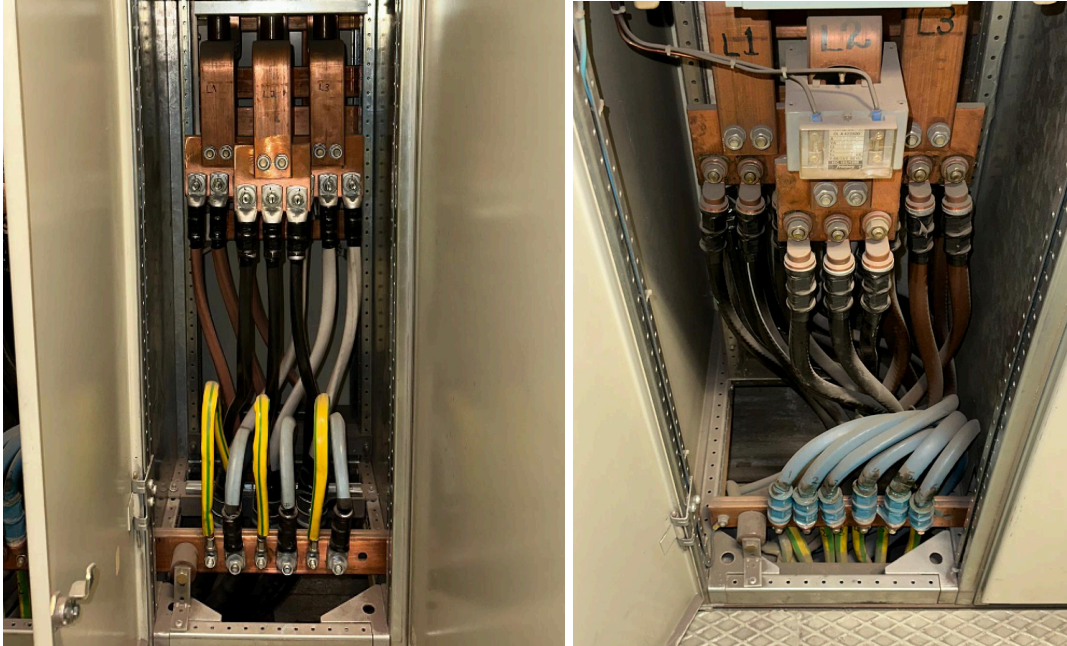
Kohteen nykyinen sähköpääkeskus (Kuva 8) syöttää kahta suurta oikaisukonetta. Keskus uudistetaan, jotta sen kokonainen käyttökapasiteetti saadaan hyödynnettyä. Uusimisen turvallisuussyyt ja tarpeet pienjännitepuolella loivat uuden projektin. Olemassa olevat komponentit ovat vanhoja, ja ne voivat johtaa mekaanisiin vikoihin tai tulipalovaaraan. Tulipalon vaara voi aiheutua esimerkiksi löysistä liitoksista, vanhoista sähköjohdoista tai pölystä.



Kuva 8. Uusittava sähköpääkeskus.

Keskukselta lähtevät kaapelit (Kuva 9), jotka syöttävät oikaisukoneiden Bronx 7 ja Bronx 9 keskuksia ovat kuparia ja alumiinia. Joitakin käytössä olevia

kaapeleita ei enää valmisteta, joten kaapelit päivitetään uusiin standardien mukaisiksi. Keskukseen kotelointi toteutetaan sijoitettavan tilan olosuhteet huomioiden.



Kuva 9. Nykyiset keskuslähdöt.

Kyseiset oikaisukoneet ovat tehtaan suurimmat. Bronx 9 on suurin ja sillä pystytään oikaisemaan pyörötankoja 200 mm:iin asti ja Bronx 7 on toiseksi suurin. Koneiden toimintaperiaate perustuu kolmenpisteen taivutukseen, jossa yksi oikaisurullista on kupera ja toinen kovera rulla. Suoristettava tanko menee rullien väliin ja tukikiskoilla tanko pysyy määrättyssä linjassa.

Uusi keskus asennetaan erilliseen sähkötilaan, mikä mahdollistaa asennustyöt tuotannon ollessa käynnissä. Pääosa asennuksista ja kytkennöistä voidaan tehdä ennen vuosiseisokkia, jolloin vuosiseisokissa jää tehtäväksi vain syöttökaapeloinnin tai kiskosillan kytkentä sekä keskuksista lähtevien kaapeleiden siirto uuteen keskukseseen. Tämän jälkeen vanha keskus voidaan purkaa. Ennen jännitteen kytkemistä uuteen keskukseseen tulee suorittaa standardien mukaiset käyttöönottomittaukset ja -tarkastukset.

## 5.2 Uusi sähkötila

Uuden sähkötilan suunnittelussa ja käyttöönotossa on huomioitava olosuhteet ja tilantarve. Teollisuudessa esiintyy suuria lämpökuormia ja erityisesti terästehtaalla metallien korroosiota esiintyy useammin. Korroosiota voidaan vähentää merkittävästi asianmukaisella ilmastoinnilla. Uusi tila tarjoaa avaramman ympäristön, jossa on helpompi toteuttaa riittävä ilmanvaihto sekä varata tilaa mahdollisille uusille keskuksille. Tämä parantaa järjestelmän laajennettavuutta ja helpottaa huoltoa. Uuden tilan viimeistely on parhaillaan kesken, mutta valmistuttuaan se mahdollistaa useamman sähköpääkeskuksen sijoittamisen samaan tilaan. Esimerkiksi järjestelmän hallittavuutta voidaan parantaa, kun kaikki syöttävät keskuksset ovat yhdessä paikassa.

Tilan suunnittelussa on muistettava noudattaa standardeja ja määräyksiä, kuten ilmanvaihdon vaatimuksia, jotta tilan lämpötila pysyy turvallisella tasolla. Laitteet tuottavat lämpöä, ja ilmanvaihdon riittämättömyys voi johtaa ylikuumenemiseen, laitteiden vaurioitumiseen tai pahimmassa tapauksessa tulipaloriskiä. Tilat voidaan luokitella ilmastonin laatuvaatimusten mukaan:

- Muuntajatilat, jossa häviölämpö aiheuttaa ilmavaihdon ja/tai jäähdytyksen tarpeen
- Kojeistotilat, esim. kytkinlaitostilat, pääkeskustilat, relehuoneet, telelaitetilat, ristikytkentätilat jne.

Pääkeskustila, jossa maksimi sallittu lämpötila on 40 °C ja suosittu käyttölämpötila on 10...28 °C. Suositeltava kosteus 20% – 85% sekä pieni ylipaineistus ympäristöön nähden mikä on suosituksena 20Pa. Tilan ilmasuodatus toteutetaan tarpeiden mukaan joko mekaanisesti tai kemiallisesti. (ST 53.61 2017, 2-3.)

Turvallisuusnäkökohdat, kuten riittävän valaistuksen ja mahdollisten riskitekijöiden vähentäminen, ovat olennaisia varmistukseen turvallisen työympäristön. Tällaisella suunnittelulla varmistetaan turvallinen ja tehokas käyttöympäristö sekä laitteen pitkäikäisyys.

## 6 Tulokset ja havainnot

Sähköurakan yksikkökustannuksista selviää kaikki olennainen tieto, jota tarvitaan urakkahinnoittelussa. Kuvassa 10 on esitetty esimerkki kaapeleiden ja niiden asennustapojen nykyisestä pakettihinnoittelusta. Hinnoitteluohjeet kirjaa käytetään apuvälineenä pienehköjen lisä- ja muutostöiden hinnoitteluun.

Laskelma		Oletustaso		Kerroin	Positioiden hinta	Lopullinen hinta	
		A		1	3,875.77 €	3,875.77 €	
Hinnasto: 2024 - 2	Voimassa alkaen 15.11.2024						
Oletuspositio		A		1	3,875.77 €	3,875.77 €	
	<b>Nimi</b>	<b>Paketti</b>	<b>Taso</b>	<b>Määrä</b>	<b>Kerroin</b>	<b>Alk. hinta</b>	<b>Hinta</b>
	AMCMK 4X240/72 Eca /KJME	0611250 12	A	1 M	1	92.13 €	92.13 €
	AMCMK 4X240/72 Eca /KYT+M	0611250 27	A	1 KPL	1	193.41 €	193.41 €
	MMJ 5X6S Eca /KYT+M	0410413 27	A	1 KPL	1	32.16 €	32.16 €
	MMJ 5X6S Eca /O	0410413 00	A	1 M	1	13.72 €	13.72 €
	MCMK 4X185/95 Eca /KJME	0612559 12	A	1 M	1	331.45 €	331.45 €
	MMO 12X2,5 Eca /KJME	0410506 12	A	1 M	1	20.75 €	20.75 €
	MCMK 4X185/95 Eca /KYT+M	0612559 27	A	1 KPL	1	152.40 €	152.40 €
	MMO 12X2,5 Eca /KYT+M	0410506 27	A	1 KPL	1	57.79 €	57.79 €
	MKEM-HF C-PRo 120 KEVI Cca /KJME	0401682 12	A	1 M	1	67.86 €	67.86 €
	MKEM-HF C-PRo 120 KEVI Cca /KYT+M	0401682 27	A	1 KPL	1	22.91 €	22.91 €
	AMCMK 4X185/57 Eca /KJME	0611249 12	A	1 M	1	72.40 €	72.40 €
	AMCMK 4X185/57 Eca /KYT+M	0611249 27	A	1 KPL	1	147.02 €	147.02 €

Kuva 10. Urakkalaskenta

Sähköurakan yksikkökustannusten soveltaminen laskennassa tuo selviää kustannussäästöjä tilaajalle ja urakoitsijalle. Kirjan tarvikkeiden hinnasto perustuu suurempien tukkuliikkeiden voimassa oleviin sähkötarvikehinnastoihin.

Työkustannukset perustuvat työehtosopimuksen urakkahinnoitteluun. Lisä- ja muutostöistä tulee aina sopia jo urakkasopimusasiakirjoissa. Kirjasta selviää käytettäviä lyhenteitä ja asennustapoja. Lyhenteiden tarkat selitykset esitetty kuvassa 11. Esimerkiksi jos asennustavaksi on merkattu 19 FRHF+EI KIIN, se tarkoittaa FRHF-kaapelin asennusta palokestävään kivi-/metallipintaan ilman kiinnikkeitä. Tässä tapauksessa kiinnikkeiden asennus ja kiinnikkeet hinnoitellaan erikseen. Ohjelmalla tehdystä laskennasta voi ladata Excel-tiedoston (Kuva 10), missä näkyy lisätyt tuotteet ja niiden hinta erittely. Laskelmassa voidaan tarkistaa vähimmäiskustannuksia, mutta pääsääntöisesti sähköurakoitsijoilla on tätä edullisemmat hinnat tukkuliikkeistä. (Hinnoitteluohjeet 2024.)

<b>Kaapelit ja johtimet</b>		
NUMERO	LYHENNE	NIMI
00	O	Asennettuna putkeen/ontelo/kanaali/putketon
01	O+JM	Asennettuna putkeen + muoviputki
02	OTA	Kaapelin/johtimen veto toisen asentamiin putkiin
03	M	Asennus maahan
04	M+N	Asennus maahan + merkkkausnauha
05	M+SK	Asennus maahan + suojakouru
06	M+N+SK	Asennus maahan + merkkkausnauha + suojakouru
07	O+JAPP	Asennettuna putkeen + alumiiniputki kiveen
08	O+TP	Asennus pintaan kivi/metalli+teräsputki
10	OJ	Oikaistuna johtoteille
11	KJ	Kiinnitettynä johtoteille/sitomalla bet./vajjerilla
12	KJME	Kiinnitettynä johtoteille määrätäisyydelle
13	KHPY	Kiinnitettynä pystyhylylle
18	K/M ME 120 CM	Kiinnitettynä kivi/metalli 120 cm määrätäisyydelle
19	FRHF+EI KIIN	FRHF-kaapelin asennus palonkestävään kivi-/metallipintaan ilman kiinnikkeitä (hinnoittele kiinnikkeet ja niiden asennus erikseen*)
20	PUU	Asennettuna puuhun
21	K/M	Asennettuna kiveen tai metalliin
22	MU/RO	Muur, roil, hirsi, ontelo, alasl., puu, hyl, ym.
23	K/M ME 30 CM	Kiinnitettynä kivi/metalli 30 cm määrätäisyydelle
24	K/M ME 60 CM	Kiinnitettynä kivi/metalli 60 cm määrätäisyydelle
25	KYT	KytKentä
26	OKYT	OsakytKentä
27	KYT+M	KytKentä + kaapelimerkki
29	OKYT+M	OsakytKentä + kaapelimerkki
30	KYT+K	KytKentä + kaapelikengät
31	KYT+V	KytKentä + vaihtokengät
32	KYT+K+M	KytKentä + kaapelikengät + kaapelimerkki
33	KYT+RK	KytKentä + ruuvikaapelikengät
34	KYT+V+M	KytKentä + vaihtokengät + kaapelimerkki
35	KYT+RK+M	KytKentä + ruuvikaapelikengät + kaapelim.
40	KUJ	Kutistejatko
41	VMJ	Valumuovijatko
42	RKUJ	Kutistejatko ruuvikiristeiset jatkoholkit

Kuva 11. Kustannusarvion lyhenteet (Hinnoitteluohjeet 2024).

Kustannusarvio keskuksen hankintahinnasta ja sen asennustöiden sekä materiaalien kustannuksista tarvitaan budjetointia suunniteltaessa. Sähkötöiden kustannusarvio voidaan tehdä kattavasti esimerkiksi yksikkökustannusohjelmalla. Ohjelmassa on mahdollista tarkistaa urakkahinnoittelu kaapeleille, asennusputkille, kiinnitystarvikkeille ja monelle muulle sähköasennuksissa käytössä oleville tarvikkeille. Kaapeleille löytyy erilaisia paketteja mitkä sisältävät asennus-, kiinnitys- ja kaapelin merkkkausyöt. Kustannusarvion avulla kilpailutetaan urakoitsijoita, kun tarvitaan asennuksille tekijöitä. Keskuksen hinta muodostuu komponenteista ja keskuksenvalmistajasta. Tarjouskyselyn perusteella pelkästään kyseisen keskuksen hinta-arvio on 50 000–60 000 euroa. Tämän työn tuloksena laadittiin

kustannusarvio, jonka mukaan vuonna 2025 keskuksen uusiminen kustantaisi noin 140 000 euroa (alv.0%). Hintaan sisältyvät keskuksen asennus, suunnittelu, tarvikkeet, kaapelit ja kaapelityöt. Vaikka uuden sähköpääkeskuksen hankintakustannukset ovat alussa huomattavat, pitkän aikavälin säästöt, kuten pienemmät huoltokustannukset ja lyhyemmät käyttökatkot, tekevät investoinnista kannattavan. Tarkkaa takaisinmaksuaikaa on vaikea määrittellä, koska uuden keskuksen huoltojen määriä ja elinkaarta ei voida verrata nykyiseen keskukseseen. Lisäksi nykyaikaisilla suojajärjestelmillä ja komponenteilla voidaan merkittävästi vähentää riskejä, jotka vanhassa keskuksessa saattaisivat aiheuttaa vakavia ja kalliita laitteistovaurioita. Uuden sähköpääkeskuksen suunnittelussa huomioitiin tulevaisuuden tarpeet, kuten mahdolliset muutokset teollisuuden toiminnassa ja sähkökuormituksen kasvussa. Tämä tekee ratkaisusta käytännöllisen ja pitkäikäisen.

Teollisuusprosessien valvonta on monivaiheinen ja vaativa tehtävä. Uuden sähköpääkeskuksen suunnittelussa ja toteutuksessa on tärkeää varmistaa esimerkiksi tarvittavien mittauksen suunnittelu. Jos keskukselta otetaan mittaukset myöhemmin käyttöön, ne liitetään energiahallintajärjestelmään. Tämä mahdollistaa energiankulutuksen tarkan seurannan ja auttaa tekemään tarvittavat toimenpiteet ajoissa.

Esimerkiksi SyncPower energiatehokkuuden hallintajärjestelmä tarjoaa monia etuja. Se kerää, tallentaa ja visualisoi energiankulutustiedot, mikä luo mahdollisuuden seurata energiatehokkuustavoitteiden saavuttamista verrattuna asetettuun perustasoon. Järjestelmän käyttäjäystävälliset työkalut tukevat raportointia, laskelmia ja energiansäästötoimenpiteiden vaikutusten arviointia. Lisäksi SyncPower tarjoaa tietoa siitä, miten ajonaikaiset päätökset ja toimenpiteet vaikuttavat energiankulutukseen. Näin se tukee energiatehokkuuden parantamista ja kulutuksen vähentämistä, mikä puolestaan tuo suoria kustannussäästöjä ja parantaa toiminnan kannattavuutta. (Synchron Tech 2023.)

## 7 Pohdinta ja kehitysehdotukset

Opinnäytetyössä tutkittiin, mitä asioita on huomioitava ja mihin on perehdyttävä ennen sähkösuunnittelutyön aloittamista. Lisäksi tarkasteltiin, mitä kyseisen sähköpääkeskuksen uusiminen maksaa ja mistä tekijöistä hinta muodostuu. Selvitettiin, mitä hyötyjä keskuksen kokonaisvaltainen uudistaminen tuo. Tavoitteena oli tuoda esiin, miten työt käytännössä suunnitellaan ja toteutetaan sekä mistä vaiheista projekti todellisuudessa muodostuu. Työssä kohdattiin joitakin haasteita, kuten nykyisen keskuksen puutteellinen dokumentaatio. Keskuksen iän johdosta oli tärkeä huomioida kaikki keskuksen tehdyt muutokset ja mihin ne vaikuttaisivat.

Kustannusarvion tehtäessä saa laajemman ymmärryksen käytännöllisen prosessin etenemistä ja vaikeuksia kohdattaessa pääse kehittämään ongelmaratkaisukyvyyn. Kun kustannusarvio on tehty, se lisätään budjettiin, jonka jälkeen päätetään, onko hanke kustannusten osalta mahdollista toteuttaa. Tällöin voidaan päättää millä aikataululla se voidaan järjestää ja kuinka kiireellinen asia on.

Sähkökeskusten turvallisuuden varmistaminen on merkittävä tekijä sähköjärjestelmien suunnittelussa ja käytössä, sillä se vaikuttaa suoraan ihmisten ja ympäristön turvallisuuteen. Laki-, asetus- ja säädöspohja ohjaavat tiukasti sähkökeskusten suunnittelua ja ylläpitoa. Sähköturvallisuuslaki (1135/2016) sekä siihen liittyvä valtioneuvoston asetus (1434/2016) asettavat olennaisia turvallisuusvaatimuksia sähkölaitteistoille. Vaatimukset sisältävät muun muassa järjestelmän ja sähkölaitteiden säännöllisen tarkastuksen, ja niiden käyttöönotto on suoritettava tarkasti asetettujen määräysten mukaisesti. Tällöin voidaan minimoida sekä ehkäistä sähkölaitteiden vaaran aiheutuminen ihmisille ja ympäristölle. Tarkat tekniset ohjeet sähkölaitteiden, sähkökeskusten ja niiden komponenttien turvallisen toiminnan osalta antaa SFS 6000 -standardi.

Kaapeleiden uusiminen on turvallisuuden kannalta tärkeä toimenpide, sillä se ennaltaehkäisee vaarojen syntymistä. Jos kaapelit ovat väärin mitoitettu tai niiden käyttöympäristö on muuttunut, ne voivat ylikuumentua tai ylikuormittua,

mikä johtaa vakaviin turvallisuusriskeihin, kuten tulipaloihin tai valokaariin. Valokaaren aiheuttamat vahingot voivat olla teollisuudessa suuria ja lähellä olevat ihmiset voivat saada vakavia palovammoja ja muu laitteisto vahingoittua. Siksi valokaarisuojaukseen panostetaan uusien sähköasennusten, kuten sähkökeskuksen päivittämisen yhteydessä.

Sähkökeskuksen suunnittelussa on tärkeää huomioida komponenttien katkaisukyky ja toimintavarmuus. Näin voidaan taata, että vikatilanteissa, kuten ylikuormituksessa, oikein valitut komponentit suojaavat järjestelmää vaurioilta. Teollisuudessa sähkökuormitukset ovat suuria, joten turvallisuuteen panostaminen on erityisen tärkeää. Oikein valitut komponentit suojaavat koko prosessia, ja on olennaista, että kaikki laitteet toimivat suunnitelmien mukaisesti.

Laitteiden vioittuminen tai tuotannon keskeytykset voivat aiheuttaa merkittäviä tuotannollisia ja taloudellisia menetyksiä. Uuden sähkökeskuksen nykyaikaisten komponenttien, kosketussuojan ja valokaarisuojan asentaminen takaa järjestelmän turvallisuuden ja luotettavan toiminnan. Sähkökeskuksen ja -laitteiston käyttöikä voidaan pidentää määräaikaistarkastuksilla ja huoltotoimenpiteillä.

Vanhan sähkökeskuksen päivittämisen ajankohta on kriittinen, sillä vanhat komponentit ja keskuksset eivät usein takaa varmaa toimivuutta eivätkä vastaa nykyisiä vaatimuksia. Keskuksen uusiminen sekä suojausmekanismien päivittäminen nykyaikaisille vaatimuksille vähentää sähköjärjestelmän häiriöriskejä ja parantaa toimintavarmuutta. Teollisuusympäristössä laitteiden moitteeton toiminta on tärkeää, sillä koneiden pysähtymiset voivat aiheuttaa suuria menetyksiä ja tuotantotappioita.

Ajoissa aloitetut suunnittelutyöt mahdollistavat uuden sähkökeskuksen asennustöiden käynnistämisen ilman tuotannon keskeyttämistä. Asennustöiden aloittaminen ennen tuotannon vuosikorjausta pienentää turvallisuuteen liittyviä riskejä, koska kaikki tarvittavat tarkastukset ja riskien arviointi voidaan tehdä etukäteen. Kaapelointi ja keskuksen päivittäminen nykypäivän sähkötarpeisiin

parantaa järjestelmän turvallisuutta ja tehokkuutta, mikä on tärkeää teollisuuden sähkökulutusvaatimusten täyttämiseksi. Lisäksi uuteen keskukseseen on helpompi saada varaosia, mikä helpottaa huoltojen tekemistä jopa 20 vuoden päästä. Jatkokehitysehdotuksena sähköpääkeskuksesta voi kehittää digitaalisen kaksosen. Se mahdollistaisi eri tilanteiden simulointia, jonka avulla pystytään seuraamaan komponenttien kuormitusta. Keskuksen liittyvät dokumentaatiot, suunnitelmat ja tehdyt huollot voidaan yhdistää digitaalisen kaksoseen. Näin olleen keskuksen liittyvät tiedot olisivat yhdessä paikassa ja helpommin hallittavissa.

## Lähteet

- Audem Electrical 2024. Upgrade Your Switchboard & Safety Switches. <https://audemelectrical.com.au/upgrade-your-switchboard-safety-switches/>. 17.10.2024.
- Hietalahti, L. 2013. *Teollisuuden sähkökäytöt*. 1. p. Tampere: Amk-kustannus oy Tammertekniikka.
- Kaleva 2007. Valokaari-ilmiö. <https://www.kaleva.fi/valokaari-ilmio/2318221>. 19.9.2024.
- Pakonen, P., Verho, P., Keränen, J., & Muranen, S. 2018. Keskijännitekaapeleiden kunnan arviointi häviökerroin- ja Osittaispurkausmittauksilla. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://www.elenia.fi/files/3e2eea203359f4f61ffe51cf8a4540df0fb4d251/keskija-nnitekaapeleiden-kunnan-arviointi-ha-vio-kerroin-ja-osittaispurkausmittauksilla-loppuraportti.pdf>. 11.3.2025.
- Motiva 2025. Sähkömoottorit. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorit). 10.3.2025.
- O'Brien Electrical 2024. Power Up Your Safety: Why You Need A Switchboard Upgrade Now. <https://www.obrien.com.au/members/electrical-bendigo/articles/power-up-your-safety-why-you-need-a-switchboard-upgrade-now/>. 17.10.2024.
- Solarstone 2022. Miten valokaarivikasuoja estää aurinkokatoilla tapahtuvia tulipaloja. <https://solarstone.com/fi/blog/miten-valokaarivikasuoja-estaa-aurinkokatoilla-tapahtuvia-tulipaloja>. 20.1.2025
- SFS 6000. 2022. Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS 6001. 2018. Suurjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 60529. 2000. Sähkölaitteiden kotelointiluokat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019. 2013. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-koodi). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- ST 13.28. 2020 Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista.
- ST 13.29. 2014. Piirustusnumeroiden muodostaminen sekä piirustus- ja asiakirjaluettelon laatiminen S2010-nimikkeistön pohjalta.
- ST 13.30. 2020. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käyttödokumentit.
- ST 53.21. 2022. Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset
- ST 53.61. 2017. Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys.

Synchron Tech 2023. Teollisuuden energiatehokkuus.

<https://www.syncrontech.com/tuotteet/syncpower/teollisuuden-energiatehokkuus> .16.11.2024.

UTU-Konserni 2020. Mitä kannattaa huomioida teollisuuden sähkökeskusta uusittaessa. <https://www.utugroup.com/fi/uutiset/mita-kannattaa-huomioida-teollisuuden-sahkokeskusta-uusittaessa/>. 12.2.2025.

Varixx 2024. The risks of an electric arc and possibilities of minimizing its effects. <https://www.varixx.com/details-blog/51>. 2.10.2024.

Your Europe 2025. CE-merkintä.

[https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_fi.htm). 1.2.2025.