



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Heikki Takala

ESISELVITYS  
KESKIJÄNNITEMUUNTAJAN  
HANKKIMISESTA W20-KOEAJOLLE

Tekniikka  
2018

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Heikki Takala
Opinnäytetyön nimi	Esiselvitys keskijännitemuuntajan hankkimisesta W20- koeajolle
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	36 + 2 liitettä
Ohjaaja	Osku Hirvonen

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:lle. Työn tavoitteena oli selvittää, että voidaanko W20-osaston koeajolle hankkia kiinteästi asennettava keskijännitemuuntaja ja laatia siitä karkea kustannusarvio sekä layout tarvittavista pääkomponenteista.

Ensimmäiseksi esiselvitykseen kartoitettiin nykyinen tilanne. Selvitettävän järjestelmän vaatimusten ja rajoitusten asettamisesta kommunikoiin siihen vaikuttavien osastojen päälliköiden sekä sähkö- ja automaatiojärjestelmien kehitysinsinöörien kanssa. Järjestelmälle selvitettiin tärkeimmät hinnaltaan merkitykselliset pääkomponentit ja sille suunniteltiin toteutettavissa oleva layout. Järjestelmän pääkomponenteista pyydettiin budjettitarjoukset valikoiduilta toimittajilta.

Esiselvityksen tuloksena järjestelmän pääkomponentit, layout ja kustannusarvio saatiin selville. Lisäksi tulokseksi saatiin, että W20-osaston koeajolle on mahdollista hankkia kiinteästi asennettava muuntaja. Tässä esiselvityksessä laadittua järjestelmän kustannusarviota voidaan käyttää päätöksenteon apuna investointi päätöstä tehdessä.

## ABSTRACT

Author	Heikki Takala
Title	Preliminary Study of the Acquisition of a Medium Voltage Transformer for W20 Engine Test Run
Year	2018
Language	Finnish
Pages	36 + 2 Appendix
Name of Supervisor	Osku Hirvonen

---

This thesis was made for Wärtsilä Finland Oy. The goal of the thesis was to find out if it is possible to purchase a permanently installed medium voltage transformer for the W20 test run department and create a rough estimate of the cost and layout of the major components needed.

The feasibility study was initiated by surveying the current situation. Setting up the requirements and restrictions of the system was negotiated with Managers and engineers in Electrical and Automation systems development. For this system the most expensive main components of the system were identified and a possible layout of the system was created. Of the main components of the system, quotations were requested from selected suppliers.

As a result of the preliminary study, the main components of the system were resolved, as well as a layout and cost estimate. It is possible to acquire a permanently installed medium voltage transformer for the W20 test run. The cost estimate of the system can be used to help the decision when making a decision of the investment.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA VASTUUT .....	8
2	ESISELVITYS .....	9
	2.1 Nykytilanne.....	10
	2.2 Toiminnalliset ja tekniset tavoitteet.....	11
3	JÄRJESTELMÄ.....	14
	3.1 Väljännitteet.....	15
	3.2 Muuntaja .....	15
	3.3 Katkaisijat .....	17
	3.4 Erottimet .....	17
	3.5 Muuntajan vaatimukset.....	18
	3.6 Ilmanvaihto .....	19
	3.7 Muut pääkomponentit .....	20
4	TOIMITTAJAT JA BUDEJTTITARJOUKSET .....	21
	4.1 Muuntaja .....	21
	4.2 Tarjouspyyntö erottimista ja katkaisijoista .....	22
	4.3 Kaapelointi .....	24
	4.4 Automaatiojärjestelmän päivitys .....	25
5	LAYOUT.....	26
	5.1 Muuntajatila .....	26
	5.2 Kaapelointi muuntajahuoneesta koeajoselleihin.....	28
6	YHTEENVETO .....	31
	6.1 Komponenttien valinta, kustannusarvio.....	31
	6.2 Toteutussuunnitelma .....	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34
	LÄHTEET.....	35

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuvio 1.</b> Esiselvityksen vaiheet.	10
<b>Kuvio 2.</b> Järjestelmän periaatekuva.	14
<b>Kuvio 3.</b> Muuntajahuone.	26
<b>Kuvio 4.</b> Muuntajahuoneen layout.	27
<b>Kuvio 5.</b> Kaapelointien suojaus kotelointi.	28
<b>Kuvio 6.</b> Kaapelireitti muuntajatilaan.	29
<b>Kuvio 7.</b> Kaapelireitti sellissä.	29
<b>Kuvio 8.</b> Luukku tasoon ja kaapelihylly tason alle.	30
<b>Taulukko 1.</b> Maailmalla käytössä olevat välijännitteet. /4/	15
<b>Taulukko 2.</b> Eri jänniteportaiden mahdollistamat generaattoreiden jännitteet.	18

**LIITELUETTELO****LIITE 1.** W20-koeajon pohjakuva**LIITE 2.** Kaapelireitti koeajosellistä muuntajahuoneeseen

## LYHENTEET JA KÄSITTEET

W20, W31, W32, W34	Wärtsilän Vaasassa valmistamia moottorityyppejä, joissa luku kertoo sylinterin halkaisijan senttimetreinä.
Genset	Yhteiselle alustalle rakennettu kokonpano, joka sisältää moottorin ja generaattorin.
Koeajoselli	Moottorin tai gensetin koeajamista varten rakennettu tila.
Plc	Ohjelmoitava logiikka
Yritys X	Teollisuuden palveluyritys
Yritys Y	Muuntajia välittävä yritys
Yritys A	Sähkötekniikka-alan yritys
Yritys B	Sähkötekniikka-alan yritys
Yritys C	Sähkötekniikka-alan yritys
Yritys D	Teollisuuden palveluyritys
Yritys E	Teollisuuden automaatiopalveluyritys

## 1 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET JA VASTUUT

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa vaihtoehdot ja kustannukset keskijännitemuuntajan hankkimisesta koeajon käyttöön Wärtsilälle. Työssä käydään läpi vaatimukset, joita muuntajalle asetetaan, ja tämän pohjalta kartoitetaan mahdolliset toimittajat sekä pyydetään alustavat kustannusarviot pääkomponenteille. Työskentelen itse yrityksessä kehitysinsinöörinä ja ajatus järjestelmän tarpeesta tuli esiin oman työni yhteydessä.

Wärtsilä on kansainvälinen yritys, jolla on yli 200 toimipistettä yli 80 maassa ympäri maailmaa. Vuonna 2017 Wärtsilällä henkilöstöä oli noin 18000 ja liikevaihto 4,9 miljardia euroa. Wärtsilä on maailman johtava korkean teknologian ja kokonaislinkaariratkaisujen toimittaja energia- ja merenkulkumarkkinoilla. Wärtsilän liiketoiminta on jaettu kolmeen liiketoimintayksikköön, joita ovat Marine Solutions, Energy Solutions ja Services. Wärtsilä Finland Oy on Wärtsilän suurin tytäryhtiö. Suomessa toimintaa on Vaasassa, Helsingissä ja Turussa, ja näissä työskentelee 3600 ihmistä. /1/

Vaasassa sijaitsevalla moottoritehtaalla valmistetaan kolmen tuoteperheen moottoreita: W20, W32/34, sekä uutena tuotteena W31. Tuotannosta valmistuvalle moottorille suoritettava koeajo on olennainen vaihe moottorin valmistuksen kannalta. Koeajossa asiakkaalle todistetaan moottorin täyttävän sille asetetut vaatimukset. Erilaiset moottorityypit vaativat koeajo selleiltä joustavuutta, joka mahdollistaa projektikohtaisesti räätälöityjen moottoreiden koeajamisen.



## 2 ESISELVITYS

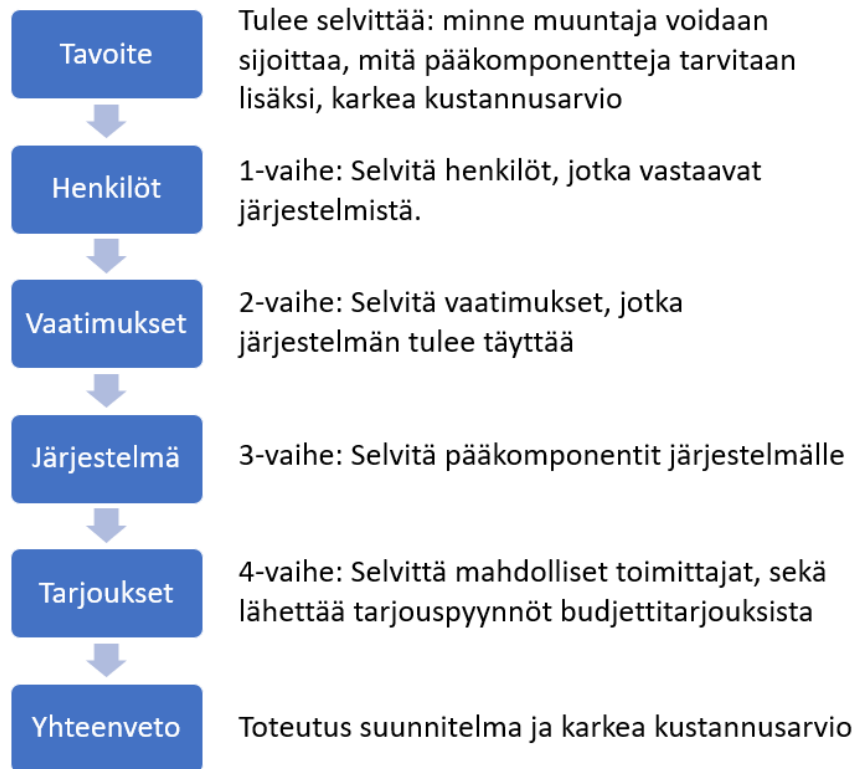
Projekti käynnistyy yleensä idean tai kehitysehdotuksen pohjalta. Mutta kuitenkin ennen kuin idean pohjalta lähdetään käynnistämään projektia, täytyy kohdealueesta tehdä esiselvitys (feasibility study). Sen tarkoituksena on kartoittaa, löytyykö projektin toteuttamiselle teknis-taloudelliset edellytykset ja varmistaa, että lopputulos tukee organisaation tavoitteita. Esitutkimuksen pohjalta projektin asettaja saa riittävästi tietoa, jonka pohjalta voidaan päättää, onko projektin käynnistämiseksi olemassa edellytykset. Esitutkimuksessa tutkitaan ja esitetään karkealla tasolla projektin:

- ”toiminnalliset ja tekniset tavoitteet
- keskeiset ongelma-alueet
- tavoiteaikataulu
- kustannusarvio ja resurssitarve
- onnistumisedellytykset
- lopputulos (alustava rajausta).” /2, s. 34–36/

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä esiselvitys keskijännitemuuntajan hankkimisesta W20-moottorin koeajaja varten (Kuvio 1). Esiselvityksen tarkoituksena on selvittää kustannukset erääseen segmenttiin kuuluvien moottoreiden koeajokapasiteetin kasvattamiseksi. Esiselvityksestä tulisi selvittää mahdollinen sijoituspaikka keskijännitemuuntajalle ja mitä pääkomponentteja tarvitaan muuntajan lisäksi. Näiden lisäksi täytyy tehdä suunnitelma, minne tarvittavat komponentit voidaan sijoittaa ja kuinka kaapelointi voidaan toteuttaa koeajoselleistä muuntajahuoneeseen. Tarvittavien pääkomponenttien selvittämisen jälkeen seuraavana vaiheena on pyytää tarjoukset kyseistä komponenteista, minkä avulla voidaan laskea karkea kustannusarvio mahdollista investointiesitystä varten.

Tämän opinnäytetyön tärkeimmät tavoitteet ovat selvittää onko W20-koeajolle mahdollista asentaa kiinteä muuntaja, joka mahdollistaisi keskijännitegeneraattoreilla varustettujen gensettien koeajamisen, ja lisäksi laatia

karkea kustannusarvio projektin toteuttamisesta mahdollista investointiesitystä varten. Projektista on rajattu ulos investointilaskelman tekeminen ja päätös mahdollisesta toteutuksesta.



**Kuvio 1.** Esiselvityksen vaiheet.

## 2.1 Nykytilanne

W20-tehtaan koeajolla on käytettävissä siirrettävä keskijännitemuuntaja, joka nostetaan yhteen koeajoselleistä aina kun koeajossa on ajettavana moottori, joka on varustettu keskijännitegeneraattorilla. Näin ollen joka kerta, kun muuntajaa tarvitaan, joudutaan moottorin koeajamista varten varaamaan kaksi koeajosella, joista toinen on muuntajalle ja toinen koeajettavalle moottorille. Käytettävissä olevan muuntajan kautta on kuitenkin mahdollista ajaa vain 5 kV/10,5 kV -jännitteellä toimivia gensettejä. Mikäli W20-osastolla valmistetaan genset, joka on varustettu keskijännitegeneraattorilla, mutta generaattorin jännite on eri kuin nyt käytössä olevassa muuntajassa, täytyy koeajaa pelkkä moottori ilman generaattoria tai koeajaa moottori W3x-koeajossa, joka on varustettu kiinteällä

monijännite muuntajalla. Tämän lisäksi ongelmana on nykyisen muuntajan kanssa, että sille ei ole säilytystilaa W20-tehtaalla. Muuntajaa säilytetään varastohallilla ja sitä joudutaan kuljettamaan tehtaan ja varaston välillä kuorma-autolla joka kerta kun muuntajaa tarvitaan. Nykyisestä järjestelystä johtuen muuntajan kuljetuksista ja varastoinnista aiheutuu turhia kustannuksia.

## **2.2 Toiminnalliset ja tekniset tavoitteet**

Toiminnalliset ja tekniset tavoitteet määrittävät kuinka suunnitellun järjestelmän tulisi toimia ja millaiset vaatimukset sen tulee täyttää. Vaatimusten määrittäminen on tärkeä vaihe ja sillä varmistetaan, että jo esiselvitysvaiheessa komponentit valitaan vaatimusten mukaisiksi ja alustava karkea hinta-arvio pitää paikkansa mahdollisimman hyvin.

Järjestelmän vaatimuksien kartoittaminen aloitettiin selvittämällä ketkä ovat organisaatiossa oikeat vastuulliset henkilöt, joiden avulla järjestelmälle voidaan asettaa vaatimukset. Tärkeimmäksi yhteyshenkilöksi järjestelmän vaatimuksia selvitetäessä muodostui tehtaan sähköjärjestelmistä vastaava ekspertti.

22.1.2018. Pidimme ensimmäisen kokouksen sähkö ja automaatiojärjestelmistä vastaavan ekspertin kanssa, missä kävimme läpi ne kriteerit, jotka kartoitettavan järjestelmän tulisi täyttää. Näiden pohjalta laadittiin lista selvitettävistä asioista sekä listasimme henkilöitä, joilta kyseisiä tietoja voisi saada. Tässä yhteydessä listasimme ylös myös vaatimukset, jotka projektille olivat tässä vaiheessa tiedossa ja lisäksi kävimme läpi yleisesti millaisia komponentteja selvitettävän järjestelmän tulisi sisältää. /3/

Ensimmäisen kokouksen pohjalta saatiin hyvä kehys, jonka puitteissa selvitysprojektia oli mahdollista lähteä viemään eteenpäin. Palaverin pohjalta laadittiin lista vaatimuksista, joihin täytyy saada vastaus ennen kuin järjestelmään tulevia komponentteja voidaan alkaa kartoittamaan.

Muuntajalle asetettavista vaatimuksista selvitettäviä asioita olivat;

- Monestako eri koeajosellista tulee olla mahdollista ajaa kuormaa muuntajan läpi vastuksille?
- Täytyykö olla mahdollisuus ajaa kuormaa kahdesta koeajosellista yhtä aikaa muuntajan läpi?
- Minkälaiselle teholle muuntaja mitoitetaan tulevaisuutta ajatellen?
- Voiko muuntajan sijoittaa muuntajatilaan W20-tehtaalla, jossa nykyisin on 2 kpl 500 kVA -muuntajia ja joita moottorilaboratorio on käyttänyt?
- Tarvitseeko moottorilaboratorio liitännän muuntajalle?
- Riittääkö muuntajahuoneen ilmanvaihto muuntajasta säteilevän lämmön poistamiseen?
- Kuinka kaapelointi sellien ja muuntajahuoneen välillä on mahdollista toteuttaa?

Vaatimusten selvittämiseksi otin yhteyttä tarvittaviin henkilöihin sähköpostin tai Skypein välityksellä. Osa informaatiosta kerättiin myös tapaamisten yhteydessä sekä välikäsien kautta. Keskustelujen pohjalta laadittiin yhteenveto järjestelmän vaatimuksista /3,4,5,6/. Tämän pohjalta järjestettiin Skype-palaveri, johon osallistui kaksi eksperttiä sekä laboratorion että W20-koeajon edustaja. Palaverissa kävimme läpi suunnittelun lähtökohdat varmistaaksemme, että järjestelmää suunnitellessa tarpeelliset asiat otetaan huomioon.

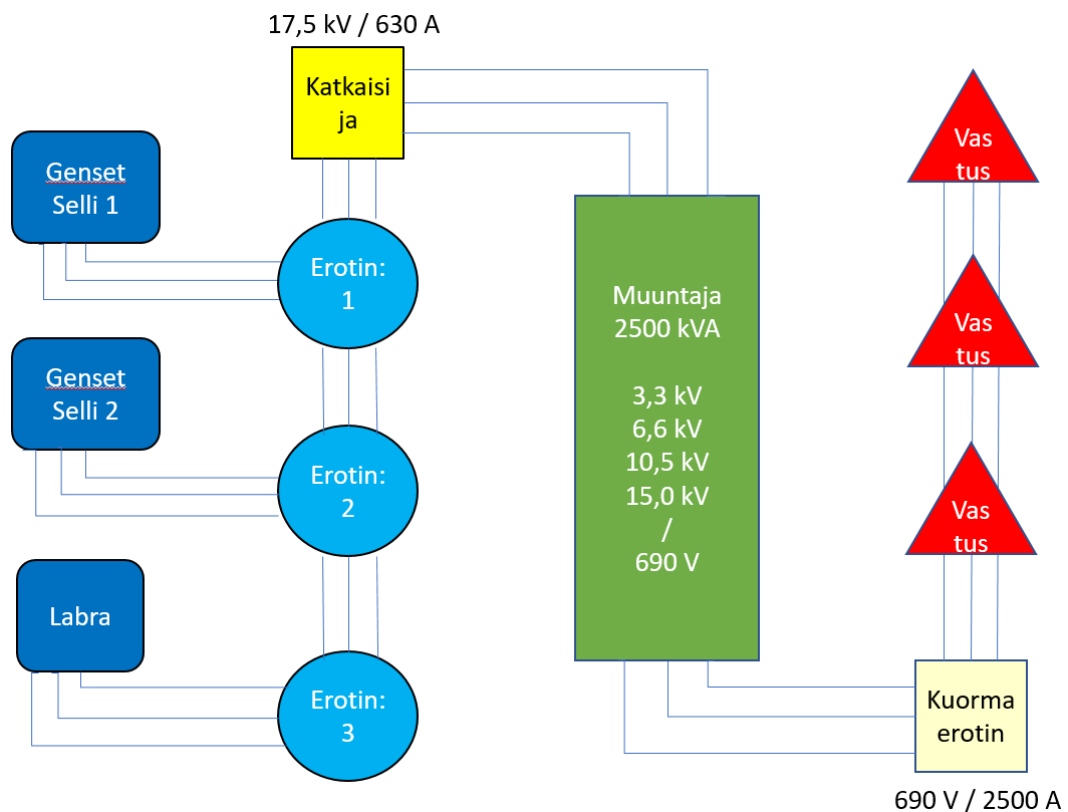
- Muuntajan teho laskettiin kattamaan mahdollinen tehon nousu tulevina vuosina, jolloin muuntajan tehoksi päätettiin 2500 kW. Muuntajan tehon nostolle jää optio, koska muuntaja suunnitellaan luonnollisesti jäähtyväksi. Näin ollen muuntajan tehoa pystytään tarvittaessa nostamaan 20–40 % lisäämällä muuntajalle koneellinen jäähdytys.
- Muuntajan pitää mahdollistaa maailmalla käytössä olevien keskijännitteiden käyttö, näin ollen muuntajan tulee olla rakenteeltaan monijännitemuuntaja.
- Muuntajalle kytkentä tulee toteuttaa niin, että sen läpi on mahdollista ajaa kuormaa W20-tuotetehtaan koeajoselleista 22 ja 23, sekä nykyisin käytössä olevaa kaapelointia hyväksikäyttäen moottorilaboratoriosta.

- Suunniteltavan järjestelmän tulee olla etäohjattava ja sitä pitää pystyä operoimaan laboratoriosta ja W20-koeajosta käsin.
- Järjestelmän ei tarvitse mahdollistaa kahden moottorin yhtäaikaista kuormittamista muuntajan läpi vastuksille.
- Muuntajan tulee ensisijaisesti olla rakenteeltaan valuhartsieristeinen kuivamuuntaja.
- Muuntajan sijoituspaikka tulee olemaan W20-tehtaalla sijaitseva muuntamotila, tilassa nyt moottorilaboratorion käytössä olevat 2 kpl 500 kW -muuntajaa voidaan poistaa käytöstä. /7/

Näiden vaatimusten pohjalta aloimme ekspertin kanssa suunnittelemaan vaatimukset täyttävää järjestelmää.

### 3 JÄRJESTELMÄ

Järjestelmälle asetettujen vaatimusten selvittämisen jälkeen laadimme periaatekuvan järjestelmästä. Kuviossa 2 näkyvät tärkeimmät komponentit, joita selvitettävä järjestelmä sisältää. Näiden lisäksi koeajon automaatiojärjestelmä vaatii lisäksi päivitystä, että se pystyy ohjaamaan järjestelmän sisältämiä katkaisijoita ja kytkimiä. Järjestelmään kuuluvista komponenteista vastukset, sekä matalajännitepuolen katkaisija on olemassa, mutta matalajännitepuolen katkaisija täytyy muuttaa etäohjattavaksi. Lisäksi moottorilaboratoriosta tulevat liityntä kaapelit ovat olemassa ja niitä ei tarvitse uusia. /3/



**Kuvio 2.** Järjestelmän periaatekuva.

Järjestelmän kustannusten selvittämistä varten pyydetään budjettitarjous seuraavista komponenteista, tai kokonaisuuksista:

- Muuntaja
- Katkaisija 15 kV

- Erottimet 15 kV
- Kaapelointi muuntajahuoneesta koeajoselleihin 22 ja 23
- Katkaisija 690 V muutos/uusinta moottorikäyttöiseksi
- Ohjausautomaation vaatimat muutokset.

### 3.1 Välijännitteet

Sähkönjakelustandardeissa sähköverkot luokitellaan jännitteen mukaan seuraavalla tavalla:

- suurjännite >36 kV
- keskijännite 1–36 kV
- pienjännite <1 kV. /8/

Kartoitettavan muuntajan osalta jännitteet rajoittuvat 15 kV (Taulukko 1, vihreät), koska vielä ei ole kustannustehokasta valmistaa generaattoria suuremmalle jännitteelle. Kartoitettavalle monijännitemuuntajalle valittavien jänniteportaiden, tulee mahdollistaa yleisimpien käytössä olevien välijännitteiden jännitteiden käyttö.

**Taulukko 1.** Maailmalla käytössä olevat välijännitteet. /4/

Series 1	50 Hz	60 Hz	Series 2, North American	60 Hz
	3,3 kV	3 kV		4,16 kV
	6,6 kV	6 kV		12,47 kV
	11 kV	10 kV		13,2 kV
	22 kV	15 kV		13,8 kV
	33 kV	20 kV		24,84 kV
		35 kV		34,5 kV

### 3.2 Muuntaja

Vaihtojännitettä suurennetaan ja pienennetään muuntajilla. 1900-luvulle tultaessa muuntajien ansiosta vaihtosähkö syrjäytti tasasähkön lähes kokonaan. Muuntajat ovat hinnaltaan kohtuu edullisia, ja koska ne eivät yleensä sisällä liikkuvia osia, niiden käyttökin tulee varsin edulliseksi. Johtuen muuntajien hyvistä

ominaisuuksista käytetään vaihtosähköä sähkönsiirrossa ja jakelussa huomattavasti enemmän kuin tasasähköä.

Muuntaja on staattinen sähkölaite. Muuntajassa aktiivisia osia ovat rautasydän ja käämitykset, jotka suorittavat tehtävän. Muuntaja voi olla rakenteeltaan sydän- tai vaippamuuntaja. Kolmivaiheisessa sydänmuuntajassa jokaisella vaiheella on oma pylväs, jonka ympärillä kaksi käämistä. Suurin osa kolmivaihemuuntajista on rakenteeltaan sydänmuuntajia. Muuntaja synnyttää lämpöhäviöitä, jotka lämmittävät sen rautasydäntä ja käämityksiä. Muuntajassa syntyvä lämpö on haihdutettava ilmaan. Kolmivaihemuuntaja on kytkettävissä tähti-, kolmio- tai hakatähtikytkentään, tällöin muuntajan vaihesiirto on 120 astetta.

Teho- eli voimamuuntajat voidaan jakaa pääpiirteittäin kahteen ryhmään, jakelukäytössä käytettäviin pientehomuuntajiin sekä suurtehomuuntajiin. Pientehomuuntajat ovat rakenteeltaan: paisuntasäiliölliset jakelumuuntaja, hermeettisesti suljetut jakelumuuntajat ja valuhartsieristeiset jakelumuuntajat. Paisuntasäiliöllisissä ja hermeettisesti suljetuissa muuntajissa jäähdytyksen ja eristyksen väliaineena on öljy. Kuivamuuntajassa eristys on toteutettu valuhartsilla ja muuntajan luonnollinen ilmajäähditys syntyy, kun käämitykset ja sydän lämmittävät niitä ympäröivää ilmaa, joka aiheuttaa ilmavirtauksen muuntajan ympärille. Kuivamuuntajan tehoa voidaan nostaa käyttämällä puhaltimia, joilla suurennetaan ilman virtausnopeutta ja näin ollen parannetaan muuntajan jäähdytystä. Kuivamuuntaja on yleensä ensisijainen valinta saastumis-, räjähdys- ja palovaarallisissa tiloissa. Öljymuuntajilla yleisin jäähdytystapa on luonnollinen öljyjäähditys. Luonnollisessa öljyjäähdytyksessä muuntajaan käämit ja rautasydän ovat upotettuna säiliöön ja niissä syntyvä lämpö johtuu öljyyn, josta se siirtyy säiliön seinien kautta ympäröivään ilmaan. Myös öljymuuntajan tehoa voidaan nostaa käyttämällä erillisiä jäähdytin kennoja.

Sähköverkossa tapahtuvien jännitevaihteluiden vuoksi täytyy muuntajan jännitettä pystyä säätämään. Jännitteen säätö tapahtuu muuttamalla muuntajan muuntosuhdetta. Yleensä muuntajassa muuntosuhdetta säädetään ylijännitepuolella, koska virta siellä on matalampi, kuin alijännitepuolella.



Jännitteen säätämiseen käytetään väliotto- tai käämikytöntä. Väliottokytkin mahdollistaa muuntajan muuntosuhteen säätämisen vain jännitteettömänä. Käämikytkimellä muuntajan muuntosuhdetta voidaan säätää jännitteellisenä ja kuormitettuna, näin ollen se soveltuu jatkuvaan säätöön, Yhdistettynä säätölaitteena jännitemittauksen kanssa, voidaan käämikytkimellä varustetusta muuntajasta ulostuleva jännite pitää halutussa arvossa. /9/

### **3.3 Katkaisijat**

Katkaisijan on pystyttävä katkaisemaan virtapiiriin suurin mahdollinen virta hallitusti vaaraa aiheuttamatta ja ilman että katkaisija vioittuu. Näin ollen katkaisijan täytyy pystyä katkaisemaan suurin virtapiirissä syntyvä oikosulkuvirta, sekä kytkemään nimellisjännitteinen virtapiiri oikosulkuun.

Katkaistaessa virtapiiri ei virta katkea automaattisesti koskettimien avautumiseen, vaan virtapiiri pysyy suljettuna johtuen valokaaresta koskettimien välillä. Valokaaren sammuttaminen tapahtuu katkaisijaa ympäröivän väliaineen avulla. Katkaisijan käyttämän sammutusväliaineen perusteella nämä ovat ryhmiteltävissä seuraavasti: öljykatkaisijat, vähäöljykatkaisijat, ilmakatkaisijat, painekatkaisijat, SF<sub>6</sub>-katkaisijat ja tyhjiökatkaisijat. /9/

### **3.4 Erottimet**

Erottimen tehtävänä erottaa turvallisesti laitoksen osa muusta virtapiiristä saattaen erottimien taakse jäävä osa jännitteettömäksi turvallista työskentelyä varten. Erottimen täytyy pysyä suljettuna ja johtamaan, avautumatta, vaurioitumatta ja ilma liiallista kuumenemista kaikki virtapiirissä esiintyvät kuormitus- ja oikosulkuvirratt. Erotinta ei ole tarkoitettu virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen. Erotinta käytetään yleensä vain jännitteettömänä. Kuormaerotin on erikoisrakenteinen erotin, jolla voidaan normaalista erottimesta poiketen katkaisemaan tietty kuormitusvirta ja kytkemään matala oikosulkuvirta.

Erottimien ohjaus tapahtuu käsi-, paineilma- tai moottoriohjattuna. Paineilma- ja moottorikäyttöinen ohjaus mahdollistavat kaukokäytön esimerkiksi valvomosta käsin. /9/

### 3.5 Muuntajan vaatimukset

Muuntajan tulee olla rakenteeltaan monijännitteinen kolmivaiheinen kuivaeristemuuntaja. Muuntajan vaatimuksia läpikäydessä selvisi myös, että koska muuntaja on teknisessä mielessä testimuuntaja, ei sen tarvitse täyttää ECO-suunnittelu direktiiviä, tämä vaikuttaa alentavasti muuntajan hintaan.

Generaattorilta ulostulevaa jännitettä on mahdollista säätää 5–10 %, tämä mahdollistaa useammalle eri jännitteelle valmistetun generaattorin koeajamisen samalla jänniteportaalla. Tämän lisäksi muuntajalta vastuksille syötettävä 690 v pienjännitepuoli sallii  $n.\pm 5$  % vaihtelun. Esimerkiksi generaattori, jonka nimellisjännite on 13,8 kV ja sen jännitettä voidaan säätää 10 %, tähän lisätään muuntajalta vastuksille lähtevälle jännitteelle sallittu 5 % vaihtelu, tällöin genset voidaan koeajaa käyttäen 15 kV jänniteporrasta (Taulukko 2). /3/

**Taulukko 2.** Eri jänniteportaiden mahdollistamat generaattoreiden jännitteet.

Jännite porras	±10 %		±15 %	
	3,3 kV	3,7 kV	3,0 kV	3,9 kV
6,0 kV	7,3 kV	6,0 kV	7,8 kV	5,7 kV
10,5 kV	11,7 kV	9,5 kV	12,4 kV	9,1 kV
15,0 kV	16,7 kV	13,6 kV	17,6 kV	13,0 kV

Paloturvallisuusmääräysten vuoksi, rakennuksen sisällä oleva muuntamotila, jossa käytetään öljymuuntajaa, pitää varustaa sprinklerilaitteistolla. Koska öljyjäähdytteisen muuntajan palokuorma on suuri, sijoittuu se muuntamotilaluokituksessa ”Raskas sprinkleriluokka, tuotanto – HHP4” /10/.

EU-komission asetus N:o 548/2014, 1 artikla:

”1. Tällä asetuksella vahvistetaan ekosuunnitteluvaatimukset sellaisten muuntajien markkinoille saattamiselle ja käyttöön ottamiselle, joiden vähimmäisteho on 1 kVA ja joita käytetään 50 Hz:n sähkönsiirrossa ja jakeluverkoissa tai teollisissa sovelluksissa. Asetusta sovelletaan vain muuntajiin, jotka on hankittu asetuksen voimaantulon jälkeen.”

”2. Asetusta ei sovelleta muuntajiin, jotka on suunniteltu ja joita käytetään seuraaviin sovelluksiin: testimuuntajat, jotka on suunniteltu käytettäväksi virtapiirissä tietyn jännitteen tai virran tuottamiseksi sähkölaitteiden testaamista varten”. /11/

### 3.6 Ilmanvaihto

Muuntajahuoneen ilmanvaihdon riittävyteen vaikuttaa valittavan muuntajan teho, sekä lämpöhäviö. Kyseisen tyyppisissä muuntajissa lämpöhäviö on tyypillisesti 2–3 % luokkaa. Ilmanvaihtokoneen tehon selvittämiseksi otin yhteyttä yritys X:ään. Kyseinen yritys vastaa alueen ilmanvaihtojärjestelmistä ja heiltä sain tiedot tilassa käytettävän ilmanvaihtokoneen poistokapasiteetista. Muuntajahuoneen ilmanvaihtokone on tyyppiltään Fläkt Faca-63-2-3-06-43. Sen ilmavirta on:  $2,2/1,1 \text{ m}^3/\text{s}$  ja ulkolämpötilan ollessa 25 °C se kykenee poistamaan 50 kW lämpöä. Näin ollen ilmanvaihtokoneen kapasiteetti riittää, mikäli 2500 kVA muuntajan lämpöhäviö on  $\leq 50$  kW, jos lämpöhäviö on suurempi, täytyy ilmanvaihtokone vaihtaa tehokkaampaan.

Tehokkain koeajossa nykyisin koeajettava moottori on 9-sylinterinen W20E, jonka sylinterikohtainen teho on 220 kW. Koeajon aikana kyseistä moottoria kuormitetaan hetkellisesti 110 %, jolloin laskennallinen maksimiteho on:

$$220 \text{ kW} \cdot 9 \cdot 1,1 = 2178 \text{ kW}$$

Muuntajan kokonaishäviö ( $P_h$ ) voidaan laskea lisäämällä kuormitushäviö ( $P$ ), tyhjäkäyntihäviö ( $P_0$ ). Kaava 1

$$P_h = P + P_0$$

Tarjotun muuntajan kuormitushäviöt ovat:

$$P=28000 \text{ W}, P_0= 3800 \text{ W}$$

$$P_h = 28000 \text{ W} + 3800 \text{ W}$$

$$P_h = 31800 \text{ W}$$

31,8 kW < 50 kW, joten muuntajahuoneen ilmanvaihto riittää muuntaa lämpöhäviöiden poistamiseen. /12–14/

### **3.7 Muut pääkomponentit**

Muuntajan lisäksi tarvittavia pääkomponentteja järjestelmässä ovat katkaisijat ja kytkimet, joiden avulla ohjataan liityntää muuntajalle ja valitaan, mistä sellistä muuntajan kautta ajetaan kuormaa. Lisäksi tarvitaan suojausrele ja mahdollisesti plc-ohjaamaan kojeistoja. Järjestelmä vaatii myös kaapeloinnin koeajosellien ja muuntajahuoneen välillä, johtuen järjestelmän tehosta ja käytettävästä jännitteestä, tämä on myös huomattava kustannuserä ja näin ollen se sisällytettiin selvitykseen. /3/

## 4 TOIMITTAJAT JA BUDEJTTITARJOUKSET

Vaatimusten selvittämisen jälkeen seuraavana vaiheena on selvittää mahdolliset toimittajat pääkomponenteille ja pyytää heiltä budjettitarjoukset. Toimittajien kartoittamiseksi pidimme palaverin ekspertin kanssa ja kävimme läpi mahdollisia toimittajia.

### 4.1 Muuntaja

Muuntajan kassa päädyimme ratkaisuun kysyä tarjousta yritys Y:ltä, joka on muuntajien myyntiin keskittynyt yritys. Yritys Y:n kautta saamme yhdellä kerralla samansisältöisen tarjouksen useamman muuntajavalmistajan muuntajista, sekä heidän suosituksensa koeajon käyttöön parhaiten soveltuvasta vaihtoehdosta. Muuntajan tarjouspyyntöä varten järjestimme kokouksen yritys Y:n edustajan kanssa. Kokouksessa esitimme vaatimukset muuntajalle, joiden pohjalta pyysimme laskemaan budjettitarjouksen käyttöömme soveltuvasta muuntajasta.

Vaatimukset muuntajalle olivat:

- 2500 kVA
- Kuivaeristeinen
- IP34
- 4 jänniteporrasta; 3,3 kV 6,6 kV 10,5 kV 15 kV
- moottorikäyttöinen käämikytkin jännitevalinnalle
- 6x pt-100 -lämpötilamittaus
- -25–45 °C normaali käyttölämpötila
- dyn11 -kytkentä
- käämikytkin 110 VDC
- ilman tuulettimia, mutta sisältäen tuuletinvarauksen. /3/

Muuntajan osalta jouduimme hieman joustamaan alkuperäisestä suunnitelmasta, koska vaatimusten mukaisen kuivamuuntajan fyysinen koko osoittautui liian suureksi käytössämme olevaan muuntajatilaan. Näin ollen yritys Y tarjosikin meille vaihtoehto b:nä kahta vaihtoehtoa luonnollisella jäähdytyksellä varustetusta

öljyeriste muuntajasta. Halvempi vaihtoehdoista on varustettu käsikäyttöisen väliottokytkimellä ja kalliimpi moottorikäyttöisellä väliottokytkimellä. Paloturvallisuus huomioiden öljymuuntajan sijoittamisessa sisätiloihin on kuitenkin enemmän vaatimuksia, johtuen muuntajan suuresta palokuormasta. Muuntajahuone vaatii raskaan HHP-4-luokan sprinklerijärjestelmän. Kyseinen muuntajahuone on jo nykyisellään varustettu kyseisellä sammutusjärjestelmällä, joten tämä ei vaadi muutoksia. Toinen huomioitava seikka öljymuuntajan kanssa on, että muuntajalle tarvitaan erillinen vuotoallas. Yritys Y tarjosikin öljymuuntajan lisäksi kahta eri hintaista vaihtoehtoa vuotoaltaista. Halvempi altaista on perinteinen avoin vuotoallas, kalliimpana vaihtoehtona he tarjosivat palonsammutusjärjestelmällä varustettua vuotoallasta. /14/

#### **4.2 Tarjouspyyntö erottimista ja katkaisijoista**

Erottimien ja katkaisijoiden osalta päädyimme ratkaisuun, että pyydämme tarjoukset yritys A:lta, sekä yritys B:ltä. Kummaltakin valmistajalta löytyy useampia mahdollisia tuoteperheitä kyseiseen tarpeeseen, mutta päädyimme kysymään tarjouksia yritys A:n x-mallistosta, sekä yritys B:n y-mallistosta. Toimittajia pyydettiin tarjoamaan kojeistoja myös muista tuotemallistoistaan, mikäli heidän mielestään, joku toinen tuoteperhe soveltuisi paremmin meidän ahtaaseen sijoitus tilaan.

Molemmille yrityksille lähetettiin samansisältöinen tarjouspyyntö budjettitarjouksesta, joka sisältäisi 3 kpl, erottimia ja 1 kpl katkaisijan, sekä toimitusajan kojeistoille. Tarjouspyynnöt lähetettiin yhteyshenkilöille, joiden kanssa vastaavissa tarpeissa on asioitu aiemmin. Tarjouspyyntö erottimille pyydettiin laskemaan seuraavilla lisävarusteilla varustetuille kojeistoille:

3 kpl erotin

- Jännite 17,5 kV virta 630 A
- Suojausluokka IP54
- Integroitu jännitteen ilmaisim

- Ulkoiset liitännät erotettu (2NO+2NC) ja maadoitettu (2NO+2NC) asennoille
- Moottoroitu käyttö
- Kanava ohjauskaapeleille
- Valokaaren purkauskanava.
- Ohjaus jännitteet 110 VDC.

#### 1 kpl katkaisija

- Vamp 300G (Suojausrele)
- Jännite 17,5 kV virta 630 A
- Suojausluokka IP54
- Alipainerakenne
- Integroitu jännitteen ilmaisim
- Virtamuuntaja
- Jännitemuuntaja
- Koskettimet ulkoisille liitännöille
- Sähköinen asennon ilmaisim
- Sähköinen lukitus maadoituskytkimelle
- Valokaaren purkauskanava.
- Kanava ohjauskaapeleille
- Ohjaus jännitteet 110 VDC.

Näiden lisäksi tarvitsimme tarjouksen nykyisen muuntajan matalajännitepuolella sijaitsevan kuormaerotin uusimisesta. Tämän erottimen uusimiseksi totesimme parhaimmaksi vaihtoehdoksi pyytää tarjousta yritys C:ltä, koska korvattava kojeisto on heidän toimittamansa. Yritys C:n edustaja kävi paikan päällä tutustumassa kohteeseen ja häntä pyydettiin laskemaan budjettitarjous korvaavasta katkaisijasta.

Vaatimukset katkaisijalle:

- 690 V/2500 A
- Moottoroitu käyttö, ohjaus 110 VDC
- Koskettimet ulkoisille liitäntöille. /3/

Keskijännitekojeistoista saimme muutaman tarkentavan kysymyksen jälkeen budjettitarjoukset. Toimitaja A, tarjosi valikoimastaan toisen tuoteperheen katkaisijaa ja erottimia, koska pyytämämme tuoteperheen valmistus on lopetettu.

Toimittaja A: kojeiston hinta on 38000 € ja toimitusaika 16 viikkoa. tilauksesta. /15/

Toimittaja B tarjosi meille kahta vaihtoehtoa, kumpikaan vaihtoehtoista ei ollut meidän alun perin pyytämämme, mutta lähdimme keskustelemaan näistä kojeistoista. Ensimmäisen tarjotuista vaihtoehtoista totesimme ekspertin kanssa fyysisesti liian suureksi käytettävissä olevaan tilaan. Toinen vaihtoehto oli heidän kompaktein kojeistomalli, josta vaatimukset täyttävä kojeisto voidaan rakentaa. Kyseistä kojeistosta saimme vaatimukset täyttävän budjettitarjouksen.

Toimittaja B: kojeiston hinta 31500 € toimitettuna. Toimitus aikaa tälle kojeistolle emme saaneet, joten se vaatii vielä tarkennusta mahdollisessa toteutusvaiheessa. /16/

Matalajännitepuolen kuormanerottimeksi toimittaja C tarjosi vaatimukset täyttävää kojeistoa. Kojeston budjettihinta on 13258 € ja arvioitu toimitusaika kojeistolle on kolme kuukautta. /17/

### **4.3 Kaapelointi**

Kaapeloinnin kustannusten selvittämisessä turvauduimme Wärtsilän sähköpuolen kunnossapidosta vastaavaan yritys D:hen. Kaapelien reititys koeajoselleistä muuntajahuoneeseen on ahtaiden tilojen vuoksi haastava toteutettava. Koeajosellien ahtauden vuoksi, erottimet joudutaan sijoittamaan muuntajahuoneeseen. Tämän vuoksi kaapelointi toteutetaan joustavilla kuparikaapeleilla koeajoselleihin ja siellä generaattoreille asti. Laboratoriolle



tarvittavat liitäntäkaapelit ovat jo olemassa, joten niitä ei tässä selvityksessä tarvinnut huomioida. /3/

Kaapeloinnin toteutuksesta saimme budjettitarjouksen, joka sisältää asennustyön, aputyöt ja materiaalit. Asennustyö on laskettu kestävän kaksi viikkoa ja budjettihinta kaapeloinnille on 15000 €. /18/

#### **4.4 Automaatiojärjestelmän päivitys**

Automaatiojärjestelmän vaatimien muutosten läpikäyntiä varten kutsuin yritys E:n edustajan kokoukseen, jossa kävimme läpi suunnitellun kokoonpanon. Pyysimme toimittajaa laskemaan budjettitarjouksen, joka sisältää tarvittavat komponentit, sekä automaatiokuvien ja ohjausjärjestelmien vaatimat muutokset. Lisäksi pyysimme antamaan arvion tarvittavasta toteutusaikataulusta.

Saimme toimittaja E:ltä budjettitarjouksen, joka sisältää tarvittavat komponentit sekä suunnittelu, ohjelmoinnin ja käyttöönoton tuntiveloitusperusteisesti. Arvioitu kokonaiskustannus järjestelmän vaatimille töille ja komponenteille on 14900 €. /19/

## 5 LAYOUT

Muuntajan esiselvityksen yhtenä osana oli kartoittaa mahdollinen sijoituspaikka keskijännitemuuntajalle, sekä kaapeloinnin reititys koeajoselleistä muuntajahuoneeseen. Muuntaja vaatii palo- ja sähkötekniisten määräysten vuoksi muista tuotantotiloista erotetun huoneen. W20-tehtaalla käytettäväksi soveltuva muuntajahuone sijaitsee koeajon välittömässä läheisyydessä (Liite 1).

### 5.1 Muuntajatila

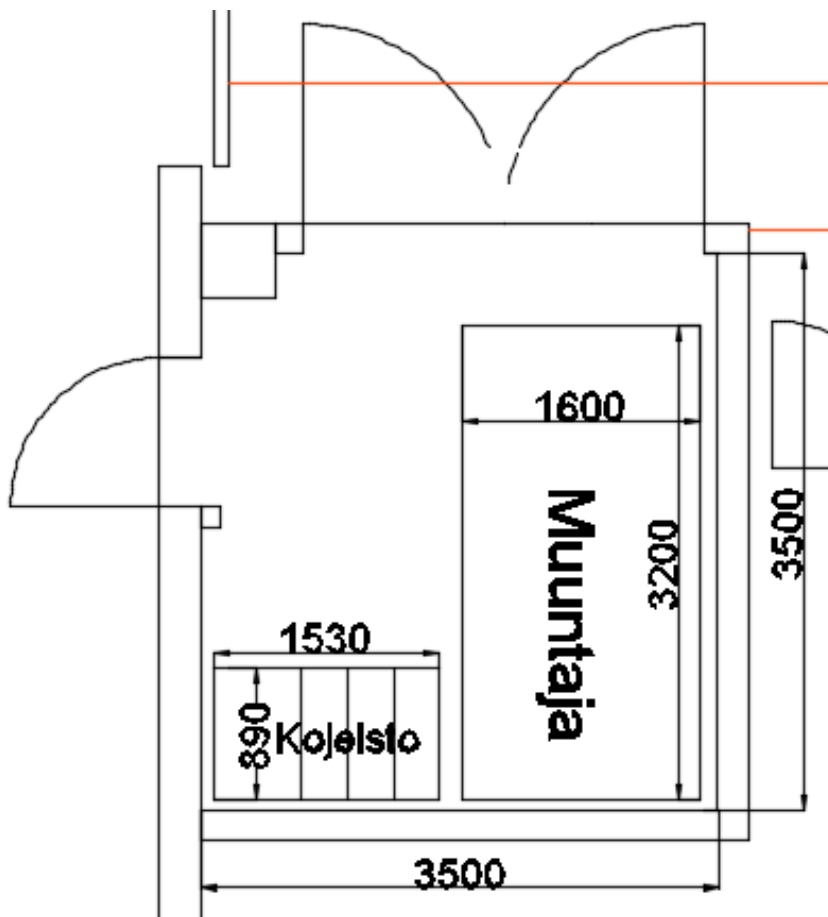


**Kuvio 3.** Muuntajahuone.

Muuntajahuoneen layout-suunnittelu aloitettiin tarkistusmittaamalla muuntajahuone (Kuvio 3) ja vertaamalla sitä W20-tehtaan 2D-pohjapiirustukseen. Tämän jälkeen toimittajilta saatujen mitoituspiirustusten pohjalta aloitettiin hahmottelemaan muuntajan ja kojeistojen sijoittelua AutoCAD:ia apuna käyttäen. Haasteita layout-suunnittelussa aiheutti kojeiston eteen ovien auki ollessa vaadittu

60 cm vapaa poistumistie. Tästä johtuen jouduimme valitsemaan toimittaja B:n kompaktiin kojeistoon, koska muut tarjotut vaihtoehdot eivät mahtuisi muuntajahuoneeseen.

Tarjousten perusteella varustettu öljymuuntaja on pohjapinta-alaltaan pienempi kuin muuntajan alle tuleva vuotoallas. Tästä johtuen muuntajan vaatima tila on vuotoaltaan pohjapinta-ala, W20-tehtaan muuntajahuoneen tarkistemitattuun 2D-malliin lisätty muuntaja ja kojeisto (Kuvio 4). Layoutia suunnitellessa otettiin huomioon mahdollisuus muuntajan ulos saamiseksi mahdollista huoltoa varten. Kojelistojen osalta sijoitus on suunniteltu niin, että kojeistojen ympärille jää kojeistojen ympärille vaaditut etäisyydet. /3, 16/



**Kuvio 4.** Muuntajahuoneen layout.

## 5.2 Kaapelointi muuntajahuoneesta koeajoselleihin

Kaapelireitti suunniteltiin mahdollisimman lyhyeksi johtuen kaapeleiden kalliista metrihinnasta. Huomioitava on myös, että keskijännitejärjestelmän kaapelointi tulee suojata mekaanisilta vaurioilta. Suojaus voidaan tehdä koteloimalla kaapelointi (Kuvio 5).



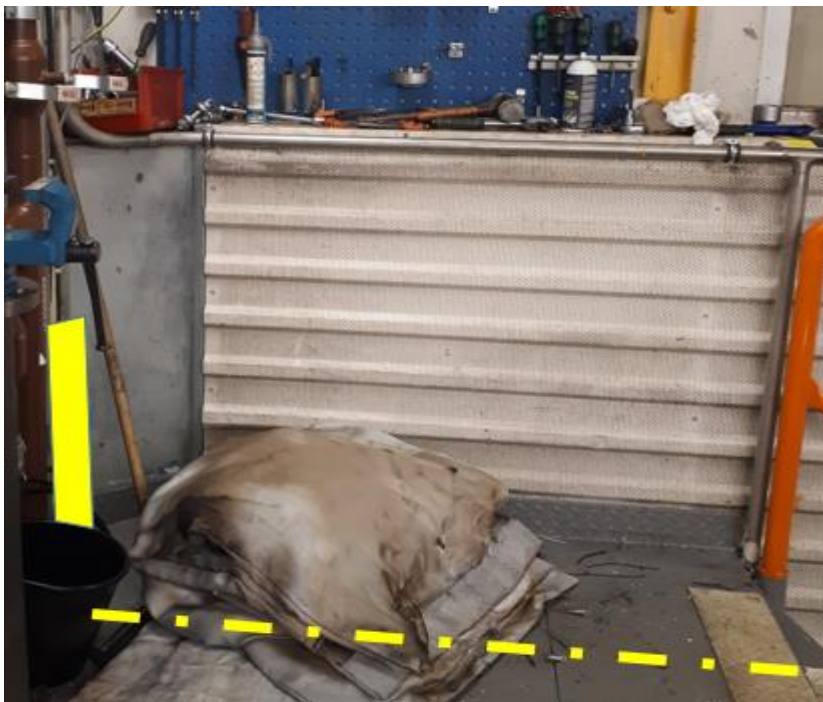
**Kuvio 5.** Kaapelointien suojaus koteloimalla.

Kaapeloinnin reititys suunniteltiin kulkeväksi muuntajahuoneesta koeajon ulkoseinää pitkin koeajoselliin 23 (Kuvio 6). Koeajosellissä kaapelointi kulkee lattian alla olevassa tilassa koeajosellin toiseen pätyyn (Kuvio 7). Molempiin koeajoselleihin rakennetaan kaapeleiden säilytystä varten hylly työtason alapuolelle (Kuvio 8). 22-selliin menevät kaapelit jatkavat lattian alla seinän toiselle puolelle. Kaapelit mitoitetaan niin, että ne yltyvät generaattorin virran ulostulo liitännöihin (Liite 2).

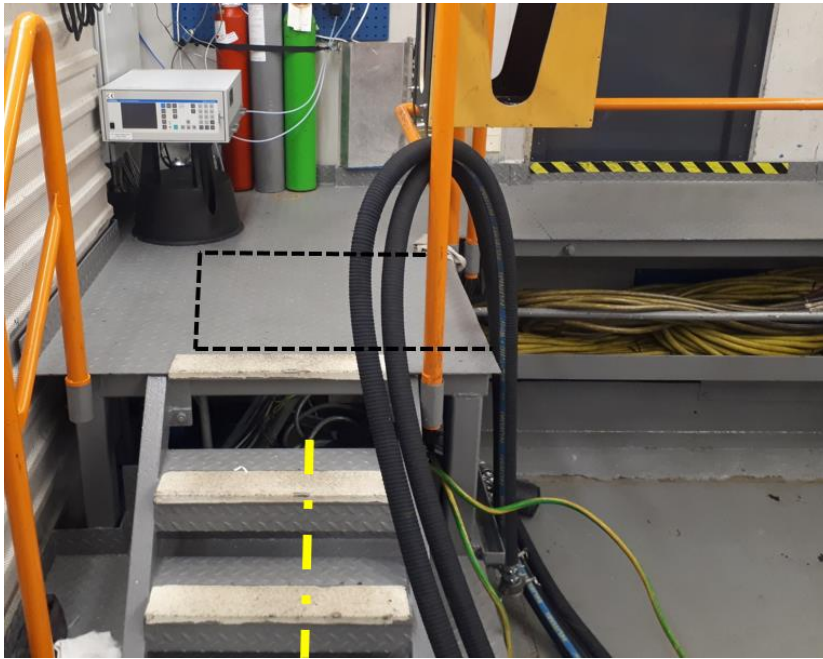
Kun muuntajaa tarvitaan gensetin koeajossa, kaapelit liitetään generaattoriin, ja muutoin niitä säilytetään kiepillä niitä varten rakennettavalla hyllyllä. Kaapeleiden vapaana olevia päitä ei koeajosellissä tarvitse säilytyksen aikana suojata sähköiskun varalta, koska järjestelmä on jännitteellinen vain silloin, kun kaapelit on kytketty generaattoriin ja moottori on käynnissä.



**Kuvio 6.** Kaapelireitti muuntajatilaan.



**Kuvio 7.** Kaapelireitti sellissä.



**Kuvio 8.** Luukku tasoon ja kaapelihylly tason alle.

## 6 YHTEENVETO

### 6.1 Komponenttien valinta, kustannusarvio

Saatuani tarjoukset toimittajilta, varasin kokouksen ekspertin kanssa tarjousten läpikäymistä varten. Kaapeloinnin, automaatiojärjestelmän muutosten ja pienjännite-erottimen osalta pyydettiin kustakin, vain yksi tarjous ilman variaatioita. Näin ollen näissä tarjouksissa ei ollut muuta läpikäytävää, kun tarkistaa, että pyydetty asiat sisältyivät tarjouksiin.

Muuntajien osalta valinta rajoittuu kahden öljymuuntajan väliseksi, koska tarjottu kuivamuuntaja jouduttiin toteamaan jo alkuvaiheessa liian suureksi käytössä olevaan tilaan. Tarjottujen öljyjäähdytteisten muuntajien välinen suurin ero on väliottokytkimen ohjaustavassa. Halvemmassa vaihtoehdossa ohjaus tapahtuu käsikäyttöisesti muuntajan kyljestä ja kalliimpi vaihtoehto on varustettu moottoroidulla käytöllä. Keskustelimme moottoroidun käytön tarpeellisuudesta koeajon esimiehen, sekä verstaapäällikön kanssa ja tulimme siihen tulokseen, ettei moottoroitu käyttö ole välttämätön, koska muuntajahuone sijaitsee koeajon valvomon välittömässä läheisyydessä. Johtuen moottorikäyttöisen väliottokytkimen tuomasta huomattavasta lisähinnasta ja siitä, ettei se ole täysin välttämätön, totesimme valinnan tässä vaiheessa ehdotuksen kääntyvän edullisempaan vaihtoehtoon. /20/

Koska muuntajan osalta valita kohdistui öljyeristeiseen muuntajaan, kävimme läpi vuotoaltaista saadut tarjoukset. Vuotoaltaiden osalta hinta eroa on 2000 €, mutta todellisuudessa tämä on hieman suurempi johtuen siitä, että edullisempi allstarjouksista on valitun muuntajavalmistajan valmistama. Näin ollen tämän altaan valitsemalla säästäisimme rahtikuluissa, kun muuntaja ja alusta tulisivat samalla rahdilla. Kuitenkin kalliimpi tarjotuista vuotoaltaista on paloturvallisuutta huomioiden parempi vaihtoehto ja tämän vuoksi valinta vuotoaltaan osalta kääntyy kalliimpaan vaihtoehtoon.

Keskijännitekojeistoista saatujen budjettitarjouksia läpikäydessä tulimme siihen tulokseen, että päädymme toimittaja B:n kompaktiin kojeistoon, koska

muuntajatilán layoutia suunnitellessa se osoittautui ainoaksi vaihtoehdoksi, joka mahtuu muuntajahuoneeseen. /3/

Kustannusarvio järjestelmälle sisältäen pääkomponenteista saadut budjettihinnat ja näiden päälle laskettu kokemusperusteinen 10 % projektiin liittyviä yleiskustannuksia varten on:

Muuntaja	46800 €
Vuotoalusta	6000 €
Kaapelointi	15000 €
Keskijännitekojeisto	31500 €
Pienjännitekuormanerotin	13258 €
Ohjausjärjestelmä ja sähkökuvien muutokset	14900 €
Yleiskustannukset	+10 %
Yhteensä	140200 €

---

Näiden lisäksi kustannuksia tulee vielä muuntajan ja vuotoalustan rahdeista.

## 6.2 Toteutussuunnitelma

Mikäli keskijännitemuuntajan hankkimisesta W20-osastolle tehdään päätös, täytyy projektin toteuttamisesta ja aikataulusta tehdä yksityiskohtaisempi suunnitelma. Esiselvitysvaiheessa toteutus aikataulusta ja resursseista keskustelimme yleisellä tasolla verstaspäällikön ja ekspertin kanssa. Järjestelmän vaatimia teräsrakennetöitä ja kaapelointeja varten koeajosellit 22 ja 23 täytyy varata tyhjäksi noin kahden viikon ajaksi. Molempien sellien ei kuitenkaan tarvitse olla vapaana yhtäaikaisesti vaan työt voidaan jaksottaa sellien välillä. Rakennustyöt voidaan toteuttaa niin, että aloitetaan sellistä 23, jonne kaapelointi tuodaan seinän läpi ja ensimmäisen viikon jälkeen myös selli 22 varataan rakennustöitä varten. Kaapelihyllyn ja avattavan työtason rakentamista varten kummassakin sellissä tarvitaan n. 3 päivää. Kummassakin sellissä hyllyt rakennetaan lopuksi kaapeleiden asennuksen jälkeen.



Muuntajan asentamisessa muuntajahuoneeseen täytyy huomioida ennakkoon se, että muuntajahuoneen ovi aukeaa kuorma-autojen purku- ja lastauspaikalle. Näin ollen muuntajan asentamisen aikana rekat eivät pääse kulkemaan. Muuntajan ja kojeistojen asennusta varten tulee katsoa n. 2 päivän aika, jolloin ei ole yhtäkään moottorin lähetystä ja kuorma-autolla tuotavat materiaalit tulee tilata ennakkoon tuotantoon. Muuntajahuoneessa tehtävät sähkötyöt eivät enää häiritse tuotantoa, tämän vuoksi varattava aika on suhteellisen lyhyt. Lisäksi järjestelmän käyttöönottoa ja testaamista varten tulee varata n. 2 viikkoa. Tämä ei kuitenkaan juurikaan haittaa enää tuotannon tai koeajon toimintaa. Toinen ja parempi vaihtoehto tuotannon kannalta on toteuttaa järjestelmän rakentaminen ja käyttöönotto kesän huoltoseisokin aikana, tällöin tuotannon kuorma on hyvin pieni ja koeajo ei ole käytössä, näin ollen rakennus työt eivät häiritsisi tuotantoa.

Karkea aikataulu, mikä toteutusta varten tulee varata, on pisin toimitusaika + 4 viikkoa. /3, 4/

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Keskijännitemuuntajan esiselvityksen tarkoituksena oli löytää vastaus, onko W20-tehtaan koeajon käyttöön mahdollista hankkia kiinteästi asennettava keskijännitemuuntaja, sekä laskea suuntaa antava kustannusarvio hankinnalle. Opinnäytetyössä näihin kysymyksiin löydettiin vastaus. Suurimpana haasteena selvityksessä oli käytettävissä olevien tilojen ahtaus, joka muodostuikin tärkeimmäksi valintaperusteeksi muuntajan ja kojeistojen osalta.

Esiselvityksen pohjalta saatua kustannusarviota voidaan pitää luotettavana, koska työn edetessä yrityksen asiantuntijoita on käytetty apuna määritellesä järjestelmän vaatimuksia, tarvittavia komponentteja, sekä toimittajia. Kustannusten laskemiseksi kalleimmista kokonaisuuksista on pyydetty budjettitarjoukset laadukkailta toimittajilta. Yleiskustannusten laskemiseksi on käytetty vastaavissa projekteissa toteutunutta kokemukseräistä kerrointa.

Esiselvityksen pohjalta saatua kustannusarviota voidaan käyttää päätöksen teon tukena, sekä investointisuunnitelmaa (CAPEX) tehdessä. Mikäli hankinnan toteuttamisesta tehdään päätös, voidaan esiselvitystä käyttää hankintaprojektin suunnitelmaa laadittaessa, sekä yksityiskohtaisen suunnittelun pohjana. Mikäli järjestelmä päätetään toteuttaa, saattaa toteutusaikataulu päätöksen ja vaaditun käyttöönotto ajan välillä olla melko lyhyt, jolloin esiselvitys nopeuttaa hankinta prosessin käynnistymistä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että koska tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa, löytyykö projektin toteuttamiselle teknis-taloudelliset edellytykset sekä varmistaa, että lopputulos tukee organisaation tavoitteita, niin tämä esiselvitys osaltaan vastasi näihin kysymyksiin. Nykyinen järjestely tuo yritykselle turhia kustannuksia, joten taloudellisesta näkökulmasta selvitettävä järjestelmä toisi yritykselle hyötyjä. Lisäksi tekniset kriteerit ja yleiset vaatimukset järjestelmälle ovat toteutettavissa, joten selvitettävä järjestelmä pystytään myös käytännössä toteuttamaan. Opinnäytetyössä on kuitenkin kyse esiselvityksestä, joten investointilaskelmat ja päätös projektin toteuttamisesta on rajattu pois, mutta esiselvityksen osalta työ vastasi kysymyksiin, joita lähdettiin selvittämään.

## LÄHTEET

- /1/ Wärtsilä Finland Oy. Viitattu 23.4.2018. <https://www.wartsila.com/fi/wartsila>
- /2/ Ruuska, K. 2012. Pidä projekti hallinnassa. Helsinki. Talentum.
- /3/ Humalamäki, H. Development Engineer, Electrical&Automation. Wärtsilä Finland Oy. Haastattelut 22.1.2018 – 4.5.2018.
- /4/ Humalamäki, H. Development Engineer, Electrical&Automation. Wärtsilä Finland Oy. Email [heikki.humalamäki@wartsila.com](mailto:heikki.humalamäki@wartsila.com) 22.1.2018 – 30.4.2018.
- /5/ Hakala, J. Technical Manager, Platform W20. Wärtsilä Finland Oy. W20 Elinkaari ja sylinteritehon kehitys. Email [juha.hakala@wartsila.com](mailto:juha.hakala@wartsila.com) 26.1.2018.
- /6/ Vaahtera, P. General Manager, Small & Medium Bore Testing. Wärtsilä Finland Oy. Muuntajasta. Email [pekka.vaahtera@wartsila.com](mailto:pekka.vaahtera@wartsila.com) 12.2.2018.
- /7/ Vertanen, J., Humalamäki, H., Smedman, P., Johansson, N. 19.2.2018. W20 Skype palaveri, Välijännitemuuntajan hankinnan kartoitus. Vaasa.
- /8/ Wikipedia artikkeli. Viitattu 22.4.2018.  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Sähköverkko>
- /9/ Korpinen, L. 1998. Sähkövoimatekniikan opus. Viitattu 27.3.2018.  
[http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/9muuntajat\\_ja\\_sahkolaitteet.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf)
- /10/ Rinne, T., Vaari, J. Uudet sammutteet ja sammutusteknologiat. 2005. Espoo. VTT Tiedotteita 2290. Viitattu 8.4.2018.  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/t2290.pdf>
- /11/ 21.5.2014. Komission asetus (EU) N:o 548/2014. Euroopan unionin virallinen lehti. Viitattu 27.3.2018. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL\\_2014\\_152\\_R\\_0001&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2014_152_R_0001&from=EN)
- /12/ Yritys, X. Osastonjohtaja Korjausrakentaminen. Yritys X Oy. Muuntajahuoneen tuuletin. Email [yritys.x@yritysx.com](mailto:yritys.x@yritysx.com) 28.2.2018.
- /13/ Verkostosuoritus RM 3:02. Kaapeliliitäntäinen verkonhaltijan muuntamo. Sähkö- energialiitto ry
- /14/ Yritys, Y. Director of Business Development. Yritys Y Oy. Muuntajan tarjous Wärtsilä W20. Email [yritys.y@yritysy.com](mailto:yritys.y@yritysy.com) 28.2.2018.
- /15/ Yritys, A. Myyntiedustaja. Yritys A Oy. Tarjouspyyntö. Email [yritys.a@yritysa.com](mailto:yritys.a@yritysa.com) 4.4.2018.
- /16/ Yritys, B. Sales Engineer. Yritys B Oy. Tarjouspyyntö. Email [yritys.b@yritysb.com](mailto:yritys.b@yritysb.com) 18.4.2018.

/17/ Yritys, C. Sales Manager. Yritys C Oy. Tarjouspyyntö. Email [yritys.c@yritysc.com](mailto:yritys.c@yritysc.com) 4.4.2018.

/18/ Yritys, D. Huoltopäällikkö, sähkö. Yritys D Oy. Tarjouspyyntö. Email [yritys.d@ritysd.com](mailto:yritys.d@ritysd.com) 20.4.2018.

/19/ Yritys, E. Lead Engineering. Yritys E Oy. Tarjouspyyntö. Email [yritys.e@rityse.com](mailto:yritys.e@rityse.com) 24.4.2018.

/20/ Ritala, A. Workshop Manager, W20 S.D.U. Wärtsilä Finland Oy. Haastattelut 22.1.2018 – 30.4.2018.

