



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

TEEMU KESKINEN

# **Oraksen tehtaan jakelumuntajien elinkaarianalyysi**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN TUTKINTO-  
OHJELMA 2023

## TIIVISTELMÄ

Keskinen, Teemu: Oraksen tehtaan jakelumuuntajien elinkaarianalyysi  
Opinnäytetyö, AMK  
Sähkö- Ja Automaatiotekniikan Tutkinto-ohjelma  
Kesäkuu 2023  
Sivumäärä: 34

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Oras Groupin Raumalla sijaitsevan tehdas-kiinteistön jakelumuuntajien elinkaarta ja selvitettiin laitteiston muuntajien mahdollisia vaihtotarpeita tulevaisuudessa. Työ toteutettiin Oras Groupin omasta tarpeesta ja Quant Finland Oy:n toimeksiannosta. Quant Finland Oy on maailman laajuinen kunnossapitoyritys, jonka yksi toimipisteistä sijaitsee Oras Groupin Rauman tehtaalla.

Työssä tutustuttiin aluksi yleisesti jakelumuuntajiin sekä käytiin läpi tehtaalla käytössä olevien muuntajien tyypit ja niiden olennaiset erot. Lisäksi käytiin läpi olennaisia muuntajien kunnossapitoon liittyviä toimenpiteitä, joiden pohjalta on tehtävissä elinkaareen liittyviä havaintoja.

Tutkimuksessa lähdettiin selvittämään jakelumuuntajan elinkaareen vaikuttavia ympäristötekijöitä. Ympäristötekijöistä tehtiin yhteenveto ja niiden mahdollisia vaikutuksia elinkaareen arvioitiin raportissa. Lisäksi elinkaaren pituudesta haettiin erilaisia kantoja mm. Suomen lainsäädännöstä sekä erilaisista standardi julkaisuista. Työhön kerättyjä erilaisia kantoja verrattiin tehtaalta löytyviin huoltoraportteihin, joiden perusteella luotiin näkemys muuntajien sen hetkestä kunnosta ja vaihtotarpeesta.

Asiasanat: Jakelumuuntaja, Kunnossapito, Elinkaari

## Abstract

Keskinen, Teemu: Life cycle analysis of transformers at Oras factory

Bachelor's thesis

Degree programme in electrical and automation engineering

June 2023

Number of pages: 34

The objective of this thesis was to produce a life cycle analysis of electrical transformers at the Oras Group factory at Rauma and to investigate possible needs of replacements. Thesis was produced from the need of Oras Group and commissioning of Quant Finland Oy. Quant Finland Oy is a global maintenance company and one of its units is located at Oras Group factory in Rauma.

First step of this thesis was to cover transformers in general and then to cover types of transformers which are used at the factory. Also, this study was about key maintenance tasks from which one can draw notices regarding the life cycle.

The research was done by finding out how different environmental circumstances can influence the life cycle of a transformer. Then a summary was made about the circumstances at the factory and their possible effects were discussed in the report. More opinions about the length of transformers life cycle were searched from the Finnish law and other standard documents. Those opinions were compared to transformers maintenance reports located at the factory and a conclusion was made about the current form of the transformers.

Keywords: Transformer, Maintenance, Life cycle

## ALKUSANAT

Tämä työ suoritettiin työnantajalleni Quant Finland Oy:lle sekä asiakasyritys Oras Groupille. Työn aihe on peräisin Oras Groupin omasta tarpeesta. Haluan kiittää osapuolia, jotka olivat kehittämässä aihetta ja mahdollistamassa opin-  
näytteen suorittamista.



## 1 JOHDANTO

Työn aiheena oli suorittaa elinkaarianalyysi Oras Groupin Rauman tehtaassa 20kV/0,4kV jakelumuuntajille. Opinnäytetyön avulla luotiin raportti, josta selviää muuntajille suositeltavat toimenpiteet sekä mahdollinen uusinnan tarve.

Kartoituksen kohteena olevassa tehdaskiinteistössä on yhteensä seitsemän muuntajaa, joiden iät ovat 30-50 vuotta. Muuntajien korkean käyttöiän johdosta opinnäytetyönä suoritettu elinkaarianalyysi koettiin tärkeäksi osaksi sähkölaitteiston elinkaarenhallintaa ja käyttövarmuutta.

Aineistoina kartoituksessa käytettiin huoltodokumentteja, ST-kortteja, lainsäädäntöä sekä laitevalmistajien antamia tietoja. Kartoituksen lisäksi työssä käsiteltiin jakelumuuntajien elinkaaren määrittämiseen liittyviä toimenpiteitä ja elinkaareen vaikuttavia tekijöitä.

## 2 TOIMEKSIANTAJA JA KOHDE

### 2.1 Quant Finland Oy

Työn toimeksiantaja on Quant Finland Oy, joka on osa maailmanlaajuista Quant-konsernia. Quant on teollisuuden kunnossapitoyritys, jolla on yli 400 yksikköä ja noin 3400 työntekijää ympäri maailman. Suomessa toimipisteitä on parikymmentä ja Quant Finland Oy:n liikevaihto oli vuonna 2021 noin 52,2 miljoonaa euroa. Quantin toimialaan kuuluu tehtaan koneiden ja kiinteistön huolto-, korjaus- sekä muutostyöt. (Quantservice.com - Tutustu Quantiin, n.d.)

### 2.2 Oras Group

Oras Group on vuonna 1945 Raumalle perustettu teollisuuden yritys, jonka toimialaa ovat talotekniikan vesikalusteet. Yleisesti tunnetuimpia tuotteita ovat hanat, joissa Oras Group on markkinajohtaja Euroopassa ja Pohjoismaissa.

Kuvassa 1 on esitettyä Raumalla sijaitseva Oras Groupin pääkonttori. Oras Groupilla on tällä hetkellä tehtaat Raumalla, Puolan Olesnossa sekä Kralovicsessa Tšekissä. Oras Group työllistää noin 1400 työntekijää 17:sta eri maassa ja sen liikevaihto oli vuonna 2021 noin 233,5 miljoonaa euroa (Oras.com - Oraksen historiaa, n.d.)

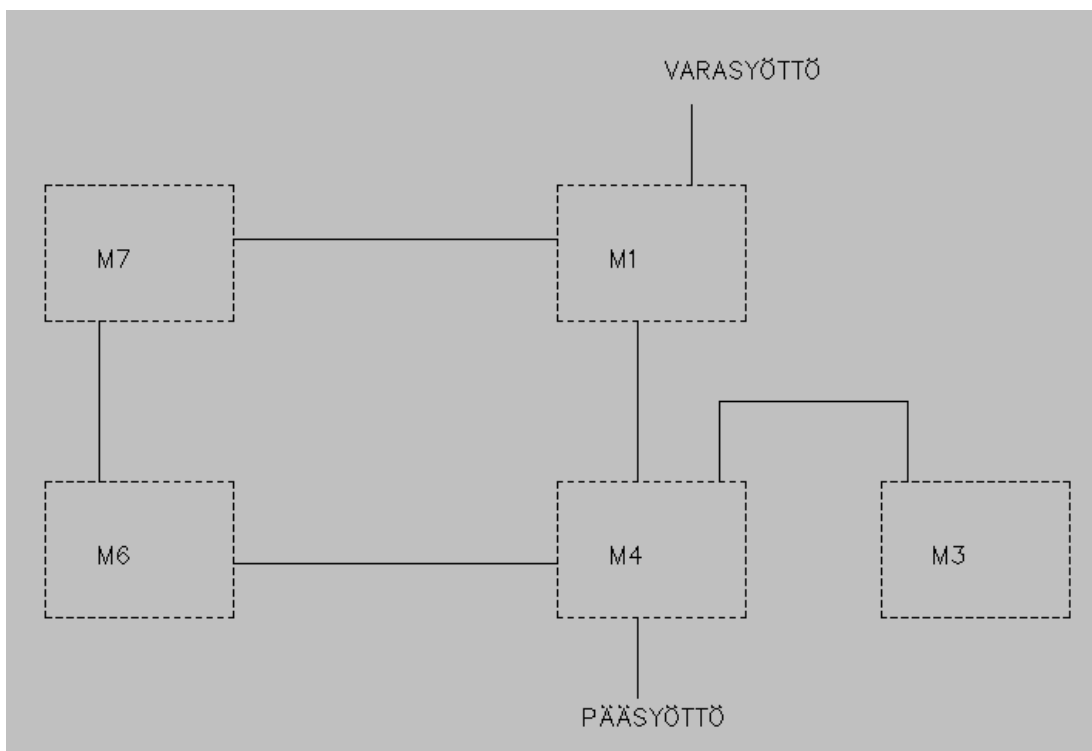


Kuva 1. Oras Groupin Rauman pääkonttori (Nicelocal.fi, n.d.)

### 2.2.1 Tehtaan jakeluverkko

Kohteena olevan tehtaan sähkönjakeluverkko koostuu viidestä muuntamosta, joissa on yhteensä seitsemän lenkkiin kytkettyä 20kV/0,4kV jakelumuuntajaa. Muuntamot M7 ja M6 sisältävät kaksi jakelumuuntajaa. Lenkkiin kytkemisen etuna on mahdollisuus sulkea tarvittaessa sisäisesti vain yksittäinen muuntaja niin, että koko rakennusta ei tarvitse kytkeä irti verkosta eikä koko kiinteistön syöttöä tarvitse vaihtaa. Kiinteistöllä on kaksi erillistä syöttökaapelia, joista pääsyöttö on kytketty rakennuksen eteläpuolelle muuntamoon M4 ja vara-syöttö pohjoispuolelle muuntamoon M1. Kuvassa 2 on esitettyä muuntamoiden kaaviopiirros.



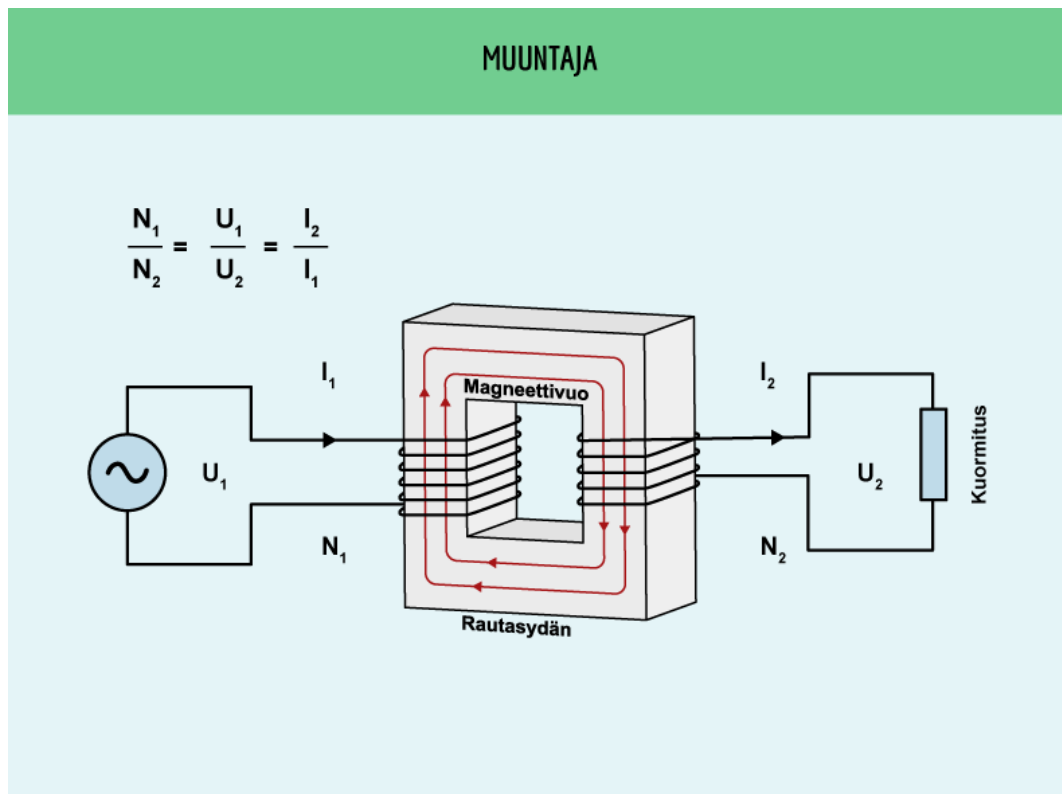


Kuva 2. Tehtaan muuntamoiden kaaviopiirros (piirtäjä Teemu Keskinen)

### 3 JAKELUMUUNTAJA

#### 3.1 Muuntajan toimintaperiaate

Muuntaja on sähkölaite, jonka tehtävänä on muuntaa vaihtosähkön jännitettä tai virtaa syötettävälle laitteelle sopivaksi. Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, jossa ensiökäämiin kytketty jännite vaikuttaa toisiokäämiin muuntajan rautasydämen kautta. Kuvassa 3 on esitettyä havainnekuva muuntajasta. Kuvassa  $U_1$  on ensiökäämi ja  $U_2$  toisiokäämi.

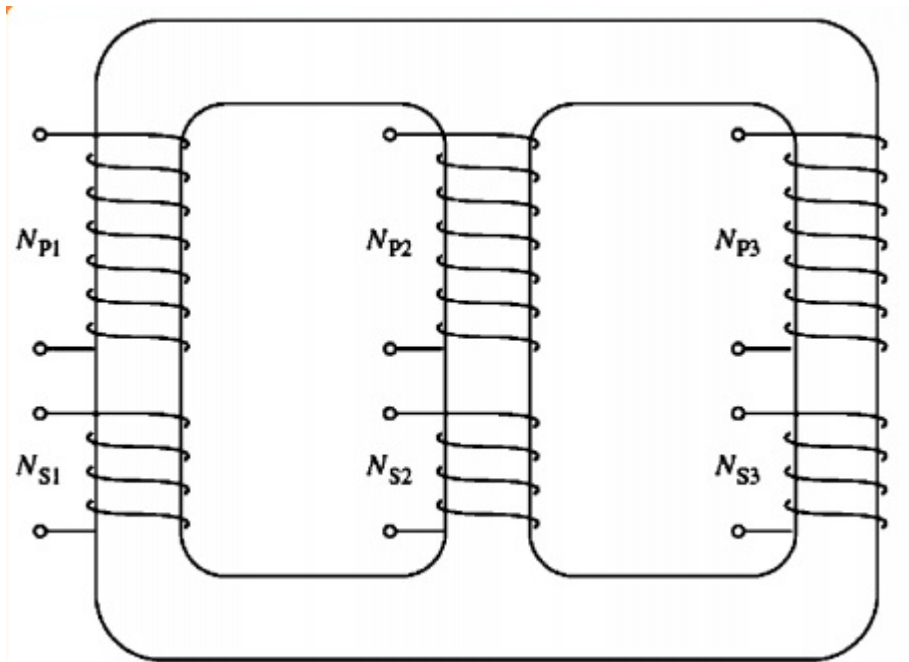


Kuva 3. Muuntajan toimintaperiaate (A.Karkkulainen, O.Karkkulainen ja Kinunen, 2014, s.39)

Muuntajan muuntosuhde kuvaa ensiö- ja toisiokäämien jännitteiden suhdetta toisiinsa. Muuntosuhde on myös suoraan verrannollinen ensiö- ja toisiokäämien kierrosten lukumääriin sekä virtojen käänteisarvoon.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Kolmivaiheinen muuntaja on muuten toimintaperiaatteeltaan samanlainen, mutta jokaiselle vaiheelle on oma ensiö- ja toisiokäämityksensä. Kuvassa 4 on esitetty kolmivaiheisen muuntajan rakennetta ja käämien asettelua. Jokaiselle vaiheelle on oma pylväänsä, jonka ympärille vaiheen käämitykset ovat laitettu. Tällainen rakenne toimii, koska kolmivaihesähkössä pätevän vaihe-eron takia magneettivuot summautuvat solmupisteissä nolaksi eivätkä vaikuta toisiinsa. (Huurinainen, 2006. s.11)



Kuva 4. Kolmivaiheinen muuntaja (The Engineering Knowledge, 2021)

### 3.2 Käyttökohteet

Muuntajia käytetään sähkönsiirrossa erikokoisina ratkaisuna aina voimalaitokselta kotitalouksiin asti. Yleisesti sähköä siirrettäessä on lämpötilahäviöiden kannalta edullisinta käyttää mahdollisimman suurta jännitettä, jolloin vastavasti virta pysyy mahdollisimman pienenä. Korkea sähkövirta taas nostaa johdinten lämpötilaa ja aiheuttaa resistanssin kasvua.

Voimalaitoksilta lähdettäessä jännite tuodaan kantaverkkoon 110, 220 tai 400 kilovoltin suurjännitteellä. Suurjännitteellä hoidetaan kaikki satojen tai tuhansien kilometrien sähkönsiirrot esimerkiksi kaupunkien välillä. Kaupungin sisällä sähkö muunnetaan keskijänniteverkon 20kV:n ja asuinalueilla myöhemmin 230V pienjänniteverkkoon. (STUK, 2021)

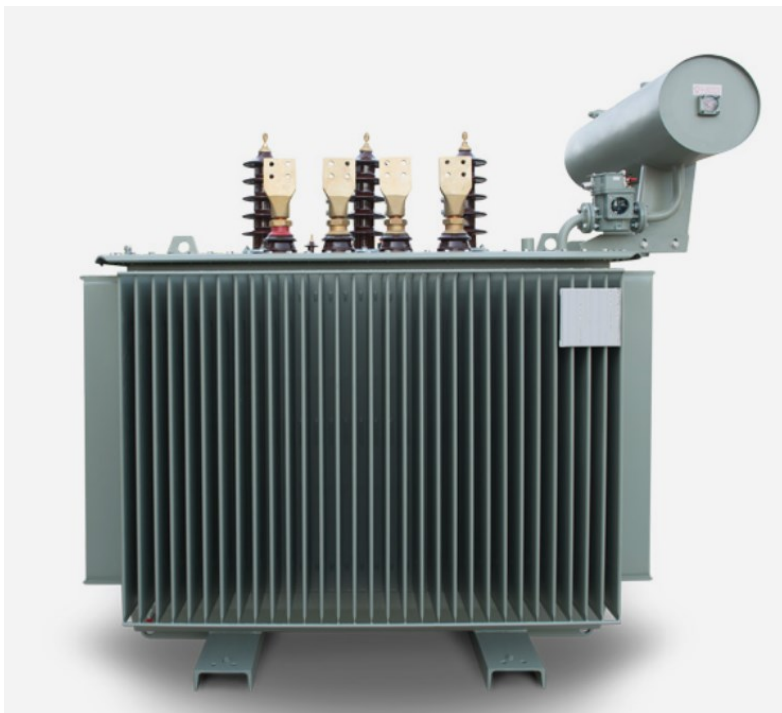
Pienimpiä muuntajia ovat elektroniikan muuntajat, joilla jännite pudotetaan alle 230V. Näitä löytyy esimerkiksi puhelinten latureista tai muista kotitalouden laitteista.

### 3.3 Tehtaan jakelumuuntajien tyypit

Oras Groupin Rauman tehtaalla on käytössä kahta erityyppistä muuntajaa. Molemmat muuntajatyypit ovat öljyjäähdytteisiä. Tässä osiossa on tarkemmin läpikäytyä nämä tyypit, sekä niiden rakenteelliset erot.

#### 3.3.1 Paisuntasäiliöllinen muuntaja

Paisuntasäiliöllisessä muuntajassa toimintaperiaate on hyvin samanlainen, kun esimerkiksi autotekniikan nestejäähdytyksessä. Muuntaja täytetään öljyllä niin, että muuntajan yläpuolelle sijoitettu paisuntasäiliö tulee noin puolilleen. Jos lämpötila muuntajassa nousee, niin öljyllä on tilaa laajentua paisuntasäiliönsä. Paisuntasäiliön yhteyteen on myös laitettu silikageeliä sisältävä ilman-kuivain, jonka sisältö täytyy vaihtaa ajoittain. Kuvassa 5 on esitettyä muuntajaa, jossa on yläosassa paisuntasäiliö. (Expansion Tank Transformer, n.d.)



Kuva 5. Paisuntasäiliöllinen muuntaja (MDS Trafo, N.d.-a)

### 3.3.2 Hermeettinen muuntaja

Hermeettinen muuntaja näyttää ulkopuolelta hyvin samanlaiselta, kun paisuntasäiliöllinen muuntaja, mutta ilman säiliötä. Hermeettisen muuntajan järjestelmä täytetään kokonaan öljyllä ja sinetöidään niin, että öljy ei ole koskaan kosketuksissa ilman kanssa. Tämä pidentää öljyn käyttöikää, koska hapettumista ei pääse tapahtumaan. Sinetöidyn rakenteensa takia öljy ei lähtökohtaisesti vaadi huoltotoimenpiteitä, mutta sen korjaaminen esimerkiksi vuodon takia on työläämpää.

Siinä missä paisuntasäiliölliseen muuntajaan on tehty tilaa öljyn laajenemista varten, on hermeettisen muuntajan rakenne hieman erilainen. Sen seinät on suunniteltu antamaan periksi tilanteissa, jossa öljyn muuttunut lämpötila aiheuttaa laajenemista. (MDS Trafo, N.d.-b)

## 4 MUUNTAJAN KUNNOSSAPITO JA SEN ELINKAAREEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 4.1 Lämpötila ja ympäristö

Lämpötila on yksi merkittävä elinkaaren vaikuttavista tekijöistä. Varsinkin liiallinen kuumuus voi johtaa muuntajan ylimääräiseen kulumiseen tai pahimmillaan palamiseen. Yleisesti öljymuuntajat mitoitetaan +40C° ympäristöön, jossa niille määritetään sallittu lämpötilan nousu. Usein nämä nousut ovat luokkaa 55C° - 65C°. Kylmyyttä muuntaja kestää hyvin, sillä se tuottaa itsessään jo melko paljon lämpöä. Kuvassa 6 on esitettynä tutkimuksessa käytetty Fluke VT02 lämpökamera, jota käytettiin muuntamotilojen lämpötilojen mittaamiseen. (Copper development association, n.d)



Kuva 6. Muuntajatilän lämpötilan mittaus

Muita huomioon otettavia ympäristön vaikutuksia ovat ilmanlaatu ja kosteus. Näillä molemmilla voi olla vaikutusta, jos pölyä tai kosteutta päätyy esimerkiksi öljyn sekaan. Kosteus voi aiheuttaa myös korroosiota laitteen ulkopuolisille osille ja sitä kautta lyhentää käyttöikää (Huurinainen, 2006. s 35).

## 4.2 Muuntajaöljyn laatu

Muuntajaöljystä otetun näytteen perusteella voidaan osaltaan arvioida muuntajan kuntoa ja sen elinkaarta. Näytteestä saadaan tutkittua erilaisia öljyn sisältämiä pitoisuuksia, joilla on vaikutusta sen toimivuuteen. Öljyn ominaisuuksien heikentyessä muuntaja altistuu erilaisille haittavaikutuksille, kuten korroosiolle. Tässä osiossa on tarkemmin läpikäytynä öljyn hapettuminen sekä läpilyöntilujuus.

### 4.2.1 Hapettuminen

Muuntajaöljyn päätehtävinä on jäähdyttää muuntajaa ja toimia sähköeristeenä. Öljyn koostumuksen muuttuessa nämä ominaisuudet heikkenevät ja

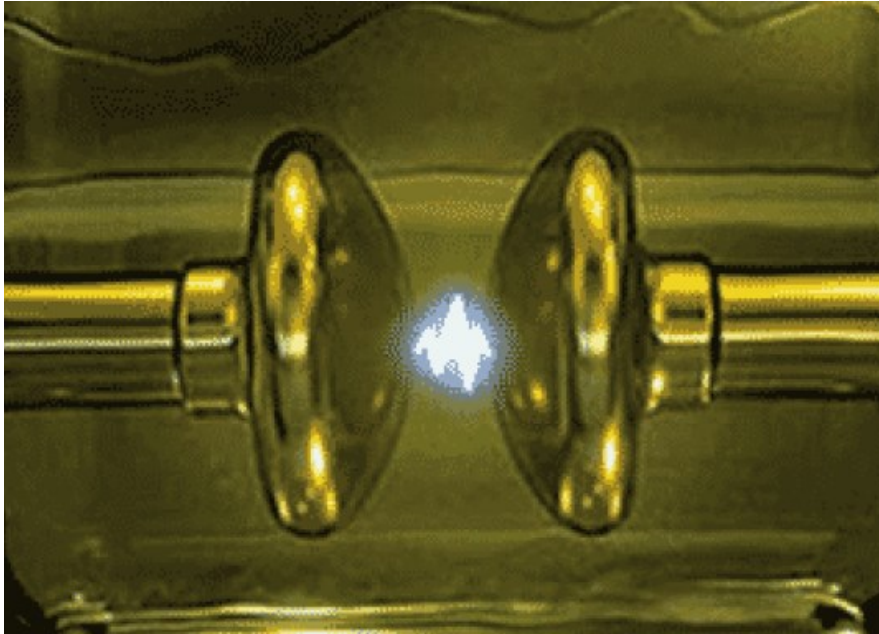
muuntajan sisäiset osat saattavat vahingoittua. Tästä syystä öljyn kuntoa seurataan huoltotoimenpiteenä. (Keränen, 2013, sivu 15)

Muuntajaöljy kuluu normaalitilanteessakin hitaasti hapettumalla, mutta esimerkiksi lämpötila ja ylimääräisten partikkelien määrä öljyssä vaikuttaa reaktion voimakkuuteen. Hapettumista aiheutuu, kun happi pääsee kosketuksiin öljyn kanssa ja aiheuttaa kemiallisen reaktion. Esimerkiksi rikki aiheuttaa hapen kanssa reaktion, joka aiheuttaa korroosiota kuparisille osille. (Shell, 2016, s.7)

Inhibiittoria lisäämällä voidaan hidastaa öljyn hapettumista. Inhibiittori toimii ikään kuin uhrautumalla. Se reagoi öljyssä olevan hapen kanssa muodostaen neutraalin molekyylin, joka ei enää reagoi minkään kanssa. Näin ollen se kuluttaa happea pois öljystä. Joissakin öljyissä on valmiiksi mukana inhibiittoria. (Shell, 2016 s.5)

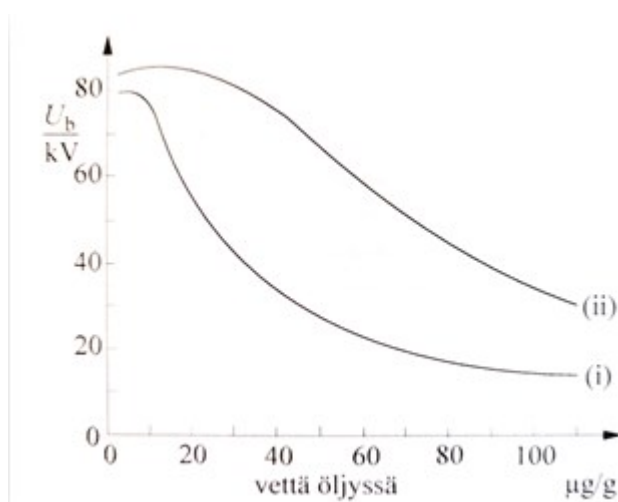
#### 4.2.2 Läpilyöntilujuus

Öljyn eristävyttä mitataan sen läpilyöntilujuudella. Läpilyöntilujuudella eli dielektrisellä lujuudella tarkoitetaan tietyn aineen kynnysjännitettä, johon asti se kykenee toimimaan eristeenä. Kuvassa 7 on esitettyä läpilyöntilujuuden mittausta, jossa öljyssä oleviin johtimiin tulevaa jännitettä nostetaan niin kauan, kunnes valokaari syntyy ja tapahtuu läpilyönti. (Electrical Volt, n.d).



Kuva 7. Öljyn läpilyöntin mittaus testilaitteella (Electrical Volt, n.d)

Läpilyöntilujuuden yksikkö on voltia per metri eli vaikuttavia asioita ovat jännitteen lisäksi eristysaineen muodostaman seinämän paksuus. Puhtaan muuntajaöljyn läpilyöntilujuus on noin 60 kV/2,5 mm. Se tarkoittaa, että 2,5 mm paksuinen öljykerros toimii eristeenä 60 kV asti. Kosteuden pääsy öljyyn vaikuttaa sen läpilyöntilujuuteen alentavasti, sillä vesi on tunnetusti johde, jolla ei ole ollenkaan eristävää ominaisuutta. Kuvassa 8 on esitetty miten vesi vaikuttaa läpilyöntilujuuteen. Kuvan kahdesta käyrästä (i) tarkoittaa puhdasta öljyä, jossa on kiinteitä epäpuhtauksia 55 µg/g ja (ii) samaa öljyä suodatettuna epäpuhtauksista. (Multirel, 2021.)



Kuva 8. Veden vaikutus öljyn läpilyöntilujuuteen (Multirel, 2021))



Läpilyöntilujuutta voidaan ajatella salaman iskun kautta: Ukkosella jännite maan ja ukkospilven välissä kasvaa. Salama syntyy, kun jännite ylittää eristeen eli tässä tapauksessa ilman läpilyöntilujuuden ja purkautuu sen läpi maahan. Salaman iskeminen alueen korkeampiin paikkoihin johtuu myös tästä samasta ilmiöstä. Korkean paikan ja pilven väliin mahtuu vähemmän eristävää ainetta, jolloin tarvittava kynnysjännite pienenee.

Itse testaus toimii niin, että muuntajasta otettu öljynäyte kaadetaan laitteen mitta-astiaan. Sen jälkeen laitteen käyttöpaneelista aletaan nostaa jännitettä 2kV/s tahdilla, kunnes läpilyönti tapahtuu. Sama toistetaan useamman kerran ja lopuksi tuloksista otetaan keskiarvo. Kuvassa 7 on esitetty lähikuva BDV-mittauksesta, jossa läpilyönti on juuri tapahtunut. (Electrical Volt, N.d.)

#### 4.3 Määräaikaiset kunnossapitotoimet

Suomen sähköturvallisuuslaki määrittää, että eri luokan sähkölaitteille tulee suorittaa määräaikaistarkastus tietyin väliajoin. Nämä välit määräytyvät seuraavasti:

- Luokan 1 sähkölaitteistot (jotka eivät ole asuintiloja), 10 vuoden välein
- Luokan 2 sähkölaitteistot, 10 vuotta
- Luokan 3 sähkölaitteistot 5 vuotta

Sähköturvallisuuslaki ei kuitenkaan ota kantaa määräaikaistarkastusten varsinaiseen sisältöön. Niiden kuitenkin tulee olla riittävän laajoja, jotta laitteiston kunnan kehitystä saadaan pidettyä silmällä ja se on turvallinen käyttää. Lisäksi luokan 2 ja 3 sähkölaitteistoille täytyy luoda kunnossapito-ohjelma, joka ottaa huomioon laitteiston käyttöympäristön. Tässä tapauksessa tehdaskiinteistö luokitellaan luokan 2 sähkölaitteistoiksi, sillä se sisältää yli 1000V nimellisjännitteisiä osia.

Laki määrittää, että määräaikaistarkastuksessa tehdyistä toimenpiteistä tulee jäädä pöytäkirjat ja niiden suorittajan tulee olla valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. Valtuutetulla laitoksilla ja tarkastajalla tarkoitetaan lyhyesti sitä, että kyseisellä taholla on Tukesin myöntämä lupa tarkastusten suorittamiseen. (Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135, luku 1 § 50 & 51)

Liitteessä 1 on ote kohteena olevan tehtaan keskijänniteverkon kunnossapitosuunnitelmasta. Liitteestä on havaittavissa eri laitteille asetetut huoltovälit.

#### 4.3.1 Määräaikaishuolto

Määräaikaishuollossa tarkastellaan muuntamon ja muuntajan yleistä kuntoa. Tarkastuksiin kuuluu erilaisia silmämääräisiä tarkastuksia sekä mittalaitteilla suoritettavia koestuksia.

Tarkastuksia ovat mm. kuormanerotimien ja muiden kytkimien toiminnan testaus sekä niiden silmämääräinen yleisen kunnan tarkastelu. Toiminnan testauksen yhteydessä voidaan suorittaa osien puhdistuksia tai voiteluita, jos havaitaan esimerkiksi iästä ja käyttämättömyydestä johtuvia lieviä ongelmia. Myös muuntamoiden siisteyttä tarkastellaan, jotta esimerkiksi liika pölyisyys tai roskaisuus ei aiheuta paloturvallisuusriskiä. Mahdolliset puutteet kirjataan pöytäkirjaan.

Koestuksissa testataan mm. suojareleiden toimintaa. Liitteessä 2 on ote ABB:n BBC ISM 21 -releen koestuksesta. Pöytäkirjasta nähdään mm. releelle asetetut havahtumisarvot (alempi havahtumisarvo  $I>$  ja ylempi havahtumisarvo  $I>>$ ) sekä mitatut toiminnan arvot.

Tässä tapauksessa releen  $I>$  arvo on säädetty havahtumaan kohdassa  $2,0 \times I_n$ .  $I_n$  arvolla ollessa 5A havahtumisarvoksi saadaan 10A. Mitatuista arvosta nähdään, että havahtuminen tapahtuu kaikilla vaiheilla 9,53A-9,86A lukemissa. Näiltä osin voidaan todeta, että rele toimii säätöjen mukaisesti.

### 4.3.2 Öljyanalyysi

Öljyanalyysi suoritetaan usein muiden määräaikaishuoltojen yhteydessä. Se suoritetaan ottamalla muuntajan öljystä näyte ja lähettämällä se laboratorioanalyysiin. Analyysin pohjalta saadaan raportti, jossa on kirjattuna yksityiskohdalliset tulokset eri aineiden pitoisuuksista sekä mahdolliset huomiot ja suositeltavat toimenpiteet.

Liitteessä 3 on esitetty ote tehtaan muuntaja M3:n öljyanalyysin raportista. Raportin otteesta voidaan havaita, että öljyn rajapintajännitys ei enää ole suositelluissa raja-arvoissa. Myös inhibiittipitoisuus alkaa lähennellä suosituksen alarajaa.

Nämä edellä mainitut puutteet eivät kuitenkaan aiheuta akuutteja toimenpiteitä, sillä samassa liitteen 3 raportissa on annettu lisäkommenttina seuraavaa:

”Koska N-luku on hyvä, niin kohtalainen rajapintajännitys ei aiheuta toimenpiteitä. Suosittelemme lisäämään inhibiittia alkuperäiseen arvoon (oletus 0,3 %), jotta vältetään muuntajaöljyn happamoituminen.”

Hyvällä N-luvulla tarkoitetaan öljyn alhaista happolukua, joka kuvaa happamien yhdisteiden määrää öljyssä. Öljyn happamuudella on suoraan vaikutusta sen rajapintajännitykseen, joka taas kuvaa öljyn kykyä jäähdyttää muuntajaa. N-luvun ollessa alhainen sekä inhibiittipitoisuuden ollessa edelleen suositusten sisällä, akuuttia pelkoa öljyn nopeasta happamoitumisesta ei ole. Näin ollen pelkkä inhibiitin lisääminen riittää. (Pelkonen, Fagerholm & Rautio. N.d.)

## 5 ELINKAAREEN LIITTYVÄT LAIT JA STANDARDIT

Lait, asetukset, standardit sekä ST-kortit ohjaavat lähes kaikkea kaupallista toimintaa. Vaikka kaikki neljä liittyvätkin olennaisesti toisiinsa on niiden käytössä ja tulkinnassa eroja.

Laki sekä niihin liittyvät asetukset velvoittavat kaikkia eikä niitä voi jättää noudattamatta. Laki on yhteiskunnan sääntöjen perusta. Asetus tarkoittaa esimerkiksi valtioneuvoston antamaa tarkennusta olemassa olevaan lainsäädäntöön. (Tiirikainen, 2021, kohta Kotimaisia säädöksiä on erilaisia ja eritasoisia).

Standardit ovat tunnustetun organisaation luomia normatiivisia asiakirjoja, joiden tarkoituksena on yhdenmukaistaa toimintatapoja. Standardien noudattaminen varmistaa sen, että asiat tehdään turvallisesti sekä vaatimuksia ja lakeja noudattaen. ST-kortit ovat standardien pohjalta luotuja lyhyempiä ja rajatumpia julkaisuja, joista löytyy standardin mukaisia käytännön menetelmiä ja ohjeita eri työvaiheiden suorittamiseen. Standardit ja ST-kortit ovat luonteeltaan kuitenkin vain suosituksia, ja niiden noudattaminen ei ole pakollista (TUKES, n.d.-a; Sähkötieto, n.d.).

### 5.1 Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135

Sähköturvallisuuslaki on Suomessa kaiken sähköön liittyvän toiminnan perusta. Siinä jaetaan lopulliset vastuut sähkölaitteistojen rakentamiseen, käyttöön ja kunnossapitoon. Näin sähköturvallisuuteen liittyvät laiminlyönnit voidaan tarvittaessa rangaista myös tuomioistuimessa.

Sähköturvallisuuslaki ei suoraan ota kantaa siihen, että kuinka kauan ajallisesti yksittäinen sähkölaite tai laitteisto on käyttökelpoinen. Se kuitenkin epäsuorasti määrittelee mahdollisten toimenpiteiden tai laitteen uusinnan ajankohdan, jos laitteisto ei ole lain vaatimassa kunnossa tai sen käytössä havaitaan muita puutteita.

Sähköturvallisuuslain 47 § mukaisesti sähkölaitteiston haltijalla ja käytön johtajalla on pääasialliset vastuut laitteiston turvallisuudesta ja siitä, että laitteiston kuntoa seurataan sekä tarvittaessa ylläpidetään. Puutteet tulee lain mukaan korjata riittävän nopeasti. Tarkkaa aikaa laki ei kuitenkaan määrittele, vaan kiireellisyys määräytyy tapauskohtaisesti. 94§ mukaan viranomainen voi tarvittaessa määrätä laitteen korjattavaksi tietyssä määräajassa.

## 5.2 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien kuntoarvio ja -tutkimus ST 97.00

ST-kortti 97.00 käsittelee sähkölaitteistojen elinkaaren tutkimista. Siinä on annettuna yleisiä ohjeita laitteiston kuntokartoituksen läpivientiin sopimuksesta raportointiin. ST 97.00 on annettuna mm. erilaisia mittauksia, joita voidaan suorittaa kuntoarviota tehdessä. Kuntokartoituksen suorittamisen tarpeelle ei ole kuitenkaan annettu mitään aikaväliä, vaan esimerkiksi mittauksien suorittamisen osalta tarve määräytyy mahdollisten oireiden tai vikojen pohjalta.

ST-kortin liitteessä 1 on listattuna arvioituja elinkaaria joillekin sähkölaitteistoille. Aiheeseen liittyen S221 Suurjännitejärjestelmälle on annettu 50 vuoden arvio sen elinkaaresta, kun taas S222 Pääjakelujärjestelmälle 400/230V ei ole annettu mitään arviota. Oras Groupin Rauman tehtaan tapauksessa järjestelmän voidaan tulkita täyttävän suurjännitteen kriteerit.

## 6 TUTKIMUSTULOKSET

### 6.1 Huolloissa tehdyt havainnot ja jatkotoimenpiteet

Tehtaalla on suoritettu muuntamoiden määräaikaistarkastukset edellisen keran heinäkuussa 2021. Tällöin on suoritettu muiden huoltotoimien yhteydessä myös öljyanalyysejä.

Huolloissa tehdyistä havainnoista vain pieni osa vaatii akuutteja toimenpiteitä. Nämä havainnot liittyvät pääosin muuntajien pääkatkaisijoiden toimintaan, joten niiden korjaukset onnistuvat erillisillä varaosilla. Kaikkiaan kolmessa katkaisijassa havaittiin lievää toimintahäiriötä, mutta nämä saatiin korjattua ilman varaosia. Yksi katkaisija todettiin olevan akuutimmin rikki ja se on sittemmin myös uusittu.

Öljyanalysien pohjalta muuntajien kunto on edelleen melko hyvässä kunnossa. Vain kahteen muuntajaan suositellaan jatkotoimenpiteenä tiheämpää näytteenottoväliä. Mikään öljyanalysin tuloksista ei tällä hetkellä anna merkkiä akuutisti heikkenevästä kunnosta.

## 6.2 Olosuhteiden mahdolliset vaikutukset

Kaikki tehtaalla olevat muuntajat on suojattu asianmukaisesti pölyltä ja likaantumiselta. Kaikki muuntajat ovat sijoitettu erillisiin kammioihin, joihin lika ei juurikaan pääse. Sen sijaan muuntamotilojen lämpötiloissa on melko suuriakin eroja.

Muun aineiston keräämisen yhteydessä muuntamotiloille suoritettiin lämpötilan mittaus. Mittaukseen käytettiin Fluken VT02 lämpökameraa ja mittaus suoritettiin ulkolämpötilan ollessa -7 celsiusastetta. Mittauksen pohjalta muuntamot M1, M6 ja M7 vaikuttavat olevan selvästi alttiimpia ulkolämpötilalle, kun taas M3 ja M4 olivat pakkasellakin melko lähellä tehtaan sisäilmaa.

M1 ja M6 muuntamot ovat sijoitettu melko pienikokoisiin tiloihin rakennuksen ulkopuolelle niin, että aurinko pääsee paistamaan suoraan päin tilan ulkoseinää. Varsinkin pitkillä hellejaksoilla näiden tilojen lämpötilat saattavat nousta hyvinkin korkeiksi.

M7 tila sijaitsee rakennuksen alla, mutta sinne puhalletaan suoraan ilmanvaihdon tuloilmaa, joka varsinkin pakkasella saa tilan muuttumaan hyvin kylmäksi. Kesällä tilanne voi olla hyvinkin erilainen, mutta siitä ei ole olemassa mittaus-tietoa.

Mittaustulokset ovat enemmän suuntaa antavia, sillä tarkempaa tulosta varten seurantaan täytyisi suorittaa koko vuoden ajan. Nyt mittaus suoritettiin kerran kylmällä ilmalla, mutta kesän ajalta mittauksia ei ole.

### 6.3 Laittevalmistajien kanta

Laittevalmistajille lähetettyihin kyselyihin oletetusta elinkaaresta ja siihen liittyvistä huolloista ja tarkastuksista, ei yrityksistä huolimatta saatu vastausta. Laittevalmistajilta ei onnistuttu tavoittamaan sellaista tahoa, joka olisi osannut ottaa kantaa asiaan. Vanhimman muuntajan tapauksessa laittevalmistaja on ehtinyt lopettamaan toimintansa.

### 6.4 ST 97.00

ST-kortti 97.00 antaa sähköjakeluun kuuluville laitteille 50 vuoden arvion elinkaaresta. Näin ollen, jos tätä ohjetta lähdetään tulkitsemaan täydellisen tarkkaan, on tehtaan vanhin muuntaja M3 ylittämässä tämän jo viiden vuoden kulluttua.

Oman tulkinnan lisäksi asiaan kysyttiin kantaa sähkönjakelujärjestelmiin erikoistuneelta JT-Export Oy:n Jussi Elomäeltä. Vastauksen mukaan 50 vuoden arvio on yleisesti käytössä silloin, kun suunnitellaan ja mitoitetaan uutta järjestelmää. Jo olemassa olevien laitteiden käytännön elinkaareen se ei ota kantaa. (Elomäki, 2023)

## 6.5 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslain laajuuden vuoksi sen täydellinen vertaaminen yksittäiseen tapaukseen on hyvin haastavaa. Lisäksi lain tulkitsemiseen ei ole tässä tilanteessa käytetty alan ammattilaista, vaan tulkitseminen on tämän raportin laatijan oma näkemys.

Laki määrittää, että luokan II ja III sähkölaitteistoille pitää olla oma kunnossapitosuunnitelma, joka ylläpitää laitteistojen käytön turvallisuutta (Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135, luku 1 § 48). Lisäksi I- ja II- luokan laitteistoille täytyy suorittaa määräaikaistarkastukset vähintään 10 vuoden välein (Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135, luku 1 § 50).

Kohteena olevan tehtaan tapauksessa laitteistolle on määritetty asianmukainen kunnossapito-ohjelma. Määräaikaistarkastuksista löytyy dokumentit, joiden perusteella tarkastuksia on suoritettu useammin, kun mitä laki velvoittaa. Lisäksi tarkastuksia suorittanut yritys löytyy Tukesin toiminnanharjoittajarekisteristä. Tarkastusdokumenttien perusteella laitteisto ei aiheuta vaaraa tai haittaa sen käyttäjille. (TUKES, n.d.-b, Toiminnanharjoittajarekisteri)

## 6.6 Tutkimustulosten yhteenveto

Tämän kartoituksen perusteella ei ole akuuttia tarvetta varautua muuntajien uusintaan lähitulevaisuudessa. Tätä päätelmää puoltavat mm. muuntamohuolloissa tehdyt havainnot, joiden perusteella muuntajien kunto täyttää edelleen sähköturvallisuuslaissa säädetyn rajan. Tehdyn tutkimuksen perusteella laitteisto on pakollista uusida vain, jos sen kunto ei enää täytä sähköturvallisuuslaissa annettuja vaatimuksia.

Huolloissa tehdyt havainnot liittyvät pitkälti suojarleiden toimintaan, mutta niiden korjaus on hoidettavissa erillisillä varaosilla. Öljyanalyysien perusteella osa muuntajista alkaa näyttää kulumisen merkkejä, mutta ei aiheuta vielä akuutteja toimenpiteitä.



Erillisenä huomiona muuntajat M1 ja M6.2, jotka ovat rakenteeltaan hermeettisiä muuntajia. Näiden kahden öljyanalyseistä on aikaa noin 9 vuotta, joten niiden kunnossa on voinut tapahtua muutoksia. Lisäksi varsinkin M1 on erittäin altis ulkolämpötilan vaihdoksille, joten tämä voi tulevaisuudessa olla vaikuttava tekijä.

## 7 POHDINTA

Työn tavoitteena oli luoda käsitys Oras Groupin Rauman tehdaskiinteistön jakelumuuntajien elinkaaresta ja niiden mahdollisesta uusinnan tarpeesta. Tavoitteeseen päästiin melko hyvin, sillä tuloksena saatiin selkeä vastaus, jonka tueksi on esitettyä perustelut. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää mm. Oras Groupin tulevien vuosien budjetoinneissa. Alkuperäinen aihe muodostui nimenomaan Oras Groupin tarpeesta saada tietää, onko laitteiston uusintaan syytä varautua. Myös Quant Finland Oy hyötty aiheen tutkimisesta saamalla paremman tilannekuvan.

Tutkimuksen laajuus rajattiin alun perin niin, että käsittelyyn otetaan näkökulmiksi aiheeseen liittyvät lait, standardit sekä laitevalmistajan kanta, jonka jälkeen näitä verrattiin tehtaan tilanteeseen. Näistä näkökulmista lain ja ST-kortiston kautta saatiin muodostettua selkeämpi näkemys asiasta. Laitevalmistajien kantaa ei saatu, mutta sähköpostihaastattelun kautta ST-kortin tulkintaan saatiin tueksi myös ammattilaisen näkemys.

Aihe oli hyvin haastava ja opettavainen, sillä käsiteltävät laitteistot olivat ennen työn aloitusta melko vieraita. Myös tutkittavan tehdaskiinteistön sähköverkon rakenne oli vielä pääosin vieras. Aiheeseen liittyvään tiedonkeruuseen käytettiin työn edetessä huomattavan paljon aikaa. Läpikäytäviä huoltodokumentteja oli huomattavan paljon ja niistä löytyi asioita, joihin piti perehtyä syvemmin asian ymmärtämistä varten.

Jatkokehityksenä suorittaisin tarkemman seurannan muuntamotilojen olosuhteiden vaihtelusta eri vuodenaikoina. Nyt perusteellinen mittaus ei ehtinyt mukaan, sillä se vaatisi lähes kokonaisen vuoden seurannan.

## LÄHTEET

A.Karkkulainen, O.Karkkulainen ja Kinnunen, 2014, s.39. Voimalaitoksista kohti kodin kytkentöjä, eFysiikka 9. Haettu 2.5.2023 osoitteesta:

<https://peda.net/kannus/jvk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/3vkkk>

Copper development association. N.d. Temperature Rise and Transformer Efficiency. Haettu 5.3.2023 osoitteesta: [https://www.copper.org/environment/sustainable-energy/transformers/education/trans\\_efficiency.html](https://www.copper.org/environment/sustainable-energy/transformers/education/trans_efficiency.html)

Electrical Volt. N.d. Transformer Oil BDV Test. Haettu 2.3.2023 osoitteesta:

[https://www.electricalvolt.com/2019/02/transformer-oil-bdv-test/?utm\\_content=cmp-true](https://www.electricalvolt.com/2019/02/transformer-oil-bdv-test/?utm_content=cmp-true)

Elomäki. (10.2.2023). JT-Export Oy:n suunnittelusta sekä projekteista vastaavan Jussi Elomäen sähköpostikeskustelu.

Huurinainen. (2006). JAKELUMUUNTAJAN ELINKAARITUTKIMUS (AMK-opinnäytetyö), <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003064676>

Keränen (2013). MUUNTAJAÖLJYJEN KÄSITTELY KUNNOSSAPIDON TYÖKALUNA (AMK-opinnäytetyö) <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013112117676>

MDS Trafo. N.d.-a Expansion Tank Transformer. Haettu 2.3.2023 osoitteesta: <https://www.mdstrafo.com/en/expansion-tank-transformer/>

MDS Trafo. N.d.-b Hermetic Transformer. Haettu 2.3.2023 osoitteesta:

<https://www.mdstrafo.com/en/hermetic-transformer/>

Multirel. (2021). MUUNTAJAÖLJYN PUHDISTUS JA KUIVAUS. Haettu

2.4.2023 osoitteesta: <https://multirel.fi/uutiset/muuntajaoljyn-puhdistus/>

Nicelocal.fi. N.d.. Oras. Haettu 10.5.2023 osoitteesta: <https://nicelocal.fi/rauma/business/oras/photo/62e44055b7f7dd5b3b00a19d/>

Oras.com – Oraksen historiaa. N.d Haettu 2.2.2023 osoitteesta: <https://www.oras.com/fi/tietoa-oraksesta>

Pelkonen, Fagerholm & Rautio. N.d. Muuntajaöljyn testausmenetelmät, Eurofins. Haettu 2.1.2023 osoitteesta: <https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2857303/muuntajaoeljyen-testausmenetelmaet.pdf>

Quantservice.com - Tutustu Quantiin. N.d. Haettu 2.2.2023 osoitteesta: <https://www.quantservice.com/fi/yritys>

SHELL. (2016). DIALA TRANSFORMER OIL HANDBOOK. Haettu 5.1.2023 osoitteesta: <https://pdf4pro.com/amp/view/shell-diala-transformer-oil-handbook-maagtechnic-6b9a82.html>

STUK. (2021) Sähkönsiirto ja -jakelu. Haettu 8.2.2023 osoitteesta: <https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/sahkonsiirto-ja-jakelu>

Sähkötieto. n.d., ST-kortit, -käsikirjat, -ohjeistot ja -esimerkit. Haettu 10.5.2023 osoitteesta: <https://www.sahkotieto.fi/st-aineisto>

Sätköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Haettu 1.4.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2016/20161135?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=s%C3%A4hk%C3%B6>

The Engineering Knowledge. (2021). Introduction to Three Phase Transformers. Haettu 15.2.2023 osoitteesta: <https://www.theengineeringknowledge.com/introduction-to-three-phase-transformers/>

Tiirikainen. 2021. LAKI-SUOMI-LAKI – Lainsäädäntösanaston ABC. Linnunmaalex. Haettu 10.5.2023 osoitteesta: <https://www.linnunmaalex.fi/2021/03/08/laki-suomi-laki-lainsaadantosanaston-abc/>

TUKES. n.d,-a Standardien asema vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa. Haettu 10.5.2023 osoitteesta: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/standardien-asema-vaatimustenmukaisuuden-osoittamisessa>

TUKES. N.d.-b Toiminnanharjoittajarekisteri. Haettu 2.3.2023 osoitteesta: <https://rekisterit.tukes.fi/toiminnanharjoittajat>

## LIITTEET

## LIITE 1: ORAKSEN KESKIJÄNNITEJAKELUN KUNNOSSAPITO-OHJELMA

TOIMENPIDE JA LAITTEISTO	HUOLTOVÄLI	TYÖN KUVAUS
<b>KESKIJÄNNITEJAKELU</b>		
<b>MUUNTAMOT 1, 3, 4, 6, 7</b>		
Yleistarkastus, kytilit, ovet, ilmanvaihto, palokuorma, jne...	6 kk	Silmämääräinen
Kosketussuojaus	6 kk	Silmämääräinen
Rakenteiden kunto	6 kk	Silmämääräinen
Lämpökuvaus	1 v	Kojelsto, kiskostot ja muuntajat
<b>KOJEISTOT 1, 3, 4, 6, 7</b>		
Kojelston yleistarkastus	6 kk	Silmämääräinen
Kennojen sisäpuolinen yleistarkastus	6 kk	Silmämääräinen
Kaapelipäätteiden tarkastus	6 kk	Silmämääräinen
Kosketussuojauksen tarkastus	6 kk	Silmämääräinen
Katkaisijan yleistarkastus	6 kk	Silmämääräinen
Liitoksien kunto	6 kk	Silmämääräinen
Kennojen puhdistus	5 v	
Laitteiston puhdistus	5 v	
Katkaisijan suojarleen koestus	5 v	
Eroittimien koestus ilman kuormaa	5 v	Tarkastettava myös lukitukset ja asennon osoitin
Suojarleiden akuston vaihto	5 v	
Muuntajälähdön koestus yksivaiheisen vian simuloinnilla	5 v	
<b>JAKELUMUUNTAJAT</b>		
Lämpötilan ja kuormituksen tarkastus	6 kk	Silmämääräinen
Muuntajan yleistarkastus	6 kk	Silmämääräinen
Muuntajan puhdistus/ tarkastus	2-3 v	
Muuntajan lämpötilamittauksen toiminta	1 v	Lämpökuvaus
Sähköisten liitoksien kunto	5 v	Momentin tarkastus
Muuntajan kiinnityksien tarkastus	5 v	Momentin tarkastus

## LIITE 2: MUUNTAMOHUOLLON RAPORTTI



## Relekortti

Asiakas:	Quant Service																											
Paikka:	Oras Oy	Isometsäntie 2, 26100 RAUMA																										
Kojeisto:	Muuntamo 4	20 kV																										
Kenno:	03																											
Reletiedot:	Tyyppi	Sn:	Virtamuuntajat: 100 / 5 A																									
	L1	BBC ISM 21 HE 884763/024	In = 5 A																									
	L2	BBC ISM 21 HE 884763/038	In = 5 A																									
	L3	BBC ISM 21 HE884763/021	In = 5 A																									
<b>ASETTELUARVOT</b>																												
I >	<table border="1"> <thead> <tr> <th>I &gt;</th> <th>I &gt; ensio</th> <th>t &gt;</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>2,0 x In 200 A</td> <td>0,3 s</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>2,0 x In 200 A</td> <td>0,3 s</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>2,0 x In 200 A</td> <td>0,3 s</td> </tr> </tbody> </table>			I >	I > ensio	t >	L1	2,0 x In 200 A	0,3 s	L2	2,0 x In 200 A	0,3 s	L3	2,0 x In 200 A	0,3 s													
I >	I > ensio	t >																										
L1	2,0 x In 200 A	0,3 s																										
L2	2,0 x In 200 A	0,3 s																										
L3	2,0 x In 200 A	0,3 s																										
I >>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>I &gt;&gt;</th> <th>I &gt;&gt; ensio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>6 x In 600 A</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>6 x In 600 A</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>6 x In 600 A</td> </tr> </tbody> </table>			I >>	I >> ensio	L1	6 x In 600 A	L2	6 x In 600 A	L3	6 x In 600 A																	
I >>	I >> ensio																											
L1	6 x In 600 A																											
L2	6 x In 600 A																											
L3	6 x In 600 A																											
<b>ALEMMAN YLVIRTAPORTAAN TARKASTUS</b>																												
I >	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Havahtuminen</th> </tr> <tr> <th>I &gt;</th> <th>I &gt; ensio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>9,86 A 197 A</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>9,73 A 195 A</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>9,52 A 190 A</td> </tr> </tbody> </table>	Havahtuminen		I >	I > ensio	L1	9,86 A 197 A	L2	9,73 A 195 A	L3	9,52 A 190 A	t >	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Toiminta-aika</th> </tr> <tr> <th>I &gt;&gt;</th> <th>I &gt;&gt; ensio</th> <th>t &gt;&gt;</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>14,00 A 280 A</td> <td>0,277 s</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>14,00 A 280 A</td> <td>0,309 s</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>14,00 A 280 A</td> <td>0,289 s</td> </tr> </tbody> </table>	Toiminta-aika			I >>	I >> ensio	t >>	L1	14,00 A 280 A	0,277 s	L2	14,00 A 280 A	0,309 s	L3	14,00 A 280 A	0,289 s
Havahtuminen																												
I >	I > ensio																											
L1	9,86 A 197 A																											
L2	9,73 A 195 A																											
L3	9,52 A 190 A																											
Toiminta-aika																												
I >>	I >> ensio	t >>																										
L1	14,00 A 280 A	0,277 s																										
L2	14,00 A 280 A	0,309 s																										
L3	14,00 A 280 A	0,289 s																										
<b>YLEMMÄN YLVIRTAPORTAAN TARKASTUS</b>																												
I >>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Havahtuminen</th> </tr> <tr> <th>I &gt;&gt;</th> <th>I &gt;&gt; ensio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>30,90 A 618 A</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>30,90 A 618 A</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>30,50 A 610 A</td> </tr> </tbody> </table>	Havahtuminen		I >>	I >> ensio	L1	30,90 A 618 A	L2	30,90 A 618 A	L3	30,50 A 610 A	t >>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Toiminta-aika</th> </tr> <tr> <th>I &gt;&gt;</th> <th>I &gt;&gt; ensio</th> <th>t &gt;&gt;</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>35,00 A 700 A</td> <td>0,057 s</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>35,00 A 700 A</td> <td>0,041 s</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>35,00 A 700 A</td> <td>0,074 s</td> </tr> </tbody> </table>	Toiminta-aika			I >>	I >> ensio	t >>	L1	35,00 A 700 A	0,057 s	L2	35,00 A 700 A	0,041 s	L3	35,00 A 700 A	0,074 s
Havahtuminen																												
I >>	I >> ensio																											
L1	30,90 A 618 A																											
L2	30,90 A 618 A																											
L3	30,50 A 610 A																											
Toiminta-aika																												
I >>	I >> ensio	t >>																										
L1	35,00 A 700 A	0,057 s																										
L2	35,00 A 700 A	0,041 s																										
L3	35,00 A 700 A	0,074 s																										
<b>HUOM!</b>																												
- Koestuksessa käytetyt mittalaitteet: Programma Sverker 900 Sn: 1700716																												
- Kondensaattorilaitte rikki. Laukaisu ei toimi jos sähköt ovat pois päältä.																												
Päivä	Koestanut	Allekirjoitus																										
20.7.2021	Sanna Rissanen																											


## LIITE 3: MUUNTAJAN M3 ÖLJYANALYYSIN RAPORTTI

HITACHI

## Analyysiseloste

Sarjanumero	6106720	Näytenumero	VA2022-01239
Asema	Oras, Rauma	Asiakkaan tilausno	2*lisäanalyysit
Valmistaja	ASEA	Näytteenottopäivä	2022-07-19
Tilaaaja	Juha Toivola	Raportointipäivä	2022-08-18
Asiakas	EPF - Electric Power Finland Oy	Analyysin syy	Rutini
Kohteen omistaja		Viite	
		Asiakkaan viite	M3

Liuenneiden kaasujen analyysi (DGA):	Ei mitattu
--------------------------------------	------------

Eristysnesteen analyysit	Toimenpidesuositus
N-luku - Hyvä: Jatka normaalilla näytteenottovalilla. Rajapintajännitys - Kohtalainen: Säännöllistä theämpi näytteenotto.	

Suosittelut toimenpiteet:
Rajapintajännitys on kohtalainen, öljyssä on poolisia yhdisteitä. Koska N-luku on hyvä, niin kohtalainen rajapintajännitys ei aiheuta toimenpiteitä. Suosittelemme lisäämään inhibiittia alkuperäiseen arvoon (oletus 0,3%), jotta vältetään muuntajaöljyn happamoituminen.

Seuraava kaasuanalyysi	2022-7
Seuraava eristysnesteanalyysi	2022-10

Hitachi Energy Finland Oy  
 www.hitachienergy.com  
 muuntajaoljy.laboratorio@hitachienergy.com





# HITACHI

Tyyppi	Tehomuuntaja	Käämikytkin	
Valmistusvuosi	1973	Yhteinen paisuntasäiliö	Kyllä
Nimellisteho MVA		Tyypikoodi	ASEA TOH1000
Jännite YJ, kV	20	Jäähdytys	
Öljyn massa, tonni	1.0	Paisuntasäiliön tyyppi	
Öljyn laji	Inhiboitu mineraaliöljy	Laitteen tila näytteenotossa	Käynnissä
Öljyn lämpötila, ala °C	36	Historia	
Öljyn lämpötila, ylä °C			

## Liuenneiden kaasujen analyysi -DGA

Näytteenotopäivä	2022-07-19	2022-07-19			
Näyttenumero	VA2022-01239	VA2022-01152			
Näytteenotopaikka	Pohja	Pohja		Tyypilliset arvot	Kaasunkehitysnopeus
	µl/l	µl/l	µl/l	µl/l	IEC µl/l/vuosi
H <sub>2</sub> (Vety)		104			≤ 150
O <sub>2</sub> (Happi)		17200			
N <sub>2</sub> (Typpi)		60700			
CH <sub>4</sub> (Metaani)		20			≤ 130
CO (Hiilimonoksidi)		111			≤ 600
CO <sub>2</sub> (Hiilidioksidi)		2053			≤ 14000
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (Etyleeni)		7			≤ 280
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (Etaani)		16			≤ 90
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (Asetyleeni)		0			≤ 20
TCG (Palavat kaasut)		259			

## Eristysnesteen analyysit

Näytteenotopäivä	2022-07-19	2022-07-19		
Näyttenumero	VA2022-01239	VA2022-01152		Suosittelut raja-arvot Standardi
Läpilyöntilujuus, kV/2,5 mm		93-98-98-90-89-89		
Läpilyöntilujuus keskiarvo, kV/2,5 mm		83		> 40 IEC60156
Vesipitoisuus, mg/kg		14		< 30 IEC 60814
N-Huku, mg KOH/g	0.02			< 0.08 IEC 62021-2
Rajapintajännitys, mN/m	24			> 28 ASTM D971-99a
Inhibiittipitoisuus, %		0.20		> 0.18 IEC 60666
Häviökerroin, 90°C, %				< 100 IEC 60247
Resistivisyys, GΩm				IEC 60247

# HITACHI

Kuparikorroosio						IEC 62535
Paperin kosteus, m-%						IEC 60814
Väri						ASTM D1500
Si pitoisuus öljyssä, IR 1097 cm <sup>-1</sup> , mg/kg						In-house
	> 4 µm(c)	> 5 µm(c)	> 6 µm(c)	> 8 µm(c)		
Partikkelit, lkm per 100 ml						IEC 60870
	> 14 µm(c)	> 21 µm(c)	> 38 µm(c)	> 70 µm(c)		
Polymerointiaste, DP						IEC 60450
Furaanit, mg/kg	2-FAL	2-FOL	2-ACF	5-HMF	5-MEF	IEC 61198
PCB, mg/kg						IEC 61619
<b>Case comments</b>						
VA2022-01239	Lisäanalyysit					