

# OSASTOKOHTAINEN SÄHKÖENERGIAN MITTAAMINEN JÄTE- VEDENPUHDISTAMOLLA

Susanna Korjala  
Opinnäytetyö AMK  
Syksy 2024  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Automaatiotekniikka

Tekijä: Susanna Korjala

Opinnäytetyön otsikko: Osastokohtainen sähköenergian mittaaminen jätevedenpuhdistamolla

Työn ohjaajat: Satu Vähänikkilä, Juha Korpi, Tommi Valli

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024

Sivumäärä: 41 + 2 liitettä

Tämä opinnäytetyö tehtiin Seinäjoen Energia Oy:lle. Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin Seinäjoen jätevedenpuhdistamon sähköenergian mittaukseen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mitä eri vaihtoehtoja osastokohtaiseen sähköenergian mittaamiseen on olemassa ja mitkä ovat järkeviä vaihtoehtoja.

Opinnäytetyössä perehdyttiin yleisesti sähköenergian mittaamiseen liittyvään lainsäädäntöön, mittaustapoihin ja keskeisten laitteiden toimintaperiaatteisiin sekä tekniikkaan. Työssä esiteltiin eri topologioita ja esiteltiin eri valmistajien kompaktikatkaisijoita ja energiamittareita. Lopuksi esiteltiin jätevedenpuhdistamon sähköenergian mittaamisen nykytilanne, vaihtoehdot, hyödyt, tulevaisuus ja raportointijärjestelmä VeRa.

Opinnäytetyössä on perehdytty kattavasti erilaisiin aiheeseen liittyviin aineistoihin. Lähdeaineistona on käytetty toimeksiantajan dokumentteja sekä sähkötekniikan, talotekniikan ja automaatiotekniikan oppikirjoja.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tarkempi käsitys eri vaihtoehdoista ja niiden ominaisuuksista sekä hyödyistä. Opinnäytetyön tuloksena todettiin myös, että vaihtoehtona on käyttää kompaktikatkaisijoita tai virtamuuntajia, virtalennkipihtejä ja energiamittareita. Toteutusvaiheen jälkeen sähköenergian kulutuksesta saadaan tarkempaa tietoa ja epänormaaleihin poikkeamiin pystytään puuttumaan helpommin.

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Electrical and Automation engineering  
Option of Automation Engineering

Author: Susanna Korjala

Title of thesis: Department-Specific Measurement of Electrical Energy at Wastewater Treatment Plant

Supervisors: Satu Vähänikkilä, Juha Korpi, Tommi Valli

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2024

Number of pages: 41 + 2 appendices

The topic of this thesis was Department-Specific Measurement of Electrical Energy at Wastewater Treatment Plant. This thesis was done for Seinäjoen Energia Oy. In this thesis the purpose was to find out what different options exist for department-specific electrical energy measurement.

The thesis examined the laws regulating electrical energy measurement, the methods of measuring electrical energy and the operation and functionality of various devices.

The thesis provided a deeper understanding of the different options available, along with their features and advantages. After the implementation phase is completed, more accurate information about electrical energy use can be gathered, making it easier to identify and fix any issues.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS .....	4
SANASTO .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 SEINÄJOEN ENERGIA OY .....	8
2.1 Seinäjoen jätevedenpuhdistamo .....	8
2.2 Seinäjoen jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi .....	9
3 SÄHKÖENERGIAN MITTAUS .....	15
3.1 Lainsäädäntö .....	15
3.2 Sähköenergian mittaustavat .....	16
3.3 Mittamuuntaja .....	17
3.3.1 Virtamuuntaja .....	17
3.3.2 Jännitemuuntaja .....	19
3.4 Katkaisijat .....	19
3.5 Selektiivisyys .....	22
3.6 Mittauskytkennät .....	23
3.7 Mittaustiedon hyödyt .....	23
3.8 Topologiat .....	23
3.8.1 Väylätopologia .....	24
3.8.2 Tähtitopologia .....	25
3.8.3 Rengastopologia .....	26
3.8.4 Mesh-topologia ja muut topologiat .....	27
3.9 Kenttäväylä .....	27
4 SÄHKÖENERGIAN MITTAUS JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA .....	29
4.1 Nykytilanne .....	30
4.2 Mittausjärjestelmävaihtoehdot jätevedenpuhdistamolla .....	31
4.3 Hyödyt ja tulevaisuus .....	34
4.4 Mittalaitteet ja väylä .....	35
4.5 VeRa .....	35
5 POHDINTA .....	36

LÄHTEET .....	38
LIITTEET.....	41

## SANASTO

AC	Vaihtovirta (Alternating Current)
$\cos\Phi$	Tehokerroin
DIN-kisko	Standardoitu kiinnityskisko
f	Taajuus, Hz (hertsi)
Flokki	Erillisten kiintoainehiukkasten muodostama löysä ryhmittymä
I	Virta, A (ampeeri)
P	Teho, W (watti)
THD	Jännitesärö (Total Harmonic Distortion), %
U	Jännite, V (voltti)

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Seinäjoen Energia Oy ja opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua eri sähköenergian mittaustekniikoihin. Työn tavoitteena on selvittää millainen sähköenergian mittausjärjestelmä sopii osastokohtaiseen sähköenergian mittaamiseen jätevedenpuhdistamolle.

Tällä hetkellä jätevedenpuhdistamolla mitataan vain kokonaiskulutusta laskutusta varten, joten sähköenergian kulutuksen kasvuun ei löydy yksiselitteistä vastausta kokonaiskulutusta tarkastelemalla. Tämän vuoksi jätevedenpuhdistamolla halutaan alkaa seuraamaan sähköenergian kulutusta osastokohtaisesti.

Esimerkiksi sähkön hintojen nousu on vauhdittanut ihmisten kiinnostusta sähköenergian kulutuksen seuraamiseen. Osastokohtaisella ja tarkemmalla sähköenergian kulutusseurannalla on monia hyötyjä ja tarkempi sähköenergian mittaminen voi tulevaisuudessa parantaa jätevedenpuhdistamon energiatehokkuutta ja vähentää kustannuksia.

## **2 SEINÄJOEN ENERGIA OY**

Seinäjoen Energia on perustettu vuonna 1927 ja se on Seinäjoen kaupungin omistama konserni. Se tarjoaa asiakkailleen vesihuollon, sähkön ja kaukolämmön palveluja. Seinäjoen Energia -konserniin kuuluvat Seinäjoen Energia Oy ja Seiverkot Oy. (1.)

Seinäjoen Vesi on Seinäjoen Energia Oy:n liiketoimintayksikkö, joka hoitaa Seinäjoen asukkaiden ja teollisuuden talous- ja jätevesihuollon (1).

### **2.1 Seinäjoen jätevedenpuhdistamo**

Seinäjoen alueen jäteveden käsittely tapahtuu Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla (kuva 1). Jätevedenpuhdistamolla käsitellään Seinäjoen alueen jätevedet. Jätevedenpuhdistamon mitoitusvirtaama on 22 000 m<sup>3</sup>/d. (1.)

Seinäjoen jätevedenpuhdistamo on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos. Biologis-kemiallisessa rinnakkaissaostuslaitoksessa eloperäisten lika-aineiden poisto tapahtuu biologisesti ja fosforin poisto kemiallisesti. (2.) Laitoksen prosessi on täysin automatisoitu (3).



*KUVA 1. Ilmakuva jätevedenpuhdistamon alueesta (4)*

## **2.2 Seinäjoen jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi**

Jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessiin kuuluu tulopumppaus, välppäys, hiekanerotus, esiselkeytys, meijeri-jätevesien esikäsitteily, ilmastus, jälkiselkeytys, jälkisuodatus sekä lietteenkäsittely. Puhdistuksen jälkeen puhdistettu jätevesi virtaa yhdyskaivoon ja sieltä Seinäjokeen. (1.) Jätevedenpuhdistamolle tuovat sako- ja umpikaivolietteet johdetaan suoraan sakeuttamoon (3).

### **Tulopumppaus**

Jätevedenpuhdistamolle tuleva jätevesi nostetaan esikäsitteilyyn kolmella ruuvi-pumpulla, joiden kapasiteetti on yhteensä noin 2 800 m<sup>3</sup>/h (3).

### **Välppäys**

Tulevassa jätevedessä oleva karkein kiintoaines erotetaan kahdella levynauhavälppällä. Välpe käsitellään välpepesurilla, josta pesty välpe siirretään välpela-valle. Erotettu välpe poltetaan esimerkiksi Stormossenin jätteenpolttolaitoksella.

Puristettua välpettä syntyy Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla noin 60 tonnia vuodessa. (3.)

### **Hiekanerotus**

Hiekanerotuksessa altaan pohjalle laskeutunut hiekka-vesiseos pumpataan hiekkapesurin kautta hiekkalavalle. Erotettu vesi palautuu takaisin prosessiin. Hiekanerotuksen yhteydessä on myös öljyn- ja rasvanerotuskaivo. Hiekkalavan hiekka viedään muutaman kerran vuodessa jätteenkäsittelyalueelle. (3.)

### **Esiselkeyty**

Esiselkeytysvaiheessa jätevedestä poistetaan liete, joka laskeutuu altaan (kuva 2) pohjalle. Liete ohjataan pohjalaahalla altaan keskellä olevaan lietetaskuun. Lietetaskusta liete ohjataan pumppaamalla sakeuttamoon ja sieltä lietteen kuivaukseen. Esiselkeytetty vesi jatkaa matkaansa ylivuotona ilmastusaltaisiin. (3.)



*KUVA 2. Esiselkeytyksallas*

## Meijeri-jätevesien esikäsittelely

Seinäjoen Valion tehtaan jätevedet johdetaan omaa linjaa pitkin puhdistamolle. Aluksi jätevesi siivilöidään viiralla. Tämän jälkeen jätevesi johdetaan tasausaltaaseen, jossa on neutralointi valmius rikkihapolla tai lipeällä (NaOH 50 %). Tämän jälkeen jätevesi pumpataan biotornin yläosaan, josta se laskeutuu kennostoa pitkin väliselkeytykseen tai takaisin tasausaltaaseen. Kennostoon muodostunut bakteerikanta puhdistaa jätevettä orgaanisesta aineksesta. Tasausaltaasta on erillinen flotaatiokierto, jossa käsitellään jätevettä kemiallisesti saostuskemikaali ferrisulfaatilla (PIX-105). (3.)

Kaksilinjainen flotaatio (kuva 3) koostuu kolmesta osasta: sekoituksesta, hämmennyksestä ja selkeytyksestä. Jäteveden sisältämä liete nostetaan dispersioveden avulla altaan pintaan. Dispersiovesi on prosessista otettua käsiteltyä vettä, joka on kyllästetty paineen avulla ilmalla. Altaiden pinnalta poistettava liete ohjautuu lietetaskuun laahojen avulla. Lietetaskusta liete pumpataan sakeuttamoon. Puhdistettu meijeri-jätevesi johdetaan ilmastukseen. Biotorni-vaiheen jälkeen on vielä erillinen väliselkeytys, jossa jätevedestä laskeutetaan kiintoaines ja se kerätään laahalla lietetaskuun ja pumpataan sakeuttamoon. (3.)



KUVA 3. Flotaatioallas

## Ilmastus

Ilmastuksessa tapahtuu biologinen ravinteiden poisto mikrobien avulla ja tätä kutsutaan aktiivilieteprosessiksi. Ilmastusvaiheessa jätevesi johdetaan kahteen ilmastusaltaaseen (kuva 4), jotka ovat molemmat syvyydeltään 4,5 m ja tilavuudeltaan lähes 3 000 m<sup>3</sup>. Altaat perustuvat tulppavirtaukseen ja ovat suorakaiteen muotoisia. Altaat on jaettu kolmeen eri lohkoon. Altaiden pohjille lohkoihin 2 ja 3 on asennettu ilmastinlautasia, joiden kautta ilmastusilmakompressorilla tuotettu ilma johdetaan altaisiin. (3.)



*KUVA 4. Ilmastusallas*

Kummankin ilmastusaltaan ensimmäinen lohko on hapeton ja niissä on sekoittimet. Lohkot 2 ja 3 ovat hapellisia, koska ilmastusaltaiden aerobiset mikro-organismit tarvitsevat happea. Anaerobiset mikro-organismit puolestaan tarvitsevat hapettomat olosuhteet. Prosessitapahtumaa kutsutaan denitrifikaatio-nitrifikaatioksi. Ilmastusaltaissa oleva ylijäämäliete poistetaan altaista ja johdetaan esiselkeytykseen. (3.)

## Jälkiselkeytyk

Jätevedenpuhdistamolla on kaksi jälkiselkeytysallasta (kuva 5). Jälkiselkeytyksessä erotetaan aktiiviliete, joka palautetaan ilmastusaltaaseen. Altaan pohjalle laskeutunut liete ohjataan pohjalaahalla altaan keskellä olevaan lietetaskuun ja sieltä ruuvipumpuilla takaisin ilmastusaltaan ensimmäiseen lohkkoon. Jälkiselkeytyksestä selkeytetty vesi jatkaa ylivuotona matkaa jälkisuodatukseen. (3.)



*KUVA 5. Jälkiselkeytysallas*

## Jälkisuodatus

Jätevesi kulkee reikälevyvälpän kautta jälkisuodatukseen. Jätevesi nostetaan jälkisuodatusaltaisiin nostopumpuilla ja tässä yhteydessä annostellaan ferrisulfaattia (PIX-105). Altaita yhteensä kuusi ja jokaisessa altaassa on kahdeksan jatkuvatoimista DS6000 Dynasand -hiekkasuodatinta. Hiekkasuodattimissa erotetaan jäljellä oleva kiintoaine puhdistetusta jätevedestä. Hiekkasuodatuksessa on myös fosforin talteenottomahdollisuus. Tämä tapahtuu lamelliselkeytyksen ja erillisen lietteenkuivauksen kautta. (3.)

## Lietteenkäsittely

Lietettä pumpataan sakeuttamoista lietteenkuivauslingolle (kuva 6), joita on kaksi kappaletta. Lietettä kuivataan yhdellä lingolla, ja kuivattu liete varastoidaan kahteen siiloon. Lingoilla käytetään polymeeriä, joka auttaa flokkien muodostumista ja veden erottumista lietteestä eli käytännössä kuivaustulosta saadaan parannettua. Liete on kuiva-ainepitoisuudeltaan 2–4 prosenttia ennen linkoa ja lingon jälkeen 22–25 prosenttia. Lietteen jatkokäsittelystä vastaa Lakeuden Etapin biokaasulaitos. (3.)



KUVA 6. Toinen jätevedenpuhdistamon lingoista

### **3 SÄHKÖENERGIAN MITTAUS**

Sähköenergian mittaamista säätelevät EU:n direktiivit, viranomaismääräykset sekä eurooppalaiset ja kansainväliset standardit. Mittaamiseen vaikuttavat maa-kohtaiset vapaan sähkökaupan toteutukset ja niihin liittyvät myyntiehdot, mittausohjeet ja hinnoittelu. Teknologian kehittyminen on vaikuttanut mittausautomaation kehittymiseen. Myös kustannustehokkuuden vaatimukset ja tarve reaaliaikaiseen sähkön laskuttamiseen ovat auttaneet kehittämisessä. (5.)

Omakotitaloissa ja pienasiakaskohteissa on yleensä yksi mittauspiste. Mittaus tapahtuu useimmiten suorana 3-vaihemittauksena yksi- tai kaksitariffimittarilla. (5.) Tariffi tarkoittaa eri sähkönsiirtotuotteiden hinnoittelua. Useimmiten tariffi muodostuu kiinteästä perusmaksusta ja kulutetun energian kulutusmaksusta. (6.)

Kaukoluettavat elektroniset mittarit mahdollistavat tuntienergiamittauksen ja tarvittaessa myös monitariffimittauksen. Asuntojen sähkö mitataan 3-vaiheisena ja asuntokohtaisen mittauksen lisäksi on käytössä kiinteistökeskuksen mittaus eli taloyhtiökohtainen mittaus. Teollisuuslaitokset ostavat sähkön yleensä yhdessä pisteessä sekä yhdellä mittauksella, jolloin sähkön kilpailuttaminen on helpompaa. (5.)

#### **3.1 Lainsäädäntö**

Sähköenergian mittausta säädellään mm. mittauslaitelaisissa 707/2011, jota on täydennetty asetuksilla 1138/2016 ja 1432/2018, valtioneuvoston asetuksessa mittauslaitteista 471/2014 ja valtioneuvoston asetuksessa mittalaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista 1432/2016. Säädannöissä annetaan mittareilta edellytettävät tekniset vaatimukset sekä määritellään, kuinka valmistaja voi osoittaa niiden vaatimustenmukaisuuden. (5.)

Mittauslaitelaki 707/2021 säättää velvollisuuksia niin, että toiminnanharjoittaja on vastuussa siitä, että mittauslaite soveltuu käyttötarkoitukseensa ja käyttöympäristöön. Mittauslaitteen on toimittava jatkuvasti luotettavasti ja mittauslaitteen käytön on täytettävä mittauslaitelain vaatimukset. Toiminnanharjoittajan on vastattava myös siitä, että mittauslaitteen luotettavuus varmennetaan määräaikoina ja tarvittaessa. Mittauslaitteessa on oltava näyttö, joka on kuluttajalle helposti nähtävillä. Mittauslaitteessa olevan näytön takia ei tarvita sertifioitua tiedonsiirtoyhteyttä tai taustajärjestelmää. Jos näyttöä ei ole ja näyttö perustuu internetpalveluun, tulee tiedonsiirtoyhteyden ja taustajärjestelmän olla sertifioituja. (5.)

Mittauslaitedirektiivi MID 2014/32/EU ohjaa mittauslaitekauppaa, mittauslaitteiden saattamista markkinoille ja korostaa kuluttajan suojelun tarvetta. Direktiivin teknisessä liitteessä asetetaan vaatimuksia mittaustarkkuudelle ja mittauksen luotettavuudelle. (5.) Mittauslaitedirektiivin etuna on se, että mittauks tulokset ovat luotettavia, ja se helpottaa kauppaa EU:n sisällä (7). Mittauslaitedirektiivi ei kuitenkaan säätele verkkoyhtiöiden välisiä mittauksia tai teollisuuden ja kantaverkon mittauksia (5).

Sähkömarkkinat on Suomessa vapautettu, eli sähkönkäyttäjä voi ostaa sähköenergiansa valitsemaltaan sähkön myyjältä. Sähkömarkkinalaki (588/2013) säätelee sähkömarkkinoita ja lain tarkoitus on varmistaa sähkön toimitusvarmuus, sähkön kohtuullinen hinta sekä riittävän hyvä sähkön laatu. Laki turvaa terveen ja taloudellisen kilpailun sähkömarkkinoilla ja edistää sähkön tehokasta käyttöä sekä energian säästöä. Energiamarkkinavirasto (EMV) valvoo sähkömarkkinalain noudattamista sekä lisäksi neuvoo ja valvoo sähköverkkotoimintaa ja siirtohinnoittelua. Energiamarkkinavirasto myöntää toimilupia sähköverkkotoimintaan ja rakentamislupia vähintään 110 kV:n voimajohdoille. (5.)

### **3.2 Sähköenergian mittaustavat**

Jos sulake ennen mittaria on enintään 63 A, käytetään suoraa mittausta. Jos sulake on yli 63 A, täytyy pienjännitekohteessa siirtyä virtamuuntajamittaukseen. Virtamuuntajan muuntosuhde pitää valita nimellisvirran ja mittalaitteen

mittausalueen mukaan. Jos sähkö ostetaan suurjännitteellä, niin mittaus vaatii jännite- ja virtamuuntajat. (5.)

Energia mitataan yleensä kolmikoneistoisella energiamittarilla. Jos kolmivaihepiirissä ei ole nollajohdinta, voidaan käyttää kaksikoneistoisia energiamittareita. Energiamittarit ovat joko moottoriperiaatteella toimivia induktiomittareita tai staattisia energiamittareita, jotka sisältävät elektronisen mittakoneiston. Energiamittareilla mitataan pätö- ja loisenergia, ja niissä voi lisäksi olla myös huipputehon mittaus. (8.)

### **3.3 Mittamuuntaja**

Virran- ja jännitteen mittaamiseen tarkoitettut muuntajat ovat mittamuuntajia. Mittamuuntaja laajentaa virran ja jännitteen mittausalueita. Mittamuuntajien tehtävänä on erottaa järjestelmän mittauspiiri pääpiiristä galvaanisesti ja mahdollistaa virran sekä jännitteen vienti mittaus- ja suojalaitteille. Mittamuuntajat suojelevat myös ylikuormilta. (9.) Mittamuuntajia eli virta- ja jännitemuuntajia käytetään, kun mitataan suuria virtoja ja jännitteitä (8). Mittamuuntajat kytketään yleensä niin, että jännitemuuntajat ovat energian pääkulkusuunnassa ennen virtamuuntajia (10).

#### **3.3.1 Virtamuuntaja**

Virtamuuntaja on erikoisrakenteinen mittamuuntaja, jota sovelletaan vaihtovirtapiireissä. Niitä käytetään mittaustarkoitukseen, kun mitataan jatkuvasti pääkeskuksen kiskostoissa kulkevia satojen ampeerien virtoja. Niitä voidaan käyttää myös suojaustarkoitukseen, jos halutaan suojata lämpöreleen avulla suuren nimellisvirran ottavaa sähkömoottoria. Virtamuuntaja muuntaa ensiövirran lämpöreleelle sopivaan arvoon. Virtamittari suojaa mittauspiiriä ylikuormitukselta ja mahdollistaa virtamittarin sijoittamisen kohtuullisen etäisyyden päähän mitattavasta kohteesta. (11.)

Virtamuuntajan ensiökääminä on kisko tai johdin, joka kulkee rautasydämen läpi. Rautasydämeen syntyy ensiövirran johdosta magneettivuo, joka synnyttää

pieniohmiseen toisiopiiriin ensiövirtaan verrannollisen toisiovirran. Kun toisiopiiri on poikki, rautasydämeen ei synny vastavuota ensiövirran magneettivuolle, ja rautasydämen magneettivuo kasvaa. Tämän johdosta rautasydämen rautahäviöt kasvavat, ja suuri jännite indusoituu toisioon. (8.)

Virtamuuntajan ensiöpuolella (Primary) on vähän johdinkerroksia, ja toisiopuolella (Secondary) on paljon johdinkerroksia. Virtamuuntajan ensiöliittimien tunnuksena on P1 ja P2 (aiemmin K ja L). Toisioliittimien tunnuksena on S1 ja S2 (aiemmin k ja l). (8.) Ensiöpuolella johtimet ovat aina suuripoikkipintaisia ja toisiopuolella on pieni johdinpoikkipinta. Virtamuuntajia valmistetaan nimellisarvoille, jotka ovat standardisoituja. Arvoista suositeltavimpia ovat 10, 15, 20, 30, 50 ja 75 A ja näiden arvojen kymmenkerrannaiset arvot. Toisiovirtana käytetään usein 5 A:n arvoa. Virtamuuntajat asennetaan kaikkiin vaiheisiin ja ne tulee asentaa oikein päin virtapiiriin (P1 -> P2). Virtamuuntajien tulee olla malliltaan ja arvoiltaan samat (11.)

Virtamuuntajan muuntosuhde tarkoittaa virtamuuntajan ensiö- ja toisiovirtojen suhdetta. Muuntosuhde siis kertoo, missä suhteessa ensiövirta toistuu toisiovirtaan. Virtamuuntajan toisioson pitää olla suljettuna aina, kun ensiöpiirissä kulkee virta. Jos toisio ei ole suljettuna, niin virtamuuntajan toisiokäämiin voi indusoitua hengenvaarallinen jännite. Jännite voi aiheuttaa läpilyönnin ja virtamuuntajan kuumenemisen sekä tuhoutumisen. (12.)

Virtamuuntajan muuntosuhde lasketaan kaavalla 1 (11).

$$\mu = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

KAAVA 1

$\mu$  = muuntosuhde

$I_1$  = ensiövirta

$I_2$  = toisiovirta

$N_1$  = ensiökäämin kierrosluku

$N_2$  = toisiokäämin kierrosluku

Virtamuuntajan tarkkuusluokka valitaan mitattavan kohteen mukaisesti ja suurimmat vaatimukset tulevat yleisimmin energian mittaukselle. Jos vuosittainen energiankulutus on enintään 10 GWh:n suuruinen, niin suositellaan tarkkuusluokkaa 0,5 S. Jos kuormitus on suurempaa, täytyy tarkkuusluokaksi valita 0.2 S. (9.)

### 3.3.2 Jännitemuuntaja

Jännitemuuntajaa käytetään keski- ja suurijännitemittauksissa. Jännitemuuntajan tarkoitus on muuntaa ensiöpiirin jännite toisiokojeille sopivaksi. (12.) Sen tarkoitus on myös eristää ensiö- ja toisiopiiri toisistaan (13). Jännitemuuntajia käytetään, että saadaan suurjännite mitta- ja suojalaitteille sopivaksi jännitteeksi. Jännitemuuntajalle ilmoitetaan suurin toisioteho, jolla saadaan mittaustarkkuus. (8.) Jännitemuuntajan muuntosuhteella tarkoitetaan jännitemuuntajan ensiöjännitteiden ja toisiojännitteiden suhdetta. Jännitemuuntajan muuntosuhde laskeaan kaavalla 2. (12.)

$$\mu = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

KAAVA 2

$\mu$  = muuntosuhde

$U_1$  = ensiöjännite

$U_2$  = toisiojännite

$N_1$  = ensiökäämin kierrosluku

$N_2$  = toisiokäämin kierrosluku

### 3.4 Katkaisijat

Sulakkeeton suojaus eli katkaisijoilla toteutettu suojaus on kehittynyt nopeasti, ja katkaisijoiden valikoima sekä ominaisuudet ovat lisääntyneet. Katkaisijasuojausten suunnittelussa vaikeutena on mitoitus ja kojevalinta. Sulakkeeton suojaus on mahdollista toteuttaa johdonsuojakatkaisijoilla tai pienjännitekatkaisijoilla. Tässä tapauksessa keskitytään pienjännitekatkaisijoihin eli kompakti- ja ilmakatkaisijoihin. (14.)

Katkaisijoilla voidaan toteuttaa sulakkeeton ohjaus. Niitä käytetään pää- ja alakeskusten ja yksittäisten lähtöjen suojaamiseen sekä myös kuormituksen avaamiseen ja sulkemiseen. Virtapiirin nimellisvirta pystytään katkaisijan avulla avaamaan ja sulkemaan moninkertaisilla virroilla vikatilanteen sattuessa. Pienjännitekeskuksessa voidaan käyttää kompakti- ja ilmakatkaisijoita suojaamaan keskusta tai isotehoisia moottorilähtöjä. Kompaktikatkaisijoilla on oikosulkuvirtaa rajoittava ominaisuus. Kompaktikatkaisijoita voidaan käyttää esimerkiksi moottorien suojaamiseen ja kuorman erottimina. Niitä valmistetaan 125...1600 A:n virroille 690...240 V:n jännitteille. (15.)

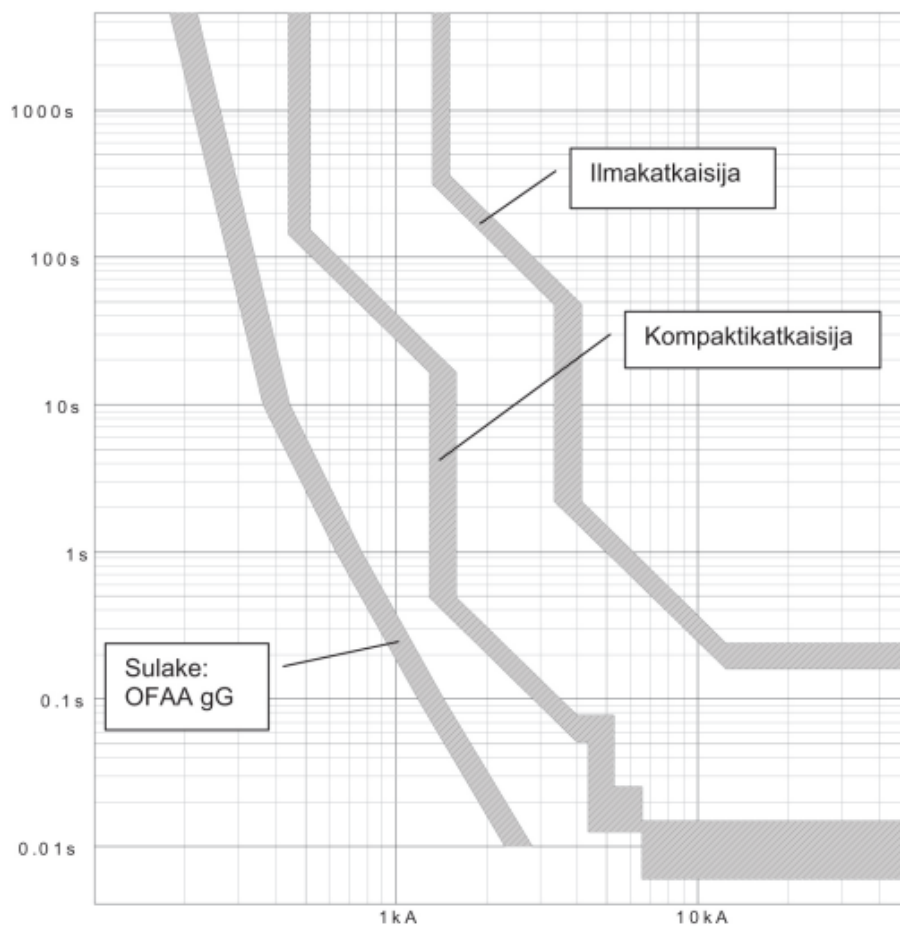
Kompaktikatkaisija on ilmakatkaisijaa pienempi ja suorituskyvyltään vaatimattomampi. Lisävarustelumahdollisuudet ovat myös vähäisemmät kuin ilmakatkaisijalla. Kompaktikatkaisijan sähköinen ja mekaaninen elinikä on lyhyempi ja sille ei sallita suojareleissä yhtä pitkiä aikahidastuksia kuin ilmakatkaisijalle. Ilmakatkaisijoita käytetään kuitenkin nykyään harvoin, koska tehokkaat kompaktikatkaisijat pystyvät lähes yhtä suureen katkaisukykyyn. Kompaktikatkaisijassa laukaisu tapahtuu termomagneettisen tai elektronisen releen avulla. (14.)

Katkaisukyky tarkoittaa (oikosulku)virtaa, jonka katkaisija pystyy katkaisemaan standardissa määritetyllä tavalla. Katkaisukyvyt ilmoitetaan ja koestetaan arvoilla  $I_{cu}$  eli oikosulun nimellinen mitoituskatkaisu ja  $I_{cs}$  eli käytönaikaisen oikosulun nimelliskatkaisukyky. Suojalaite valitaan standardin SFS 6000-5-533.3 mukaisesti  $I_{cu}$ -arvon mukaan. Suositeltavaa on, että liittymispisteessä ja muualla käytetään  $I_{cu}$ -arvoa käyttötarkoituksen mukaan. Kompaktikatkaisijat valitaan  $I_{cu}$ -arvon mukaan ja ilmakatkaisijat  $I_{cu}$  arvon mukaan. Laitteiden valmistajat ilmoittavat  $I_{cu}$ -arvon kA:na kullekin käyttöjännitteelle. Yleisimmät arvot ovat 16-25-36-50-70 kA / 400 V. Käyttöjännite vaikuttaa katkaisijoiden katkaisukykyyn. Mitä suurempi jännite on, sitä pienempi on katkaisukyky. Arvot tulee siis ilmoittaa eri käyttöjännitteille erikseen. (16.)

Kompaktikatkaisija toimii kaapeleiden ja kiskojen suojana ylikuormituksilta ja oikosulkuvirroilta. Kompaktikatkaisija koostuu katkaisijarungosta ja suojareleestä. Kompaktikatkaisijaan saa lisävarusteena vikavirtasuojakytkimen, apukoskettimia, moottorinohjaimen, työvirtalaukaisimen ja alijännitekelan. Pienjännitteisissä jakeluverkoissa voidaan käyttää kompaktikatkaisijoita ylivirtasuojaukseen,

kuorman erottimiksi tai moottorien käynnistimien suojaukseen. Kompaktikatkaisijoissa on luotettavat asennon osoitukset ja vääntimien lukitukset. (11.)

Kompaktikatkaisijoiden nimellisvirta-alue on 63–1600 A ja niiden katkaisukyky valitaan oikosulkuvirran perusteella. Katkaisukyky tarkoittaa kytkinlaitteen kykyä katkaista virta, ja se on kompaktikatkaisijoilla 1–100 kA. Kompaktikatkaisijoita voidaan käyttää pääkatkaisijoina. Kompaktikatkaisijan katkaisukyky paranee, kun virranrajoituskyky kasvaa. Katkaisijat voi asentaa kiinteästi, ulosvedettävästi tai ulosotettavasti. Oikean katkaisukyvyyn määrittely vaikuttaa turvallisuuteen ja hintaan. Myös katkaisijan nimellisvirta ja releasettelu vaikuttavat näihin seikkoihin. (14.) Nykyaikaisissa isommissa kompaktikatkaisijoissa suojareleet ovat elektronisia. Elektronisen suojareleen etuna on laajat ja monipuoliset asettelualueet, mittaukset ja mm. hälytystoiminnot. (16.) Kuvassa 7 on havainnollistettu toimintakäyriä.



KUVA 7. Sulakkeen ja katkaisijoiden toimintakäyrät, kun käyttöjännite 400 V (esimerkki) (17)

### 3.5 Selektiivisyys

Suojauksen selektiivisyys tarkoittaa sitä, että ainoastaan vikapaikkaa lähinnä oleva syötönpuoleinen suoja toimii erottaen vikapaikan ja mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi. Käytännössä selektiivisyys varmistaa ylivirtasuojauksen toiminnan, jotta vian aiheuttama häiriö kohdistuu mahdollisimman pienelle alueelle. (17.)

Aikaselektiivisyys tarkoittaa sitä, että sarjassa olevien suojien toiminta-aikoja on porrastettu eli hidastettu toisiinsa nähden. Käytännössä jakelun loppupäässä olevalla suojalla toiminta-aika on koko vikavirta-alueella lyhyempi kuin alkupään suojilla. Aikaselektiivisyys saavutetaan suojien toimintakäyrien valinnalla ja toiminnan hidastamisella. Vikavirran suuruutta ei pysty ennalta määrittämään, joten sarjassa olevien suojien toiminta-aikojen on oltava vikavirta-alueeltaan riittävän erisuuret. Aikaselektiivisyys on varma ja helppo tapa saavuttaa selektiivisyys. Jos useita suojia on sarjassa, niin käytettävissä oleva aika loppuu useimmiten kesken. (17.) Aikaselektiivisyys pystytään saavuttamaan hidastamalla syötön puoleisen katkaisijan laukaisuaikaa kuorman puoleiseen katkaisijaan nähden (16).

Virtaselektiivisyys tarkoittaa sitä, että mitä lähempänä syöttöä vika on, sitä suurempi on vikavirta. Vikavirtaselektiivisyys siis perustuu vikavirran suuruuden vaihteluun riippuen vikapaikasta. Vian ollessa kaukana syötöstä vikavirta jää pieneksi. Jos useita suojia on sarjaankytkennässä, niin samalle toiminta-ajalle voi asettaa peräkkäisiä suojia ilman selektiivisyyden kärsimistä, jos vikavirtatasot ovat tarkasti tiedossa. (17.)

### **3.6 Mittauskytkennät**

Suorassa mittauskytkennässä tulee kWh-mittarin rajavirta- ja nimellisarvojen vastata mittauskohteen liitäntätehoarvoa ja virtajohtimien poikkipintaa. Vaihejärjestys eli kentän kiertosuunta tulee myös tarkistaa. (5.)

Epäsuorassa mittauskytkennässä energiamittarin virta- ja jännitearvot (ensiö ja toisio) pitää saada vastaamaan mittauskohteen mittamuuntajien arvoja. Kunkin vaiheen virta ja jännitteen samanvaiheisuus tulee varmistaa sekä myös vaihejärjestys. (5.)

### **3.7 Mittaustiedon hyödyt**

Jos saatua mittaustietoa ei hyödynnetä, sillä ei ole merkitystä. Mittaustieto, joka saadaan mittalaitteilta, tulee välittää seuranta- tai raportointijärjestelmään. Mittaustiedon analysointi on helpompaa, kun tietoa pystyy jatkojalostamaan helpommin esitettävään muotoon järjestelmässä. Mittaustietoa analysoidessa voidaan esimerkiksi löytää laitteita ja järjestelmiä, jotka vaikuttavat kiinteistön sähkön pohjakulutukseen. Poikkeaviin kulutuksiin pystyy puuttumaan helpommin ja energiänsäästötoiminnot voidaan todentaa. (18.)

Jos halutaan saada tarkasti selville, mihin energiaa kuluu, täytyy seurata myös osakulutuksia. Osakulutusten seuraaminen edellyttää alamittareiden lisäämistä automaatiikkaan. (19.)

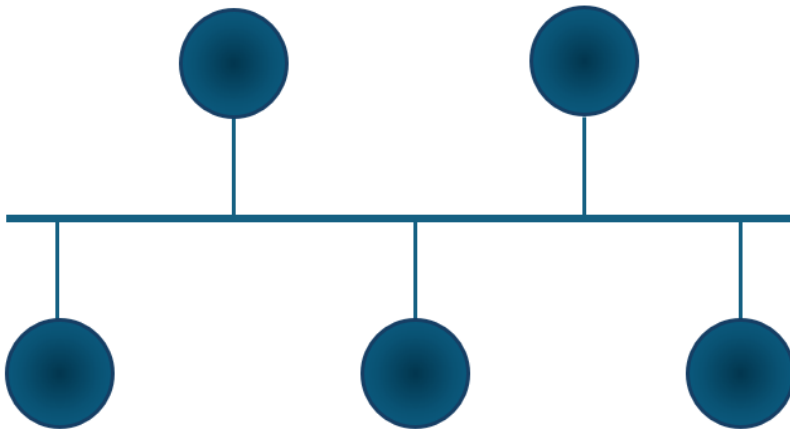
### **3.8 Topologiat**

Topologia tarkoittaa verkon rakennetta tai sen muotoa. Topologia voi tarkoittaa joko fyysistä tai loogista topologiaa. Fyysinen topologia tarkoittaa fyysistä verkon rakennetta. Fyysisen topologian muodon pystyy selvittämään kaapeleiden kulkua seuraamalla. Fyysinen topologia tarkoittaa siis kaapelointitapaa. Looginen topologia tarkoittaa verkon loogista toimintaperiaatetta ja sitä ei pysty päättelemään kaapeloinnin tai fyysisen topologian perusteella. Topologiasta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä fyysistä topologiaa. (20.)

Fyysisen verkon muoto määräytyy liitettävien laitteiden ominaisuuksista ja tiedosta, joka kulkee verkossa. Paras verkkotopologia on teorian mukaan kytketty verkko, jossa kaikkien laiteparien välillä on kaapeli. Heikkoutena on kuitenkin kaapelointikustannukset sekä tilantarve. Langattomissa ratkaisuissa se on kuitenkin toimiva malli. Hyvin suunniteltu kaapelointi, viestien fyysinen kulkureitti ja viestien looginen kulku parantaa verkon ylläpitoa, tukee tietoturvallisuutta ja tehostaa verkon toimintaa. (20.)

### 3.8.1 Väylätopologia

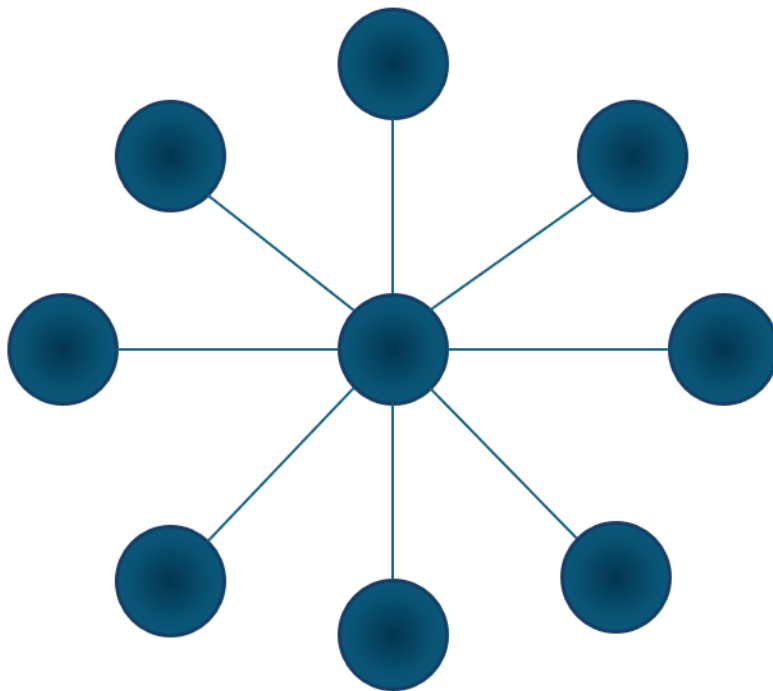
Kun kaikki laitteet on kiinnitetty samaan kaapeliin, puhutaan väylätopologiasta (kuva 8). Kaapelin päitä ei ole liitetty toisiinsa. Kaikkien laitteiden käytössä on vain yksi tiedonsiirtokaapeli. Vain yksi pari laitteita voi viestiä kerrallaan väylällä, ja väylälle lähetetty sanoma on kaikkien laitteiden luettavissa välittömästi. Väylätopologian etuna on sen yksinkertaisuus, laaja levinneisyys ja uusien laitteiden helppo liittäminen. Kaapelin katketessa verkon toiminta kokonaisuutena lakkaa ja tämä on suuri heikkous väylätopologiassa. (20.)



*KUVA 8. Väylätopologia*

### 3.8.2 Tähtitopologia

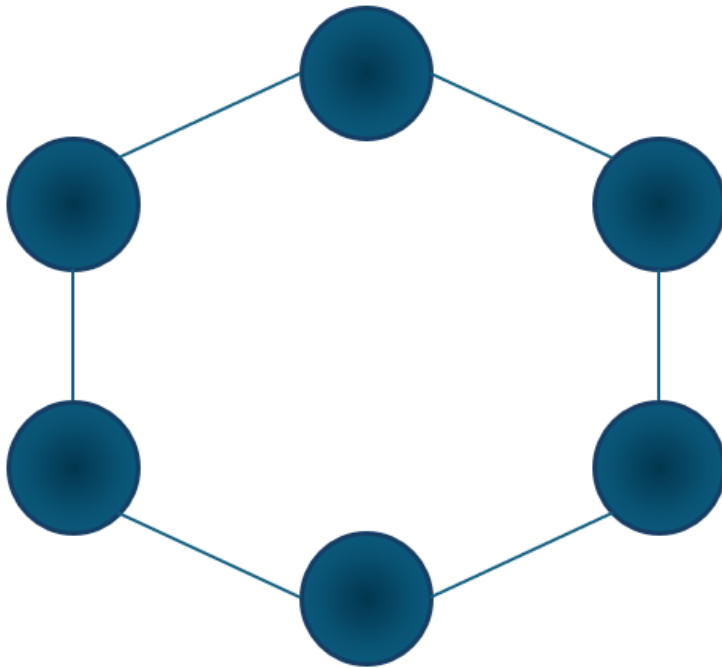
Tähtitopologia (kuva 9) tarkoittaa sitä, että kaikki laitteet kytketään yhteen keskuspiisteeseen, jonka kautta viestit kulkevat. Tähtitopologian etuna on se, että yksittäinen kaapelin rikkoutuminen tai yhteyden katkeaminen ei estä koko verkon toimimista. Heikkoutena on keskuksen korostunut merkitys, koska sen rikkoutuminen tekee verkon toimintakyvyttömäksi. (20.)



*KUVA 9. Tähtitopologia*

### 3.8.3 Rengastopologia

Rengastopologiassa (kuva 10) verkon runkokaapeli muodostaa renkaan, ja vain yksi laite kerrallaan kuulee sanoman. Rengastopologian heikkous on laitteen rikkoutumisriski, koska se voi pysäyttää koko verkon toiminnan. (20.)

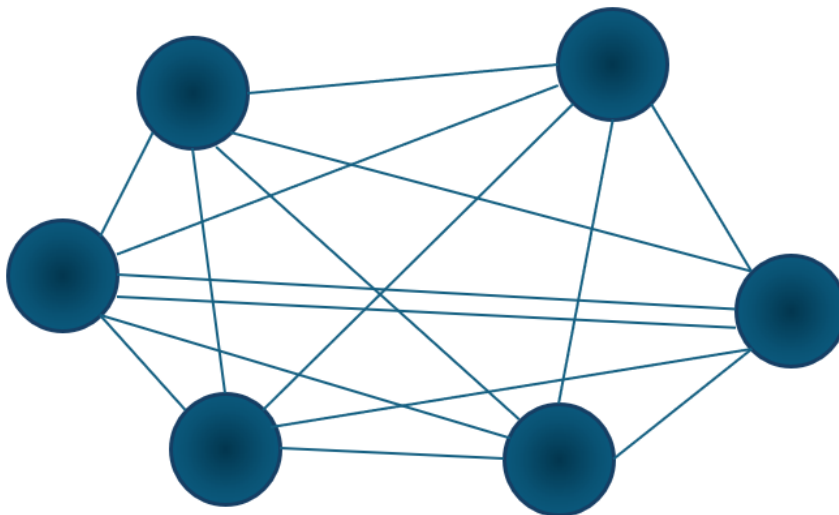


*KUVA 10. Rengastopologia*

### 3.8.4 Mesh-topologia ja muut topologiat

Mesh-topologia (kuva 11) tarkoittaa täysin yhdistettyä mesh-verkkoa, jossa kaikki laitteet ovat suoraan yhteydessä toisiinsa. Osittain yhdistetyssä mesh-verkossa osa laitteista viestii keskenään suorasti. Tämä topologia on yleinen langattomissa verkoissa eikä tätä topologiaa yleensä käytetä langallisissa verkoissa runsaiden kaapelointimäärien vuoksi. (20.)

On olemassa myös muita topologioita, jotka ovat yleisimpien topologiatyyppien yhdistelmiä. Puumaiset ja vapaat topologiat mahdollistavat tiedonsiirron räätälöinnin ja ne ovat joustavia. Niitä käyttämällä säästetään kaapeloinnissa ja työssä. (20.)



KUVA 11. Mesh-topologia

### 3.9 Kenttäväylä

Kenttäväylä mahdollistaa tiedonsiirron automaatiojärjestelmän ja kenttälaitteiden välillä. Kenttäväylä on tietoliikenneprotokolla, joka mahdollistaa prosessitasoisen säädön ja mittauksen. (21.) Kenttäväylät ovat järjestelmiä, joissa logiikan tulo- ja lähtöportit on sijoitettu kenttäväylämoduuleihin. Logiikka ja kenttäväylämoduulit on kytketty tiedonsiirtokaapelilla toisiinsa. Kun järjestelmässä on paljon tuloja ja

lähtöjä tai ne ovat hajallaan tai etäällä toisistaan, tulee kaapelointikuluihin säästöjä ja työmäärä vähenee. Yleinen tiedonsiirtotapa laitteiden ja logiikan keskusyksikön välillä on RS-485 sarjaliikenneväylä. Kenttäväylä siirtää tietoa automaatiojärjestelmän laitteiden ja automaatiojärjestelmän välillä. Kenttäväyläprotokollia on olemassa useita erilaisia. Protokolla tarkoittaa kieltä tai kielioppia, jota laitteet käyttävät kenttäväylässä. (22.)

## 4 SÄHKÖENERGIAN MITTAUS JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA

Jätevedenpuhdistamolla on tarkoitus aloittaa sähköenergian mittaaminen osastokohtaisesti eli tarkemmin kuin tällä hetkellä. Kuvassa 12 on pääkeskus ja kuvassa 13 vanha pääkeskus, joista tarkempia mittauksia on tarkoitus saada tulevaisuudessa. Mitattavia osastokohtaisia kohteita on yhteensä kahdeksan kappaletta. Liitteissä 1 ja 2 on nähtävillä pääkeskuksen laitesijoittelukuvat.

Mitattavat kohteet ovat

- LRK1A lietteenkäsittely
- LK-NK linkokeskus
- NK-KOM ilmastus
- JK-101 esikäsittely
- RK2 esikäsittely
- JK-JKÄ-01 jälkikäsittely
- vanha pääkeskus, josta myös erikseen mitattava RK-MEI-1 meijeri jätevesien esikäsittely.



KUVA 12. Pääkeskus



*KUVA 13. Vanha pääkeskus*

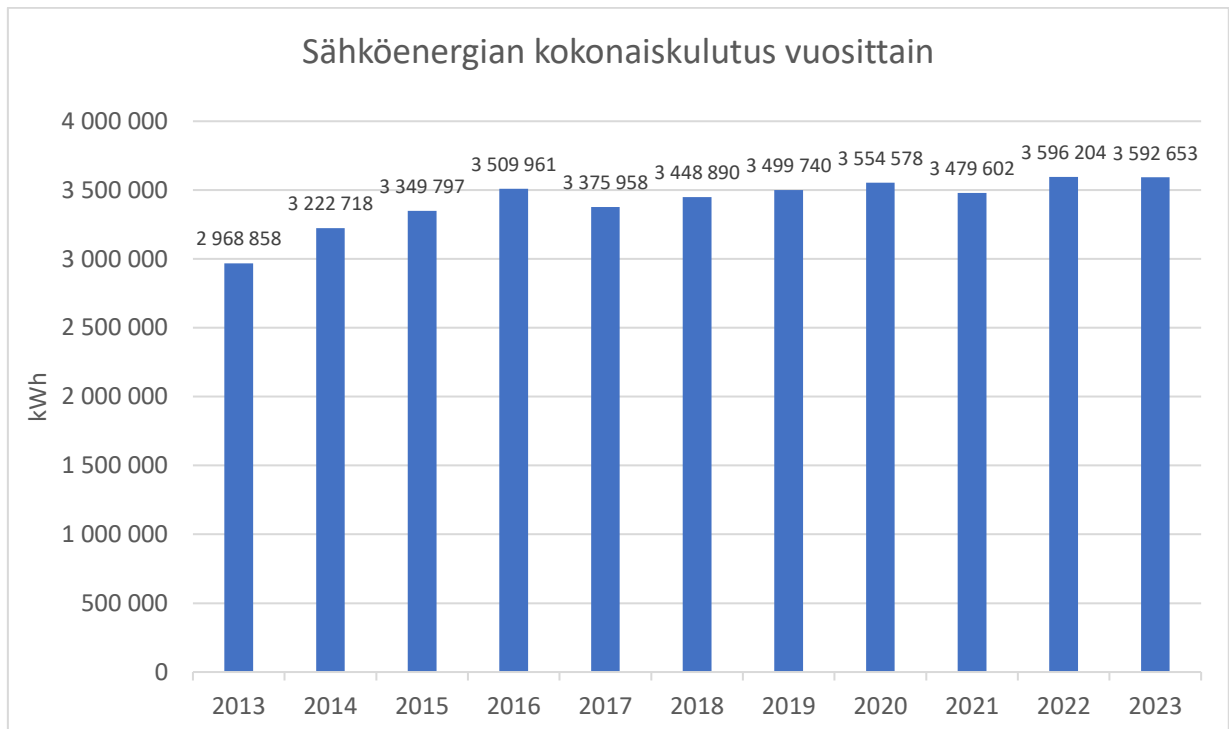
Nimellisvirta eli sulakkeen koko määrää, kuinka suuren kuormituksen sulake kestää jatkuvakestoisesti. Jos nimellisvirta menee yli, niin sulake palaa. Jätevedenpuhdistamolla on käytössä kahvasulakkeita, joiden nimellisvirrat ovat 125 A, 250 A, 400 A ja 630 A. Vanhan pääkeskuksen ja RK-MEI-1 meijeri jätevesien esikäsitteilyn mittauksissa tulee huomioida se, ettei meijeri jätevesien sähköenergian mittaamisessa tule päällekkäisyyksiä.

Sulakkeiden hyvä puoli on niiden erinomainen virranrajoituskyky, jota voidaan käyttää kojeistojen ja laitteiden mitoitusvaatimuksia pienentävänä tekijänä ja selektiivisyyden saavuttamisessa. Sulakkeiden huono puoli on niiden suuri toleranssi ja sen vuoksi epämääräinen toiminta sulakkeen nimellisvirtaan nähden pienellä ylikuormalla. (17.)

#### **4.1 Nykytilanne**

Tällä hetkellä jätevedenpuhdistamolla mitataan pelkästään sähköenergian kokonaiskulutusta (kuva 14). Mittaustieto ei tule valvomojärjestelmään tai

raportointijärjestelmään vaan sitä käytetään laskutukseen. Tarkoitus on saada tulevaisuudessa tarkempaa mittaustietoa osastokohtaisesti. Mittaustieto on tarkoitus tuoda jätevedenpuhdistamon AVEVA Plant SCADA –valvontaohjausjärjestelmään ja myös VeRa–raportointijärjestelmään.



KUVA 14. Sähköenergian vuosittainen kokonaiskulutus Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla

#### 4.2 Mittausjärjestelmävaihtoehdot jätevedenpuhdistamolla

Vaihtoehtona on päivittää keskuksia ja lisätä niihin kompaktikatkaisijoita. Kompaktikatkaisijoita käytettäessä on suositus pysyä yhden ja saman valmistajan tuotteissa. Tämä johtuu siitä, että ylivirtasuojien toimintakäyrät ovat näin toimittaessa helpommin sovitettavissa keskenään. Katkaisijoiden suojarulevalinta vaikuttaa siihen, miten hyvään tulokseen päästään selektiivisyyden osalta. (17.)

Schneider Electricin valikoimassa olevat ComPact NSX-kompaktikatkaisijat (kuva 15) pystyy asentamaan sähkökeskuksen sisälle mihin tahansa asentoon. Niiden nimellisvirta on 16–630 A, ja suojaruleita on saatavilla sekä elektronisia että termo-magneettisia. Suojaruleet ovat integroituja tehon- ja energianmittauksella (I, U, P, THD, f, CosΦ). Suojaruleita pystyy vaihtamaan jälkeinpäin, eli se

mahdollistaa älykkäiden toimintojen lisäämisen myös jälkeenkäin. Saatavilla on yhdeksän katkaisukykyluokkaa kahdella runkokokoluokalla 250 A:iin saakka: 25, 36, 50, 70, 100, 150, 200 kA / 415 V ja 630 A:iin saakka: 36, 50, 70, 100, 150, 200 kA / 415 V. Molemmissa runkokokoluokissa on lisäksi 75 ja 100 kA / 690 V. Katkaisijan runko valitaan napojen lukumäärän, nimellisvirran ja katkaisukyvyyn mukaan. Kompaktikatkaisijoiden etuna on niiden muokattavuus, turvallisuus ja helppous. (23.)

Katkaisijan laukaisukäyrä ei muutu iän myötä. Sulakkeen laukaisukäyrät herkistyvät niiden vanhentuuessa. Työturvallisuuden näkökulmasta sulakkeen vaihtamiseen liittyy riskejä. Kosketussuojatun katkaisijan etuna puolestaan on sen helppo ja turvallinen kytkeminen päälle laukaisun jälkeen. Sulakkeen etuna on virranrajoitus, joka on tehokkaampi etenkin suuremmilla jännitteillä. Selektiivisyys on myös helpompi toteuttaa. (16.)



*KUVA 15. Schneider Electric ComPacT NSX kompaktikatkaisija (23)*

Toisena esimerkivaihtoehtona ovat Siemensin kompaktikatkaisijat (kuva 16). Siemens Sentron 3VA2-kompaktikatkaisijan virta-anturi muodostuu rautamuuntajasta ja Rogowski-kelasta tarkkaa virranmittausta varten, ja tämän vuoksi jokaisen muuntajan voi optimoida sille tarkoitettujen tehtävien mukaisesti. Kompaktikatkaisija mittaa virtaa hyvin tarkasti ja soveltuu siis hyvin tehon ja energian mittaamiseen. Elektroninen ylivirtalaukaisin (ETU = Electronic Trip Unit)

mahdollistaa esimerkiksi mittausastimien, mittausarvojen ja tilatietojen siirron tiedonsiirtoverkkoon ja katkaisijaparametrien etäparametroinnin. Siemensin kompaktikatkaisijat voidaan liittää yleisimpiin väyliin kuten Proibus, Profinet, Modbus ja Ethernet. Mittaustietoa saadaan esimerkiksi virrasta, jännitteestä ja kulutuksesta. Tämän takia erillinen verkkoanalysointilaite on tarpeeton kompaktikatkaisijan kanssa. (24.)



KUVA 16. Siemens kompaktikatkaisijoita (24)

Vaihtoehtona on kompaktikatkaisijoiden sijasta käyttää esimerkiksi Schneider Electric Acti 9 iEM3000 -sarjan energiamittareita (kuva 17) jonkin valmistajan virtamuuntajien tai lenkkivirtapihtien kanssa. Virtamuuntajat tai lenkkivirtapihdit asennetaan jokaisen vaiheen ympärille. Mittari asennetaan DIN-kiskoon ja siinä on LCD näyttö. Mittarit ovat mittauslaitedirektiivin (MID) mukaisia ja niissä on valmis tuki Modbus RS-485-, M-Bus-, BACnet- ja LonWorks -protokolleihin. Reaaliaikaiset jännitteen, virran, tehon ja tehokertoimen mittaukset antavat tietoa energiakulutuksesta. (25.)

Kokonaisuudessaan esimerkiksi kompaktikatkaisijoilla toteutettu esimerkkilaitteisto maksaisi karkeasti arvioituna noin 20 000 € sisältäen laitteiston, asennuksen ja ohjelmoinnin.



KUVA 17. Schneider Electric Acti 9 iEM3000 -sarjan energiamittari (25)

### 4.3 Hyödyt ja tulevaisuus

Sähköenergian kulutusta seuraamalla pystytään puuttumaan poikkeaviin kulutuskemiin, mutta pelkän päämittarin seuraamisella on vaikea päätellä minkä takia kulutus vaihtelee (26). Jätevedenpuhdistamolla halutaan alkaa seuraamaan sähköenergiankulutusta tarkemmin ja keräämään mittaustietoa. Saatua mittausdataa voidaan analysoida ja hyödyntää jätevedenpuhdistusprosessin kehittämiseen tulevaisuudessa. Laiterikkoja on jätevedenpuhdistamolla yleisesti haasteellisempaa paikantaa pelkkien sähköenergian kulutustietojen perusteella. Mittausdataa pystyy sen kertyessä hyödyntämään energiansäästömahdollisuuksia etsiessä ja uuden teknologian hankkimista pohtiessa. Tarkempi mittaaminen voisi parantaa jätevedenpuhdistamon energiatehokkuutta ja vähentää kustannuksia.

#### 4.4 Mittalaitteet ja väylä

Mittalaitte voi olla pulssi- tai väyläliitännäinen. Väyläliitännäisen mittalaitteen etuna on saatavan tiedon määrä. Yleisimpiä väyläliitännäisiä ovat M-Bus ja Modbus RTU. M-Bus –väylä on joustavampi ja se voidaan rakentaa hyödyntämällä tähti- ja väylätopologioita. On myös mittareita, joissa on valmius protokollaan Modbus TCP tai BADnet IP. Nämä asennetaan IP-verkkoon. (18.)

#### 4.5 VeRa

VeRa eli Vesihuollon Raportointiohjelmisto on Finnish Consulting Groupin (FCG) tarjoama työkalu vesihuoltolaitoksien toiminnan raportointiin (27). Se on kehitetty vesihuoltolaitosten tiedon käsittelyyn, raportointiin ja seuraamiseen. Ohjelmiston avulla kertyneet tiedot on mahdollista hyödyntää täysmittaisesti. Käyttöpäiväkirjan sarakkeisiin kerätään tiedot tuntitasolta alkaen, ja seurattavat tiedot tallentuvat suoraan automaatiosta tai käyttäjien syöttäminä. Sarakkeiden arvoista osa saadaan laskentojen tuloksena. Automaation antamista tuntitiedoista lasketaan haluttuja päiväarvoja kuten esimerkiksi summa, keskiarvo, minimi ja maksimi. Tietoja pystyy havainnollistamaan esimerkiksi kuvaajilla VeRan grafiikkatoiminnoilla ja käyttäjä pystyy itse tekemään omia raporttipohjia tunti-, päivä-, viikko-, kuukausi- tai vuositiedoilla. Tiedonsiirto automaatiosta tapahtuu tekstitiedoston välityksellä. VeRa osaa lukea tietoja myös suoraan automaatiojärjestelmän reaaliaikaisesta tietokannasta SQL-rajapinnan läpi. (28.) Automaatio- ja FCG huolehtivat tulevaisuudessa sähköenergian mittaustietojen siirtymisen raportointijärjestelmään.

## 5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä eri vaihtoehtoihin, jotka ovat mahdollisia Seinäjoen jätevedenpuhdistamolla sähköenergian osastokohtaisen mittauksen toteuttamiseen. Työssä tutustuttiin eri vaihtoehtoihin ja tekniikoihin, joilla sähköenergian kulutusta pystyy mittaamaan ja seuraamaan. Mittausjärjestelmän hankinta jää tulevaisuudessa toteutettavaksi, koska opinnäytetyöhön käytettävissä ollut aika oli siihen liian lyhyt, ja tarkoitus oli perehtyä sopiviin vaihtoehtoihin.

Projektin yhtenä haasteena oli aihealueen rajaaminen niin, että teoriapohja säilyi maltillisen mittaisena, mutta oleelliset asiat tuli selitettyä tarkemmin. Opinnäytetyö pysyi aikataulussa ja valmistui ajallaan. Opinnäytetyön tuloksena toimeksiantaja sai lisätietoa mahdollisista mittausvaihtoehdoista ja niiden toimintaperiaatteista. Vaihtoehtona on käyttää kompaktikatkaisijoita tai virtamuuntajia, virtalenkkipihtejä ja energiamittareita.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää mittausjärjestelmän hankintavaiheessa. Käytännössä sähköenergian mittausvaihtoehtoja voidaan hyödyntää monella eri tavalla. Tarkemmalla sähköenergian kulutuksen seurannalla voidaan selvittää mitkä osat prosessissa kuluttavat eniten energiaa ja mihin kannattaisi kiinnittää huomiota sekä mahdollisesti tehdä jopa toimenpiteitä. Sähköenergian tarkemmalla ja reaaliaikaisella mittaamisella voidaan löytää keinoja energiankulutustannusten vähentämiseen. Tulevaisuudessa voidaan esimerkiksi pohtia kannattaisiko laitteiden käyttöä ajoittaa edullisempaan aikaan ja pyrkiä välttämään kulu-  
tushuippuja.

Mittausdataa pystyy käsittelemään, analysoimaan ja seuraamaan myös jätevedenpuhdistamon käyttämän raportointijärjestelmä VeRa:n avulla. Sen avulla voidaan myös etsiä syy-seuraussuhteita. Osastokohtaisella kulutuksen seuraamisella voidaan tunnistaa suurimmat sähköenergian kulutuspaikat. Tarkemman mitaustiedon avulla yritys voi tulevaisuudessa investoida energiatehokkaampiin laitteisiin tietyllä osastolla, jos osaston kulutus on suurta. Investoinnit ja resurssit voidaan siis kohdentaa paremmin ja turvallisemmin.

Kiinnostus tekoälyä kohtaan on kasvanut merkittävästi viime vuosina ja sen käyttö teollisuudessa tarjoaa yrityksille uusia mahdollisuuksia tuotantolaitosten ja prosessien tehostamiseen. Tekoäly voi esimerkiksi analysoida saatua mittaustietoa ja ennustaa tulevaa kulutusta sekä tunnistaa prosessissa tapahtuvat muutokset. Tekoäly ei pelkästään käsittele tietoa vaan se myös oppii ja sen myötä osaa myöhemmin tunnistaa mistä poikkeava tilanne johtuu. Sen avulla voidaan lisäksi optimoida laitteiden käyttöä ja auttaa henkilökuntaa päätöksenteossa.

Tulevaisuudessa voisi olla hyödyllistä tutkia ja kartoittaa niitä jätevedenpuhdistamon alakeskuksia, joissa on yksittäisiä suurempitehoisia laitteita, kuten esimerkiksi yli 30 kW moottoreita. Tavoitteena olisi selvittää ja arvioida alakeskusten sähkön kulutuksen mittaamisen tarpeellisuus ja hyödyt. Tarkempi mittaus voisi tuoda lisäarvoa energiankulutuksen optimointiin ja kunnossapidon hallintaan ennakoivasti. Tarkemmalla sähköenergian mittauksella voidaan huomata normaalia poikkeava kulutus, joka voi viitata laitteen huoltotarpeeseen. Tämän kaltainen ennakoiva kunnossapito vähentää tuotannon keskeytyksiä ja laitteiden korjaamisesta aiheutuvia kustannuksia. Laitteiden kokonaiskäyttöikä myös pitenee.

Opinnäytetyön aihe oli itselle melko haasteellinen, mutta kuitenkin erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen. Pääsin perehtymään sopivan laajasti sähköenergian mittaamiseen.

## LÄHTEET

1. Seinäjoen Energia 2024. Vesi. Luettavissa: <https://seinajoenenergia.fi/vesi/>. Luettu: 3.9.2024.
2. Mäki, K-M. 2012. Kustannustehokas fosforin poisto. Seinäjoen jätevedenpuhdistamo. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.
3. Juuti, P., Juuti, R. & Katko, T. 2022. Seinäjoen Vesi 100 vuotta. Eräsalon Kirjapaino Oy. Tampere.
4. Kiviranta, T. 2024. Ilmakuva puhdistamon alueesta. Seinäjoen Energia Oy. Sisäinen dokumentti.
5. Kauppi, V., Reinikainen, V., Ylinen, T. & Erkkilä, V. 2023. Sähköasennukset 4. Sähköinfo Oy. Espoo.
6. Suomen Energianeuvonta Oyj 2022. Sähkönsiirtotuotteet eli tariffit. Luettavissa: <https://senoyj.fi/artikkeli/sahkonsiirtotuotteet-eli-tariffit-sahkon-siirtotuotteiden-hintataulukko/>. Luettu: 10.9.2024.
7. Onctec Oy 2021. Mittauslaitedirektiivi MID 2014/32/EU. Luettavissa: <https://www.ontec.fi/2021/05/28/mittauslaitedirektiivi-mid-2014-32-eu/>. Luettu: 9.9.2024.
8. Ahoranta, J. 2012. Sähkötekniikka. Sanoma Pro Oy. Helsinki.
9. Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot II: Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Otatieto. Helsinki.
10. SFS 3381:2023. Vaihtosähköenergian mittaus. Mittauslaitteistot. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki. Luettavissa: <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/3/1274344.html.stx>. Vaatii lisenssin. Luettu: 17.9.2024.
11. Mäkinen, M.J.J. & Kallio, R. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Otava.

12. Lindeman, K. & Sahinoja, T. Sähkömittaustekniikan perusteet. WSOY. Porvoo.
13. ABB Oy. TTT-käsikirja 2000-07. Luku 10: Mittaus-, ohjaus- ja suojauslaitteistot. Kurssimateriaali. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu: 16.10.2024.
14. ST 53.24 Ohjeita kiinteistöjen enintään 1000 V johtojen mitoituksesta ja suojauksesta. Sähköinfo Oy. Luettavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/>. Vaatii lisenssin. Luettu: 30.9.2024.
15. Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Amk kustannus Oy Tammer-tekniikka. Tampere.
16. ST 53.45 Sulakkeeton suojaus. Sähköinfo Oy. Luettavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/>. Vaatii lisenssin. Luettu: 30.9.2024.
17. ST 53.13. Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys. Sähköinfo Oy. Luettavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/>. Vaatii lisenssin. Luettu: 30.9.2024.
18. ST 21.34. Ohjeita energiamittausten ja energianhallintajärjestelmien toteutukseen. Sähköinfo Oy. Luettavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/>. Vaatii lisenssin. Luettu: 18.9.2024.
19. Suomäki, J. & Vepsäläinen, S. 2023. Talotekniikan automaatio: Käyttäjän opas. 7. painos. Kiinteistömedia Oy. Helsinki.
20. ST-Käsikirja 21. Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto. Sähköinfo Oy. Luettavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/>. Vaatii lisenssin. Luettu: 26.9.2024.
21. ABB Oy. TTT-käsikirja 2000-07. Luku 5: Automaation tietoliikennetekniikka. Kurssimateriaali. Vaatii käyttöoikeuden. Luettu: 16.10.2024.
22. Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 2. painos. WSOY Oppimateriaalit. Helsinki.

23. Schneider Electric 2024. ComPacT NSX, uusi sukupolvi. Luettavissa: <https://www.se.com/fi/fi/product-range/39910531-compact-nsx-uusi-sukupolvi/?parent-subcategory-id=4230&filter=business-4-s%C3%A4hk%C3%B6jakelu#products>. Luettu: 25.9.2024.
24. Siemens 2024. Pienjännitekytkinlaitteet kaikkiin tarpeisiin. Luettavissa: <https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/pienjannitekytkinlaitteet.html>. Luettu: 2.10.2024.
25. Schneider Electric 2024. iEM3000 sarja. Luettavissa: <https://www.se.com/fi/fi/product-range/61273-iem3000-sarja/?parent-subcategory-id=4125&filter=business-2-kiinteist%C3%B6nhallinta-ja-turvallisuusratkaisut#overview>. Luettu: 21.10.2024.
26. ST 710.10. Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen. Sähköinfo Oy. Luettavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/>. Vaatii lisenssin. Luettu: 17.10.2024.
27. FCG Finnish Consulting Group Oy. Vesi. Luettavissa: <https://www.fcg.fi/palvelut/vesi/>. Luettu: 2.10.2024.
28. FCG Finnish Consulting Group Oy. 2.9.2024. Tarjous. Sisäinen lähde.
29. Juho Karvonen. 3.9.2024. Laitesijoittelukuvat kojeista ja ovista. Slatek Oy.

## **LIITTEET**

Liite 1 Pääkeskuksen laitesijoittelukuva (kojeet)

Liite 2 Pääkeskuksen laitesijoittelukuva (ovet)



