

Onni Heinonkoski

# Esiselvitys teollisuuskiinteistöjen energiakulutuksen seurantajärjestelmän toteuttamisesta

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

2025



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

|                |  |
|----------------|--|
| Tutkintonimike | Insinööri (AMK)  |
| Tekijä/Tekijät | Onni Heinonkoski   |
| Työn nimi      | Esiselvitys teollisuuskiinteistöjen energiakulutuksen seurantajärjestelmän toteuttamisesta |
| Toimeksiantaja | Metso Finland Oy   |
| Vuosi          | 2025   |
| Sivut          | 44 sivua   |
| Työn ohjaajat  | Tarmo Makkonen ja Mikko Pulli  |

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esiselvitys reaaliaikaisesta energiankulutuksen seurantajärjestelmästä toimeksiantajalle Metso Finland Oy:lle. Selvityksen kohteina olivat Metson Lappeenrannassa sijaitsevan tehdasyksikön kiinteistöt. Esiselvityksen pohjalta Metso voi lähteä parantamaan omaa energianseurantaansa.

Opinnäytetyö aloitettiin käsittelemällä säädösten ja standardin erot ja niiden velvoitteet. Seuraavana käytiin läpi energiatehokkuuteen liittyvä energiatehokkuuslaki ja SFS-EN ISO 50001-standardi sekä niiden vaatimukset organisaatioille. Järjestelmän suunnitteluun käytettiin työssä avattua Motiva Oy:n mittausjärjestelmän hankintaohjetta. Ohje antoi selkeät suuntaviivat projektin eteenpäin viemiseen. Ennen suunnittelutyön aloittamista kartoitettiin 2024 kulutusluokat sekä toimeksiantajan vaatimukset. Suunniteltavan järjestelmän ohjelmistoksi valikoitui Schneider electric:n valmistama Power Monitoring Expert, joka mahdollistaa mittaustulosten keräyksen Ethernet-verkosta, taltiointin serverille sekä tarkastelun haluttuna ajankohtana. Olemassa olevia mittareita ja Ethernet-verkkoa käytettiin hyväksi järjestelmää suunniteltaessa. Tiedonsiirto ja verkkojen rakenne rajattiin ulos aiheen laajuuden vuoksi sekä tietoturvasyistä.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin suunnitelma reaaliajassa kulutusta mitaavasta energiankulutuksen seurantajärjestelmästä Metso Lappeenrannan yksiköön. Seurantajärjestelmällä on sen toteutuessa mahdollista mitata reaaliajassa jo seurannan piirissä olevien mittauspisteiden lisäksi Lappeenrannan yksikön kiinteistökohtaisia sähkön, kaukolämmön ja käyttöveden kulutuksia. Järjestelmästä on mahdollista lukea myös sähkön laadusta kertovia suureita analysaattorin ansiosta. Mitattavien mittauspisteiden piiriin otettiin myös paineilmaa tuottavien kompressorien sähköenergiankulutukset.

**Asiasanat:** seurantajärjestelmä, energiankulutus, energiamittari, energiatehokkuus

|                 |  |
|-----------------|--|
| Degree title    | Bachelor of Engineering  |
| Author          | Onni Heinonkoski   |
| Thesis title    | Preliminary study about the implementation of energy consumption tracking system in industrial real estate |
| Commissioned by | Metso Finland Oy   |
| Time            | 2025   |
| Pages           | 44 pages   |
| Supervisors     | Tarmo Makkonen and Mikko Pulli   |

## ABSTRACT

The goal of this thesis was to conduct a preliminary study about the implementation of energy consumption tracking system. Objects were real estate in commissioner's factory in Lappeenranta.

The theoretical framework comprised a discussion about differences between obligations of legislation and standardization including the energy efficiency law and standard SFS-EN ISO 50001 and related requirements for organizations. The measuring system purchasing instruction of Motiva Oy was used in system design since it provided clear guidelines. Before starting the system design, the energy consumption in 2024 and the commissioner requirements were surveyed. Power Monitoring Expert from Schneider Electric was selected for systems program because it enables acquiring data from Ethernet network, storing it on a server and evaluating it afterwards. Data transmission and network structure were excluded due to the scope of study and information security.

As a result of this thesis, a real time tracking system was designed for the commissioner's Lappeenranta unit. This system enables measuring in real time the building-specific consumption of electricity, district heating and water. Owing to a power analyzer, the system enables the assessment of the quality of electricity. In addition, the electricity consumption of compressors was added to the scope of measuring.

**Keywords:** tracking system, energy consumption, energy meter, energy efficiency

## Alkusanat

Aloitin opiskeluni vuoden 2022 syksyllä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa Xamk:ssa. Alkusanaja kirjoittaessa syksyllä 2025 opintojen loppusuora häämöttää. Kliseisesti sanoen, aika on kulunut todella nopeasti. Olen todella tyytyväinen, että hain kouluun maaliskuussa 2022 sähkö- ja automaatiotekniikan monimuotototeutukseen. Opiskelu on antanut tietotaidon lisäksi kokemuksia tekniikan parissa sekä kohtaamisia uusien ihmisten kanssa, josta olen kiitollinen.

Olkoonkin, että opiskelutyön olen tehnyt itse, mutta ilman työnantajani tukea en olisi voinut suorittaa opintojani tässä ajassa. Metso Lappeenrannan tehtaalla ensin sähköasentajana ja myöhemmin projektistajana työskennellessäni minulla on mahdollisuus suorittaa opintojani töiden ohessa. Haluankin kiittää kollegoitani ja opinnäytetyön ohjaajaa Tarmo Makosta sekä opintojani mahdollistamassa mukana olleita Mika Ruokosta, Tomi Ilvestä sekä Lauri Hiltusta. Kiitän myös opinnäytetyöryhmässä mukana olleita Satu Hallikaista, Carl Freybergiä, Pekka Kanamäkeä ja Ari Hämäläistä ohjeistuksesta, avustuksesta ja arvioinnista. Kiitoksen haluan antaa myös perheenjäsenilleni, jotka osaltaan istuttivat ajatuksen siemenen opiskelusta.

# SISÄLLYS

|   |    |
|---|----|
| ALKUSANAT .....                                       | 4  |
| 1 JOHDANTO .....                                      | 7  |
| 2 METSO OYJ.....                                      | 8  |
| 3 SÄÄDÖKSET JA STANDARDIT .....                       | 9  |
| 3.1 Säädökset.....                                    | 9  |
| 3.2 Energiatehokkuuslaki.....                         | 10 |
| 3.3 Standardi .....                                   | 11 |
| 3.4 SFS-EN ISO 50001 .....                            | 13 |
| 4 SEURANTAJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS .....                 | 15 |
| 5 ENERGIAJÄRJESTELMÄ .....                            | 18 |
| 5.1 Nykyinen järjestelmä ja kulutuksen seuranta ..... | 18 |
| 5.1.1 Metso Lappeenrannan rakennukset .....           | 18 |
| 5.1.2 Sähkö.....                                      | 19 |
| 5.1.3 Kaukolämpö.....                                 | 21 |
| 5.1.4 Käyttövesi .....                                | 22 |
| 5.1.5 Paineilma .....                                 | 22 |
| 5.2 Energian kulutus vuonna 2024 .....                | 23 |
| 5.2.1 Sähkö.....                                      | 23 |
| 5.2.2 Kaukolämpö.....                                 | 25 |
| 5.2.3 Käyttövesi .....                                | 26 |
| 6 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU.....                       | 27 |
| 6.1 Toimeksiantajan vaatimukset.....                  | 27 |
| 6.2 Schneider Electric-Power Monitoring Expert .....  | 27 |
| 6.3 Tietoliikenne.....                                | 29 |
| 6.4 Sähkö .....                                       | 29 |
| 6.5 Kaukolämpö.....                                   | 32 |
| 6.6 Käyttövesi .....                                  | 32 |

|     |                                   |    |
|-----|-----------------------------------|----|
| 6.7 | Paineilma.....                    | 33 |
| 7   | TULOKSET.....                     | 35 |
| 8   | YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET..... | 37 |
|     | LÄHTEET.....                      | 39 |
|     | KUVALUETTELO .....                | 44 |

## 1 JOHDANTO

Luontoon ja ympäristöön liittyvät aiheet ovat olleet ajankohtaisia puheenaiheita ilmastonmuutoksen aikakaudella. Ilmastonmuutoksen edetessä eri maiden hallitusten välinen järjestö Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC kertoo ihmisen toimien olevan pääajureita nopeassa ilmastonmuutoksen etenemisessä. Teollisen aikakauden aiheuttamien päästöjen, kuten hiilidioksidin, metaanin ja typpidioksidin, päätyminen ilmakehään nostavat ilmakehän lämpötilaa. Ilmakehän lämpeneminen edistää muun muassa jäätiköiden sulamista, meren lämpötilan ja sen pinnan nousua. (IPCC 2021, 41–43.)

Yhdistyneet kansakunnat ovat tehneet työtä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi erilaisten sopimusten ja tavoitteiden muodossa. YK:n Agenda 2030 tavoitteisiin kuuluu 17 tavoitetta, joista seitsemäs koskettaa energiaa. Sen tavoitteena on edistää edullisen ja puhtaan energian saatavuutta, millä muun muassa päästöjä saataisiin laskettua matalammalle tasolle. Yksi työkaluista tavoitteen saavuttamiseen on energiatehokkuuden parantaminen. (United Nations s.a.) Energiatehokkuudella tarkoitetaan valmistettavan asian, kuten tavaran, palvelun tai suoritteen ja siihen käytetyn energiamäärän välistä suhdetta. Energiatehokkuus paranee, jos käytetty energiamäärä suhteessa vähenee valmistettavan asian määrään verrattuna (Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429, 3. §).

Kestävää kehitystä edistetään myös säädösten ja standardien muodossa. Kansainvälinen standardointi järjestö ISO on laatinut ISO 50001 -standardin energian hallintaa varten organisaatioille. Standardin avulla organisaatiot voivat parantaa energian käyttöä ja sen hallintaa. (ISO s.a.) Päästövähennysten lisäksi kustannussäästöt toimivat kannustimena energiatehokkuuden parantamisessa. Käyttämällä energia tehokkaammin lasketaan hiilidioksidipäästöjä sekä energian hankintakustannuksia.

Ratkaisevana tekijänä energiatehokkuuden parantamisessa on energian seuranta (Adebisi & Ndjuluwa 2023, 5). Reaaliaikaisella energian kulutuksen seurantajärjestelmällä tiedon kerääminen helpottuu ja kulutetusta energiasta saadaan tarkempi kuva. Energian kulutuksen seurantavälin ollessa yksi kuukausi

ei päivä- tai tuntikohtaisia kulutuspiikkejä ole mahdollista havainnoida. Reaaliaikaisella energiankulutuksen seurannalla voidaan löytää hukkaenergiaa kuluttavat pisteet ja mahdolliset viat tai vauriot järjestelmissä.

Metso Lappeenrannan yksikön energian kulutusta seurataan kuukausittaisella tasolla. Energiamittareiden lukemat kirjataan ylös käsin ja tallennetaan seurantaan varten. Metsolla seurannan piiriin kuuluvat energiamuodot ovat sähkö, kaukolämpö ja käyttövesi.

Tässä opinnäytetyössä laaditaan toimeksiantajalle Metso Finland Oy:lle esiselvitys energian kulutuksen seurantajärjestelmästä Lappeenrannan yksikön tehdaskiinteistöihin. Tavoitteena on suunnitella järjestelmä, joka seuraa ja tallentaa energiankulutuksen reaaliajassa. Reaaliaikaisella kulutuksen seurannalla tiedon kerääminen helpottuu. Lisäksi Metsolla on läpinäkyvämpi kuva kulutetusta energiasta, mitä voidaan käyttää hyväksi Lappeenrannan yksikön energiantehokkuuden parantamisessa.

## **2 METSO OYJ**

Metso on pörssilistattu yritys, joka valmistaa tuotteita sekä palveluita kaivos-, kivi- ja metallinjalostusteollisuuteen. Tuoteportfolioon kuuluu muun muassa erilaisia murskaimia, kuljettimia, seuloja, suodattimia ja venttiileitä. Metso tarjoaa omiin tuotteisiinsa palveluina huoltoja, laitteen optimointeja, sekä päivityksiä. Maailmanlaajuisesti Metsolla työskentelee 50 eri maassa noin 17 tuhatta ihmistä. (Metso 2025.)

Metson Lappeenrannan yksikössä työskentelee yli 200 henkilöä (Business Lappeenranta 2025). Yksikössä valmistetaan neljää eri suodatintyyppiä, joista yksi on PF-suodatin (Kuva 1). Suodattimien tehtävänä on erottaa lietteestä kiinteä ja nestemäinen aines erilleen. Prosessista riippuen suodattimen käyttäjä jatkojalostaa nestemäisen tai kiinteän aineksen. (Metso s.a.) Käyttökohteina suodattimet toimivat elintarvike-, kemian-, tai kaivosteollisuuden prosesseissa (Metso 2021).



Kuva 1. Larox PF-suodatin 2025 (Metso s.a.)

Lappeenrannassa Tukkipadulla sijaitsevalla tehdasalueella on pitkä historia paikkana, jossa on valmistettu tuotteita eri teollisuuden aloille. Willimies (2012) kertoo blogissaan, että samaisella paikalla on harjoitettu teollisuuden liiketoimintaa jo vuodesta 1886 lähtien. Eri omistajavaihdosten myötä niminä ovat toimineet Lappeenrannan konepaja Oy, Larox Oy, Outotec Oy, Metso-Outotec Oy ja viimeisimpänä Metso Oy. (Willimies 2012.)

### 3 SÄÄDÖKSET JA STANDARDIT

#### 3.1 Säädökset

Säädöksellä tarkoitetaan kansainvälisiä tai kansallisia lakeja, asetuksia, päätöksiä tai direktiivejä. Kansallisella tasolla Suomen lait säätää eduskunta. Lait ovat säädöksen määräysvaltaa ajatellen hierarkiajärjestyksessä ensimmäisenä. Laeista seuraavana hierarkiassa ovat asetukset, joita määrätään tasavallan presidentin, valtioneuvoston tai ministeriön taholta. Päätökset täydentävät ja tarkentavat lakeja sekä asetuksia. (Tiirikainen 2021.)

Suomi Euroopan unionin jäsenmaana on antanut päätäntävaltaansa tietyiltä osin EU:lle (Valtioneuvosto s.a.). Euroopan unionin määräämät asetukset asettuvat voimaan sellaisenaan kaikissa sen jäsenmaissa, mukaan lukien Suomessa. Kansalliset säädökset, jotka ovat ristiriidassa EU:sta tulleen asetuksen kanssa, eivät ole enää voimassa asetuksen astuessa voimaan. Direktiivikin on Euroopan unionista tuleva säädös, mutta se ei ole niin tiukka kuin asetus. Direktiivi toimii ohjeena lainsäätäjille. Lainsäätäjien on muutettava lainsäädäntöä siiten, että EU-direktiivi täyttyy. Päätökset ovat säädöksiä, jotka ovat kohdistettu pienemmälle tekijälle. EU:n taholta tulevat päätökset voivat koskea yksittäistä yritystä tai maata. (Tiirikainen 2021.)

### **3.2 Energiatehokkuuslaki**

Vuonna 2015 Suomessa voimaan astuneen energiatehokkuuslain tavoitteena on edistää laissa määriteltyjen toimijoiden energiatehokkuutta. Laki koskettaa energian, kuten sähkön, kaukolämmön, kaukojäähdytyksen tai polttoaineen myyjiä, suuria yrityksiä, teollisuuden toimijoita, jotka tuottavat käyttökelpoista ylijäämälämpöä, tietyissä tapauksissa keskushallintoviranomaisia ja datakeskuksia. Laissa suureksi yritykseksi määritellään vähintään 250 henkilöä työllistävää tai yli 50 miljoonaa euroa liikevaihtoa vuodessa tekevää ja 45 miljoonan taseen loppusumman omaavaa yritystä (Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429, 1.–3. §.)

Suuryrityksiä koskevat määräykset liittyvät energiakatselmuksiin ja sen vastuuhenkilöihin. Laki määrää yrityksille pakolliset energiakatselmuksset, joita suoritetaan vähintään neljän vuoden välein. Energiakatselmuksessa tarkastelun kohteena ovat yrityksen rakennukset, teollinen ja kaupallinen toiminta ja siihen liittyvä liikenne. Katselmuksessa käydään läpi energiankulutusprofiili, energian säästämähdollisuudet, säästön suuruudet ja katselmuksen tulokset. Energiakatselmukseen kuuluu myös kohdekatselmus, jossa kerätään tarkempi kuva energiakulutuksen rakenteesta ja ehdotuksia energiatehokkuuden parantamisesta. Kohdekatselmuksia voidaan suorittaa esimerkiksi rakennus- tai teollisuuslaitostasolla. Energia- sekä kohdekatselmuksesta muodostetaan raportti. Energiakatselmusraportista löytyvä kohdekatselmusraportti ei saa olla yli neljä vuotta vanha. (Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429, 4–11. §.)

Energiakulutuksien mittausten ja seurannan osalta energiatehokkuuslaissa mainitaan, että *energiakatselmuksessa on käytettävä luotettavia, ajan tasalla olevia sekä, mikäli mahdollista, mitattuja ja jäljitettävissä olevia operatiivisia tietoja energiankulutuksesta ja kuormitusjakaumista*. Kerätyt tulokset on tallennettava seurantaan ja analyysiä varten. (Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429, 8. §.)

Laista löytyy energiakatselmukseen liittyvä poikkeus. Yrityksen ei ole pakko suorittaa energiatehokkuuslaissa määriteltyä pakollista energiankatselmusta, jos sillä on kansainvälisen tai eurooppalaisen standardien mukainen ja pätevyyden hyväksyntään omaavan tahon hyväksymä energianhallintajärjestelmä. Edellä mainittuihin standardeihin lukeutuu muun muassa ISO 50001- ja ISO 14001-standardit. (Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429, 7. §.)

Yritysten toimintaa energiakatselmusten osalta valvoo Energiavirasto. Energiavirastolle on toimitettava tarkastettavaksi energia- ja kohdekatselmus sen niitä pyydetessä. Energia- ja kohdekatselmusta koskevat dokumentit eivät saa olla yli neljä vuotta vanhoja. (Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429, 12. §.)

### **3.3 Standardi**

Sanalla standardi voidaan tarkoittaa normia, normaalityyppiä tai asiakirjaa (Kielitoimiston sanakirja 2024). Tässä opinnäytetyössä standardilla tarkoitetaan julkaisuja, jotka ovat laadittu eri toimijoille saavuttamaan tietyt yhteisesti sovitut toimintatavat, suositukset ja vaatimukset. Standardit kohdistuvat tuotteille, järjestelmille sekä palveluille. (Mitä standardi tarkoittaa? s.a.) Standardeja ei ole pakko noudattaa kuten lakeja, mutta ne kertovat, että tietyt vaatimukset täyttyvät esimerkiksi tuotteessa (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto s.a.). SFS Suomen standardit (Mitä standardi tarkoittaa? s.a.) kertovat sivuillaan arkisen esimerkin standardin hyödyistä. Kaikille tutut A-paperikoot, kuten A3- ja A4-mitat ovat yhteisesti sovittu ja määritelty standardissa. Tämä helpottaa arkea muun muassa paperia laittaessa kirjekuoreen. Ei tarvitse miettiä, mahtuuko paperi kuoreen vai ei.

Suomessa kattojärjestönä toimiva SFS Suomen standardit ry kuuluu International Organization of Standardization ISO:n ja Eurooppalaisen European Committee for Standardization CEN:n jäseniksi. SFS Suomen Standardit ry tekee standardien jalkautustyön yhteistyössä eri standardointi- ja työryhmien kanssa. Suomessa 97 % standardeista ovat alun perin kansainvälisiä. (Standardointi Suomessa ja maailmalla. s.a.) Suomessa on omat standardisointiorganisaationsa sähkö- ja telealalle (Kuva 2).

|  | Sähköala   | Muut alat   | Teleala   |
|--|--|---|---|
| <b>Maailmanlaajuinen taso</b><br> | IEC<br>International<br>Electrotechnical<br>Commission                   | ISO<br>International<br>Organization for<br>Standardization | ITU<br>International<br>Telecommunication<br>Union            |
| <b>Eurooppalainen taso</b><br>    | CENELEC<br>European Committee<br>for Electrotechnical<br>Standardization | CEN<br>European<br>Committee for<br>Standardization         | ETSI<br>European<br>Telecommunications<br>Standards Institute |
| <b>Kansallinen taso</b><br>     | SESKO<br>Sähkötekni-<br>nen ala  | SFS<br>Suomen Standardit<br>toimialayhteisöineen            | Liikenne- ja<br>viestintävirasto<br>Traficom                  |

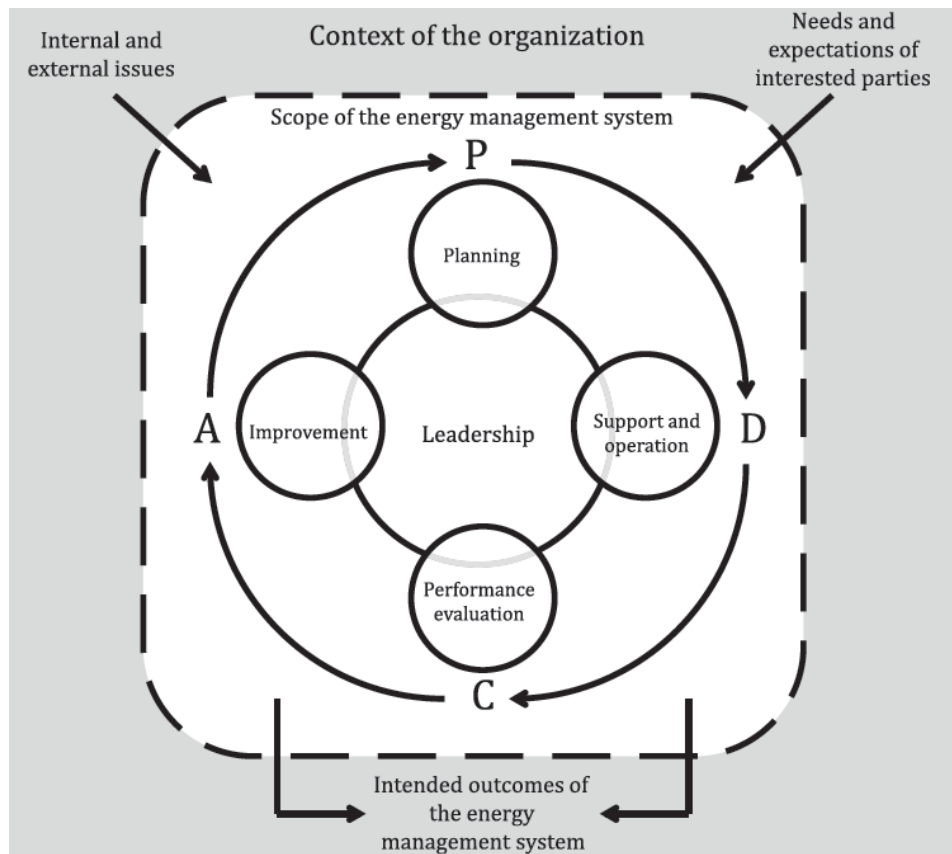
© SFS

Kuva 2. Standardointitasot s.a. (Suomen Standardit ry)

Standardin nimestä voidaan päätellä, millä alueilla se on voimassa. Jos standardi on vahvistettu Suomessa, sen nimestä löytyvät kirjaimet SFS. Saksassa voimassa olevista standardeista löytyvät kirjaimet DIN ja Ruotsissa SS. EN-kirjainyhdistelmä kertoo, että standardi on voimassa koko Euroopan alueella. ISO-etuliitteen sisältävä standardi on vahvistettu maailmanlaajuisesti. (Mitä standardi tarkoittaa? s.a.) ISO-standardien käyttö Suomessa on vapaaehtoista, mutta Euroopan tasolla toimiva CEN:n hyväksymät standardit tulevat automaattisesti voimaan kaikissa CEN:n jäsenmaissa, mukaan lukien Suomessa. (Standardointi Suomessa ja maailmalla. s.a.) Kirjainyhdistelmien jälkeen nimessä on standardin numerosarja ja vahvistusvuosi (Mitä standardi tarkoittaa? s.a.).

### 3.4 SFS-EN ISO 50001

Yksi Euroopan CEN:n käyttöön ottamasta ja sitä kautta myös Suomessa voimassa olevasta standardista energian hallintaan ja sen seurantaan liittyen on ISO 50001:2018. Siinä määritellään organisaatiolta vaadittavan energian hallintajärjestelmän (EnMS) vaatimukset. Standardi on luotu edistämään energiatehokkuutta, energian hyötysuhdetta, sen käyttöä ja kulutusta luomalla organisaatioille edellä mainittuja asioita tukevat järjestelmät ja prosessit. Dokumentti rajaa energian hallintajärjestelmän tilojen, tarvikkeiden, järjestelmien ja energiaa käyttävien prosessien suunnitteluun sekä niiden hankintaan. Standardin energian hallinta perustuu Plan-Do-Check-Act (PDCA) jatkuvan parantamisen ympyrään (Kuva 3). (SFS-EN ISO 50001:2018 3–6.)



Kuva 3. PDCA-ympyrä (SFS-EN ISO 50001)

Ympyrässä lähdetään liikkeelle kohdasta Plan, jossa kartoitetaan tarkastelun kohteena oleva organisaatio. Organisaatiolle on perustettava energiaa hallinnoiva tiimi ja organisaation johdon on laadittava energiapolitiikka. Lisäksi on löydettävä tavat tunnistaa riskit ja kehityskohteet, jotta voidaan estää ei toivotut tulokset. (SFS-EN ISO 50001:2018 6, 16, 29.) Suunnitteluun kuuluu

merkittävien energiakulutuksien (SEU) tunnistaminen, energiatehokkuudesta kertovien mittarien (EnPI) ja energian perustason (EnBs) määrittäminen. Merkittävällä energian kulutuksilla tarkoitetaan tilaa, prosessia tai laitetta, jotka vastaavat organisaatiossa isoa osaa energiankulutuksesta. Energiatehokkuudesta kertovista mittareista tulkitaan eri muutosten vaikutukset energiatehokkuuteen. Mitattujen tulosten arviointiin tarvitaan energian perustaso, jotta tulokset voidaan asettaa mittakaavaan. (Mt. 6, 15, 31–32.) Edellä mainittujen suureiden tulkitsemiseen ja seurantaan standardi vaatii ennalta määritetyin väliajoin suoritettavia energiakatselmuksia. Katselmuksessa analysoidaan aikaisempaa ja tämänhetkistä energian kulutusta sekä tehokkuutta, määritellään mahdolliset kehityskohteet ja arvioidaan tulevaisuudessa tapahtuvaa energian kulutusta ja sen käyttöä. Organisaatiolle on luotava toimintasuunnitelma sekä energiapolitiikan mukaiset tavoitteet energiatehokkuuden parantamiseen. Toimintasuunnitelmasta on käytävä ilmi tehtävät toimet, tarvittavat resurssit, vastuussa olevat tahot ja aikataulu. Lisäksi toimintasuunnitelmaan on kirjattava määrittely siitä, kuinka mitattuja tuloksia tulkitaan. (Mt. 6, 18–19.)

Ympyrän seuraava kohta on DO, jolloin suoritetaan toimintasuunnitelmassa mainitut asiat. Toteutusvaiheessa standardissa vaaditaan kiinnittämään huomiota energiatehokkuuteen järjestelmän suunnittelun, hankinnan ja toteutuksen aikana. Valinnoilla voi olla merkittäviä vaikutuksia pitkällä aikavälillä. (SFS-EN ISO 50001:2018 6, 22.)

Ympyrän kolmannessa CHECK-kohdassa arvioidaan järjestelmän senhetkinen tilanne. Energian hallintajärjestelmää tarkastellaan ja arvioidaan kokonaisvaltaisesti ennalta määritetyin väliajoin organisaation johdon katselmuksessa. Katselmuksessa käydään läpi eri toimenpiteiden tila, järjestelmään kohdistuvat riskit ja mahdollisuudet, mitatut tulokset, jatkuvan parantamisen mahdollisuudet ja energiapolitiikka. Katselmuksessa organisaation johto toteaa saavutetut tavoitteet ja kirjaa toimintasuunnitelmaan sen hetkisen tilanteen. Katselmuksen päätteeksi johto päättää tarvittavista toimenpiteistä, jotta organisaatio saavuttaa asetetut tavoitteet. (SFS-EN ISO 50001:2018 6, 24–25, 33.)

Ympyrässä viimeisenä on kohta ACT, jossa tehdään tarvittavat toimenpiteet epäkohtien korjaamiselle ja jatkuvalla energiatehokkuuden parantamiselle.

Tehdyt toimenpiteet on kirjattava ylös ja seurattava, ovatko toimenpiteiden vaikutukset haluttuja. (SFS-EN ISO 50001:2018 6, 25.)

Tiedon keräämisen osalta standardissa vaaditaan, että organisaation energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat tunnistetaan, seurataan, mitataan ja analysoidaan. Organisaation on tehtävä energiaa koskevan tiedon keräyssuunnitelma. Suunnitelmasta on selvittävä tarvittavat pisteet, josta tietoa kerätään, kuinka useasti tietoa kerätään ja miten se tallennetaan. Vähimmäisvaatimuksena kerättävistä tiedoista ovat merkittävimpien energiakulutuksien muuttujat, kulutukset sekä siihen liittyvät operatiiviset kriteerit. Edellä mainittujen lisäksi organisaation energiankulutus, staattiset tekijät ja toimintasuunnitelmassa määritellyt tiedot ovat myös kerättävä ennalta määritetyin väliajoin. Staattisella tekijällä tarkoitetaan tekijää, joka vaikuttaa energiatehokkuuteen, mutta ei lähtökohtaisesti muutu. Sellaisia ovat esimerkiksi tilojen koko tai tilassa tehtävien työvuorojen määrä. Organisaation on varmistettava mittalaitteiden ja muiden tiedon keräämiseen liittyvän laitteiston tarkkuus ja säilytettävä siihen liittyvä dokumentaatio. (SFS-EN ISO 50001:2018 13, 19–20.)

#### **4 SEURANTAJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS**

Motiva Oy on Suomen valtion omistama yhtiö, joka tarjoaa tietoa ja asiantuntijapalveluita julkiselle sektorille, sekä yksityisille yrityksille. Asiantuntijapalveluiden avulla yhtiöt voivat hakea säästöjä tehostamalla toimintaansa ja sitä kautta tehdä kestävämpiä valintoja. (Motiva Oy 2025.)

Yksi aihealueista, jossa Motiva tarjoaa asiantuntemustaan, on energiatehokkuus. Energiatehokkuuden kehittämiseen ja sen parantamiseen tarvitaan kulutuksen seurantaa. Motiva avaa dokumentissaan seurantajärjestelmän hankinnan kulmakiviä teollisuudessa energiatehokkuuden näkökulmasta (Motiva Oy 2014, 1.)



Kuva 4. Energiatehokkuuden mittausjärjestelmän hankinta (Motiva Oy 2014)

Motiva ohjeistaa aloittamaan kartoituksella, jossa selvitetään prosessin toiminta ja sen energian kulutus, vaateet tulevalle järjestelmälle sekä tämänhetkisen järjestelmän nykytila. Energian kulutuksen jakautuminen on tunnettava eri tasoilla, kuten rakennus-, osasto- ja laitekohtaiset kulutukset. Tasolla energian kulutukseen vaikuttaa tuotannon määrä ja sen sisällä tapahtuva laatu- vaihtelu. Lisäksi varianssia aiheuttaa tuotannossa työskentelevien henkilöiden erilaiset toimintatavat sekä ulkolämpötila. (Motiva Oy 2014, 2.) Vaatimuksina järjestelmän suunnittelulle on järjestelmää käyttävien ryhmien tarpeet sille, mitä tietoa he järjestelmältä tarvitsevat. Yrityksessä lähempänä tuotantoa olevat ryhmät tarvitsevat reaaliaikaisempaa tietoa, kun taas organisaatiossa korkeampana olevat ryhmät kokonaisvaltaisempaa tilannekuvaa. Näiden lisäksi on kartoitettava nykyisen järjestelmän tila, minkälaisia mittauksia järjestelmä jo ennestänsä sisältää ja minkälaista seurantaa harjoitetaan. (Mts. 6.)

Seurantajärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa määritellään tarvittavat mittaukset sekä tiedon käsittely ja hallinta kokonaisuudessaan. Mittauksen osalta Motivan dokumentissa todetaan, että kaikkea ei voi, eikä ole järkevää mitata. (Motiva Oy 2014, 2.) Seurantajärjestelmän suunnitteluvaiheessa on pohdittava tarvittavat mittauspisteet taloudelliset aspektit huomioiden. Seurannassa voidaan käyttää hyödyksi jo olemassa olevia mittareita ja kiinteistöautomaatiota, jolloin kaikkea ei tarvitse toteuttaa alusta asti. Teollisuuden keski- suurissa tai pienissä kohteissa mittaukset täytyy sijoittaa energiaa eniten kuluttavien kokonaisuuksien, kuten sähkökeskusten, paine- jäähdytys- ja kylmä- laitteistojen yhteyteen. Tyypillisimpiä mittauksia, joita energiaterhokkuuden parantamisessa käytetään, ovat erilaiset massavirtaukset, paineen, lämpötilan, kosteuden sekä sähkömäärittäminen. (Mts. 3–7.) Tiedon siirto, hallinnointi,

visualisointi ja sen tallennus on suunniteltava seurantajärjestelmää käyttävien ryhmien vaatimuksien mukaisesti. Tietoa siirrettäessä mittareista järjestelmään voidaan hyödyntää jo edellä mainittua ennestään olemassa olevaa kiinteistöautomaatiota tai Ethernet-verkkoa. Järjestelmään siirretty tieto täytyy hallinnoida käyttäjäryhmiä palvelevalla tavalla. Esimerkiksi reaaliaikainen mitausdata voidaan näyttää valvomon näytöllä tai tallentaa suoraan tietokantaan, josta sitä voidaan tutkia ennalta määritetyin väliajoin. Järjestelmän muodostamista energiaraporteista saadaan selkeämpi kuva kulutetusta energiasta ja energiatehokkuudesta. Niitä voidaan hyödyntää yrityksen liiketoiminnassa sekä säädöksiin liittyvissä todentamisissa. Aikaisempien uudistuksien vaikutuksia kulutukseen voidaan arvioida energiaraportista. Sitä voidaan hyödyntää myös nykytilan arviointiin sekä tulevien uudistuksien suunnan näyttäjänä. (Mts. 8–9.)

Käyttöönnotossa ja koulutuksessa järjestelmä saatetaan kokonaisuudessaan toimintakuntoiseksi, sekä käyttäjäryhmät valmennetaan sen käyttäjiksi. Mittausten osalta mittareille suoritetaan viritys ja kalibrointi. Seurantajärjestelmästä nähtävän tiedon on vastattava todellisuutta. Järjestelmän ollessa käyttövalmis, ovat käyttäjäryhmät valjastettava sen käyttäjiksi. Motiva ohjeistaa aloittamaan käyttäjäkoulutusmateriaalin ja ohjeiden tekemisen tarpeeksi ajoissa. Käyttäjäkoulutuksen valmistamiseen voidaan hyödyntää projektissa mukana olleiden toimittajien tietotaitoa. (Motiva Oy 2014, 9.)

Järjestelmän käyttöönoton jälkeen alkaa järjestelmän seuranta ja huolto- sekä päivystötoimenpiteet. Käyttöönottohetkellä toimiva järjestelmä ei ole tae sille, että se toimisi moitteitta myös tulevaisuudessa. Seurantaan voidaan kehittää prosessi, jolla varmistetaan, että järjestelmän poikkeamat huomataan ja korjataan heti havaittaessa. Järjestelmälle tehtävät huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet ovat suunniteltava etukäteen ja sovittava työstä vastaavien henkilöiden kanssa. (Motiva Oy 2014, 10.) Normaalin huollon ja kunnossapidon lisäksi Motiva suosittelee tarkastamaan järjestelmän toimivuutta, tavoitetasoja ja raja-arvoja tuotantoprosessien, määrien sekä kuormituksen muuttuessa. Kehitystarpeita voi ilmetä edellisten toimien yhteydessä. On myös hyvä pyytää käyttäjäryhmiltä järjestelmään liittyviä huomioita ja parannusehdotuksia, mikä

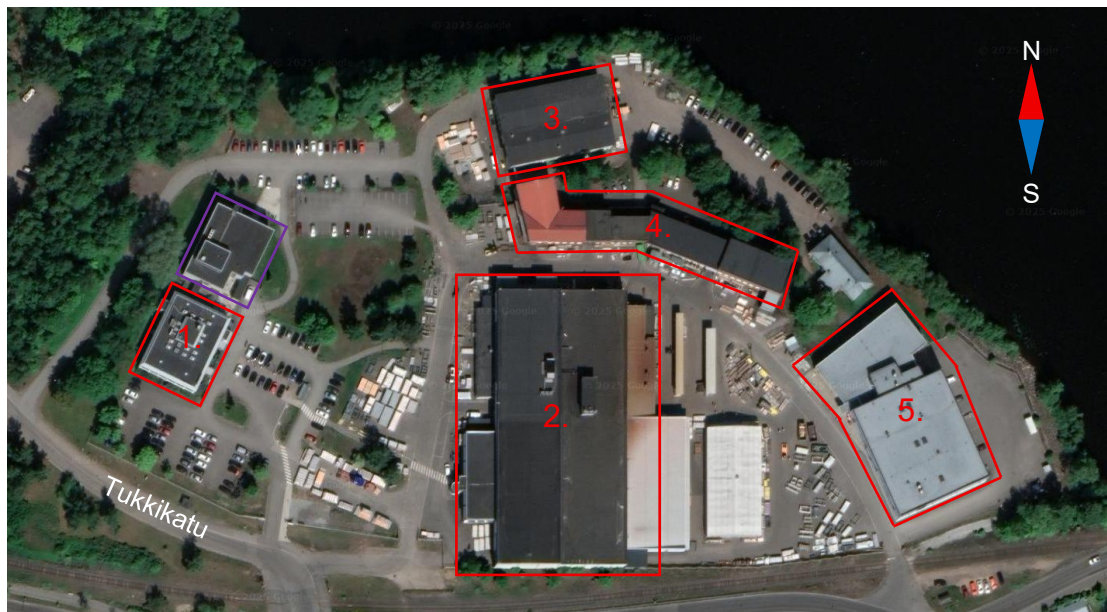
osallistaa käyttäjäryhmiä kulkemaan kohti yhteistä tavoitetta. Toimivat ja todellisuutta vastaavat mittaroinnit herättävät luottamusta ja motivaatiota energiatehokkuuden parantamistyössä. (Mts. 10–11.)

## 5 ENERGIAJÄRJESTELMÄ

### 5.1 Nykyinen järjestelmä ja kulutuksen seuranta

#### 5.1.1 Metso Lappeenrannan rakennukset

Metso Lappeenrannan tehtaan yksikkö koostuu viidestä rakennuksesta. Filters-konttorista (1), kokoonpanorakennuksesta (2), rantahallista (3), varasto- ja vastaanottorakennuksesta (4) sekä teknologiakeskuksesta (5) (Kuva 5). Filters-konttorin vieressä oleva violetilla neliöity rakennus on Yritystila-konttori.



Kuva 5. Kuvakaappaus Googlen kartat-palvelusta (Google maps s.a.)

Filters-konttori toimii työpisteenä suodatinliiketoiminnan paikalliselle johdolle, myynnille ja huollolle. Rakennuksesta löytyy toimistotilat kahdessa kerroksessa. Toimistotilojen lisäksi rakennuksesta löytyy ruokala, jossa Lappeenrannan yksikön työntekijöillä on mahdollisuus käydä syömässä. Yritystila-konttori ei kuulu Metson liiketoimintaan. Yritystilassa toimii Meidän IT ja talous Oy (Meita) -niminen yritys, joka tuottaa IT-, henkilöstöhallintoon ja talouteen liittyviä palveluja (Meidän IT ja Talous Oy 2025). Tässä opinnäytetyössä ei huomioida Yritystila-konttoria, koska Metso läpilaskuttaa tiloissa toimivaa Meidän IT ja Talous Oy:tä kulutetusta sähköstä, kaukolämmöstä ja käyttövedestä.

Kokoonpanorakennuksessa tehdään Metson eri suodattimiin liittyvää työtä suunnittelun, kokoonpanon sekä omavalmistuksen muodossa. Rakennukseen kuuluu kaksikerroksinen toimistosiiپی, kahteen osaan jaettu halli sekä maalaamo. Hallin kahteen jaettu osioita kutsutaan A- ja B-halliksi. A-hallissa tehdään suodattimen kokoonpanoa, testausta ja pakkausta, B-hallissa valmistetaan suodattimiin kuuluvia osia. Maalaamossa toimii yritys nimeltä FSP. FSP tuottaa muun muassa pintakäsittelyyn liittyviä palveluita (FSP For Surface Protection Oy 2023), joita Metso hyödyntää liiketoiminnassaan.

Rantahallissa työskentely painottuu laitteiden kokoonpanoon ja niiden pakkaamiseen. Kahteen kerrokseen jaetun hallin yläkerrassa on sosiaalitilat ja toimitukset, ja alakerrassa kokoonpanohalli. Hallissa kokoonpannaan ja pakataan suodattimiin liittyviä osakokonaisuuksia.

Varasto- ja vastaanottorakennuksessa hallinnoidaan Lappeenrannan yksikön saapuvaa tavaraa ja sen varastointia. Rakennuksen keski- ja itäosassa löytyy pieni toimisto ja varastotilaa. Rakennuksen länsipäässä on ruostumattoman teräksen pintakäsittelyyn tarkoitettu peittaustila. Tilassa toimii sama yritys kuin maalaamossakin; FSP.

Teknologiakeskuksessa (Dewatering Technology Center, DTC) tehdään Metson suodatusliiketoimintaan liittyvää tutkimustyötä, suunnittelua ja testausta. Rakennuksesta löytyy toimisto sekä kolmeen osaan jaettu halli.

### **5.1.2 Sähkö**

Lappeenrannan yksikön rakennuksiin sähkön jakelu tapahtuu pääkeskuksesta. Sähkönkulutusta mitataan muuntajatilassa sijaitsevalla Landis+Gyr kWh-mittarilla (Liite 1). Kyseinen etäluettava mittari on sähköyhtiön asentama. Sen perusteella yritys laskuttaa kulutetusta sähköstä.

Filters-konttorin kulutus koostuu toimistossa, ruokalassa ja parkkipaikalla tapahtuvasta kulutuksesta. Toimistotiloissa ja ruokalassa sähköä kuluu valaistukseen, ilmastointiin, IT-järjestelmään sekä keittiössä ruoan valmistukseen. Rakennuksen parkkipaikalle on asennettu sähköauton latauspaikkoja, joita

työntekijöiden on mahdollista hyödyntää. Filters-konttorin sähkönkulutusta mitataan Carlo Gavazzi -analysaattorilla rakennuksen nousukeskuksessa NK12. Nousukeskuksesta löytyy erilliset kWh-mittarit ruokalassa sijaitsevalle keittiölle sekä sähköauton latauksen syötölle. Näiden lisäksi ilmanvaihtokonehuoneen jakokeskuksen JK131 kulutusta mittaa Entes-merkinen analysaattori. (Liite 2).

Kokoonpanorakennuksen sähkönkulutusta syntyy toimistossa, A- ja B-hallissa sekä maalaamossa. Valaistus ja ilmastointi kuluttaa sähköä kaikissa edellä mainituissa tiloissa. Lisäksi toimistossa kulutusta tulee IT-järjestelmästä, kun taas halleissa suodattimien osien valmistamisesta, kokoonpanosta, testauksesta ja pakkauksesta. A-hallissa suodattimien kokoonpanoon ja pakkaukseen käytetään nostureita, joista siltanostureita on viisi kappaletta ja pylväs-nostureita kuusi kappaletta. Suodattimien testaukseen kuluu sähköä, jota syötetään koestuskaappien kautta (Liite 1). B-hallista löytyy osavalmistusta varten siltanostureita neljä kappaletta, pylväs-nostureita yhdeksän kappaletta, laser-hitsauskeskus, koneistuskeskus ja useita hitsauskoneita. Edellä mainittujen lisäksi A- ja B-halleissa sekä maalaamossa käytetään sähköllä toimivia käsityökaluja. Kokoonpanorakennuksessa olevat mittaukset liittyvät maalaamon sekä tietoliikenneverkon sähkösyöttöihin. Ryhmäkeskuksien RK2 ja RK3 kulutusta mitataan Kamstrup Ompower -kWh-mittareilla (Liite 1). Kolmas kilowattituntimittari mittaa tietoverkkoliikenteeseen liittyvän laitteiston sähkönkulutusta, joka läpilaskutetaan operaattorille.

Rantahallissa sähkönkulutus painottuu ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevaan kokoonpanohalliin. Yläkerran sosiaalityloissa ja toimistossa sähkön käyttö on vähäistä. Sähköä kuluu valaistukseen, ilmastointiin, sähköisiin työkaluihin ja työkaluihin. Kokoonpanohallista löytyy siltanostureita kaksi kappaletta, useampi pylväs-nosturi, saha sekä sähköisiä käsityökaluja. Näiden lisäksi hallissa ladataan myös sähkökäyttöistä trukkia. Erillistä sähkönkulutuksen mitausta rantahallille ei ole.

Varasto- ja vastaanottorakennuksessa sähköä kuluu valaistuksen, muutamien IT-laitteiden ja ilmastoinnin lisäksi trukkien lataukseen sekä peittaustoimintaan. Rakennuksen sähkösyötöt tulevat ryhmäkeskuksiin RK11 ja RK31.

Ryhmäkeskus 11 kattaa varaston sekä vastaanoton ja ryhmäkeskus 31 peittaustilan sähkönsyötön. (Liite 2.) Muista rakennuksen keskuksista poiketen rakennuksen länsipäässä sijaitsevan mittauskeskuksen MK1 sähkönsyöttö tulee rantahallista. Keskuksen tehtävänä on säädellä peittaushapon lämpötilaa. Peittaushappoa käytetään teräsosien pinnan käsittelyyn. Sähkönkulutusta mitataan vain peittausaltaan lämmityksen osalta. Muuta sähkönkulutuksen mitausta rakennuksessa ei ole.

Teknologiakeskuksessa sähkönkulutus koostuu valaistuksesta, ilmastoinnista, IT-järjestelmästä sekä hallissa tapahtuvasta kulutuksesta. Hallin puolella kulutusta syntyy nostureista, trukin latauksesta, eri sähkötyökaluista ja koneista. Hallista löytyy myös kylmiö, jonka lämpötilaa pidetään alle 5 celsiusasteen lämpötilassa. Tällä hetkellä rakennuksen sähkönkulutusta mitataan kahdella Carlo Gavazzin analyysointilaitteella, jotka mittaavat nousukeskuksien NK-A ja NK-B kulutusta. Keskuksia on jaettu siten, että NK-A keskuksista sähköä syötetään pääasiassa valaistukseen ja ilmastointiin ja NK-B prosessin tarpeisiin. (Liite 2.) Tässä tapauksessa prosessi kattaa hallissa tapahtuva kulutuksen, kuten nosturien ja sähköisten koneiden käytön.

Metso Lappeenrannan yksikkö seuraa sisäisesti sähkönkulutusta edellä mainituista mittareista, Filters-konttorin jakokeskuksen 131 analyysointilaitteiden avulla. Mittarien kilowattituntilukemat kirjataan ylös kuukausittain.

### **5.1.3 Kaukolämpö**

Lämmitysmuotona Metson Lappeenrannan rakennuksissa käytetään kaukolämpöä. Kaupungin kaukolämpöverkosta tuodaan kaukolämpöä kokoonpanorakennukseen ja teknologiakeskukseen. Kokoonpanorakennuksesta lämpö jaetaan eteenpäin Yritystila-konttoriin, Filters-konttoriin, varasto- ja vastaanotorakennukseen sekä rantahalliin. (Liite 3.)

Rakennuksista eniten lämmitettäviä kuutiometrejä on kokoonpanorakennuksessa. A- ja B-halli lämmitetään ilmanvaihdossa sijaitsevilla vesikiertoisilla lämpöpatterilla. Ilmanvaihdossa patterin läpi puhallettu ilma muuttuu lämpimäksi, minkä jälkeen se ohjataan molempiin halleihin. Vaihtoehtoisena

lämmityksenä voidaan käyttää ilmanvaihtoon asennettua ilmalämpöpumppua. Toimiston lämmitys on toteutettu seinustoille asennettavilla vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Filters-konttori sekä Yritystila-konttori lämmitetään seinään asennettavilla vesikiertoisilla lämpöpattereilla. Varasto- ja vastaanottorakennus ja rantahallin kokoonpanohalli lämmitetään vesikiertoisilla puhaltimilla. Molempien rakennuksien toimisto- ja sosiaalitilat lämpiävät vesikiertoisilla seinäpattereilla. Teknologiakeskuksessa hallitilat lämmitetään kuten Kokoonpanorakennuksen A- ja B-hallit ilmanvaihdossa sijaitsevalla vesikiertoisella patterilla ja ilmalämpöpumpulla. Toimistotilat pidetään lämpimänä vesikiertoisilla lämpöpattereilla.

Kulutusta seurataan tällä hetkellä kuukausittain. Liitteessä 3 olevien Kamstrup multical- kulutusmittareiden lukemat Metso kirjaa ylös kuukausittain. Kaukolämmön toimittaja lukee teknologiakeskuksen ja kokoonpanorakennuksen Landis+Hyr-kulutusmittareita etänä, minkä perusteella toimittaja laskuttaa kaukolämmön käytöstä (Liite 3).

#### **5.1.4 Käyttövesi**

Kaikkiin Metso Lappeenrannan tehtaan rakennuksiin tulee käyttövesi. Kaupungin vesijohtoverkosta käyttövesi on viety Filters-konttoriin, kokoonpanorakennukseen sekä teknologiakeskukseen. Kokoonpanorakennuksesta vesi jaetaan eteenpäin Yritystila-konttoriin, rantahalliin sekä varasto- ja vastaanottorakennukseen. (Liite 4.)

Metso seuraa käyttöveden kulutusta kuukausittaisella tasolla Zenner-kulutusmittareista. Käyttöveden toimittajalla on etäyhteys liitteessä neljä oleviin Zenner-kulutusmittareihin. Etäyhteydellä saatujen kulutustietojen perusteella toimittaja laskuttaa Metsoa kulutetusta vedestä.

#### **5.1.5 Paineilma**

Metso Lappeenrannan yksikössä paineilmaa tarvitaan erilaisten työkalujen käyttövoimana ja suodattimen laitteiden testaukseen koeajojen aikana. Paineilma sopii joissakin tapauksissa myös putsamiseen.

Kokoonpanorakennuksen A- ja B-halliin, rantahalliin sekä varasto ja vastaanot-  
torakennukseen paineilma tehdään laitetilassa sijaitsevalla Atlas Copco GA 30  
VSD+FF-kompressorilla. Varakompressorina toimii Atlas Copco GA 50 VSD-  
kompressori. Samassa rakennuksessa sijaitsevaan maalaamoon paineilma  
tehdään maalaamon laitetilassa sijaitsevalla Atlas Copco GA 37+FF-kompres-  
sorilla. Samaisessa laitetilassa vanhempaa vuosimallia oleva BOGE C30F-  
kompressori toimii varakompressorina. Kokoonpanorakennuksessa A- ja B-  
hallin sekä rantahallin paineilmaverkko on yhdistetty maalaamon verkkoon. Ti-  
lanteessa, jossa osa kompressoreista ei toimisi, voitaisiin toimivalla kompres-  
sorilla paineistaa koko paineilmaverkko. A- ja B-hallien sekä maalaamon  
kompressorien sähkö tuodaan pääkeskuksesta (Liite 1).

Teknologiakeskuksessa on oma paineilmaverkko. Paineilma rakennuksen  
verkkoon tehdään Kaeser SM16-kompressorilla. Varakompressorina ja pai-  
neilmasäiliönä toimii Atlas Copcon LT20. Teknologiakeskuksen kompresso-  
rien sähkönsyötöt tulevat jakokeskuksesta JK-A32 (Liite 2). Paineilmaan tai  
siihen kuluvaan sähköön ei Metsolla ole kulutusmittareita.

## 5.2 Energian kulutus vuonna 2024

### 5.2.1 Sähkö

Metso Lappeenrannan tehtaan sähkön kuluttajista on laadittu vuonna 2021  
taulukko, jossa eritellään tehtaan yksittäiset sähkönkuluttajat (Taulukko 1).  
Taulukkoon 1 on syötetty rakennusten eri sähköä kuluttavien laitteiden tai lai-  
tekokonaisuuksien liitântäteho, arvioitu keskimääräinen käyttötuntien määrä  
päivässä ja käyttöpäivien määrä vuodessa. Kaavalla 1 lasketaan laitteen tai  
laitteiden vuotuinen energian kulutus. Kertomalla taulukosta 1 löytyvän laitteen  
tai laitteiden liitântäteho  $P$  käyttötunneilla  $h$  sekä käyttöpäivillä  $d$ , saadaan  
vuotuinen kulutus  $E_{a, device}$ .

$$E_{a,device} = P * h * d \quad (1)$$

Kavalla 2 lasketaan, kuinka suuren osan laite tai laitteet kuluttavat energiaa koko kulutukseen verrattuna. Jakamalla laitteen tai laitteiden vuotuinen kulutus  $E_{a, device}$  koko tehdasyksikön vuotuisella sähkön kulutuksella  $E_{a, total}$ , saadaan laitekokonaisuuden kuluttaman sähkön prosenttiosuus  $Percent_{Ea}$  tehdasyksikön koko vuoden kuluttamasta sähköstä.

$$Percent_{Ea} = \frac{E_{a, device}}{E_{a, total}} * 100\% \quad (2)$$

Ennen kulutuslukemien tulkitsemista taulukkoon 1 päivitettiin vuoden 2024 laitekanta, arvioitiin laitteiden ottoteho, käyttötuntien sekä käyttöpäivien määrä. Päivityksen jälkeen varmistettiin, että arvioidut tehot vastaavat rakennuskoh-  
taisia kulutuksia ja sitä kautta tehdasyksikön kokonaiskulutusta.

Pääkeskuksesta lähtevien varasto- ja vastaanottorakennuksen sekä Rantahallin sähkönsyötyissä ei ole erillisiä energiamittareita (Liite 1). Tällöin kulutusjakauma Kokoonpanorakennuksen, Varasto- ja vastaanottorakennuksen ja Rantahallin välillä perustuu edellisessä kappaleessa mainittuun laitekohtaiseen taulukkoon. Taulukossa viitenä suurimpina sähkönkuluttajina ovat Kokoonpanorakennuksen koneistustoiminta, ilmastointi, kiertovesipumput sekä Teknologiakeskuksen ilmanvaihto. Nämä muodostavat 8,28–4,61 % osuuksia koko Metso Lappeenrannan tehtaan vuosikulutuksesta. Seuraavaksi viiden suurimman kuluttajan joukkoon lukeutuvat Filters-konttorin ilmastointi, B-hallin savunpoistotuulettimet ja Teknologiakeskuksen viilennys- ja lämmityslaitteisto sekä valaistus. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Metso Lappeenrannan tehtaan kymmenen suurinta sähkönkuluttajaa

| Building         | Subplant         | Component | pcs. | Percentage of total consumption |
|------------------|------------------|-----------|------|---------------------------------|
| B-halli          | Machining        |           |      | 8,28 %                          |
| DTC              | Air conditioning |           |      | 7,06 %                          |
| A-halli          | Air conditioning |           |      | 6,34 %                          |
| B-halli          | Air conditioning |           |      | 5,87 %                          |
| A-halli          | LVI              | Pumps     |      | 4,61 %                          |
| Filters konttori | Air conditioning |           |      | 3,73 %                          |
| B-halli          | Smoke removal    | Fan       | 4    | 3,61 %                          |
| DTC              | Cooling/Heating  |           |      | 3,51 %                          |
| DTC              | Lighting         |           | 1    | 3,22 %                          |
| B-halli          | Welding          |           |      | 3,07 %                          |

Rakennuskohtaisessa tarkastelussa Kokoonpanorakennus vastaa hiukan yli puolesta Lappeenrannan yksikön sähkön kokonaiskulutuksessa.

Teknologiakeskus vastaa noin neljänneksestä ja Filters-konttori 12,66 % kokonaiskulutuksesta. Pienimpinä sähkönkuluttajina ovat Rantahalli sekä Varasto ja vastaanottorakennus, joiden kulutukset ovat viiden prosentin molemmin puolin. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Metso Lappeenrannan tehtaan sähkön kulutusjakauma rakennuksittain

| Building                        | Prosentage of total consumption |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Kokoonpanorakennus              | 50,76 %                         |
| Teknologiakeskus                | 25,08 %                         |
| Filters-konttori                | 12,66 %                         |
| Rantahalli                      | 6,75 %                          |
| Varasto- ja vastaanottorakennus | 4,74 %                          |

### 5.2.2 Kaukolämpö

Kaukolämmön osalta rakennuskohtaiseen tarkasteluun käytetään vuoden 2024 kirjattuja kulutuslukemia. Kulutuslukemia ei voitu yksilöidä Kokoonpanorakennuksen ja Rantahallin osalta, koska Rantahallilla ei ole erillistä lämmönkulutusmittaria (Liite 3). Kokoonpanorakennus ja Rantahalli vastasivat yhdessä lähes 60 % koko tehdasalueen kaukolämmön kulutuksesta vuonna 2024. Toiseksi suurimpana kuluttajana Varasto- ja vastaanottorakennus noin 25 %. Kahtena pienimpänä kuluttajana olivat Teknologiakeskus yli 13 % ja Filters-konttori alle viidellä prosentilla. (Taulukko 3.)

Taulukko 3. Metso Lappeenrannan tehtaan kaukolämmön kulutusjakauma

| Building                         | Prosentage of total consumption |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Kokoonpanorakennus ja Rantahalli | 57,33 %                         |
| Varasto- ja vastaanottorakennus  | 24,90 %                         |
| Teknologiakeskus                 | 13,12 %                         |
| Filters-konttori                 | 4,65 %                          |

### 5.2.3 Käyttövesi

Käyttöveden osalta kaikkien rakennuksien kulutuksia ei voida eritellä. Varasto- ja vastaanottorakennuksen kulutusmittari ei kuulu seurannan piiriin, jolloin vuotuista osuutta ei saada eriteltyä. (Liite 4.) Taulukosta 4 nähdään vuoden 2024 käyttöveden kulutusjakaumat. Suurimpana käyttöveden kuluttajana Teknologiakeskus on vastannut 40,72 % koko tehdasalueen käyttöveden kulutuksesta. Suuruusjärjestyksessä toisena on Filters-konttori 34,85 % ja kolmantena Kokoonpanorakennus, Rantahalli sekä Varasto- ja vastaanottorakennus 24,43 %. (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Metso Lappeenrannan tehtaan käyttöveden kulutusjakauma

| Building  | Prosentage of total consumption |
|---|---------------------------------|
| Teknologiakeskus  | 40,72 %                         |
| Filters-konttori  | 34,85 %                         |
| Kokoonpanorakennus, Rantahallin sekä Varasto- ja vastaanottorakennuksen | 24,43 %                         |

## 6 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

### 6.1 Toimeksiantajan vaatimukset

Opinnäytetyön toimeksiantaja on antanut muutamia reunaehtoja suunniteltavalle järjestelmälle. Järjestelmän on seurattava nykyisin seurannan piiriin kuuluvien mittauspisteiden energiankulutusta reaaliajassa, ja kulutetun energian määriä on pystyttävä tarkastelemaan jälkepäin. Energiankulutuksen seurantajärjestelmän valmistajia on useita. Muutamien eri vaihtoehtojen joukosta valikoitui Schneider electric:n valmistama Power Monitoring Expert-ohjelmisto. Metsolla on jo ennestään kokemusta kyseisestä ohjelmistosta. Reaaliaikaisten kulutustietojen lisäksi järjestelmästä tulisi olla mahdollisuus tutkia sähkön laatua. Toimeksiantaja ohjeistaa, että suunnitteluvaiheessa IT-järjestelmää käsitellään vain lyhyesti aiheen laajuuden sekä tietoturvan takia. Pääpainopisteenä on mittauspisteet sekä kuinka tieto siirretään Ethernet-verkkoon.

Sähkön laatu kertoo, kuinka hyvin jännitteet, virrat ja niiden taajuudet vastaavat vaatimuksia. Huono sähkön laatu vaikuttaa negatiivisesti sähköverkossa oleviin laitteisiin. Laadultaan huono sähkö lyhentää laitteiden käyttöikää, heikentää hyötysuhdetta, eivätkä laitteet välttämättä toimi, kuten pitäisi. Sähkön laadun poikkeamat voivat johtua joko sähköä syöttävästä verkosta tai siihen kytketystä kuormasta. Yleisimpiä sähkön laatuun liittyviä poikkeamia ovat muun muassa jännitteen ja taajuuden vaihtelut, katkokset, epätasaisuudet, piikit ja harmoniset aallot. (Withthegrid s.a.)

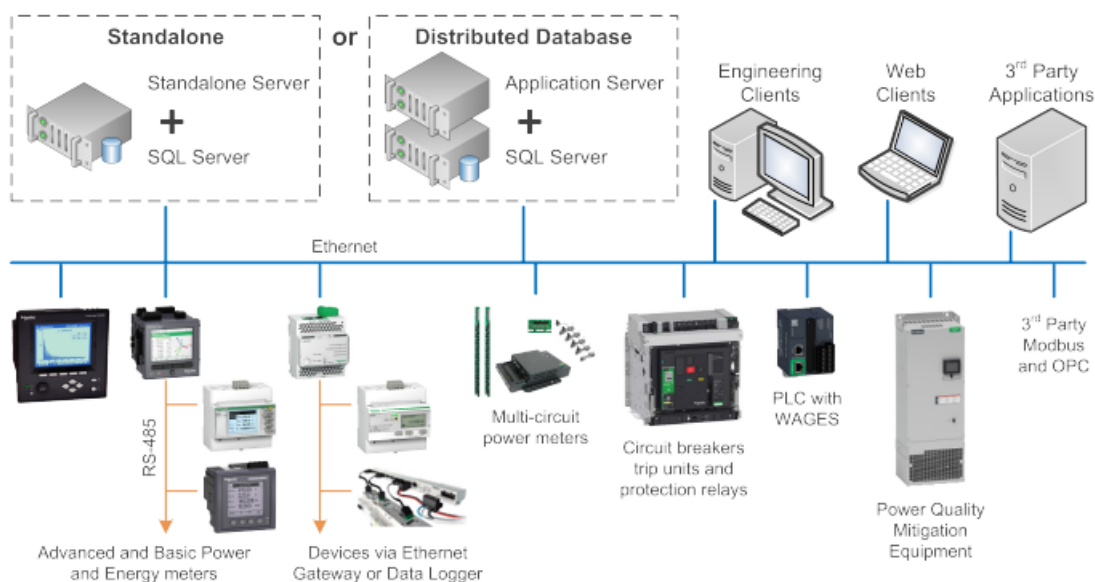
### 6.2 Schneider Electric-Power Monitoring Expert

Schneider electric on ranskalaislähtöinen globaali sähkökomponentteja valmistava yritys, joka tunnetaan laajasti sähköalalla. Yritys tarjoaa erilaisia sähköistyksen ja automatisointiin liittyviä ratkaisuja niin teollisuusyrityksille kuin yksityisille kodinomistajille. (Always at the heart of innovation s.a.)

Yksi Schneider electric:n tuoteperheistä on EcoStruxure, josta löytyy ohjelmistoja rakennusten ja eri teollisuuden alojen sovelluksien seurantaan ja hallintaan (EcoStruxure™: IoT-enabled architecture and platform s.a.). Tuoteperheeseen kuuluu ohjelmisto nimeltä Power Monitoring Expert, joka on

tarkoitettu energian kulutuksen seurantaan. Ohjelmistolla kerätää tietoa muun muassa kontakteista, katkaisijoista, ohjelmoitavista logiikoista sekä erilaisista teho- ja energiamittareista. Ohjelmistoon kerättyä tietoa voidaan tarkastella, analysoida ja tallentaa. (Power Monitoring Expert 2024 System Guide, 145.)

Ohjelmisto vaatii toimiakseen erillisen SQL-serverin, johon mittareista kerätty tieto tallennetaan. PME- ohjelmiston ja tiedon keräyksen voi tarvittaessa eriyttää kahdelle eri serverille kuvan 6 mukaisesti. (Power Monitoring Expert 2024 System Guide, 37.)



Kuva 6. Schneiderin esimerkijärjestelmäkaavio (Schneider electric 2024)

SQL-serveri on 1980-luvulla Microsoftin lanseeraama serveri, joka käyttää yrityksen nimeltä Sybase kehittämää SQL-koodia. Sybase:n omistaa nykyisin ohjelmistoyritys SAP. Kirjaimet SQL tulevat sanoista Structured Query Language. Serverin toimenkuvaan kuuluu toimia tietokantana, josta samaisella serverillä tai erillisellä tietokoneella sijaitseva ohjelmisto voi tallentaa ja hakea tietoa sen niin pyytäessä. (Actian s.a.)

Mittareista kerätty tieto siirretään servereille TCP/IP-protokollalla Ethernet-verkon läpi. Jotta kaikkien mittareiden ei tarvitsisi olla Ethernet yhteensopivia, siirtoon voidaan käyttää myös sarjaväylää. Ehtona kuitenkin on, että

sarjaväylästä tuleva tieto, esimerkiksi Modbus-protokollan muodossa oleva, muunnetaan Ethernet-verkossa kulkevaan TCP/IP-muotoon. (Power Monitoring Expert 2024 System Guide, 146.)

PME-ohjelmistoon yhteensopivia muuntimia löytyy muutamia vaihtoehtoja, joista yksi on PAS600-keskitin. PAS600 toimii tiedonkerääjänä mittareista ja muuntaa sen Ethernet-verkon protokollan mukaiseksi. Keskittimeen voidaan kytkeä erilaisia energiamittareita ja sähkökomponentteja. Edellä mainittuihin lukeutuvat sähköä, kaasua tai vettä mittaavat instrumentit sekä sulakkeet ja kontaktorit. Jotta edellä mainittuja komponentteja voidaan kytkeä keskittimeen, täytyy kommunikointiprotokolla olla sama. Protokollat, joita PAS600-keskitin tukee, ovat muun muassa Ethernet TCP/IP, Wi-Fi, Modbus TCP/IP ja RTU. Keskittimestä löytyy myös kaksi sisääntuloa digitaalisille signaaleille. Modbusin ja Ethernet yhteensopivuuden lisäksi PAS600-keskittimeen löytyy langattomia PowerTag-sähköenergiamittareita. PAS600-keskitintä on saatavana 110–277 voltin syöttöjännitteen sijaan myös 24 voltin versiona. 24 voltin syöttöjännitteen keskittimessä nimen loppuun on lisätty L-kirjain. (EcoStruxure Panel Server, 1–7.)

### **6.3 Tietoliikenne**

Tiedon tallentamisen osalta Metsolta löytyy omia servereitä, joita voidaan mahdollisesti hyödyntää seurantajärjestelmää toteuttaessa. Lisäksi tiedon siirtoa varten Metso Lappeenrannan tehtaan rakennuksista löytyy laaja Ethernet-verkko. Verkkoa voidaan käyttää hyväksi energiankulutuksen seurantajärjestelmässä, jolloin vältetään ylimääräisiltä kaapeloinneilta.

Opinnäytetyön rajauksen sekä tietoturvasyistä tietoliikenteeseen liittyvää aiheistoa ei käsitellä yllä olevaa kappaletta enempää.

### **6.4 Sähkö**

Vaatimuksissa toimeksiantaja oli antanut ehdon, että nykyisin seurannan piiriin kuuluvien mittauspisteiden kulutuksia on pystyttävä seuraamaan reaaliajassa. Lisäksi sähkönlaatua on pystyttävä mittaamaan. Minimivaatimusten täytyessä olisi hyvä lisätä seurantaa myös sinne, missä olisi

säästöpotentiaalia. Kohteet, joista säästöä voidaan hakea, ovat muun muassa valaistus ja ilmastointi. Suoraan tuotantoon liittyvästä sähkönkulutuksesta, kuten koneistuksesta, hitsauksesta tai siltanostureista muodostuvasta kulutuksesta, ei samalla tavalla voida säästää. Kulutuksen läpinäkyvyyttä lisäisi mahdollisuus tulkita sähkönkulutusta rakennuskohtaisesti.

Metso Lappeenrannan tehtaan pääkeskuksen pääkatkaisijan yhteydestä löytyy Siemensin Sentron PAC4200 -analysointilaite. Analysointilaite on kytketty siten, että se mittaa pääkeskukseen syötettävää sähköä. (Liite 1.) Analysointilaitella saadaan pää- ja vaihejännitteiden sekä vaihevirtojen lisäksi näennäis-, pätö-, ja loistehojen suuruudet. Edellä mainittujen lisäksi sillä voidaan mitata eri vaiheiden tehokertoimia, kulmia, harmonisia yliaaltoja ja kokonaissäröjä. (Siemens 2019, 18–20.) Tällä analysointilaitella voidaan tulkita sähkön laadullisia suureita. Siemensin analysointilaite tukee TCP/IP-protokollaa, jolloin se on kytkettävissä suoraan Ethernet verkkoon (mts. 40).

Pääkeskuksesta löytyy kaksi kappaletta Kamstrup Omnipower -energiamittareita (Liite 1). Kulutustietojen ulossaamiseksi valmistajan mukaan mittareihin ei ole saatavilla jälkeenkäyttöön asennettavaa Modbus-protokollaa tukevaa moduulia. Kuitenkin TCP/IP-tiedonsiirto-protokollaa tukeva moduuli löytyy Kamstrup:n valikoimasta. (Kamstrup 2021.) Järjestelmän käytännön toteutusta helpottamaan toteutetaan kyseisten mittauspisteiden seuranta Schneider electric:n valmistamilla kolmivaiheisilla PowerTag-energiamittareilla (Liite 5). Kyseiset mittarit ovat langattomia ja PAS600L-keskittimen kanssa yhteensopivia. (EcoStruxure Panel Server 2025.)

Filters-konttorista ja teknologiakeskuksesta löytyvistä Carlo Gavazzi EM26-96 -analysointilaitteista löytyy liitännät ModBus-väylää varten. Väylän avulla analysointilaitteista on mahdollista saada energiankulutuksen lisäksi muun muassa jännitteitä, virtoja, tehokertoimia, taajuus sekä kokonaissäröjä. (Gavazzi 2017.) Lisätään edellä mainitut analysointilaitteet seurannan piiriin PAS600L-keskittintä hyväksikäyttäen (Liite 5).

Jotta Rantahalli, Varasto- ja vastaanottorakennus sekä Happorakennus (kuuluu osaksi Varasto- ja vastaanottorakennusta) olisivat seurannan piirissä, on

pääkeskuksen lähtöihin 25, 28 ja 35 lisättävä Schneiderin electric:n Power-Tag-energiamittarit (Liite 5). Tällöin saadaan läpileikkaus rakennuskohtaisesta kulutuksesta.

Filters-konttorin NK-12 keskuksessa löytyy kaksi kappaletta Carlo Gavazzi:n EM330-energiamittareita. Mittarista toisesta löytyy Modbus-valmius ja toisesta pulssiulostulo. Vaihtamalla pulssiulostulon omaava EM330-energiamittari Modbus-valmiuden omaavaan malliin saadaan molemmat mittarit väylän piiriin. Filters-konttorissa on erillinen jakokeskus JK31 ja JK131 ilmanvaihdolle. JK131-keskuksessa sijaitsevassa Entes MRP32-analysaattorista ei ole mahdollista saada kulutustietoja ulos (Entes s.a). Lisättäessä NK12 keskuksen JK 31 ja JK131 lähtöihin PowerTag-mittaukset, voidaan seurata ilmanvaihtoon liittyvää kulutusta. (Liite 6.)

Kokoonpanorakennuksen ilmanvaihtoon liittyvä kulutus ei ole jakaantunut moneen eri keskukseseen kuten rakennuksen valaistuksien kulutus. A-hallissa olevista jakokeskuksista JK7 ja JK8 löytyy A- ja B-hallin ilmanvaihtoon liittyviä sähkönsyöttöjä (Liite 5). Keskuksista JK8 lähtevään ilmanvaihdonkeskuksen syöttöön lisättäessä PowerTag-energiamittari, voidaan mitata A-Hallin ilmanvaihtoon liittyvä kulutus. B-hallin ilmanvaihdon syötöt ovat jakaantuneet useampaan lähtöön JK7-keskuksessa. Kaksi nimellisteholtaan merkittävintä B-hallin ilmastointiin liittyvää laitetta ovat tuloilma- ja poistoilmapuhallin. Lisättäessä PowerTag-energiamittarit molempien puhaltamien syöttöihin, voidaan seurata kahta nimellisteholtaan merkittävimmän laitteen sähkönkulutusta.

Rantahallin osalta ilmastoinnilla tai valaistukselle ei ole erillistä keskusta. Jotta rakennuskohtainen seuranta toteutuu täysimääräisesti, lisätään varasto- ja vastaanottorakennuksessa sijaitsevaan mittauskeskus MK1 keskuksen syöttöön PowerTag-energiamittari (Liite 6). Käytännössä järjestelmän toteutustyötä helpottamaan seuranta toteutetaan PowerTag-mittareilla Kamstrup Omnipower-energiamittareiden sijaan.

Teknologiakeskuksessa Valaistukselle ja ilmastoinnille on oma nousukeskus NK-A ja prosessille nousukeskus NK-B. Tarkempaa kulutuksen läpileikkausta varten lisätään LVI-jakokeskusten JKA-31 ja JKA-32 syöttöihin PowerTag-mittarit. (Liite 6.)

## 6.5 Kaukolämpö

Kaukolämmön osalta kuukausittaisen seurannan piiriin kuuluvat mittarit on yhdistettävä suunniteltavaan järjestelmään. Lisäksi rakennuskohtaisien kulutusten seuranta antaisi läpinäkyvämmän kuvan kulutusjakaumasta.

Metsolla tällä hetkellä oleviin Kamstrup Multical 602-kaukolämpömittareihin on saatavilla Modbus-moduuli. Moduuli on mahdollista lisätä jälkeinpäin olemassa oleviin mittareihin. (Moisio 2025.) Modbus-moduulin avulla kaukolämpömittarin kulutustiedot saadaan siirrettyä PAS600L-keskittimen kautta Ethernet-verkkoon. Jotta kaikkien rakennusten kulutukset voidaan yksilöidä, täytyy Rantahallin kaukolämpölinjaan lisätä mittari liitteen 7 mukaisesti. Kamstrup on uudistanut mallistoaan, minkä takia Multical 602 -mittareita ei enää ole saatavilla. Mittarin korvaa uudistunut Multical 603 -mittarimallisto. Kyseistä mittaria on saatavilla Modbus-yhteensopivuudella, mikä täytyy ottaa huomioon mittaria hankkiessa. (Mt. 2025.)

## 6.6 Käyttövesi

Mittauksien osalta toimeksiantajan vaatimuksena oli, että nyt seurannan piiriin kuuluvat kohteet ovat suunniteltavan järjestelmän piirissä. Tällä hetkellä kaikkien rakennuksien kulutetun veden määriä ei voida erotella mittausten puuttuessa Rantahallista sekä Varasto- ja vastaanottorakennuksesta (Liite 4). Lisätessä mittarit edellä mainittujen rakennusten vedenjakeluun saadaan kattava kuva käyttöveden kulutusjakaumasta.

Tällä hetkellä Metso Lappeenrannan yksikössä käytössä olevat Zenner-vedenkulutusmittarit ovat malliltaan DN32/260 IUWS Q3=10 M3/H T50 R250 LoRa 204 HV. Mittarista löytyy integroitu LoRa-lähetin, jolla tieto kulutetun veden määrästä voidaan siirtää langattomasti haluttuun paikkaan. LoRa 204-mittarimalli lähettää kulutus-, identiteetti- ja aikaleimatiedon kerran tunnissa LoRa-taajuudella. Mittarin LoRa lähetystaajuus on 868MHz. Samaisia tietoja voidaan siirtää myös mittariin jälkikäteen lisättävällä Mbus- tai wMbus-väylämoduulilla. (Zenner Korkeamäki 2023.) Valmistajalta kysyttäessä heidän mukaansa kyseisiä moduuleita on saatavilla vasta vuoden 2026 alkupuolella (Korkeamäki 2025).

Nykyisistä mittareista on siis mahdollista siirtää kulutustietoja kolmella tavalla. Olkoonkin, että väylämoduulin mittareihin pystyisi hankkimaan vasta vuonna 2026.

PAS600-keskittimen tukiessa Ethernet TCP/IP- ja Wi-Fi- sekä Modbus TCP/IP- ja RTU-protokollia, täytyy protokolla muuntaa joko Mbus-, wMbus- tai LoRa-protokollasta. Muuntimia valmistaa usea eri valmistaja. Yksi valmistajista on Ouman, jonka tuotteisiin kuuluu Mbus-ModBus-muunnin. Muunnin muuntaa nimensä mukaisesti Mbus-väylän Modbus-väylään. Muunnin vaatii toimiakseen 12–48 voltin tasajännitevirransyötön sekä ohjelmoinnin ja siihen tarvittavan SBRS 485-muuntimen. (Ouman s.a.)

Liitteenä 8 olevaan käyttövesikuvaan on lisätty olemassa olevien mittareiden lisäksi Rantahallille sekä Varasto- ja vastaanottorakennukselle omat Zenner-vesimittarit. Mittareihin on asennettu vuonna 2026 julkaistava Mbus-moduuli. Vesimittareihin kytketään kaksijohtimista Lapp Groupin valmistamaa Unitronic Bus LD-väyläkaapelia, joka luo yhteyden Vesimittarin ja Ouman-muuntimen välille. Kaapeli on tarkoitettu eri väylien, kuten Modbus-väylän muodostamiseen (Lapp 2025). Ouman-muuntimesta Modbus-väylä muodostetaan PAS600L-keskittimeen aiemmin mainitulla Lapp Unitronic BUS LD-kaapelilla. Muuntimille syötetään käyttö sähkö IFM:n DN1031 24 voltin tasajännitemuuntajilla. Muuntimen maksimi syöttövirta 2,5 ampeeria riittää sekä Oumanin muuntimelle että PAS600L-keskittimelle (IFM 2022).

## **6.7 Paineilma**

Motiva Oy julkaisi vuonna 2006 päivitetyn version Paineilman energia-analyyssimallista. PATE- paineilmaa tehokkaasti analyysimallin tarkoituksena on parantaa paineilman energiatehokkuutta teollisuuden eri toimijoiden paineilmajärjestelmissä. Dokumentin esipuheessa mainitaan, että Motivan sekä kauppa- ja teollisuusministeriön yhteistyönä tehdyn PATE- paineilmaa tehokkaasti projektin yhteydessä tehtiin paineilman tehostamisselvitys. Selvitys kohdistui seitsemään suuruusluokaltaan keskisuureen energiaa kuluttavaan tehtaaseen ja neljään prosessiteollisuuden tehtaaseen. Selvityksessä kävi ilmi, että paineilman tuotannossa ja käytössä on 20 prosentin toteuttamiskelpoinen

säästöpotentiaali. Tehostamispotentiaali asettui 30–60 prosentin väliin teoreettisessa tarkastelussa. (Motiva Oy 2006, 3–8.)

Analyysin Toteutusohje-osiossa kerrotaan, että PATE-analyysi sopii parhaiten kohteisiin, joista löytyy vähintään kaksi kompressoria, joiden yhteinen sähköteho on vähintään 100kW, tai vaihtoehtoisesti vuotuinen sähkönkulutus on 200MWh. (Motiva Oy 2006, 7–8.) Edellä mainittuihin lukemiin Metson Lappeenrannan yksikössä ei osiossa 5.2 mainitun aineiston perusteella päästä.

Vaikka Metso Lappeenrannan yksikön kompressoreiden kulutus- ja teholuminat jäävät alle analyysissä suositeltujen arvojen, on dokumentista syytä ammentaa tietoa mittausten osalta merkittävän säästöpotentiaalintakia. Lisäksi tämän opinnäytetyön tavoitteena ei ole parantaa Metson paineilmajärjestelmän energiatehokkuutta vaan tehdä esiselvitys energiankulutuksen seuranta järjestelmästä.

Paineilman kulutuksen seuranta Metsolla ei tähän asti ole ollut. Analyysissä kerrotaan, että paineilmaa voidaan mitata muun muassa kompressorin sähkönkulutuksen, toimintarajojen, verkostopaineen ja ilmavirran osalta. (Mt. 11.)

Metsolla käytössä olevista Atlas Copco -merkkisistä kompressoreista löytyy näyttö, jonka avulla voidaan lukea kompressorin tietoja sekä ohjata sen toimintaa. Valmistajalta kysyttiin, olisiko kompressoreista mahdollista saada siihen liittyviä tietoja väylän kautta. Huhtala (2025) kertoo vastauksessaan, että väylän kautta tietoja ei ole helposti saatavilla. Tietojen ulossaanti vaatisi keskusohjaimen, jonka avulla saataisiin muun muassa laskennallinen sähkönkulutus. Laskennallinen kulutus ei välttämättä vastaisi todellista kulutusta, jolloin kulutuslukemat olisivat harhaanjohtavia. Helpon sähkönkulutuslukeman saa erillisellä tehomittauksella. (Huhtala 2025.)

Kokoonpanorakennuksessa sijaitsevien kompressorien energianmittauksen osalta helpoin tapa on lisätä PowerTag-energiamittarit pääkeskuksen lähtöihin 29 ja 34 (Liite 5). Energiamittareiden avulla järjestelmästä voidaan nähdä kompressorien käyntiaikoja. Käyntiaikojen perusteella on mahdollista havaita mahdollinen paineilmapuoto tai muu laitteistoon liittyvä vika. Esimerkkinä

kompressorin käynnistyessä useita kertoja työajan ulkopuolella, jolloin paineilmaa ei kulu työsuoritteisiin, on syytä tutkia käynnistymisien syyt. Varalla olevien kompressorien vähäisen käytön takia energianmittaukset eivät tuottaisi lisäarvoa. A- ja B-hallin paineilmaverkostoa syöttävään putkeen on lisätty yhde. Putkiyhteessä on painemittari, jota ei ole otettu käyttöön. Tarvittaessa yhdettä ja painemittaria hyväksikäyttäen, on mahdollista ottaa paineilma-verkon verkostopaine yhdeksi mittasuureeksi energianseuranta varten tulevaisuudessa.

Teknologiakeskuksessa sijaitsevan Kaeser-kompressorin on saatavilla kommunikaatiomoduuleita, jotka tukevat Profibus DP-VO-, Profinet I0-, Modbus TCP-, DeviceNet- ja Modbus RTU -protokollia (Kaeser 2015). Samaa suunnittelutapaa noudattaen lisätään kompressorin lähtöön PowerTag-energiamittari (Liite 6).

## 7 TULOKSET

Edellisessä osiossa selostettua järjestelmän suunnittelua tehdessä vertailtiin samanaikaisesti eri toteutusvaihtojen kustannuksia. Järjestelmään valikoidut tarvikkeet on listattu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Suunnitellun järjestelmän tarvikkeet

| Tyyppi     | Merkki             | Malli                            | Määrä | Yksikkö |
|------------|--------------------|----------------------------------|-------|---------|
| Kaapeli    | Lapp               | UNITRONIC® BUS LD                | 220   | m       |
| Kaapeli    | Draka              | Cat 6 STP kaapeli                | 105   | m       |
| Kaapeli    | Draka              | MMJ 5x2,5S                       | 85    | m       |
| Kaapeli    | Draka              | MMJ 3x1,5S                       | 65    | m       |
| Mittari    | Kamstrup           | Multical 603                     | 1     | kpl     |
| Mittari    | Zenner             | DN32/260 ZENNER IUWS...          | 4     | kpl     |
| Mittari    | Schneider electric | Powertag 200A                    | 14    | kpl     |
| Mittari    | Schneider electric | Powertag 600A                    | 2     | kpl     |
| Mittari    | Carlo Gavazzi      | EM330 Modbus valmiudella         | 1     | kpl     |
| Moduuli    | Kamstrup           | Modbus RTU väylämoduuli, 6743300 | 4     | kpl     |
| Moduuli    | Zenner             | Mbus-moduuli.                    | 7     | kpl     |
| Muunnin    | Schneider electric | PAS-600                          | 4     | kpl     |
| Muunnin    | Schneider electric | PAS-600L                         | 4     | kpl     |
| Muunnin    | Ouman              | Mbus-Modbus                      | 5     | kpl     |
| Muunnin    | Nokeval            | DCS770                           | 1     | kpl     |
| Muuntaja   | IFM                | DN1031                           | 4     | kpl     |
| Ohjelmisto | Schneider electric | Power Monitoring Expert          | 1     | kpl     |

Neljän Zenner-vesimittarin sekä yhden Kamstrup-kaukolämpömittarin asennuksen lisäksi loput taulukon 5 komponentit on asennettava viiteen eri Metso Lappeenrannan tehtaan rakennukseen.

Sähköä mittaavia mittareita on suunniteltu tässä työssä asennettavan eri ikäisiin sähkökeskuksiin. Uudemmissa keskuksissa kiinnitysmahdollisuuksia, esimerkiksi DIN-kiskon muodossa, voi löytyä paremmin kuin vanhemmissa sähkökeskuksissa. Myös asennustila sekä kaapelien läpivientimahdollisuudet vaihtelee keskuskohtaisesti.

Asennusten jälkeen järjestelmän loppuun saattamiseksi aloitetaan käyttöönotto. Power Monitoring Expert -järjestelmän ohjeistuksesta löytyvästä taulukosta käyttöönotto on jaettu useampaan kohtaan (Power Monitoring Expert 2024 System Guide, 191–192). Käyttöönotto aloitetaan ohjelmiston asentamisella ja lisenssien aktivoinnilla. Tämän jälkeen määritetään järjestelmään liitettävät laitteet, kuten PAS-keskittimet. Laitteiden määrittelyn jälkeen asetetaan verkkopohjaisen sovelluksen käyttöasetukset. Viimeisinä asioina ovat ohjauspaneelin, raporttien ja eri mittaustuloksia näyttävien näyttöjen rakentaminen. (Mt.)

Taulukon 5 tarvikkeista ja järjestelmän käyttöönotosta on kysytty erilliset tarjoukset niitä toimittavilta yrityksiltä. Kaukolämpömittarin ja vesimittarien asennukseen tarjoukset kysyttiin Metsolle jo ennestään töitä tehneeltä LVI-alan yritykseltä. Sähkötöihin menevä aika arvioitiin yllä olevat asiat huomioiden, ja kustannukset laskettiin viimeisimpänä sähkötöitä tehneen yrityksen tuntiveloitushinnalla. Power Monitoring Expert -ohjelmiston asennuksesta ja suunnitellun järjestelmän käyttöönotosta kysyttiin tarjous suoraan laitevalmistaja Schneider Electric:ltä.

Metsolle tarjottujen tarvikkeiden ja asennusten hintatietoja ei julkaista tässä opinnäytetyössä, vaan ne luovutetaan yrityksen sisäiseen käyttöön. Päätökseen, toteutetaanko suunniteltu järjestelmä vai ei, vaikuttaa merkittävästi toteutuksesta koituvat kustannukset. Kustannusten kohotessa kohtuuttoman korkeiksi ei järjestelmää kannata toteuttaa suunnitellussa laajuudessa.

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Organisaatioiden energiatehokkuutta halutaan viedä eteenpäin niin kansainvälisien kuin kansallistenkin tahojen toimesta. Ensisijaisen tavoitteen ollessa kasvihuonepäästöjen hillitseminen tuovat kustannussäästöt kannusteena lisäpontta tavoitteen saavuttamiseen. Säästösten ollessa pakollisia noudattaa on organisaatioiden adaptoiduttava sen mukaisesti. Se, kuinka paljon energiatehokkuuden parantamiseen panostettaisiin ilman siihen velvoittavaa säädäntöä, olisi itsessään oma tutkimuksen kohde.

Jotta organisaatioiden energiatehokkuutta voidaan parantaa, on oltava tietoa kulutetusta energiasta. Tiedon hankinnan avainasemassa on tässä opinnäytetyössä käsitelty energiankulutuksen seurantajärjestelmä.

Motiva Oy:n ohje mittausjärjestelmän hankinnasta antoi selvät suuntaviivat työn toteuttamiselle. Selvitystyö aloitettiin kartoittamalla nykyinen energianjakelijärjestelmä sekä nykyiset mittauspisteet. Tämän jälkeen tarkasteltiin vuoden 2024 arvioituja kulutuslukemia. Selvitystyö antoi läpinäkyvän kuvan nykytilanteesta, jonka pohjalle järjestelmää voidaan alkaa suunnittelemaan. Toimeksiantajan vaatimuksien ollessa selvillä aloitettiin suunnittelutyö. Suunnittelutyössä hyödynnettiin jo olemassa olevaa laitteistoa niin mittareiden kuin Ethernet-verkon osalta. Hyödyntämällä jo olemassa olevia komponentteja säästetään niin työ- kuin tarvikekustannuksissa. Vaikka osaan jo valmiiksi olemassa olevia sähköenergiaa mittaavia mittauspisteitä olisi voitu käyttöönottaa valmistajan omilla moduuleilla, toteutettiin mittaus PowerTag-energiamittareilla. Tämä helpottaa käytännön toteutustyötä. Kaukolämmön mittauksissa jouduttiin käyttämään väylämoduuleja, koska uusi mittari ja sen vaihtotyö olisi ollut kalliimpi vaihtoehto. Sopivia käyttövesimittareita Modbus-RTU valmiudella ei markkinoilta löytynyt, jolloin olemassa olevat mittarit oli varustettava tarvittavilla komponenteilla.

Kokoonpanorakennuksen, Rantahallin sekä Varasto- ja vastaanottorakennuksen valaistuksien sekä osin LVI-järjestelmän sähkönsyötöt ovat hajaantuneet useammalle eri keskukselle. Tulevaisuudessa potentiaalisia säästökohteita etsiessä olisi syytä pohtia, kuinka edellä mainituista kuormista aiheutuva kulutus saataisiin eriteltyinä seurannan piiriin.

Väyläviraston (2022) määritelmän mukaan esiselvitys on *selvitys, jossa tarkastellaan ongelmia ja niiden ratkaisuvaihtoehtoja sekä hankkeiden tarpeellisuutta, alustavia toteuttamismahdollisuuksia ja vaikutuksia*. Olkoonkin, että kysymyksessä ei niinkään ole ongelma, vaan tässä opinnäytetyössä suunniteltu järjestelmä on yksi vaihtoehto reaaliaikaiseen energian seurantaan Metso Lappeenrannan yksikössä. Päätös siitä, toteutetaanko energiankulutuksen seurantajärjestelmä suunnitellussa laajuudessa, jää Metsolle.

## LÄHTEET

Action. s.a. What is SQL Server? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.actian.com/what-is-sql-server/> [viitattu 11.9.2025].

Adebisi, J.A. & Ndjuluwa, L.N.P. 2023. A survey of power-consumption monitoring systems. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. Verkkolehti. Päivitetty 18.12.2023 Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772671123002814> [viitattu 26.7.2025].

Always at the heart of innovation. s.a. Schneider electric. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.se.com/ww/en/about-us/company-profile/history/schneider-electric-history/> [viitattu 28.8.2025].

Business Lappeenranta. 2025. Metso vaalii ja kehittää Larox Oyj:n perintöä Lappeenrannassa. WWW-dokumentti. Saatavissa <https://businesssouthkarelia.fi/artikkelit/metso-vaalii-ja-kehittaa-larox-oyjn-perintoa-lappeenrannassa> [viitattu 26.7.2025].

Carlo Gavazzi. 2017. Energy Analyzer Type EM26 96. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.gavazzionline.com/pdf/EM2696DSENG.pdf> [viitattu 21.9.2025].

EcoStruxure Panel Server. 2025. Schneider electric. 11.8.2025. Saatavissa: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_Doc\\_Ref=PLSED310196EN\\_Web&p\\_enDocType=EDMS](https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=PLSED310196EN_Web&p_enDocType=EDMS) [viitattu 13.9.2025].

EcoStruxure: IoT-enabled architecture and platform. s.a. Schneider electric. s.a. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.se.com/ww/en/work/campaign/innovation/overview/> [viitattu 9.6.2025].

Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429.

Entes. s.a. MRP32. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.entes.eu/mrp-32/> [viitattu 21.9.2025].

FSP For Surface Protection Oy. 2023. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fspcorp.com/fi/palvelut/> [viitattu 5.7.2025].

Huhtala, H. 2025. Tuoteasiantuntija. Sähköpostiviesti. 22.9.2025. Oy Atlas Copco Kompessorit Ab.

IFM. 2022. DN1031. WWW-dokumentti. Päivitetty 21.4.2022. Saatavissa: <https://www.ifm.com/fi/fi/product/DN1031#details> [viitattu 20.9.2025]

IPCC. 2021. Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2021-the-physical-science-basis/415F29233B8BD19FB55F65E3DC67272B> [viitattu 1.8.2025].

ISO. s.a. ISO 50001 Energy management. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html> [viitattu 1.8.2025].

Kaeser. 2015. Kompessorin sisäinen ohjaus Sigma Control 2. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://fi.kaeser.com/download.ashx?id=tcm:24-3211> [viitattu 27.9.2025].

Kamstrup. 2021. Data sheet Omnipower three phase. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://documentation.kamstrup.com/docs/OMNIPOWER\\_three\\_phase\\_meter/en-GB/Data\\_sheet/CONT80E8F8B3D6F24F39941B0C516B1B94AA/?\\_gclid=1%2A19d35ea%2A\\_gclid=au%2ANzEwNTA3NDQ3LjE3NTE-xOTY3Nzc.%2AFPAU%2ANzEwNTA3NDQ3LjE3NTE-xOTY3Nzc.&page=4](https://documentation.kamstrup.com/docs/OMNIPOWER_three_phase_meter/en-GB/Data_sheet/CONT80E8F8B3D6F24F39941B0C516B1B94AA/?_gclid=1%2A19d35ea%2A_gclid=au%2ANzEwNTA3NDQ3LjE3NTE-xOTY3Nzc.%2AFPAU%2ANzEwNTA3NDQ3LjE3NTE-xOTY3Nzc.&page=4) [viitattu 21.9.2025].

Kielitoimiston sanakirja. 2024. Standardi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/#/standardi> [viitattu 2.8.2025].

Korkeamäki, M. 2025. Toimitusjohtaja. Sähköpostikeskustelu 12-19.9.2025. Korkeamäki Oy.

Lapp. 2025. Unitronic Bus LD. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://products.lappgroup.com/online-catalogue/data-communication-systems/bus-systems-with-interface-rs485rs422/fixed-installation/unitronic-bus-ld.html> [viitattu 20.9.2025].

Meidän IT ja Talous Oy. 2025. Työpäiväsi taustavoima. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.meita.fi/> [viitattu 5.7.2025].

Metso. 2025. About us. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metso.com/corporate/about-us/> [viitattu 9.7.2025].

Metso. 2021. Metso Outotec investoi Lappeenrannan suodatinteknologietaaseen ja avaa tehokkaan laserhitsausyksikön. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metso.com/fi/yritys/media/uutiset/2021/9/metso-outotec-investoi-lappeenrannan-suodatinteknologietaaseen-ja-avaa-tehokkaan-laserhitsausyksikon/> [viitattu 26.7.2025].

Metso. s.a. Unleash the potential of your precipitated calcium carbonate process. Saatavissa: <https://www.metso.com/commodities/precipitated-calcium-carbonate/> [viitattu 26.7.2025].

Mitä standardi tarkoittaa? s.a. SFS Suomen Standardit ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/#:~:text=Mit%C3%A4%20standardi%20tarkoittaa?%20Standardit%20ovat%20julkaisuja%2C%20joihin,ei%20olisi%20lainkaan%20niin%20sujuvaa%20ja%20turvallista.> [viitattu 2.8.2025].

Moisio, A. 2025. Tekninen myynti. Sähköpostikeskustelu. 18-19.9.2025. Kamstrup A/S.

Motiva Oy. 2006. PATE-analyysi-Paineilman energia-analyysimalli. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/7890/PATE-analyysi\\_Paineilman\\_energia-analyysimalli.pdf](https://www.motiva.fi/files/7890/PATE-analyysi_Paineilman_energia-analyysimalli.pdf) [viitattu 25.9.2025].

Motiva Oy. 2025. Valtion kestävän kehityksen yhtiö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/motiva> [viitattu 22.7.2025].

Motiva Oy. 2014. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/9845/Energiatehokkuuden\\_mittaus-ja\\_seurantajarjestelman\\_hankinta.pdf](https://www.motiva.fi/files/9845/Energiatehokkuuden_mittaus-ja_seurantajarjestelman_hankinta.pdf) [viitattu 22.7.2025].

Ouman. s.a. MBus-Modbus. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://oumanshop.com/wp-content/uploads/2023/04/OUUMAN-MBUS-MODBUS\\_FI-EN.pdf](https://oumanshop.com/wp-content/uploads/2023/04/OUUMAN-MBUS-MODBUS_FI-EN.pdf) [viitattu 20.9.2025].

Power Monitoring Expert 2024 System Guide. Schneider electric. Päivitetty 10.10.2024. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.se.com/us/en/download/document/7EN02-0500/> [viitattu 6.9.2025].

SFS-EN ISO 50001. 2018. Energy management systems - Requirements with guidance for use.

Siemens. 2019. Sentron Power Monitoring Device PAC4200 System Manual. 2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/595/34261595/att\\_951630/v1/manual\\_pac4200\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/595/34261595/att_951630/v1/manual_pac4200_en-US_en-US.pdf) [viitattu 16.9.2025]

Standardointi Suomessa ja maailmalla. s.a. SFS Suomen Standardit ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/standardointi-suomessa-ja-maailmalla/> [viitattu 2.8.2025].

Tiirikainen, S. 2021. LAKI-SUOMI-LAKI – Lainsäädäntösanaston ABC. Linnunmaa lex Oy. WWW-dokumentti. 8.3.2021. Saatavissa: <https://www.linnunmaalex.fi/2021/03/08/laki-suomi-laki-lainsaadantosanaston-abc/#:~:text=Laki%20on%20aina%20s%C3%A4%C3%A4d%C3%B6s%2C%20mutta,EU:n%20asetukset%20ja%20direktiivit.> [viitattu 16.8.2025].

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. s.a. Standardien asema vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/standardien-asema-vaatimustenmukaisuuden-osoittamisessa> [viitattu 2.8.2025].

United Nations. s.a. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/> [viitattu 31.7.2025].

Valtioneuvosto. s.a. Suomi Euroopan unionissa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/suomen-eu-politiikka/suomi-euroopan-unionissa#:~:text=Lokakuussa%201994%20Suomessa%20pidettiin%20neuvoa,tammikuuta%201995.> [viitattu 16.8.2025].

Väylävirasto. 2022. Esiselvitys. WWW-dokumentti. 5.7.2023. Saatavissa: <https://sanastot.suomi.fi/terminology/vayla/concept/c6> [viitattu 27.9.2025].

Willimies. 2012. Lappeenranta/Lappeenrannan Konepaja Oy. Blogi. Päivitetty 2.12.2012. Saatavissa: <https://willimiehenjaljilla.blogspot.com/2012/12/pallop-lappeenrannan-konepaja-oy.html> [viitattu 16.7.2025].

Withthegrid. s.a. Power quality: the overlooked challenge of the energy transition. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://withthegrid.com/introduction-to-power-quality/?plb=b86omjono\\_1755957739565](https://withthegrid.com/introduction-to-power-quality/?plb=b86omjono_1755957739565) [viitattu 23.8.2025].

Zenner Korkeamäki. 2023. Zenner IUWS ultraäänivesimittarit DN15-50. 2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.zenner-korkeamaki.com/pdf/zenner\\_iuws.pdf](http://www.zenner-korkeamaki.com/pdf/zenner_iuws.pdf) [viitattu 16.9.2025].

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Larox PF-suodatin 2025. Metso. 11.9.2024. Saatavissa:

<https://www.metso.com/fi/yritys/media/uutiset/2024/9/metso-esittelee-uudistetun-laroxpf-60--painesuodattimen-lappeenrannan-suodatinteknologiakeskukseen-koneistamon-avajaisissa/> [viitattu 16.7.2025].

Kuva 2. Standardointitasot. SFS Suomen Standardit ry. s.a. Saatavissa:

<https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/standardointi-suomessa-ja-maailmalla/> [viitattu 3.8.2025].

Kuva 3. PDCA-ympyrä. SFS-EN ISO 50001. 2018. Energy management systems. Requirements with guidance for use.

Kuva 4. Energiatehokkuuden mittausjärjestelmän hankinta. Motiva Oy. 2014.

Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/9845/Energiatehokkuuden\\_mittaus-ja\\_seurantajarjestelman\\_hankinta.pdf](https://www.motiva.fi/files/9845/Energiatehokkuuden_mittaus-ja_seurantajarjestelman_hankinta.pdf) [viitattu 23.7.2025].

Kuva 5. Kuvakaappaus Googlen kartat palvelusta. Google maps. 2025. Saatavissa:

[https://www.google.com/maps/@61.0657661,28.1714915,263m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI1MDYzMC4wKXMDSoA-SAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/@61.0657661,28.1714915,263m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDYzMC4wKXMDSoA-SAFQAw%3D%3D) [viitattu 4.7.2025].

Kuva 6. Schneiderin esimerkkijärjestelmäkaavio. Schneider electric.

10.10.2024. Saatavissa: <https://www.se.com/us/en/download/document/7EN02-0500/> [viitattu 10.9.2025].