

Johannes Rusanen

PACKET POWER-JÄRJESTELMÄN PILOTOINTI

PACKET POWER-JÄRJESTELMÄN PILOTOINTI

Johannes Rusanen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Johannes Rusanen
Opinnäytetyön nimi: Packet Power-järjestelmän pilotointi
Työn ohjaaja: Ismo Pitkänen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024
Sivumäärä: 31 + 4 liitettä

Opinnäytetyön tarve tuli yrityksen halusta mahdollisesti kohdentaa sähköenergiakustannuksia toimintayksiköille. Nämä toimintayksiköt kuluttavat sähköenergiaa pääosin yrityksen tuotekehityskonesaleissa, joissa laitteita testataan 19":n laiteräkeissä. Mittaus olisi siis saatava räkkikohtaiseksi, jotta energiakustannusten allokointi onnistuisi riittävällä tarkkuudella.

Sähköenergianmittaukseen järjestelmätoimittajaksi valikoitui Packet Power ja sen laitteet. Packet Power on erikoistunut konosalien energiamittaukseen ja ympäristösuureiden valvontaan. Pilottiin hankittiin Packet Powerilta energiamittareita, jotka oli asennettu jatkojohtoihin ja Starline-virtakiskon virranottimiin sekä lisäksi lämpötila- ja kosteusantureita.

Työn tavoite oli asentaa pilotti-laitteet tuotekehityksen konesaliin ja saattaa ne ja Packet Powerin energiportaali-ohjelmisto EMX käyttöön, sekä arvioida järjestelmän toimivuutta räkkikohtaiseen mittaukseen. EMX on ohjelmisto joka toimii joko pilvipalveluna Packet Powerin palvelimella tai asennetaan paikallisesti käyttäjän omalle palvelimelle. Se kerää kaiken mittalaitteiden tuottaman datan ja tarjoaa sen helposti käytettävässä muodossa mm. trendien ja raporttien muodossa.

Työn lopputuloksena voidaan todeta Packet Powerin soveltuvan räkkitason mittaukseen. Työn aikana harkintaan tuli myös muita tapoja toteuttaa räkkikohtainen mittaus, kuten räkissä sijaitseva mittaava virranjakoyksikkö joita yrityksellä on jo käytössä pienimuotoisesti.

Asiasanat: energianmittaus, sähkönlaatu, energiakustannukset, konesali, sähköjako

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical and Automation Engineering, Electrical Engineering

Author: Johannes Rusanen
Title of thesis: Packet Power-system POC
Supervisor: Ismo Pitkänen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024
Number of pages: 31 + 4 appendices

The need for the thesis came from the company's desire to possibly allocate electrical energy costs to operating units. These operating units mainly consume electrical energy in the company's product development data centers, where the equipment is tested in 19" racks. The measurement should therefore be made rack-specific to be able to allocate energy costs with sufficient accuracy.

Packet Power and its equipment were selected as the system supplier for energy measurement. Packet Power specializes in energy measurement and environmental monitoring of data centers. Energy meters were purchased from Packet Power for the pilot, which were installed on extension cords and on the tap boxes of the Starline power rail. In addition, temperature and humidity sensors were purchased from Packet Power.

The goal of the thesis was to install the pilot devices in the product development data center and make them and Packet Power's energy portal software EMX available, as well as to evaluate the functionality of the system for rack-specific measurement. EMX is software that runs either as a cloud service on a Packet Power server or is installed locally on a user's own server. It collects all the data produced by measuring devices and provides it in an easily usable format, i.e., in the form of trends and reports.

As a result of the work, Packet Power can be found to be suitable for measuring rack level. During the work, other ways to implement rack-specific measurement were also considered, such as the metering PDU in the rack, which the company already uses on a small scale.

Keywords: energy measurement, power quality, energy costs, data center, electricity distribution

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	PILOTTIKOHDE JA SEN TAUSTAT	7
2.1	Infrastruktuuri	7
2.2	Sähkösyyttö.....	9
2.3	Tietoliikenneyhteydet.....	13
2.4	Järjestelmän vaatimukset.....	14
3	PACKET POWER.....	16
3.1	Järjestelmä ja toiminta.....	16
3.2	Modbus	18
3.3	SNMP.....	19
3.4	EMX-energiaportaali.....	20
3.5	Pilottilaitteet.....	21
4	PILOTTI KÄYTÄNNÖSSÄ	22
4.1	Esivalmistelut	22
4.2	Laitteiden asentaminen	23
4.3	Järjestelmän käyttö	24
5	DATAN KÄYTTÖ	26
5.1	Seurattavat suureet.....	26
5.2	EMX-datan käyttö.....	27
5.3	Schneider Electric PME-järjestelmä	28
6	POHDINTA	30
7	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on pilotoida Packet Power -laitteiden sekä järjestelmän käyttöä yksittäisten laiteräkkien sekä mittalaitteiden virrankulutuksen seuraamiseksi tietoliikennealan yrityksen tuotekehityksen konesalissa. Yksittäisten räkkien virrankulutusta haluttaisiin seurata, koska yrityksen tarve olisi laskuttaa eri toimintayksiköitä sähkönkulutuksesta ja tuoda myös sähkönsäästötoimien vaikutukset näkyväksi trendien ja raporttien avulla. Lisäksi arvioidaan Packet Powerin soveltuvuutta ympäristösuureiden kuten lämpötilan ja kosteuden mittaamiseen.

Nykytilassa konesali muodostuu räkkiriveistä, joita syöttää yksi virtakisko josta ei saada eriteltyä räkkien kulutusdataa. Ongelmakohtana on, että räkkirivillä voi olla useiden eri yksiköiden käytössä olevia räkkeitä joten kulutuksen kohdentaminen on mahdotonta tietylle yksikölle.

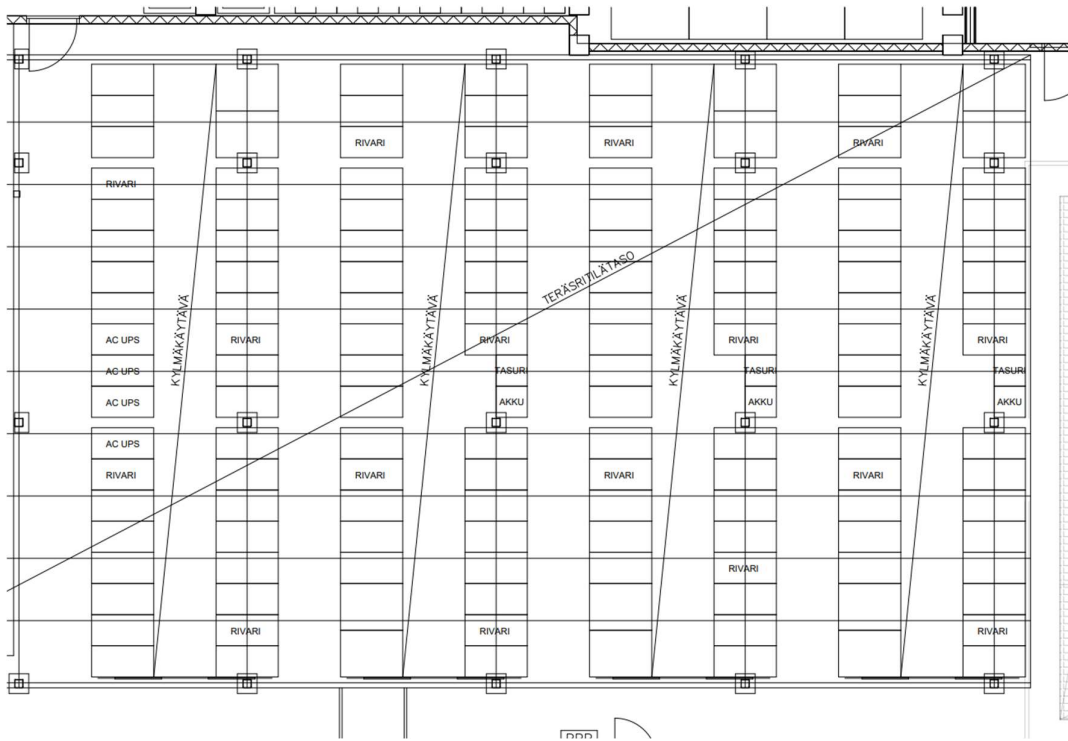
Yksittäisten räkkien kulutusten seurantaan on tarjolla muutamia eri ratkaisuja, kuten mittaava virranjakoyksikkö (PDU), erillinen energiamittari tai virranottimessa oleva mittari. Tässä opinnäytetyössä pilotoidaan virranottimessa olevaa mittaria Packet Powerin laitteilla.

Työn tavoitteena on saattaa Packet Power -pilottiin hankitut laitteet sekä järjestelmät käyttöön. Tämän avulla saadaan muodostettua kuva, onko kyseinen laitejärjestelmä sopiva yrityksen haluamaan tarkoitukseen. Lisäksi selvitetään, onko Packet Powerin tuottamaa mittausdataa mahdollista viedä jo yrityksellä käytössä oleviin järjestelmiin kuten Schneider Electricin PME (PowerMonitoringExpert).

2 PILOTTIKOHDE JA SEN TAUSTAT

Intressi tarkemmalle sähkökäytön mittaukselle tuli nousseiden energiakustannusten seurauksena. Ajatuksena olisi laskuttaa eri toimintayksiköitä heidän käyttämästään energiasta tuotekehityskonesaliympäristöissä.

Pilotti tehdään Nokia Solutions and Networks Oy:n tuotekehityksen konesaliympäristöön, joka koostuu laite-, PC- sekä testeriräkeistä. Kokonaisuudessaan tilassa on paikat 152:lle 19-tuuman räkille. Tilassa on myös apurungolla oleva 2. kerros. Kuvassa 1 tilan pohjakuva.



Kuva 1. Konesalin pohjakuva

2.1 Infrastrukturi

Konesali on toteutettu kylmäkäytäväperiaatteella, jossa suljetulle rakkikäytävälle puhalletaan kylmää ilmaa rivijäähdyttimillä. Rivijäähdytyn on noin rakin kokoinen puhallinkonvektori, joka on ku-

vassa 2. Itse kylmäkäytävä koostuu katosta roikkuvasta rungosta, jonka päällä irrotettavat kattolevyt lepäävät ja rakit muodostavat käytävän seinät. Tilan toinen kerros on toteutettu apurunkorakenteella, jossa on verkkolattia ilmankierron parantamiseksi sekä painon vähentämiseksi. Toisessa kerroksessa on kiinnitysratkaisuja erilaisille laitteille.



Kuva 2. Rivijäähdytin

2.2 Sähkönsyöttö

Räkkien AC-syöttö on toteutettu Starline-virtakiskoilla, joita on yrityksessä käytettävästä mallista saatavilla virtakestoisuudet 250 A-1250 A (1). Virtakiskon syöttö tapahtuu MCMK 4x120/70-kaapelilla ja kaapelia sekä kiskoa suojaa Schneider Electric NSX 250H-kompaktikatkaisija (KUVA 3).



Kuva 3. NSX 250H-kompaktikatkaisija

Virtakiskosta (KUVA 4) räkkiin syöttö tapahtuu virranottimen avulla, joita on yrityksessä käytössä eri pistokkeilla mm. 3x16A 1~ schuko, 1x16A 3~ + 1x32A 3~ ja 2x 32A 3~. Näistä virta syötetään räkkiin joko jatkojohdon avulla tai laitteen omalla kytkentäkaapelilla. Räkissä on yleensä vielä erillinen virranjakoyksikkö, josta sähkö jaetaan eri laitteille.



Kuva 4. Virtakisko ja sen kytkentäkotelo

Lisäksi salissa on DC:llä toimivia laitteita, joita syötetään saliin sijoitetusta Deltan DPS 4000B-48-24 2000A tasasuuntaajasta. Tasasuuntaajassa on 60 kappaletta 125A:n johdonsuojalla varustettua lähtöä. Lisäksi tasasuuntaajat ovat akkuvarmennettuja, millä saadaan noin minuutti käyntiaikaa täydellä 2000A:n kuormalla. Kuvassa 5 on tasasuuntaaja ja sen akkukaappi.



Kuva 5. Akkukaappi ja tasasuuntaaja

Tasasuuntaajalta on kaapeloitu syötöt valmiiksi räkien yläpuolelle kaapelihyllyyn Andersson-liittimeen, joka on kuvassa 6 oleva sininen muovinen liittin.



Kuva 6. Andersson-liittimiä kaapelihyllyn reunassa

Andersson-liittimestä DC viedään kytkentäkaapelilla räkissä olevalla etäohjattavalle esimerkiksi Enicsin (nykyään GPV) valmistamalle yritykselle suunnitellulle virranjakoyksikölle. Kuvassa 7 virranjakoyksikkö kuvattuna edestäpäin.



Kuva 7. Enicsin virranjakoyksikkö

2.3 Tietoliikenneyhteydet

Konesalissa on muutaman metrin välein 19":n tietoliikennepaneeli rakkien yläpuolella. Paneelissa tyypillisesti 6 ethernet-porttia sekä 24 single- ja multimode-kuituporttia, mutta on konfiguroitavissa tarpeen mukaan, kuten kuvassa 8 on vain 12 multimode-porttia. Nämä paneelissa olevat liittynät vievät salissa sijaitsevaan ristiykentäräkkiin, jossa verkkokytkimet ja muut laitteet sijaitsevat. Konesalissa on myös yrityksen wlan-verkko.



Kuva 8. Tietoliikennepaneeli

2.4 Järjestelmän vaatimukset

Järjestelmän vaatimukset on määritelty yrityksen tulevaisuuden tarpeiden mukaisesti mahdollisten laskutustapojen perusteella.

- Etäluenta
Data on oltava luettavissa verkkoyhteyden kautta etänä.
- Mittalaitteiden yhteys
Mittalaitteiden tulee olla joko langattomia tai käyttää ethernet-yhteyttä.
- Tietoturva-vaatimukset
Selkokielelliset protokollat kuten http ja telnet on kielletty. Salatut protokollat kuten SSH ja https ovat sallittuja. Laitteen tehdasasetteinen salasana on pystyttävä vaihtamaan. SNMP täytyy olla versiota 3.
- Mitattavat suureet
Vähimmäisvaatimukset ovat sähköiset suureet jännite, virta, teho sekä kulutettu energia. Lisäksi mahdollisten ympäristösuureiden valvontaa varten olisi hyvä pystyä mittaamaan lämpötilaa sekä kosteutta.
- Kohdennettavuus räkkiin
Mittausdata on tarvittaessa pystyttävä kohdentamaan tiettyyn räkkiin sekä toimintayksikölle energian laskutusta varten.
- Mittausdatan visualisointi ja raportointi
Data on oltava helposti luettavissa trendeistä sekä numeerisessa muodossa ja se on saatava raportin muodossa ulos järjestelmästä.
- Hälytykset
Mitattaville suureille oltava mahdollisuus konfiguroida hälytys, kuten tietyn virta-arvon ylittäminen.
- Tiedonsiirto muihin järjestelmiin
Mittausdata on oltava siirrettävissä toisiin järjestelmiin käyttäen yleisiä tiedonsiirtoprotokollia kuten modbusia.
- Datatallentaminen
Mittausdata täytyy olla saatavilla takautuvasti määritellyn ajan.
- Jälkiasennettavuus

Laitteiden tulee olla helposti asennettavissa jo käytössä olevaan konesaliin, koska salin konfiguraatio vaihtelee jatkuvasti sekä laitteet ja niiden paikat muuttuvat.

Nämä vaatimukset huomioon ottaen Packet Power valikoitui pilotoitavaksi järjestelmäksi.

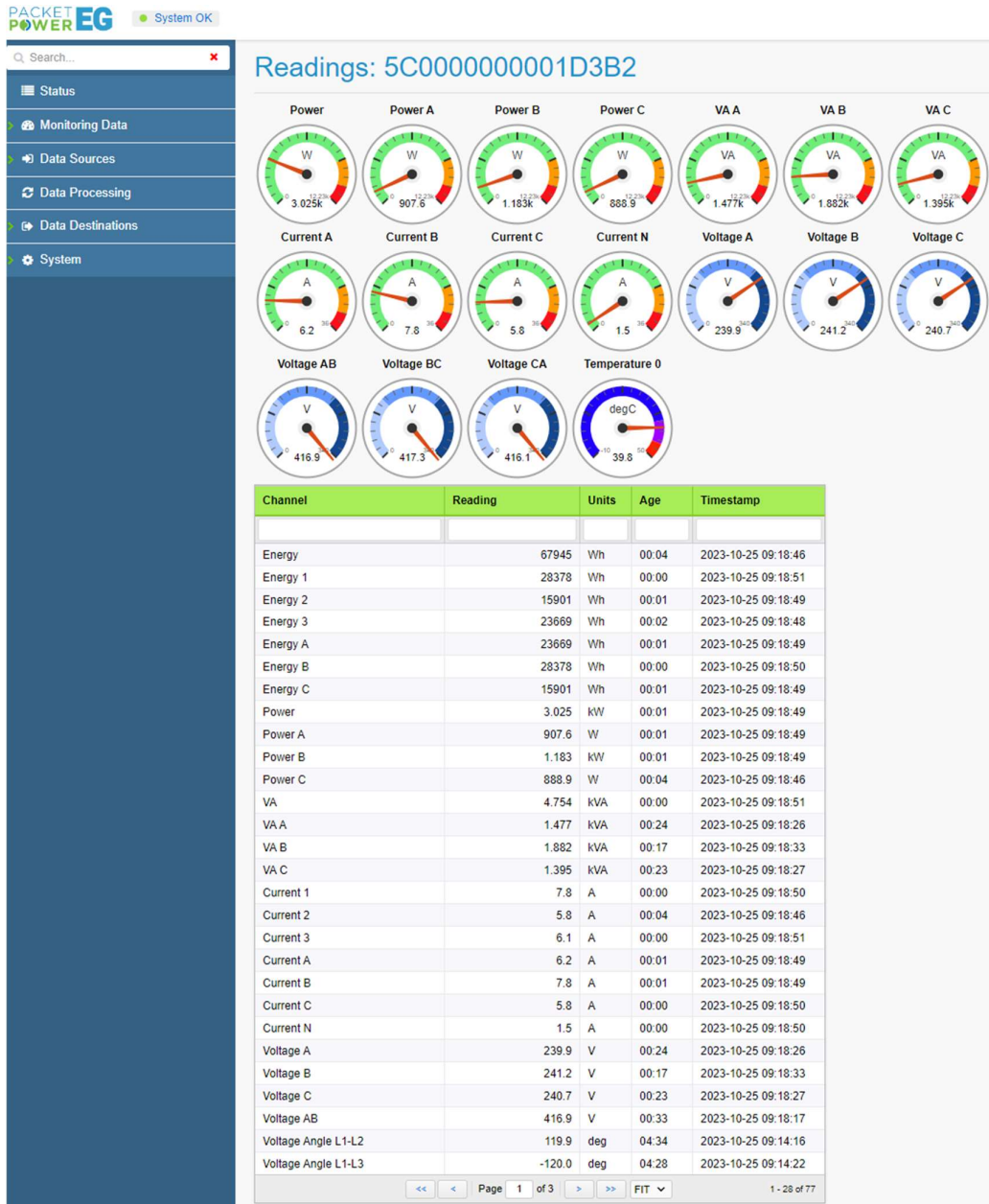
Packet power hankittiin mittamaan bisneslaitteiden AC-kuormitusta ja myös lämpö- ja kosteusarvoja. Packet poweriin päädyttiin, koska markkinoilta ei löytynyt vastaavaa järjestelmää, joka tukee tätä bisneksen AC-mittaus tarvetta. Tätä pilotoidaan nimenomaan siksi, mikäli bisneksellä tulee tarve mitata rakkikohtaisia sähkökulutuksia. DC-mittaus saadaan tasasuuntaajista (2.)

3 PACKET POWER

Packet Power tarjoaa energian sekä ympäristön valvontajärjestelmiä, jotka on suunniteltu erityisesti käytettäväksi konesaleissa. Kuitenkin järjestelmää voidaan käyttää missä tahansa sähköjärjestelmässä. (3.)

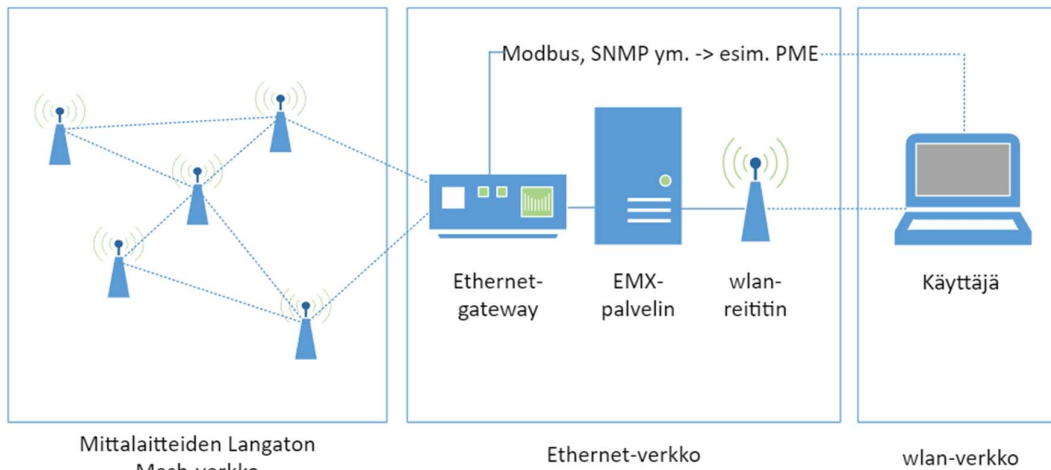
3.1 Järjestelmä ja toiminta

Järjestelmä koostuu erilaisista energia- ja ympäristömittareista, jotka ovat räätälöitävissä asiakkaan tarpeisiin. Näiden laitteiden toiminta perustuu langattomaan mesh-verkkoon, jossa laitteet ovat yhteydessä toisiinsa ja välittävät tiedon toiselta laitteelta toiselle ja lopulta gatewaylle, joka on yhteydessä yrityksen verkkoon. Laitteet on konfiguroitu siten, että ne laskevat aina optimaalisimman reitin niiden lähettämälle datalle gatewaylle. (4.) Datan välittäminen on mahdollista tehdä 860MHz, 900MHz ja 2,4GHz taajuuksilla. Esimerkiksi jos laitteisto asennetaan tilaan, jossa on paljon korkean taajuuden häiriötä aiheuttavia laitteita voidaan käyttää alempia siirtotaajuuksia (5). Kun laitteet on kytketty sähköverkkoon, ne yhdistyvät automaattisesti gatewayhin, josta niiden mittaama data on luettavissa reaaliajassa verkon kautta. Kuvassa 9 näkymän gatewayn käyttöliittymästä.



Kuva 9. Gateway verkkonäkymä

Gateway ei tallenna mittausdataa vaan se täytyy lähettää EMX-energiaportaaliiin. (5.) Gateway voi lähettää dataa myös muihin järjestelmiin mm. Modbusin tai SNMP:n kautta. EMX-energiaportaaliohjelmisto on asennettu Linux virtuaali-PC:lle, joka toimii yrityksen sisäisessä laboratorieverkossa. Kuvassa 10 on yksinkertaistettu kaavio laitteiston toiminnasta.



Kuva 10. Laitteiston toimintakaavio

3.2 Modbus

Modbus on Modiconin (nykyään Schneider Electric) vuonna 1979 kehittämä client-server -periaatteella toimiva tiedonsiirtoprotokolla. Se on täysin avoin ja maksuton, tästä syystä siitä on muodostunut teollisuudessa tiedonsiirron de facto eli epävirallinen standardi, jota suurin osa laitevalmistajista käyttää. (6.) Modbusin toiminta perustuu edellä mainittuun client-server periaatteeseen, jossa modbus-laite (client) pyytää kentälaitteilta, esim. energiamittarilta tietoa ja kentälaitte lähettää pyydetyn tiedon modbus-laitteelle. Seuraavaksi palvelin (server) pyytää modbus-laitteelta halutun tiedon, josta palvelin välittää sen käytössä olevaan käyttöliittymään, esimerkiksi EMX, mistä se on luettavissa. (7.)

Packet Power tukee Modbusia molempiin suuntiin, eli se voi tuottaa modbus-dataa ja se voi myös vastaanottaa sitä. Tämä vaatii tosin lisälaitteita, jotta modbus-dataa voidaan tuottaa. Lähettämiseen tarvitaan modbus yhteensopiva gateway ja sen vastaanottamiseen tarvitaan modbus-hub. Packet Powerin laitteet tukevat vain Modbus TCP/IP protokolla, jossa kommunikoidaan ethernetin välityksellä. (5.)

3.3 SNMP

SNMP (Simple Network Management Protocol suomeksi yksinkertainen verkonhallinta protokolla) on laajasti käytetty verkkolaitteiden hallintaan ja valvontaan. SNMP:n pääosat ovat SNMP manager, managed device ja SNMP-agent. SNMP manager on ohjelmisto, joka keskustelee SNMP-agenttien esimerkiksi DCIM ohjelmien kanssa. Managed device on laite, jota hallitaan SNMP avulla. SNMP agent on ohjelmisto, joka on asennettu hallittavalle laitteelle (managed device) ja keskustelee SNMP-managerin kanssa. Lisäksi jokaisella agentilla on niiden hallittavasta laitteesta tietokanta (MIB) Management Information Base, joka tyypillisesti sisältää laitteen tiedot ja miten sitä voi hallita. (8.) Packet Power tukee SNMP:tä kuten modbusia SNMP yhteensopivien gatewayden sekä hubien avulla.(5.)

3.4 EMX-energiaportaali

EMX on Packet Powerin monitorointiohjelmisto, joka toimii Packet Powerin pilvipalvelimella tai paikallisesti asennettuna käyttäjän omalle palvelimelle. (1.) Se tarjoaa yksinkertaisen ja monipuolisen näkymän mittalaitteista saatavalle datalle. EMX:n etusivunäkymässä (KUVA 11) on listattuna kaikki järjestelmään tuodut laitteet, niiden mittaustiedot ja mittalaitteiden kommunikaatiotilasto. Myös muutettujen näkymien luominen taulukoiden ja reaaliaikaisten mittausten muodossa on mahdollista. Näistä esimerkkeinä ovat Dashboards sekä PUE-mittaus. Järjestelmässä voidaan myös luoda hälytyksiä käytännössä kaikille valvottaville muuttujille, esimerkiksi lämpötilalle, virralle ja akun jännitteelle.

The screenshot displays the EMX energy portal interface, which is organized into several sections:

- Most recent readings:** A table listing various power monitors with columns for Node ID, Friendly Name, and multiple columns for [M] % max. by phase, [M] by phase, [M] % max. by phase, [M] by phase, [M] Total, [M] by phase, Power Factor by phase, and Temperature. The table includes data for nodes such as CR070001_P2000000000, OL_S1000P1011_S1000P1000, ADT11 Lampilampesi CR02, OL_S1000P1000_S1000P1000, CR070001_P2000000000, ADT11 Lampilampesi CR02, OL_S1000P1000_S1000P1000, CR070001_P2000000000, and OL_S1000P1000_S1000P1000.
- Environmental monitors:** A table showing monitoring nodes with columns for Battery, VSD, and various temperature and humidity sensors (T1276, T1275, T1274, T1273, T1272, T1271, T1270, T1269, T1268, T1267, T1266, T1265, T1264, T1263, T1262, T1261, T1260, Hum. [H], and Ph. The table includes data for nodes like 104110_104110_104110_104110, OL_S1000P1000_S1000P1000, Lampilampesi CR02, OL_S1000P1000_S1000P1000, and OL_S1000P1000_S1000P1000.
- Gateways:** A table listing gateways with columns for Gateway, Name, Conn, Nodes Tot, Nodes 24hr, IP Address, Radio Zone, Firmware, and Nodes Unassigned. The table includes data for gateways like PacketPower-4714-0000-0000-1112 and PacketPower-4714-0000-0000-1111.
- Wireless network:** A section titled "Active Node Summary" showing a table with columns for Activity Period and Nodes. The table includes data for nodes like Node 1, Node 2, Node 3, and Node 4.
- Message Availability:** A section titled "Message Availability" showing a table with columns for Message Channel and Available. The table includes data for channels like PacketPower-4714-0000-0000-1112.

Kuva 11. EMX etusivunäkymä

3.5 Pilottilaitteet

Pilottia varten valikoitiin Packet Powerilta sopivat laitteet ja mitattavat laitteet ovat tyypillisiä kuormia yrityksessä

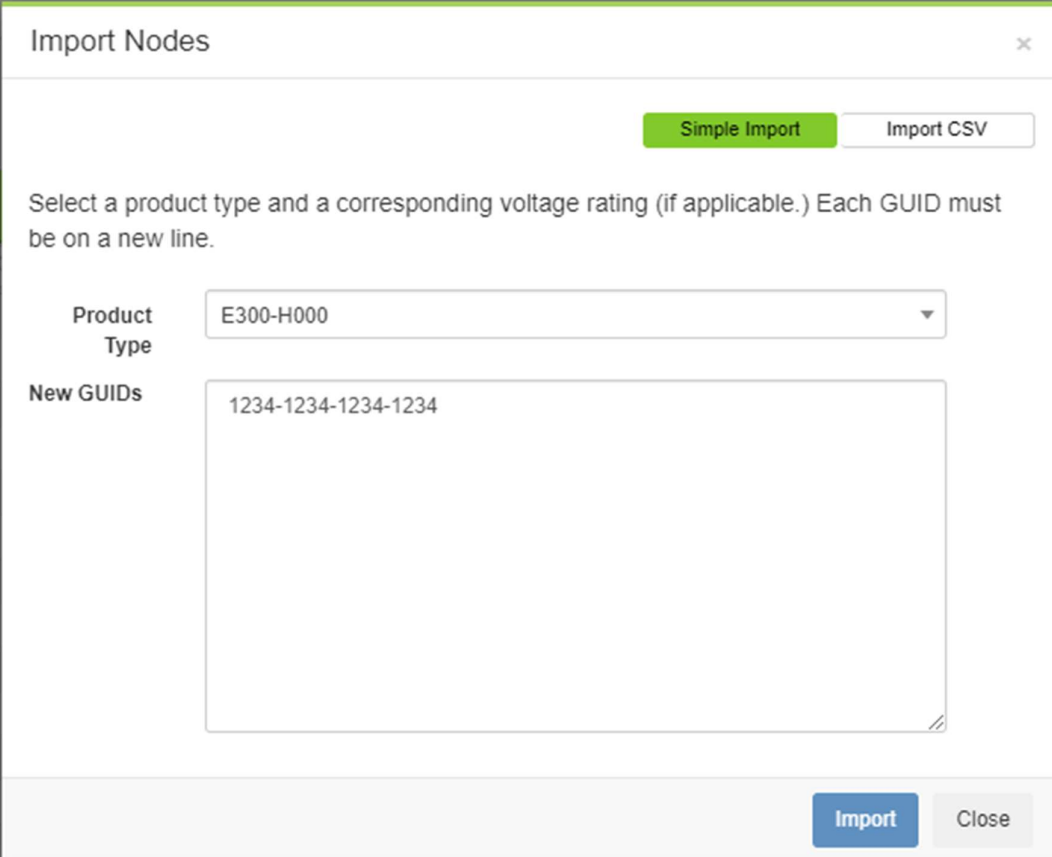
- 2 kpl 3~ 32Ax2 Starline-virranotin Packet Power MP277 energiamittarilla
- 3 kpl 1~ 16Ax3 schuko Starline-virranotin Packet Power MP277 energiamittarilla
- 2 kpl GW04-000E ethernet gateway
- 2 kpl RG32-555S energian mittaus 3~ jatkojohto
- 3 kpl S251-E7E7 energian mittaus 1~ jatkojohto
- 2 kpl E300-H000 lämpötila- ja kosteusanturi
- 2 kpl E302-H000 lämpötila- ja kosteusanturi jossa + 2 lisäpaikkaa lämpötila-antureille
- 2kpl E306-H000 lämpötila- ja kosteusanturi jossa + 6 paikkaa lämpötila-antureille
- Johdollisia lämpötila-antureita liitettäväksi em. laitteisiin
- Virtuaalipalvelin EMX-energiaportalille
- Eri valmistajien puhelinsimulaattoreita
- PC-räkki
- Sääkaappeja.

4 PILOTTI KÄYTÄNNÖSSÄ

Pilotin käytännön vaiheessa laitteet konfiguroitiin ja asennettiin mittaamaan ennalta määrättyjen laitteiden sähköisiä suureita, konesalin lämpötilaa ja kosteutta. Lisäksi järjestelmän toimintoja, kuten erilaisia näkymiä sekä hälytyksiä otettiin käyttöön.

4.1 Esivalmistelut

Pilotin käytännön osuus aloitettiin ottamalla Packet Powerin paikallinen EMX-palvelin käyttöön. Kun verkkoyhteydet olivat toiminnassa, voitiin aloittaa mittalaitteiden tuominen EMX-järjestelmään. Mittalaitteet tuodaan järjestelmään EMX:n toiminolla import nodes edit nodes-alavalikossa. Kun tuodaan mittalaite järjestelmään, tarvitaan vain sen 16-numeroinen ID ja laitteen tyyppi. Kuvassa 12 Import Nodes ikkuna.



Import Nodes

Simple Import Import CSV

Select a product type and a corresponding voltage rating (if applicable.) Each GUID must be on a new line.

Product Type E300-H000

New GUIDs 1234-1234-1234-1234

Import Close

Kuva 12. Import nodes-ikkuna

Kun mittalaite on tuotu järjestelmään, se voidaan nimetä halutulla tavalla käyttäen bulk assign friendly names -toimintoa. Nimeäminen helpottaa järjestelmän käyttöä, kun nähdään yhdellä silmäyksellä päänäkymästä jos esimerkiksi jonkin laitteen virrankulutus on liian suuri. Nimen kautta se voidaan yhdistää heti sijaintiin ja tutkia mahdollinen ongelma. Kuvassa 13 friendly names ikkuna.

Bulk Assign Friendly Names

Customers: Admin

CSV list Format: GUID, Friendly name

1234-1234-1234-1234, TESTILAITE1

GUID	Friendly Name
1234-1234-1234-1234	TESTILAITE1

Page 1 of 1 | 5 | Viewing 1 - 1 of 1

Submit Close

Kuva 13. Bulk Assign Friendly names-ikkuna

Seuraavaksi kartoitettiin pilottiin sisällytettävät laitteet, joita seurataan. Niiksi valikoitui eri valmistajien puhelinsimulaattoreita sekä PC-räkki. Kun laitteet olivat selvillä, tuotiin hankitut mittalaitteet EMX-järjestelmään ja nimettiin ne vastaamaan seurattavia laitteita. Lämpötila- ja kosteusanturit nimettiin vasta asennusvaiheen jälkeen, jotta järjestelmään saadaan tarkka sijainti. Lisäksi ennen laitteiden asennusta konfiguroitiin verkkoyhteys gatewaylle konesaliin.

4.2 Laitteiden asentaminen

Laitteet asennettiin konesaliin huoltokatkon aikana, jotta testauksiin ei tulisi ylimääräisiä katkoja. Asentaminen aloitettiin lämpötila- ja kosteusantureiden asennuksella. Näitä tilaan tuli yhteensä

neljä kappaletta, joista kaksi on kuutta ulkoista anturia tukevia, yksi kahta ulkoista anturia tukevia sekä yksi, jossa ei ollut ulkoisia antureita. Kaikki laitteet sisältävät ulkoisten lisäksi yhden sisään rakennetun lämpötila-anturin. Seuraavaksi asennettiin Starline-virranottimet, joissa on Packet Power-mittarit (KUVA 14). Mittarilliset virranottimet asennettiin tavallisten virranottimien tilalle, jotta mittausdataa saadaan mahdollisimman pian. Virranottimia on kolme kolmivaiheista 2x63A 3V. pistokkeilla ja kolme yksivaiheista 3x16A schuko-pistokkeella. Lisäksi kahteen sääkaapin syöttökaapeliin lisättiin energiamittarillinen jatkojohto.



Kuva 14. Starline-virranottimet joissa packetpower-mittari

4.3 Järjestelmän käyttö

Kun laitteet oli asennettu ja saatettu toimintaan, voitiin aloittaa järjestelmän käyttöönotto täydessä laajuudessaan. Ensimmäisenä varmistettiin, että kaikki asennetut laitteet ovat näkyvissä EMX -järjestelmässä ja nimetty oikein. Kaikki laitteet näkyivät ja vain lämpötila-antureiden sijainnit lisättiin niiden nimiin. Muuten laitteet olivat heti käytettävissä. Järjestelmän pääasiallinen tarkoitus on sähköjärjestelmän valvonta, joten järjestelmään luotiin hälytyksiä eri raja-arvoista kuten liian suuri su-

lakekohtainen virta ja tilan liian korkea lämpötila. Kun järjestelmä on käyttöön otettu, se ei käytännössä vaadi mitään ylläpidollisia toimia käyttäjältä. Järjestelmän päivitykset ovat ainoa käyttäjän tehtävä asia mittausdatan seuraamisen lisäksi, jos järjestelmään ei lisätä laitteita. Laitteiden lisääminen järjestelmän ollessa käytössä tapahtuu samalla tavalla kuin edellä on kerrottu.

5 DATAN KÄYTTÖ

Mittauksista saatua dataa voidaan hyödyntää monella tavalla sekä monessa järjestelmässä. Muun muassa EMX:ssä voidaan suoraan tehdä kustannusten allokointia käyttäjille käytetyn energian mukaan. Data voidaan myös lähettää muihin järjestelmiin käyttäen laajasti käytössä olevia tiedonsiirtomenetelmiä kuten SNMP.

5.1 Seurattavat suureet

Alla on listattuna yrityksen näkökulmasta tärkeimpiä seurattavia suureita, joita mitataan energiavalvontajärjestelmällä. Tarkempaa sähkönlaadun tarkastelua ei toteuteta tällä järjestelmällä, koska sen seuranta tapahtuu ylempällä jakelutasolla energia-analysaattoreilla. Data on saatavilla reaaliajassa ja takautuvasti 15 minuutin intervalleilla

- Sähkövirta
Virrankulutusta seurataan sähkönjakelun ylikuormittumisen varalta. Sen ylikuormittumisesta aiheutuvista sulakkeen palamisesta tai katkaisijan laukeamisesta seuraa tuotannollisia sekä taloudellisia tappiota.
- Teho ja kulutus
Laitteiden tehoa ja kulutusta seurataan energian käytön optimoinnin sekä kustannusten allokoinnin takia.
- Vinokuorma
Vinokuormalla tarkoitetaan 3-vaiheisessa järjestelmässä vaiheitten eritasoista kuormittamista. Esimerkiksi vinokuormaa on, jos vaiheella yksi on 20A kuormaa, kun taas vaiheella kaksi 10A ja vaiheella kolme 70A. Tätä seurataan, jotta vinokuorman aiheuttamia ei-toivottuja ilmiöitä kuten sulakkeiden palamista tai jakelukiskojen ylikuormittamista ei tapahtuisi.
- Jännite
Jännitettä voidaan seurata sähkönlaadun kannalta, että verkko-operaattori toimittaa standardien mukaista sähköä. Vaatimuksena on, että jännitetason vaihtelut eivät saisi ylittää ± 10 % sopimuksen mukaisesta jännitteestä. (9.)

- Lämpötila

Lämpötilan seuranta on kriittistä laitteiden toimivuuden kannalta. Tuotekehityksen laitteen saattavat vaurioitua liiallisesta lämmöstä ja IT-laitteet sammuttavat itsensä ylikuumentessaan, mikä aiheuttaisi taas tuotannollisia ja taloudellisia tappioita.

- Ilmankosteus

Toivottavaa olisi suhteellisen ilmankosteuden olevan 40-60 % ESD-suojauksen toimivuuden kannalta. (10.)

5.2 EMX-datan käyttö

EMX:stä data on saatavilla koko ajan reaaliajassa sekä takautuvasti niin kaavioiden, numeeristen arvojen kuin raporttien muodossa. Kuten luvussa 3.2 mainittiin, järjestelmän pääsivulta nähdään kaikkien liitettyjen mittalaitteiden oleelliset tiedot. Jokaisella laitteella on myös koontisivu, josta on luettavissa sen tuottama data (KUVA 15).



Kuva 15. Laitteen koontisivu

Data saadaan myös ulos järjestelmästä raporttien muodossa, jotka voidaan räätälöidä tarpeen mukaan. Raporttia luodessa valitaan haluttavat mittalaitteet, mitatut suureet sekä aikaväli, jolta raportti halutaan. Kuvassa 16 nähdään raportin luonti-ikkuna, jossa raporttiin sisällytettävät mittalaitteen

nimet sisältävät tekstin PC, ja energian kulutus on suure, jota tarkastella ja raportti luodaan kolmen päivän ajalta päivän jaksotuksella.

Report Scope: Custom Node List

Report Structure

Nodes	Time Point Column	Time Span Column
Energy [kWh]	Energy [kWh]	Energy [kWh]
Group By		
Node Attribute		
Total	Energy [kWh]	Energy [kWh]

Report Options

Report Time: 3 periods of 1 Days ending on Now

Report Distribution: Publish this report

Buttons: Preview Structure, Preview with Data, Duplicate Report, Return to List, Download Excel

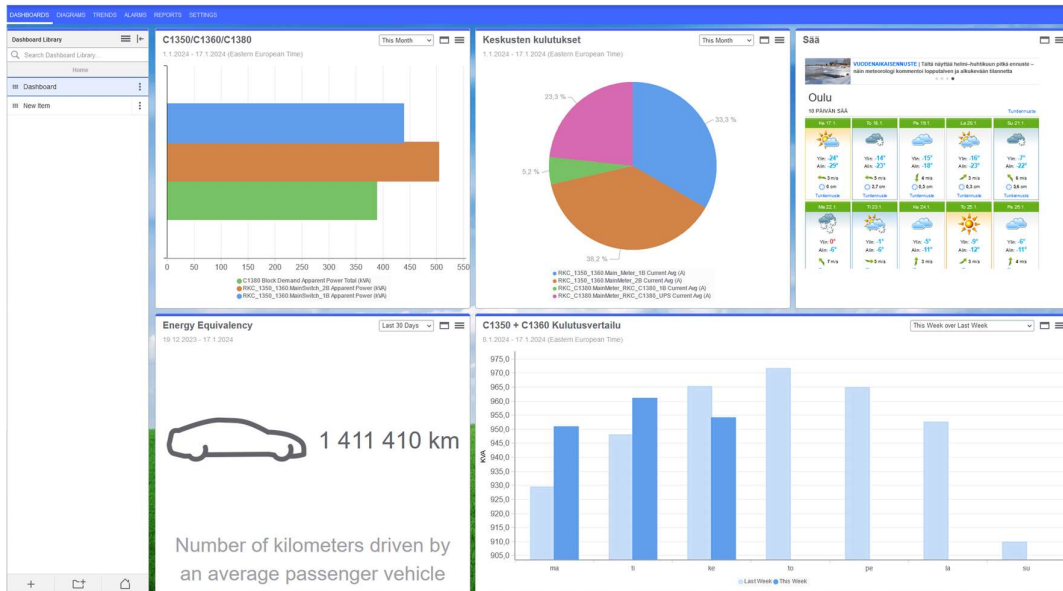
GUID	2023 Nov 20 0:00	2023 Nov 20 0:00 - 2023 Nov 21 0:00	2023 Nov 21 0:00	2023 Nov 21 0:00 - 2023 Nov 22 0:00
30000000010D29	Energy 5.56 kWh	Energy 33.22 kWh	Energy 24.15 kWh	Energy 86.04 kWh
Total		Energy 33.22 kWh		Energy 86.04 kWh

Kuva 16. Raportin luonti-ikkuna

5.3 Schneider Electric PME-järjestelmä

Power Monitoring Expert (PME) on Schneider Electricin kehittämä energianhallinta-ohjelma, joka on osa Schneiderin EcoStruxure-tuoteperhettä. EcoStruxure-tuoteperheeseen kuuluu erilaisia sähkön sekä kiinteistöautomaation seuranta- ja hallintaohjelmistoja. PME keskittyy energianhallintaan sekä rakennuksen sähköverkon tilan valvontaan ja sen raportointiin. (11.)

Järjestelmään voidaan lisätä monenlaisia laitteita, kuten energiamittareita, katkaisijoita, logiikoita ja johdonsuoja-automaatteja. PME tukee suoraan suurinta osaa Schneiderin laitteista, ja monet kolmannen osapuolen laitteet ovat tuettuja. Tämä kuitenkin edellyttää, että liitettävä laite tukee PME:n tiedonsiirto-protokollia kuten Modbusia. (12.) Näitten laitteiden tuottamaa data voidaan lukea järjestelmästä esimerkiksi numeerisina arvoina, trendeinä ja raporttien muodossa, kuten kuvassa 17 PME:n pääsivulla.



Kuva 17. PME pääsivu

Yrityksellä on käytössä PME-järjestelmä, jolla valvotaan konesalien sähkökäyttöä. Sen kautta on ohjelmoitu muun muassa ylikuormitushälytyksiä tasasuuntaajilta sekä virtakiskoilta. Järjestelmä hankittiin yritykseen, koska konesalien sähkökäyttöä ei voitu mitenkään valvoa etänä. Käytännössä ainoa tapa oli lukea sen hetkinen kulutus sähkökeskusten mittareilta.

Packet Powerin järjestelmän tuottamaa mittausdataa voidaan viedä PME-järjestelmään, kun käytössä on Packet Powerin Modbus-yhteensopiva gateway. Tämän lisäksi täytyy gateway määritellä PME järjestelmään modbus-laitteeksi, jolloin se osaa lukea tiedot laitteilta. (12.)

6 POHDINTA

Packet Power on varsin toimivia ratkaisu, mutta pilotin aikana tuli ilmi tarve muunlaisillekin toiminoille mitä aiemmin on määritelty. Tällaisenaan Packet Power kyllä täyttää tässä työssä mainittavat kriteerit, mutta lisätarpeena sähkönmittaukseen on tullut AC-PDU, joka olisi etäohjattava. Tällaisia ratkaisuja kyllä löytyy Packet Power -mittaroinnilla, mutta tämä ei välttämättä olisi kaikkein kustannustehokkain ratkaisu. Tämän pilotin lisäksi tullaan selvittämään, toteutettaisiinko mahdollisesti räkkikohtainen AC-mittaus vaihtoehtoisesti PDU:illa, jotka ovat etäohjattavissa.

Lisäksi olisi hyvä testata modbus- ja SNMP -hub laitteita, jolla saataisiin tuotua dataa muistakin kuin Packet Powerin laitteista EMX:ään. Tällöin voitaisiin tehdä vertailua EMX:n sekä PME:n välillä, jotta voidaan tarkastella kumpi järjestelmästä on käytettävyyden kannalta parempi. Varsinkin jos räkkitaso mittausta otetaan käyttöön suuremmassa mittakaavassa.

Toisaalta jos mittauksessa päädyttäisiin PDU ratkaisuun olisi aiheellista tutkia olisiko jokin DCIM (Data Center Infrastructure Management) ohjelmisto ratkaisu. Tällaiseen ohjelmistoon olisi mahdollista kerätä käytännössä kaikki oleellinen data, kuten konesalin sähkön käyttö sekä lämpötilatietoja. Lisäksi näihin ohjelmistoihin voidaan viedä mm. laite- sekä kaapelointidataa. Tämä helpottaisi tila allokointia sekä kirjanpidon ylläpitoa.

Olipa energianseurantajärjestelmä mikä tahansa, täytyisi tulevaisuutta silmällä pitäen tarkastella kuinka tuotettua dataa voitaisiin hyödyntää paremmin. Nykyhetkessä esimerkiksi PME:n tuottamaa dataa ei juuri käytetä; se tuottaa vain hälytyksiä jos jokin virta-arvo ylittyy. Dataa voitaisiin mahdollisesti käyttää hyväksi älykkäisiin ohjauksiin automaation muodossa, jossa esimerkiksi tyhjäksiä laitteita sammutettaisiin automaattisesti.

7 YHTEENVETO

Työn tuloksina mainittakoon, että opinnäytetyössä määriteltyihin tavoitteisiin päästiin. Laitteisto saatiin käyttöönotettua ja tuottamaan mittausdataa. Asennuksessa ja käyttöönotossa ainut ongelma oli yksivaiheisten jatkojohtoenergiamittareiden radiotaajuus. Tämä ongelma kuitenkin saatiin ratkaistua Packet Powerin teknisen tuen kanssa. Muuten pilotti sujui ongelmitta.

Vaikka pilotti oli onnistunut ja järjestelmä soveltuva vaatimuksiin on silti tarve parhaan vaihtoehdon lisätarkastelulle. On pohdittava mm. sitä onko PME:tä jatkojalostettava vai otetaanko tilalle jokin muu järjestelmä esimerkiksi jokin DCIM. Räkkitasomittaukseen liittyen on tarkasteltava ovatko mitaavat PDU:t vai Packet Powerin laitteet ja järjestelmät oikea ratkaisu vai jopa kaikkien yhdistelmä. Packet Power soveltuisi mahdollisesti myös vianhakuun tilanteessa, jossa Packet Power laitteet asennettaisiin tarkkailemaan esimerkiksi jotain yksittäistä laitetta.

LÄHTEET

1. Starline. Esitesivu. Hakupäivä 11.12.2023. <https://starlinepower.com/busway/250-1250/>
2. X, X 2023. Technical Leader. Teams-keskustelu 28.11.2023.
3. Packet Power. Etusivu. Hakupäivä 16.10.2023. <https://www.packetpower.com/>
4. Clifone, Antonio & Davoli, Luca & Belli, Laura & Ferrari, Gianluigi 2019. Internet of Things (IoT) Lab, Department of Engineering and Architecture, University of Parma. Hakupäivä 4.12.2023. <https://www.mdpi.com/1999-5903/11/4/99>
5. Packet Power. Support-sivu. Hakupäivä 16.10.2023. <https://dox.packetpower.com/support/current/?l=en>
6. Modbus. UKK-sivu. Hakupäivä 19.12.2023. <https://modbus.org/faq.php>
7. Britannica. client-server architecture. Hakupäivä 19.12.2023. <https://www.britannica.com/technology/client-server-architecture>
8. ManageEngine. What is SNMP. Hakupäivä 5.1.2024. <https://www.manageengine.com/network-monitoring/what-is-snmp.html#snmp-functionalities>
9. SFS-EN 50160:2022. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Helsinki Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 16.1.2024. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/5/1230739.html.stx>. Vaatii lisenssin.
10. Ryne C. Allen. 1998. Humidity and ESD Control. Hakupäivä 1.2.2024. https://esdsystems.descoindustries.com/whitepapers/wp_humidity.html#:~:text=Relative%20humidity%20between%2040%20percent,as%20PWB%20delamination%20during%20soldering.
11. Schneider Electric. PME esittelysivu. Hakupäivä 17.1.2024. <https://www.se.com/us/en/product-range/65404-ecostruxure-power-monitoring-expert/#overview>
12. Schneider Electric. PME tukisivu. Hakupäivä 17.1.2024. https://digital-energy-help.se.com/pme/content/11_other_content/energyexpert/design/data_collection.htm

LIITELUETTELO

LIITE 1 E306-H000 lämpötila- ja kosteusanturi

LIITE 2 E302-H000 lämpötila- ja kosteusanturi

LIITE 3 E300-H000 lämpötila- ja kosteusanturi

LIITE 4 3~ 32Ax2 Starline-virranotin Packet Power MP277 energiamittarilla







3~ 2X32A STARLINE VIRRANOTIN PACKET POWER MP277 ENERGIAMITTARILLA LIITE 4

