

Jussi Kotilainen

**PIENVOIMALAITOKSIEN KÄYTTÖASTEEN PARANTAMINEN MASSADATAN
AVULLA**

**PIENVOIMALAITOKSIEN KÄYTTÖASTEEN PARANTAMINEN MASSADATAN
AVULLA**

Jussi Kotilainen
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Jussi Kotilainen

Opinnäytetyön nimi: Pienvoimalaitoksien käyttöasteen parantaminen massadatan avulla

Työn ohjaajat: Manne Tervaskanto (OAMK), Juhani Haapalahti (Volter Oy)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 43

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia pienvoimalaitoksista kerätyn massadatan avulla syitä prosessin keskeytyksille ja niiden osuutta käyttöastetta laskeviin tekijöihin. Työn toimeksiantajana oli Volter Oy, joka valmistaa puukaasulla toimivia sähkön ja lämmön pientuotantolaitoksia. Työssä keskeisin käsite on käyttöaste ja kuinka siihen vaikutetaan laitoksen suunnittelussa, valmistuksessa sekä erityisesti käyttövaiheessa.

Työn teoriaosuudessa tutustuttiin puukaasulla toimivan CHP-laitoksen toimintaan sekä puukaasutuksen teoriaan. Lisäksi perehdyttiin käytettävyyden huomiointiin suunnittelun ja valmistuksen aikana sekä käyttöasteeseen laitoksen käytön aikana.

Käytännönsuudessa tutustuttiin massadatan keräämiseen, käsittelyyn ja analysointiin. Aluksi ohjelmoitiin komentokehotteesta ajettava skripti, jolla kerättiin data palveluntarjoajan palvelimelta paikalliselle palvelimelle analysoitavaksi. Datasta tutkittiin muutaman kohteen keskeytyksiä sekä keskeytysten aiheuttajia ja pituuksia. Lisäksi selvitettiin syitä, jotka vaikuttivat käyttöastetta alentavasti. Lopuksi pohdittiin, miten yleisimpiä keskeytyksiä saataisiin korjattua ja parannettua käyttöastetta.

Työn lopputuloksena saatiin koostettua analyysejä, joiden avulla voidaan kehittää yksittäisten laitojen toimintaa. Analyyseissä havaittiin keskeytyksistä samanlaisia piirteitä, mutta selittävät tekijät erilaisille käyttöasteille johtuivat enemmän käyttäjästä ja käyttöympäristöstä.

Asiasanat: puukaasu, CHP, SQL, data-analyysi, skripti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Option of Automation Engineering

Author: Jussi Kotilainen

Title of thesis: Enhancement of Capacity Utilization Rate in Small Scale Power Plants with Big Data Supervisors: Manne Tervaskanto (OAMK), Juhani Haapalahti (Volter Oy)

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2022

Number of pages: 43

The aim of this thesis was to analyse the capacity utilization rate of small-scale CHP plants by utilizing big data which has been collected from multiple plants in the past few years. The objective was to find reasons for the interruptions, which cause a low capacity utilization rate and what could be done to improve it. Thesis was done for Volter Oy which has so far sold over 100 CHP plants all over the world.

The theory part of this thesis covers the basics of small-scale CHP plants from gasification to power generation. In addition, the factors affecting capacity utilization rate are considered all the way from manufacturer to plant user.

The steps required in delivering big data from a service provider to local data servers and in manipulating it for analytic purposes are elaborated on. Application of big data has no limits. However, in this thesis only the reasons for the interruptions and the total lengths of individual interruption are analysed.

As a result, the manufacturer will get a bigger picture of the reasons behind low capacity utilization rates and the differences between individual sites. Further development of the methods used in this thesis enables a variety of future adaptations.

Keywords: wood gas, CHP, SQL, Data Analysis, script

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| SANASTO..... | 6 |
| 1 JOHDANTO..... | 7 |
| 2 VOLTER OY..... | 8 |
| 2.1 Volterin CHP-laitos..... | 8 |
| 2.2 Tekniikka..... | 9 |
| 2.3 Pienvoimalaitoksen kannattavuus..... | 10 |
| 3 PUUKAASUTUS..... | 12 |
| 4 KÄYTTÖASTE..... | 14 |
| 4.1 Kunnossapito..... | 14 |
| 4.2 Käytettävyys..... | 15 |
| 4.3 Käyttöasteeseen vaikuttaminen..... | 17 |
| 5 MITTAUSDATA..... | 19 |
| 5.1 Mittausdata palvelimella..... | 21 |
| 5.2 Skripti mittausdatan keräämiseksi..... | 24 |
| 6 MASSADATAN KÄSITTELY..... | 26 |
| 7 TULOKSET..... | 29 |
| 7.1 Ensimmäinen kohde..... | 29 |
| 7.2 Toinen kohde..... | 34 |
| 8 KEHITYSEHDOTUKSET..... | 38 |
| 9 YHTEENVETO JA POHDINTA..... | 41 |
| LÄHTEET..... | 42 |

SANASTO

| | |
|--------------|---|
| API | Application Programming Interface – Ohjelmointirajapinta |
| Big data | Massadata, johon kerätään jatkuvasti suuria tietomassoja |
| CHP | Combined Heat and Power – Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto |
| Header | Ohjelmoinnissa käytettävä otsikkotiedosto, joka sisältää jaettua tietoa |
| JSON | Javascript Object Notation – Yksinkertainen tiedostomuoto tiedonvälitykseen |
| kW | Kilowatti on energiayksikkö, joka mittaa tehoa |
| Käyttöaste | Tuotannon tuotantokyvyn kapasiteettiosa |
| Nimellisteho | Suunniteltu maksimiteho |
| MTBF | Mean Time Between Failures – Keskimääräinen aika vikaantumisien välillä |
| MTTF | Mean Time To Failure – Keskimääräinen vioittumisaika |
| MTTR | Mean Time To Repair – Keskimääräinen huoltoaika |
| MWT | Mean Waiting Time – Keskimääräinen odotusaika |
| Python | Ohjelmointikieli |
| Saareke | Itsenäinen sähköverkosto, joka on irti valtakunnallisesta sähköverkosta |
| Skripti | Komentokehotteesta ajettava ohjelma |
| SQL | Structured Query Language – Kyselykieli |

1 JOHDANTO

Uhkaava energiakriisi on saanut yhteiskunnan varpailleen, sillä nousevat energiahinnat vaikuttavat jokaiseen, niin teollisuuden kuin yksityishenkilön sähkönkulutustottumuksiin. Suomessa sähkön-tuotantoa on lisätty muun muassa tuulivoimaloiden avulla, mutta myös yksityishenkilöt ovat alkanut etsimään vaihtoehtoisia energiantuotantomuotoja nousevien sähkön hintojen takia.

Myös pienvoimalaitokset ovat herättäneet kiinnostusta yksityishenkilöissä ja isommissa toimijoissa, sillä verrattuna aurinko- ja tuulivoimaan, pienvoimalaitokset eivät juurikaan ole riippuvaisia säätilasta. Maatilat, kyläyhteisöt ja pientuottajat hyötyvät CHP-energiantuotannosta, sillä yhdistetyllä energiantuotannolla saadaan katettua sekä sähkö- että lämpöenergian tarve. Tarvittaessa ylimääräinen energia voidaan myydä verkkoon.

CHP-energiatuotanto ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys, koska tuotantolaitoksen tekninen monimutkaisuus vaatii osaamista ja motivaatiota tuotannon ylläpitoa varten. Myös valmistajalla on vastuu toimittaa tuotantoyksiköitä, jotka tuottavat energiaa varmatoimisesti. Tuotannon varmatoimisuutta voidaan analysoida käyttöasteella, jolla mitataan tuotantokapasiteetin ja toteutuneen tuotannon suhdetta. Tuotantolaitoksen käyttöasteeseen vaikuttavat sekä loppukäyttäjä että valmistaja.

Toimeksiantaja Volter Oy:n tuotantoyksiköitä on laajasti käytössä ympäri maailman ja niiden käyttöastetta on mitattu pitkään. Yleisimmät syyt keskeytyksille ovat toimeksiantajalla tiedossa, mutta muutamista laitoksista kerätyn massadatan avulla voidaan huomata poikkeavuuksia keskeytyksissä eri käyttökohteiden välillä. Työssä pohditaan lopuksi kehitysehdotuksia, joilla voisi välttää yleisimmät keskeytyksien syyt.

2 VOLTER OY

Volter Oy on Limingan Tupoksessa toimiva yritys, joka valmistaa puukaasulla toimivia sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksia (CHP). Yritys on saanut alkunsa, kun yrityksen perustaja Juha Sipilä etsi mökilleen sähköliittymää. Sähköliittymän hinta olisi ylittänyt mökin hinnan, joten ajatus omasta sähköntuotannosta syntyi. Volterin tuotekatalogiin kuuluu Volter 40 Indoor, 40 Outdoor sekä konseptina myytävä Volt Factory, joka koostuu kymmenestä tai useammasta Volter 40 -laitoksesta. Kuvassa 1 on nykyinen Volter 40 Indoor -laitos, joka julkaistiin vuonna 2014. Volterin pienvoimalaitoksia on toimitettu yli 100 kappaletta eri puolille maailmaa. (1.)



KUVA 1. Volter 40 Indoor (1)

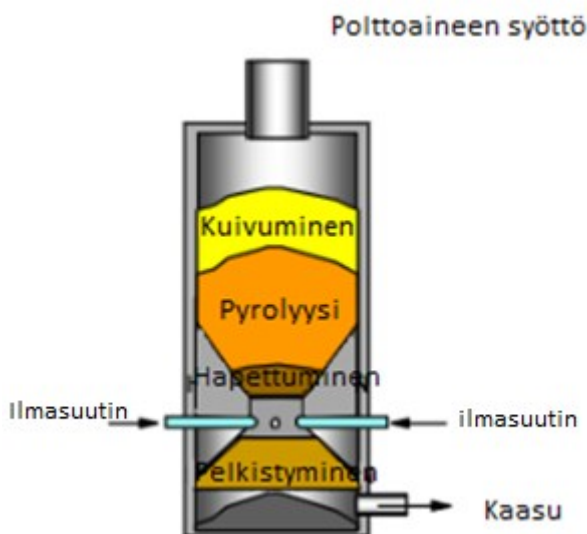
2.1 Volterin CHP-laitos

Volterin CHP-laitos käyttää polttoaineena puukaasua, jota tuotetaan korkeassa lämpötilassa ja matalassa happitasossa pyrolyysin avulla. Tuotettu puukaasu jäädytetään noin 200 °C lämpötilaan ja kaasusta suodatetaan pois kaikki kiinteä aines, jonka jälkeen kaasu syötetään polttomoottorille noin 60-asteisena. Polttomoottori taas pyörittää generaattoria, jolla tuotetaan sähköä. Laitoksen nimellistehot ovat sähkön osalta 40 kW ja lämmön 120 kW, josta 20 kW tulee ilmaan ja 100 kW kuumana vetenä. Voimalaitos käyttää polttoaineena biomassaa fossiilisten polttoaineiden sijaan. (1.)

Laitoksella pyritään ensisijaisesti tuottamaan sähköä, mutta prosessin sivutuotteena syntyy enemmän lämpöenergiaa. CHP-laitosten kysyntä on suurta kohteissa, joissa sähköverkkoa ei ole, sähkön hinta on korkea ja sähkön pientuotantoa on tuettu. Volterin kohteita on runsaasti Iso-Britanniassa, Japanissa ja Kanadan syrjäseuduilla.

2.2 Tekniikka

Volter käyttää puun kaasuttamiseen omaa myötävirtakaasutinta, joka toimii moottorin imuvoiman tuottamalla alipaineella. Myötävirtakaasuttimella tarkoitetaan reaktoria, jossa polttoainevirta ja kaasuvirta ovat samansuuntaiset. Reaktorit voidaan jakaa kiinteäkerroksisiin, leijukerroksisiin sekä pölykaasuttimiin. Kiinteäkerroksisiin kuuluu myötävirtakaasutin sekä vastavirtakaasutin, joista yleisin puukaasutuksessa käytetty malli on myötävirtakaasutin. (2.) Kuvassa 2 on havainnekuva myötävirtakaasuttimesta ja sen eri vaiheista. Kuvan 2 kaasuttimeen syötetään polttoaine ylhäältä ja prosessi etenee kuivumisesta aina pelkistymiseen asti, josta lopputuloksena saadaan kaasua.



KUVA 2. Myötävirtakaasutinta prosessivaiheineen (3)

Kaasuttimessa tuotettu kaasua on noin 500-asteista ja se jäädytetään alle 200 asteeseen, koska kaasun suodattamiseen käytettävä kuivasuodatustekniikka ei kestä liiallista kuumuutta. Suodattimessa suodatetaan pois kiinteä aine, joka kulkeutuu kaasuvirtauksen mukana ja se on enimmäkseen kuivaa tuhkaa. Suodattimen kuntoa seurataan mittaamalla paine-eroa suodattimen tulon ja menon välillä. Paine-eron noustessa prosessi puhdistaa suodattimen paineiskulla, jonka suunta on

vastakkainen normaaliin kaasuvirtaukseen verrattuna. Myöhemmin mainittavalla kaasuttimen kurkulla tarkoitetaan hapettumisen ja pelkistymisen välillä olevaa aluetta, joka näkyy kuvassa 2 ilma-suuttimien kohdalla.

Suodatettu kaasu etenee vielä varmuussuotimelle, jolla turvataan suodatus, mikäli ensiösuodatin vuotaa rikkouduttuaan. Tällä suojellaan polttomoottoria tervan lisäksi kiinteiltä aineilta, jotka vaurioittaisivat moottorin liikkuvia osia, kuten mäntiä. Tämän jälkeen kaasu jäädytetään vielä moottorille sopivaksi, sekä kerätään kondenssivesi erilliseen säiliöön. Volterin erikoisuus verrattuna kilpailijoihin on tehon skaalattavuus, sillä sähköntuottoa voidaan säätää ohjaamalla moottorin tehoa. Koska kaasutin on riippuvainen moottorin imuvoimasta, myös kaasun tuottoa voidaan säätää.

Laitteiston automaatiosta vastaa Schneiderin logiikkapiiri ja moottorinohjaus on toteutettu erillisellä moottorinohjausyksiköllä. Polttomoottorina käytetään Agco Powerin kuusisyliinteristä polttomoottoria, joka on muokattu kaasukäyttöön sopivaksi. Polttomoottori on kytketty akselikytkimellä oikosulkumoottoriin, jolla syötetään verkkosyöttöyksikön kautta sähköä verkkoon. Laitteiston lämpöenergia kerätään kaasunjäädyttimiltä, polttomoottorilta ja pakokaasujäädyttimeltä.

2.3 Pienvoimalaitoksen kannattavuus

Suomessa CHP-laitokset eivät ole yleistyneet, sillä sähkön pientuotanto ei ole ollut kannattavaa toisin kuin esimerkiksi Isossa-Britanniassa, jossa sähkön pientuotantoa on tuettu. Tähän mennessä ylijäämästä on maksettu Suomessa muutamia senttejä kilowattituntia kohden, joten taloudellisesti tehokkain tapa olisi, jos suurimman osan tuotetusta sähköstä voisi käyttää itse. Vuonna 2022 tilanne muuttui, sillä Suomessakin sähkön pientuottajalle maksetaan Spot-hintaa. Suomessa sähkön Spot-hinta määräytyy pohjoismaisen sähköpörssin, Nordpoolin, ilmoittaman tuntikohtaisen energianhinnan hinta-alueiden mukaan.

Tuotetun sähkön lisäksi tuotettu lämpö täytyy hyödyntää, jotta saavutetaan energiatehokas ja taloudellinen ratkaisu. Tällaisia kohteita olisivat esimerkiksi maatilat, joissa on asuinrakennuksen lisäksi yksi tai useampi suuri rakennus, jotka vaativat lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden.

Koska laitoksen tuotosta noin 30 % on sähköä, tulisi taloudellisesti laitoksen hankintaa miettiä lämmitystarve edellä, eikä pelkästään sähköntuottoa ajatellen. Jos käyttökohteena on saareke, joka on irti valtakunnallisesta sähköliittymästä, voidaan laitosta ajaa saarekekäytöllä, jolloin sähköä varastoidaan akustoihin ja laitoksen käyttöä voidaan säädellä saarekkeen sähkötarpeen mukaan.

Lämmön vapauttaminen ilmaan hukkalämpönä olisi epätaloudellista, mutta samaan aikaan sähköä voitaisiin tuottaa jatkuvasti ilman ylikuumenemisesta johtuvia prosessin keskeytyksiä. Iso osa lämmöstä voidaan hyödyntää kohteen käyttövetenä ja liittää jopa kaukolämpöverkoston, mikäli se on kohteessa mahdollista. Lämpöä voidaan myös hyödyntää hakkeen kuivaukseen, sillä kaasuttimen toiminta edellyttää hakkeen kosteudeksi korkeintaan 18 %. Liian korkealla kosteudella pyrolyysi ei välttämättä saavuta tavoitelämpötilaa ja kosteus aiheuttaa prosessissa häiriöitä esimerkiksi tukkimalla kuivasuodattimen.

3 PUUKAASUTUS

Biomassaa on yleisesti käytetty jo pitkään polttoaineena. Biomassan raaka-aineita ovat orgaaniset tuotteet, joita syntyy esimerkiksi maa- ja metsätaloudessa. Maatalouden tuotteena syntyvää biomassaa ovat esimerkiksi lanta, ruokohelpi, vilja sekä öljysiemen. Myös yhteiskunnan sivutuotteena syntyvää lantaa, biojätettä sekä prosessijätettä voidaan hyödyntää biomassapohjaisena polttoaineena. (4.)

Metsätalouden tuote, eli puu, on yksi vanhimmista polttoaineista. Puuta on käytetty pitkään lämmöntuotannossa polttamalla puupilkettä nuotiossa taikka puuhaketta sekä pellettiä polttokattilassa. Pelkästään lämmöntuotannossa puuta poltetaan suoraan, mutta puu voidaan myös kaasuttaa puukaasuksi. Puukaasua on käytetty sota-aikana ajoneuvojen polttoaineena paikkaamaan bensiinin puutetta. Puukaasua tuotetaan puukaasuttimella, joka kansankielessä tunnetaan paremmin häkäpönttönä. Puukaasu ei ole kuitenkaan ajoneuvojen polttoaineena yleistynyt, sillä puukaasutin oli suuri ja painava sekä puupilkkeet vaativat tilaa. Lisäksi autojen suorituskyky puolittui ja puukaasu sisälsi epäpuhtauksia, jotka kuluttivat moottoria nopeammin. (5.)

Puukaasutuksessa tapahtuva termokemiallinen reaktio on pyrolyysi, jossa biomassaa poltetaan lähes hapettomassa tilassa. Hapettoman palamisen seurauksena muodostuu häkää, eli hiilimonoksidia. Normaalissa runsashappisessa palamisessa syntyy hiilidioksidia ja vain vähän häkää. Puukaasun lisäksi pyrolyysin avulla tuotetaan biohiiltä, jota käytetään muun muassa kompostoinnin tehostamiseen sekä lannoitteena. Pyrolyysissa syntyy myös nestettä, joka koostuu lähinnä tervan ja veden sekoituksesta. Pyrolyysi tapahtuu normaalisti 300–650 asteen lämpötilassa, mutta kaasutusprosessissa lämpötila vaihtelee 800–1 000 asteen välillä. Pyrolyysin tuottoon voidaan vaikuttaa lämpenemisnopeudella, pyrolyysin lopullisella lämpötilalla sekä viipymääjalla. (6.)

Pyrolyysi voidaan jakaa lämpenemisnopeuden perusteella hitaaseen tai nopeaan pyrolyysiin. Hitaassa pyrolyysissa biomassan hiiltyminen on korkeampaa, kun taas nopeassa pyrolyysissa vapautuu enemmän tervan ja veden sekoitusta. Kaasutuksen maksimoimiseksi on käytettävä nopeaa tai keskinopeaa lämpenemistä. Puukaasutuksessa nopealla lämpenemisellä ja korkealla lämpötilalla saadaan vähennettyä muiden pyrolyysituotteiden muodostumista. (6.)

Puukaasutuksessa käytettävä puuhake syötetään palotilaan, johon syötetään paloilmaa ilmakana-
navien kautta. Ilmakanavista syötettävällä paloilmalla voidaan säädellä pyrolyysin lämpötilaa, joka
pyritään säätämään noin 1 000 asteeseen. Pyrolyysissa syntyvä kaasu kulkeutuu kuuman hiiliker-
roksen läpi, jossa tervaa muodostavat hiilivety-yhdisteet hajoavat lyhyemmiksi. Valmis puukaasu
on palavaa kaasua, joka sisältää yleensä hiilimonoksidia 25 %, vetyä 18 % sekä metaania 2 %.

(2.)

4 KÄYTTÖASTE

Yleisesti tuotannon käyttöasteella tarkoitetaan teoreettisen kapasiteetin ja käytetyn kapasiteetin välistä suhdetta, joka ilmaistaan prosenttilukuna. Tuotantomuodosta riippuen käyttöasteeseen vaikuttavia tekijöitä on useita, joita ovat muun muassa käyttövarmuus, käytettävyyys, tehokkuus sekä kannattavuus. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin keskitytään pääasiassa käyttövarmuuden ja tehokkuuden aiheuttamiin käyttöasteen muutoksiin. Volter Oy lupaa laitoksilleen vuotuisen noin 90 % käyttöasteen, jossa on huomioitu suunnitellut ja suunnittelemattomat huollot. (7.)

4.1 Kunnossapito

Kunnossapidolla tarkoitetaan yleisesti työtä, jolla pyritään ylläpitämään laitteistojen ja laitosten niille suunniteltua suorituskykyä ja toimintavarmuutta. Perinteisempi kunnossapitotapa on ollut korjaava kunnossapito, joka voidaan jakaa välittömään ja siirrettyyn kunnossapitoon. Käytännössä siirretty kunnossapito tarkoittaa esimerkiksi huollon siirtämistä, joka johtaa välittömään kunnossapitoon, eli toimenpiteisiin ryhdytään vasta laitteen vioittuessa. (8.)

Menetelmät ja työtavat ovat kehittyneet ja nykyään yrityksissä pyritään ehkäisevään kunnossapitoon. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu jaksotettu ja kuntoon perustuva kunnossapito, joka voi olla joko aikataulutettua, vaadittaessa tehtävää tai jatkuvaa. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa seurataan laitoksien yksittäisten toimilaitteiden toimivuutta mittausdataan perustuen tai kuuntelemalla sivuääniä ja etsimällä näkyviä ulkoisia merkkejä. Aikataulutettu kunnossapito jaksotetaan ajanjaksoille, jolloin tuotannon tarve on alhaisempi. Ehkäisevän kunnossapidon avulla voidaan välttyä suuremmilta rikkoontumisilta, jotka vaikuttavat keskeytyksien pituuksiin. (8.)

Suuremmissa laitoksissa ja organisaatioissa kunnossapidolle on oma organisaatio. Kunnossapidon organisointiin on olemassa erilaisia periaatemalleja:

- keskitetty kunnossapito
- hajautettu kunnossapito
- kunnossapito omana tulosityksikkönä
- kunnossapidon ostopalveluna
- käynnissäpito.

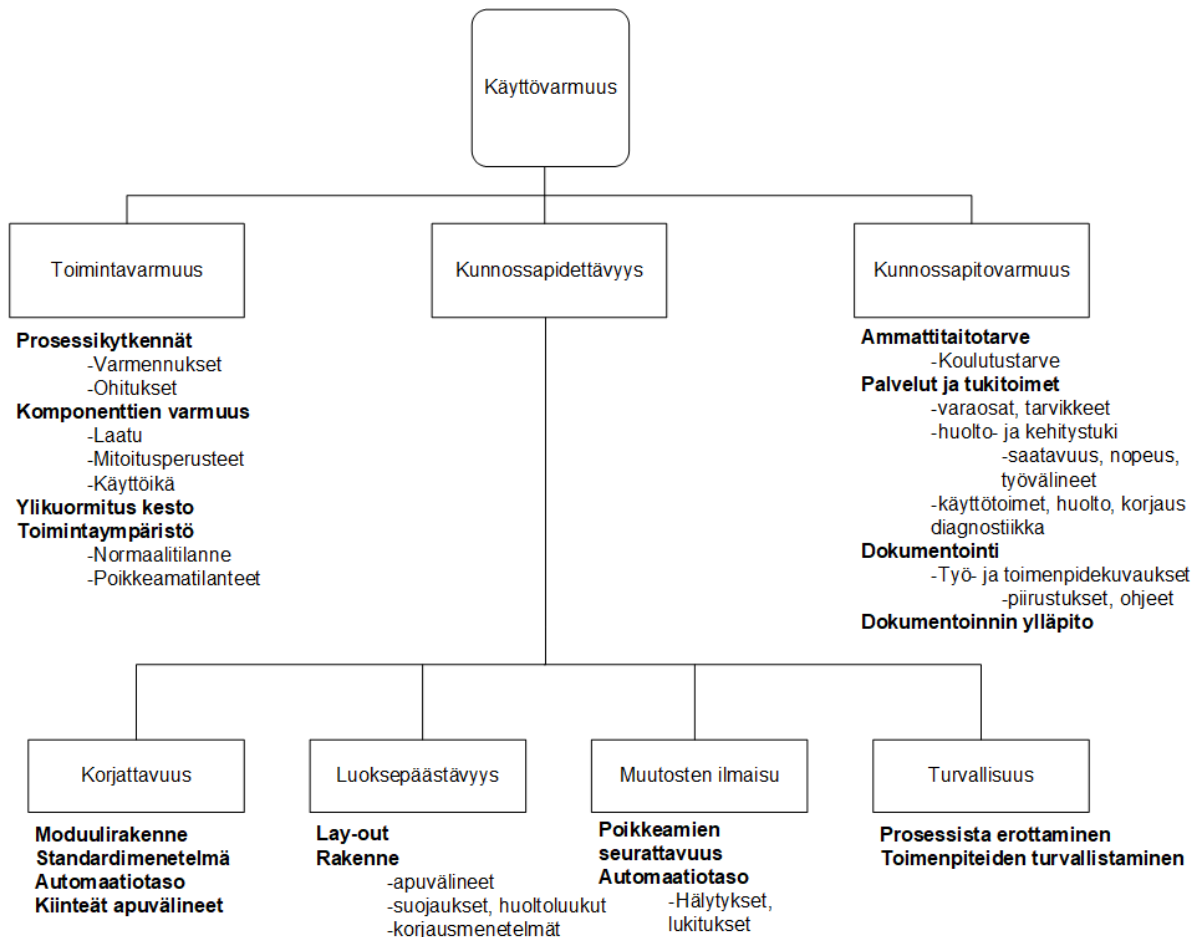
Käynnissäpito on teoriassa pieni osanta kunnossapidosta, joka toteutetaan oman toiminnan ohella. Puhuttaessa pienvoimalaitoksista on todennäköisin kunnossapidon periaate käynnissäpito, koska pienvoimalaitos ei kunnossapitotarpeeltaan vaadi täysipäiväistä kunnossapitotyötä. Kohteet ovat yleensä maatiloja tai muiden alojen pieniä yrityksiä, jolloin laitoksen hankintapäätös syntyy omasta energian tarpeesta. Vaikka kunnossapito olisikin täydellistä, vaikuttaa käyttöasteeseen myös käytettävyys.

4.2 Käytettävyys

Käytettävyys voidaan jakaa seuraaviin osatekijöihin: toimintavarmuus, kunnossapidettävyys ja kunnossapitovarmuus. Toimintavarmuudella (MTTF) tarkoitetaan tilannetta, jolloin pidetään yllä alhaista vikatasoa ja vähennetään vikoja. Teoriassa toimintavarmuus mittaa toimilaitteiden luotettavuutta ja aikaa, jonka niiden oletetaan kestävän. Tämän avulla voidaan ennustaa toimilaitteen käyttöikä ja sisällyttää se esimerkiksi aikataulutettuun kunnossapitoon. Lisäksi toimintavarmuuden avulla voidaan mitata yksittäisen osan laatua, ennakoida uuden korvaavan osan hankkimista sekä havaita mahdollisia väärinkäyttöjä. (8.)

Kunnossapidettävyydellä (MTTR) tarkoitetaan huoltotoimiin menevää aikaa. Aika mitataan huoltotoimen aloituksesta huoltotoimen päättymiseen. Yleensä huoltotoimi alkaa vian diagnosoinnista ja päättyy, kun laitteisto on käynnistynyt normaalisti. Kunnossapidettävyyteen vaikuttaa kunnossapitohenkilöiden osaaminen ja kunnossapidettävyyttä voidaan parantaa tehokkaimmin hyvällä koulutuksella, mutta siihen vaikuttaa myös se, kuinka yksinkertaisia huoltotoimenpiteet ovat. MTTR:n

avulla voidaan mitata siis kunnossapitotoimijoiden tehokkuutta sekä kuinka paljon aikaa ja resursseja on hyvä varata työn tekoon. Lisäksi voidaan harkita, onko osa helpompi vaihtaa uuteen jatkuvien korjaustoimien kasvaessa. (9.) Kuvassa 3 on esitelty käytettävyyden osatekijät ja tarkemmin kunnossapidettävyyden alahaarat.



KUVA 3. Käyttövarmuuden osatekijät (10)

Kunnossapitovarmuudella (MWT) taas tarkoitetaan resurssien saatavuutta. Kunnossapitoresursseihin lasketaan ammattitaitotarve, palvelut, dokumentointi ja dokumentoinnin ylläpito. Palveluilla tarkoitetaan varaosien ja tarvikkeiden saatavuutta, mutta myös teknisen tuen saatavuutta. (9.) Volter Oy:lla kunnossapitovarmuutta ylläpidetään jälleenmyyjien kautta. Jälleenmyyjillä on varaosavaraosastot ja varaosatoimituksia tapahtuu säännöllisesti Volter Oy:lta jälleenmyyjille. Lisäksi ammattitaitotarpeeseen on vaikutettu kouluttamalla jälleenmyyjille asentajia. Myös laitoksen käyttäjät käyvät saman koulutuksen läpi, jotta laitoksen käyttö olisi sujuvaa. (7.)

Kunnossapitovarmuus on myös varmistettu dokumentoinnin avulla. Jokaisen laitoksen mukana toimitetaan käyttöohjekirja, jossa on hyvin yksityiskohtaisesti kuvattu huolto-ohjeet ja toimenpiteet. Tällä voidaan vähentää ammattitaidontarvetta, sillä henkilö, jolla ei ole kokemusta, pystyy suorittamaan käyttöohjekirjan avulla huoltotoimet itsenäisesti. Myös tekninen tuki toteutetaan pääsääntöisesti jälleenmyyjien kautta, Volter Oy:n tukemana. Näin jälleenmyyjät pystyvät vastaamaan yksinkertaisiin kysymyksiin ja Volter Oy:lle tulevat kysymykset rajataan hieman haastavampiin ja harvemmin ilmeneviin ongelmiin. Kuitenkin paikallisella tuella on yhteinen kieli alueen asiakkaiden kanssa ja hyvä ymmärrys toimintaympäristöistä. Lähellä asiakasta oleva paikallinen tuki auttaa tuntemaan asiakkaan paremmin sekä tuottamaan laadukasta paikallista teknistä tukea. (7.)

4.3 Käyttöasteeseen vaikuttaminen

Käyttöasteeseen vaikutetaan jo heti suunnitteluvaiheessa, sillä sen vaikutukset ovat tärkeitä laitoksen loppukäyttäjälle. Kun suunnittelussa on otettu huomioon kaikki käytettävyyden osa-alueet, on enää loppukäyttäjistä kiinni, saavutetaanko laskennallisesti mahdollinen käyttöaste. Volterin pienvoimalaitoksien huolto- ja ylläpitotehtävät ovat yksinkertaisia (7).

Volterin asiakaskunta voidaan jakaa karkeasti yksittäisiin toimijoihin sekä energiapuistoihin, jotka toimintamalleina eroavat toisistaan. Yksityiset toimijat, kuten maatilat, hoitavat kunnossapidon oman toiminnan ohella ja asiantuntemusta vaativat tehtävät tehdään alihankintana. Useamman laitoksen kohteissa ja energiapuistoissa kunnossapito vaatii jatkuvaa huomiota. Useamman laitoksen kohteissa runsaiden huoltotöiden lisäksi vikoja esiintyy huomattavasti enemmän (7). Kunnossapitomenetelmien ollessa erilaisia myös kunnossapidettävyyden vaihtelee, mikä esimerkiksi aiheuttaa pitkittynyttä huoltotoimiin menevää aikaa. Kun kunnossapitoa tehdään oman toiminnan ohella, saattavat huoltotoimet muuttua toissijaisiksi tehtäväksi ja pidentää kunnossapidettävyyden kuluvaa aikaa.

Myös automaation tasolla on vaikutusta siihen, mitkä prosessin poikkeamat ilmaistaan ja mitkä aiheuttavat laitoksen pysähtymisen. Tavoitteena luonnollisesti on, että laitoksen toiminta ei keskeytyisi jokaisesta poikkeamasta. Lisäksi tavoitteena on mahdollisimman itsenäinen ja järkevä automaatio, jotta turhilta keskeytyksiltä vältyttäisiin. Järkevyydellä tarkoitetaan, että automaatio reagoi kriittisiin muutoksiin, kuten suureen paine-eroon kuivasuodatuksessa. Syynä voi olla tukkeuma suodatuksessa tai putkistossa, joka voi pahimmissa tapauksessa aiheuttaa suuria huoltotoimia ja pitkäkestoisen keskeytyksen.

Kontrastina näille kriittisille muutoksille ovat järjestelmän pienet muutokset, joihin automaatio voi vielä vaikuttaa ennen kriittisen rajan ylittymistä. Esimerkiksi kun kurkun lämpötilan saavuttaa alarajan, automaatio sammuttaa polttomoottorin ja pyrkii saavuttamaan normaalin kaasutuslämpötilan. Tällä ennaltaehkäistään tervan pääsyä polttomoottoriin, joka aiheuttaisi pahimmassa tapauksessa moottorin rikkoutumisen. Kun normaali kaasutuslämpötila on saavutettu, käynnistyy polttomoottori itsestään.

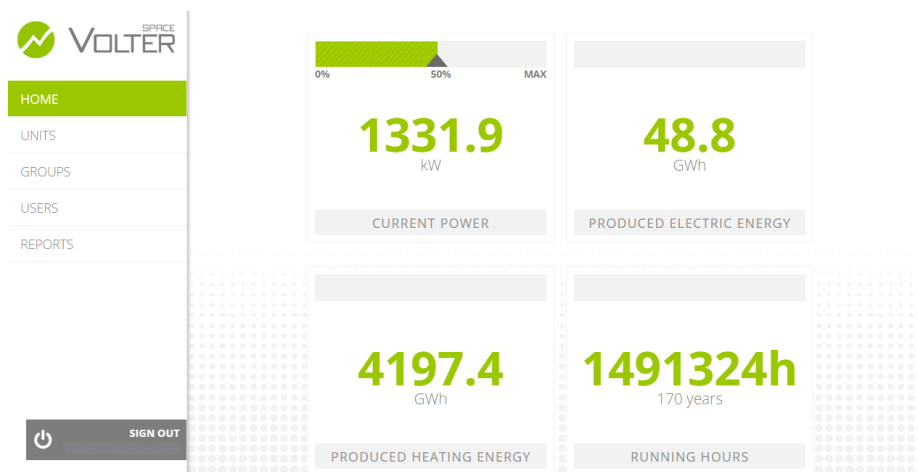
5 MITTAUSDATA

Mittausdataa on kerätty Volter Space -palveluun, joka on tarkoitettu Volterin asiakkaille ja sen palveluntarjoajana toimii Livion-ohjelmistotalo. Mittausdataa tallennetaan laitoksista, joissa datan kerääminen on aktivoitu käyttöön. Palvelu kerää laitoksista minuutin välein anturidataa ja datan kerääminen on aloitettu vuonna 2016, joten dataa on 6 vuoden ajalta.

Kun dataa kerätään eri lähteistä ja sitä kasaantuu nopeasti ja jatkuvasti, puhutaan massadatatista eli big datasta. Massadatan käyttöönottoa ja hyödyntämistä voidaan ajatella kolmiportaisesti: Ensimmäisessä vaiheessa poimitaan kerättävä data, sen jälkeen kerättävä data muunnetaan analysoitavaan muotoon ja viimeinen vaihe on datan hyödyntäminen valitussa ympäristössä.

Massadatalta tarkoitetaan suuria ja monimutkaisia datakokonaisuuksia, joita hyödynnetään esimerkiksi liikenneuhkien vähentämiseen visualisoimalla ruuhkatilanne reaaliaikaisesti navigointisovellukseen. Teollisuudessa massadatatia käytetään esimerkiksi tuottavuuden ja kunnossapidon parantamiseen. (11.)

Massadatatia esitetään visuaalisissa käyttöliittymissä ja näistä visuaalisista käyttöliittymistä käytetään termiä frontend, joka tarkoittaa esimerkiksi verkkoselaimella suoritettavaa sovelluksen osaa (12). Space-palvelussa voidaan tutkia ja selata yksittäisten laitosten histogrammeja prosessin eri vaiheista sekä seurata toimintaa reaaliajassa. Kuvassa 4 on Volter Space -palvelun etusivu, jossa on nähtävillä kaikkien laitosten tämänhetkinen tuotto sekä kaikkien kohteiden tuotto summattuna.



KUVA 4. Volter Space -palvelun etusivu

Dataa säilytetään palvelimen tietokannassa. Palvelimella dataa prosessoivaa sovelluksen osaa kutsutaan backendiksi (12). Selainpuoli ja palvelinpuoli muodostavat yhdessä kokonaisen sovelluksen, jolla saadaan tuotettua Volter Spacen kaltainen palvelu. Selainpuoli lähettää pyyntöjä palvelimelle, kun se tarvitsee tietoa erilaisten histogrammien muodostamiseksi. Palvelimelle voidaan lähettää pyyntöjä hyödyntäen API-ohjelmointirajapintaa, joka mahdollistaa kahden ohjelman välisen kommunikation (13).

API-pyyntöissä muutettavia parametrejä oli tässä tapauksessa laitoksen ID, aloitus- ja lopetuspäivämäärä. Lisäksi API-pyyntöön headereihin sisällytetään JSON Web Token, jolla todennetaan käyttäjän käyttöoikeudet. Tällä varmennetaan datan turvallisuus, jotta dataa ei voi hakea ilman käyttöoikeuksia. Jos API-pyyntö vaatii käyttöoikeuksia, sen hankkimiseen löytyy yleensä API-dokumentaatiosta ohjeistukset. Kuvassa 5 on hyvä esimerkki API-dokumentaatiosta, jossa on käyttöoikeuden todennukseen ja sen hankkimiseen selkeä ohjeistus.

The screenshot shows the Stripe API documentation page for Authentication. The sidebar on the left contains navigation links such as 'Introduction', 'Authentication', 'Connected Accounts', 'Errors', 'Expanding Responses', 'Idempotent Requests', 'Metadata', 'Pagination', 'Request IDs', 'Versioning', and 'CORE RESOURCES'. The main content area is titled 'Authentication' and contains the following text:

The Stripe API uses **API keys** to authenticate requests. You can view and manage your API keys in [the Stripe Dashboard](#).

Test mode secret keys have the prefix `sk_test_` and live mode secret keys have the prefix `sk_live_`. Alternatively, you can use **restricted API keys** for granular permissions.

Your API keys carry many privileges, so be sure to keep them secure! Do not share your secret API keys in publicly accessible areas such as GitHub, client-side code, and so forth.

Authentication to the API is performed via **HTTP Basic Auth**. Provide your API key as the basic auth username value. You do not need to provide a password.

If you need to authenticate via bearer auth (e.g., for a cross-origin request), use `-H "Authorization: Bearer sk_test_4eC39HqLyjwD0arjT1zdp7dc"` instead of `-u sk_test_4eC39HqLyjwD0arjT1zdp7dc`.

All API requests must be made over **HTTPS**. Calls made over plain HTTP will fail. API requests without authentication will also fail.

Related video: [Authentication](#).

Was this section helpful? Yes No

The terminal window shows an authenticated curl request:

```
1 $ curl https://api.stripe.com/v1/charges \
2 -u sk_test_4eC39HqLyjwD0arjT1zdp7dc:
3 # The colon prevents curl from asking for a password.
```

Below the terminal window, there is a section titled 'YOUR API KEY' which states: 'A sample test API key is included in all the examples here, so you can test any example right away. Do not submit any personally identifiable information in requests made with this key. To test requests using your account, replace the sample API key with your actual API key or [sign in](#).'

KUVA 5. Stripe-palvelun API-dokumentaatio

5.1 Mittausdata palvelimella

Palvelimelta saadaan JSON-muotoinen vastaus, joka on yksinkertainen avoimen standardin tiedostomuoto tiedonvälitykseen. JSON on tekstimuotoinen paketti, jota on vaikea sellaisenaan käyttää datakäsittelyyn. Kuvasta 6 voi havaita, kuinka isoja yhden näytteen, eli 1 minuutin kokoiset dataobjektit ovat. Lisäksi nähdään, kuinka epäselvää ja vaikeasti käsiteltävää data on, sillä tiedot on jäsennetty erilaisilla välimerkeillä.

```
[{"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:00:06.322Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:01:06.458Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:02:06.521Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:03:06.627Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:04:06.714Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:05:06.808Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:06:06.892Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:07:06.986Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:08:07.078Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:09:07.171Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:10:07.257Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:11:07.355Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:12:07.466Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:13:07.556Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:14:07.662Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:15:07.770Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:16:07.888Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:17:07.976Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":2008-20T21:18:08.074Z"}, {"1100":2,"1101":0,"1102":0,"1103":0,"1104":0,"1105":0,"1106":0,"1107":0,"1108":120,"1109":10000,"1110":20
```

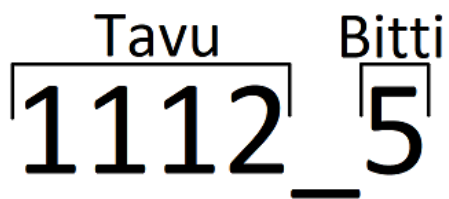
KUVA 6. Esimerkki palvelimelta vastaanotetusta JSON-datapaketesta

Tarkemmin katsottuna datapaketti sisältää jokaisen Modbus-osoiterekisterissä määritetyn tulo- tai lähtötiedon sekä sen arvon kyseisellä ajanhetkellä. Modbus on sarjaliikenneprotokolla, joka on yleisesti vakioitunut elektroniikkalaitteiden väliseen kommunikointiin. Lisäksi paketti sisältää laitosnumeron, valmistusvuoden sekä aikaleiman, jossa on päivämäärä sekä kellonaika. Tutkimuksen kannalta olennaisia tietoja ovat Modbus-rekisterit sekä aikaleimat. Kuvassa 7 on esimerkiksi selitykset Modbus-rekistereille 1100–1104, jotka ovat myös havaittavissa kuvassa 6.

| Modbus register | Type | Unit | multiplier | desimal displayed | description | |
|-----------------|------|------|------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 1100 | INT | | 0 | | Unit status1 | 1100 UNIT_STATUS_0; |
| 1101 | INT | | 0 | | Unit status2 | 1101 UNIT_STATUS_1; |
| 1102 | INT | | 0 | | Fault code1 | 1102 FAULT_CODE_0; |
| 1103 | INT | | 0 | | Fault code2 | 1103 FAULT_CODE_1; |
| 1104 | INT | - | - | | - | 1104 - |

KUVA 7. Modbus-rekisteritaulukko

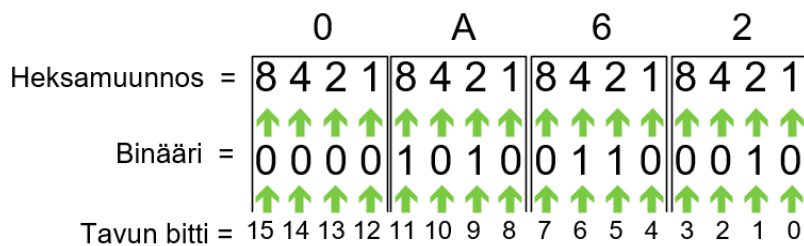
Rekisteritaulukko toimitettiin toimeksiantajalta työtä varten ja se sisältää kaikki rekisterit, mitä tuotantolaitoksista löytyy. Rekisteriin on merkattu yli 100 eri Modbus-osoitetta. Niiden selitykset käydään läpi, mikäli ne ovat olennaisia analyysin kannalta. Modbus-osoite on ennalta määritetty vastaamaan tiettyä I/O-moduulia automaation logiikkapiirillä, johon kytketään prosessin tulo- ja lähtötietoja. Modbus-osoitteen rakenne koostuu yleensä sanasta. Jos kyseessä on esimerkiksi 16-bittinen I/O-moduuli, erotetaan sen tulo- tai lähtöportit alaviivalla kuvan 8 mukaisesti. Datapaketin sarakkeista löytyy koko tavun kattava sarake sekä jokaiselle tulo- ja lähtötiedolle omat sarakkeet.



KUVA 8. Modbus-osoitteen rakenne

Osa rekisterin osoitteista on sanoja, joka tarkoitti I/O-moduulin sisältävän 16 erilaista I/O-liitäntää. Yksi tavu vastaa 8-bittiä ja kun tavuja on kaksi, puhutaan Wordista, eli sanasta. Binääritiedolla tarkoitetaan, että tulojen arvot esitetään kaksilukujärjestelmällä, jossa käytetään lukuja 0 ja 1. Binäärisellä luvulla ilmaistaan tietoja, jotka voidaan kuvata digitaalisina tietoina eli kenttätasolla laite on päällä tai ei ole päällä. Tällaisia ovat esimerkiksi toimilaitteiden tilatiedot ja niiden ohjaukset. Prosessissa mitataan lämpötilaa useasta eri pisteestä lämpötila-antureilla, joiden ulostulo voi olla esimerkiksi -20–200 celsiusastetta. Tällaiset tiedot ovat analogisia tietoja ja ne ilmaistaan desimaalilukuina tai kokonaislukuina riippuen mittaustarkkuudesta ja mittaussuureesta. Yksi analogitieto varaa Modbus-rekisteristä yhden osoitteen ja sisältää arvon ilman yksikköä. Mittayksikkö sekä sen tarkkuus on hyvä selvittää logiikkapiiriltä tai dokumentaatiosta, mikäli sellainen löytyy.

Binääriluvun lukeminen on kuitenkin vaikeaa, sillä aktiiviset I/O-portit eli bitit näkyivät 16-bittisenä binäärilukuna ja aktiiviset bitit täytyy etsiä laskemalla oikealta vasemmalle bitin järjestysnumero. Työn helpottamiseksi binääritieto muutetaan heksadesimaaliluvuksi, jotta datapaketeista on helppompaa selvittää, mitkä bitit ovat aktiivisena. Kuvassa 9 on esimerkki, miltä sana näyttää binäärilukuna ja miten se voidaan muuttaa heksadesimaaliluvuksi. 16-bittinen binääriluku on helppo käsitellä neljän numeron sarjoina. Binäärilukua verrataan heksamuunnostaulukon mukaisesti, jolloin saadaan muodostettua heksadesimaaliluku.



KUVA 9. Binääriluvun muuttaminen heksadesimaaliluvuksi

Koska koko sana on jaettu neljään bittiryhmään, sanalle muodostuu bittiryhmistä nelimerkkinen arvo. Jokaisen bittiryhmän aktiiviset bitit lasketaan yhteen ja se muodostaa kyseisen ryhmän heksadesimaaliluvun. Kuvan 9 mukaisesti voidaan havaita, että esimerkiksi bitin 3 ollessa aktiivinen binääriarvo on 1000 ja bitin 2 ollessa aktiivinen binääriarvo on 100. Taulukon 1 mukaisesti voidaan siis muuttaa bitti 3 vastaamaan heksadesimaalilukua 8 ja bitti 2 vastamaan lukua 4 ja niin edelleen. Bittien 9 ja 11 ollessa aktiivisia saadaan oikealta laskettuna kolmannen bittiryhmän arvoksi A. Tällä kaavalla koko tavun heksadesimaaliarvoksi saadaan 0A62.

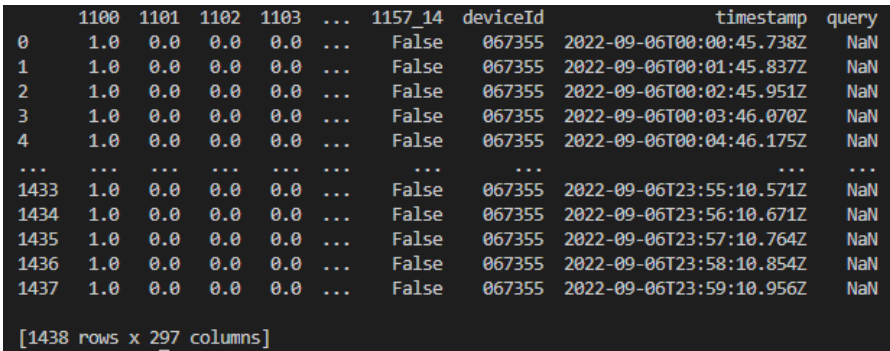
TAULUKKO 1. Muunnostaulukko

| DEC | BIN | HEX |
|-----|------|-----|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 2 |
| 3 | 11 | 3 |
| 4 | 100 | 4 |
| 5 | 101 | 5 |
| 6 | 110 | 6 |
| 7 | 111 | 7 |
| 8 | 1000 | 8 |
| 9 | 1001 | 9 |
| 10 | 1010 | A |
| 11 | 1011 | B |
| 12 | 1100 | C |
| 13 | 1101 | D |
| 14 | 1110 | E |
| 15 | 1111 | F |

5.2 Skripti mittausdatan keräämiseksi

Keräämistä varten tehtiin Python-skripti, joka lähettää kyselyn palvelimelle halutulla laitostunnuksella sekä alku- ja loppupäivämäärän halutulla ajanjaksolla. Laitokset identifioidaan palvelimella LID-numeron perusteella, joka on Volter Spacesta löytyvä satunnaisesti generoitu numerosarja. Lisäksi sovelluksessa jäseneltiin JSON-muotoinen vastaus järkevämmäksi datakehyykseksi, jonka jälkeen se lisättiin SQL-tietokantaan. Tietokantaohjelmistoja on saatavilla suljettuun lähdekoodiin perustuvina, esimerkiksi Microsoft SQL server. Avoimeen lähdekoodiin perustuvia ohjelmistoja ovat muun muassa MySQL, PostgreSQL sekä MongoDB. Avoimen lähdekoodin sovellukset ovat ilmaisia tai huomattavasti edullisempia verrattuna suljetun lähdekoodin sovelluksiin. Työssä käytetään MySQL-tietokantaa, jonka ominaisuudet riittävät työn toteutukseen.

Kuvassa 10 on esimerkki yhden vuorokauden mittaisesta näytteestä, joka on sovelluksessa muutettu järkevämmäksi datakehyykseksi. Verrattuna kuvaan 5, data on selkeämpää ja helppolukuisempaa. Yhden vuorokauden mittaiselta aikajaksolta tulee 1438 riviä dataa, joten 14 vuorokauden ajalta rivien määrä olisi noin 20 000.



| | 1100 | 1101 | 1102 | 1103 | ... | 1157_14 | deviceId | timestamp | query |
|------|------|------|------|------|-----|---------|----------|--------------------------|-------|
| 0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T00:00:45.738Z | NaN |
| 1 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T00:01:45.837Z | NaN |
| 2 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T00:02:45.951Z | NaN |
| 3 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T00:03:46.070Z | NaN |
| 4 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T00:04:46.175Z | NaN |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1433 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T23:55:10.571Z | NaN |
| 1434 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T23:56:10.671Z | NaN |
| 1435 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T23:57:10.764Z | NaN |
| 1436 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T23:58:10.854Z | NaN |
| 1437 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ... | False | 067355 | 2022-09-06T23:59:10.956Z | NaN |

[1438 rows x 297 columns]

KUVA 10. Kaksiulotteinen datakehys mittausdatasta

Kun datapaketti on muutettu datakehyykseksi, suodatetaan siitä pois Modbus-rekisterit, joille ei löydy vastinetta rekisteritaulukosta. Tällä saadaan pienennettyä datakehyyksen tiedostokokoa, jotta tietokanta ei täytyisi turhalla datalla. Suodattamisen jälkeen datakehys tallennetaan paikalliselle palvelimelle. Skriptissä käytetään pääasiassa Python-kirjastoa nimeltä Pandas, joka on avoimen lähdekoodin työkalu datan analysointiin ja manipulointiin. Lisäksi SQL-yhteyttä varten käytetään MySQL-yhteensopivia Python-kirjastoja datan tallentamiseen.

Palvelimelta ei voi kysellä kuin maksimissaan 14 päivän aikajaksoja, koska dataa on kerätty minuutin välein ja jokainen minuutti vastaa yhtä riviä datakehyksessä. 14 päivän ajanjaksolla otoksia on paljon, eikä palvelin pysty käsittelemään niin suuria kyselyjä kerralla. Lopullisessa skriptissä sovellus jakaa itse syötetyn aikavälin 14 päivän jaksoihin ja hyödyntää While Loop -funktiota, joka suorittaa haluttuja toimintoja niin pitkään, kunnes syötetyn aikavälin viimeinen ajanjakso on käsitelty. Näin skripti on lähes omatoiminen.

Valmiin sovelluksen koodiin täytyy lisätä LID-numero sekä laitoksen nimi halutussa muodossa, jotta sovellus pystyy lisäämään taulun tietokantaan laitosta varten. Työssä käytettiin nimeämisstandardina kohteen nimeä sekä laitoksen järjestysnumeroa.

6 MASSADATAN KÄSITTELY

Tässä työssä käytetään MySQL-tietokantaa, johon voidaan tehdä kyselyjä SQL-kyselykielellä. Kyselyllä tarkoitetaan koodia, joka lähetetään tietokantaan ja tietokannasta saatava vastaus vastaa kyselyssä määritettyjä ehtoja. SQL-kyselykieli on standardisoitunut relaatiotietokantakieli, jolla voidaan tallentaa, manipuloida ja hakea dataa tietokannoista (15).

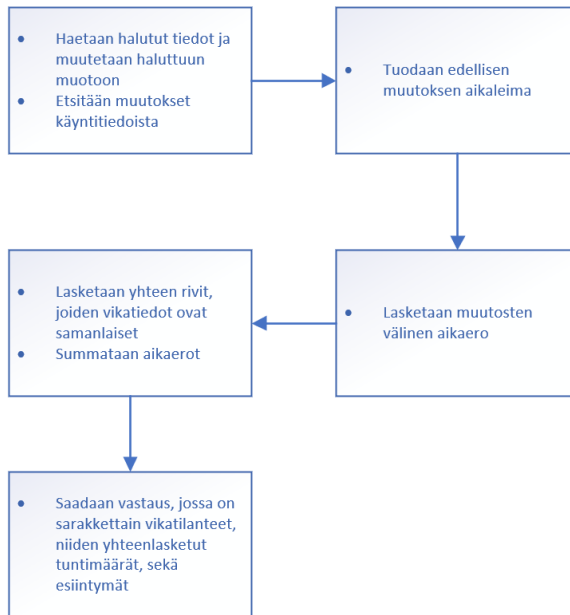
Analyysia varten valitaan Modbus-osoitteet, jotka ovat olennaisia käyttöastetta tutkiessa. Alustavasti datasta halutaan löytää keskeytyksien syyt, esiintyvyys ja kokonaispituudet. Modbus-rekisteristä etsitään vikatiloja osoittavat Modbus-osoitteet, käyntitietojen ja lupien tilat sekä aikaleima. Koska dataa on paljon ja SQL on kyselykielenä monipuolinen, voidaan dataa hakea useilla eri tavoilla esimerkiksi seuraamalla mittausanturin tuloksia ennen keskeytystä.

Valitusta taulusta halutaan etsiä muutokset prosessin ja moottorin tilatiedon mukaan. Prosessin tilatieto sijaitsee Modbus-osoitteessa 1100 ja moottorin 1112_5. Prosessin tilatiedot voidaan tulkita seuraavalla tavalla:

- pysäytetty kun tila on 0
- käynnissä kun tila on 1
- lukittu kun tila on 2.

Lukittu-tila 2 vaatii käyttäjän kuittauksen, jotta laitoksen käyttöä voidaan jatkaa.

Kuvassa 11 on esitetty toteutetun kyselyn rakenne vaiheineen ja toteutettavat muokkaukset. Jokainen vaihe voidaan ajatella yhtenä kyselynä, joka käsittelee tiedot seuraavalle kyselylle. SQL-kyselyn lopussa vastausta voidaan muotoilla ryhmittelemällä tai uudelleenjärjestelemällä tiettyjen sarakkeiden mukaan.



KUVA 11. Askelkaavio SQL-kyselyn vaiheista

Käytetyistä SQL-funktioista tärkein on LAG, jonka avulla voidaan hakea tietoja edelliseltä tai seuraavalta riviltä ja sitä hyödynnetään ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa. Jokaiselle riville kysytään edellisen rivin tilatieto LAG-funktiolla. Lopussa ehdollistetaan, että nykyisen tilatiedon on oltava jokin muu kuin edellisen rivin tilatieto.

Kun SQL-kyselyn vastauksesta saadaan yksinkertainen ja selkeä, käytetään Excel-taulukkolaskentaohjelmaa tuloksien analysointiin ja visualisointiin. Taulukossa 2 sarake `sample_count`, eli näytteiden yhteismäärä esittää, kuinka monta samanlaista riviä tietokannasta löytyi. Kriteerinä samanlaisuudelle on tilatietojen sekä vikarekistereiden arvot. Tällä tavalla saadaan varmistettua pienimmätkin muutokset rekistereiden välillä ja karsittua mahdolliset muut syyt, jotka ovat ilmenneet yleisimpien keskeytyksien ohella.

TAULUKKO 2. Esimerkki SQL-kyselyn tuloksesta

| Index | engine_ru | unit_status | sample_count | tunnit | reg_1150 | reg_1151 | reg_1152 | reg_1153 | reg_1154 | reg_1155 | reg_1156 | reg_1157 |
|-------|-----------|-------------|--------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 | 11 | 890 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 2 | 0 | 1 | 124 | 257 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 3 | 0 | 1 | 6 | 251 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 2 | 7 | 237 | 0 | 0 | 0 | 402 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 5 | 0 | 2 | 7 | 232 | 0 | 0 | 0 | 400 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 6 | 0 | 2 | 44 | 219 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 2 | 30 | 205 | 0 | 0 | 0 | 500 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 8 | 0 | 0 | 5 | 173 | 4000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 2 | 3 | 172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 400 |
| 10 | 0 | 0 | 4 | 171 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 11 | 0 | 1 | 6 | 116 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 1 | 2 | 115 | 4000 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 2 | 8 | 105 | 0 | 0 | 0 | 502 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 14 | 0 | 2 | 11 | 81 | 0 | 0 | 0 | 502 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 1 | 280 | 77 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 1 | 7 | 76 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 17 | 0 | 0 | 10 | 73 | 4000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| 18 | 0 | 2 | 8 | 67 | 0 | 0 | 0 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Excelissä lasketaan yhteen näytteet, jotka ovat samanarvoisia. Esimerkiksi taulukon 2 mukaisesti rekisterin 1153 arvot 400 ja 500 ilmaisevat samaa vikaa, sillä arvo 400 vastaa kaasuttimen ylälämpötilan lukitusta ja arvo 500 vastaa kaasuttimen ylälämpötilan lukitusta ja hälytystä. Taulukosta 2 kuitenkin voidaan havaita, että rivillä 5 on arvo 402, joka tarkoittaa ylälämpötilan lukitusta sekä jäähdytysverkon alhaista painetta. Jäähdytysverkon alhainen paine on kuitenkin hyvin yleinen ilmiö ja se ei aiheuta keskeytystä. Se toimii muistutuksena käyttäjälle siitä, että laitoksen sisäiseen nestekierto on pitäisi lisätä nestettä.

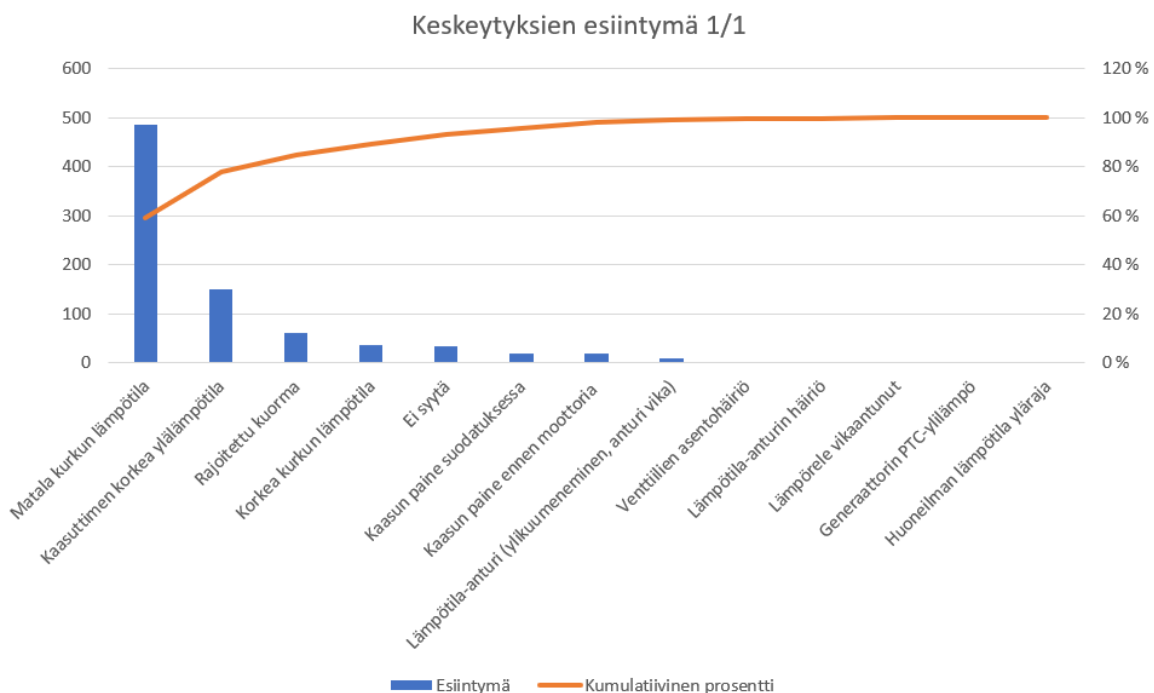
Kun arvot 400 ja 500 ovat kriittisempiä, pystytään sarakkeista hakemaan ne rivit, joiden arvot ovat välillä 400–599. Jos arvo olisi esimerkiksi 453, olisi todennäköisimmin keskeytyksen syynä arvo 400, eli kaasuttimen ylälämpötilan lukitus. Kuitenkin dataa tarkasteltaessa on hyvä varmistua siitä, onko lukujen 400 ja 500 välillä kriittisiä arvoja, mutta tämän työn aikana niitä ei havaittu.

7 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään kaksi erilaista tapausta, joiden välillä on eroavaisuuksia käyttöasteen sekä käyttöympäristön välillä. Iso osa laitoksista jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle joko lyhyen tallennus-aikajakson takia tai vikaa osoittavien Modbus-osoitteiden ollessa tyhjiä. Analyyseissä käytetään ympyrä- ja Pareto-kaavioita. Pareto-kaaviossa viiva osoittaa keskeytyksien kumulatiivista prosenttia ja palkki keskeytyksien lukumäärää laskevassa järjestyksessä. Kumulatiivinen prosentti tarkoittaa kertyvää prosenttia keskeytyksien kokonaismäärästä.

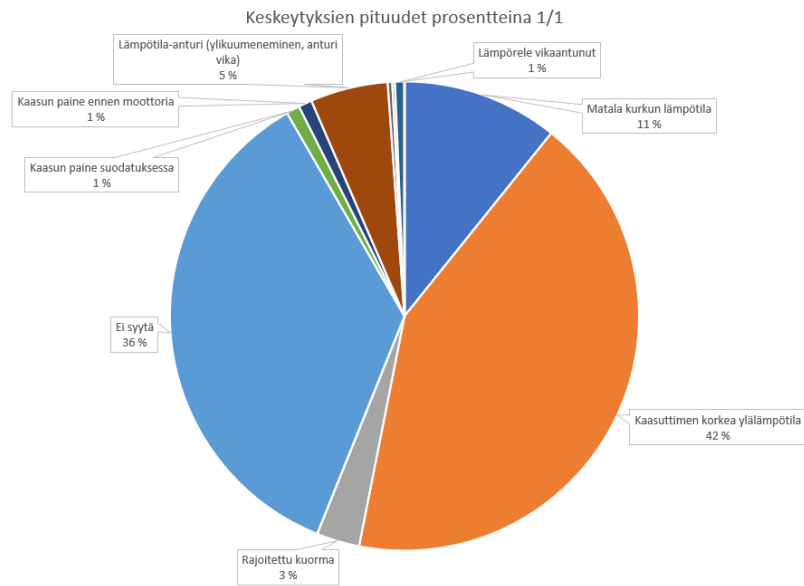
7.1 Ensimmäinen kohde

Ensimmäisenä esimerkkinä esitellään kohde, joka on varustettu kahdella 40 kW:n laitoksella. Laitokset on otettu käyttöön vuonna 2019 ja molemmilla on saavutettu yhteensä noin 40 000 käyttötuntia. Space-palvelun perusteella molempien käyttöaste on noin 70 %, joten laitoksilla ei ole saavutettu luvattua käyttöastetta. Datankeräys on ollut käytössä molemmissa alkaen vuodesta 2019, joten analysoitavaa dataa on kolmen käyttövuoden ajalta. Kuvasta 12 voidaan havaita, että kohteen ensimmäisessä laitoksessa 60 % keskeytyksistä johtuu matalasta kurkun lämpötilasta. Muut keskeytykset ovat esiintyvyydeltään alhaisempia ja moni keskeytyksistä jää alle 20 %:n.



KUVA 12. Keskeytyksien esiintyvyys kohteen ensimmäisessä laitoksessa

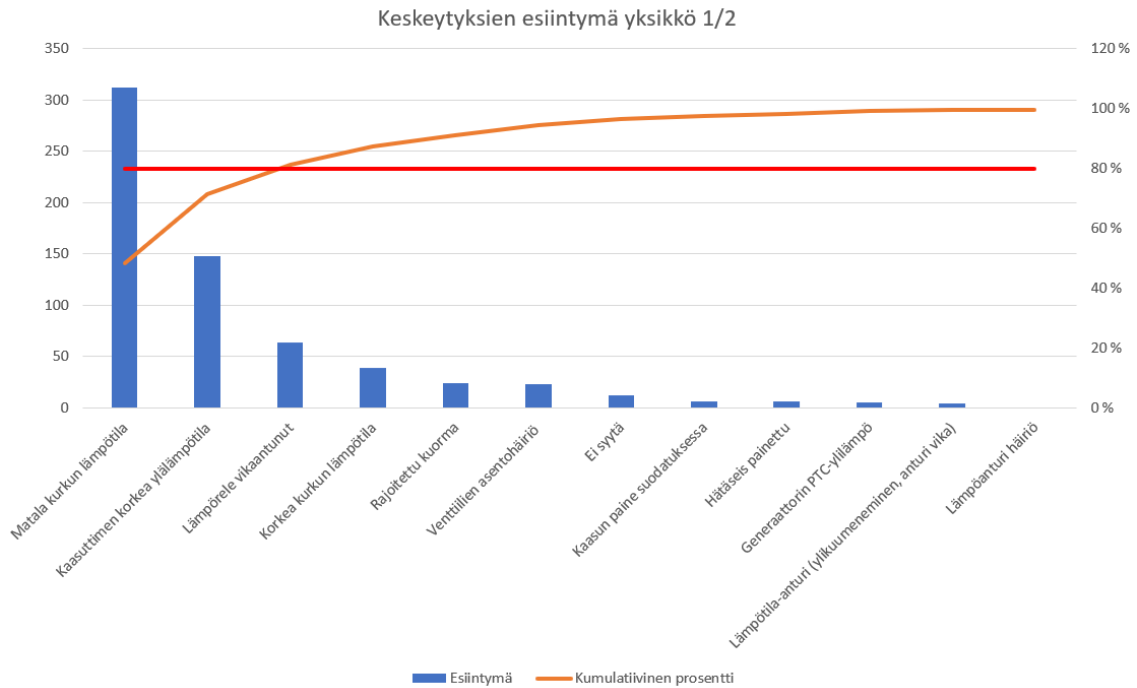
Kuva 13 perusteella keskeytysajasta 36 %:lle ei ole syytä. 42 % aiheutuu korkeasta kaasuttimen ylälämpötilasta, eli polttoaineen syötön lämpötilasta. Todennäköisesti nämä selittyvät sillä, että prosessia ei ole käynnistetty heti, vaan hälytys on jätetty huomioimatta ja laitos on sammunut. Korkean ylälämpötilan hälytys aktivoituu, kun prosessin virtaus ei ole normaalin virtauksen mukainen, joten lämpö nousee pyrolyysialueelta kuivausalueelle. Tämä voi sytyttää kuivuneen hakkeen palamaan. Datan perusteella laitosta pidetään valmiustilassa ja käytetään vain, kun sille on tarvetta.



KUVA 13. Kaikkien keskeytyksien jakauma kohteen ensimmäisestä laitoksesta

Pidempikestoisia keskeytyksiä aiheuttaa monesti matala kurkun lämpötila. Matala kurkun lämpötila johtuu yleensä huonosta palamisesta, joka voi johtua esimerkiksi huonosta polttoaineesta, kuten liian kosteasta puuhakkeesta.

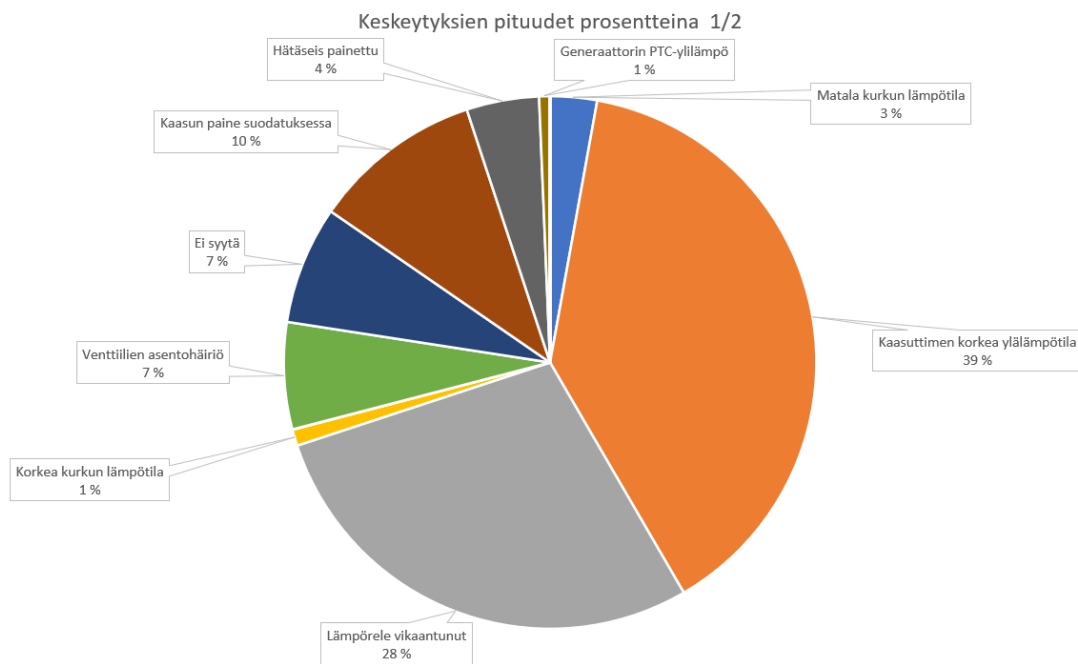
Kohteen toisessa yksikössä oli vähemmän keskeytyksiä. Yksikössä noin 50 % keskeytyksistä johdettu matalasta kurkunlämpötilasta ja noin 15 % korkeasta kaasuttimen ylälämpötilasta. Kuva 14 verrattaessa kuvaan 12 muiden keskeytyksien aiheuttajat eroavat yksiköiden välillä.



KUVA 14. Keskeytyksien esiintyvyys kohteen toisessa laitoksessa

Yksikössä lämpöreleiden vikaantumiset ovat aiheuttaneet 37 keskeytystä, kun taas ensimmäisessä laitoksessa ei tätä ongelmaa ollut. Lämpöreleellä tarkoitetaan kontaktorin eli sähkömekaanisen kytkimen apulaitetta, jota käytetään sähkömoottoreiden ylikuormitussuojana. Näitä suojattavia sähkömoottoreita ovat esimerkiksi tuhkan poistoon käytettävät tuhkaruuvit sekä laitoksen polttoaineen syöttöön käytettävä sulkusyötin.

Kuvan 15 keskeytyksien pituudet eroavat kuvasta 13 merkittävästi. Lämpöreleiden vikaantuminen on aiheuttanut jopa 28 % keskeytysajasta. Suuresta esiintymästä huolimatta matala kurkun lämpötila on huomattavasti pienempi syy keskeytyksien kestoihin. Diagrammeissa on esitetty yleisesti kaikki lämpöreleet, mutta tarkasteltaessa SQL-kyselyn vastausta, voidaan vika paikantaa tuhkaruuvien sähkömoottoreihin. Tuhkaruuveilla siirretään tuhka kaasuttimelta ja suodattimelta tuhkasäiliöön. Ylikuormitus voi johtua sähkövian lisäksi mekanismin jumiutumuksesta, kuten tuhkasäiliön ylitäytymisestä ja sen tukkeutumisesta.

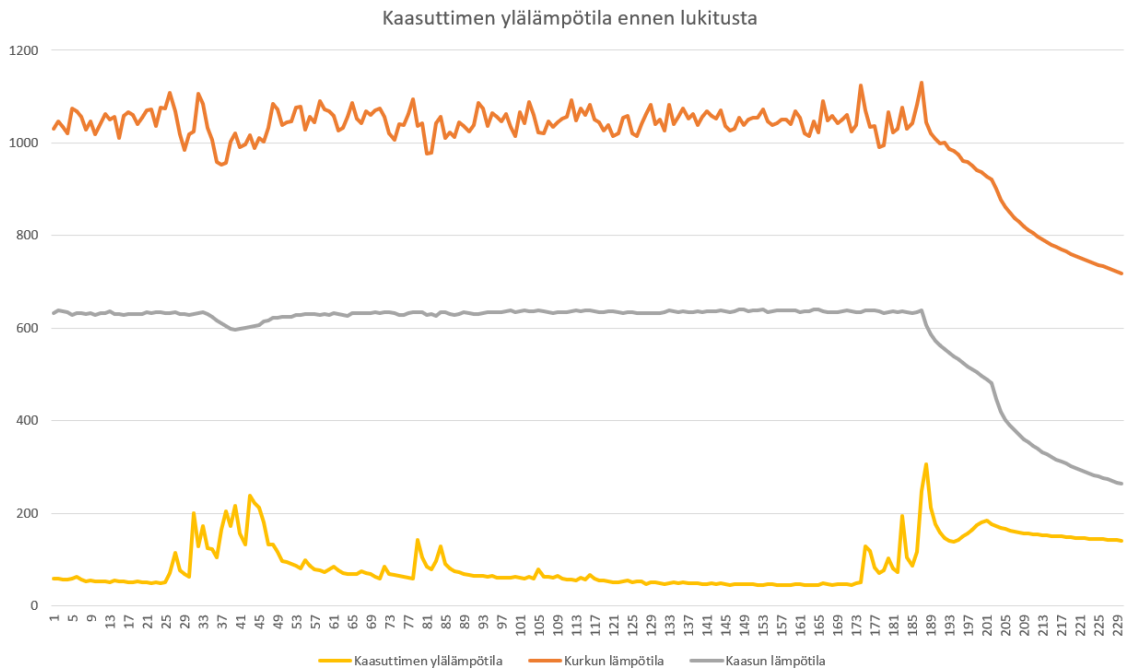


KUVA 15. Kaikkien keskeytyksien jakauma kohteen toisessa laitoksessa

Lisäksi kaasun paineiden kanssa on ollut ongelmia. Kaasun paineisiin liittyvä vika aiheutuu yleensä tukkeutuneesta suodattimesta, jonka vaihtaminen on nopea toimenpide. Ensimmäisen yksikön kohdalla todettu valmiustilassa pitäminen voi olla tämän yksikön kohdalla mahdollista.

Yleisesti kuvista voi päätellä, että kohteessa eniten keskeytyksiä aiheuttaa matala kurkun lämpötila. Pitkät keskeytysajat liittyvät yleensä muihin vikoihin. Jo aikaisemmin mainittu valmiustilassa pitäminen on todennäköisin syy alhaiselle käyttöasteelle. Varsinkin kuvassa 15 hälytykseen reagointi sekä pitkät huoltotoimenpiteet saattavat selittää ainakin toisen yksikön alhaisen käyttöasteen. Jos vikoihin reagoitaisiin nopeammin, olisi käyttöaste suurempi.

Kuvassa 16 on esitetty muutokset kaasuttimen lämpötila-antureissa ennen kaasuttimen ylälämpötilan lukitusta. Sinisestä käyrästä voidaan havaita, kuinka kaasuttimen ylälämpötila on vaihdellut suuresti, kunnes se on saavuttanut lukitusrajan ja yksikön toiminta on keskeytynyt. Datasta selvisi, että lukitus kuitattiin noin kolme tuntia keskeytyksen jälkeen. Tämä voi selittää, miksi kaasuttimen korkea ylälämpötila aiheuttaa pitkän keskeytysajan.



KUVA 16. Kaasuttimen lämpötilat ennen hälytystä

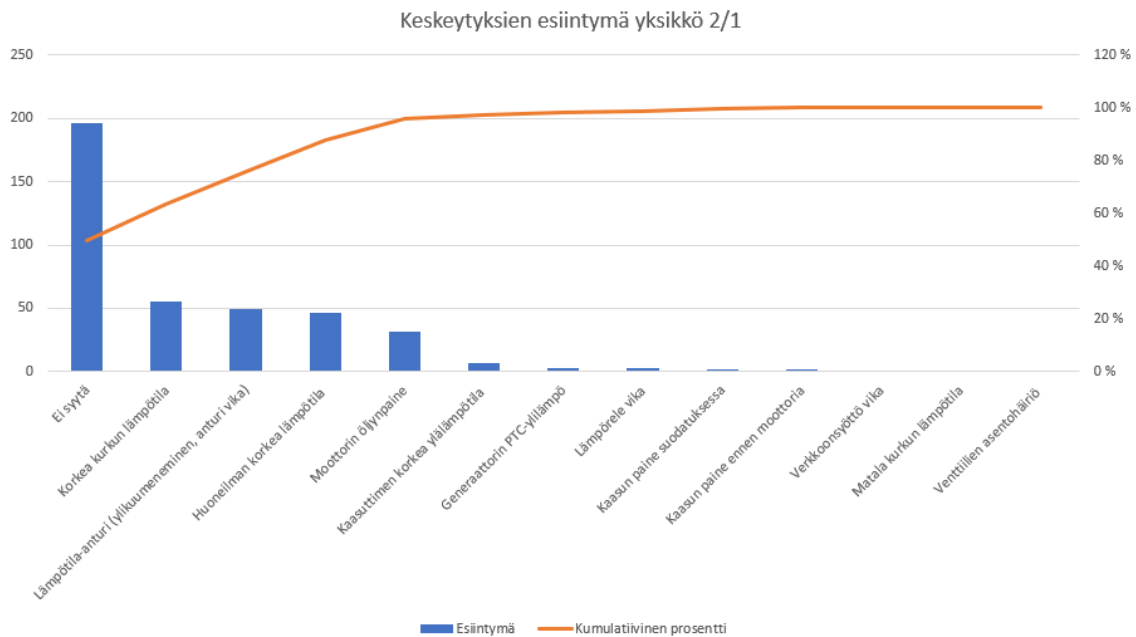
Kuvan 16 poikkeamat kaasuttimen ylälämpötilassa voivat johtua palamisen etenemisestä pyrolyysialueelta kuivausalueelle. Syitä tälle voi olla kaasuttimen huono säätö tai vuoto, jonka takia kaasuttimeen pääsee happea. Pyrolyysi muuttuu palamiseksi, koska hiiltynyt puuhake reagoi hapen kanssa ja sytyttää kuivausalueen puuhakkeen.

Kaasutinta hienosäädetään muuttamalla alailmasuuttimen korkeutta. Yleensä liian korkealla oleva alailmasuutin johtaa alhaisempiin kurkun lämpötiloihin, kun taas liian alhaalla oleva alailmasuutin johtaa korkeampiin lämpötiloihin. Syy-yhteyttä kurkun ja kaasuttimen ylälämpötilan välillä ei ole vielä löydetty, mutta ainakin kaaviossa 5. näytteiden 17 ja 61 välillä lämpötila on siirtynyt kurkulta kaasuttimen yläosaan. Myös lämpöjohtuminen metallirakenteita pitkin mittausanturille voi ilmetä kohonneena lämpötilana mutta ei suurina poikkeamina. (15.)

7.2 Toinen kohde

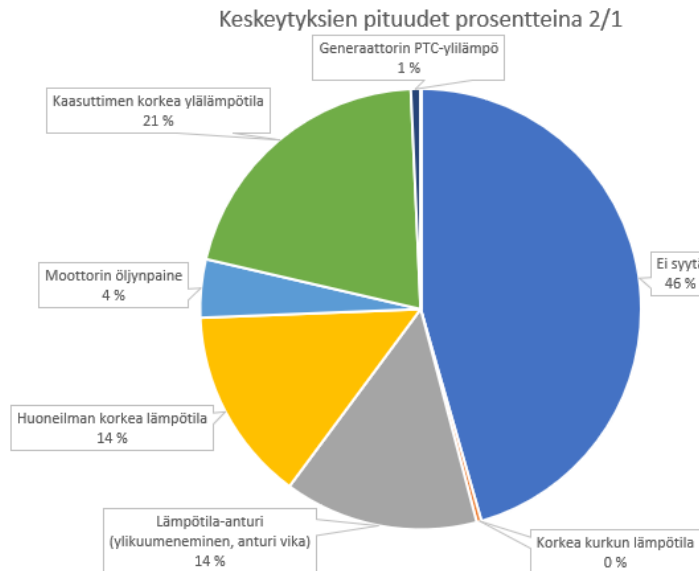
Toisena esitellään kohde, johon on sijoitettu kolme tuotantoyksikköä. Kohteen yksiköt on otettu käyttöön vuosina 2020–2021 ja niillä on saavutettu keskimäärin noin 80 %:n käyttöaste. Datan keruu oli kuitenkin aktivoitu vasta keväällä 2022, joten tulokset eivät anna hyvää kokonaiskuvaa esimerkiksi laitoksen alkuvuosina ilmenneistä keskeytyksistä. Tulokset kuitenkin kertovat vakiintuneen käytön aikana tapahtuneista keskeytyksistä, joissa vakiintuneella käytöllä tarkoitetaan vikatilanteisiin ja huoltotoimenpiteisiin tottumista ja siten lyhyempiä huoltoaikoja.

Kuvan 17 perusteella suurimmalle osalle keskeytyksistä ei ole syytä. Viasta johtuvat keskeytyksien syyt ovat korkea kurkun lämpötila sekä huonelämpötilaan liittyvät ongelmat. Lämpötila-anturista aiheutuva keskeytys johtuu jäähdytyskierron ylikuumentumisesta. Lisäksi moottorin öljynpaine on aiheuttanut noin 20 keskeytyskertaa.



KUVA 17. Keskeytyksien esiintyvyys toisen kohteen ensimmäisessä laitoksessa

Kuvasta 18 havaitaan, että keskeytyksajat johtuvat pääosin prosessin ylikuumenemisesta. Kuten ensimmäisessäkin kohteessa, kaasuttimen korkea ylälämpötila johtuisi prosessin keskeytymisestä. Yleisin keskeytyksen syy, eli korkea kurkun lämpötila, on kokonaiskeskeytysajasta noin 1 %. Kurkun lämpötilaan liittyvät ongelmat automaatio pyrkii korjaamaan itse, ja kaavion perusteella ongelmat ovat korjautuneet nopeasti.



KUVA 18. Keskeytyksien jakauma toisen kohteen ensimmäisessä laitoksessa

Moottoriöljyn paineen aiheuttamat keskeytysajat ovat noin 4 % ja ne voivat johtua huoltotoimenpiteistä ja reagointiajasta. Yleisesti yksikön keskeytyksiin vaikuttavat ylikuumeneminen ja korkeat lämpötilat käyttöympäristössä. Koska kohteen laitoksista ei ole kerätty dataa käyttöönotosta alkaen, oli analyysin kannalta tärkeä varmistaa ajanjakson aikana toteutunut käyttöaste. Muokkaamalla SQL-kyselyä laskettiin yhteen rivit, joiden moottorin tilatieto oli sama, eli 0 tai 1. Taulukossa 3 on kohteen ensimmäisen yksikön tuntimäärät, jossa "engine_run" sarake esittää moottorin tilaa.

TAULUKKO 3. Ensimmäisen yksikön tuntimäärät

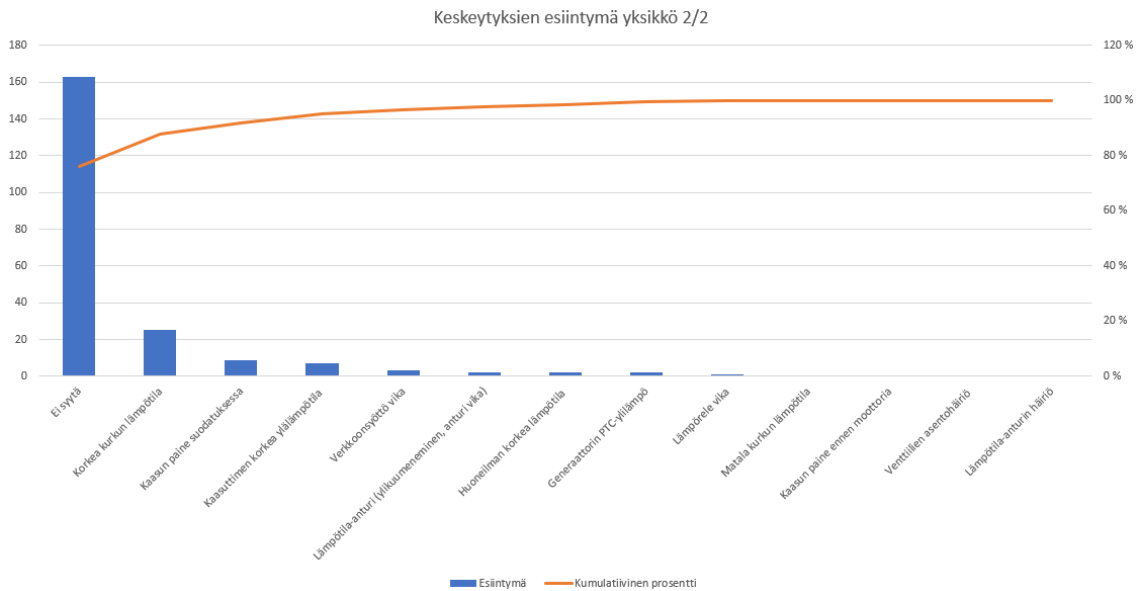
| engine_run_status | unit_status | sample_count | tunnit |
|-------------------|-------------|--------------|--------|
| 1 | 1 | 402 | 4 236 |
| 0 | 1 | 244 | 44 |
| 0 | 2 | 130 | 115 |
| 0 | 0 | 31 | 900 |
| 1 | 0 | 3 | 0 |

Taulukon 3 arvoja käyttämällä saadaan käyttötunneiksi 4236 tuntia. Summaamalla kaikki taulukon tunnit saadaan mittausjakson pituudeksi 5295 tuntia. Kaavaa 1 käyttämällä mittausjakson käyttöasteeksi 80 %.

$$\text{Käyttöaste} = \frac{\text{Käyttötunnit}}{\text{Mittausjakso}} \times 100\%$$

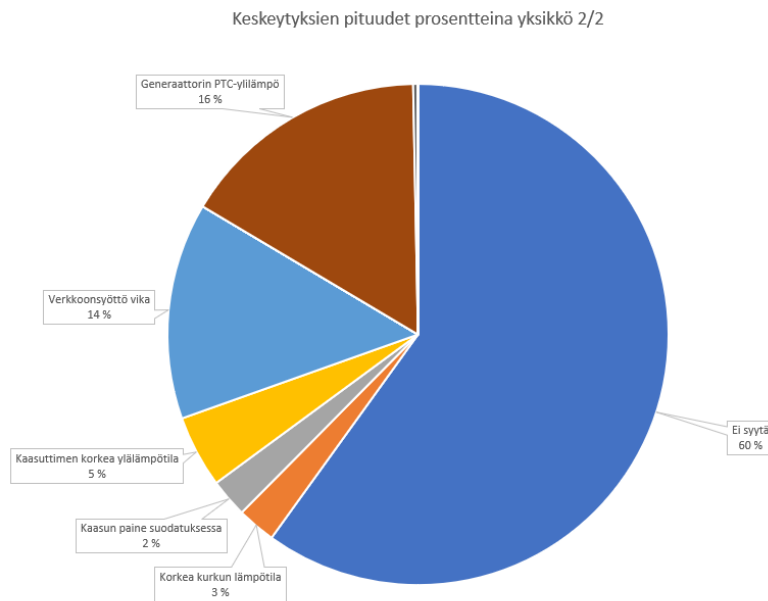
KAAVA 1.

Kohteen parhaimmassa yksikössä kokonaiskäyttöaste on ollut noin 86 %. Kuvasta 19 havaitaan, että laitoksen keskeytyksistä suurimmalle osalle ei ole syytä ja muiden vikojen esiintyvyys on jakautunut tasaisesti. Osa viattomista keskeytyksistä selittyy yleensä huoltokatkosilla sekä ylikuumentumisella.



KUVA 19. Keskeytyksien esiintyvyys toisen kohteen toisessa laitoksessa

Kuvasta 20 havaitaan, että pitkät keskeytykset johtuvat verkkoon syötön ongelmista. Vikojen yhteiskesto oli noin 200 tuntia, joten ei syytä -kategoriaan menevät keskeytykset johtuvat huoltotoimenpiteistä. Yksikön käyttöaste oli kaavan 1 perusteella 94 %, joten käyttöaste on ollut todella korkea tällä mittausjaksolla.



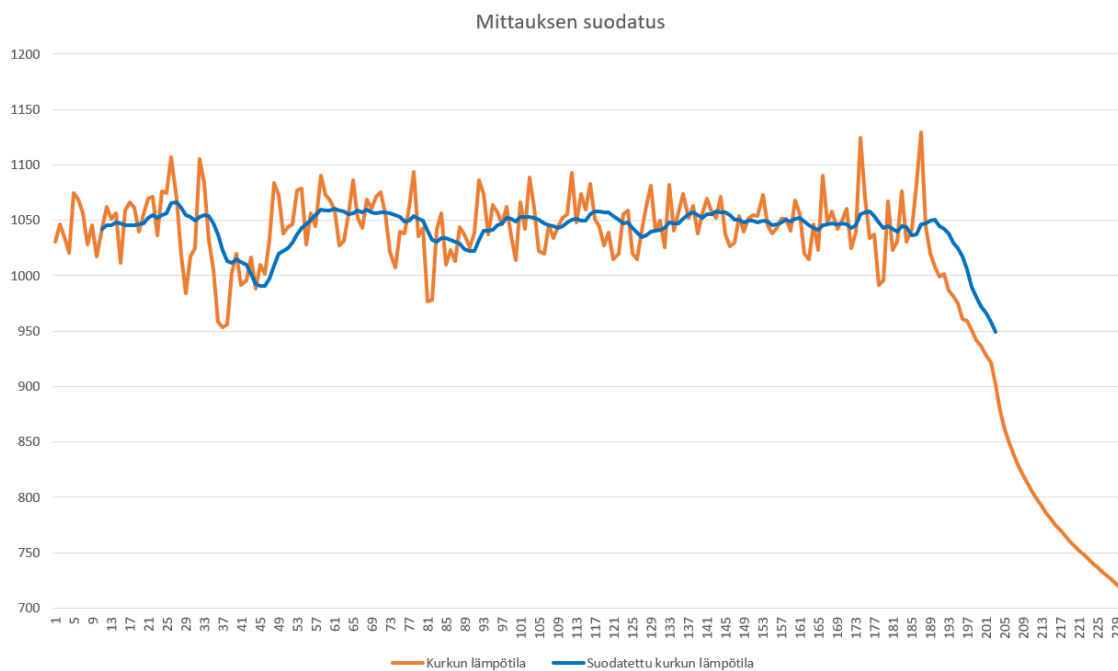
KUVA 20. Kaikkien keskeytyksien jakauma toisen kohteen toisessa laitoksessa

Varsinaiset mekaaniset ja tekniset viat ovat huomattavasti vähäisempiä. Täytyy myös huomioida, että aikajakson ollessa keväästä syksyyn, voivat lämpötilaongelmat johtua kesäkaudesta. Tällöin kuumen veden kysyntä on huomattavasti alhaisempaa verrattuna muihin vuodenaikoihin ja ympäristön lämpötila on korkeampi.

8 KEHITYSEHDOTUKSET

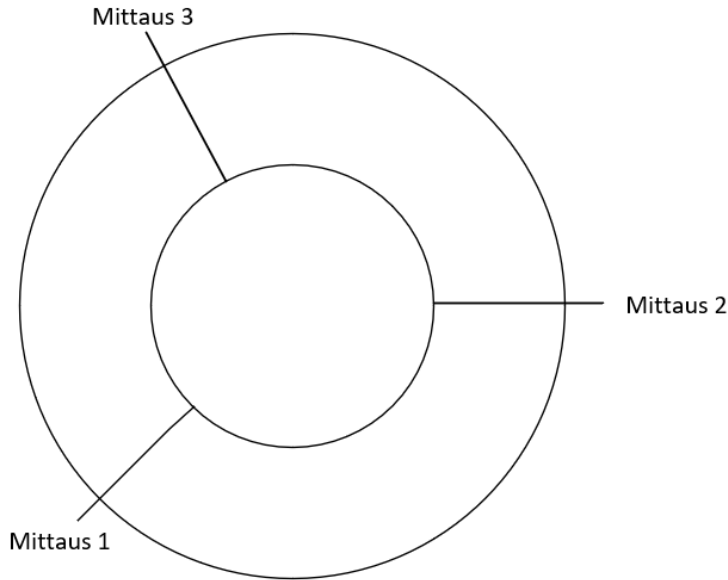
Kuvassa 19 on esimerkkitapaus keskeytyksestä, jossa syynä on ollut kaasuttimen ylälämpötila. Kaavion alkupäässä havaitaan, kuinka kohonnut kaasun ylälämpötila on hieman vaikuttanut muihin lämpötiloihin. Kaavion muissa kohdissa poikkeamat ylälämpötilassa eivät ole vaikuttaneet muihin mittauksiin.

Kuvassa 21 oranssi viiva esittää, kuinka paljon lämpötilamittaukset vaihtelevat kurkun lämpötilan osalta. Syynä todennäköisesti on mittauspisteellä jatkuvasti vaihtuva puuhake, jonka palaminen riippuu hakkeen palakoosta, kosteudesta ja puulajista. Mittaus tapahtuu yhdestä kohtaa kurkun alueella, ja lämpötila voi olla toisella puolella kurkkua korkeampi tai alhaisempi kuin nykyisessä mittauspisteessä.



KUVA 21. Mittauksen suodatus 10 edeltävän mittauksen keskiarvolla

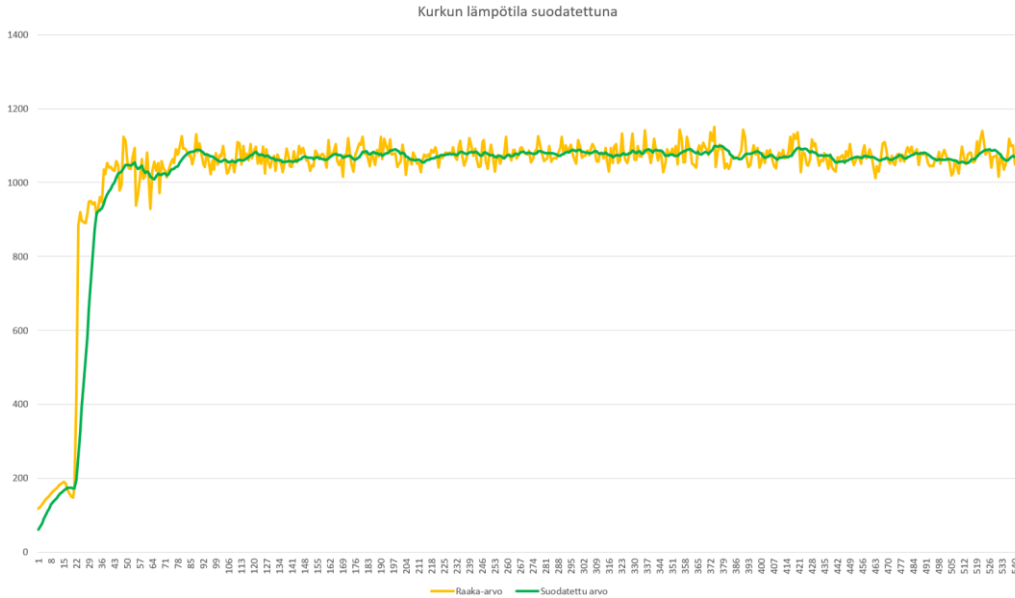
Kuvassa 22 kaasutin on kuvattuna ylhäältä päin. Kuvassa sisempi ympyrä kuvastaa kurkkua ja ulompi kaasuttimen ulkokuorta. Nykyisin mittaus tapahtuu ainoastaan kohdasta mittaus 1 ja näin mittaus on epätarkka. Lisäämällä mittauspisteitä kolmeen, voitaisiin laskea keskilämpötila, jolloin mittauksesta tulisi tarkempi.



KUVA 22. Kurkun lämpötilan mittaus kolmesta eri pisteestä

Ehdotus vaatisi kaasuttimen rakenteen muokkaamista, sillä kaasuttimessa on vain yksi läpivienti kurkun alueelle. Toinen tapa parantaa mittausta olisi nykyisen mittauksen muuttaminen keskiarvo-perusteiseksi suoran anturitiedon sijasta. Tällä logiikalla kurkun lämpötila muodostuu siten, että lasketaan esimerkiksi 10 edellisen suoran mittauksen keskiarvo, joka suodattaa suuremmat poikkeamat. Tämä lisää viivettä hälytysten raja-arvoihin, joilla suojellaan esimerkiksi polttomoottoria tervalta. Jatkossa pitää tutkia, muodostuuko tervaa heti, kun saavutetaan tietty lämpötilaraja, joka voi aiheuttaa keskeytyksen.

Kuvassa 23 on toteutettu mittauksen suodatus laskemalla keskiarvo yhdeltätoista edelliseltä mitausarvosta. Kurkun lämpötila mitataan sekunnin välein, kun taas kuvassa ne ovat minuutin välein. Tämä voi kärjistä mittauksen vaihtelua graafissa.



KUVA 23. Suodatettu mitausarvo kurkun lämpötilalta suuremmassa skaalassa

Samanlaista suodatusta voisi harkita ylälämpötilan suodatukseseen, mikäli kuvan 19 tapaisia keskeytyksiä ilmenee runsaammin. Kuva 19 kuvaa satunnaisesti valittua hetkeä ennen lukituksen aktivoitumista, joten täytyisi tutkia muita samanlaisia keskeytyksiä.

Ympäristön lämpötilasta johtuvat keskeytykset ovat laitoksen osalta ulkoisia tekijöitä, joihin ei voi vaikuttaa. Kesäajan voi kuitenkin käyttää hyödyksi esimerkiksi tekemällä ennakoivaa huoltoa, jotta muina vuodenaikoina laitosta voidaan käyttää ilman yllättäviä huoltokatkoksia. Hitaisiin reagointiaikoihin ei suoraan voida vaikuttaa muuten kuin käyttäjän omalla vasteajan parannuksella.

9 YHTEENVETO JA POHDINTA

Toimeksiantajalla on ollut tiedossa jo pitkään yleisimmät keskeytyksien syyt ja niihin kehitetään ratkaisuja jatkuvasti. Työssä tehtyjen havaintojen perusteella suurin esiintymä keskeytyksissä oli kurkun lämpötilaan liittyvät ongelmat joko ylä- tai alarajalla. Käyttöaste huomioiden oli tärkeämpää löytää keskeytykset, jotka olivat analyysien perusteella pitkäaikaisia. Suurin syy oli kaasuttimen ylälämpötilan lukitus, jonka selityksenä saattaa olla hidas reagointi hälytykseen.

Työ oli opettavainen; sen avulla saatiin selville, kuinka massadataa voidaan hyödyntää keskeytyksien selvittämiseen. Massadataa kuitenkin voidaan käyttää lähes rajattomasti analysointiin esimerkiksi tuotannon huippuarvoihin ja kuukausikohtaisiin arviointeihin.

Työn tuloksena saatiin analyysit muutamista kohteista ja skripti, jota jatkojalostamalla massadataa voitaisiin kerätä jatkuvasti paikalliselle palvelimelle. Työssä käytettyjä analyysitapoja voidaan käyttää tulevaisuudessa yksittäisissä pienvoimaloissa.

Voi olettaa, että kohteissa tiedostetaan yleisimmät syyt sekä niihin pyritään itse paikallisesti puuttamaan. Analyysi voi auttaa eri toimijoita ymmärtämään syitä alhaisille käyttöasteille. Lisäksi toimeksiantajalla on valmius hyödyntää massadataa ja analytiikkaa kehitystyössä.

Selviä ratkaisuja ei löytynyt, mutta analyysejä tehdessä tuli kuitenkin hieman yleiskuvaa siitä, mitä keskeytyksien syitä on ja miten kohteet eroavat toisistaan. Analyysien perusteella pystyttiin tekemään muutamia mahdollisia parannusehdotuksia, jotka saattavat lieventää yleisimmin esiintyviä keskeytyksiä. Dataa kuitenkin kerääntyy jatkuvasti yhä useammasta laitoksesta, joten datan tutkiminen ja vertailu eri käyttökohteiden välillä voi auttaa kehitystyössä.

LÄHTEET

1. Volter Oy. Volter.fi: Etusivu. Hakupäivä 12.9.2022. <https://volter.fi/suomi/>
2. Korva, Iikka 2012. Mikro-CHP-voimalaitoksen käytön taloudellinen optimointi. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 22.09.2022. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48618/Opinnayte_korva.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Pietikäinen, Niko 2019. CHP-reaktorin käyttöönotto ja kehitystyö. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 30.11.2022 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/143126/Pietikainen_Niko.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Lassi, Ulla 2011. Biomassan kaasutus sähköksi, lämmöksi ja biopolttoaineiksi. Projektijulkaisu. Jyväskylän yliopisto. Hakupäivä 24.10.2022. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/27058/1/978-951-39-4313-4.pdf>
5. Korhonen, Matti 2020. trafiikki.fi: Puukaasusta liikevoimaa. Hakupäivä 24.10.2022 <https://trafiikki.fi/puukaasusta-liikevoimaa/>
6. Basu, Prabir 2014. Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory. Second edition. San Diego: Elsevier Science & Technology.
7. Koskela, Tomi 2022. Jälkimarkkinointi-insinööri. Volter Oy. Haastattelu 14.10.2022.
8. Heinonkoski, Risto 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.
9. LimbleCMMS 2018. Limblecmms.com: MTTR vs MTBF vs MTTF: A Simple Guide To Failure Metrics. Hakupäivä: 5.10.2022. <https://limblecmms.com/blog/mttr-mtbf-mttf-guide-to-failure-metrics/>
10. Asp, Risto, Tuominen, Timo & Hyppönen, Heikki. Kunnossapito. Oppimateriaali. Hakupäivä 6.10.2022. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_7-1_laitosuunnittelun_vaikutukset.html
11. Euroopan parlamentti. Massadata: määritelmä, hyödyt, haasteet (infografiikka). Hakupäivä 22.09.2022 <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/priorities/digitalisatio/20210211STO97614/massadata-maaritelma-hyodyt-haasteet-infografiikka>
12. Simmons, Liz 2022. computerscience.org: Front-End vs. Back-End: What's the Difference? Hakupäivä 21.10.2022 <https://www.computerscience.org/bootcamps/resources/frontend-vs-backend/>

13. Nolle, Tom. Techtarger.com: application program interface (API). Hakupäivä 22.09.2022.
<https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/application-program-interface-API>
14. Amazon.com: What Is SQL? Hakupäivä 23.10.2022. <https://aws.amazon.com/what-is/sql/>
15. Ylikoski, Iikka 2022. Mekaniikkasuunnittelija. Volter Oy. Haastattelu 22.11.2022.