

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2024

Sissi Laine

Kaukolämpölaitoksen ennakkohuoltojen käyntiaikaperusteinen mittaaminen

– Komponenttien ennakkohuoltojen jaksottamisen
kehittäminen

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2024 | 41 sivua

Sissi Laine

Kaukolämpölaitoksen ennakkohuoltojen käyntiaikaperusteinen mittaaminen

- Komponenttien ennakkohuoltojen jaksottamisen kehittäminen

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisia vaihtoehtoja kaukolämpölaitoksen komponenttien käyttötuntien mittaamiseen on olemassa, jotta niille määritellyt ennakkohuollot saataisiin toteutettua oikeanaikaisesti. Esimerkkinä työssä käytettiin Turku Energian Luolavuoren pellettilaitosta, mutta saatuja tuloksia verrattiin myös muiden varavoimalaitosten ennakkohuoltojen jaksotukseen. Työssä toimeksiantajana oli Turku Energia Oy.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään Turku Energian varavoimalaitoksia, niiden käyntiaikoja, komponentteja, sekä ennakkohuoltoja. Tutkimusosuudessa työn ratkaisuna esitetään kaksi eri vaihtoehtoa, sekä niille kaksi eri sovellusta pohjautuen eri tavoitteisiin. Opinnäytetyön lopussa analysoidaan työn tuloksia, sekä suositellaan sopivan ratkaisun käyttöönottoa.

Käyntiaikaperusteinen ennakkohuoltojen jaksottaminen onnistuisi parhaiten integroimalla Turku Energian automaatiojärjestelmä kunnossapitojärjestelmä ANEO Zero:on. Ratkaisu vastaa toimeksiantajan tarpeisiin, ja se vahvistaisi laitosten toimintavarmuutta. Työn tulosten pohjalta ratkaisun käyttöönottamisen suunnittelua ja neuvotteluja jatketaan edelleen.

Asiasanat:

kaukolämpö, kunnossapito, käyttötuntien mittaaminen

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy- and environmental engineering

2024 | 41 pages

Sissi Laine

Measuring the operating hours for scheduled maintenance of a district heating plant

- Developing the scheduling of component maintenance

The aim of the thesis was to investigate the alternatives available for measuring the operating hours of components in a district heating plant, in order to carry out scheduled maintenance in a timely manner. Turku Energy's Luolavuori pellet plant was examined as a case study, but the results were also compared to the scheduling of scheduled maintenance at other emergency power plants. The thesis was commissioned by Turku Energy Ltd.

The theoretical part of the thesis deals with Turku Energy's emergency power plants, their operating times, components, and scheduled maintenance. In the research section, two different alternatives are proposed, along with two different applications based on different objectives. At the end of the thesis, the results of the work are analyzed, and the adoption of a suitable solution is recommended.

Scheduling maintenance based on operating hours would be best achieved by integrating Turku Energy's automation system with the maintenance system ANEO Zero. The solution meets the needs of the commissioning party and would enhance the reliability of the plants. Based on the results of the work, planning for the implementation of the solution and negotiations will continue.

Keywords:

district heating, maintenance, measurement of operating hours

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Lähtötiedot	9
2.1 Luolavuoren pellettilaitos	9
2.2 Öljylämpökeskukset	10
2.3 Varavoimalaitosten käyntiajat	11
3 Ennakkohuoltojen merkitys laitoksen käyttövarmuuteen	15
3.1 Polttimet	16
3.2 Pumput	17
3.3 Puhaltimet	18
3.4 Pellettimyllyt	20
3.5 Kattila	22
4 Nykyinen ennakkohuoltojärjestelmä	24
4.1 Kalenteriohjatut ennakkohuollot	24
4.2 Revisio	25
4.3 Nykyisen järjestelmän ongelmat	26
5 Käyttötuntiperusteinen mittarointi	27
5.1 Vaihtoehto 1.	27
5.1.1 Manuaalinen	27
5.1.2 Automatisoitu	29
5.2 Vaihtoehto 2.	29
5.2.1 Manuaalinen	29
5.2.2 Automatisoitu	30
6 Tulokset	33
6.1 Merkitys eri huoltotoimenpiteille	33
6.2 Vaihtoehtojen vertailu	34
6.3 Soveltuvuus muihin varavoimalaitoksiin	36

7 Yhteenveto	38
---------------------	-----------

Lähteet	40
----------------	-----------

Kuvat

Kuva 1. LLV6 Käyntiajat vuosina 2017-2023 (TAP).	12
--	----

Kuva 2. Varavoimalaitosten käyntiajat vuosina 2017 ja 2023 (TAP).	14
---	----

Kuva 3. Automaatiojärjestelmän hierarkia (T. Laakso, 22.1.2024).	31
--	----

Taulukot

Taulukko 1. Varavoimalaitosten käyntitunnit 2017-2023 (TAP).	13
--	----

Taulukko 2. Luolavuoren pellettilaitoksen yleiset ennakkohuollot (ANE0 Zero).	15
---	----

Taulukko 3. Pumppujen ennakkohuollot ja toistuvuus (ANE0 Zero).	18
---	----

Taulukko 4. Puhaltimien ennakkohuollot ja toistuvuus (ANE0 Zero).	19
---	----

Taulukko 5. Pellettimyllyjen ennakkohuollot ja toistuvuus (ANE0 Zero).	21
--	----

Taulukko 6. Kattilan ennakkohuollot ja toistuvuus (ANE0 Zero).	22
--	----

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

ANEO Zero	Turku Energian kunnossapitojärjestelmä
Revisio	Vuosihuolto ajanjakso, jolloin laitos on epäkäytettävyytilassa
TAP	Tuntimittaustiedon Avoin Palvelualusta. Turku Energian käyttämä excel – palvelualusta, josta on luettavissa eri laitosten käyntiaikahistoriaa.

1 Johdanto

Turku Energian kaukolämpö tuotetaan pääasiassa Naantalin voimalaitoksessa, Orikedon biolämpökeskuksessa, sekä Kakolan lämpöpumppulaitoksessa. Aina näiden laitosten tuottama kaukolämpöteho ei kuitenkaan riitä vastaamaan tuotannon tarvetta, esimerkiksi kovilla talvipakkasilla tai laitosten häiriö- ja vikatilanteissa. Silloin lämmön tuotannossa turvaudutaan varavoimaa tuottaviin pelletti- sekä öljylämpökeskuksiin. (Turku Energia 2023a.)

Varavoimalaitosten epäsäännölliset käyntiajat aiheuttavat kuitenkin haasteita laitosten kunnossapidon näkökulmasta. Toimivalla kunnossapidolla puolestaan on merkittävä rooli laitosten tuotannon käyttövarmuuden takaamiseksi (Koskelainen ym. 2006, 347). Oikeaan aikaan toteutetut huollot ja toimet estävät laitteiden vikaantumista ja hajoamista, sekä määräaikailla tarkastuksilla voidaan välttyä alkavien vikojen kasvamiselta, ennen kuin ne aiheuttavat suurta vahinkoa tai mahdollisesti jopa estävät tuotannon (Koskelainen ym. 2006, 347).

Nykyinen Turku Energian kunnossapidon ennakkohuoltojärjestelmä toimii kalenteriohjatusti, mikä tarkoittaa, että komponenttien huoltoja toteutetaan tiettyjen ennalta määriteltujen ajanjaksojen välein. Ongelma nykyisen järjestelmän toiminnassa on kuitenkin sen epätarkkuus. Jos huoltovälit ajoitetaan ennakoidusti perustuen arvioon laitoksen tai sen komponenttien käyntiajoista, ne saatetaan toteuttaa todelliseen tarpeeseen verrattaen hyvinkin poikkeavasti. Kalenteriohjattu järjestelmä voi toimia laitoksissa, jotka käyvät jatkuvasti, mutta ei laitoksissa, joiden käyttö on satunnaista. Miten epäsäännöllisesti käyvien laitosten ja niiden komponenttien käyttötunteja sitten tulisi seurata, jotta tiedetään koska laitteille määritellyt huollot tulisi toteuttaa?

Opinnäytetyön tutkimuksen kohteena ovat Turku Energian epäsäännöllisesti käyvät 40 megawatin varavoimalaitokset. Työn tarkoituksena on etsiä toimiva ratkaisu, jonka avulla näiden laitosten ennakkohuoltoja voitaisiin jaksottaa komponenttien käyttötunteihin perustuen kalenteriohjatun järjestelmän sijaan. Tämän seurauksena ennakkohuollot saataisiin toteutettua huoltojen todellisen

tarpeen aikaan. Lisäksi tavoitteena on arvioida, kuinka paljon työtä muutoksen tekeminen vaatisi ja millaisia taloudellisia kustannuksia eri vaihtoehdoilla voisi olla. Mikäli opinnäytetyössä onnistutaan löytämään taloudellisesti kannattava ratkaisu ongelmaan, lopputulos tulisi tehostamaan laitosten kunnossapitoa, sekä parantamaan kunnossapitojärjestelmän toimivuutta.

2 Lähtötiedot

Työssä tutkinnan alla ovat Turun alueen epäsäännöllisesti käyvät suuremmat varatehoa tuottavat pelletti- sekä öljylämpökeskukset, joita on yhteensä kaksitoista kappaletta. Laitokset käyvät satunnaisesti silloin, kun perustuotantolaitosten tuottama teho ei riitä vastaamaan kaukolämmön tarvetta esimerkiksi huippukuorman aikaan kovalla pakkasella tai häiriötilanteissa (Turku Energia 2023a). Lämpökeskuksella tarkoitetaan lämpöä tuottavaa laitosta, jossa ei ole sähköntuotantoa (Koskelainen ym. 2006, 47, 282). Tässä tapauksessa lämpö siirretään veteen, jolla luodaan kaukolämpöä.

Varateholla on merkittävä rooli lämmön tuotannossa, koska sillä turvataan tuotannon jatkuvuus. Varateholle tärkeä ominaisuus on nopea käynnistettävyyys, mistä johtuen laitosten tulee olla käyntivalmiina lähes tulkoon koska tahansa. (Koskelainen ym. 2006, 259.)

Työssä tutustutaan esimerkin omaisesti tarkemmin Luolavuoren pellettilaitoksen käynnin seurantaan sekä sen komponentteihin. Sen ohella tutkimuksesta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää myös muiden Turku Energian 40 megawatin öljykäyttöisten lämpökeskusten ennakkohuoltojen mittaamisessa. Kaikkien työssä esiteltujen laitosten käyttöä operoidaan keskitetysti Turku Energian lämpövalvomosta. Sekä pellettilaitos, että öljylämpökeskukset ovat kaikki Turku Energian omistamia. (Turku Energia 2023a.)

2.1 Luolavuoren pellettilaitos

Vuoden 2015 alussa käynnistettiin hanke rakentaa Turkuun Suomen suurin pelletin pölypolttoa hyödyntävä lämpökeskus. Pellettilaitoshanke oli osa Turku Energian strategiaa vähentää hiilidioksidipäästöjä sekä öljyn käyttöä lämmön tuotannossa. Strategia perustuu osaltaan Turku Energian osallistumiseen Turun kaupungin hankkeeseen olla hiilineutraali vuoteen 2029 mennessä. Vuoden

vaihteessa 2016 laitos aloitti toimintansa, ja se alkoi tuottaa lämpöä kaupalliseen käyttöön. (Turku Energia 2023b.)

Luolavuoren pellettilaitoksen kattilan teho on 40 megawattia. Pellettipölykattilan polttoaine poltetaan pölypolttotekniikalla hyödyntäen leijukerros polttoa. Pääpolttoaineena kattilassa käytetään kotimaista puupellettiä ja varapolttoaineena kevyttä polttoöljyä (Renewa 2015). Ennen tulipesään syöttöä pelletti esikäsitellään, eli se jauhetaan hienojakoiseksi pölyksi, joka mahdollistaa polttoaineen nopean ja täydellisen palamisen (Huhtinen ym. 2013, 93). Jauhaminen puupuruksi tapahtuu pellettimyllyissä, josta se jatkaa matkaansa polttimille ja tulipesään.

2.2 Öljylämpökeskukset

40 megawatin öljylämpökeskukset sijaitsevat eri puolilla Turku, ja niitä käytetään ainoastaan huippu- ja varalämmön tuottamiseen. Polttoaineena kaikissa näissä lämpökeskuksissa käytetään kevyttä polttoöljyä. (Turku Energia 2023a.) Kattiloita on Luolavuoren pellettilaitoksen lisäksi viidessä eri kohteessa, joista osassa kattiloita on useampi yhden laitoksen sisällä. Nämä laitokset ovat:

- Koroinen 2 x 40 MW (KRN)
- TYKS 2 X 40 MW (VLK)
- Luolavuori 2 x 40 MW (LLV)
- Härkämäki 1 x 40 MW (HRK)
- Linnankatu 4 x 40 MW (KKL)

Öljykäyttöiset lämpökeskukset toimivat peruseriaatteiltaan samankaltaisesti kuin Luolavuoren pellettilaitoskin, jossa öljykäyttö on myös mahdollista. Vain öljykäyttöisten laitosten prosessi on kuitenkin hieman yksinkertaisempi, sillä niissä pelletin käsittelyyn tarvittavia prosessivaiheita ei ole.

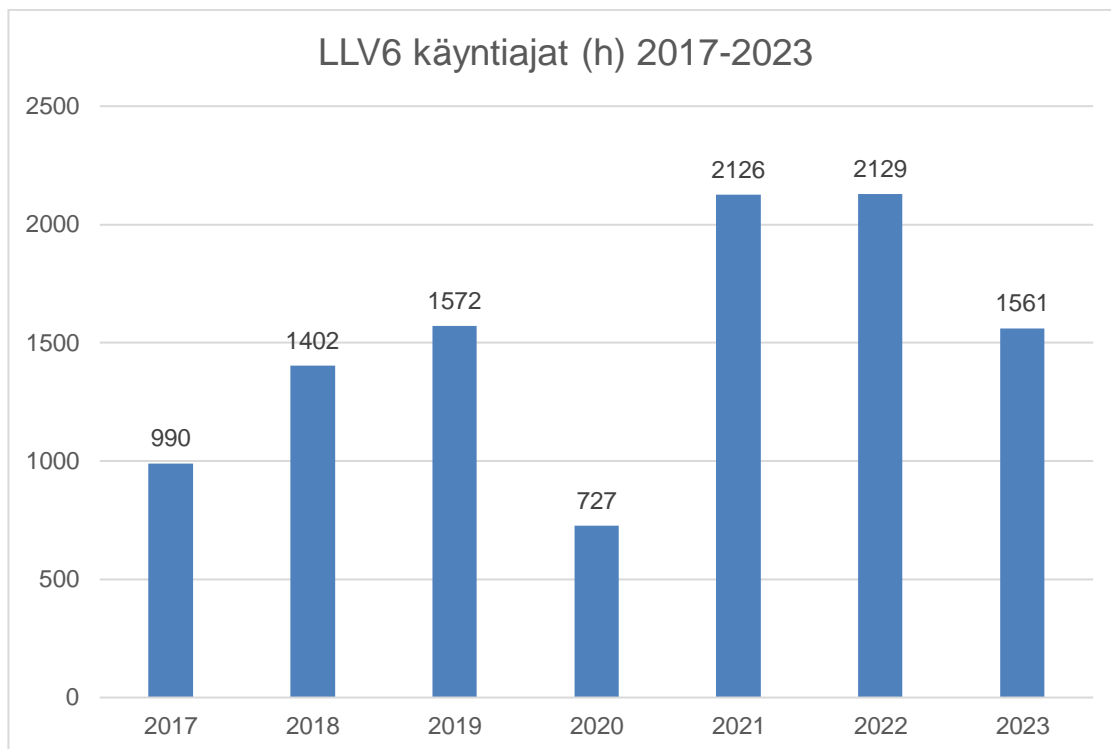
Koska laitosten toimintaperiaatteet ovat pääosin samat, voidaan työssä vertailla niiden toimintaa ja komponentteja esimerkin omaisesti yhden laitoksen kautta. Työssä esille nostetut komponentit, myllyjä lukuunottamatta, löytyvät kaikista laitoksista. Ainoat eroavaisuudet saattavat esiintyä komponenttien valmistajissa. Kuitenkin eri valmistajienkin välillä samaan tarkoitukseen olevat laitteet vaativat pääpiirteittäin myös samankaltaisia huoltoja.

2.3 Varavoimalaitosten käyntiajat

Tilastoidut käyntiajat on saatu Turku Energian käyttämästä TAP – ohjelmistosta. Dataan tulee suhtautua kriittisesti, sillä käyttötunneiksi järjestelmä on kirjannut ainoastaan tunnit, joiden aikana laitos on tuottanut yli minimitehonsa lämpöenergiaa. 40 megawatin laitoksilla tämä tarkoittaa tarkoittaa, että laitoksen tunnin tuotannon tulee ylittää yli 5 MWh. (A. Rantasalo, henkilökohtainen tiedonanto 27.2.2024.)

Luolavuoren pellettilaitokselle käyntiaikadataa on tilastoituna sen käynnistymisestä, eli vuodesta 2016 lähtien. Kokonaisia käyntivuosia laitokselle on kertynyt vuodesta 2017 vuoteen 2023. Tähän perustuen, työssä on tarkasteltu käyntiaikadataa muidenkin laitosten osalta vain tältä ajanjaksolta.

Edeltävien seitsemän vuoden aikana Luolavuoren pellettilaitoksen keskimääräinen käyntiaika vuodessa on ollut noin 1500 tuntia. Käyntiaika on ollut kasvussa laitoksen käynnistyttyä 2016 ja laitoksen merkittävyys varalämmön tuotannossa suurenee kokoajan (Kuva 1). Vuoden 2023 käyntiajan lasku edellisvuosiin verrattuna on selitettävissä sillä, että kyseisenä vuonna varavoimaa on kokonaisuudessaankin tarvittu edellisvuosia vähemmän (Taulukko 1).



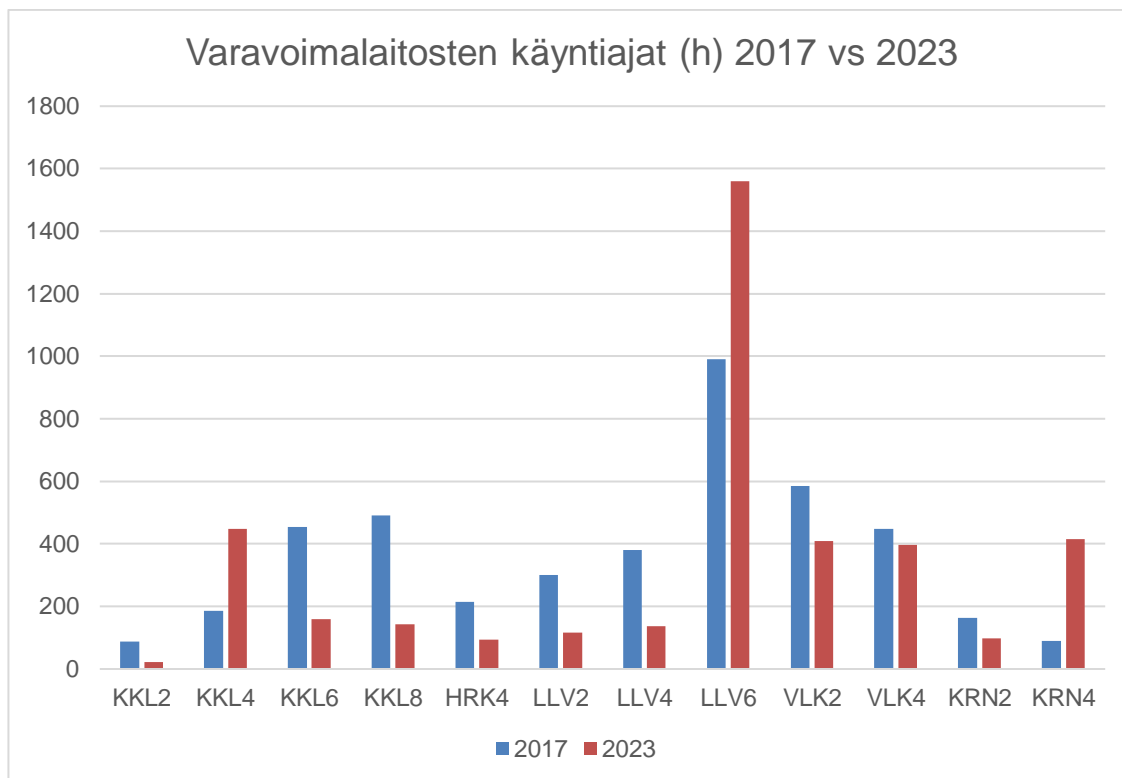
Kuva 1. LLV6 Käyntiajat vuosina 2017-2023 (TAP).

Vuosien 2017-2023 aikana varavoimalaitosten yhteenlaskettu käyttötuntimäärä on ollut keskimäärin noin 4200 tuntia vuodessa. Kokonaistuotannon vaihtelut ovat perusteltavissa esimerkiksi kyseisen vuoden lämmityksen tarpeella. Tarkasteltavalla aikavälillä suhteet käyntiajoissa pellettilaitoksen ja öljykeskusten välillä ovat kuitenkin selkeästi muuttuneet (Taulukko 1).

Taulukko 1. Varavoimalaitosten käyntitunnit 2017-2023 (TAP).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
KKL2	87	66	17	7	6	11	22
KKL4	186	42	212	36	142	42	448
KKL6	455	402	180	38	275	204	160
KKL8	492	632	160	48	417	319	142
HRK4	215	35	215	29	159	95	93
LLV2	300	247	126	11	201	126	116
LLV4	381	505	148	35	112	56	137
LLV6	990	1402	1572	727	2126	2129	1561
VLK2	586	740	103	93	714	699	409
VLK4	448	478	577	199	567	301	397
KRN2	163	517	336	240	748	237	97
yhteensä	4392	5315	3834	1559	5901	4570	3998

Käyntiajat öljykäyttöisille lämpökeskuksille ovat huomattavasti pienempiä verrattuna Luolavuoren pellettilaitokseen. Tämä johtuu siitä, että ensisijaisesti halutaan hyödyntää biopolttoaineella tuotettua kaukolämpöä öljyllä tuotetun sijasta. Vuosien 2017-2023 aikana trendi on ollut selkeä: pellettilaitoksella tuotetun lämmön määrä on nousussa ja öljykäyttöisillä lämpökeskuksilla tuotetun lämmön määrä on laskussa (Kuva 2).



Kuva 2. Varavoimlaitosten käyntiajat vuosina 2017 ja 2023 (TAP).

Varavoimlaitosten käytölle on olemassa ajojärjestys, jota noudatetaan verkon ollessa normaalitilassa. Se selittää vaihtelut käyntiajoissa varavoimlaitosten välillä. Ajojärjestys perustuu kattiloiden käynnistettävyyteen (A. Manninen, henkilökohtainen tiedonanto 27.2.2024). Ajojärjestys menee näin: 1. LLV6, 2. Luolavuoren öljykattilat (LLV2, LLV4), 3. TYKS (VLK), 4. Linnankatu (KKL), 5. Koroinen (KRN), 6. Härkämäki (HRK). Vaihteluita järjestykseenkin kuitenkin on riippuen esimerkiksi siitä, mihin varavoimaa tarvitaan.

3 Ennakkohuoltojen merkitys laitoksen käyttövarmuuteen

Kunnossapidon ensisijainen tehtävä on mahdollistaa toimiva ja optimaalinen tuotannon jatkuvuus. Kunnossapito voidaan karkeasti jakaa huoltotoimintaan, kunnonvalvontaan sekä korjaustoimenpiteisiin. Tällaisesta jaottelusta ennakkohuollot sijoittuvat huoltotoiminnan alle. Toimien avulla pyritään estämään eri laitteiden vikaantumista ja huononemista, ja siksi ennakkohuolloilla onkin merkittävä rooli laitoksien käyttövarmuuden kannalta. (Koskelainen ym. 2006, 347.)

Käytössä olevaan kunnossapitojärjestelmään on kirjattuna yksittäisille komponenteille eriteltyjä huoltoja sekä yleisiä ennakkohuoltotoimenpiteitä, jotka sisältävät useita eri tarkastuskohteita. Karkeasti työssä tutkinnan alla olevien komponenttien ennakkohuolloista voidaan erottaa kaksi erilaista kokonaisuutta, jotka toistuvat useimpien komponenttien huoltotoimenpiteissä. Näitä ovat vuosi- ja puolivuotishuollot sekä voiteluhuolto ja rasvanvaihdot. Vuosihuollot sisältävät useita komponenteille määräajoin toteutettavia toimenpiteitä. Niiden toistuvuus on vähintään kerran vuodessa, eivätkä ne yleensä perustu komponenttien käyntiaikoihin. Luolavuoressa ne suoritetaan kerran vuodessa pidettävän revision aikaan. Yleiset ennakkohuollot, jotka sisältävät alityönä useamman eri tarkastuskohteen ovat listattuna taulukossa 2.

Taulukko 2. Luolavuoren pellettilaitoksen yleiset ennakkohuollot (ANEO Zero).

Ennakkohuolto	Toistuvuus
Voiteluhuollot	1000 h
Värinämittaukset	13 vko
Käyntikauden rasvauskierros	2 vko
Käyntikauden kuukausitarkastus	4 vko
Viikottainen tarkastuskierros	1 vko

Tässä työssä keskitytään prosessin kannalta kriittisiin sekä olennaisimpiin komponentteihin. Työhön valikoituja komponentteja ovat polttimet, pumput, puhaltimet sekä pellettimyllyt. Työssä tarkastelun alaisena on myös laitosten kattiloiden ennakkohuoltojaksotus, vaikka se hieman eroaakin edellisistä komponenteista.

3.1 Polttimet

Polttimien toimivuudella on tärkeä merkitys koko laitoksen toiminnan kannalta, sillä niiden avulla lämmitetään kattilan tulipesä sekä säädellään sen lämpötilaa. Luolavuoren polttimet ovat identtisiä, joten myös niiden huolto-ohjeet ovat samat. Kyseessä on PETRO BIO AB:n valmistama PETRO – puupölypoltin. Pääpolttoaineena ne hyödyntävät puupölyä, mutta niiden sytyttäminen tapahtuu nestekaasulla (Renewa 2016). Polttimille on määritelty Turku Energian kunnossapitojärjestelmään vain kerran vuodessa toteutettava vuosihuolto.

Laitetoimittajan huolto-ohjeisiin ei ole erikseen kirjattuna käyntiaikoja, joiden täytyessä polttimien huoltoja tulisi suorittaa. Sen sijaan ohjeiden mukaan järjestelmäosat tulisi puhdistaa kerrostumista sekä tarkastaa ja huoltaa vähintään kerran vuodessa. Osalle toimenpiteistä on kuitenkin ohjeistuksissa suositeltu myös tiheämpiä tarkasteluvälejä, etenkin jos poltin on paljossa käytössä. Esimerkiksi päivittäin suoritettavaksi suositeltuja toimenpiteitä ovat pölyvuotojen puhdistaminen sekä tarkastaminen, liekin tarkastus ja öljylanssin putken puhdistus (PETRO BIO 2015). Osien tarkastusta ja puhdistamista suositellaan suoritettavaksi useammin siksi, että vuotava pöly voi aiheuttaa tulipalon tai pölyräjähdysten (PETRO BIO 2015).

Vaikka polttimille ei ole Turku Energian kunnossapitojärjestelmään vuosihuollon lisäksi määriteltynä muita huoltoja, myös sen toimintaa tarkastellaan esimerkiksi näkyvien pölyvuotojen varalta silloin, kun laitokselle suoritetaan viikoittainen tarkastelukierros.

3.2 Pumput

Myös pumpuilla on merkittävä rooli kaukolämmön tuotantoprosessissa. Laitetoimittajien suositus onkin, että pumppujen ennakkohuoltoon kuuluisi pumppujen kunnan sekä toiminnan kirjallinen seuranta tietyin määraajoin (SULZER 2015). Pumpun hajoamisesta aiheutuva tuotannon pysähtyminen kustantaa helposti huomattavasti enemmän, kuin pumppu itsessään (SULZER 2015). Tästä syystä laitoksen toiminnan kannalta kriittisimpiä pumppuja onkin kahdennettu. Laitteiden kahdentaminen tarkoittaa, että niitä on kytketty rinnan useampi, jotta toisen vikaantuessa, toinen käynnistyy, eikä tällä tavoin tuotanto pääse lakkaamaan edes vikatilanteissa. Laitteiden kahdentamista kutsutaan myös redundanttiseksi järjestelmäksi. Kahdennettuja pumppuja Luolavuoren pellettilaitoksessa ovat kaukolämpöpumput, sekä öljypumput.

Suurin osa laitoksen prosessipumpuista on Sultzerin valmistamia, mikä tarkoittaa, että laitoksen pumpuille pätevät myös pääpiirteittäin samat huolto-ohjeet. Turku Energian kunnossapitojärjestelmään pumpuille kirjattuja ennakkohuoltoja ovat vuosihuollot, värinämittaukset sekä laakerien voiteilut (Taulukko 2). Näistä huolloista käyntiaikaperusteisiksi voitaisiin määritellä ainakin värinämittaukset, sekä voitelut.

Laitetoimittajan huolto-ohjeissa pumppujen huoltoja suositellaan tehtäväksi säännöllisesti, mutta kaikille toimenpiteille ei kuitenkaan määritellä tarkkoja aikavälejä. Osa toimenpiteistä kuitenkin vaatii esimerkiksi pumpun tyhjennystä, ja moottorin pysäyttämistä, joten ne tulee suorittaa niin, etteivät pumput pääse käynnistymään kesken huollon (SULZER 2015). Redundanttisessa järjestelmässä näiden huoltojen toteuttaminen on kuitenkin mahdollista myös laitoksen käynnin aikana, joten tuotantoa ei välttämättä tarvitse keskeyttää sen vuoksi.

Taulukko 3. Pumppujen ennakkohuollot ja toistuvuus (ANEO Zero).

Laite	Ennakkohuolto	Toistuvuus
Kaukolämpöpumppu 1	Vuosihuolto	52 vko
	Voitelu	52 vko
	Värinämittaus	13 vko
Kaukolämpöpumppu	Vuosihuolto	52 vko
	Voitelu	52 vko
	Värinämittaus	13 vko
Öljypumppu 1	Vuosihuolto	52 vko
Öljypumppu 2	Vuosihuolto	52 vko
Kattilapiirin sekoituspumppu	Vuosihuolto	52 vko
	Voitelu	52 vko
	Värinämittaus	13 vko
KL-ekonomaiserin kiertopumppu	Vuosihuolto	52 vko
	Värinämittaus	13 vko
Omakäyttöpiirin kiertopumppu	Vuosihuolto	52 vko

3.3 Puhaltimet

Laitosten puhaltimista olennaisimpia lämmön tuotannon kannalta ovat palamisilmapuhaltimet 1 ja 2, savukaasupuhallin sekä pölysuodattimen kuljetusilmapuhaltimet 1 ja 2. Muita laitoksen puhaltimia ovat huoneilmaa puhdistavat tuloilmakoneet sekä kiertoilmakojeet.

Taulukko 4. Puhaltimien ennakkohuollot ja toistuvuus (ANEO Zero).

Laite	Ennakkohuolto	Toistuvuus
Savukaasupuhallin	Vuosihuolto	52 vko
	Voiteluhuolto	1000 h
	Väriämittaukset	13 vko
Palamisilmapuhallin 1	Vuosihuolto	52 vko
	Väriämittaukset	13 vko
Palamisilmapuhallin 2	Vuosihuolto	52 vko
	Väriämittaukset	13 vko
Pölysuodatin 1 kuljetusilmapuhallin	Vuosihuolto	52 vko
	Väriämittaukset	13 vko
Pölysuodatin 2 kuljetusilmapuhallin	Vuosihuolto	52 vko
	Väriämittaukset	13 vko
Kattilahuoneen kiertoilmapuhallin	Vuosihuolto	52 vko
	Puolivuotishuolto	26 vko
Kattilahuoneen tuloilmakone	Puolivuotishuolto	26 vko
Myllyhuoneen tuloilmakone	Puolivuotishuolto	26 vko
Kiertoilmakojeet (tuhkahuone, kattilahuone 1, 2, pellettilaitos 1, 2)	Puolivuotishuolto	26 vko

Eniten ennakkohuoltoja puhaltimista on määritelty savukaasupuhaltimelle, joka vaatii vuosihuollon lisäksi myös laakerien voitelua 1000 käyntitunnin välein. Savukaasupuhaltimen muiden huoltojen toistuvuus riippuu muun muassa

kohteen savukaasun puhtausasteesta, ja siksi niille ei huolto-ohjeissa ole määriteltyinä tarkkoja aikavälejä. Useat huollot vaativat kuitenkin, että ne suoritetaan vähintään kerran vuodessa (KOJA 2012).

Väriämittauksia suoritetaan myös prosessipuhaltimille kolmen kuukauden välein. Kuitenkin esimerkiksi savukaasupuhaltimen käyttö-ohjeissa määritellään, että sen laakerien värinäarvoja ja lämpötilaa tulisi tarkkailla ja mitata vähintään viikoittain (KOJA 2012).

Huoneilmapuhaltimille on laitoksen ennakkohuolloissa määriteltynä ainoastaan puolivuotishuoltoja. Näiden ennakkohuoltojen toteuttaminen ei ole merkittävässä roolissa laitoksen käyttövarmuuden kannalta, joten niiden mittaamisessa voitaisiin hyödyntää vain yhtä käyntiaikamittausta.

3.4 Pellettimyllyt

Pellettimyllyjen tehtävä on jauhaa puupelletti hienojakoiseksi puupölyksi, jota syötetään kattilaan polttoaineena. Luolavuoren pellettilaitoksella myös myllyjä on asennettu järjestelmään kaksi identtistä kappaletta, takaamaan laitoksen tuotantovarmuus. Turku Energian kunnossapitojärjestelmään niille määriteltyjä ennakkohuoltoja ovat vuosihuollot, rasvanvaihdot, sekä värinämittaukset.

Vuosihuoltoon sisältyy kulutusosien kunnan tarkastaminen sekä kuluneiden vasaroiden, seula verkkojen ja kulutus- sekä deflektorilevyjen vaihtaminen. Rasvanvaihdot roottorin akselin laakereille on kirjattu tehtäväksi 1800 käyttötunnin- tai vähintään vuoden välein. Väriämittauksia myös pellettimyllyille suoritetaan 13 viikon välein.

Taulukko 5. Pellettimyllyjen ennakkohuollot ja toistuvuus (ANEO Zero).

Laite	Huolto	Toistuvuus
Pellettimylly 1	Vuosihuolto	52 vko
	Rasvanvaihto	1800 h
	Rasvan lisäys	450 h
	Väriämittaukset	13 vko
	Pyörimissuunnanvaihto ja huolto	150 h
Pellettimylly 2	Vuosihuolto	52 vko
	Rasvanvaihto	1800 h
	Rasvan lisäys	450 h
	Väriämittaukset	13 vko
	Pyörimissuunnan vaihto ja huolto	150 h

Pellettimyllyjen 1 ja 2 ANEO Zero:n huoltohistoriasta voidaan huomata, että myllyille on tilattu myös noin puolen vuoden välein erillisiä huoltoja. Uusi huolto tilataan aina silloin, kun moottorin pyörintäsuuntaa vaihdetaan. Määritelty käyntiaika suunnanvaihdokselle on 150 tuntia. Säännöllinen pyörintäsuunnan vaihdos pidentää seulan kestoikää, kun se kuluu tasaisemmin (CHAMPION 2015).

Koska myllyjen käyntiajat ovat vaihtelevia, ei pyörimissuunnan vaihdoksen aikaan toteutetulle huollolle ole laadittu erillistä ennakkohuoltoa, vaan valvomo tilaa huollon aina silloin, kun 150 tunnin käyntiaika tulee täyteen. Kuitenkin, jos ennakkohuollot saataisiin intergroitua seuraamaan myllyjen käyntiaikoja, voitaisiin myös tämä työ automatisoida, eikä se vaatisi myllyn käyntiaikojen aktiivista seurantaa ja huollon laatimista aina erikseen.

3.5 Kattila

Luolavuoren kattila on 40 megawatin pellettipölykattila. Sen on valmistanut ja toimittanut Renewa Oy. Kunnossapitojärjestelmään kattilalle kirjattuja suoritettavia ennakkohuoltoja ovat vuosihuolto sekä painelaitetarkastukset.

Painelaitetarkastukset poikkeavat siten laitoksen muiden komponenttien ennakkohuolloista, että niiden määräajoin suoritettavat huollot ovat viranomaisvelvoitteisia, tietyin määräajoin suoritettavia tarkastuksia.

Tarkistusten toistuvuus on määritetty painelaitelaissa ja seuraavan tarkistusajankohdan määrittelee tarkastuslaitos kuukauden tarkkuudella.

Painelaitetarkastuksiin kuuluvat joka toinen vuosi suoritettava käyttötarkastus, joka neljännes vuosi suoritettava kattilan sisäpuolinen tarkastus sekä joka kahdeksannes vuosi suoritettava painelaitetekoe. (Painelaitelaki 2016/1144.)

Taulukko 6. Kattilan ennakkohuollot ja toistuvuus (ANEO Zero).

Ennakkohuolto	Toistuvuus
Vuosihuolto	1 krt / vuosi
Käyttötarkastus	2 krt / vuosi
Sisäpuolinen tarkastus	4 krt / vuosi
Painekoe	8 krt / vuosi

Nämä tarkastukset eivät ole käyttötuntisidonnaisia, vaan ne on suoritettava määräajan umpeutuessa, vaikka laitos ei olisi ollut tuotannossa ollenkaan edellisen tarkastuksen jälkeen. Suomessa painelaitetarkastuksia suorittaa turvallisuus- ja kemikaaliviraston hyväksymä tarkastuslaitos. Tarkastuksien voimassaolosta vastaavat painelaitteen omistaja sekä painelaitteen käytönvalvoja (Tukes 2016). Poikkeuksellisia näistä tarkastuksista verrattaen

muihin ennakkohuoltoihin tekee myös se, ettei niitä voi suorittaa Turku Energian oma kunnossapitohenkilökunta.

Kattilan ennakkohuolloista ainoastaan vuosihoolto on sellainen, jonka kunnossapitohenkilökunta suorittaa itse. Laittevalmistaja on suositellut toimenpiteiden suorittamista puolen vuoden ja vuoden välein (Renewa 2016). Kunnossapitojärjestelmään on kuitenkin määritelty kattilalle vain kerran vuodessa suoritettava vuosihoolto.

4 Nykyinen ennakkohuoltojärjestelmä

Nykyinen Turku Energian käyttämä kunnossapitojärjestelmä on ANEO Zero, jonne eri laitospakettit ja niiden ennakkohuollot ovat kirjattuina.

Ohjelmisto pitää sisällään eri laitosten komponentit sekä niille määritellyt huollot ja toimenpiteet. Järjestelmässä on myös mahdollista luoda uusia työtehtäviä sekä selata eri komponenteille jo toteutettuja toimenpiteitä. Järjestelmä on ollut yrityksessä käytössä vuodesta 2021 lähtien.

4.1 Kalenteriohjatut ennakkohuollot

Tällä hetkellä Turku Energian laitosten ennakkohuoltojärjestelmä pyörii kalenteriohjatusti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmään on komponenttien tietoihin syötetty tietty huoltoväli eri toimenpiteille, joiden täytyessä järjestelmä ilmoittaa uuden huollon tarpeesta. Järjestelmään syötetty ennakkohuoltojen jaksotus perustuu komponenttien laitemanuaaleista löytyvään tietoon huoltotarpeista, laitetoimittajien ohjeisiin sekä kokemusperäiseen tietoon.

Huollot on kirjattu järjestelmään toistuvaksi joko viikoittain tai niiden toistuvuudelle on määritetty kiinteät suoritus viikot. Viikoittain jaksotetuille huolloille voidaan määrittää viikkotasolla toistuvuus. Esimerkiksi kerran vuodessa suoritettava vuosihuolto kirjataan järjestelmään toistettavaksi 52:n viikon välein. Kun tehtävä on suoritettu ja kuitattu järjestelmästä tehdyksi, seuraava huolto ajoittuu 52:n viikon päähän siitä hetkestä.

Kiinteät suoritusviikot taas tarkoittavat, että huollon suoritukselle on määriteltynä tietty viikko, jolloin se pitää suorittaa. Esimerkiksi 1000 tunnin välein toteutettava voiteluhuolto on järjestelmään kirjattu toistettavaksi kolmesti vuodessa viikoilla 4., 46. ja 51. Siksi kolmesti, koska laitokselle saattaa kertyä käyttötunteja yli 2000 tuntia vuoden aikana, ja näille viikoille, koska käyntitunnit yleisesti

keskittyvät talvikuukausille. Osa huoltojen toistuvuuksista onkin ilmoitettuna laitemanuaaleissa juuri tällä tavoin käyttötunteina. Kuitenkin myös näiden huoltojen toistuvuus on täytynyt kirjata järjestelmään viikkotasolla.

Kun uusi ennakkohuolto tulee ajankohtaiseksi, työtehtävästä tulee aktiivinen. Aktiivinen työtehtävä näkyy työntekijöille seuraavaksi tehtävissä huoltotoimenpiteissä, joista työnsuunnittelu lähettää listan työryhmän esimiehelle viikoittain. Työtehtävä pysyy listalla niin kauan, kunnes työntekijä suorittaa tehtävän ja kuittaa sen tehdyksi.

4.2 Revisio

Suurin osa komponenttien vuosihuolloista suoritetaan laitoksen revisio-viikolla. Revisio tarkoittaa huolloille varattua erillistä ajanjaksoa kalenterista, jolloin laitos on alas ajettuna. Tällainen viikko pidetään, sillä osa komponenttien huoltotoimenpiteistä voidaan suorittaa vain laitoksen ollessa pysäytettynä. Huolimatta siitä, kuinka paljon laitos on käynyt, kaikki komponentit tulee huollettua vähintään kerran vuodessa tänä ajanjaksona.

Ennakkohuoltojen keskittäminen tietylle ajanjaksolle on kustannustehokasta. Näin laitoksen poistamista verkosta ei tarvitse suorittaa usein, ja siihen voidaan varautua, kun se suunnitellaan ajoissa. Varavoimalaitoksista Luolavuori on kuitenkin ainoa, jolla on erillinen revisio-jakso, sillä sitä ajetaan laitoksista eniten. Muiden laitosten vuosihuollot on helpompi suorittaa koska tahansa, sillä niiden käyttö on harvinaisempaa.

4.3 Nykyisen järjestelmän ongelmat

Nykyisen järjestelmän suurin ongelma on ennakkohuoltojen jaksottamisen epätarkkuus. Varavoimaa tuottavien laitosten käyttötunnit ovat hyvin satunnaisia, ja siksi viikkotasolla jaksotettujen ennakkohuoltojen toistuvuuden arviointi on lähes mahdotonta tehdä nykyisellä järjestelmällä sen tarkemmin kuin se nyt on jo tehty.

Käyntiaikaperusteiset ennakkohuollot on tällä hetkellä jaksotettu perustuen oletukseen, että laitoksen käyntikaudella laitos kävisi yhtäjaksoisesti. Käyntikaudeksi on oletettu ajanjakso noin marraskuusta helmikuuhun, jolloin pakkaset yleensä ovat kovimmillaan. Tämän periaatteen mukaan esimerkiksi 1000 tunnin välein tehtävä ennakkohuolto on ajoitettu toistettavaksi 41 päivän välein, koska tuo aika vastaisi noin 41 päivää yhtäjaksoista ajoa. (K. Oksman, henkilökohtainen tiedonanto 26.2.2024.)

Kun järjestelmä ilmoittaa uuden ennakkohuollon olevan ajankohtainen, työ tehdään. Silloinkin, vaikka komponentin todellinen käyttötuntiaika ei olisi vielä lähelläkään sitä, joka sen ennakkohuoltotarpeissa on määriteltynä. Tällaisessa järjestelmässä ennakkohuollot tulevat ajankohtaiseksi lähes poikkeuksetta liian aikaisin. Kuitenkin oletus, että laitos kävisi koko ajan käyntikauden aikana on hyvä pitää, sillä halutaan varautua esimerkiksi pitkiin pakkasjaksoihin, ja näin ennakkohuollot eivät ainakaan tule suoritettaviksi liian myöhään.

Liian aikaisin toteutetut ennakkohuollot ovat kuitenkin taloudellinen rasite. Se kuluttaa turhaan työntekijöiden resursseja, kun huollot toteutetaan, vaikka niille ei vielä olisi tarvetta. Näihin toimenpiteisiin käytetty aika on aina pois muusta kunnossapidosta, joka voisi muuten olla sillä hetkellä tarpeellisempaa. Turha ja liiallinen kunnossapito voi myös kuluttaa laitetta, ja tällä tavoin lyhentää sen käyttöikä.

5 Käyttötuntiperusteinen mittarointi

Komponenttien tarkka käyttötuntien seuranta mahdollistaa ennakkohuoltojen ajoittamisen juuri siihen hetkeen, kun niille oikeasti on tarve. Tämän toteutuessa kunnossapito on toimivampaa, tehokkaampaa, ja resursseja ei tuhjata niin sanottuihin turhiin töihin. Työssä kirjattuja vaihtoehtoja käyttötuntien mittaamiseen ovat mekaanisen käyttötuntimittarin asentaminen ja mittarin integrointi kunnossapitojärjestelmään sekä laitosten automaatiojärjestelmän kautta käyntiaikojen mittaaminen ja automaatiojärjestelmän integrointi kunnossapitojärjestelmään.

Käyttötuntiperusteisessa ennakkohuoltojen jaksottamisessa tulee huomioida, että määritelty käyntiaika huollon toistuvuudelle ei voi olla sama kuin se, joka kirjataan järjestelmään. Järjestelmään kirjattava huollon toistuvuus on siis pyöristettävä hieman alaspäin, jotta huolto saadaan toteutettua ennen kuin sen käyntitunnit tulevat täyteen.

5.1 Vaihtoehto 1.

5.1.1 Manuaalinen

Ensimmäinen ratkaisu komponenttien käyttötuntien mittaamiseen on mekaaninen käyttötuntimittari. Manuaalisessa ratkaisussa komponentteihin asennetaan erillinen laite, jolla mitataan niiden käyntiaikaa. Laitoksen tuotantovarmuuden kannalta merkittävimpiin komponentteihin on hyvä asentaa omat mittarinsa, mutta esimerkiksi huoneilmapuhaltimien käyntiaikoja voidaan mitata yhdellä mittarilla, tai niiden huollot jaksottaa koko laitoksen käyntiaikoihin perustuen.

Tällaisia erilaisia käyntiaikaa mittaavia laitteita on olemassa useita. Käymistä voidaan mitata komponentista riippuen esimerkiksi perustuen jännitteeseen,

virtaukseen tai pyörimisnopeuteen. Yleisesti nämä mittarit toimivat on/off – periaatteella, eli laite on joko käynnissä tai ei, ja käyntiaikaa mittariin kertyy sen perusteella.

Ennakkohuoltojen seurannan kannalta mekaaninen käyttötuntimittari vaatisi kuitenkin erillisen, esimerkiksi kerran viikossa toteutettavan mittarinlukukierroksen. Luolavuoren pellettilaitokselle suoritetaan kerran viikossa tarkastuskierros, jonka yhteyteen tämä voitaisiin lisätä. Muiden laitosten osalta tulisi järjestää uusi mittarinlukukierros, mutta näissä se voitaisiin suorittaa harvemmin, sillä laitosten käyntiajat ovat pienempiä.

Käytössä oleva kunnossapitojärjestelmä ANEO Zero taipuu jo valmiiksi käyttötuntiperusteiseen ennakkohuoltojen syklittämiseen, joten vaihtoehto ei aiheuta juurikaan muutoksia järjestelmän osalta. Järjestelmään on kuitenkin lisättävä komponenttien ”alle” erilliset käyttötuntimittarit, jonne mittareista luetut, järjestelmään syötetyt tiedot siirtyvät.

Ennakkohuoltojen käyttötuntiperusteisen jaksottamisen kannalta viikottainen syklitys muutetaan työmääräyksen tiedoista ”kalenterista” ”mittariin”. Kun aiemmin ennakkohuollon syklitys perustui viikkotasolla määritettyihin väliaikoihin, voidaan ”mittari” vaihtoehdolla antaa huollon syklitykselle tietty väliaika tunneissa.

Mittarinlukukierroksilla ylös otetut lukemat syötetään ANEO Zero järjestelmään kohtaan ”mittarit”, jonne uusi komponentin alle luotu käyttötuntimittari tulee näkyviin. Painamalla ”lisää mittausulos” saadaan kirjattua uusi lukema, joka tallentuu mittarin datahistoriaan. Mittarin datahistoriaa selaamalla nähdään, millaisia aikoja komponentti on käynyt. Uusi ennakkohuolto saadaan ajoitettua optimaalisesti juuri oikeaan aikaan seuraamalla tätä dataa ja ajoittamalla uusi huolto hieman ennen, kuin tietyn huollon aikamääre on tullut täyteen. Kustannukset tässä ratkaisussa syntyvät erillisestä mittarista ja sen asentamisesta.

5.1.2 Automatisoitu

Vaihtoehtoinen ratkaisumalli manuaaliselle käyntiaikojen mittaamiselle käyntiaikamittarilla on integroida se syöttämään tietoa suoraan ANEO Zero – kunnossapitojärjestelmään. Ratkaisun käyttötuntimittarin tulee olla sellainen, joka pystyy myös lähettämään dataa. Mittarista tietoa ei kuitenkaan sellaisenaan saada siirrettyä verkkoon, joten systeemi vaatii myös erillisen lähettimen. Järjestelmä toimii niin, että mittari siirtää dataa lähettimeen, ja lähettimen kautta tieto siirtyy 4G verkon kautta ANEO Zero -järjestelmään.

Kyseinen ratkaisu vaatii integraation lähettimien ja kunnossapitojärjestelmä ANEO Zeron välille, jotta käyntiaikatiedot saadaan siirtymään järjestelmään oikeiden komponenttien alle. Datan siirtoa ei tarvitse tapahtua kuitenkaan kuin yhteen suuntaan, joka yksinkertaistaa työtä. Ratkaisussa kustannuksia syntyy mittarista, lähettimestä, sekä tämän lisäksi myös yhteyden muodostamisesta kunnossapitojärjestelmään.

5.2 Vaihtoehto 2.

5.2.1 Manuaalinen

Toinen vaihtoehtoinen ratkaisu on käyntiaikojen mittaaminen Turku Energian automaatiojärjestelmän avulla. Tässä vaihtoehdossa erillistä käyttötuntimittaria ei tarvitse asentaa, sillä järjestelmästä on mahdollista saada ohjelmoitua ulos komponenttien käyntiaikoja perustuen jo olemassa olevaan käyntitietoon. Käyntitiedolla tarkoitetaan sitä, onko laite on vai off -tilassa. On/off – tieto saadaan eri laitteista joko taajuusmuuttajien tai kontaktorien kautta.

Luolavuoren pellettilaitoksen automaatiojärjestelmä mittaa jo valmiiksi käyntiaikoja kaukolämpöpumpuista, öljypumpuista, pellettimyllyistä sekä polttimista. Polttimille käyntiaikaa lasketaan erikseen pelletillä ja öljyllä ajettaessa. Näiden komponenttien ennakkohuoltojen jaksottaminen

käyntiaikaperusteisesti onkin jo mahdollista ilman lisätyötä, jos niiden käyntiaikoja seurataan järjestelmästä. Käyntiaikamittaus on mahdollista lisätä järjestelmään myös muille komponenteille. Tämä kuitenkin vaatii Turku Energian automaatiopuolen järjestelmävastaavilta jokaisen komponentin alle erillisen laskurin luomista, joka mittaisi sen käyntiaikaa perustuen jo ulos saatavaan käyntitietoon.

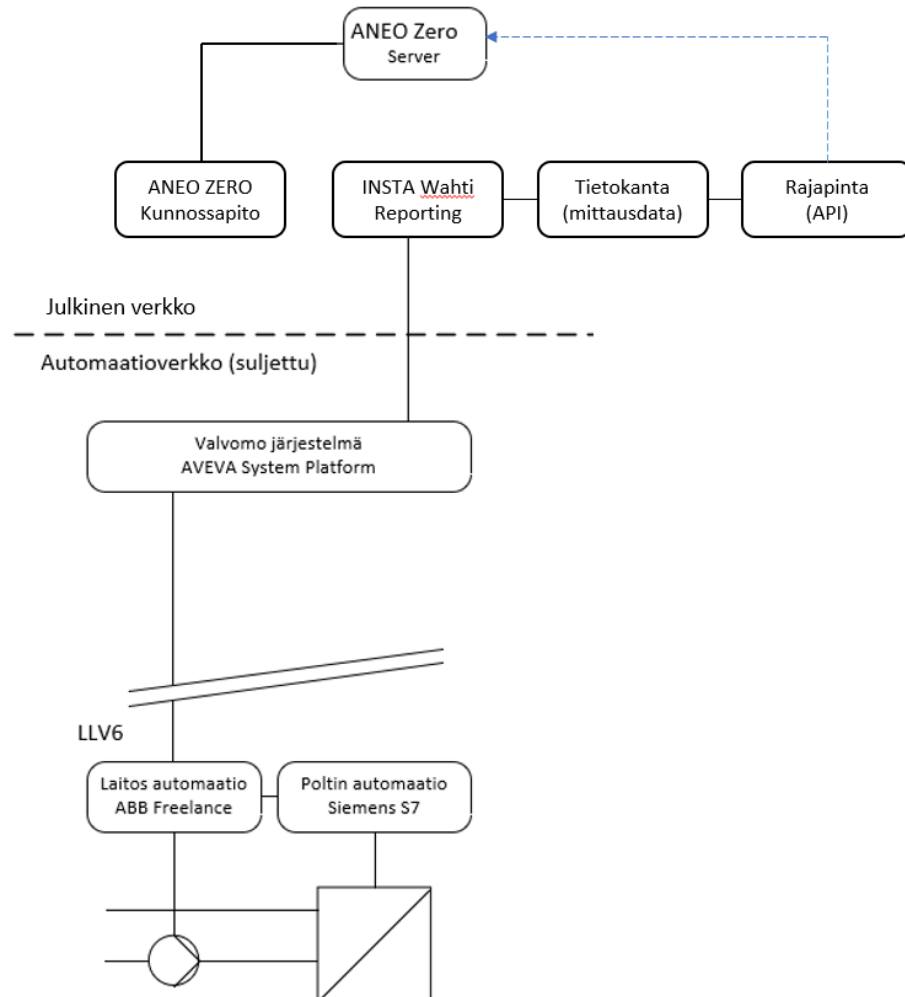
Yksinkertaisempi sovellus vaihtoehdosta 2. on siis käyntiaikatietojen syöttäminen ANEO Zero järjestelmään manuaalisesti. Ratkaisu aiheuttaa kuitenkin lisätyötä kunnossapitohenkilökunnalle, sillä se vaatii erikseen tietojen lukemista automaatiojärjestelmästä sekä niiden käsin syöttämistä ANEO Zeroon, kuten ensimmäisenkin vaihtoehdon manuaalisessa ratkaisussa. Myös samat muutokset ANEO Zeron ennakkohuoltojen määrittelyissä tulisi toteuttaa. Tässä vaihtoehdossa tuo erillinen mittarinlukukierros jäisi kuitenkin tekemättä, ja sen sijaan käyntiajat voitaisiin käydä tarkastamassa valvomon tietokoneelta, josta kaikkien laitosten tiedot ovat luettavissa.

5.2.2 Automatisoitu

Nykyaikaisempi ratkaisu tästä vaihtoehdosta on integroida ANEO Zero kunnossapitojärjestelmä Turku Energian automaatiojärjestelmään niin, että käyntitiedot siirtyvät järjestelmien välillä automaattisesti. Ratkaisun lopputulos ei vaadi kunnossapitohenkilökunnalta toimenpiteitä käyntiaikojen mittaamiseksi. Automaation osalta se kuitenkin vaatii eri järjestelmien integrointia toisiinsa.

Luolavuoren pellettilaitoksen automaatiojärjestelmä on ABB:n Freelance DCS, jonka logiikkana on AC900- sarja. Järjestelmä mittaa komponenteille käyntitietoa, eli on/off – tietoa, josta ne siirtyvät AVEVA:an. AVEVA eli laitosten kaukokäyttöjärjestelmä, sekä ABB eli laitoksen oma valvomojärjestelmä toimivat Turku Energian suljetussa automaatioverkossa. AVEVA:sta käyntitieto siirtyy automaattisesti ohjelmallista väylää pitkin INSTA Wahti Reporting – raportointijärjestelmään (Kuva 3). Järjestelmässä on mahdollista määrittellä,

tuleeko tieto sinne esimerkiksi minuutti- vai tuntitasolla. (T. Laakso henkilökohtainen tiedonanto 22.1.2024.)



Kuva 3. Automaatiojärjestelmän hierarkia (T. Laakso, 22.1.2024).

Yhteyden muodostamisesta automaatiojärjestelmän ja ANEO Zeron välille on jo aiemmin käyty keskustelua. Projektia ei kuitenkaan ole viety eteenpäin, sillä yhteyden muodostaminen voimalaitosten operointia suorittavasta järjestelmästä julkiseen verkkoon aiheuttaa tietoturvallisia riskejä. Käytännössä yhteyden muodostaminen olisi mahdollista, mutta sitä ei kyberturvallisista syistä haluta

toteuttaa, ellei se ole pakollista. Nyt kun tällainen yhteys on muodostettu INSTA Wahti Reporting -raportointijärjestelmään, yhteys myös ANEO Zero:on voitaisiin toteuttaa tätä kautta. Yhteyden muodostaminen näiden järjestelmien välille on tietoturvasempaa, koska järjestelmät eivät ole niin kriittisessä asemassa ja potentiaaliset esimerkiksi kyberhyökkäyksestä koituvat vahingot ovat pienempiä. Sama komponenttien käyntitieto on kuitenkin saatavissa INSTA Wahti Reporting – järjestelmästä, kuin automaatiojärjestelmästäkin. (M. Lyyski, henkilökohtainen tiedonanto 21.3.2024).

Yhteyden muodostamisesta vastaavat ANEO Zeron – ja INSTA:n yhteyshenkilöt. INSTA:n osalta yhteyden muodostaminen tarkoittaa standardoidun rajapinnan avaamista tiedon kulkua varten. Kun rajapinta on auki ja yhteyden muodostamisen kriteerit sovittu, voi toinen osapuoli pyytää rajapinnasta haluttua tietoa. Dataa ei siis lähetettäisi ANEO Zero:on, vaan ANEO Zero hakisi sitä rajapinnasta sovituin säännöin ja parametrein ajastetusti. Ratkaisu on näin toteutettuna yksinkertaisempi ja helpommin toteutettavissa.

Työmäärällisesti kyse ei ole suuresta projektista, sillä INSTA:lla on rajapinta jo valmiiksi luotuna. Myös ANEO Zero:n osalta yhteyden muodostaminen ja tietojen hakeminen on teknisesti helppoa. Merkittävin aikaa vievä osuus on eri komponenttien linkittäminen toisiinsa, sillä ne ovat järjestelmien välillä nimetty eri tavoin. Projektin kestoksi eri osapuolten tahoilta arvioitiin noin kuukausi, vaikka datan siirtoon tarvittavan toiminnallisuuden implementointi pääpiirteissään tapahtuu jopa yhdessä tai kahdessa päivässä. Aikataulujen yhteensovittamiseen, neuvotteluihin, suunnitteluun ja testaukseen on kuitenkin aina varattava erikseen aikaa.

Kun käyntitieto on saatu ANEO Zero:on, se pystytään muuntamaan käyntiajaksi. Turku Energian osalta ratkaisun toteutus ei siis vaadi työtä. Mittaustulos saadaan laskettua käyntitietoon perustuen, kun lasketaan komponentin käynnistymisen ja sammumisen välinen aika ja lisätään tulos aiemmin kertyneeseen laskuriin. Toiminto saadaan toteutettua täysin automatisoidusti, joten työntekijöille tästä prosessista näkyisi vain lopullinen mittarilukema. (M. Lyyski, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2024.)

6 Tulokset

6.1 Merkitys eri huoltotoimenpiteille

Ennakkohuoltojen käyntiaikaperusteinen jaksottaminen toisi järjestelmään täsmällisyyttä ja tehostaisi kunnossapidon toimivuutta. Eniten hyötyä huoltojen käyntiaikaperusteisuudesta olisi etenkin huolloille, joille on jo huolto-ohjeissa määriteltynä käyttötunnit tietyille toimenpiteille. Tällaisia huoltoja ovat Luolavuoren pellettilaitoksessa muun muassa voiteluhuollot, rasvanvaihdot, rasvan lisäykset sekä pellettimyllyn pyörimissuunnan vaihto.

Voiteluun ja rasvaukseen liittyvät toimenpiteet voidaan nostaa merkittävimäksi huoltotoimenpiteeksi, jonka suorituksen mittaamiselle käyntiaikaperusteisuus olisi hyvin tärkeää. Voiteluhuolloilla on merkittävä rooli dynaamisten komponenttien toiminnan kannalla, joiden toimivuus puolestaan vastaa enimmäkseen laitoksen käyttövarmuudesta (Koskelainen ym. 2006, 351). Rasvauksen unohtaminen tai sen suorittaminen liian harvoin voi aiheuttaa esimerkiksi puhaltimessa moottorin ylikuumentumisen ja sen hajoamisen.

Käyntiaikaperusteisesta jaksotuksesta olisi myös hyötyä etenkin erikseen käyntikaudelle määriteltäviin huoltotoimenpiteisiin. Koska nämäkin toimenpiteet on jouduttu määrittelemään toistuvaksi viikkotasolla, tulee esimerkiksi käyntikauden rasvauskierros tällä hetkellä suoritettavaksi kahden viikon välein ja käyntikauden kuukausitarkastus neljän viikon välein. Nämä toimenpiteet ovat kuitenkin täysin turhia, mikäli laitos ei käy. Esimerkiksi kesä- ja heinäkuu ovat sellaisia kuukausia, jolloin laitokselle ei välttämättä kerry ajotunteja ollenkaan.

Suurin osa laitoksen ennakkohuolloista on kuitenkin niin sanottuja vuosihuoltoja, jotka toteutetaan kerran vuodessa revision aikaan.

Vuosihuoltojen jaksottamiseen nykyinen järjestelmä sopii. Näiden huoltojen osalta voitaisiin pohtia kuitenkin, että riittääkö niiden suorittaminen ainoastaan kerran vuodessa, mikäli laitokselle kertyy paljonkin käyttötunteja.

Tällä hetkellä käyttötunteihin perustuvia huoltoja ei ole määriteltynä polttimille, kattilalle, kaikille pumpuille eikä puhaltimille (pois lukien savukaasupuhallin). Osa näistä huolloista kuitenkin on sellaisia, jotka voitaisiin määritellä käyntiaikaperusteisesti suoritettaviksi. Esimerkiksi värinämittausten toistuvuudelle ei ole perustetta, miksi ne suoritetaan juuri kolmen kuukauden välein. Enemmän käyttötunteja kerääville komponenteille tämä voitaisi suorittaa useamminkin, ja taas vähemmän kerääville harvemmin. Esimerkiksi savukaasupuhaltimen käyttöohjeissa suositellaan värinäarvoja seurattavaksi viikoittain (KOJA 2012).

6.2 Vaihtoehtojen vertailu

Jo tutkimuksen alussa selvisi, että Turku Energian automaatiojärjestelmästä saadaan ulos komponenttien käyntitietoa ja osalle Luolavuoren laitoksen komponenteista jopa käyntiaikaa. Käyntiajan mittaaminen kaikista komponenteista vaatisi automaatiopuolelta erillisten laskureiden luomista myös loppujen komponenttien käyntitiedon rinnalle. Automaatiojärjestelmästä käyntiajan mittaaminen tuntui siis itsestään selvältä ratkaisulta ongelmaan, mutta vertailun vuoksi työssä otettiin esille myös toinen vaihtoehto, eli erikseen asennettava mekaaninen käyntiaikamittari.

Molemmissa ratkaisuvaihtoehdoissa kirjasin ylös mahdollisuuden, että komponenteista mitattaisi pelkästään niiden käyntiaikaa ilman tiedon automaattista lähettämistä kunnossapitojärjestelmä ANEO Zeroon. Ongelma näissä ratkaisuvaihtoehdoissa on kuitenkin se, että käyntiaikojen seuranta aiheuttaisi lisätyötä sekä kunnossapitoasentajille, että työnsuunnittelulle. Pelkän käyntiaikamittarin asentaminen toisi lisäkustannuksia erillisestä mittarista, mutta hyvä puoli siinä olisi se, ettei ratkaisu aiheuttaisi muutoksia automaatioon. Automaatiojärjestelmään käyntitiedon ohelle käyntiaikalaskurin luominen puolestaan tulisi olemaan aikaa vievä projekti automaatiopuolen osalta, mutta tästä ratkaisusta ei syntyisi muita taloudellisia kustannuksia. Kumpikaan

ratkaisu ei kuitenkaan tunnu järkevältä, mikäli käyntitieto on mahdollista syöttää automatisoidustikin ANEO Zeroon, joka laskee komponenttien käyntiajat. Näistä kahdesta jälkimmäinen vaihtoehto on kuitenkin hieman käytännöllisempi, sillä osaan Luolavuoren komponenteista erilliset käyntiaikalaskurit on jo luotuna.

Vaikka käyntiaikojen seuranta ei vähentäisi työntekijöiden työmäärää, vaan päinvastoin jopa lisäisi sitä, se mahdollistaisi ennakkohuoltojen toteuttamisen oikeanaikaisesti. Hyvä puoli tässä ratkaisussa olisi myös se, ettei se vaatisi oikeastaan minkäänlaista taloudellista investointia. Ainoa muutos tulisi toteuttaa ANEO Zerossa komponenttien tietoihin, jonne tulisi luoda mittarit käyttötuntien kirjaamiseksi sekä ennakkohuoltojen toistuvuuteen tulisi määritellä käyttötunnit viikkojen sijaan. Kuitenkin ratkaisu on sellaisenaan kömpelö eikä pidemmän päälle kovinkaan tehokas tapa mitata laitteiden huollettavuutta. Se ei myöskään ratkaisisi ongelmaa työntekijöiden resurssien käyttämisestä niin sanotusti turhiin töihin eikä parantaisi myöskään kunnossapitojärjestelmän toimivuutta.

Mikäli erillinen käyntiaikamittari haluttaisiin saada syöttämään käyntitietoa ANEO Zeroon automaattisesti, pelkän mittarin hinnan, lähettimen ja asentamisen lisäksi, vaatisi ratkaisu myös väylän muodostamisen lähettimestä järjestelmään. Kustannuksia tässä vaihtoehdossa syntyisi siis sekä osista että järjestelmään tehtävästä työstä. Tästä syystä toinen ratkaisuvaihtoehto, eli automaatiojärjestelmän ja ANEO Zeron integraatio on vaihtoehdoista ehdottomasti kannattavin. Ratkaisu on nykyaikainen, eikä vaatisi työllisesti muutoksia kuin automaatiopuolelle. Kuitenkin, koska järjestelmät eivät ole yhteydessä toisiinsa, eikä niitä tietoturvasyistä suoraan toisiinsa kytketä, vaatisi ratkaisu tietoväylän muodostamiseksi myös kolmannen osapuolen. INSTA:n mukaan tuleminen aiheuttaa lisäkustannuksia projektiin, mutta koska tässä vaihtoehdossa kaikki kustannukset syntyvät vain tästä yhteyden muodostamisesta, olisivat lopulliset kustannukset todennäköisesti silti pienemmät kuin vaihtoehdossa 1, jossa kustannuksia syntyisi myös erillisistä laitteista. Osapuolet arvioivat yhteyden muodostamisen kestoksi noin kuukauden, joten vaihtoehto olisi siis lopulta myös suhteellisen nopeasti toteutettavissa.

Nykyisiä ennakkohuoltoja selatessani havaitsin, että käyttötunteihin perustuvia ennakkohuoltoja on järjestelmään kirjattuna suhteellisen vähän. Myöskään komponenttien laitekatalogeista tai laitetoimittajien antamista tiedoista ei juurikaan löytynyt arvioita huoltojen käyttötunteihin perustuviin toistuvuuksiin. Useissa eri katalogeissa oli mainittuna kuitenkin, että huoltojen toistuvuuksien määrittäminen riippuu pitkälti siitä, millaisessa ympäristössä komponenttia käytetään ja kuinka paljon. Suurin osa huolloista määriteltiin toistettavaksi esimerkiksi vähintään kerran vuodessa, käyttömäärästä riippumatta.

Järjestelmämuutoksen kannattavuutta arvioitaessa, olisi oleellista pohtia ovatko käyntiaikaperusteisen mittauksen hyödyt suuremmat kuin sen toteuttamisesta aiheutuvat taloudelliset kustannukset. Toisaalta ne huollot, joille käyttötuntimäärät on kirjattuna, ovat keskimääräisesti niitä kaikista tärkeimpiä huoltoja laitoksen käyttövarmuuden näkökulmasta.

6.3 Soveltuvuus muihin varavoimalaitoksiin

Työssä tutkittiin esimerkinomaisesti Luolavuoren pellettilaitoksen ennakkohuoltoja ja niiden jaksottamista, sillä se on varavoimaa tuottavista laitoksista tärkein. Kuitenkin samaa tekniikkaa voitaisiin hyödyntää myös muissa Turku Energian varavoimalaitoksissa, jotka opinnäytetyön alussa listattiin. Laitosten automaatiojärjestelmä on sama, joten myös integraatio kunnossapitojärjestelmä ANEO Zeroon toimisi samalla tavalla.

Muiden laitosten osalta käyntiaikaperusteisten ennakkohuoltojen jaksotusten kannattavuutta kannattaa arvioida vielä kriittisemmin, sillä niiden käyntiajat suhteessa Luolavuoren pellettilaitokseen ovat huomattavasti pienempiä (Kuva 2). Olennaisin kysymys lienee, että kertyykö laitoksille käyttötunteja vuodessa koskaan yli käyntiaikaperusteisten huoltojen aikavälien vai riittäisikö

komponenttien huolto joka tapauksessa vaan esimerkiksi kerran vuodessa, kuten ne on nyt kunnossapitojärjestelmään kirjattuna.

Työläin osuus ANEO Zero:n ja INSTA Wahti Reporting:in integroinnissa on tietoväylän muodostaminen järjestelmien välille. Koska kaikki varavoimalaitokset toimivat samassa automaatiojärjestelmässä, olisi yhteyden muodostamisen jälkeen niiden liittäminen toimintoon yksinkertaista. Mikäli käyntiaikaperusteinen ennakkohuoltojen jaksotus otetaan käyttöön Luolavuoren pellettilaitokselle, olisi se tämän jälkeen helppoa siis laajentaa koskemaan myös muitakin varavoimalaitoksia. INSTA Wahti Reporting:in osalta rajapinta tulisi avaamaan kerralla kaikille tiedostoille, vaikka tekniikkaa ei haluttaisi hyödyntää kuin yhden laitoksen osalta. Muiden laitosten liittäminen järjestelmään ei siis olisi kiinni lopulta enää, kuin tietojen kirjaamisesta.

Vaikka näiden laitosten tapauksessa voi olla ettei käyttötuntien mittaaminen juurikaan vaikuttaisi kunnossapidon toimintaan, ei lisäkustannukset myöskään niiden mittaamiselle lopulta olisi kovinkaan suuret. Näiden laitosten kohdalla voitaisiin käyntiaikoja hyödyntää esimerkiksi arvioimaan sitä, että tarvitseeko niitä huoltaa edes kerran vuodessa, vai voitaisiinko huolloille määritellä esimerkiksi minimitunnit, joiden täytyessä edes vuosihuolto toteutetaan. Tästä hyvänä esimerkkinä KKL2, jolle vuosina 2020-2021 kertyi käyntiaikaa yhteensä 13 tuntia (Taulukko 1.).

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu, miten Turku Energian varavoimalaitosten komponenttien käyttötunteja voitaisiin mitata, jotta komponenttien ennakkohuollot saataisiin toteutettua oikeanaikaisesti. Työssä nostettiin esille kaksi eri ratkaisuvaihtoehtoa, joista vaihtoehto 2. koettiin selkeästi kannattavammaksi. Tämä ratkaisumalli todettiin pystyvän ottamaan käyttöön joko manuaalisesti, ilman kustannuksia, mutta työntekijöiden työmäärää kasvattaen tai taloudellisilla kustannuksilla, täysin automatisoidusti, ja työmäärää vähentäen.

Käyttötuntien mittaamisesta olisi hyötyä etenkin komponenteissa, jotka ovat kriittisessä asemassa laitoksen käyttövarmuuden kannalta. Kannattavimmaksi todettu täysin automatisoitu ratkaisumalli olisi nykyaikainen, mahdollistaisi ennakkohuoltojen oikeanaikaisuuden, parantaisi kunnossapitojärjestelmän toimivuutta, sekä tehostaisi kunnossapidon työskentelyä. Työmäärällisesti muutos ei vaatisi paljoa ja yhteyshenkilöiden arvioiden mukaan projektin kesto tulisi olemaan noin kuukauden verran. Järjestelmien integroinnista syntyisi taloudellisia kustannuksia, mutta sen merkitys kunnossapitotöiden tehostamiseksi olisi merkittävä. Uskonkin, että työ maksaisi itsensä takaisin nopeassakin ajassa.

Valitettavasti tarkempia kustannusarvioita ei saatu laadittua ennen opinnäytetyön valmistumista, johtuen eri osapuolten kalenterien yhteensovittamisen haasteista sekä avainhenkilöiden lomista. INSTA Wahti Reporting:in osalta rajapinnan käytölle ei myöskään ollut ennakkotapausta, joka hidasti arvion tekemistä.

Kunnossapitojärjestelmien toimivuus on perusta koko kunnossapitotoiminnalle, ja siksi siihen investoiminen edistäisi sekä laitosten että koko kaukolämpöverkon toimintavarmuutta. Koin opinnäytetyön aiheen hyvinkin tärkeäksi ja työtä oli kiinnostavaa tehdä, vaikkakin automaatiojärjestelmien tuntemusta itselläni ei entuudestaan juuri ollut. Koska olen työskennellyt itse kunnossapitoasentajan roolissa kyseisissä laitoksissa aiemmin, oli hienoa

päästä kehittämään työtä, jonka puutteita on myös itse päässyt konkreettisesti todistamaan. Kiitos siis Turku Energialle hyvästä opinnäytetyön aiheesta ja mahdollisuudesta vaikuttaa. Opinnäytetyön valmistuttua sovelluksen käyttöönoton suunnittelua ja neuvotteluita jatketaan yhä.

Työn aikana totesin, että suurimmalle osalle huolloista ei ole määriteltyinä käyntiaikoihin perustuvia toistuvuuksia. Jatkojalostusideani työlle olisikin niiden kehittäminen, jotta käyttötuntien mittaamisesta olisi hyötyä useampienkin huoltojen jaksotuksessa. Satunnaisesti käyvissä laitoksissa tämä olisi huomattavasti järkevämpää kuin huoltojen toistaminen aina tietyin määräajoin - toisinaan määritelty aikaväli voi olla liian pitkä huoltojen toistamiselle, ja toisinaan liian lyhyt.

Biopolttoaineella tuotettu varavoima tukee Turku Energian tavoitetta olla hiilineutraali vuoteen 2029 mennessä (Turku Energia 2023c). Koska kunnossapidolla on merkittävä rooli laitosten toimintavarmuuden kannalta, myös siihen investointi biopolttoaineella käyvän Luolavuoren laitoksen kohdalla tulisi tukemaan tavoitetta. Tähän perustuen suositukseni onkin, että käyntiaikaperusteinen ennakkohuoltojen jaksottaminen otettaisiin käyttöön ainakin kyseisen laitoksen kohdalla. Kuitenkin, mikäli ennakkohuoltojen toistuvuuksia jatkokehitetään ja muokataan käyttötuntiperusteisiksi, olisi järjestelmä kannattava käyttöönottaa kaikissa varavoimalaitoksissa.

Lähteet

CHAMPION 1995. CPM-ROSKAMP CHAMPION Vasaramylly-sarja. Käyttäjän ohjekirja ja varaosat.

Huhtinen, Korhonen, Pimiä ja Urpalainen 2013. Voimalaitostekniikka. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy.

KOJA 2012. Ecofan -prosessipuhallin. Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje.

Koskelainen, L., Saarela R., & Sipilä K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Painelaitelaki 2016/1144. Annettu Helsingissä 16.12.2016. Viitattu 7.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161144>

PETRO BIO 2015. PETRO-puupölypoltin. Käyttö- ja huolto-ohje.

Renewa 2016. Pellettipölykattilan käyttö- ja huolto-ohje.

Renewa 2015. Turku Energia Oy Luolavuori 40 MW pellettilämpökeskus. Koulutusmateriaali.

SULZER 2015. Käyttäjän käsikirja - AHLSTAR PROSESSIPUMPUT. Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje.

Tukes 2016. Rekisteröidyn painelaitteen määräaikaistarkastus ja seuranta. Viitattu 16.2.2024. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/painelaitteet/painelaitteen-kaytto/maaraaikaistarkastus-ja-seuranta>

Turku Energia 2023a. Kaukolämmön tuotantolaitokset. Viitattu 4.1.2023. <https://www.turkuenergia.fi/vastuullisuus/energian-alkupera/kaukolammon-tuotantolaitokset>

Turku Energia 2023b. Luolavuoren pellettilaitos otettiin käyttöön. Viitattu 4.1.2023. <https://www.turkuenergia.fi/valopilkku/luolavuoren-pellettilaitos-otettiin-kayttoon>

Turku Energia 2023c. Turku Energian matka kohti hiilineutraaliutta 2029. Viitattu 7.3.2024. <https://www.turkuenergia.fi/valopilkku/turku-energian-matka-kohti-hiilineutraaliutta-2029>