



Kristian Väyrynen

# Kunnossapidon ennakkohuolto- suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

30.8.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Kristian Väyrynen  
Otsikko: Kunnossapidon ennakkohuoltosuunnittelu  
Sivumäärä: 43 sivua + 3 liitettä  
Aika: 30.8.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka  
Ammatillinen pääaine: Ympäristötekniikka  
Ohjaajat: Lehtori Juha Kotamies  
Kunnossapitokoordinaattori Juha Rikonen

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Fortum Power and Heat Oy. Työn tavoitteena oli kehittää Fortumin Suomenojan voimalaitoksen kunnossapidon ennakkohuoltosuunnittelua. Kehitystyö muotoutui sähköisten lämmöntuotantolaitosten ympärille eli lämpöpumppu- ja sähkökattilalaitoksiin. Tavoitteena oli myös luoda kehitystyötä tukeva kirjallinen kokonaisuus kunnossapidon tärkeimmistä käsitteistä ja teemoista.

Opinnäytetyö toteutettiin kahdessa eri päävaiheessa. Ensimmäisessä toteutusvaiheessa keskityttiin työn kirjalliseen osioon. Toisessa toteutusvaiheessa on tehty käytännön kehitystyötä eli kunnossapidon ennakkohuoltosuunnittelua. Kehitystyön lähestymistapa perustui käytännön työhön, jota tehtiin Fortumin Espoon Suomenojan voimalaitoksessa.

Työn tuloksena syntyi kirjallinen kokonaisuus kunnossapidon ja kehitystyön tärkeimmistä käsitteistä. Lisäksi kehitystyön aikana luotiin käytännön ratkaisuja ja kehitettiin uusia ideoita ennakkohuoltosuunnittelun parantamiseksi. Käytännön työssä keskityttiin ennakkohuollettavien laitteiden määrittelyyn sekä niille tehtävien huoltotoimenpiteiden suunnitteluun. Työn aikana pohdittiin myös, miten kunnossapitojärjestelmää voitaisiin hyödyntää tehokkaammin ja mitkä sen tarjoamat työkalut olisivat hyödyllisiä ennakkohuoltosuunnittelun tukena.

Työn tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa Fortumin kunnossapidon kokonaisvaltaisessa kehittämisessä. Tulokset tarjoavat pohjatietoa ja suosituksia, joiden perusteella voidaan alkaa luomaan konkreettista ennakkohuoltosuunnittelun ohjetta. Tätä ohjeistusta voisi soveltaa Suomenojan voimalaitoksen lisäksi myös muihin Fortumin tuotantolaitoksiin.

Avainsanat: kunnossapito, ennakkohuoltosuunnittelu, kriittisyysluokittelu, kaukolämpö, kaukojäähdytys, sähkökattila, lämpöpumppu.

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Kristian Väyrynen  
Title: Preventive Maintenance Planning  
Number of Pages: 43 pages + 3 appendices  
Date: 30 August 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Energy and Environmental Technology  
Professional Major: Environmental Technology  
Supervisors: Juha Kotamies, Senior Lecturer  
Juha Rikkonen, Maintenance Coordinator

---

This thesis was commissioned by Fortum Power and Heat Oy. The primary objective was to develop Fortum's preventive maintenance planning practices. Preventive maintenance planning was done for Fortum's power plants in the Espoo area. The development work took place around electric heat production facilities, specifically heat pump and electric boiler plants. Additionally, the goal was also to compile a comprehensive written collection of the most important concepts and themes related to maintenance and development work.

The thesis was done in two different main implementation phases. The first phase focused on literature review on maintenance. The second implementation phase involved practical development work, specifically preventive maintenance planning. Development work was based on practical work that was conducted at Fortum's Suomenoja power plant located in Espoo area.

The outcome of the thesis work was a comprehensive written collection of the most important concepts and themes in maintenance, as well as the results that were obtained during the development work. The focus of the development work was on defining the process equipment that requires preventive maintenance. and on planning maintenance activities for the defined equipment. Additionally, practical ideas and solutions were developed to improve current preventive maintenance planning practices.

The results of the thesis can be utilized in the future for the comprehensive development of Fortum's maintenance practices. The insights and solutions provided can serve as a foundation for developing a detailed preventive maintenance planning guide, which could be applied not only to the Suomenoja power plant but also to other Fortum production facilities.

Keywords: maintenance, preventive maintenance planning, criticality analysis, district heating, district cooling, electric boiler, heat pump.

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön lähtökohdat	1
1.2	Fortum Oyj	2
1.2.1	Fortum Power and Heat Oy	3
1.2.2	Espoo Clean Heat	3
2	Kaukolämpö ja -jäähdytys	5
2.1	Kaukolämpö	5
2.2	Sähköinen lämmöntuotanto	7
2.3	Kaukojäähdytys	9
3	Kunnossapito	10
3.1	Kunnossapitolajit	11
3.1.1	Suunniteltu kunnossapito	11
3.1.2	Suunnittelematon kunnossapito	13
3.2	Ennakkohuoltosuunnittelun perusteet	14
3.3	Tietojärjestelmät ja data	17
3.3.1	Reaaliaikainen data	19
3.3.2	Tilastollinen data	20
4	Kriittisyysluokittelu	20
5	Kehitystyö	23
5.1	Kehitystyön kohteet	23
5.1.1	Sähkökattilalaitos (SO11)	24
5.1.2	Lämpöpumppulaitos (SO4)	25
5.2	Fortumin kriittisyysluokittelumalli	26
5.3	Maximo-kunnossapitojärjestelmä	31
5.4	Ennakkohuoltosuunnittelu	35
6	Yhteenveto	40

Lähteet

41

Liitteet

Liite 1: Ennakkohuoltojen määrittely 1

Liite 2: Ennakkohuoltojen määrittely 2

Liite 3: Ennakkohuoltosuunnittelun ajatuskaaviot

## Lyhenteet

- CHC: *Combined heating and cooling*. Yhdistetty lämmön ja jäähdytyksen tuotanto.
- CHP: *Combined heat and power*. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto.
- CMMS: *Computerized maintenance management system*. Tietokoneistettu kunnossapidon hallintajärjestelmä.
- EHS: *Environment, health, safety*. Ympäristö, terveys, turvallisuus.
- HSY: Helsingin seudun ympäristöpalvelut.
- KKS: *Kraftwerk-kennzeichen system*. Voimalaitoksien positiointijärjestelmä.
- MTBF: *Mean time between failures*. Vikaantumisen välinen aika.
- PSK: Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus.
- RA: *Reliability analysis*. Luotettavuusanalyysi
- RCM: *Reliability-centered maintenance*. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito.
- SFS: Suomen standardisoimisliitto.

# 1 Johdanto

Teollisuuden kunnossapidon historia ulottuu aina 1700–1800-luvulle saakka. Siitä lähtien se onkin kokenut lukuisia merkittäviä muutoksia, jotka ovat mullistaneet alan käytäntöjä ja ajatusmalleja. Näihin muutoksiin ovat vaikuttaneet etenkin teolliset vallankumoukset. Niiden aikana koetut muutokset teollisissa tuotantomenetelmissä ovat vaikuttaneet myös kunnossapidon kehitykseen. Vanhan ajatusmallin kunnossapito perustui lähinnä reaktiivisiin toimenpiteisiin ja korjaavaan kunnossapitoon. Tämä tarkoitti sitä, että laitteet ja järjestelmät korjattiin vasta niiden vikaantumisen jälkeen. Tämä toimintatapa aiheutti usein pitkiä seisokkeja ja korkeita kustannuksia, koska vikaantumisia ei kyetty estämään etukäteen. Ajan myötä kunnossapidon menetelmät alkoivat kehittyä kohti proaktiivista ja ennakoivaa kunnossapitoa. [1, s. 2–6.]

Nykypäivän kunnossapito perustuu yhä etenevässä määrin ehkäisevään ja ennakoivaan kunnossapitoon. Tämän suuntauksen myötä tarve korjaavalle kunnossapidolle on vähentynyt. Varsinkin ennakkohuoltosuunnittelun rooli osana nykyaikaista kunnossapitoa on kasvanut. Se parantaa toiminnan luotettavuutta, turvallisuutta ja kustannustehokkuutta. Teknologian kehittyminen ja uudet kunnossapitojärjestelmät ovat tehostaneet ennakkohuoltosuunnittelun toteuttamista. [1, s. 2–6.]

## 1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyön aiheena on kehittää paikallisen energiayhtiön kunnossapidon ennakkohuoltosuunnittelua. Tavoite on myös luoda selkeä kirjallinen kokonaisuus kunnossapidon teemoista, jotka tukevat kehitystyön kulkua. Työn toimeksiantaja on Fortum Power and Heat Oy. Toimipaikkana toimii Espoon alueella sijaitseva Suomenojan voimalaitos. Työ on muotoutunut sähköisten lämmöntuotantolaitosten ympärille, eli alueella sijaitseviin sähkökattila- ja lämpöpumppulaitoksiin.

Opinnäytetyö toteutetaan kahdessa eri päävaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa opinnäytetyössä käydään läpi työn kirjallinen ja teoreettinen osuus. Siinä tarkoituksena on koota kattava tietopohja, joka tukee opinnäytetyön

aikaista kehitystyötä. Kirjallisessa osuudessa on tarkasteltu kunnossapidon yleiskäsitteitä, kaukolämpöä, tietojärjestelmiä, kriittisyysluokittelua sekä muita ajankohtaisia teemoja. Teoriaosuuden jälkeen on kehitystyön osuus, jossa käsitellään Fortumille tehtyä käytännön työtä.

Työn aikainen kunnossapidon ennakko- ja huoltosuunnittelu on rajattu koskemaan vain sähköisiä lämmöntuotantolaitoksia. Alueen polttoon perustuvat lämmöntuotantolaitokset on rajattu työn ulkopuolelle. Työstä tulee osa laajempaa ennakko- ja huoltosuunnittelun kokonaisuutta, jota Fortum kehittää jatkuvasti.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyy koottu kirjallinen kokonaisuus kunnossapidon tärkeimmistä käsitteistä sekä kehitystyön aikana saavutetuista tuloksista. Opinnäytetyön lopuksi arvioidaan kehitystyön tuloksia ja tarkastellaan mahdollisia haasteita, joita työn aikana ilmeni. Lisäksi työssä pohditaan tulevaisuuden kehityskohteita, jotka voisivat parantaa Fortumin ennakko- ja huoltosuunnittelun käytäntöjä.

## 1.2 Fortum Oyj

Fortum Oyj on suomalainen energiayhtiö, jonka liiketoiminta painottuu puhtaaseen sähköntuotantoon, sähkönmyyntiin ja lämpöliiketoimintaan. Yhtiö on perustettu vuonna 1998. Sen pääkonttori sijaitsee Espoon Keilaniemessä. [2, s. 11.] Fortumilla on Suomen lisäksi vahva läsnäolo myös muilla pohjoismaisilla energiamaarkkinoilla. Se onkin Pohjoismaiden kolmanneksi suurin sähköntuottaja sekä suurin sähkönmyyjä. Tämä tekee Fortumista yhden Pohjoismaiden suurimmista energiayhtiöistä. Suurin osa sen sähkötuotannosta perustuu päästöttömään vesi- ja ydinvoimaan. Se tekee Fortumista keskeisen toimijan, joka edistää puhtaan energian tuotantoa ja käyttöä. [3.]

Fortumin organisaatiorakenne koostuu seuraavista liiketoimintayksiköistä:

- hydro generation
- nuclear generation

- renewables and decarbonisation
- corporate customers and markets
- consumer solutions
- circular solutions.

Nämä liiketoimintayksiköt luovat perustan Fortumin kokonaisstrategialle. Fortumin uudistetun strategian painopisteet ovat puhtaan energian tuotannossa ja jakelussa, teollisuuden dekarbonisaatiossa sekä toiminnan kehittämisessä. Fortumin liiketoiminta keskittyy vahvasti Pohjoismaihin, joissa strategia pohjautuu sähkön kysynnän kasvuun. [4.] Kantaverkkoyhtiö Fingridin viimeisimpien arvioiden mukaan Suomen sähkönkulutus voi kasvaa nykyisestä 80 terawattitunnista jopa 130 terawattituntiin vuoteen 2030 mennessä. [5.] Sama trendi on havaittavissa myös muissa Pohjoismaissa. Syynä tähän ovat yhteiskuntien sähköistymisen ja lisääntyvä dekarbonisaatio. [6.]

### 1.2.1 Fortum Power and Heat Oy

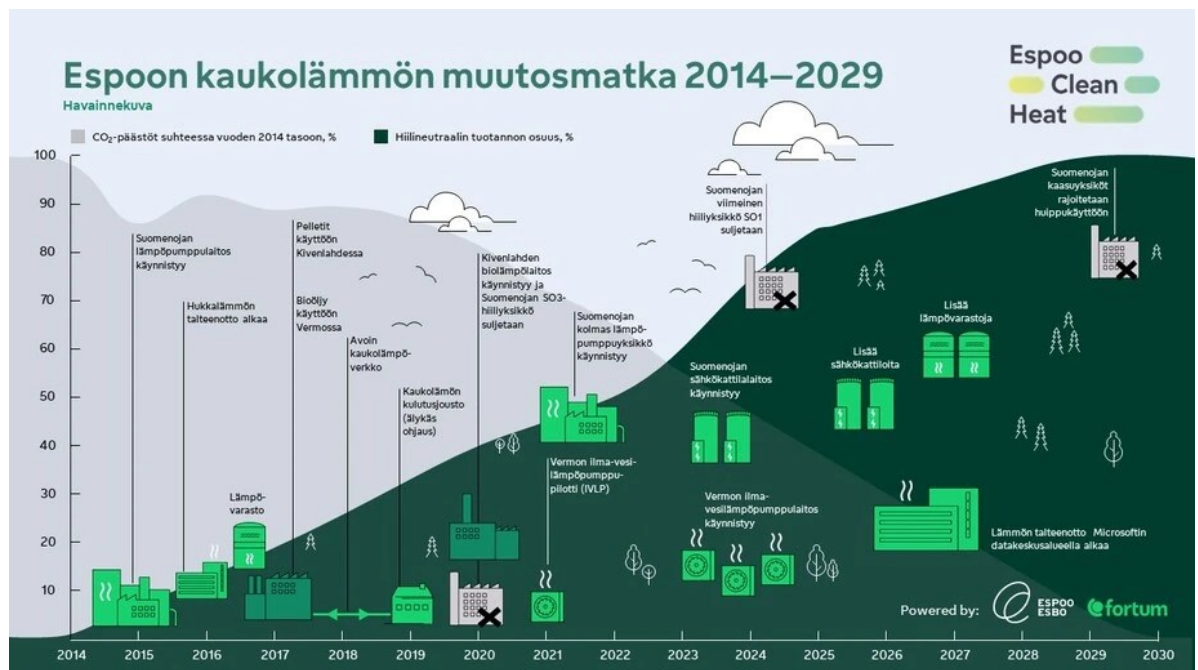
Fortum Power and Heat Oy on Fortum Oyj:n tytäryhtiö. Se on osa Fortumin Renewables and Decarbonisation-liiketoimintayksikköä. Sen toimintoihin kuuluvat sähkön ja lämmön yhteistuotanto sekä muut kaukolämpö- ja kaukokylmäliiketoiminnot. Yksikkö vastaa myös hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä lämpöliiketoiminnoissa. Tämän takia se onkin osa Espoon Clean Heat -hiilineutraaliusprojektia, jossa lämmöntuotanto pyritään samaan kokonaan hiilineutraaliksi. Tytäryhtiöllä on toimintoja Suomen lisäksi myös muissa Pohjoismaissa, Baltiassa, Isossa-Britanniassa ja Puolassa. [7.]

### 1.2.2 Espoo Clean Heat

Espoo Clean Heat on hiilineutraaliusprojekti, jossa Fortum ja Espoon kaupunki ovat sitoutuneet hiilineutraalin kaukolämmön tuotantoon. Sen tavoitteena on tuottaa kaikki alueen kaukolämpö hiilineutraalisti 2020-luvun aikana. Projekti

koskee Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueen kaukolämpöverkkoa. Lisäksi osana projektia Fortum toteuttaa lämmityksen optimointipalvelua noin 110 kiinteistössä. Tarkoituksena on optimoida rakennusten energiatehokkuutta sekä helpottaa kiinteistöjen ylläpitoa ja teknistä huoltoa. Optimointipalvelua tehdään pääasiassa päiväkotij- ja koulukiinteistöille. [8.]

Espoon kaukolämmön muutosmatka on havainnollistettu kuvassa 1. Muutosmatka on alkanut vuonna 2014, josta se jatkuu aina vuoteen 2029 saakka. Tähän mennessä Fortum on saavuttanut useita tärkeitä välitavoitteita, jotka ovat nostaneet hiilineutraalin tuotannon osuutta merkittäväällä tavalla. Niitä ovat olleet uusien lämpölaitosten käyttöönotto, hiiliyksiköiden sulkeminen ja kaukolämpöverkon kehitys. Myös seuraaville vuosille riittää tavoitteita, sillä Fortum aikoo lisätä sähkökattiloiden ja lämpövarastojen määrää. Myös uudet datakeskuksiin liittyvät lämmöntalteenottohankkeet ovat ajankohtaisia. [8.]



Kuva 1. Espoon kaukolämmön muutosmatka 2014–2029 [8].

## 2 Kaukolämpö ja -jäähdytys

### 2.1 Kaukolämpö

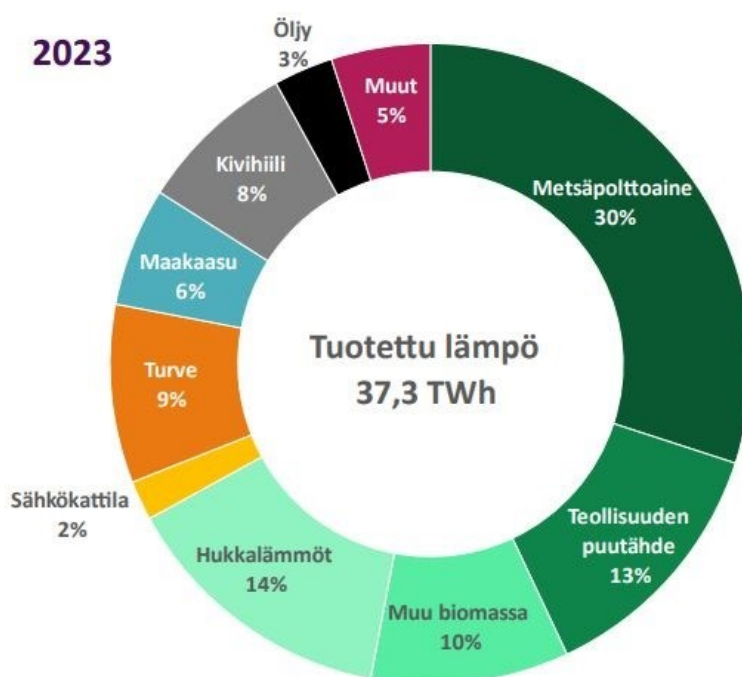
Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Tilastokeskuksen mukaan 45 % kaikista asuin- ja palvelurakennuksista käytti kaukolämpöä vuonna 2021. Kokonaisuudessaan yli 2,7 miljoonaa suomalaista on kaukolämpöjakelun piirissä. [9, s. 21–22.] Se tekeekin Suomesta yhden Pohjoismaiden johtavista kaukolämmön tuottajista väkilukuun suhteutettuna. [10.] Isojen kaupunkien rakennuskannasta jopa yli 90 % on kaukolämmössä. Tämä johtuu siitä, että rakennettujen alueiden tiheys ja koko vaikuttavat oleellisesti kaukolämmityksen taloudellisuuteen. Tiheästi rakennetuilla alueilla kaukolämmön käyttö on huomattavasti taloudellisempaa ja kannattavampaa kuin harvaan asutuilla alueilla. [11, s. 6.]

Kaukolämmön toiminta perustuu keskitettyyn lämmöntuotantoon, jossa lämpö tuotetaan suuren mittaluokan voimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Tuotettu lämpö siirretään asiakkaille kaukolämpöverkossa kiertävän kuumen veden tai höyryn avulla. Kaukolämpöverkko koostuu yleensä kahdesta putkesta, meno- ja paluuputkesta. Kuuma vesi virtaa asiakkaalle menoputkea pitkin, kun taas jäähtynyt vesi palaa takaisin tuotantolaitokseen paluuputkea pitkin. Jäähtynyt vesi lämmitetään uudelleen, minkä jälkeen sama kierto asiakkaan ja tuotantolaitoksen välillä jatkuu keskeytyksettä. [11, s. 5.]

Kaukolämpö tuotetaan paikkakunta- ja tuotantolaitoskohtaisesti eri menetelmillä. Fossiilisten energialähteiden osuus lämmöntuotannossa on vähentynyt huomattavasti viime vuosikymmenen aikana. Kivihiilen, turpeen ja öljyn käyttö on romahtanut, samalla kun uusiutuvien energialähteiden osuudet ovat nousseet. Fossiilisten energialähteiden poikkeuksena on maakaasu, jonka käyttö on lisääntynyt. Tähän on olemassa kuitenkin looginen selitys. Siirtymä uusiutuihin polttoaineisiin ei tapahdu välittömästi, joten maakaasu on toiminut niin saannotuna siirtymäajan ratkaisuna. Maakaasu on hyvä siirtymäajan polttoaine, koska sen hiukkas- ja hiilidioksidipäästöt ovat huomattavasti muita fossiilisia polttoaineita pienemmät. Sillä on myös äärimmäisen tärkeä rooli Suomen

huoltovarmuuden kannalta. Maakaasua käytetään kaukolämmön tuotannossa etenkin vara- ja säätölämpölaitoksissa. [12.]

Kuvien 2 ja 3 rengaskaaviot esittävät Suomen lämmöntuotannon osuuksia vuosilta 2010 ja 2023.

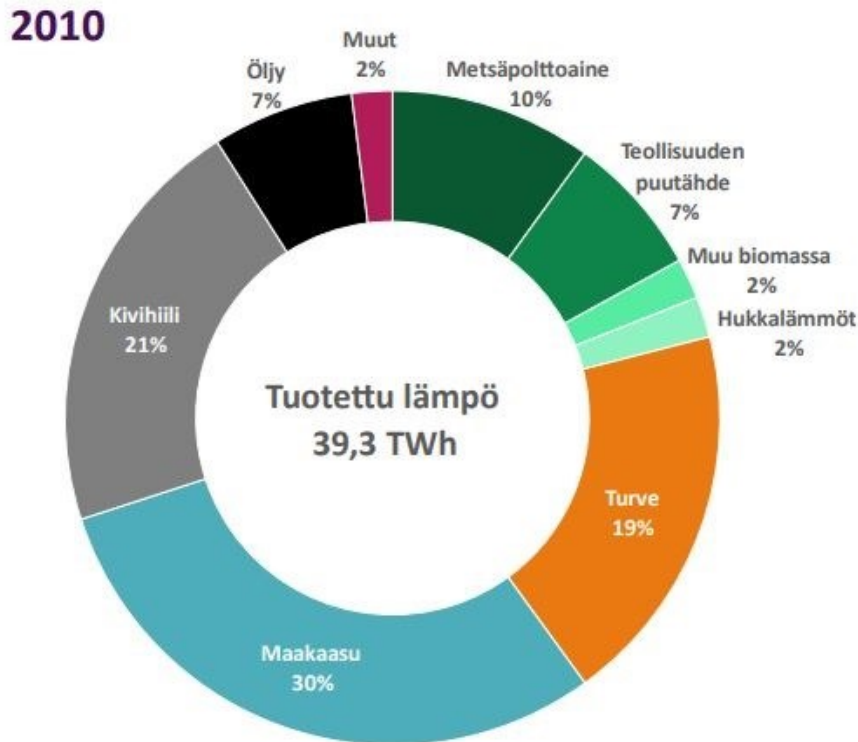


10

Kuva 2. Lämmöntuotannon osuudet 2023 [9, s. 10].

Kaavioista voidaan tehdä muutamia oleellisia huomiota vuosina 2010–2023 tapahtuneista muutoksista. Ensimmäinen merkittävä muutos on selkeä siirtymä kohti uusiutuvien energianlähteiden käyttöä. Vuonna 2023 suurin osa kaukolämmöstä tuotettiin puuperäisillä polttoaineilla (43 %) sekä muilla biopohjaisilla polttoaineilla. (10 %.) Fossiilisista polttoaineista etenkin turpeen, kivihiilen ja öljyn osuudet ovat pienentyneet merkittävästi. Toinen huomionarvoinen havainto on se, että hukkalämmön osuus on noussut 14 %:iin, mikä merkitsee 12 prosenttiyksikön kasvua verrattuna vuoteen 2010. Tämä viittaa siihen, että hukkalämmön hyödyntämisen potentiaalia on pystytty kasvattamaan. Kolmas havainto on se, että sähkökattiloihin perustuvat ratkaisut ovat yleistyneet. Tämä

kehitys viittaa kaukolämmön sähköistymisen kasvavaan rooliin. Kehitys on linjassa muiden aiemmin tehtyjen havaintojen kanssa, jossa suuntaus on kohti vähäpäästöisempää lämmöntuotantoa. [9, s. 10.]

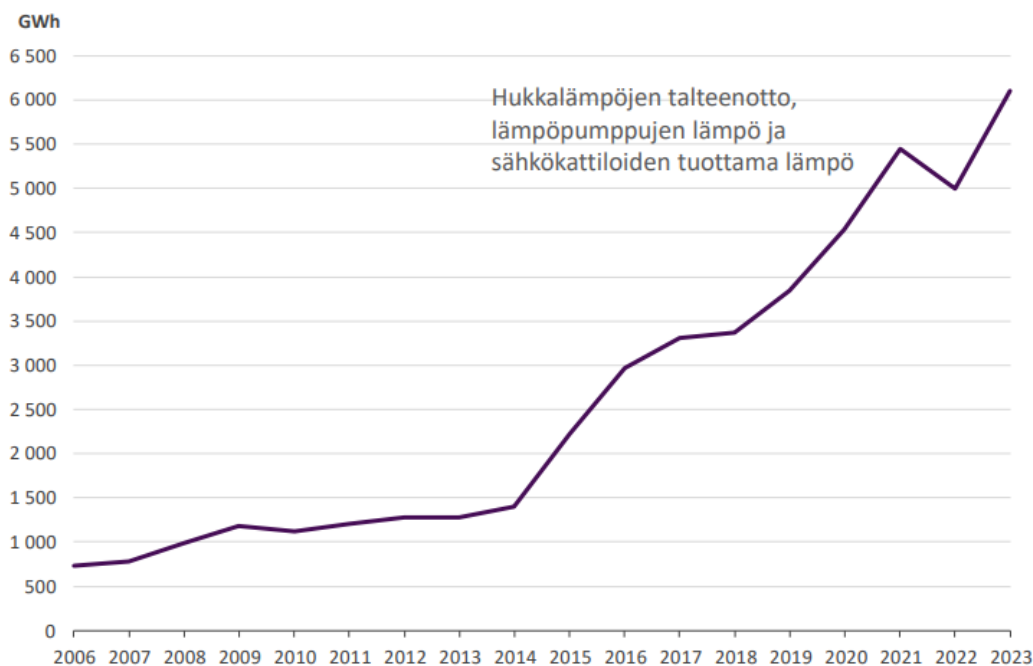


Kuva 3. Lämmöntuotannon osuudet 2010 [9, s. 10].

## 2.2 Sähköinen lämmöntuotanto

Yhteiskunnan sähköistyminen on kasvava trendi, jonka vaikutukset ulottuvat laajasti energiajärjestelmään ja lämmöntuotantoon. Tämä voidaan havaita myös kuvan 4 kaaviosta, joka kuvaa sähköisen lämmöntuotannon kasvua Suomessa. Sähköisen lämmöntuotannon avulla voidaan vähentää riippuvuutta fossiilista polttoaineista ja siirtyä kohti vähäpäästöisempää energiajärjestelmää. Tämän takia sähköön perustuvan lämmöntuotannon suosio on kasvanut monien kaukolämpöyhtiöiden keskuudessa. Kehityksen taustalla on myös useita muita tekijöitä. Sähköisen lämmöntuotannon lisääntynyt käyttö on vahvasti sidoksissa uusituvien energianlähteiden kasvaneeseen kapasiteettiin. Monessa

tapauksessa lämmöntuotantoon käytetty sähkö on tuotettu kokonaan päästöttömillä energianlähteillä kuten aurinko, vesi, tuuli tai ydinvoimalla. Varsinkin tuuli- ja aurinkovoiman kapasiteetti on lisääntynyt viime vuosina, mikä on luonut edellytyksiä lisätä sähköistä lämmöntuotantoa. [13.]



Kuva 4. Sähköisen lämmöntuotannon kasvu [9, s.13].

Sähköön perustuvia lämmöntuotantomenetelmiä ovat esimerkiksi sähkökattilat ja erilaiset lämpöpumppuratkaisut. Lämpöpumppuratkaisuilla voidaan hyödyntää ylijäämä- ja hukkalämpöä. Lämpöpumput hyödyntävät ulkoilmaa, vesistöjä, maaperää, jätevesiä sekä muita hukkalämmönlähteitä, kuten datakeskuksia ja konesaleja. Niiden toiminta perustuu lämpötilaerojen hyödyntämiseen, lämmönsiirtoon ja lämpöpumpuissa kiertävään kylmäaineeseen. Sähkökattilat muuntavat sähköenergian suoraan lämmöksi. Ne toimivat eräänlaisina jättimäisinä vedenkeittiminä, sillä niiden toimintaperiaate on pitkälti samanlainen. Sähkövirta kuumentaa kattilan vastuksia, jotka kuumentavat kattilassa olevan veden. Kuuma vesi syötetään suoraan kaukolämpöverkkoon tai lämpövarastoon. Sähkökattilat ovat joustavia järjestelmiä, sillä niitä voidaan käyttää sähköhinnan ollessa alhaalla tai silloin kun lämmöntarve on korkeimmillaan. Ne täydentävät

muita lämmöntuotantomenetelmiä varsinkin silloin kun lämmön tarve on korkeimmillaan. Lämpöpumput, sähkökattilat ja lämpövarastot muodostavat yhdessä järjestelmän, jonka avulla lämmöntuotantoa voidaan optimoida tehokkaalla ja joustavalla tavalla. [13, s. 26–29.]

Lämmöntuotannon sähköistäminen on kiinnostava vaihtoehto erityisesti sen joustavuuden vuoksi. Se mahdollistaa sähkön hinnanvaihteluiden tehokkaan hyödyntämisen. Joustava kapasiteetti on hyödyllinen ominaisuus energiajärjestelmän kannalta, sillä se mahdollistaa tuotannon optimoinnin energian hinnan ja saatavuuden perusteella. Sähkömarkkinoilla on odotettavissa yhä suurempia hinnanvaihteluita, mikä johtuu kasvavasta sähkön tuotantokapasiteetista ja sen monipuolistumisesta. Kehityssuunta avaa uusia mahdollisuuksia lämmöntuotannon sähköistämiseksi. Erityisesti silloin kun sähköä voidaan tuottaa edullisesti uusiutuvilla energianlähteillä, kuten tuuli- ja aurinkovoimalla. [13, s. 26–29.]

### 2.3 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytyksessä käytetään vastaavaa lämpöpumpputeknologiaa kaukolämmön kanssa. Samoilla lämpöpumpuilla tuotetaan usein lämpöä sekä jäähdytystä. Kaukojäähdytyksessä kylmä vesi kiertää kiinteistöissä ja poistaa ylimääräistä lämpöenergiaa siirtämällä sen yrityksen kaukokylmäverkkoon. Kun vesi on jäädyttänyt kiinteistön ja sitonut lämpöenergiaa, se palaa takaisin keskitettyyn laitokseen, jossa se jäähdytetään uudelleen ennen seuraavaa kiertoa. Myös kaukojäähdytystä tuotetaan keskitetyllä tuotannolla. Suuret lämpöpumpputyksiköt vähentävät kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Muutamilla suurilla kaukolämpöpumpuilla voidaan korvata jopa tuhansia kiinteistökohtaisia lämpöpumppuja. Lämpöpumppujen lisäksi osa kaukojäähdytyksestä tuotetaan vapaajäähdytyksellä. Vapaajäähdytyksessä hyödynnetään vesistöjen ja ulkoilman energiaa aina kun lämpötila on riittävän alhainen. [14.]

Kaukojäähdytyksen kysyntä on ollut kasvussa, ja sitä on saatavilla yhä useammalla paikkakunnalla. Sitä on saatavilla ainakin Helsingissä, Espoossa, Tampereella, Turussa ja Porissa. Kaukojäähdytyksen asiakkaina ovat yleensä

kauppakeskukset, toimistot, sairaalat ja muut isot julkiset tilat. Osansa tarvitsevat myös uudet datakeskushankkeet. Niiden palvelimet tuottavat huomattavan määrän lämpöenergiaa, joten jäähdytys on perusedellytys niiden toiminnan kannalta. Lämpöpumppujen avulla datakeskukset pystytään jäähdyttämään ja niiden tuottama hukkalämpö voidaan ottaa talteen. [14.]

### **3 Kunnossapito**

Kunnossapito on määrätietoista ja tavoitteellista toimintaa, jolla pyritään varmistamaan laitteiden sekä järjestelmien toimintavarmuus. Sillä on oleellinen vaikutus tuottavuuteen, turvallisuuteen ja ympäristöön. Kunnossapito on laaja-alainen ja monipuolinen käsite. Se ottaa huomioon teknisten toimintojen lisäksi myös taloudelliset ja hallinnolliset toimet. Teollisuuden yrityksille kunnossapidon kokonaisuuden hallinta on välttämätöntä menestyvän liiketoiminnan kannalta. Se auttaa yrityksiä saavuttamaan korkean tuottavuustason, samalla pitäen huolta turvallisuudesta ja ympäristöstä.

PSK- ja SFS-standardeissa kunnossapidon käsite on määritelty seuraavalla tavalla:

PSK 6201 kansallinen standardi:

”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana” [15, s. 3.]

SFS-EN 13306 eurooppalainen standardi:

”Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikejohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon” [16, s. 5.]

Erilaiset standardit ovat hyödyllisiä työkaluja kunnossapidon käsitteiden tarkastelussa. Standardit tarjoavat yhtenäisiä käytäntöjä, jotka ovat selkeästi määriteltyjä ja helposti ymmärrettäviä. Tämä auttaa yrityksiä lähestymään kunnossapitoa johdonmukaisella tavalla. Useimmat standardit ovat myös linjassa paikallisten ja kansainvälisten säädösten kanssa. Kunnossapidon pysyminen lainsäädännön vaatimusten mukaisena on yritystoiminnan perusedellytys. Standardit ottavat kantaa myös riskien ja laadunhallinnan teemoihin. Minimivaatimukset ja suositukset auttavat varmistamaan asianmukaisten käytäntöjen toimeenpanon. [17.]

### 3.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapitoa käsittelevässä kirjallisuudessa ja kunnossapidon standardeissa käytetään usein apuna kunnossapitolajien luokittelua. Tämä luokittelu ei ole kuitenkaan täysin yhtenäistä sisällöltään tai terminologialtaan. Niitä yhdistää kuitenkin se, että kaikissa luokitteluissa pyritään jakamaan kunnossapidon toimenpiteet ja strategiat selkeisiin kategorioihin. Luokittelu auttaa tunnistamaan kunnossapidon eri osa-alueet. Se tarjoaa viitekehyksen kunnossapidon priorisointiin ja hallintaan.

Kunnossapitolajit voidaan jakaa PSK 6201 -standardin mukaisesti kahteen eri pääluokkaan. Nämä pääluokat ovat suunniteltu kunnossapito ja suunnitteleman kunnossapito. Pääluokat on jaettu useampiin kunnossapitolajien alaluokkiin, jotka määrittävät kunkin alaluokan toimenpidetyypin. Kuvien 5 ja 6 kaaviot esittävät standardin mukaiset käsitteet. [15, s. 26.]

#### 3.1.1 Suunniteltu kunnossapito

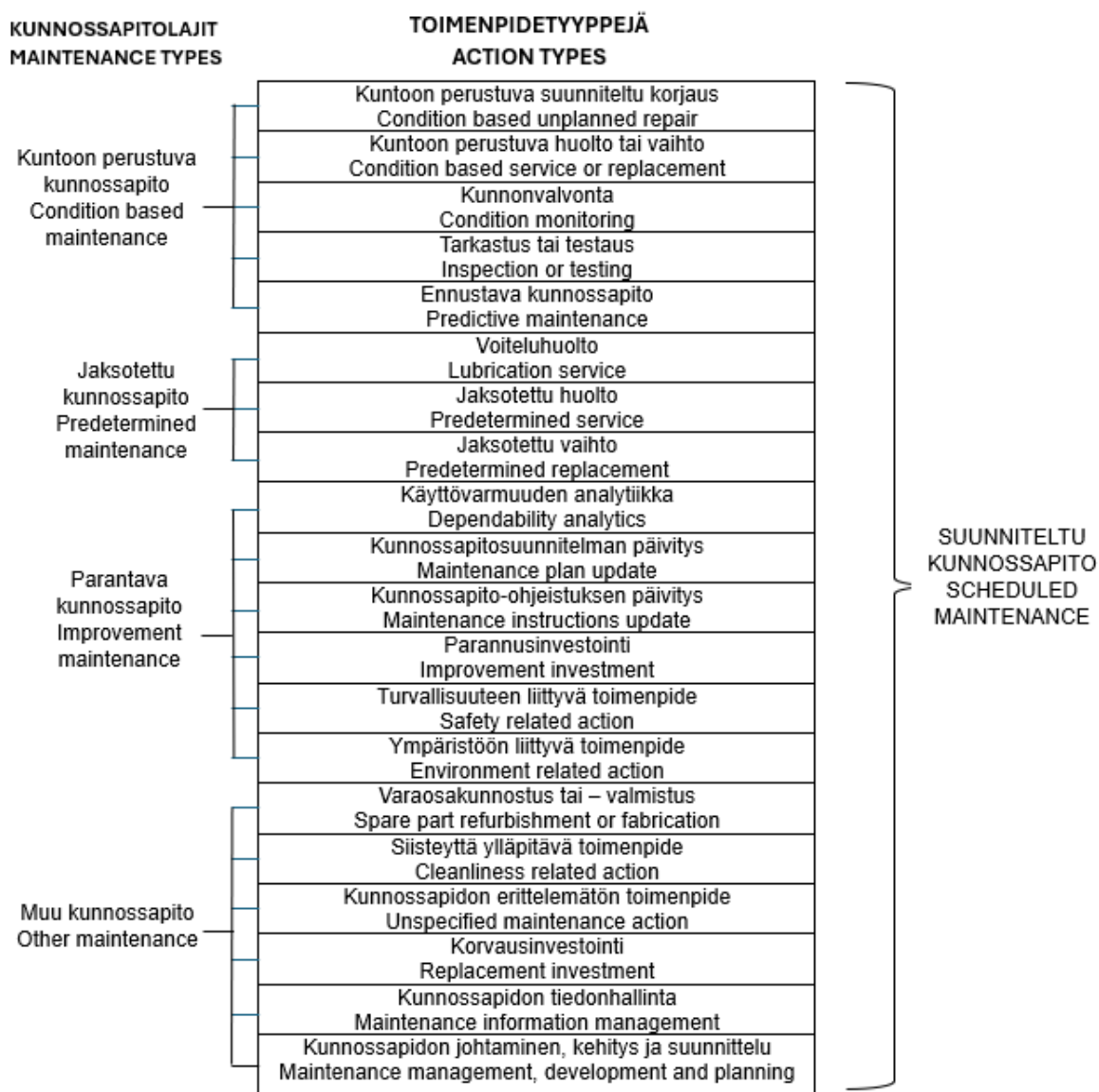
PSK 6201 -standardin mukainen suunniteltu kunnossapito voidaan jakaa neljään eri alaluokkaan kuvan 5 mukaisesti. Näitä alaluokkia ovat kuntoon perustuva kunnossapito, jaksotettu kunnossapito, parantava kunnossapito sekä muu kunnossapito. [15, s. 26–27.]

Jokaisella kunnossapidon alaluokalla on omat toimenpidetyypinsä. Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon kuuluu laitteiden ja järjestelmien kunnonvalvonta, tarkastukset, testaukset sekä kuntoon perustuvat suunnitellut huollot. Kunnonvalvonnan aikana tehdyt havainnot ovat tärkeitä, jotta korjaustoimenpiteet saadaan tehtyä ajoissa ennen mahdollisia vikatilanteita. [15, s. 26–27.]

Jaksotettu kunnossapito perustuu pääosin ennalta määritetyin väliajoin tehtäviin toimenpiteisiin. Näitä toimenpidetyyppejä ovat voiteluhuolto, jaksotettu huolto ja jaksotettu vaihto. Vuosihuollot ovat hyvä esimerkki säännöllisesti jaksotetusta kunnossapidosta, jolla on iso merkitys laitteiston elinkaareen. Jaksotukset tehdään laitteen tai järjestelmän käyttötuntien sekä käyttöympäristön ja valmistajan suositusten pohjalta. [15, s. 26–27.]

Parantavaan kunnossapitoon kuuluu teknisten toimien lisäksi myös taloudelliset ja hallinnolliset toimenpiteet. Parannusinvestoinnit, turvallisuuteen ja ympäristöön liittyvät toimet sekä kunnossapidon analytiikka. Yleensä sen tavoitteena ei ole pelkästään jonkin yksittäisen laitteen huolto tai korjaus, vaan koko kunnossapitojärjestelmän kokonaisvaltainen kehittäminen. [15, s. 26–27.]

Muu kunnossapito pitää sisällään enimmäkseen taloudellisia ja hallinnollisia toimia. Niitä ovat esimerkiksi parannusinvestoinnit ja varaosien hallinnointi tehtävät. Samaan kategoriaan menevät myös muut määrittelemättömät toimenpiteet. [15, s. 26–27.]



Kuva 5. PSK 6201 -standardin mukainen suunniteltu kunnossapito [15, s. 26].

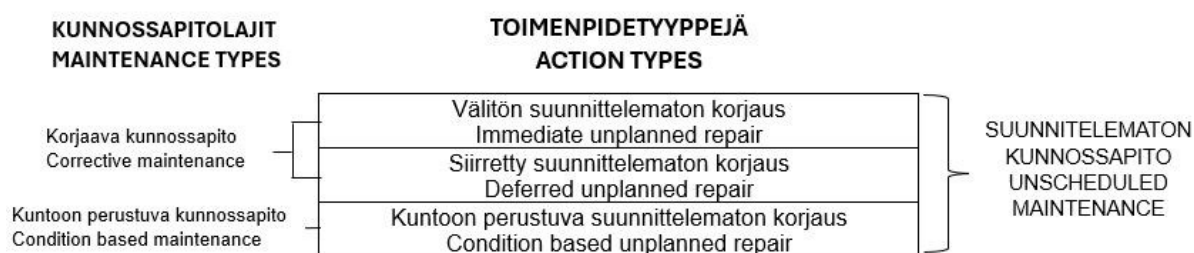
### 3.1.2 Suunnittelematon kunnossapito

PSK 6021 -standardin mukainen suunnittelematon kunnossapito voidaan jakaa kahteen eri alaluokkaan kuvan 6 mukaisesti. Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon ja korjaavaan kunnossapitoon. [15, s. 26–27.]

Kuntoon perustuva kunnossapito sisältää kuntoon perustuvat suunnittelemattomat korjaukset. Toimenpiteet eivät ole ennalta suunniteltuja vaan ne perustuvat analyysin laitteiden kunnosta. Ne perustuvat lähestymistapaan, jossa

huoltotoimenpiteet suoritetaan vain silloin, kun kunnonvalvonta osoittaa sen tarpeen. Tällaisia kunnonvalvonnan aikana havaittuja merkkejä voivat olla laitteen vikaantuminen, heikentynyt suorituskyky, epätavalliset äänet, paine- ja lämpötilamuutokset sekä energiankulutuksen lisääntyminen. Näiden merkkien perusteella on mahdollista tehdä välittömiä huoltotoimenpiteitä ja minimoida mahdolliset seisokit. [15, s. 26–27.]

Korjaava kunnossapito tarkoittaa kunnossapitotoimenpiteitä, jotka tehdään laitteelle tai järjestelmälle sen jälkeen, kun vika on jo ilmennyt. Se on yleensä kiireellistä, koska sen tavoitteena on varmistaa, että laitteisto saadaan takaisin käyttöön mahdollisimman nopeasti. Tällaisia standardin mukaisia toimenpidetyyppejä ovat välitön suunnitteleman korjaus ja siirretty suunnitteleman korjaus. [15, s. 26–27.]



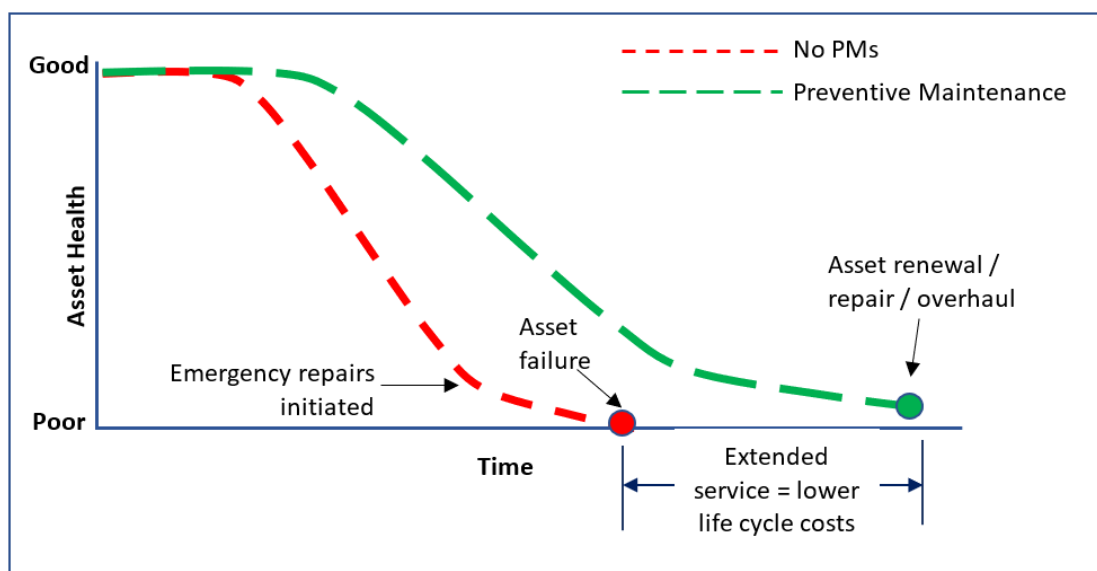
Kuva 6. PSK 6201 -standardin mukainen suunnitteleman kunnossapito [15, s. 26].

### 3.2 Ennakkohuoltosuunnittelun perusteet

Ennakkohuoltosuunnittelulla on tärkeä rooli nykypäivän kunnossapitostrategian laadinnassa. Suunnittelun tavoitteena on kehittää toimintatapoja, joilla voidaan ennaltaehkäistä laitteiden ja järjestelmien vikaantumista sekä niistä johtuvia odottamattomia tuotannonmenetyksiä. Laitteiden käyttövarmuuden kehittämisellä on suora vaikutus myös kunnossapidon kustannustehokkuuteen. Suunnittelu auttaa optimoimaan ennakkohuoltotoimenpiteisiin käytettävät resurssit kuten työvoiman, kustannukset ja varaosat. Nykyaikaisen ennakkohuoltosuunnittelun kulmakiviä ovat erilaiset kunnossapitojärjestelmät, jotka helpottavat laajojen kokonaisuuksien hallintaa ja varmistavat huoltotoimenpiteiden sujuvan

toteutuksen. Näiden järjestelmien hyödyntäminen on tärkeässä roolissa, kun tavoitellaan kunnossapidon tehokasta kehittämistä. [18.]

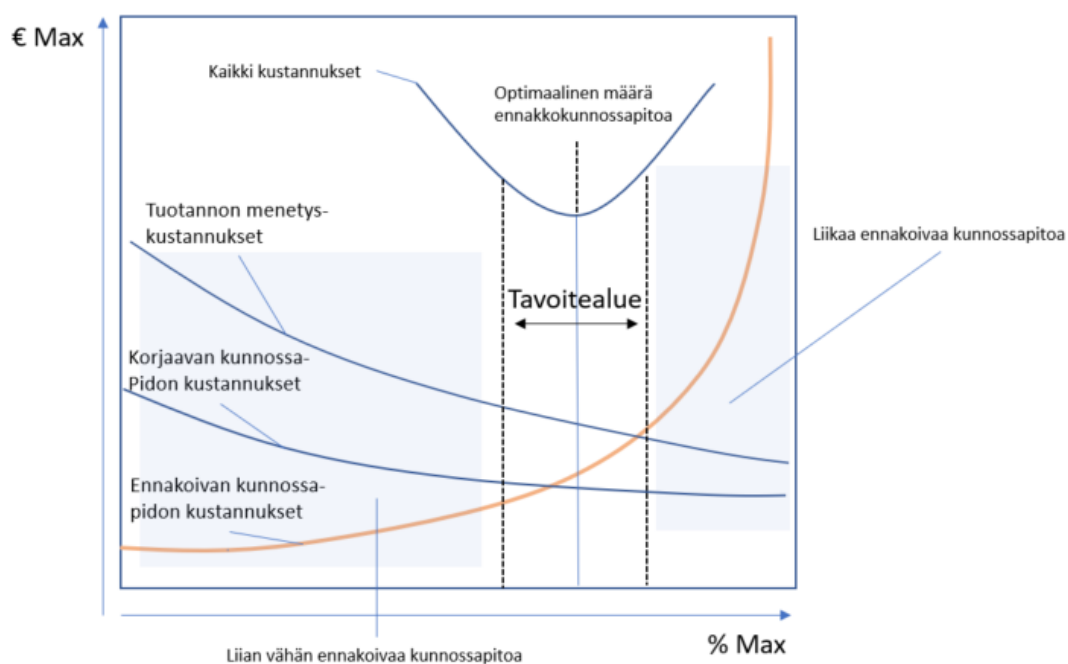
On tärkeää ymmärtää, että jos ennakoiva kunnossapito jätetään tekemättä, niin tulevaisuudessa joudutaan käyttämään enemmän resursseja korjaavaan kunnossapitoon. Siinä tapauksessa vikaantumisia tapahtuu useammin ja se johtaa laitteen elinkaaren lyhenemiseen. Vikaantuneeseen laitteeseen joudutaan käyttämään huomattava määrä resursseja. Huonoimmassa tapauksessa laite joudutaan vaihtamaan kokonaan uuteen, jättäen sen elinkaaren odotettua lyhyemmäksi. Kuvassa 7 on havainnollistettu, kuinka ennakoivat kunnossapitotoimet pidentävät laitteiden elinkaarta. [19.]



Kuva 7. Laitteen elinkaaren kuvaus [20].

Ennakoivan kunnossapidon kustannuksien täytyy olla kannattavia suhteessa laitteen vikaantumisesta aiheutuviin tuotannon menetyksiin. Suunnittelussa täytyy tähdätä optimaaliseen kunnossapidon määrään. Eli ennakoivaa kunnossapitoa ei pitäisi olla liian vähän, mutta ei myöskään liian paljoa. Molemmat ääripäät johtavat taloudellisiin menetyksiin. Kuvassa 8 on havainnollistettu huomioon otettavat tekijät, jotka vaikuttavat ennakkokunnossapidon optimaaliseen määrään. Niitä ovat tuotannon menetyskustannukset, korjaavan kunnossapidon

kustannukset ja ennakoivan kunnossapidon kustannukset. Ne muodostavat yhdessä tavoitealueen, johon ennakkohuoltosuunnittelussa tulisi pyrkiä. [19]



Kuva 8. Ennakkohuollon tavoitealue [19.]

Yleensä ennakkohuoltosuunnittelussa huomioidaan ainakin nämä tekijät:

- laitteen kriittisyys
- laitteen huoltohistoria
- laitteen varaosien saatavuus
- käyttöolosuhteet
- huoltotoimenpiteiden aikataulut
- raportointi ja dokumentointi
- kustannukset
- lainsäädäntö
- resurssit.

Näiden tekijöiden pohjalta on mahdollista luoda ennakkohuoltosuunnittelun ohje. Ohjeen tehtävä on varmistaa, että laitteiden huoltoon on olemassa järjestelmällinen ja standardisoitu lähestymistapa. Tällainen malli voi olla laitospohjainen tai kaikkiin yrityksen laitoksiin sopiva. Siihen vaikuttavat yrityksen tarpeet ja laitoksissa olevien laitteiden erityispiirteet.

### 3.3 Tietojärjestelmät ja data

Kunnossapidon tietojärjestelmät (CMMS, Computerized Maintenance Management Systems) ovat tärkeitä työkaluja kunnossapidon toiminnanohjauksessa ja materiaalivirtojen hallinnassa. Järjestelmät mahdollistavat kunnossapitotoiminnan suunnittelun, hallinnan ja seurannan. Niillä on erityisen tärkeä rooli teollisuudenaloilla, joissa infrastruktuuri on kriittinen ja vaikeasti korvattavissa. Energiateollisuus on hyvä esimerkki tällaisesta kriittisestä toimialasta, jossa laitteiden ja järjestelmien toimintavarmuus on ensisijaisen tärkeää. [21.]

CMMS-järjestelmien ensimmäiset versiot ovat olleet käytössä 1960-luvulta lähtien. Niiden yleistyminen alkoi kuitenkin 1980–1990-lukujen taitteessa. Tämän kehityksen selittää teknologian kehittyminen, järjestelmien helpompi saatavuus sekä kustannusten lasku. Nykyisin CMMS-järjestelmät ovat integroitu usein myös muihin yrityskohtaisiin tietojärjestelmiin. Integroiminen parantaa tietojen tarkkuutta ja tekee järjestelmien välisestä toiminnasta saumatonta. [22.]

CMMS-järjestelmät sisältävät yleensä ainakin seuraavia toiminnallisuuksia:

- laitetietokannat
- huolto-ohjelmat
- työtilaukset
- työmääräykset
- resurssien hallinta
- raportointi

- dokumenttien hallinta
- kustannusten seuranta.

Kunnossapitojärjestelmien käyttäjät ovat tärkeässä asemassa, sillä he vastaavat uuden tiedon tuottamisesta järjestelmään. He vastaavat myös toiminnan seuraamisesta ja kehittämisestä. Pääkäyttäjinä toimivat yleensä yrityksen oma kunnossapitohenkilöstö. Näiden järjestelmien hyödyntämisen ongelmat liittyvät yleensä niiden alhaiseen käyttöasteeseen, puutteellisten tietojen syöttämiseen ja käytön osaamiseen. Järjestelmien käyttö voidaan kokea liian vaikeaksi ilman asianmukaista koulutusta. [21.]

Laadukkaan kunnossapitodatan merkitys osana kunnossapidon kokonaisuutta on kasvanut jatkuvasti. Sen kerääminen ja hyödyntäminen on äärimmäisen tärkeää organisaation kokonaiskuvan kannalta. Mitä enemmän laadukasta dataa on saatavilla, sitä selkeämpi kokonaiskuva kunnossapidon tarpeista on mahdollista luoda. Nykyiset CMMS-järjestelmät mahdollistavat valtaviin datamääriin keräämisen ja analysoinnin. Olennaisen tiedon keräämiseen keskittyminen on tärkeää, sillä sen avulla varmistetaan että analyysit perustuvat relevantteihin ja käyttökelpoisiin tietoihin. [23.]

Automaattisten järjestelmien myötä kunnossapidon ennakoitavuutta on pystytty parantamaan. Laitteiden suorituskykyä pystytään seuraamaan reaaliajassa. Tämän takia laitteistojen ongelmia voidaan tunnistaa ennen kuin ne johtavat todelliseen vikaantumiseen. Seuraavat esimerkit ovat tapauksia, jossa jokin datapointeista voi paljastaa laitteen huoltotarpeen.

Värähtelymittaukset: Laitteen epänormaalit värähtelytasot voivat viitata esimerkiksi laakerivaurioon tai johonkin muuhun ongelmaan, joka vaatii välittömiä toimenpiteitä.

Lämpötilamittaukset: Laitteen komponenttien äkillinen lämpötilan nousu voi viitata ylikuormitukseen tai jäähdytysongelmiin.

Virrankulutus: Virrankulutuksen äkillinen nousu voi viitata laitteen vikatilaan tai siihen, että laitteella on poikkeuksellisen kova kuormitus.

Kunnossapidosta kertyvän datan ja teknisen tiedon laatu on usein heikkoa tai puutteellista. Tämä johtuu tyypillisesti siitä, että kirjauksia ei tehdä kunnossapitojärjestelmiin tarpeeksi usein. Myös tehtyjen kirjauksien heikko laatu vaikuttaa organisaation toimintaan haitallisella tavalla. Puutteet ja vanhentuneet tekniset tiedot voivat johtaa kunnossapidon henkilöresurssien sekä ajan tuhlaamiseen. Pahimmassa tapauksessa puutteet voivat heijastua yrityksen johtoportaaseen ja sitä kautta koko organisaationrakenteeseen. [23.]

Laadukas kunnossapitodata perustuu sen ajantasaisuuteen ja luotettavuuteen. Korkea kirjauksien määrä sekä kattava ja yksityiskohtainen raportointi tukevat onnistunutta dokumentaation hallintaa. Kertynyttä datahistoriaa voidaan käyttää pidemmän aikavälin kunnossapitosuunnittelussa. Tämä voi vaikuttaa yrityksen investointipäätöksiin ja luoda entistä tarkemman kuvan kunnossapidon eri toiminnoista. Laadukas kunnossapitodata voi antaa yritykselle edun muihin kilpailijoihin nähden. Varsinkin silloin kun tarkastellaan kunnossapidon päivittäistä tekemistä sekä pitkän aikavälin kehitystä. [23.]

### 3.3.1 Reaaliaikainen data

Reaaliaikainen data on ajantasaista dataa, jota saadaan välittömästi prosessinaikaisista tapahtumista. Tällaista dataa saadaan esimerkiksi erilaisten mittalaitteiden avulla. Mittalaitteet keräävät tietoa prosessilaitteiden kriittisistä parametreistä, kuten lämpötilasta ja paineesta. Teollisuuden yleisimpiä mittalaitteita ovat erityyppiset anturit ja sensorit, jotka lähettävät reaaliaikaista prosessidataa lähes jatkuvalla syötöllä. Lähetetty data käsitellään usein automaattisesti ennalta määritettyjen algoritmien tai tiedonkeruujärjestelmien avulla. Automaattinen käsittely mahdollistaa sen, että data on ajantasaista eli siihen voidaan luottaa. [24.]

Reaaliaikaisen datan käsittelyssä on kuitenkin myös omat haasteensa. Keskeytymätön datan keräys kerryttää valtavia määriä informaatiota, joka täytyy käsitellä ja skaalata ennen sen analysointia. Koska datan määrä nousee niin suureksi, se aiheuttaa haasteita analysoinnin tehokkuudelle. Dataa ei ole mahdollista tallentaa rajoittamatonta määrää, joten sen suodatus riippuu asetetuista parametreista. [24.]

### 3.3.2 Tilastollinen data

Tilastollinen data on tietoa, jota on kerätty sellaiseen muotoon, että sitä voidaan analysoida tilastollisin menetelmin. Tällaista dataa voidaan kerätä mittauksista, havainnoista, kirjauksista ja muista tiedoista. Kerätty data lajitellaan tietokantojen avulla, jotta sitä pystytään hyödyntämään. Tilastollisen datan avulla voidaan ennustaa laitteiden vikaantumisten ajankohtaa ja syytä. Menetelmä tunnistaa toistuvia trendejä datan pohjalta, mikä mahdollistaa luotettavien ennusteiden tekemisen. Luotettavuusanalyysi (RA, Reliability Analysis) on yksi näistä tilastoihin perustuvista menetelmistä, joka hyödyntää aikaisempia vikaantumistietoja. Myös käyttöikäanalyysi (MTBF, Mean Time Between Failures) tehdään tilastollisten menetelmien avulla. Se auttaa arvioimaan keskimääräistä aikaa ennen vikaantumista. Näin saadaan hyvä arvio laitteen odotetusta elinkaaresta. [25, s. 4–6.]

## 4 Kriittisyysluokittelu

Kriittisyysluokittelu on systemaattinen menetelmä laitoksen järjestelmien ja laitteiden luokitteluun. Siinä järjestelmät ja laitteet luokitellaan eri kriittisyysluokkiin, ennalta määritettyjen kriteerien perusteella. Tarkoitus on kuvata laitteeseen liittyvän riskin suuruutta. Sen avulla määritetään tärkeimmät laitteet, joille kunnossapidon kehitystoimia tulisi kohdistaa. Näin tärkeimpiä toimenpiteitä ja investointeja voidaan ohjata oikeisiin kohteisiin. [26.] Kriittisyysluokittelussa otetaan huomioon yleensä ainakin seuraavat kriteerit.

- ympäristöriskit

- turvallisuusriskit
- taloudelliset vaikutukset
- tuotannolliset vaikutukset.

Näiden kriteerien painotus voi kuitenkin vaihdella yrityksen oman kriittisyysluokittelumallin mukaan. Suurin osa yrityksistä käyttää standardeihin pohjautuvia luokittelumenetelmiä. Standardit tarjoavat valmiin kriittisyysluokittelumallin, jota on mahdollista muokata yrityksen oman tarpeiden mukaiseksi. Painoarvot ja kriteerit ovat helposti muokattavissa. [26.]

PSK 6800 on kansallinen standardi, joka on luotu teollisuuden eri kohteiden kriittisyyden arviointiin. Kriittisyyden arviointi painottuu luokitteluun taloudellisten vaikutusten perusteella. Muita arviointiperusteita ovat ympäristövaikutukset ja henkilöturvallisuus. [27, s. 3.]

PSK 6800 -standardi määrittelee kriittisyyden käsitteen seuraavalla tavalla:

”Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla” [27, s. 2.]

Kohde	Painoarvo W	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit Ws = 30	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta  2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2-5 vuotta  4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5-2 vuotta  8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 - 0,5 vuotta	Ms = 0	Ei turvallisuusriskiä
			Ms = 2	Vähäinen turvallisuusriski
			Ms = 4	Kohtalainen turvallisuusriski
			Ms = 8	Merkittävä turvallisuusriski
			Ms = 16	Vakava turvallisuusriski
			Me = 0	Ei ympäristöriskiä
	Ympäristöriskit We = 20		Me = 2	Vähäinen ympäristöriski
			Me = 4	Kohtalainen ympäristöriski
			Me = 8	Merkittävä ympäristöriski
			Me = 16	Vakava ympäristöriski
			Mp = 0	Laitteen toimimattomuudella ei ole merkitystä osaprosessille tai osastolle
			Mp = 1	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi ( esimerkiksi <3 h)
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetys wp = 0.. 100	Mp = 2	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi ( esimerkiksi <10 h)	
		Mp = 3	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi ( esimerkiksi 10 - 2 h)	
		Mp = 4	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi ( esimerkiksi >24 h)	
		Mq = 0	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia	
		Mq = 1	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi < 1 h)	
	Laatukustannus Wq = 30	Mq = 2	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi < 3 h)	
		Mq = 3	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi < 3-8 h)	
		Mq = 4	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 8 h)	
		Mr = 0	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin	
		Mr = 1	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi < 2 h)	
Korjaus- tai seurauskustannukset	Korjaus- tai seurauskustannus wr = 20	Mr = 2	Kesinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi < 10 h)	
		Mr = 3	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi < 10 - 24 h)	
		Mr = 4	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 24 h)	

Kuva 9. Laitetason kriittisyyden tekijät [27, s. 7].

Kuvan 9 taulukossa kriittisyyssluokittelun painoarvot muodostuvat turvallisuusriskeistä, ympäristöriskeistä, tuotannon menetyksestä, laatukustannuksista sekä korjaus- tai seurauskustannuksista. Laitteen taulukon mukainen kriittisyysindeksi K lasketaan seuraavalla kaavalla. [27, s. 7.]

$$K = p \times (Ws \times Ms + We \times Me + Wp \times Mp + Wq \times Mq + Wr \times Mr). [27, s. 7.]$$

## 5 Kehitystyö

Fortumin Suomenojan voimalaitoksen kunnossapidossa on kiinnitetty entistä enemmän huomiota ennakkohuoltosuunnittelun tärkeyteen ja sen kokonaisvaltaiseen kehitykseen. Organisaation kehityksessä painotetaan tarvetta vahvistaa ennakkohuoltosuunnittelun osaamista. Tämä tarkoittaa uusien asiantuntevien työntekijöiden kouluttamista sekä uusien menetelmien ja työkalujen käyttöönottoa. Osaamisen kehittäminen tukee kunnossapidon ennakkohuoltosuunnittelua, jolla on suora vaikutus voimalaitoksen operatiiviseen toimintaan.

Tällä hetkellä voimalaitoksen kunnossapitotoiminta kaipaa tueksi selkeää ennakkohuoltosuunnittelun ohjetta, jonka pohjalta ennakkohuoltoja voitaisiin suunnitella ja toteuttaa mahdollisimman yhtenäisillä toimintatavoilla. Kehitystyö toimii pohjatyönä ennen varsinaisen ohjeen kokoamista, luoden perustan ohjeen rakenteelle ja sisällölle.

Fortumilla on käytössään useita tietojärjestelmiä, mikä aiheuttaa omat haasteensa tiedonhallinnan ja integraation osalta. Tämä on kuitenkin otettu huomioon, sillä Fortum aikoo ottaa käyttöön uuden metadataan perustuvan dokumenttienhallintajärjestelmän. Uusi dokumenttienhallintajärjestelmä tulee mahdollistamaan tietojärjestelmien välisen integraation ja datan hallinnan. Järjestelmä mahdollistaa tiedon siirron eri järjestelmien välillä. Tämä helpottaa dokumentaatiota, tietojen hallittavuutta ja niiden löydettävyyttä.

### 5.1 Kehitystyön kohteet

Fortumin Suomenojan voimalaitos sijaitsee Espoossa Suomenlahden rannalla. Kyseessä on CHP-laitos, eli lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos. Sen tuotantoyksiköt tuottavat kaukolämpöä ja jäähdytystä sekä sähköä Espoon, Kauniaisien ja Kirkkonummen alueen asiakkaille. Alueen kaukolämpöverkoston pituus on noin 900 km. [28.]

Suomenojan voimalaitos otettiin tuotantokäyttöön vuonna 1977, jonka jälkeen voimalaitoskokonaisuus on kokenut useita laajennuksia ja prosessimuutoksia. Voimalaitoksen ensimmäinen yksikkö oli kivihiiltä polttoaineena käyttävä laitospöytäyksikkö SO1. Se koostui hiilipöytäkattilasta ja höyryturbiinigeneraattorista, jotka tuottivat sähköä ja kaukolämpöä. Myöhemmin sen yhteyteen rakennettiin rikinpoistolaitos, jonka tehtävänä oli puhdistaa prosessista aiheutuvat savukaasut. Toinen merkittävä laajennus tapahtui vuonna 1989, kun maakaasua polttoaineena käyttävä tuotantoyksikkö otettiin käyttöön. Myöhemmin vuonna 2009 voimalaitoksen kolmas maakaasukäyttöinen tuotantoyksikkö otettiin käyttöön. Se pienensi kivihiihellä toimivan laitoksen käyttöä merkittävästi. Alueen viimeisimpiä päivityksiä ovat olleet lämpöpumppu ja sähkökattilalaitokset. Nämä laitokset kuuluvat ennakkosuunnittelun kehitysohjelmaan, joten niistä on tehty omat tarkemmat kohdekuvaukset luvuissa 5.1.1 ja 5.1.2. [28.]

Voimalaitosalueella sijaitsee myös 20 000 m<sup>3</sup>:n lämpöakku. Lämpöakun veteen voidaan varastoida 800 MWh:n edestä lämpöenergiaa. Se parantaa voimalaitoksen energiatehokkuutta ja kaukolämmön toimitusvarmuutta. [28.]

Fortum on pystynyt korvaamaan polttavaan teknologiaan perustuvaa lämmöntuotantoa, näin vähentäen lämmöntuotannosta aiheutuvien päästöjen määrää. Sen käyttämä sähkö hiilidioksidivapaata ja alkuperävarmennettua. Tämä on tärkeä asia, sillä fossiililla polttoaineella tuotettu sähkö ei välttämättä vähentäisi kaukolämpötuotannon kokonaispäästöjä. Sen takia on oleellista, että käytetty sähkö on hiilidioksidivapaata ja perustuu uusiutuviin energianlähteisiin.

### 5.1.1 Sähkökattilalaitos (SO11)

Suomenojan sähkökattilalaitos aloitti toimintansa vuonna 2023. Se on osa Espoon Clean Heat -hanketta, jonka aikana kaukolämmöntuotanto muutetaan hiili-neutraaliksi vuoteen 2030 mennessä. Laitoksen kahdella 50 MW:n sähkökattilalla tuotetaan hiilidioksidivapaata kaukolämpöä. Niillä pystytään kattamaan noin 10 % alueen kaukolämmöntarpeesta. Laitos on rakennettu jo käytöstä poistetun kivihiihikattilan tilalle, tällä tavoin vapautunutta laitostilaa on pystytty

hyödyntämään mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Sähkökattiloilla lämmitetty vesi syötetään suoraan kaukolämpöverkkoon tai varastoidaan Suomenojan lämpöakkuun. Lämpöakun avulla alueen kaukolämmön kysyntäpiikkeihin pystytään vastaamaan joustavalla tavalla. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi aamuisin ja iltapäivisin tapahtuvat kysyntäpiikit. [29.]

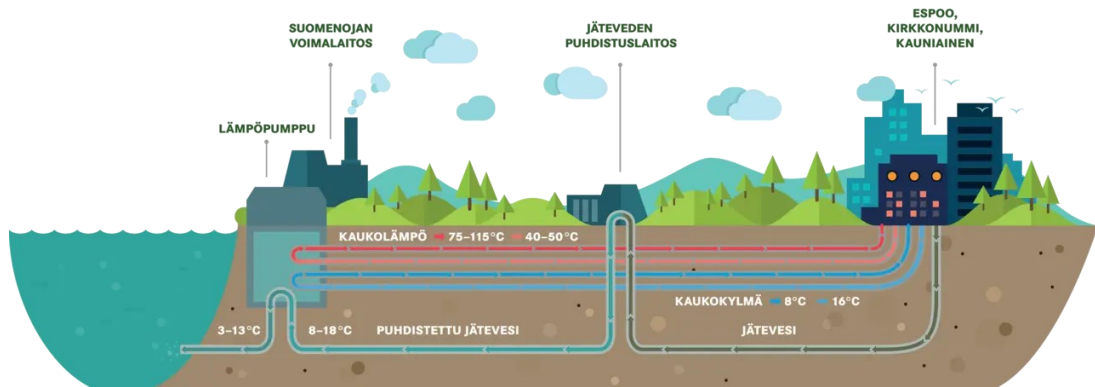
Sähkökattilalaitosta voidaan operoida monilla eri tavoilla, riippuen tilanteesta ja olosuhteista. Käytettävissä olevat ajotavat on suunniteltu vastamaan laitoksen erilaisia tarpeita. Kaukolämpöveden priimausajoa käytetään tyypillisesti talviaikaan. Tällöin lämpöpumppulaitokselta sähkökattilalaitokselle tuleva kaukolämpövesi tarvitsee optimointia, eli sen lämpötila pitää nostaa sopivaksi kaukolämpöverkkoa varten. Kesäaikaan sähkökattilat eivät lämmitä kaukolämpövedettä, sillä laitoksen tehtävä on pitää huoli kaukolämpöveden kierrosta verkossa. Sähkökattilalaitoksen erillisajon aikana laitoksen operaattori määrää virtausmittauksen asetusarvon ja halutun kattilatehon. Näin laitosta voidaan ajaa erillään yhdellä tai kahdella kattilalla. Kysyntäjoustolla tuetaan sähköverkkoa tarpeen mukaan nopealla säädöllä tehon ja virtauksen osalta. [29.]

Erilaisilla ajotavoilla mahdollistetaan, että laitoksen toiminta on mahdollisimman tehokasta ja joustavaa erilaisissa käyttötilanteissa. Sähkökattilalaitoksen ajotapaa voidaan vaihtaa kattilan ollessa päällä. Vaihto on kuitenkin suojattu lukituksilla virheellisten operointien estämiseksi. Ajotavan vaihto onnistuu tietyin varauksin, jotka on määritelty Fortumin sisäisissä toimintatavoissa. [29.]

### 5.1.2 Lämpöpumppulaitos (SO4)

Suomenojan lämpöpumppulaitos aloitti toimintansa vuonna 2015. Sen lämpöpumppuratkaisun avulla, puhdistetun jäteveden hukkalämpö pystytään hyödyntämään kaukolämmöntuotannossa. Kesäisin hukkalämpöä kerätään talteen myös merivedestä. Lämpöpumppuyksiköillä saadaan katettua jopa 15 % koko Espoon kaukolämmön tarpeesta. Se tarkoittaa, että lämpöä saadaan talteen arvioilta noin 15 000 omakotitalon vuosikulutuksen verran. Kuva 10 esittää lämpöpumppulaitoksen kaukolämmön ja kaukokylmän kiertoa. Kaukolämpöveden lämpötila

asiakkaille lähtiessä on tilanteen mukaan 75–115 °C. Asiakkailta palatessa viilentyneen kaukolämpöveden lämpötila on 40–50 °C. Laitos tuottaa asiakkailleen myös kaukokylmää. Kaukokylmävesi on lähtiessä 8 °C, palatessa se on noin 16 °C. [30.]



Kuva 10. Suomenojan lämpöpumppulaitos [30].

Puhdistetun jäteveden toimittamisesta vastaa Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). Fortumin ja HSY:n yhteistyö on kannattavaa molemmille osapuolille, niin taloudellisten kuin myös ympäristönäkökulmien kannalta. Yhteistyön tuloksena säästetään luonnonvaroja ja vähennetään päästöjä sekä pienennetään vedenpuhdistamisen ympäristövaikutuksia. Puhdistettu jätevesi tulee Espoon, Kauniaisten, Kirkkonummen ja Vantaan länsiosista. Veden lämpötila ennen lämmöntalteenottoa on noin 8–18 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen vesi on viilentynyt 5 °C:lla noin 3–13 °C:n lämpötilaan. Sen jälkeen vesi johdetaan purkutunneliin, josta se päättyy lopulta mereen. [30.]

## 5.2 Fortumin kriittisyysluokittelumalli

PSK 6800 -standardista lähtöisin oleva Fortumin kriittisyysluokittelumalli perustuu prosessiposition kriittisyyden luokitteluun asteikolla 1–4. Kriittisyysluokittelu tehdään arvioimalla vikaantumisen todennäköisyyttä sekä vikaantumisen aiheuttamia prosessipositiokohtaisia vaikutuksia. Jokainen luokittelukriteeri arvioidaan käyttämällä kuvan 11 mukaista kriteerikohtaista riskimatriisia. Riskit arvioidaan asteikolla 1–4. Riskimatriisin kriteerit ja kategoriat määräytyvät arvioitavan

laitostyyppin mukaan. Esimerkiksi ydinvoimalaitoksen riskikriteerit eroavat lämpövoimalaitoksen kriteereistä. [31.]

Repair Cost		Probability	1/100 months	1/10- 36 months	1/36-120 months	1/3-120 months
Consequence			1	2	3	4
1	1	1	1	2	2	3
2	2	1	1	2	3	4
3	3	1	1	3	4	4
4	4	2	2	4	4	4

Loss of Production - electricity		Probability	1/100 months	1/10- 36 months	1/36-120 months	1/3-120 months
Consequence			1	2	3	4
1	1	1	1	2	2	3
2	2	1	1	2	3	4
3	3	1	1	3	4	4
4	4	2	2	4	4	4

Kuva 11. Fortumin riskimatriisi [31].

Fortumilla on käytössään kriittisyysluokittelua varten luotu Excel-pohja, jota voidaan käyttää kriittisyysluokkien muodostamiseen isoina lukumäärinä. Se sisältää riskimatriisien lisäksi analyysiin käytettäviä tilastien työkaluja. Sen hyödyntämiseen tarvitaan laite tai prosessikohtainen luettelo seuraavista perustiedoista:

- laitteen tunnus (KKS-koodausstandardilla tai vastaava)
- toimittaja ja valmistaja
- malli / tyyppi
- materiaali.

Kriittisyysluokittelun tuloksia käytetään ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon suunnitteluun, resurssien hallintaan ja kokonaisvaltaiseen toiminnan kehittämiseen. Sillä on oleellinen rooli kunnossapitostrategian ja huoltotoimenpiteiden määrittelyssä. Kriittisyysluokittelun suorittaa laitoksen koulutettu henkilöstö, joka jakaa prosessipositiot seuraaviin luokkiin:

- kriittisyysluokka 1 – kriittinen
- kriittisyysluokka 2 – korkea
- kriittisyysluokka 3 – keskitaso
- kriittisyysluokka 4 – matala
- kriittisyysluokka 0 – Ei määritelty.

Seuraavan esimerkin kriteerit ja kategoriat ovat kohdistettu Fortumin CHC-laitoksille, eli yhdistetyn lämmön ja jäähdytyksen tuotantolaitoksille. CHC-laitosten kriittisyysluokittelu voidaan tehdä 0–2 vuotta tai yli 2 vuotta toiminnassa olleille laitoksille. Tässä esimerkissä tarkastellaan yli 2 vuotta toiminnassa olleiden laitosten kriittisyysluokittelun kriteereitä ja kategorioita.

#### Vikaantumisen todennäköisyys

Yleinen vikaantumisen todennäköisyys jollekin tietylle prosessipositiolle, sijainnille tai laitteistolle. Nämä kriteerit ovat yhteensopivia kaikäntyyppisille laitteille. Laitteen vikaantumisen kriteerit ovat jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

#### Korjauskustannukset

Laitteiden korjauskustannuksien arviointi sisältää välittömät kustannukset, mutta eivät välillisiä kustannuksia. Laitteen korjauskustannukset on jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa

- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

### Tuotannon menetykset

Tuotannon menetys kuvaa laitevian vaikutusta laitoksen tuotantokapasiteettiin. Menetys arvioidaan tulovirran mukaan ja paikkakohtaisen kapasiteetin perusteella. Yhteiset tuotannon menetyksen kriteerit ovat jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

### Sähkönkulutus

Tämä luokittelukriteeri on luotu pelkästään lämpöverkkotoiminnoille. Käsite merkitsee lisääntyntä sähkönkulutusta, joka johtuu häiriöistä ja niistä johtuvista varalaitteiden aktivoinnista. Sähkönkulutuksen kriteerit ovat jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

### Korjausaika

Korjausaika on aikaa, joka kuluu laitteen korjaamiseen siitä hetkestä, kun vika on havaittu, siihen hetkeen kun laite on jälleen käytössä. Korjausaika sisältää valmistelevat työt ja varsinaiset työtoimenpiteet. Korjausajan kriteerit ovat jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

#### Varaosien saatavuus

Varaosien saatavuus tarkoittaa aikaa, joka kuluu varaosan hankkimiseen. Tällä on vaikutus korjausaikaan ja siten myös tuotannon menetyksiin. Varaosien saatavuuden kriteerit ovat jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

#### Turvallisuus

Työturvallisuutta arvioidaan laitevioista aiheutuvien riskien perusteella. Turvallisuuden kriteerit ovat jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa

- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

## Ympäristö

Fortumin EHS (Environment, Health, Safety) -luokittelukriteeriä käytetään laitteen vikaantumisen aiheuttavien ympäristöriskien arviointiin. Ympäristökriteerit ovat jaettu neljään eri luokkaan seuraavalla tavalla [31]:

- kriittisyysluokka 1: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 2: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 3: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa
- kriittisyysluokka 4: kriteeri on osa Fortumin sisäistä aineistoa.

### 5.3 Maximo-kunnossapitojärjestelmä

Maximo on yhdysvaltalaisen IBM-teknologiayhtiön kehittämä omaisuudenhallinta ja kunnossapitojärjestelmä, joka sisältää erilaisia työkaluja yritysten omaisuudenhallintaa varten. Maximoa käytetään monilla eri teollisuudenaloilla, koska sen skaalautuvuus mahdollistaa järjestelmän soveltamisen monissa eri toimintaympäristöissä. Maximo pystyy hyödyntämään omaisuudenhallinnassa erilaisia positiointijärjestelmiä. Yksi näistä positiointijärjestelmistä on KKS-koodi. KKS tulee sanoista Kraftwerk-Kennzeichen System, joka tarkoittaa voimalaitosten positiointijärjestelmää. Positiointijärjestelmän avulla laitosten fyysisten omaisuserien etsiminen ja hallinnointi helpottuu kunnossapitojärjestelmässä. Jokaisella laitteella, laitoksella ja järjestelmän positiolla on uniikki positiointitunnus. Tämä helpottaa omaisuserien etsimistä, sillä samoja tunnuksia ei voi olla yhtä kappaletta enempää. Maximon keskeisimmät toiminnallisuudet kunnossapidon näkökulmasta ovat sidoksissa seuraaviin tekijöihin [32]:

- omaisuuden hallinta
- töiden hallinta

- ennakoiva kunnossapito
- työtilausten hallinta
- kustannusten hallinta
- raportointi ja dokumentointi
- riskienhallinta.

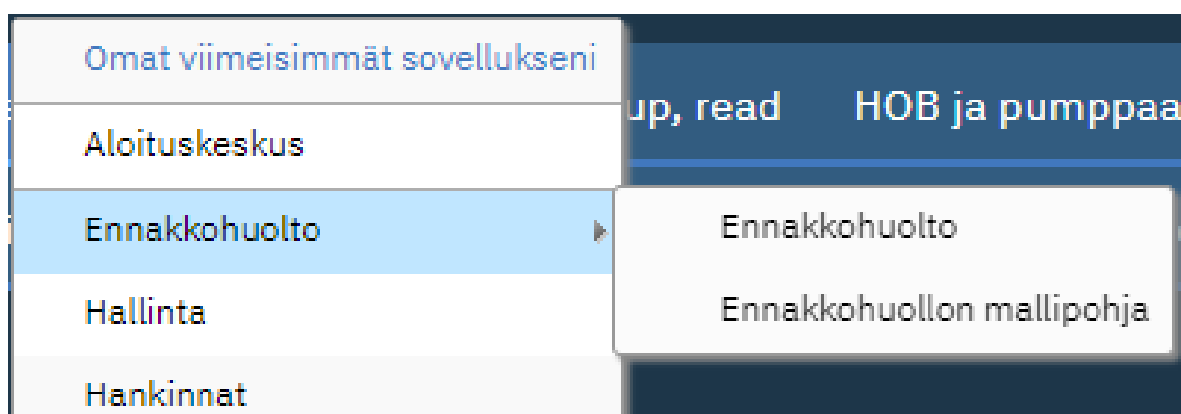
## IBM Maximo processes



Kuva 12. IBM Maximon prosessit [33].

Maximoa käytetään laajasti useilla eri teollisuudenaloilla. Tämän takia eri yrityksillä voi olla käytössä erilaiset versiot samasta ohjelmistosta. Halutut ohjelmistominaisuudet riippuvat yritysten yksilöllisistä tarpeista, resursseista ja liiketoimintaympäristöstä. Haluttujen ominaisuuksien kustomointi tarjoaa yrityksille joustavuutta omaisuudenhallintaan. Se asettaa kuitenkin myös joitain haasteita liittyen järjestelmän päivityksiin ja ylläpitoon. Fortumilla on käytössään oma personalisoitu versio Maximosta. Sama versio on käytössä Suomen lisäksi myös muissa Pohjoismaissa. [32.]

Ennakkohuoltojen suunnittelu sekä hallinta onnistuu kuvan 13 mukaisilla ”Ennakkohuolto” ja ”Ennakkohuollon mallipohja” toiminnallisuuden avulla. Ennakkohuolto toiminnallisuus mahdollistaa yksittäisten ennakkohuoltotehtävien luomisen ja hallinnan. Kunnossapitojärjestelmän käyttäjät voivat määrittää huolto-  
tehtävät tiettyjen aikavälien tai käyttösykliä perusteella. Tämä mahdollistaa ennakkohuoltojen automaattisen laukaisun työtilauksiin. Ennakkohuollon mallipohja mahdollistaa huoltomallien luomisen, joita voidaan käyttää toistuvasti samoille laitteille. Mallipohjan avulla voidaan standardisoida laitteen huoltotoimenpiteet, joten niitä ei tarvitse määrittellä erikseen jokaisessa uudessa ennakkohuollossa. Mallipohjan avulla säästetään aikaa ja vähennetään virheiden mahdollisuutta.



Kuva 13. Ennakkohuolto ja ennakkohuollon mallipohja toiminnallisuus.

Maximon laitteet toiminnallisuus sisältää tiedot organisaation laitteistosta. Se mahdollistaa laitteiden tehokkaan seurannan, hallinnan ja ylläpidon. Toiminnallisuus sisältää laiterekisterin ja laitehierarkian. Jokaiselle laitteelle on luotu oma tietue, joka sisältää sen yksilöivät tiedot kuten KKS-koodin, valmistajan, ja sijainnin. Se tukee laitehierarkioiden luomista, sillä laitteet voidaan järjestää hierarkia mallin mukaisesti laitoskokonaisuuksien eri tasoille.

Fortumin käyttämässä Maximo hierarkiamallissa laitteet ja järjestelmät on organisoitu toimintopaikkojen kautta siten, että ylemmän tason toimintopaikat edustavat laajempia kokonaisuuksia. Ylemmän tason toimintopaikat sisältävät useita alemman tason toimintopaikkoja. Tämä periaate ulottuu aina yksittäisiin

laitteisiin tai jopa komponentteihin saakka. Esimerkiksi kuvassa 14 näkyy Espoon toimintopaikka, joka jakautuu useaan alemman tason toimintopaikkoihin. Nämä alemman tason toimintopaikat ovat silti merkittävän kokoisia laitoskohtaisia kokonaisuuksia. Yksi näistä laitoskohtaisista kokonaisuuksista on Suomenojan voimalaitos. Suomenojan voimalaitos jakautuu alueen sisäisiin laitosyksiköihin. Näistä laitosyksiköistä voidaan valita esimerkiksi kehitystyön kohteena oleva sähkökattilalaitos. Sähkökattilalaitos jakautuu useisiin pienempiin järjestelmätason kokonaisuuksiin, kuten sähköjärjestelmiin. Sähköjärjestelmät puolestaan jakautuvat laitetasolle ja jopa yksittäisiin releisiin. Tämä hierarkia rakenne tarjoaa selkeän visuaalisen ja järjestelmällisen tavan järjestää sekä hallita isoja kokonaisuuksia aina yksittäisiin komponentteihin saakka.



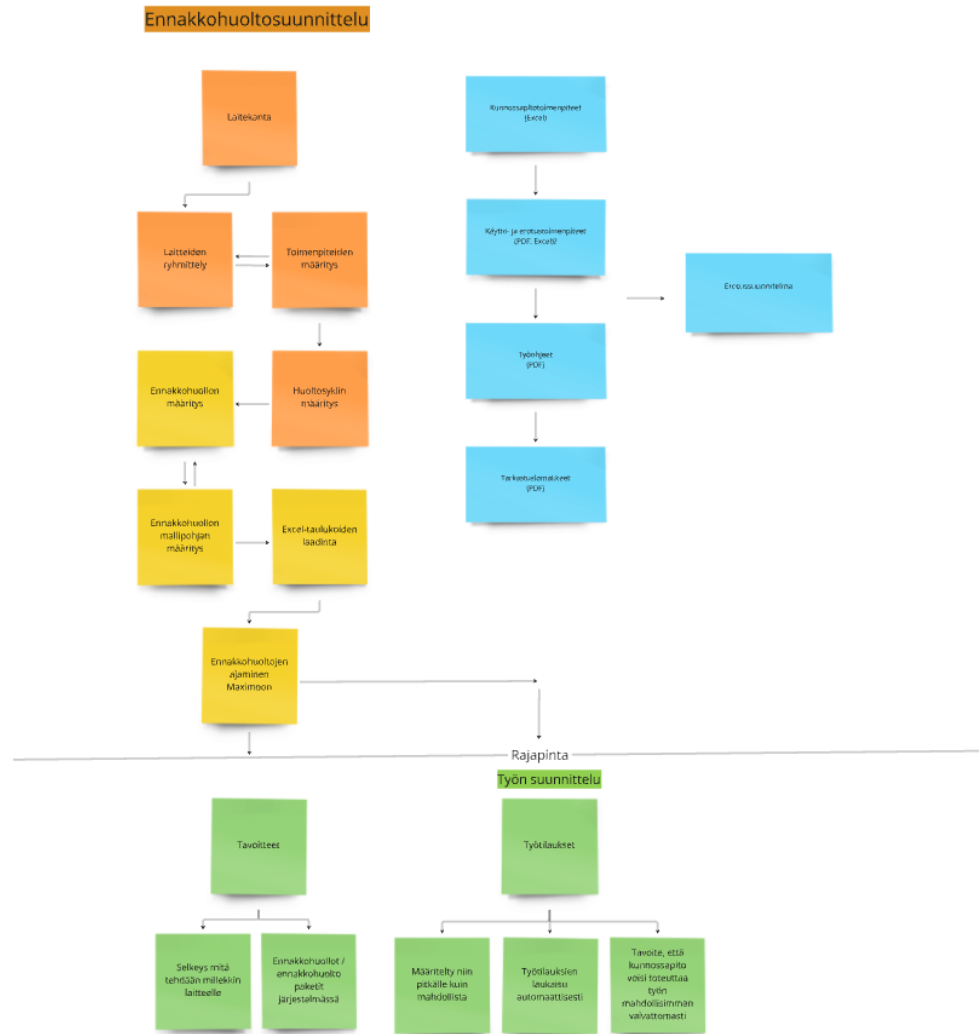
Kuva 14. Maximon hierarkiamalli.

## 5.4 Ennakkohuoltosuunnittelu

Suomenojan voimalaitoksen kunnossapitohenkilöstö pyrkii panostamaan entistä enemmän ennakoivaan ja ehkäisevään kunnossapitoon. Ennakkohuoltosuunnittelun kehittäminen on tärkeä osa-alue, joka tukee näitä tavoitteita. Kehitystyön päämääränä on ollut vastata organisaation sisäiseen tarpeeseen ja luoda hyvät edellytykset ennakkohuoltosuunnittelun jatkokehitykselle.

Kehitystyö alkoi Fortumin paikalliseen organisaatorakenteeseen tutustumisella sekä työhön liittyvien laitospalveluiden vierailulla. Vierailu Suomenojan sähkökattilalaitoksella ja lämpöpumppulaitoksella auttoi hahmottamaan laitoksissa tapahtuvia prosesseja. Laitteet ja niiden toiminnan keskeiset piirteet ovat tärkeitä ennakkohuoltosuunnittelun kannalta, sillä niiden ymmärtäminen mahdollistaa toimenpiteiden tarkemman kohdentamisen. Laitteiden ennakkohuollon tarpeet vaihtelevat laitetyyppien mukaan, samoin kuin niiden kriittisyys prosessin kannalta. Mahdollisuus laitospalveluille jatkui koko kehitystyön ajan, tarjoten tilaisuuden syventää perehtymistä laitoksiin ja niiden prosesseihin.

Ennakkohuoltosuunnittelun lähtökohtana olivat ajatuskaaviot. Ajatuskaavioiden tarkoituksena oli auttaa hahmottamaan ennakkohuoltosuunnittelun eri käsitteitä ja kokonaisuuksia. Ajatuskaaviot osoittautuivat erittäin hyödyllisiksi, sillä niiden avulla pystyttiin visualisoimaan ennakkohuoltoprosessin eri osien väliset yhteydet. Tämä on auttanut havaitsemaan uusia kehitystarpeita organisaation nykyisissä toimintatavoissa. Liitteessä 3 sekä kuvassa 15 on kuvattu ennakkohuoltosuunnittelun kokonaisuutta ja sen eri osa-alueita.



Kuva 15. Ennakkohuoltosuunnittelun ajatuskaavio.

Toinen tärkeä lähtökohta ennakkohuoltosuunnittelun kehittämiseen oli tutustua Fortumin käyttämään Maximo-kunnossapitojärjestelmään ja sen työkaluihin. Tavoitteena oli selvittää, mitä Maximon työkaluja ja toiminnallisuuksia kunnossapitohenkilöstön kannattaisi hyödyntää jatkossa uusien ennakkohuoltojen määrityksessä. Maximo sisältää laajan valikoiman erilaisia työkaluja ja toiminnallisuuksia, joista osa soveltuu hyvin kunnossapitohenkilöstön käyttöön. Joukossa on myös toiminnallisuuksia, joiden käyttöä on syytä harkita, sillä ne eivät välttämättä vastaa kunnossapitohenkilöstön tarpeita. Tämän takia on tärkeää rajata ne työkalut ja toiminnallisuudet, joita halutaan käyttää uusien ennakkohuoltojen luomiseen.

Uusien ennakkohuoltojen syöttäminen kunnossapitojärjestelmään on mahdollista tehdä manuaalisesti yksi kerrallaan. Yksittäisten ennakkohuoltojen lisääminen on kuitenkin erittäin hidasta ja työlästä. Tämä pätee varsinkin tilanteisiin, jossa niitä halutaan lisätä kerralla isompi määrä. Tällainen tilanne pätee esimerkiksi silloin, kun halutaan lisätä koko laitoksen ennakkohuollot yhdellä kertaa. Ennakkohuoltojen syöttäminen kunnossapitojärjestelmään on mahdollista myös massalatauksen avulla. Massalatauksessa käytetään hyödyksi siihen luotua Excel-pohjaa, johon voidaan kirjata suuri määrä valmiiksi määritellyjä ennakkohuoltoja. Excel-pohjan ennakkohuollot voidaan massaladata suoraan Maximoon, mikä säästää huomattavan määrän aikaa ja vaivaa. Tällä hetkellä ennakkohuoltojen syöttämiseen on olemassa vain yksi valmis Excel-massalatauspohja. Yksittäisten ennakkohuoltojen syöttämisen sijaan, kehitystyössä keskityttiin jatkokehittämään massalatauspohjaa käyttäjäystävällisemmäksi ja toimivammaksi. Tavoitteena se, että massalatauksen hyödyt ja potentiaali saataisiin käyttöön täysimääräisesti.

Kehitystyön aikaista ennakkohuoltojen määrittystä tehtiin sähkökattilalaitokselle. Määrittäminen sisälsi laitteiden ennakkohuollot, reititykset ja huoltotoimenpiteet. Määritetyt ennakkohuollot perustuivat valmistajan suosituksiin, laitekohtaisiin riskitekijöihin sekä huoltohistoriaan. Määrittämisessä keskityttiin sähkökattilalaitoksen kaikkein kriittisimpiin laitteisiin. Laitoksen kaikille laitteille ei ollut olemassa omaa kriittisyysluokkaa Maximo-kunnossapitojärjestelmässä, joten kriittisimmiksi laitteiksi määriteltiin laitoksen päälaitteet, kuten pumput, moottorit, sähkökattilat ja lämmönvaihtimet. Nämä laitteet ovat kaikkein kriittisimpiä laitoksen toimintavarmuuden kannalta, joten on perusteltua, että niille tehtävät ennakkohuollot priorisoidaan asianmukaisesti. Kaikkien laitteiden kriittisyysluokittelua ei ole välttämättä tehty, joten on tärkeää löytää jokin vaihtoehtoinen menetelmä laitoksen tärkeimpien laitteiden tunnistamiseksi. Yksi mahdollinen ratkaisu voisi olla edellä mainittu laitoksen yksilöllinen arviointi, jossa paikallinen kunnossapitohenkilöstö kartoittaa laitoksen tärkeimmät päälaitteet ja prosessit. Tällöin kartoituksen suorittaisivat laitoksen paikalliset asiantuntijat, mikä varmistaisi keskittymisen laitoksen toiminnan kannalta keskeisiin laitteisiin.

Ennakkohuoltojen määrittelyssä käytettiin apuna Excel-massalatauspohjaa. Käytetty massalatauspohja sisältää kolme eri välilehteä, joista jokaisella on oma toimintonsa. Ensimmäisessä välilehdessä määritetään laitteiden ennakkohuollot. Toinen välilehti sisältää näiden ennakkohuoltojen reititykset. Kolmas välilehti sisältää ennakkohuoltojen työsuunnitelmat. Massalatauspohjan kirjaukset tehtiin liitteen 1 ja 2 mukaisesti. Ennakkohuoltojen määrittelyvaiheessa havaittiin kuitenkin, että kyseinen massalatauspohja ei ollut täysin yhteensopiva haluttujen ominaisuuksien osalta. Nämä ominaisuudet liittyivät ennakkohuoltojen välisiin kokonaisuuksiin ja reitityksiin. Tämän vuoksi mallipohjaan tehtiin myös toinen versio samoista ennakkohuolloista. Toinen versio pyrittiin täyttämään haluttujen ominaisuuksien mukaisilla ennakkohuolloilla. Toisen version mukaista mallipohjaa ei saatu syöttövalmiiksi Maximoa varten, koska se vaatisi vielä joitain muutoksia. Massalatauspohjaan tehtävät muutokset vaativat Excel-pohjan ja kunnossapitojärjestelmän välisen uudelleen reitityksen, jotta tiedot pystytään siirtämään eri järjestelmien välillä. Toinen vaihtoehto on luoda kokonaan uusi ennakkohuoltojen massalatauspohja.

Kehitystyön aikana havaittiin, että monessa tapauksessa samalle laitteelle ei kannata tehdä montaa erillistä ennakkohuoltoa kunnossapitojärjestelmään. Laitteesta kannattaa tehdä yksi yleinen ennakkohuolto, jonka alle linkitetään monta eri työsuunnitelmaa. Työsuunnitelmat ajoitetaan niin, että ne laukaisevat uuden työtilauksen automaattisesti. Maximon työsuunnitelman tehtävät osioon on mahdollista määritellä ennakkohuollon eri vaiheet ja tehtävät. Toinen mahdollinen tapa on käyttää työsuunnitelman liitteet ominaisuutta. Tarkemmat kuvaukset työtehtävistä on mahdollista lisätä liitteisiin esimerkiksi PDF- lomakkeen muodossa. Liitteisiin voidaan lisätä myös tarkastuslistoja ja muita ennakkohuoltoon liittyviä dokumentteja.

Ennakkohuoltojen määrittelyssä täytyy huomioida myös laitteiden reititys. Reititys tarkoittaa sitä, missä järjestyksessä ja missä kokonaisuuksissa ennakkohuollot suoritetaan laitteille. Kehitystyön aikana reitityksen käytöstä tehtiin useita tärkeitä havaintoja. Reititys on hyvä idea silloin, kun tehtävät ennakkohuoltotoimenpiteet ovat kevyitä ja nopeasti suoritettavia. Tällöin samantyyppisten

laitteiden ennakkohuollot kannattaa reitittää samaan kokonaisuuteen. Tämä yksinkertaistaa ja tehostaa ennakkohuoltotoimintaa. Tässä tapauksessa jokaisesta laitteesta ei tarvitse tehdä omaa erillistä ennakkohuoltoa. Sama ratkaisu ei välttämättä toimi, kun kyseessä on laite, joka vaatii merkittävästi enemmän ennakkohuoltoa ja aikaa. Silloin on parempi luoda erilliset ennakkohuollot jokaiselle laitteelle. Muutoin reitityksen kokonaisuudesta tulee liian raskas ja aikaa vievä. Kehitystyön reititykset tehtiin liitteiden 1 ja 2 mukaisesti. Laitteiden reititys tehtiin edellä mainittujen periaatteiden ja havaintojen mukaisesti.

Kehitystyön aikana tehtiin monia havaintoja ja toimenpiteitä, joiden pohjalta ennakkohuoltosuunnittelua voidaan kehittää parempaan suuntaan. Kokonaisuudessaan kehitystyön aikainen ennakkohuoltosuunnittelu käsitteli monia tärkeitä vaiheita. Näitä tärkeitä vaiheita ovat olleet:

- nykyisten toimintatapojen arviointi
- uusien toimintatapojen kehittäminen
- ennakkohuoltosuunnittelun kuvaaminen ajatuskaavioilla
- Maximo-kunnossapitojärjestelmään ja sen työkaluihin perehtyminen
- hyödynnettävien Maximo työkalujen ja toiminnallisuuksien määrittely
- ennakkohuoltojen määrittely.

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä käsiteltiin kunnossapidon tärkeimpiä käsitteitä sekä tehtiin käytännön kehitystyötä Fortumin Suomenojan voimalaitokselle. Kehitystyössä keskityttiin sähkökattilalaitoksen laitteiden perusteelliseen määrittelyyn ennakkohuoltosuunnittelun näkökulmasta. Keskeisiä tavoitteita olivat kriittisten laitteiden tunnistaminen, laitteiden ennakkohuoltotoimenpiteiden määrittäminen sekä optimaalisten huoltovälien määrittely. Työn aikana kehitettiin myös uusia vaihtoehtoisia ratkaisuja nykyisen ennakkohuoltoprosessin sujuvuuden parantamiseksi.

Opinnäytetyön aikana tehtyä kehitystyötä voidaan pitää onnistuneena, sillä se on tuottanut tuloksia niin teoreettisella kuin myös käytännön tasolla. Työn kirjallinen osuus selventää kunnossapidon ja kehitystyön tärkeimmät käsitteet. Käytännön kehitystyö on luonut hyvän perustan Fortumin ennakkohuoltosuunnittelun jatkokehitykselle tulevaisuudessa. Kehitystyön aikana kriittisimpien laitteiden tunnistaminen ja niiden ennakkohuoltotoimenpiteiden määrittely olivat konkreettisia tuloksia. Lisäksi tehdyt havainnot ja kehitysehdotukset tarjoavat arvokasta tietoa, jota voidaan hyödyntää tulevissa kehitysprojekteissa.

Opinnäytetyön aihe oli haastava mutta erittäin merkityksellinen, sillä kunnossapidon ennakkohuoltosuunnittelulla on tärkeä rooli Fortumin lämpölaitoksien toimintavarmuuden kehittämisessä. Aiheen haasteellisuus ilmeni erityisesti siinä, että ennakkohuoltosuunnittelun kehittäminen edellyttää syvällistä teknistä osaamista ja laajaa ymmärrystä laitosten eri prosesseista. Myös uusien tietojärjestelmien käyttöönotto aiheutti omat haasteensa.

Seuraava suositeltu vaihe paikallisorganisaation kehittämiseen on konkreettisen ennakkohuoltosuunnittelu ohjeen laatiminen. Tämä tarkoittaa perusteellisen kirjallisen raportin laatimista, jossa esitellään ohjeen periaatteet ja taustat. Raportin tulisi sisältää yksityiskohtaiset ohjeet siitä, miten ennakkohuollot tulisi toteuttaa ja mitä työkaluja siinä pitäisi hyödyntää. Sen pitäisi sisältää myös kaikki ennakkohuoltojen luomiseen tarvittavat dokumentit.

## Lähteet

- 1 Poor, Peter; Basl, Josef; Zenisek, David. 2019. Historical overview of maintenance. Verkkoaineisto. <[https://www.researchgate.net/publication/335444202\\_Historical\\_Overview\\_of\\_Maintenance\\_Management\\_Strategies\\_Development\\_from\\_Breakdown\\_Maintenance\\_to\\_Predictive\\_Maintenance\\_in\\_Accordance\\_with\\_Four\\_Industrial\\_Revolutions](https://www.researchgate.net/publication/335444202_Historical_Overview_of_Maintenance_Management_Strategies_Development_from_Breakdown_Maintenance_to_Predictive_Maintenance_in_Accordance_with_Four_Industrial_Revolutions)>. Luettu 26.5.2024.
- 2 Quilodran, Tino. 2023. Fortum, Caruna, Uniper ja valtion omistajaohjaus. Verkkoaineisto. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/797590/Quilodran\\_Tino.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/797590/Quilodran_Tino.pdf?sequence=2&isAllowed=y)>. Luettu 15.6.2024.
- 3 Markkinatietoa. 2023. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/sijoittajille/miksi-sijoittaa-fortumiin/markkinatietoa>>. Luettu 19.6.2024.
- 4 Fortumin organisaatio. 2024. Yrityksen sisäinen verkkoaineisto. Fortum.
- 5 Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät. 2024. Verkkoaineisto. Fingrid. <<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat-q1-2024/>>. Luettu 23.6.2024.
- 6 Yhteiskunnan sähköistyminen. 2024. Verkkoaineisto. Caruna. <<https://caruna.fi/tietoa-meista/caruna-lyhyesti/energiaturros/yhteiskunnan-sahkoistyminen>>. Luettu 30.7.2024.
- 7 Fortum Power And Heat. 2024. Yrityksen sisäinen verkkoaineisto. Fortum.
- 8 Espoo Clean Heat. 2024. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/espoo-clean-heat>>. Luettu 23.7.2024.
- 9 Kaukolämpövuosi 2023. 2023. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <[https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Kaukolampovuosi-2023\\_ennakkograafit.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Kaukolampovuosi-2023_ennakkograafit.pdf)>. Luettu 15.7.2024.
- 10 Energiatietoa. 2024. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/energiatietoa/energiantuotanto/kaukolampo-ja-jaahdytys/>>. Luettu 15.7.2024.

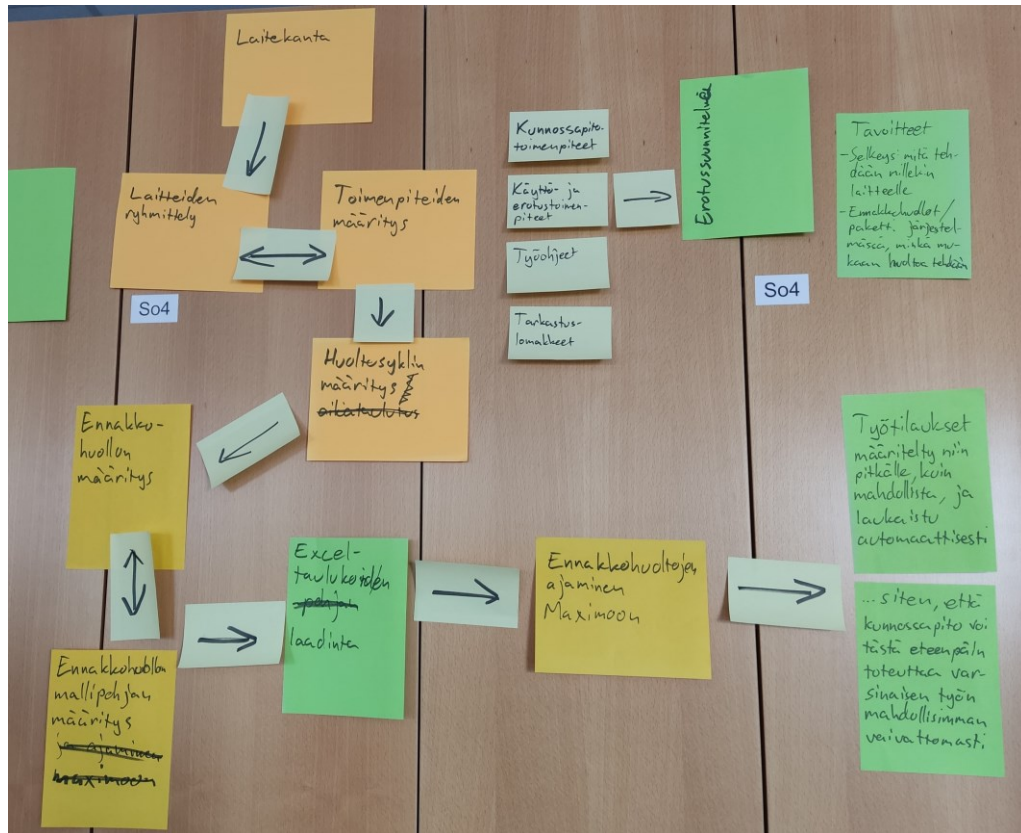
- 11 Lämpöä kotiin keskitetysti. 2024. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa\\_kotiin\\_keskitetysti\\_Kaukolampo.pdf](https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa_kotiin_keskitetysti_Kaukolampo.pdf)>. Luettu 30.7.2024.
- 12 Kaukolämmön vuositilastot. 2023. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/tiedotteet/kaukolammon-vuositilastot-paastot-romahtivat-kaukolampo-tasoittaa-sahkon-hintavaihteluita-uusissa-kerrostaloissa-kaukolammon-suosio-kaantynyt-kasvuun/>>. Luettu 15.7.2024.
- 13 Selvitys polttoon perustumattomaan ja hiilinegatiiviseen kaukolämpöön siirtymisestä. 2023. Verkkoaineisto. Tampereen energia. <<https://www.tampereenenergia.fi/wp-content/uploads/2023/11/polttoon-perustumaton-kaukolampo-2023-selvitys.pdf>>. Luettu 30.7.2024.
- 14 Tuomenoja, Markku. 2020. Hukkalämmöstä jäähdytystä – mitä on kaukokylmä? Verkkoaineisto. Afry. <<https://afry.com/fi-fi/artikkeli/hukkalammosta-jaahdytysta-mita-kaukokylma>>. Luettu 30.7.2024.
- 15 PSK 6201:2022. Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. PSK standardisointiyhdistys. Luettu 15.6.2024.
- 16 SFS-EN 13306:2017. Kunnossapidon terminologia. Suomen standardisointiliitto. Luettu 15.6.2024.
- 17 Standardeista on hyötyä meille kaikille. 2024. Verkkoaineisto. Suomen standardisointiliitto. <<https://sfs.fi/standardeista/standardien-hyodyt/>>. Luettu 15.6.2024.
- 18 Learning benefits of preventive maintenance. 2024. Verkkoaineisto. Upkeep. <<https://upkeep.com/learning/benefits-of-preventive-maintenance/>>. Luettu 20.7.2024.
- 19 Mitä huomioda: ennakoiva kunnossapito & ennakkohuoltojen suunnittelu? 2024. Verkkoaineisto. Spotilla. <<https://blog.spotilla.com/fi/mita-ottaa-huomioon-ennakoivan-kunnossapidon-ja-ennakkohuoltojen-suunnittelussa>>. Luettu 10.6.2024.
- 20 Borley, Jamie. 2020. What is preventive maintenance? Verkkoaineisto. Dynaway. <<https://www.dynaway.com/blog/what-is-preventive-maintenance-1>>. Luettu 10.6.2024.
- 21 Yleistä kunnossapidon tietojärjestelmistä. Verkkoaineisto. Opetushallitus. <[www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_4-1\\_yleista\\_kunnossapidon\\_tietojarjestelmista.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_4-1_yleista_kunnossapidon_tietojarjestelmista.html)>. Luettu 26.6.2024.

- 22 Dudley, Sarah. 2020. What is CMMS? Verkkoaineisto. IBM. <<https://www.ibm.com/blog/iot-history-cmms/>>. Luettu 20.6.2024.
- 23 Vilhu, Ville. 2022. Laadukkaan kunnossapitodatan merkitys kunnossapito-organisaation päivittäisjohtamisessa. Verkkoaineisto. Pinja. <<https://blog.pinja.com/fi/laadukkaan-kunnossapitodatan-merkitys-kunnossapito-organisaation-paivittaisjohtamisessa> >. Luettu 29.7.2024.
- 24 Lääveri, Harri. 2024. Reaaliaikainen data. Verkkoaineisto. Supersense. <<https://supersense.cloud./artikkelit/reaaliaikaisesta-datasta-ennakoivaa-huoltoa-ja-parempaa-tuotantotehokkuutta-energiateollisuudessa>>. Luettu 29.7.2024.
- 25 Barriento, Vlamir Faria; Achcar, Jorge Alberto. 2019. Statistical analysis of equipment maintenance. Verkkoaineisto. <<https://pdfs.semanticscholar.org/ffe1/1978ab871f5042f5c41f6ff05e6a2d512370.pdf>>. Luettu 29.7.2024.
- 26 Tuomisalo, Juho. 2021. Kriittisyysluokittelun hyödyt ja kompastuskivet. Verkkoaineisto. Caverion. <<https://www.caverion.fi/blogi/teollisuus/kriittisyysluokittelun-hyodyt-ja-kompastuskivet-teollisuuden-kunnossapidon-arjessa/> >. Luettu 21.5.2024.
- 27 PSK 6800:2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Verkkoaineisto. PSK standardisointiyhdistys. Luettu 15.6.2024.
- 28 Suomenojan tuotantolaitos muutoksessa. 2024. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/energiantuotanto/voimalaitoksemme/suomenojan-chp-laitos> >. Luettu 25.6.2024.
- 29 Fortum Power and Heat. 2024. Yrityksen sisäinen verkkoaineisto. Fortum.
- 30 Puhdasta lämpöä jätevedestä. 2024. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/puhdasta-lampoa-jatevedesta>>. Luettu 29.5.2024.
- 31 Schutt, Otto. 2024. Kriittisyysanalyysi CHC-laitoksille. Fortumin sisäinen verkkoaineisto. Fortum.
- 32 Maximo manage overview. 2024. Verkkoaineisto. IBM. <<https://www.ibm.com/docs/en/mas-cd/maximo-manage/8.3.0?topic=overview-introduction-maximo-manage>>. Luettu 31.6.2024.
- 33 Markham, Jamie. 2024. MACS webinar. Verkkoaineisto. MACS. <<https://macs.eu/webinar-introduction-to-ibm-maximo-as-a-maintenance-management-system/>>. Luettu 31.7.2024.

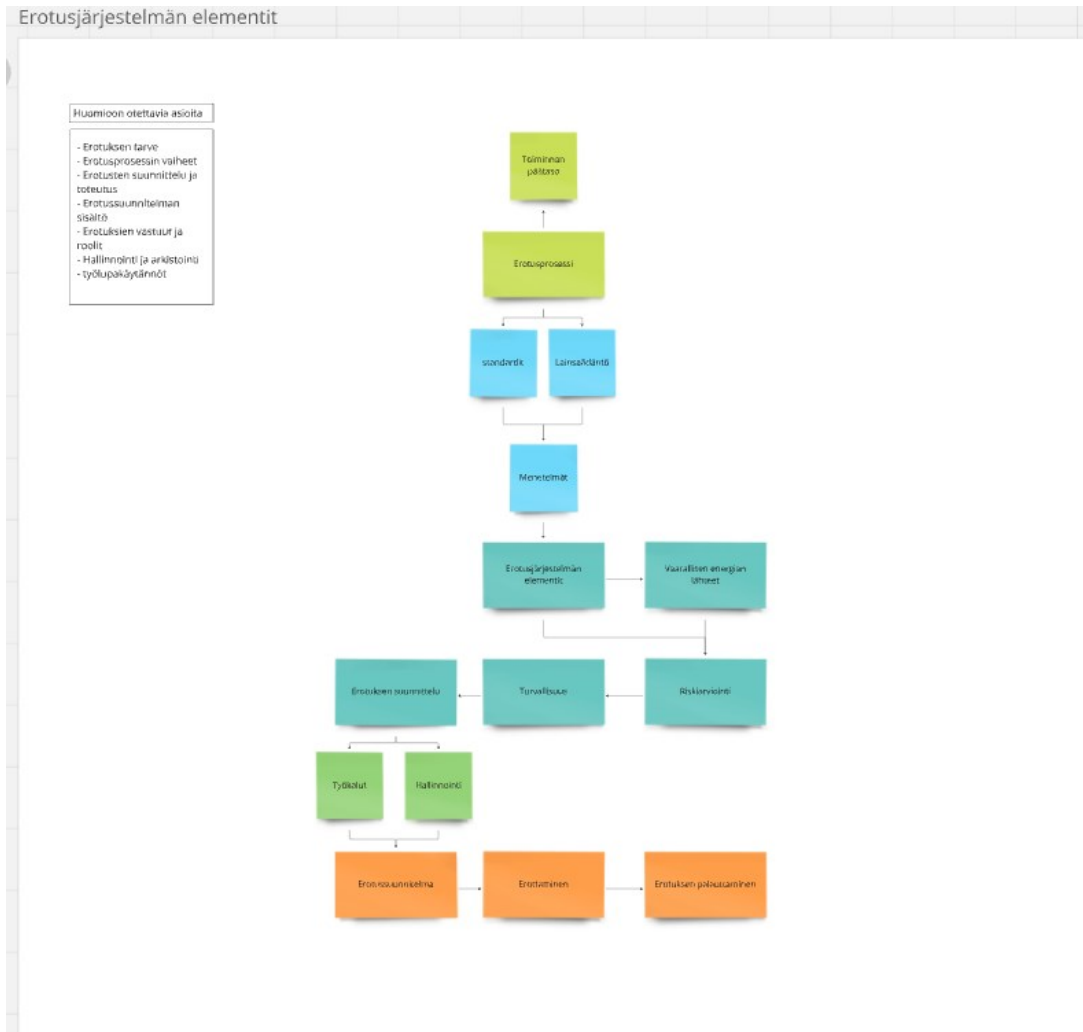




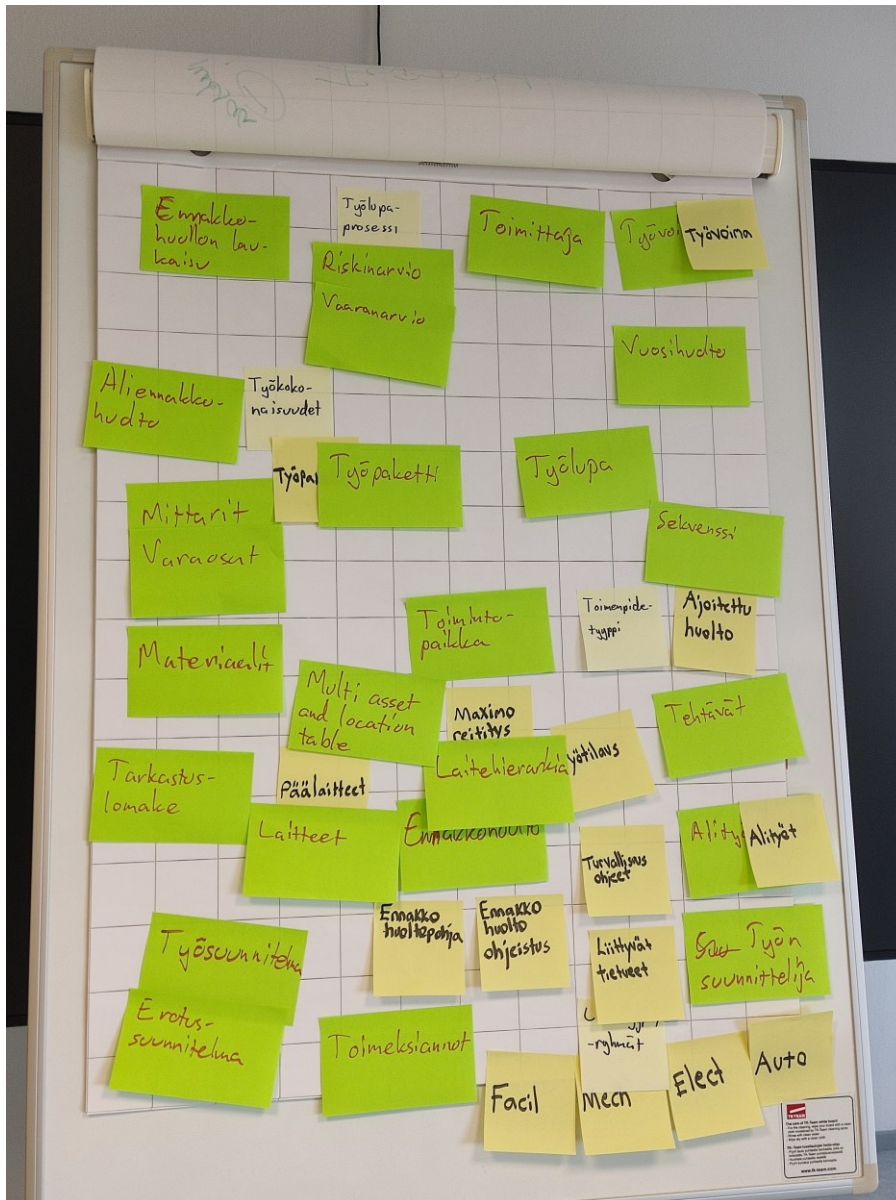
## Ennakkohuoltosuunnittelun ajatuskaaviot



Kuva 1. Ennakkohuoltosuunnittelun kokonaisuus.



Kuva 2. Erotusjärjestelmän elementit.



Kuva 3. Ennakkohuoltosuunnittelussa huomioon otettavat tekijät.