

Ville Vanninen

# Hiilikuljettimen voitelujärjestelmän päivittäminen Martinlaakson voimalaitoksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

21.11.2018

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Ville Vanninen Hiilikuljettimen voitelujärjestelmän päivittäminen Martinlaak- son voimalaitoksessa  34 sivua + 3 liitettä 21.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Kunnossapitoinsinööri Ville Koivunen Lehtori Tomi Hämäläinen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää ja parantaa Vantaan Energian Martinlaak- son voimalaitoksen hiilikuljettimen voitelujärjestelmän ja sen parissa toimivan ennakko- huollon toimivuutta. Työssä selvitettiin, millaisia muutoksia ennakko- huollon tehtäviin tulisi tehdä, jotta hiilikuljettimen luotettava toiminta saadaan varmistettua.</p> <p>Insinööriyössä tutustuttiin voimalaitoksen hiilikuljettimen toimintaan ja siihen liittyvään lait- teistoon, jonka voiteluhuolto oli todettu toimimattomaksi nykyisessä tilassaan, voiteluhuol- lon ollessa alihankkijan vastuulla. Tehtävänä oli siirtää tämä voiteluhuolto Vantaan Ener- gian ja ennakko- huollon vastuulle. Lisäksi on tavoitteena parantaa sen toimintaa päivittä- mällä voitelulaitteistoa, aikatauluttamalla voiteluhuolto, sekä suunnittelemalla tarvittavat tarkastuskäynnit ja näin ollen parantaa voitelukohteiden seurantaa.</p> <p>Työssä vertailtiin erilaisia voitelujärjestelmiä, joista kohteeseen parhaiten soveltuvia olivat automaattinen voitelujärjestelmä, progressiivinen voitelujärjestelmä ja manuaalinen voitelu. Näiden kolmen erilaisen vaihtoehdon toimivuutta vertailtiin kustannukset, työmäärä, luotet- tavuus ja kohteeseen soveltuvuus huomioiden.</p> <p>Selvityksen perusteella hiilikuljetin päätettiin päivittää progressiivisella voitelujärjestelmällä, sekä lisäämällä kaikki hiilikuljettimeen liittyvä laitteisto Vantaan Energian IFS-kunnossapi- tojärjestelmään, seurannan ja huollon parantamiseksi.</p> <p>Lopputuloksena voidaan sanoa, että projekti oli onnistunut, sillä hiilikuljettimen voitelu- huolto helpottui päivitysten myötä huomattavasti. Hiilikuljetin ja uusi voitelujärjestelmä ovat nyt jatkuvassa seurannassa IFS-kunnossapitojärjestelmän kautta ja näin ollen huolto- ja voitelutoimenpiteet ovat myös paremmin suunniteltavissa.</p>	
Avainsanat	hiilikuljetin, voitelujärjestelmä, ennakko- huolto

Author Title	Ville Vanninen Updating the lubrication system for the coal conveyor at Martinlaakso power plant
Number of Pages Date	34 pages + 3 appendices 21 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	
Instructors	Ville Koivunen, Maintenance Engineer Tomi Hämäläinen, Senior Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to examine how to improve the functionality of the coal conveyors lubrication system and the preventive maintenance working with it at Vantaan Energia's Martinlaakso power plant. The thesis examined the changes that should be made to the preventive maintenance in order to ensure reliable operation of the coal conveyor.</p> <p>The thesis also examined the coal conveyor operation and the related equipment, which had been proven inoperative in its current state when the lubrication was performed by a subcontractor. The task was to move the lubrication maintenance back to Vantaan Energia and its preventive maintenance. And to Improve its performance by updating the lubrication system, scheduling the lubrication maintenance and designing the necessary inspection visits and thus improving the monitoring of the lubrication targets.</p> <p>Different lubrication systems were compared, and the best suited for the coal conveyor were an automatic lubrication system, a progressive lubrication system and manual lubrication. The functionality of these three different options were compared while taking into account the cost, workload, reliability and suitability to the target.</p> <p>On the basis of the thesis, the coal conveyor's lubrication system was updated with a progressive lubrication system, and all the equipment related to the coal conveyor was added to the Vantaan Energia's IFS-maintenance system, for better monitoring and maintenance.</p> <p>The results of the thesis show that the project was successful because the coal conveyor's lubrication maintenance was greatly improved since the updates. The coal conveyor and the new lubrication system are in a constant supervision through the IFS maintenance system, and now maintenance and lubrication tasks are much easier to plan.</p>	
Keywords	coal conveyor, lubrication system, preventive maintenance

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy	1
2.1	Yleistä	1
2.2	Martinlaakson voimalaitos	3
3	Ennakkohuolto	5
3.1	Voiteluhuolto	5
3.2	Käynninaikaiset tarkastukset	6
3.2.1	Värähtelymittaus	6
3.2.2	Melunvalvonta	8
3.2.3	Lämpötilanvalvonta	9
3.2.4	Silmämääräinen tarkastus	9
3.3	Kunnossapitojärjestelmä	10
4	Hiilikuljetin	11
4.1	Kuljettimen rakenne	11
4.1.1	2PB11 ja 2PB30	12
4.1.2	2PB31 ja 2PB60	13
4.1.3	2PB70 ja 2PB90	14
4.1.4	2PB91 ja 2PB95	16
4.2	Voiteluaine	17
4.3	Voitelukohteet	18
4.4	Nykyinen toimintatapa	18
5	Päivitysvaihtoehdot	19
5.1	Progressiivinen voitelujärjestelmä	19
5.2	Automaattinen voitelujärjestelmä	22
5.3	Manuaalinen voitelu	23
6	Vertailu	24
6.1	Kustannukset	24

6.2	Työmäärä	25
6.3	Kannattavuus	26
6.4	Johtopäätökset	27
7	Päivitystoimenpiteet	28
7.1	Kokoonpano	28
7.2	Asennus	31
7.3	Kunnossapitojärjestelmä	32
8	Yhteenveto	32
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1. Martinlaakson voimalaitoksen hiilikuljettimen PI-kaavio	
	Liite 2. Oy SKF Ab:n tarjous	
	Liite 3. Qtec Engineering Oy:n tarjous	

## Lyhenteet

Blokki	Voimalaitoksen yksikkö.
CHP	Combined Heat and Power. Lämmön ja sähkön yhteistuotanto.
GWh	Gigawattitunti. Energian yksikkö.
Mar1	Martinlaakson voimalaitoksen öljy- ja kaasukattilayksikkö.
Mar2	Martinlaakson voimalaitoksen hiilikattilayksikkö.
Mar4	Martinlaakson voimalaitoksen kaasuturbiiniyksikkö.
Marbio1	Mar1:sen korvaava uusi biokattilayksikkö.
MW	Megawatti. Tehon yksikkö.

## 1 Johdanto

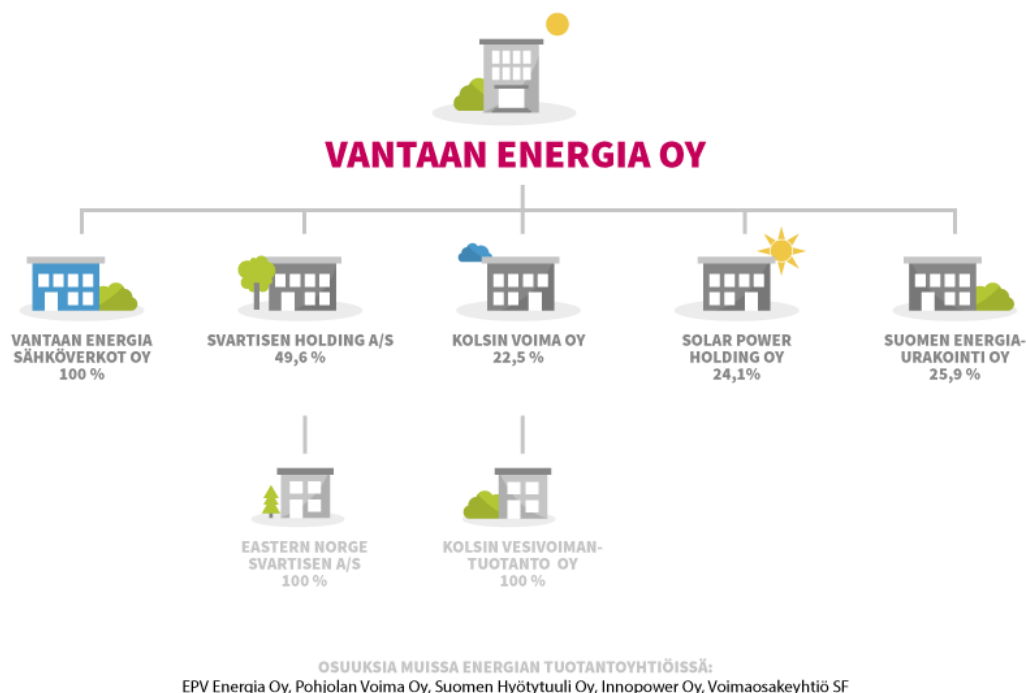
Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää ja parantaa Vantaan Energia Oy:n Martinlaakson voimalaitoksen hiilikuljettimen, sekä sen toimintaan liittyvien laitteiden voiteluhuollon toimivuutta. Työssä tarkastellaan hiilikuljettimen voiteluhuollon toimivuutta nykyisessä kokoonpanossaan ja tutkitaan erilaisia vaihtoehtoja sen päivittämiseksi. Hiilikuljetin tullaan päivittämään valitulla uudella mallilla.

Hiilikuljetin on kriittinen osa hiilivoimalaitoksen toiminnassa ja ilman sitä voimalaitos pysyy pysymään tuotannossa vain muutaman päivän, riippuen hiiltä varastoivien päiväsiilojen suuruudesta. Martinlaakson voimalaitoksen hiilikuljetin koostuu useammasta pienemmästä kuljettimesta ja niitä liikuttavista sähkömoottoreista. Nämä sähkömoottorit ja kuljettimilla sijaitsevat rullat ovat rasvavoideltuja ja vaativat säännöllisiä huoltotoimenpiteitä toimiakseen moitteettomasti. Voiteluhuollon on siis toimittava luotettavasti, sillä hiilikuljettimen hajoaminen ja siitä seuraava käyttökatko tarkoittaisi voimalaitoksen tuotannon alasajoa ja suuria tuotantomenetyksiä.

## 2 Vantaan Energia Oy

### 2.1 Yleistä

Vantaan Energia Oy on yksi Suomen suurimpia kaupunkienergiayhtiöitä. Yhtiö on perustettu vuonna 1910 ja sen omistus jakautuu kahtia, 60 prosentin osuus Vantaan kaupungille ja 40 prosentin osuus Helsingin kaupungille. Vantaan Energia -konserni muodostuu emoyhtiö Vantaan Energia Oy:stä, tytäryhtiö Vantaan Energia Sähköverkot Oy:stä, sekä osakkuusyhtiöistä. Konsernin osakkuusyhtiöitä ovat suuruusjärjestyksessä: Svartisen Holding A/S (49 %), Suomen Energia-Urakointi Oy (25,9 %), sekä Kolsin voima Oy (22,5 %). Konserni omistaa myös pienempiä osuuksia useista muista energiantuotantoyhtiöistä, kuten Pohjolan Voima Oy, EPV Energia Oy, Suomen Hyötytuuli Oy, Inno-power Oy ja Voimaosakeyhtiö SF. Vantaan Energia -konsernin rakennetta on selvennetty kuvassa 1. [1; 2.]



Kuva 1. Vantaan Energia -konsernin rakenne [1].

Vantaan Energia Oy:n pääasiallisena liiketoimintana on tuottaa, myydä ja siirtää sähköä, sekä kaukolämpöä pääkaupunkiseudun asukkaille. Yhtiö myös myy teollisuudelle maakaasua. Vantaan Energia Oy omistaa kaksi voimalaitosta, jotka luovat perustan omalle energiantuotannolle, Martinlaakson voimalaitoksen ja Ojangon jätevoimalaitoksen. Molemmat voimalaitokset ovat sähkön- ja lämmön yhteistuotantolaitoksia, jotka toimivat erittäin korkealla käytettävyydellä (Martinlaakson voimalaitos 99,1 % ja jätevoimalaitos 95,3 %). Polttoaineina Martinlaakson voimalaitoksella käytetään kivihiiltä, sekä maakaasua. Tulossa on myös vuoden 2018 aikana uusi biokattilayksikkö Mar1, joka toimii puuhakkeella. Jätevoimalalla polttoaineena toimii kotimainen käyttökelpoton sekajäte, sekä varapolttolaineena maakaasu. Yhtiöllä on ympäri Vantaata myös lukuisia lämpökeskuksia, joilla avustetaan lämmöntuotantoa tarvittaessa. [3.]

Vuonna 2017 Martinlaakson voimalaitoksen vuosituotanto oli 395 GWh sähköä ja 897 GWh kaukolämpöä, jätevoimalaitoksella vastaavat tuotantolukemat olivat 164 GWh sähköä ja 933 GWh kaukolämpöä. Tämä tuotantomäärä vastaa 48 %:n osuutta Vantaan Energian kaikesta myymästä sähköstä vuonna 2017. Jäljelle jäävä osuus on saavutettu erilaisilla osakkuuksilla kotimaisesta ja ulkomaisesta sähköntuotannosta. [3.]



Vantaan Energian konsernin liikevaihto vuonna 2017 oli 285,3 miljoonaa euroa, josta emoyhtiö Vantaan Energia Oy tuotti 245,1 miljoonaa euroa ja Vantaan Energia Sähköverkot Oy tuotti 42,6 miljoonaa euroa. Liikevoittoa tästä kertyi konsernille 54,8 miljoonaa euroa, joka on 4,6 miljoonan euron parannus vuodesta 2016. Tulosta on pystytty parantamaan muun muassa jätevoimalan tehokkaalla toiminnalla, kasvaneella jätteenpolton määrällä ja sähkön myynnin parantuneella kannattavuudella. [3.]

## 2.2 Martinlaakson voimalaitos

Vuonna 1975 kaupalliseen käyttöön valmistunut Martinlaakson voimalaitos on niin sanottu CHP-laitos (combined heat and power), eli se tuottaa sekä lämpöä että sähköä. Martinlaakson voimalaitos koostuu nykyisin kolmesta erillisestä voimalaitosyksiköstä eli blokista. Ensimmäinen näistä blokeista on tällä hetkellä poissa tuotannosta oleva Mar1. Mar1 ja sen Tampella -kattila oli alun perin raskaspolttoöljykäyttöinen (vuodet 1975–1982), vuonna 1989 se kuitenkin muutettiin maakaasutoimiseksi, raskaan polttoöljyn siirtäessä varapolttoaineeksi. Mar1:n sähköteho oli tuolloin 60 MW ja kaukolämpöteho 120 MW. [4.]

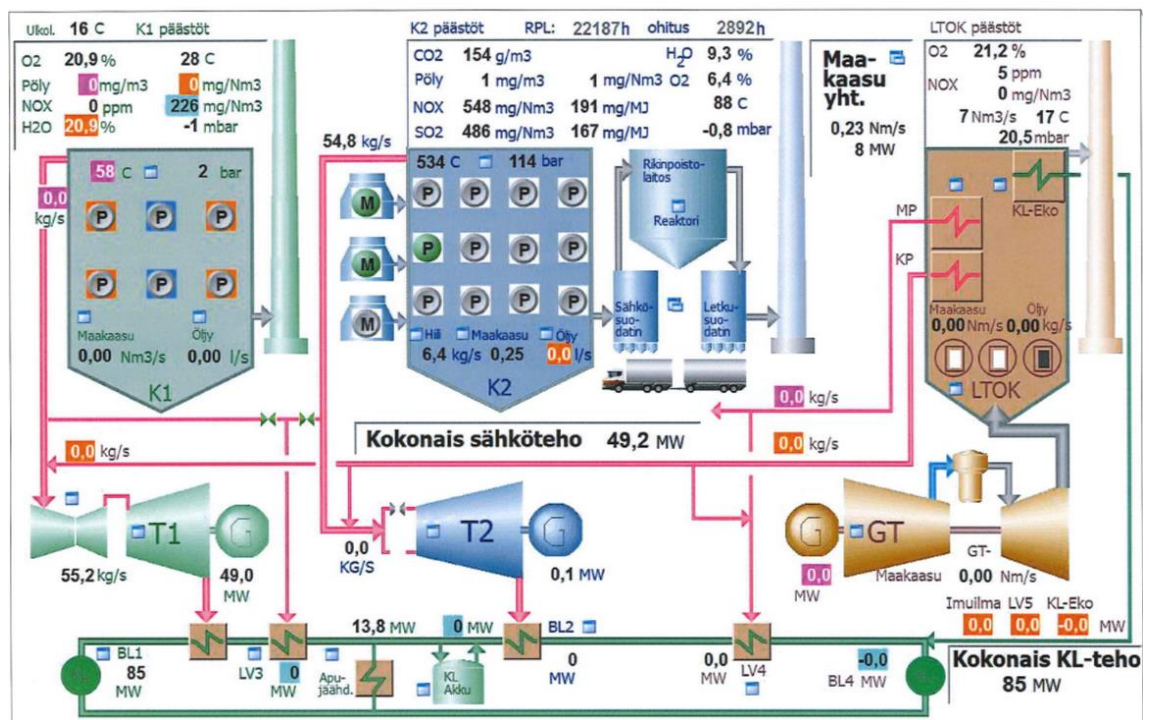
Tällä hetkellä Mar1:tä ollaan uudistamassa täysin. Sen vanha maakaasukattila on purettu kokonaan ja tilalle rakentuu uusi biopolttoainekattila, jolla pystytään vastaamaan nykypäivän tiukentuviin ympäristövaatimuksiin ja tavoitteisiin fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisestä. Biopolttoaineina toimivat puuhake ja turve.

Martinlaakson voimalaitoksen toinen yksikkö ja tämän hetkinen päätoiminen sähkön- ja lämmöntuotannon yksikkö on hiilikattilayksikkö Mar2. Mar2 Ahlström -hiilikattila valmistui kaupalliseen käyttöön vuonna 1982, jolloin sen varapolttoaineena toimi raskas polttoöljy. Vuodesta 1995 eteenpäin raskaan polttoöljyn käytöstä on kuitenkin jo luovuttu kokonaan ja varapolttoaineena toimii maakaasu. Mar2:n sähköteho on 80 MW ja kaukolämpöteho 135 MW. [4.]

Kolmas yksikkö on vuonna 1995 valmistunut erillinen kaasuturbiinilaitos Mar4, jolla voidaan tukea kahta edellä mainittua yksikköä energiantuotannossa. Sen varapolttoaineena toimii kevyt polttoöljy. Kaasuturbiinilaitoksen sähköteho on 58 MW ja kaukolämpöteho 70 MW. [4.]

Martinlaakson voimalaitoksen tämän hetkiset pääpolttoaineet ovat siis kivihiili ja maa-kaasu, varapolttoaineena toimii kevyt polttoöljy. Vuoden 2019 aikana näiden rinnalle nousee myös biopolttoaineet puuhake ja turve, jotka tulevat korvaamaan osittain kivihiilen käyttöä. Siirtyminen pois kivihiilen käytöstä tuo tulevaisuudessa suuria muutoksia Martinlaakson voimalaitoksen rakenteeseen. Jo nyt MarBio1 on muuttanut koko Mar1-blokin rakennetta ja Mar2:n lopettaessa kivihiilen käytön 2020-luvun loppuun mennessä suurin osa laitteista jää hyödyttömiksi ja luultavasti puretaan, tai hyväksikäytetään muualla.

Vaikka Martinlaakson voimalaitos koostuu kolmesta erillisestä blokista, sitä voidaan normaalissa ajotilanteessa kuitenkin ajaa lukuisin eri tavoin, jotta sähkön- ja lämmöntuotanto saadaan maksimoitua. Kaasuturbiinilaitoksen yhteydessä olevasta lämmöntalteenottokattilasta voidaan esimerkiksi ajaa höyryä, blokkien 1 tai 2 höyryturbiineille, kuten kuvassa 2 on esitetty.



Kuva 2. Martinlaakson voimalaitoksen yleisnäyttö [4].

Yleisnäytön vasemmassa reunassa nähdään käytöstä poistettu ja pian uudistuva Mar1-kattila. Keskellä Mar2-kattila ja sen yhteydessä oleva rikinpoistolaitos, sekä oikeassa

reunassa lämmöntalteenottokattila. Lisäksi näytöllä on esitetty kattiloiden alapuolella höyryturbiinit 1 ja 2, sekä kaasuturbiini.

### 3 Ennakkohuolto

Ennakkohuolto on Martinlaakson voimalaitoksella toimiva kunnossapidon yksikkö, jonka tehtävänä on varmistaa koneiden häiriötön käynti ja arvioida mahdollisten huoltotoimien tarve. Ennakkohuollon vastuulla ovat muun muassa öljyjen, rasvojen ja suodattimien vaihdot, sekä koneiden säännöllinen tarkastus, hyvän käytettävyyden takaamiseksi. Tarkastuksia suoritetaan monia eri menetelmiä ja laitteita käyttämällä, tärkeimpinä kuitenkin säännöllinen voiteluhuolto ja värähtelymittaukset.

#### 3.1 Voiteluhuolto

Tärkeä osa ennakkohuollon toimintaa on pitää huolta, että laakereiden ja koneiden voiteluhuolto toimii. Hyvällä voitelulla varmistetaan laakerien ja muiden voideltavien kohteiden paras mahdollinen käyttöikä. Hyvä voitelu varmistetaan lisäämällä oikeaan aikaan, oikeaa voiteluainetta oikea määrä. Tehokkaasti toimivalla voitelulla voidaan vähentää ennenaikaisia laakerivikoja ja koneiden korjausseisokkeja. [5, s. 180.]

Puutteelliseen voitelutilanteeseen voi olla monia syitä. Laakerivalmistaja SKF:n tilastojen perusteella jopa 36 % laakerivioista aiheutuu puutteellisesta voitelusta ja 50 %, jos mukaan lasketaan vielä epäpuhtauksien aiheuttamat viat. Vikojen yleisempiä aiheuttajia ovat muun muassa

- puutteellinen voitelu
- virheelliset voiteluvälit
- virheellinen voiteluaine valinta
- liian paljon voiteluainetta
- laakerin tai koneen huonosti suunnitellut voitelujärjestelmät
- epäpuhtaudet. [5, s. 180.]

Voimalaitoksessa, jossa voideltavien kohteiden määrä voi olla jopa tuhansia, voitelusta vastaavien henkilöiden on pysyttävä tehtävien tasalla. Kaikki voitelutiedot on järjesteltävä, dokumentoitava ja ohjeet suunniteltava tarkasti, jotta sujuva voiteluhuolto voidaan toteuttaa. Hyvin suunnitellussa voiteluhuollossa on otettu huomioon ainakin seuraavat asiat:

- voiteluaikataulut
- voitelureitit
- voiteluaineiden toimitus ja varastointi
- voiteluaineiden analysointi ja seuranta
- manuaalinen ja automaattinen voitelu
- voitelujätteiden oikeanlainen hävittäminen. [5, s. 180.]

### 3.2 Käynninaikaiset tarkastukset

Suurin osa koneiden tarkastuksista tulee tehdä laitteiden ollessa käynnissä, sillä koneiden käynti kertoo paljon sen toiminnasta. Käyntiään vaihtelut, värähtelyiden muuttuminen ja visuaaliset muutokset koneessa kertovat aina jostain muutoksesta sen perustoiminnassa.

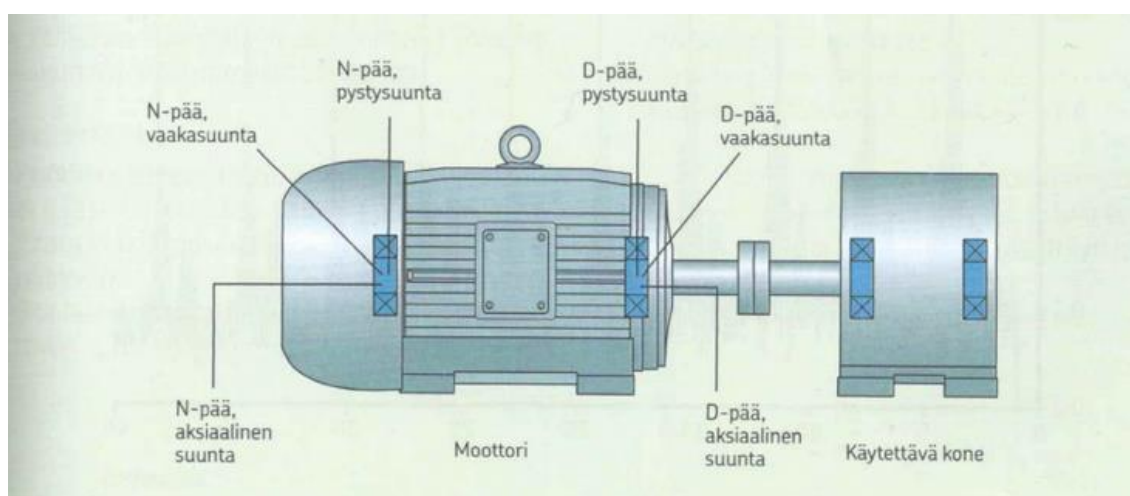
Käynninaikaiset tarkastukset ovat myös oleellisia, sillä koneen toiminnasta on pysyttävä selvillä, jotta turvallinen käyttö voidaan varmistaa. Käytönaikaisilla tarkastuksilla myös vältetään turha koneiden tai tuotantolinjan sulkeminen.

#### 3.2.1 Värähtelymittaus

Käynninaikaisista tarkastuksista värähtelymittaus on yksi tärkeimmistä mittaustavoista tutkittaessa poikkeuksia koneiden ja varsinkin laakerien toiminnassa. Värähtelymittauksia tarvitaan yleisesti seuraavien perussyiden vuoksi:

- Kaikissa koneissa ilmenee värähtelyä.
- Mekaanisten ongelmien ilmetessä syy on usein liitettävissä värähtelytason nousuun.
- Vian tyyppin määrittely onnistuu usein värähtelyä analysoimalla. [5, s. 222.]

Värähtelymittauksen näkökulmasta kaikki mekaaniset laitteet ovat yksilöllisiä ja tuottavat omanlaistaan värähtelytaajuutta ongelmien ilmetessä. Tätä värähtelytaajuutta analysoiden saadaan selville ongelmien perussy. Koneiden ja laakereiden värähtelytaajuuksia voidaan todeta asettamalla pietsosähköinen mittausturi sopivaan mittauspisteeseen koneessa tai laakeripesässä. Mittaustulosten halutaan olevan myös vertailukelpoisia keskenään ja tästä syystä mittauspisteen ja -tavan sekä käyttöolosuhteiden on pysyttävä samanlaisina, jokaisella mittauskerralla. Yleisesti käytetty ohje on aloittaa värähtelymittaus moottorin N-päästä ja edetä kohti käytettävää konetta, mitaten kaikki tarvittavat pisteet, kuten kuvasta 3 nähdään. Yksittäiset laakerit voidaan mitata niille merkityistä mittauspisteistä laakerinpesällä. [5, s. 222.]



Kuva 3. Värähtelymittausten suorittaminen sähkömoottorille [5, s. 223].

Ennakkohuoltoasentaja suorittaa värähtelymittauksia säännöllisin väliajoin. Ennakkohuoltoasentaja vertaa saatuja tuloksia aiempiin mittauksiin, samalla analysoiden mittauksen antamia värähtelykäyriä. Voimalaitoksen käytön kannalta tärkeissä kohteissa on myös kiinteästi laitteeseen tai sen runkoon asennettuja värähtelyantureita, jotka antavat jatkuvaa mittausdataa, esimerkiksi DNA -prosessinhallintajärjestelmän kautta. Tällaisia laitteita voidaan valvoa jatkuvasti ja reaaliajassa. Värähtelytasojen nousulle voidaan antaa hälytys- ja sulkurajat, joiden ylittyessä laite on ajettava alas.

Värähtelymittauksilla voidaan todeta myös hyvin erilaisia vikoja, jotka aiheuttavat erilaisia värähtelytaajuuksia. Nämä vaihtelevat värähtelytaajuudet voidaan karkeasti jakaa seuraavasti:

- matalat taajuudet, 0–2 kHz
- korkeat taajuudet, 2–50 kHz
- erittäin korkeat taajuudet, > 50 kHz.

Matalataajuiset värähtelyt aiheutuvat esimerkiksi linjausvirheestä, rakenteiden resonoinnista, tai jonkun yksittäisen järjestelmän osan puutteellisesta mekaanisesta kiristyksestä. Korkeita, sekä erittäin korkeita värähtelytaajuuksia muodostavat muun muassa vauriot vierintälaakereissa. Näitä vaurioita pystytään havaitsemaan jo hyvin varhaisessa vaiheessa, suorittamalla kiihtyvyyden amplitudi mittauksia laakerille ja vertailemalla saatuja tuloksia, esimerkiksi laakerivalmistaja SKF:n tarjoamiin omiin vertailuarvoihin tai laakerin asennuksen jälkeisiin mittauksiin, jolloin laakerin kunto oli pystytty varmistamaan. Värähtelyjen taajuuden ja amplitudin perusteella pystytään päättämään, mikä osa laakerista tai laitteesta on vaurioitumassa tai hajonnut. [5, s. 222.]

### 3.2.2 Melunvalvonta

Laakerien toiminnan muutokset pystytään havaitsemaan monesti myös pelkästään kuuntelemalla. Hyväkuntoisen laakerin tunnistaa tasaisesta, pehmeästä ja surisevasta äänestä. Huonokuntoinen tai toimintahäiriöinen laakeri taas niin sanotusti ”huutaa” ja pitää kirskuvaa, tai kitisevää ääntä. Huonokuntoisen laakerin ääni syntyy, kun laakerin kuulien tai rullien välykset muuttuvat kulutuksen vuoksi, ja näin kuula tai rulla pääsee liikkumaan laakerin kehällä.

Käydessään koneet tuottavat korkeataajuisia ja luonteeltaan voimakkaasti suunnattuja ääniä. Näitä ääniä pystytään kuuntelemaan tarkoitukseen rakennetuilla laitteilla, kuten koneisiin suoraan asennettavilla ultraääniantureilla, taikka erillisellä elektronisella stetoskoopilla. Elektronisella stetoskoopilla voidaan helposti kuunnella laakereita, asettamalla stetoskoopin kuuntelupää magneetilla kiinni koneen tai laakeripesän runkoon ja näin saada kuuntelemalla laajempi kuva laakerin tilasta. Erillisiä kunnonvalvontaan rakennettuja kuuntelulaitteita käyttämällä saadaan tehokkaasti paikallistettua, havaittua ja diagnosoitua koneista kuuluvia äänilähteitä. [5, s. 221.]

Kuuloon perustuvaa kuulonvalvontaa kuitenkin rajoittaa ihmisen kuuloalue, joka on noin 20–20 000 Hz. Ihminen ei siis pysty kuulemaan kaikkia haluttuja taajuuksia, tästä syystä

pelkkään kuuloon perustuvaan kunnonvalvontaan ei kannata luottaa, sillä siinä on rajoituksensa. Se on kuitenkin hyvä lisä kunnonvalvontaan ja auttaa värähtelymittauksen yhteydessä tunnistamaan laakerin kuntoa.

### 3.2.3 Lämpötilanvalvonta

Koneiden ja laakerien valvonnassa lämpötilan seuranta on myös erittäin oleellista. Jos koneenkäyttöolosuhteet ovat pysyneet muuttumattomina, mutta lämpötila on noussut, se viittaa usein alkavaan laakerivaurioon. Sillä vaurioituneessa laakerissa on usein metallipintojen välistä kosketusta, joka tuottaa kitkaa ja näin ollen lämpöä. On tärkeää myös huomioida, että mahdolliset voitelutoimenpiteet saattavat muuttaa käyntilämpötilaa, jopa kahdeksi päiväksi. [5, s. 221.]

Lämpötilaa mitataan usein kosketukseen perustuvilla mittareilla, jotka on asennettu suoraan koneeseen. Kosketukseen perustuvat lämpömittarit antavat usein tiedon jonkinlaiseen prosessinhallintajärjestelmään, josta se on etäluettavissa jatkuvana mittausdatana. Kiinteästi koneisiin asennetut lämpömittarit toimivat usein myös suojana laitteen ylikuumenemista vastaan, antaen hälytyksen liian korkeasta lämpötilasta suoraan käyttökonekunnalle prosessinhallintajärjestelmän kautta.

Erityisen käytännöllisiä huolto- ja tarkastustilanteissa ovat kuitenkin kosketuksettomat lämpömittarit, jotka mahdollistavat lämpötilan mittauksen hankalista ja vaarallisista kohteista turvallisen etäisyyden päästä Infrapunatekniikkaa hyväksi käyttäen. Suurempia kohteita tutkittaessa tai lämpövuotoa etsiessä myös lämpökamerat ovat tärkeä osa kunnossapidon lämpötilanvalvontaa. [5, s. 221.]

### 3.2.4 Silmämääräinen tarkastus

Silmämääräisellä tarkastuksella saadaan hyvin karkea kuva koneen toiminnasta, mutta jo sillä voidaan paljastaa käynninaikaisia ongelmia koneessa. Muun muassa muodon- ja värinmuutokset koneissa ovat selvä merkki ylikuumenemisesta. Myös mahdolliset tiivisteiden pitävyydet ja öljy/voiteluainevuodot ovat mahdollisia tarkistaa silmämääräisesti.

Silmämääräinen tarkastus on myös ainoa edellä mainituista tarkastustavoista, jota voidaan soveltaa myös pysäytettyihin koneisiin. Näin ollen se on tärkeää varsinkin koneita käynnistettäessä, jotta voidaan varmistaa koneen turvallinen käynti.

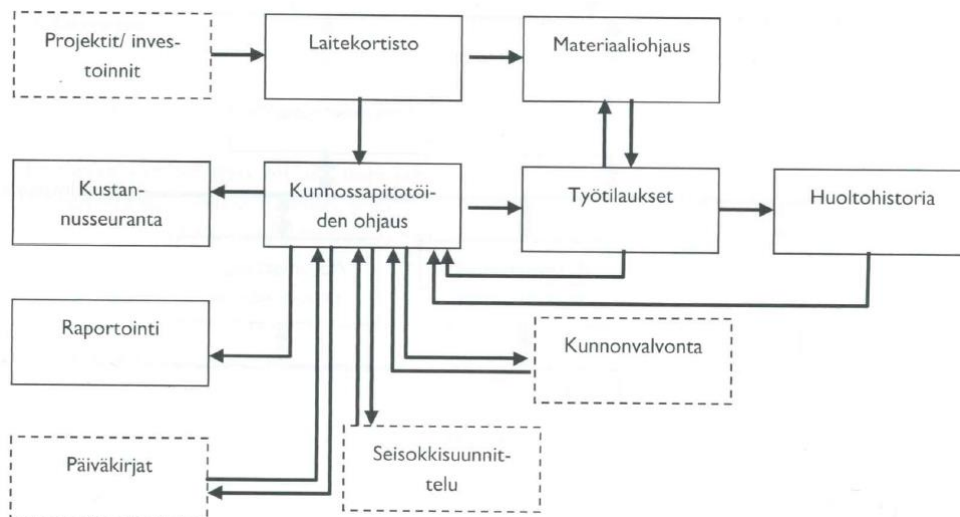
### 3.3 Kunnossapitojärjestelmä

Voimalaitoksen yksi tärkeimpiä tekijöitä on toimiva kunnossapidon tietojärjestelmä. Kunnossapitojärjestelmän sovellus ohjaa kunnossapitoa ja materiaalivirtoja. Sen käyttäjinä toimivat voimalaitoksen oma käyttöhenkilökunta, kunnossapidon henkilökunta ja varaston henkilökunta. Kunnossapitojärjestelmä on täysin riippuvainen sitä käyttävistä käyttäjistä, joiden vastuulla on tiedon tuottaminen järjestelmään. Kunnossapitojärjestelmä pitää kirjaa muun muassa seuraavista asioista:

- huollot
- korjaukset
- töiden suunnittelu
- kunnossapidon tunnusluvut
- raportointi
- työlistat
- varaosalistat
- kehitystoimenpiteet.

Kaiken edellä mainitun on pysyttävä ajan tasalla ja päivitykset on tultava reaaliajassa, jotta päätöksenteko toimisi. Reaaliajassa päivittyvällä järjestelmällä pystytään perustelemaan investointeja, kohdentamaan resursseja ja se auttaa kunnossapidon seurannassa ja suunnittelussa. Kunnossapitojärjestelmän toimintaa on avattu tarkemmin kuvassa 4.





Kuva 4. Kunnossapitojärjestelmän ominaisuuksia ja toimintoja [6, s.116].

Vantaan Energialla käytössä oleva IFS-kunnossapitojärjestelmä toimii hyvin samanlaisella periaatteella, kuin kuvan 4 malli, jossa kaikki kunnossapidon toiminnot ovat sidoksissa toisiinsa. Tällainen toimintojen yhteistyö auttaa keräämään paremmin dataa ja se kehittää koko kunnossapidon toimintaa tehokkaammaksi, parantaen samalla tiedonhankintaa ja varmuutta kunnossapidon toiminnassa.

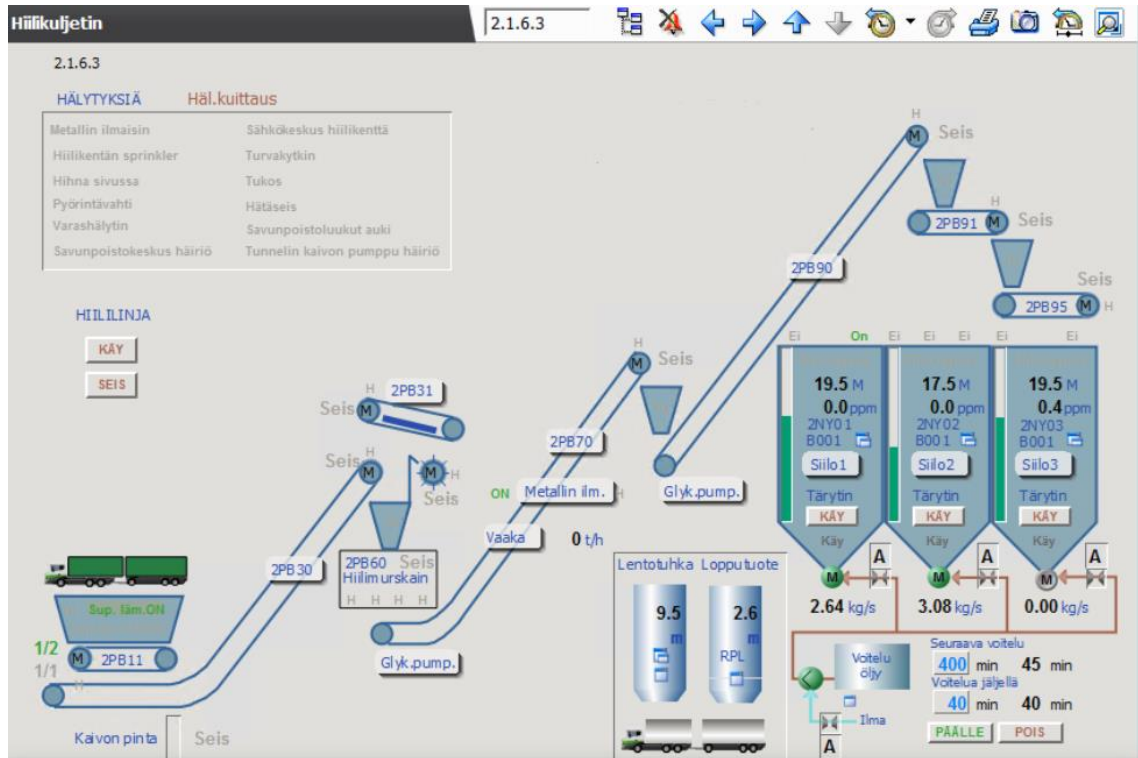
## 4 Hiilikuljetin

Oleellinen osa hiilivoimalaitoksen toimintaa on hiilikuljetin, jolla varmistetaan voimalaitoksen polttoaineen kuljetus varastosta hiilisiiloille. Martinlaakson voimalaitoksella hiilen varastointi on toteutettu erillisellä hiilikentällä, josta hiiltä ajetaan kuljettimelle aina kun on tarve täyttää hiilisiiloja.

### 4.1 Kuljettimen rakenne

Martinlaakson voimalaitoksen hiilikuljetin on noin 300 m pitkä ja koostuu kaikkiaan seitsemästä pienemmästä kuljettimesta, jotka yhdistävät voimalaitoksen sen länsipuolella sijaitsevaan hiilikenttään. Osana Martinlaakson voimalaitoksen hiilikuljetinta pidetään myös hiilikentällä sijaitsevaa seulomaa, jossa hiili kulkee magneetin ja murskaamon lä-

vitse. Näin pystytään varmistamaan, että hiilisiiloihin kulkee parempaa ja tasalaatuisempaa polttoainetta. Kuvassa 5 on esitetty Martinlaakson voimalaitoksen hiilikuljettimen rakennetta.



Kuva 5. Hiilikuljetin esitettynä DNA-prosessinhallintajärjestelmässä [7].

Kuvassa vasemmalla on hiilenpudotuspiste, josta hiili kuljettimia pitkin nousee voimalaitoksen ylimmässä kerroksessa sijaitseviin hiilisiiloihin.

#### 4.1.1 2PB11 ja 2PB30

Ensimmäinen osa kuljetinta hiilenpudotusaukon jälkeen on hihnasyötin 2PB11. Hihnasyöttimen tehtävänä on siirtää hiili pudotusaukolta eteenpäin suuremmalle kuljettimelle. Kuvassa 6 nähdään hiilenpudotusaukon läheisyydessä sijaitsevat laitteet.



Kuva 6. Hihnasyötin 2PB11

Kuvan yläladassa nähdään hiilenpudotusaukko, josta hiili putoaa keltaisella merkitylle hihnasyöttimelle 2PB11. Kuvan alalaidassa vielä hihnakuljetin 2PB30, joka ottaa vastaan hiilet hihnasyöttimeltä. Hihnakuljettimen 2PB30 tehtävänä on kuljettaa hiili hihnan loppupäässä sijaitsevaan seulomoon. Hihnakuljettimen 2PB30 alkupäässä sijaitsevat myös hihnan kiristysrullat, joilla säädetään hihnalle oikea kireys hyvän käytettävyyden takaamiseksi.

#### 4.1.2 2PB31 ja 2PB60

Ensimmäisen hihnakuljettimen jälkeen hiili saapuu seulomoon, jossa se kulkee hihnaa pitkin riippusähkömagneetin 2PB31 lävitse. Riippusähkömagneetti pyrkii erittelemään hiilen seasta suurimmat sinne kuulumattomat metallipitoiset materiaalit. Erittelyn jälkeen hiili kulkee rullaseulamurskain 2PB60:lle. Rullaseulamurskaimessa hiili murskataan sopivan kokoisiksi paloiksi siiloon kuljetusta varten ja eritellään vielä sinne kuulumattomat muut maa-ainekset, kuten suuret kivet. Kuvassa 7 on esitetty seulomon laitteisto.





Kuva 7. Seulomon riippusähkömagneetti 2PB31 ja rullaseulamurskain 2PB60.

Kuvan oikeassa ylä laidassa nähdään riippusähkömagneetti, josta lähtee poistokanava metallijätteille. Riippusähkömagneetin alapuolella on suurempana kokonaisuutena rulla-seulamurskain.

#### 4.1.3 2PB70 ja 2PB90

Hiilen kuljettua seulomon lävitse, se päättyy pudotussuppilon kautta hihnakujiin 2PB70:lle, jonka alkupäässä sijaitsee myös hihnan kiristysrullat. Hihnakujiin 2PB70:n alkupää ja kiristysrullat on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Hihnakuuljetin 2PB70

Hihnakuuljetin 2PB70:n tehtävänä on siirtää hiili hiilikentällä sijaitsevasta seulomosta tien yli voimalaitosalueelle ja siellä kuljettimen suuntaa kääntävälle risteysasemalle. Kuvassa 9 on esitetty risteysaseman laitteistoa.



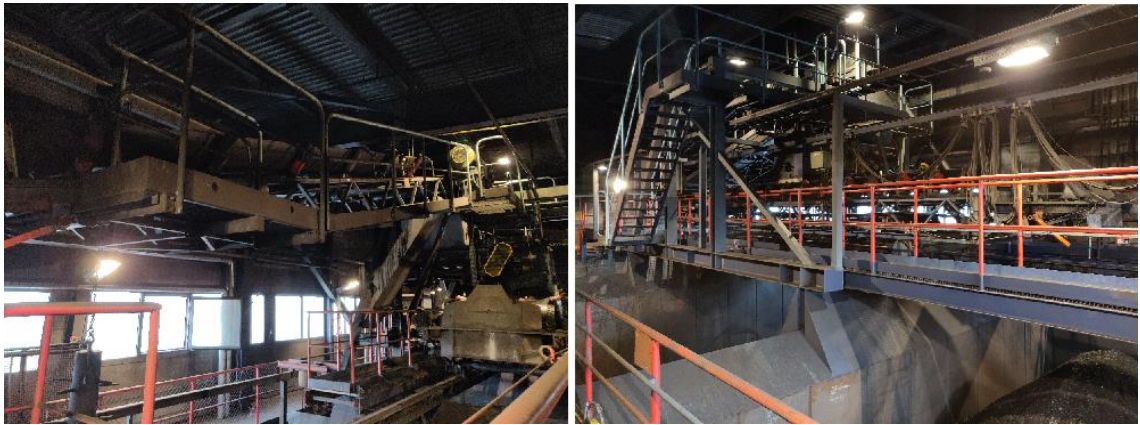
Kuva 9. Risteysaseman laitteisto



Kuvassa vasemmalla hihnakuljetin 2PB70:n loppupää ja oikealla hihnakuljetin 2PB90:n alkupää. Risteysasemalla hihnakuljetin 2PB70:n tuoma hiili kulkee pudotussuppilolle, josta se tippuu viimeiselle pitkälle hihnakuljettimelle 2PB90:lle. Hihnakuljetin 2PB90:n tehtävänä on kuljettaa hiili risteysasemalta hiilisiilojen yläpuolella sijaitsevalle hiilivintille, jossa viimeiset kuljettimet sijaitsevat.

#### 4.1.4 2PB91 ja 2PB95

Hiilivintillä hihnakuljetin 2PB90 kuljettaa hiilen pienemmälle poikittaiskuljettimelle 2PB91:lle. Poikittaiskuljettimelta hiili kulkeutuu hiilen jakokuljetin 2PB95:lle ja lopulta hiilisiiloihin. Kuvassa 10 on esitelty hiilivintillä sijaitsevat kuljettimet.



Kuva 10. Hiilivintin hiilikuljetin laitteisto

Vasemman puoleisessa kuvassa hihnakuljetin 2PB90, joka kulkee ylös poikittaiskuljetin 2PB91:lle. Oikean puoleisessa kuvassa keskellä hiilenjakokuljetin 2PB95. Poikittaiskuljetin 2PB91:n tehtävänä on siirtää hiili eteenpäin sen saavuttua hiilivintille. Poikittaiskuljettimen 2PB91 jälkeen hiili päättyy pudotussuppiloon ja siitä jakokuljetin 2PB95:lle. Jakokuljetin 2PB95 on liikkuva kuljetin, jolla kontrolloidaan mitä kolmesta hiilisiilosta halutaan kulloinkin täyttää. Tarkempi kuva hiilikuljettimen laitteista PI-kaavion muodossa löytyy liitteestä 1.

## 4.2 Voiteluaine

Kuljettimen rullien ja sähkömoottoreiden laakereiden voiteluaineena toimii Mobil Mobilith SHC -sarjan synteettinen voitelurasva SHC 100. Kyseinen rasva sopii erinomaisesti pallomaisille rulla- ja kuulalaakereille, joita myös hiilikuljettimella käytetään. SHC 100 tarjoaa pienen nestekitkan ja tästä syystä alhaisen momentin käynnistuksen ja käynnin aikana, alentaen samalla käynninaikaisia lämpötiloja. Voitelurasvan tarkempia arvoja alla olevassa taulukossa 1. [8.]

Taulukko 1. Mobilith SHC 100 -voitelurasvan arvoja [8].

<b>Mobilith SHC</b>	<b>100</b>
NLGI-luokka	2
Paksunnin	Litiumkompleksi
Väri, visuaalinen	Punainen
Tunkeuma, vatkattuna, 25°C, ASTM D217	280
Tippumispiste, °C, ASTM D 2265	265
Perusöljyn viskositeetti, ASTM D445, cSt @ 40°C	100
Neljän kuulan koe, hitsautumiskuorma, ASTM D2596, kg	250
Vesihuuhtoutuminen, ASTM D1264, hävikki 79°C:ssa, % painohäviö	6
Ruosteenestokyky, ASTM D 6138, Tislattu vesi	0,0
Ruostesuoja, ASTM D1743, luokitus	Läpäisee
4-kuulan koe, kuluminen, ASTM D 2266, jälki, mm	0,50
Matalien lämpötilojen vääntömomentti, ASTM D 1478, vääntömomentti, gcm, käynnistys / 1 h käyttö ja testilämpötila	9520/2199 @ -50 °C
U.S. Mobility, AM-S 1390, -18°C, gms/min	20,0

SHC 100 on todettu toimivaksi voiteluaineeksi hiilikuljettimella, sen hyvän voitelukyvyyn, jäykkyyden (NLGI-luokka 2) ja laajan käyttölämpötila alueen vuoksi (-40 °C...+150 °C).

SHC 100 on myös laajalti käytössä monessa muussa kohteessa Martinlaakson voimalaitoksella. Tarvetta sen vaihtamiseen ei nähty, sillä voitelurasvan toimivuus on jo testattu, saatavuus varmistettu ja yhteinen voitelurasva voimalaitoksen muiden laitteiden kanssa helpottaa huoltotoimenpiteitä.

#### 4.3 Voitelukohteet

Hiilikuljettimella sijaitsevat voitelukohteet, jotka kaipaavat päivitystä ovat rasvanippojen kautta voideltavia yksittäisiä kuljettimien laakereita ja rasvavoideltuja sähkömoottoreita. Alla olevassa taulukossa 2 on listattu kaikki hiilikuljettimella sijaitsevat voitelukohteet sijainnin mukaan.

Taulukko 2. Voitelukohteiden lukumäärä ja sijainti hiilikuljettimella.

Sijainti	Voideltavat laakerit (kpl)	Voideltavat sähkömoottorit (kpl)
2PB11 ja 2PB30	6	2
2PB31 ja 2PB60	74	2
2PB70 ja 2PB90	18	2
2PB91 ja 2PB95	10	2
<b>Yhteensä</b>	<b>108</b>	<b>8</b>

Taulukosta 2 nähdään voideltavien laakereiden suuri määrä, joka on ongelmallinen varsinkin suoritettaessa säännöllisiä voitelu- ja tarkastuskierroksia, sillä mahdollisten virheidenvahvistaminen vaikeutuu kohteiden määrän kasvaessa. Voitelun suorittaminen tulisi myös tapahtua hiilikuljettimen päällä ollessa, joten suuri määrä voideltavia kohteita vaikeuttaa voitelun ajoittamista.

#### 4.4 Nykyinen toimintatapa

Hiilikuljettimen huolto ja ylläpito ovat olleet pidempään Vantaan Energian aliurakoitsijan vastuulla. Tästä syystä Vantaan Energialla ei ole ollut tarvittavia tietoja voitelu- ja huoltotoimenpiteiden säännöllisyydestä tai poikkeustilanteista. Aliurakoitsija on huolehtinut 1–2 työntekijän miehityksellä kaikesta hiilikentän toiminnasta, kuten

- hiilikuljetuksien ohjaus ja punnitus
- hiilikasan kontrollointi



- hiilen syöttö voimalaitokselle tarpeen mukaan
- hiilikentän siisteydestä huolehtiminen
- itsenäiset hiilikuljettimen huolto- ja ylläpitotoimet
- Vantaan Energian tai muun yrityksen huoltomiehien avustaminen tarvittaessa. [9.]

Aliurakoitsija on suorittanut voiteluhuoltoa perustuen omaan näkemykseensä voitelun tarpeellisuudesta, ilman minkäänlaista kunnossapitojärjestelmää. Voitelukohteet ovat voideltu kaikki yksitellen ja esimerkiksi sähkömoottoreiden voiteluhuollosta ei Vantaan Energialla ole ollut minkäänlaista varmuutta. Voitelusta tai sen puutteesta johtuvia laiterikkoja ei kuitenkaan ole tapahtunut.

Töiden suuresta määrästä ja puutteellisesta seurannasta johtuen Vantaan Energia haluaa siirtää vastuun hiilikuljettimen ylläpidosta oman yrityksen ja ennakkohuollon vastuulle. Tällä saavutettaisiin varmuus hiilikuljettimen toimivuudesta, ottamalla käyttöön säännölliset ylläpito-, tarkastus- ja huoltotoimenpiteet.

## 5 Päivitysvaihtoehdot

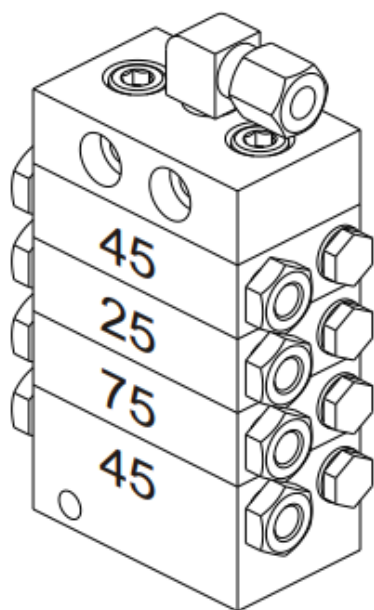
Hiilikuljettimen voitelujärjestelmän päivitystä suunniteltaessa esiin nousi kolme potentiaalista päivitysvaihtoehtoa. Nämä kolme vaihtoehtoa erosivat toisistaan suuresti asennuksen ja käyttötapojen suhteen. Kriteereinä valinnassa olivat muun muassa seuraavat asiat

- soveltuvuus kohteeseen
- uuden järjestelmän ylläpito
- huollettavuus
- voiteluhuollon toteutettavuus
- luotettavuus
- kustannukset.

### 5.1 Progressiivinen voitelujärjestelmä

Progressiivinen voitelujärjestelmä koostuu progressiivisista mäntäjakajista, jotka hyödyntävät voiteluaineen jakamisessa hydraulista vaiheohjausta. Kyseisessä ohjauksessa

syötettävä voiteluaine ohjaa jakajan mäntiä niin, että jakajan jokaisesta ulostulosta puristuu vuorollaan ulos sama määrä voiteluainetta, jos siihen asennetut elementit ovat yhtä suuria keskenään. Jos jakajaan syötetyn voiteluaineen virtauksessa on häiriöitä, esimerkiksi tukkeutumisen seurauksena, jakaja lukitsee itsensä. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää hyväksi jakajien toiminnan valvomisessa, sillä jakajan tukkeutuessa tiedetään, että jokin voitelukohde jää ilman voiteluainetta. Tukkeutunut kohde pystytään selvittämään nopeasti, käymällä läpi kaikki jakajan ulostulot. Kuvassa 11 Qtec Engineering Oy:n MX-F Progressiivinen jakaja neljällä annosteluelementillä ja kahdeksalla ulostulolla. [10.]



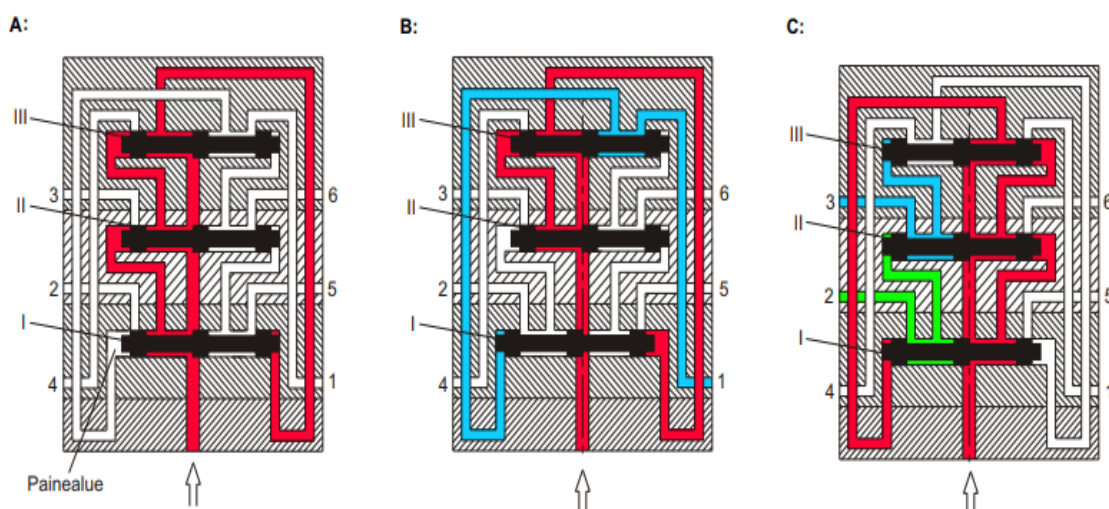
Kuva 11. MX-F Progressiivinen jakaja [10].

Progressiiviset jakajat voidaan valmistaa käyttäjän toiveiden mukaan erilaisilla elementtivariaatioilla, esimerkiksi kuvan 11 neljä annosteluelementtisen kokoonpanon elementtien määrää, sekä elementtien iskun kokoa voidaan muuttaa. Progressiivisia jakajia voidaan myös yhdistää toisiinsa, jolloin saadaan huomattavasti enemmän lähtöjä. Lähdöt yhdistetään voideltavaan kohteeseen korkeapaineletkulla. Progressiiviset jakajat mukautuvat siis erittäin hyvin erilaisiin kohteisiin. Erikokoiset annosteluelementit ja niiden iskun koot ovat alla olevassa taulukossa 3.

Taulukko 3. MX-F progressiivisen jakajan teknisiä tietoja[10].

Elementin nimitys	Elementin tuotto/isku		Mäntä halk.
	per lähtö	Per elementti	
MX-F 25	25 mm <sup>3</sup>	50 mm <sup>3</sup>	3 mm
MX-F 45	45 mm <sup>3</sup>	90 mm <sup>3</sup>	4 mm
MX-F 75	75 mm <sup>3</sup>	150 mm <sup>3</sup>	5 mm
MX-F 105	105 mm <sup>3</sup>	210 mm <sup>3</sup>	6 mm

Yhdistelemällä erikokoisia elementtejä yksi progressiivinen jakaja pystyy jakamaan voiteluainetta lukuisiin erikokoisiin kohteisiin samaan aikaan, säilyttäen silti tarkkuuden annostelussa. Progressiiviset jakajat sisältävät annosteluelementin lisäksi lähtöelementin, joka ei sisällä annostelumäntää ja päätyelementin, joka sulkee jakajan. Elementit koostaan yhteen jakajaksi, kuusiokoloruuveilla ja lukkoaluslevyillä, tiivisteinä elementtien välissä O-renkaat. Progressiivisen jakajan toimintaa on selvennetty tarkemmin kuvassa 12.



Kuva 12. MX-F Progressiivisen jakajan toiminta kuvaus [10].

Kuvan 12 kohdasta A nähdään, että voiteluaine kulkee jakajan sisääntulosta annostelu- ja päätyelementtien kautta männälle I, työntäen sen vasemmalle ja syöttäen samalla voiteluaineen syöttömännän vasemmalla puolella sijaitsevalle painealueelle ja sitä kautta ulostuloon 1 (kohta B). Tämän jälkeen syöttömännät II ja III liikkuvat vuorotellen ja annostelevat voiteluaineen ulostuloihin 2 ja 3. Kun syöttömäntä III suorittaa liikkeensä loppuun, voiteluaine ohjautuu syöttömännälle I (kohta C). Nyt voiteluaine työntää syöttömännän I takaisin oikealle, samalla syöttäen voiteluaineen oikean puoleiselle painealu-

eelle ja ulostuloon 4. Seuraavaksi syöttömännät II ja III työntävät voiteluaineen ulostuloihin 5 ja 6, jolloin progressiivinen jakaja on suorittanut voitelukierroksensa ja aloittaa sen alusta. Progressiivinen jakaja jatkaa toimintaansa, kunnes voiteluaineen syöttö katkeaa. [10.]

## 5.2 Automaattinen voitelujärjestelmä

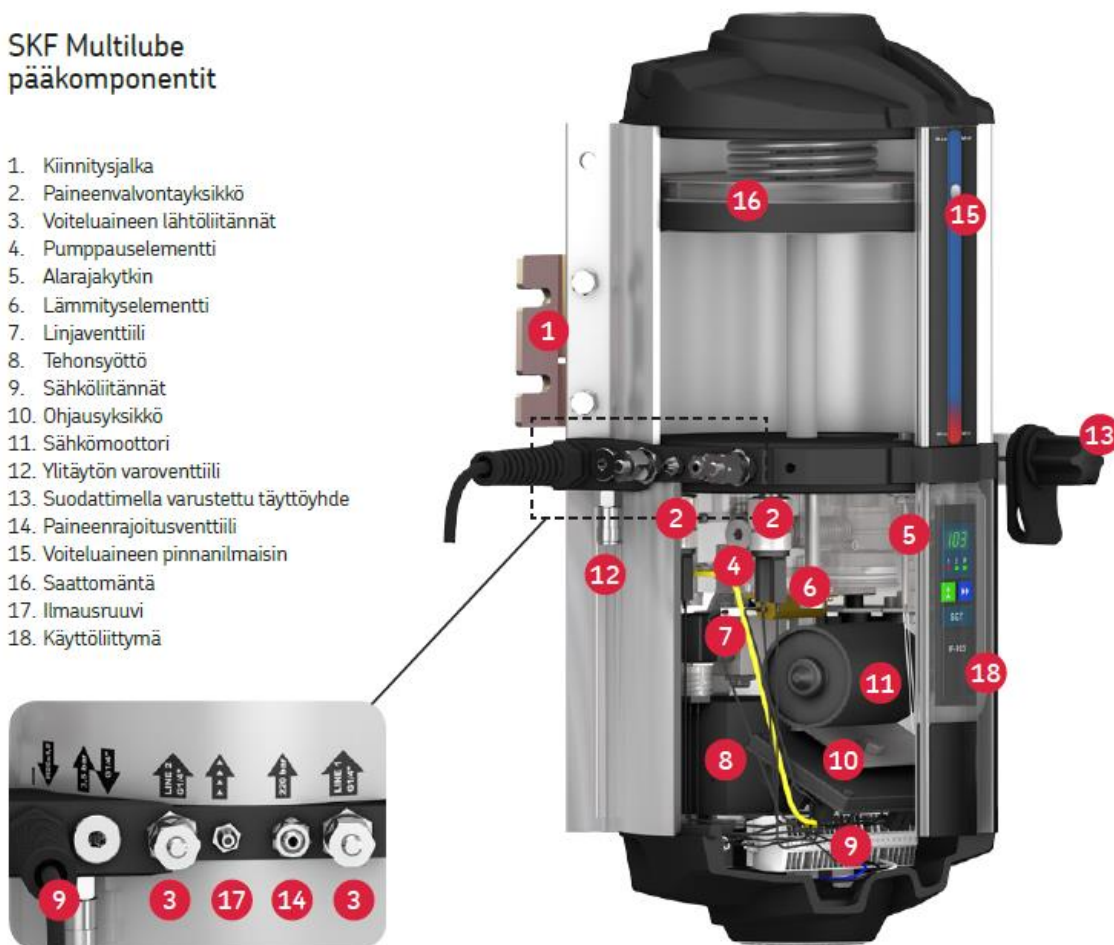
Automaattinen voitelujärjestelmä on järjestelmä, joka hoitaa voitelun valituissa kohteissa itsenäisesti ja käyttäjän vastuulle jäisi vain voitelujärjestelmän voitelusäiliön täyttö. Automaattinen voitelujärjestelmä koostuu niin sanotusta pääyksiköstä johon on integroitu kaikki tarvittavat komponentit kuten

- ohjausyksikkö
- säiliö
- pumppu
- suuntaventtiili
- paineen valvonta. [11.]

Automaattinen voitelujärjestelmä toteutettaisiin SKF:n Multilube-pumppauskeskuksilla. Multilube -voitelujärjestelmä on hyvin monikäyttöinen, sillä sitä voidaan käyttää yksilinjaisten, kaksilinjaisten tai progressiivisten järjestelmien kanssa. Voitelujärjestelmässä on sisäänrakennettu lämmitys, joka takaa käytettävyyden vaihtuvissa lämpötiloissa. Se on myös todettu toimivaksi hiilikuljettimella hiilipölyssä, suojausluokka IP67:n ansiosta (täydellinen pölytiivis suojaus). Kuvassa 13 on esitetty SKF Multilube -voitelujärjestelmä ja sen pääkomponentit. [11.]

## SKF Multilube pääkomponentit

1. Kiinnitysalka
2. Paineenvalvontayksikkö
3. Voiteluaineen lähtöliitännät
4. Pumppauselementti
5. Alarajakytkin
6. Lämmityselementti
7. Linjaventtiili
8. Tehonsyöttö
9. Sähköliitännät
10. Ohjausyksikkö
11. Sähkömoottori
12. Ylitäytön varoventtiili
13. Suodattimella varustettu täyttöyhde
14. Paineenrajoitusventtiili
15. Voiteluaineen pinnanilmaisin
16. Saattomäntä
17. Ilmausruuvi
18. Käyttöliittymä



Kuva 13. SKF Multilube ja sen pääkomponentit [11].

SKF Multilube -voitelujärjestelmä tarvitsee keskusyksikkönsä lisäksi virtalähteen, sekä voiteluaine- ja paineilmalinjat toimiakseen. Se voidaan kokonsa puolesta sijoittaa varsin monipuolisesti voideltavien kohteiden lähetyville. Keskusyksikön hoitaessa kaiken työn sen toimivuudesta on varmistuttava säännöllisesti ja sitä varten on suunniteltava omat tarkastuskierrokset, sillä häiriö sen toiminnassa jättäisi kaikki voitelukohteet sen toiminta-alueella ilman voitelua.

### 5.3 Manuaalinen voitelu

Manuaalinen voitelu on kahdesta edellisestä ehdotuksesta poikkeava, sillä se ei vaadi mitään muutoksia jo olemassa olevaan rasvausjärjestelmään. Tehtävänä olisi selvittää olemassa olevien rasvanippojen toimivuus ja sijainti hiilikuljettimella.

Valittaessa manuaalinen voitelu tärkein tekijä olisi kaikkien voitelukohteiden tietojen lisääminen IFS-kunnossapitojärjestelmään ja suunnitella niille omat voitelu-, huolto- ja tarkastusvälit. Näin ollen voitelun suoritustapa pysyisi ennallaan, mutta työn suorittaja vaihtuisi aliurakoitsijasta Vantaan Energian ennakkohuoltoasentajaan. Kaikki voitelukohteet olisivat myös jatkuvassa seurannassa IFS-kunnossapitojärjestelmän kautta. Näin saavutettaisiin varmuus voiteluhuollon toimivuudesta ja kohteiden säännöllisistä tarkastuksista.

## 6 Vertailu

Voitelujärjestelmän uusimista varten kolmea eri päivitysvaihtoehtoa oli vertailtava. Progressiivisesta ja automaattisesta voitelujärjestelmästä pyydettiin tarjoukset. Työmäärää vertailtiin asennuksen ja säännöllisten voitelu toimenpiteiden kannalta, kaikkien kolmen eri vaihtoehdon osalta. Myös voimalaitoksen tulevaisuus otettiin huomioon, hiilikuljetusten jäljellä olevien käyttövuosien osalta.

### 6.1 Kustannukset

Voitelujärjestelmien vertailu aloitettiin lähettämällä tarjouspyynnöt, sekä automaattisesta, että progressiivisesta voitelujärjestelmästä. Automaattisesta voitelujärjestelmästä tarjouksen teki Oy SKF Ab ja progressiivisesta voitelujärjestelmästä Qtec Engineering Oy. Kyseisten tarjouksien hinnat on nähtävissä taulukosta 4.

Taulukko 4. Voitelujärjestelmistä saadut tarjoukset

Taulukossa 4 esitetyt hinnat on avattu tarkemmin liitteissä 2 ja 3. Hinnat olivat odotetun laiset perustuen aiempiin vastaavanlaisiin uudistuksiin Vantaan Energian voimalaitoksilla. Automaattisen ja progressiivisen voitelujärjestelmän välillä hintaero on kuitenkin suuri, progressiivisen voitelujärjestelmän maksaessa noin 90 % vähemmän verrattuna

automaattisen voitelujärjestelmään. Progressiivinen voitelujärjestelmä ei sisällä asennusta, mutta automaattisen voitelujärjestelmän tarjouksen ohessa olevasta asennusjärjestelysopimuksesta kävi ilmi, että sekin vaihtoehto vaatisi runsaasti rakennusteknisiä töitä, jotka suoritaisi Vantaan Energian omat asentajat. Tästä syystä asennusta ei tarvitse huomioida suuremmin valinnan hinnassa.

## 6.2 Työmäärä

Eri voiteluvaihtoehtoja tutkittaessa tärkeäksi tekijäksi nousi työmäärä, sekä asennuksessa että varsinkin asennuksen jälkeisessä säännöllisessä voiteluhuollossa. Kokonaishinnaltaan selvästi halvin vaihtoehto oli manuaalinen voitelu, joka ei sisällä mitään uusia komponentteja vanhaan järjestelmään, mutta on kuitenkin kaikkein työläin vaihtoehto säännöllisessä voiteluhuollossa. Taulukko 2:ssa oli esitetty voideltavien kohteiden määrät, joiden voitelemiseen yksittäin kuluu kohtuuttoman suuri aika muiden huoltotoimenpiteiden yhteydessä.

Automaattista voitelujärjestelmää ja SKF:n tarjousta tarkasteltaessa havaittiin, että tarjouksessa tilaajalle, tässä tapauksessa Vantaan Energialle kuului suuri määrä rakennusteknisiä töitä ja vastuita, vaikka tarjoukseen oli sisällytetty voitelujärjestelmän asennus. Tämä oli huomioitava vertailussa, varsinkin automaattisen voitelujärjestelmän maksassa huomattavasti muita vaihtoehtoja enemmän jo ennen asennusta. Säännöllisessä voiteluhuollossa automaattinen järjestelmä olisi kuitenkin kaikkein helppohoitoisin ja vaatisi pienimmän työmäärän.

Progressiivinen voitelujärjestelmä vaatisi kaikkein eniten työtä asennuksessa, sillä progressiiviset jakajat ja voitelulinjat pitäisi kaikki koota ja asentaa omien asentajien voimin. Asennustyöt olisivat kuitenkin hyvin suoritettavissa, esimerkiksi ylitöinä tai viikonlopputöinä. Säännöllisessä voiteluhuollossa progressiivinen voitelujärjestelmä toimisi hyvin, se vähentäisi säännöllisesti voideltavia kohteita alustavien suunnitelmien mukaan 108:sta noin 10–15 voitelukohteeseen.

### 6.3 Kannattavuus

Voitelujärjestelmien asennuksen kannattavuutta tarkasteltiin hiilikuljettimen jäljellä olevan käyttöiän mukaan, sillä Vantaan Energia on sitoutunut luopumaan kivihiilen poltosta 2020-luvulla ja sen omien suunnitelmien mukaan jo vuonna 2025, kuten kuvasta 14 nähdään.



Kuva 14. Vantaan Energian suunnitelma energiantuotannon vaihtoehtoista [12].

Kivihiilestä luopuminen jo vuonna 2025 tarkoittaisi, että hiilikuljetin olisi käytössä noin 7 vuotta, jonka jälkeen se mahdollisesti purettaisiin, tai muokattaisiin käytettäväksi uudelle polttoaineelle. Tästä syystä suurien investointien kohdistaminen hiilikuljettimelle ei ole kannattavaa, ilman painavaa syytä. Voitelujärjestelmän valinnassa tuli siis ottaa huomioon kustannukset, hiilikuljettimen jäljellä oleva käyttöikä, ennakkohuoltoasentajille kohdistuva työmäärä ja voiteluhuollon varma toimivuus.

Edellä mainitut kannattavuuden tekijät huomioiden progressiivisen järjestelmän huomattavasti edullisempi hinta sekä jakajien uudelleen käytettävyyden nosti progressiivisen järjestelmän kannattavuuden kannalta päävaihtoehtoksi. Progressiivinen voitelujärjestelmä nähtiin myös parempana vaihtoehtona kuin manuaalinen voitelu, hiilikuljettimen huollossa ja toimintakunnon säilyttämisessä sen käyttöiän loppuun asti.



## 6.4 Johtopäätökset

Automaattinen voitelujärjestelmä nähtiin varsin toimivana vaihtoehtona, mutta sen aloitus kustannukset ja mahdolliset laitteiston huollot tulisivat kalliiksi. Kyseisessä järjestelmässä nähtiin myös riskinä hiilipölyn joutuminen järjestelmään, koska voiteluaine säilytetään paikan päällä kohteessa, jolloin riskinä olisi voitelulinjojen tukkeutuminen ja niiden hankala selvittäminen järjestelmän automaation vuoksi. Voiteluhuollossa automaattinen järjestelmä olisi kaikkein helpoin ennakkohuoltoasentajan näkökulmasta. Ehkä jopa siinä määrin, ettei kohteessa olisi tarvinnut käydä kovinkaan usein, jolloin riskinä olisi voiteluhuollon ja hiilikuljettimen laitteiston seurannan heikentyminen. Hiilikuljettimella sijaitsee myös hiilipölystä johtuen Ex-merkittyjä alueita, eli räjähdysvaarallisia alueita, joihin sähkötoimisten laitteiden tuominen on riski. Sähkölaitteiden parempi eristäminen kohteesta tai Ex-tiloihin sopivien laitteiden hankinta tuottaisi ei-toivottuja lisäkustannuksia.

Manuaalinen voitelu olisi vaihtoehtona ollut helppo toteuttaa, sillä se säästää kustannuksia, eikä sisällä minkäänlaisia asennustöitä. Voiteluhuollon suorittamisessa se kuitenkin olisi erittäin kuormittava ennakkohuoltoasentajille, lukuisten voitelukohteidensa johdosta. Manuaalisen voitelun riskinä nähtiin myös liian kulkeutuminen laakereille rasvanippojen kautta voitelun yhteydessä, joita hiilikuljettimella on 108 kappaletta (taulukko 2).

Lopulta hiilikuljetin päätettiin päivittää progressiivisella voitelujärjestelmällä, perustuen sen huomattavasti edullisempaan hintaan verrattuna automaattiseen voitelujärjestelmään (taulukko 4 ja Liite 3) ja tehokkaampaan voiteluhuollon toteuttamiseen verrattuna manuaaliseen voiteluun. Progressiivisesta voitelujärjestelmästä oli saatu myös hyviä käyttökokemuksia Vantaan Energian jätevoimalalta. Kyseinen järjestelmä on varsin yksinkertainen perustoiminnaltaan, joten myös järjestelmän huoltotyöt on helppo suorittaa omien ennakkohuoltoasentajien voimin, eikä säännöllinen voiteluhuolto ole liian kuormittava ennakkohuoltoasentajille. Progressiiviset jakajat on myös helppo poistaa ja käyttää uudelleen muissa kohteissa, hiilikuljettimen poistuttua käytöstä.

Progressiivinen voitelujärjestelmä nähtiin hyvänä välimuotona automaattisen voitelujärjestelmän ja manuaalisen voitelun välillä. Se helpottaa ennakkohuoltoasentajien työtaakkaa ja parantaa samalla voiteluvarmuutta hiilikuljettimella. Progressiivinen voitelujärjestelmä myös aktivoi sopivasti ennakkohuoltoa tarkkailemaan hiilikuljettimen laitteistoa säännöllisillä voitelu- ja tarkastuskierroksilla.

## 7 Päivitystoimenpiteet

Hiilikuljettimen päivitys toimenpiteet aloitettiin tarkastamalla säännöllisesti voideltavien kohteiden määrä ja sijainti. Näiden tietojen perusteella progressiivisten jakajien kokoonpanoa ja ryhmittelyä jakajia varten alettiin suunnittelemaan, tästä tarkemmin kohdassa 7.1. Kun kaikki voideltavat kohteet saatiin suunnitelmissa lisättyä progressiivisen voitelujärjestelmän piiriin, voitiin lähettää tilaus Qtec Engineering Oy:lle tarvittavista jakajista ja komponenteista.

Uusien voitelulinjojen ja jakajien asennukset suoritettiin Vantaan Energian oman ennakko-kohteluhenkilöstön voimin, josta on kerrottu tarkemmin kohdassa 7.2. Viimeiseksi toimenpiteeksi jäi vielä voiteluhuollon ja tarkastuskierrosten suunnittelu IFS-kunnossapitojärjestelmään, josta tarkemmin kohdassa 7.3.

### 7.1 Kokoonpano

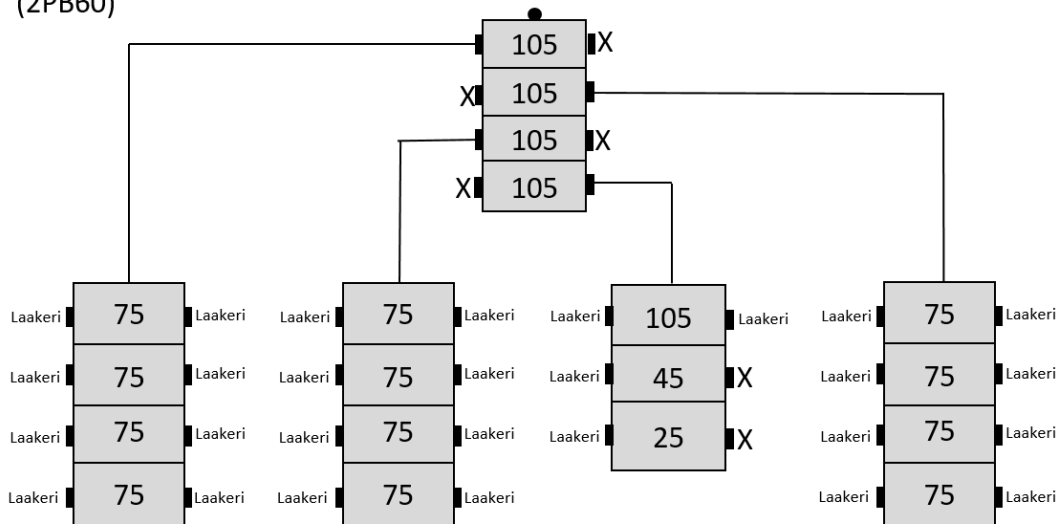
Päivitystoimenpiteet alkoivat kartoituksella kaikista hiilikuljettimella sijaitsevista voitelukohteista. Kaikkien kohteiden ollessa selvillä aloitettiin tarkastelemaan, mitkä kohteista voitaisiin yhdistää yhteisiin progressiivisiin jakajiin. Yksittäisiä liian pitkiä voitelulinjoja tuli välttää, jotta voitiin varmistua voiteluaineen kulkeutumisesta kohteeseen. Liian pitkät voitelulinjat aiheuttavat suuren paineen linjaan, ja voitelussa käytettävä akkutoiminen voiteluprassi ei välttämättä jaksaa työntää voiteluainetta kohteeseen.

Voitelukohteiden kartoituksen jälkeen Qtec Engineering Oy:lle lähetettiin kuvat tarvittavista jakajien kokoonpanoista. Jakajat kasattiin sillä ajatuksella, että ne yhdistäisivät mahdollisimman tehokkaasti lähekkäin olevat voitelupisteet yhdeksi voitelupisteeksi ja niissä on huomioitu erikokoisten laakerien tarvitsevat voiteluaineen määrät. Pääsääntönä käytettiin 10 grammaa rasvaa suurille laakereille ja 5 grammaa pienemmille laakereille. Voiteluaineen määrä ei ole niinkään tärkeä tässä vaiheessa, vaan voiteluaineen määrän suhde jakajan eri elementeissä, tässä käytettiin hyväksi taulukossa 3 ilmoitettuja elementin iskun suuruuksia. Suuremmille laakereille tarkoitettujen elementtien iskun suuruus on siis oltava 2 kertaa suurempi, kuin pienemmille laakereille.

Jakajien kokoonpanojen suunnittelu aloitettiin kuljettimilta 2PB11 ja 2PB30. Kyseisillä kuljettimilla sijaitsevat 6 voitelupistettä päätettiin säilyttää sellaisenaan, niiden vaikean

sijainnin ja hihnankiristimien liikuteltavuuden vuoksi. Seulomossa rullaseulamurskain 2PB60 suunniteltiin kuvan 15 kaltaisella kokoonpanolla, jossa on 1 pääjakaja ja 4 alajakajaa. Näitä kokoonpanoja tuli asentaa rullaseulamurskaimelle 2, 1 molemmin puolin. Näin saatiin yhdistettyä yhteensä 56 voitelupistettä kahdeksi voitelupisteeksi.

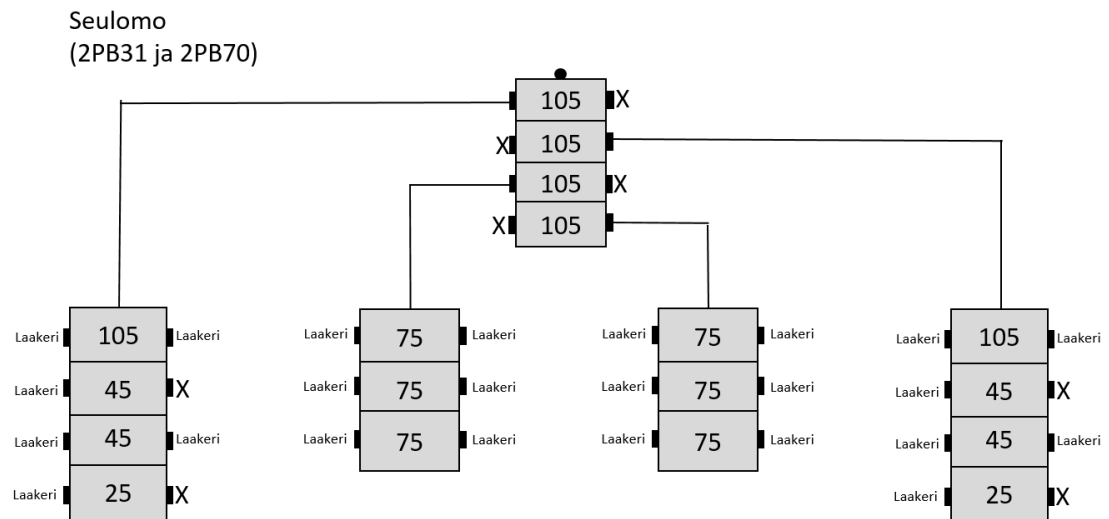
Seulomo  
(2PB60)



Kuva 15. Rullaseulamurskain 2PB60:n progressiiviset jakajat.

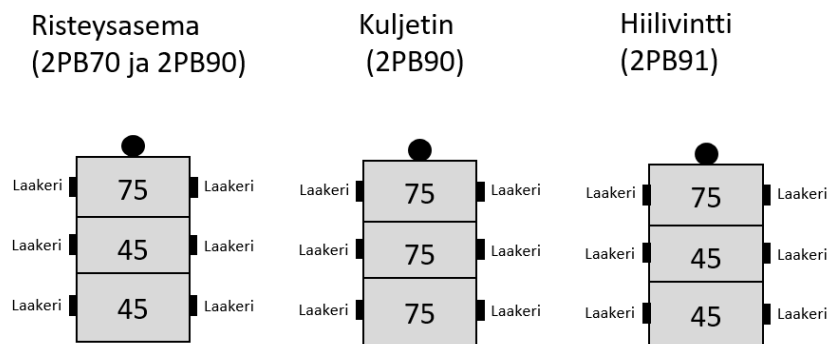
Kuvan 15 kokoonpanossa voitelu tapahtuu pääjakajan voitelupisteestä, joka on merkitty kuvaan mustalla pallolla. Pääjakajasta voiteluaine jakautuu tasaisesti kaikkien alajakajien kesken, jotka hoitavat voiteluaineen oikean suuruisen jakamisen itse laakereille. Jakajien elementteihin merkitty X tarkoittaa tulpattua lähtöä elementissä, joka käytännössä kaksinkertaistaa elementin avoimen päään voiteluaineen iskun suuruuden. Elementeissä olevat numerot vastaavat taulukon 3 yksittäisen lähdön iskun suuruutta.

Seulomon muut laitteet, riippumagneetti 2PB31 ja hihnakuuljetin 2PB70:n alkupää päätettiin yhdistää samaan kokoonpanoon. Kuvan 16 sivuissa olevat jakajat ovat riippumagneetti 2PB31:n voitelukohteille ja keskellä olevat 2 jakajaa ovat hihnakuuljetin 2PB70:n voitelukohteille. Jakajilla saatiin yhdistettyä 24 voitelukohdetta yhdeksi voitelukohteeksi.



Kuva 16. Riippumagneetti 2PB31:n ja hihnakuuljetin 2PB70:n alkupään progressiiviset jakajat.

Kuljettimilla sijaitsevat voitelukohteet tuli erotella omiin progressiivisiin jakajiin voitelupisteiden suurien etäisyyksien vuoksi. Ne jaoteltiinkin kuvan 17 mukaisesti kolmeen jakajaan, jotka sijaitsivat risteysasemalla, hihnakuuljetin 2PB90:n yläpäässä ja poikittaisskuljetin 2PB91:llä



Kuva 17. Kuljettimien 2PB70, 2PB90 ja 2PB91 progressiiviset jakajat.

Hiilenjakokuljetin 2PB95:n neljää voitelupistettä ei pystytty yhdistämään 2PB91:n kanssa samaan jakajaan, koska hiilenjakokuljettimen on pystyttävä liikkumaan vapaasti kolmen eri siilon välillä. Näillä päivityksillä 22 voitelupistettä saatiin kuitenkin pienennettyä 3 jakajaan ja 4 erilliseen voitelupisteeseen hiilenjakokuljettimella.

## 7.2 Asennus

Progressiivisten jakajien asennukset suoritettiin Vantaan Energian ennakkohuolto-osaston oman henkilöstön voimin. Työt jakautuivat kolmelle viikonlopulle, vieden yhteensä noin 120 tuntia kolmelta ennakkohuoltoasentajalta eli 40 tuntia yhtä ennakkohuoltoasentajaa kohden.

Asennukset aloitettiin kokoamalla progressiiviset jakajat ja asentamalla niihin lähdöt korkeapaineletkuja varten. Jakajien valmistuttua asennuskohteet oli puhdistettava tarkasti liasta, jotta jakajien ja voitelulinjojen puhtaus pystyttiin varmistamaan, sillä pieninkin hiilipöly tai lika saattaa tukkia voitelulinjat. Kun puhtaus oli varmistettu, oli jakajille löydettävä hyvät asennussijainnit säännöllisiä voitelukierroksia ajatellen. Jakajat kiinnitettiin ruuvein laitteiden kiinteisiin rakenteisiin, siten että ne eivät häiritse laitteiden toimintaa ja niiden mahdollisten huoltojen suorittamista. Jakajien ollessa paikallaan ne liitettiin korkeapaineletkua käyttäen voitelukohteisiin. Kuvassa 18 nähdään 2PB60:lle asennettuja progressiivisia jakajia.



Kuva 18. 2PB60:lle asennettuja progressiivisia jakajia

Asennuksen jälkeen kaikki jakajat ja korkeapaineletkut tuli vielä esitäyttää voiteluaineella, tässä tapauksessa Mobil Mobilith SHC 100 -voitelurasvalla. Esitäyttö on tärkeää, sillä se varmistaa, että voitelukohteisiin kulkeutuu ensimmäisestä voitelukerrasta lähtien haluttu määrä voiteluainetta.

### 7.3 Kunnossapitojärjestelmä

Viimeisenä toimenpiteenä hiilikuljettimen voitelujärjestelmän päivityksessä oli lisätä uudet voitelukohteet hiilikuljettimelta Vantaan Energian käytössä olevaan IFS-kunnossapitojärjestelmään. Järjestelmä pitää huolen, että ennakkohuoltoasentajat saavat viikoittain tiedot säännöllisesti suoritettavista voitelu- ja tarkastuskierroksista, sekä värähtelymittauksista.

Kaikille hiilikuljettimen uusille progressiivisille jakajille tehtiin omat voitelukierrokset IFS-kunnossapitojärjestelmään. Myös 2PB11-, 2PB30- ja 2PB95-rasvanipat, joihin ei jakajia rakennettu, huomioitiin näissä voitelukierroksissa. Voitelukierrokset suunniteltiin alustavasti tehtäväksi 4 viikon välein, mutta väliä tullaan lyhentämään tai pidentämään käytössä havaitun voitelutarpeen mukaan.

Hiilikuljettimen värähtelymittaukset ja tarkastuskierrokset suunniteltiin myös suoritettavaksi 4 viikon välein, mutta niin että ne menevät ristiin voitelukierrosten kanssa. Näin hiilikuljettimen laitteiden toimivuudesta saadaan varmistus vähintään 2 viikon välein.

Sähkömoottorit pidettiin vielä erillään omina voitelukohteinaan. Hiilikuljettimella sijaitsevien sähkömoottoreiden koko sekä valmistajat vaihtelevat, joten niiden voitelutarpeissa on myös suuria eroja. Sähkömoottoreiden voitelua toteutetaan vielä alustavasti värähtelymittauksissa saatujen tulosten perusteella.

## 8 Yhteenveto

Tämän insinööritoimen tarkoituksena oli perehtyä Vantaan Energian Martinlaakson voimalaitoksen hiilikuljettimen ja sen voitelujärjestelmän toimintaan. Lisäksi selvittää, kuinka voitelujärjestelmän ja sen parissa työskentelevän ennakkohuollon toimintaa voisi tehostaa. Tutustumalla hiilikuljettimella sijaitseviin laitteisiin sekä sitä kautta sen voitelutarpeisiin, luotiin suunnitelma voiteluhuollon parantamiseksi.

Hiilikuljettimen voiteluhuolto oli ollut Vantaan Energian aliurakoitsijan vastuulla, josta se siirrettiin ennakkohuollon vastuulle, sillä aliurakoitsijan huoltaessa hiilikuljetinta Vantaan Energia ei saanut mitään kriittisiä tietoja hiilikuljettimen nykytilasta ja sen huoltojen tar-

peellisuudesta. Hiilikuljettimella sijaitsi yhteensä 108 yksittäin voideltavaa laakeria, joiden voitelu oli toteutettu laakeripesiin asennetuilla rasvanipoilla, ja hiilikuljettimella sijaitsi myös 8 sähkömoottoria, jotka oli erikseen voideltava. Progressiivisia jakajia käyttäen voitelukohteiden määrä saatiin laskettua 16 voitelukohteeseen ja 8 erikseen voideltavaan sähkömoottoriin. Kaikki voitelukohteet lisättiin Vantaan Energian IFS-kunnossapitojärjestelmään, josta ennakkohuoltoasentajat saavat säännöllisesti tiedot suoritettavista voitelu-, tarkastus- ja värähtelymittauskierröksistä.

Työn tuloksena hiilikuljettimen voiteluhuolto ja seuranta tehostui huomattavasti. Voitelujärjestelmäksi valittu progressiivinen voitelujärjestelmä todettiin toimivaksi ja hiilikuljettimen käyttöikä huomioiden myös kannattavaksi päivitykseksi.

## Lähteet

- 1 Vantaan Energia. 2018. Verkkoaineisto. Vantaan Energia Oy. <<https://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia/>>. Luettu 18.9.2018
- 2 Vantaan Energia lyhyesti. 2016. Verkkoaineisto. Vantaan Energia Oy. <<https://www.vantaanenergia.fi/ykv/ykv-2016/vantaan-energia-lyhyesti/>>. Luettu 18.9.2018.
- 3 Tilinpäätös 2016 Vantaan Energia -konserni. 2017. Sisäinen tietokanta. Vantaan Energia Oy. Luettu 21.9.2018
- 4 Manninen Tuomo. 2017. Vantaan Energia esittely. Sisäinen tietokanta. Vantaan Energia Oy. Luettu 29.9.2018.
- 5 SKF-laakerien kunnossapito. 2016. SKF yhtymä 2016.
- 6 Mikkonen, H., Miettinen J., Leinonen P., Jantunen E., Kokko V., Riutta E., Sulo P., Komonen K., Lumme V., Kautto J., Heinonen K., Lakka S., Mäkeläinen R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito - käsikirja. 1. painos. Helsinki: KP-Media Oy.
- 7 DNA prosessinhallintajärjestelmä. 2018. Sisäinen tietokanta. Vantaan Energia Oy.
- 8 Mobilith SHC™ -sarja. 2018. Verkkoaineisto. ExxonMobil Finland Oy Ab. <<https://www.mobil.com/finnish-fi/grease/pds/glxxmobilith-shc-series>>. Luettu 15.10.2018.
- 9 Lommi Marko. 2016. Hiilikentän käyttö toiminnot. Sisäinen tietokanta. Vantaan Energia Oy. Luettu 20.10.2018.
- 10 Progressiivinen jakaja MX-F. Verkkoaineisto. Qtec Engineering Oy. <[https://qtec.fi/files/ohje\\_mx-f\\_jakaja\\_fi.pdf](https://qtec.fi/files/ohje_mx-f_jakaja_fi.pdf)>. Luettu 28.10.2018.
- 11 SKF Multilube pumppauskeskus. 2015. Tarjouksen liite. Oy SKF Ab. Luettu 20.10.2018.
- 12 Suunnitelma energiantuotannon vaihtoehtoista. 2018. Verkkoaineisto. Vantaan Energia Oy. <<https://www.vantaanenergia.fi/kaynnistamme-ymparistovaikutusten-arviointiohjelman-langmossebergenin-jatevoimala-alueelle/?fbclid=IwAR3uM-glAl4Ck6Z2-dywuZ03flfEGuxYcDDxrtCv8lZcLNpCeKy7zROiqB4s>>. Luettu 20.9.2018.



## **Liitteet**