

Petri Penttinen

Kaukolämpökeskusten- ja pumppaamojen ennakkohuoltoselvitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
15.9.2011

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Petri Penttinen Kaukolämpökeskusten- ja pumppaamojen ennakkohuoltoselvitys 38 sivua + 4 liitettä 15.9.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Konetekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Ympäristö- ja energiatekniikka
Ohjaajat	Kunnossapitoinsinööri Antti Päärni Lehtori Jarmo Perttula
<p>Tarve tälle insinöörityölle tuli Vantaan Energian Martinlaakson voimalaitoksen ja kaukolämpölaitosten kunnossapito-organisaatioiden yhdistämisestä. Insinöörityön tavoitteena oli selvittää kaukolämpölaitosten ennakkohuoltojärjestelmät ja niiden toimivuus. Osana insinöörityötä tuli myös kerätä kaukolämpökeskuksilta ja -pumppaamoilta laite- ja ennakkohuoltotietoja. Näitä tietoja käytettiin kunnossapitojärjestelmän päivittämiseen. Insinöörityön tuloksista tuli selvitä, ovatko nykyiset kunnossapitotoimenpiteet riittäviä vai pitääkö niitä parantaa.</p> <p>Työssä tarkastellaan kaukolämmöntuotantoa yleisellä tasolla sekä, tarkastellaan kaukolämpölaitoksia ja niiden huoltokohteita. Työssä käydään läpi kunnossapito käsitteenä ja se, mitä kunnossapito pitää sisällään Vantaan Energialla. Työssä kuvataan ennakkohuollon tärkeimmät toimenpiteet eli yleiset tarkastukset, voiteluhuolto ja värähtelymittaus. Työssä tarkastellaan myös värähtelymittauksen perusteella tehtävää vianmääritystä.</p> <p>Osana insinöörityötä oli Vantaan Energian kunnossapitojärjestelmän päivittäminen, jota käsitellään yhdessä luvussa. Työ sisältää myös laskemia siitä, millaisia tuotantotappioita voisi pahimmassa tapauksessa aiheutua, jos ennakkohuolto olisi jätetty tekemättä tai jos se olisi puutteellista.</p> <p>Yhteenvedossa esitetään työn aikana tehdyt johtopäätökset. Yhteenvedossa myös todetaan ovatko nykyiset ennakkohuoltotoimenpiteet riittäviä vai onko toimintatavoissa parantamisen varaa. Luvussa tuodaan esille myös työn aikana havaittuja ongelmia dokumentoinnissa.</p>	
Avainsanat	kaukolämpö, kunnossapito, voiteluhuolto, värähtelymittaus

Author	Petri Penttinen
Title	Report of preventive maintenance in district heating power plants and pumping stations
Number of Pages	38 pages + 4 appendices
Date	15 September 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Antti Päärni, Maintenance Engineer Jarmo Perttula, Senior Lecturer
<p>The need for this thesis came from the unification of Vantaan Energy's Martinlaakso power plant and district heating maintenance organizations. The aim of this thesis was to find out the preventative maintenance methods and their efficiency. Part of the thesis was also to collect machine information and preventative maintenance guides from the district heating plants. This data was used to update the electronic maintenance system. The adequacy of the preventative maintenance methods in use was to be found from the results of this thesis.</p> <p>The district heating production, district heating plants and their maintenance methods are examined in the thesis. The definition of maintenance and what maintenance involves in Vantaan Energy is also covered in the thesis. The main operations of maintenance are described. These are general inspections, lubrication and vibration analysis. Fault finding using vibration analysis is also covered in the thesis.</p> <p>A part of the thesis was to update the electronic maintenance system that is in use today. This is covered in its own chapter. The thesis also includes calculations of the possible production losses if the preventative maintenance is inadequate or has not been done at all.</p> <p>In the summary the conclusions made during the thesis are revised. Also the adequacy of the preventative maintenance methods in use today is pointed out. In the chapter the encountered problems in documentation are also noted.</p>	
Keywords	district heating, maintenance, lubrication, vibration analysis

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Kaukolämpö	3
2.1 Lämpökeskukset	3
2.2 Kaukolämpöpumppaamot	6
2.3 Lämmönsiirtoasemat	8
3 Kunnossapito	9
3.1 Voiteluhuolto	11
3.2 Värähtelymittaus	12
3.2.1 Värähtelymittauksen teoriaperusteet	13
3.2.2 Mittausparametrit	14
3.2.3 Värähtelyn kuvaajat	15
3.2.4 Värähtelymittauksessa käytettävät anturit ja laitteet	15
3.2.5 Värähtelymittausmenetelmät	21
3.2.6 Mittaustulosten tulkinta	23
3.3 Vuosihuoltotoimenpiteet	24
4 Kohdetietojen ja huolto-ohjeiden kirjaaminen	26
5 Kustannuslaskelmia	29
6 Yhteenveto	34
Lähteet	38
Liitteet	
Liite 1. Mobilith SHC 100-voiteluaineen ominaisuudet	
Liite 2. Laskelmat voimalaitoksen tuotantotappioista	
Liite 3. Mobil DTE Medium-voiteluaineen ominaisuudet	
Liite 4. Määräaikais- ja viranomaistarkastuskohteet	

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin Vantaan Energia Oy:lle Martinlaakson voimalaitoksella 2.5.2011 ja 30.9.2011 välisenä aikana.

Vantaan Energia Oy on yksi Suomen suurimmista kaupunkienergiayhtiöistä. Yhtiön omistavat Vantaan (60 %) ja Helsingin (40 %) kaupungit. Vantaan Energia tuottaa ja myy sähköä ja kaukolämpöä. Lisäksi se tarjoaa maakaasua teollisuuden tarpeisiin. Yhtiö vastaa kaukolämpöverkoston rakentamisesta ja huollosta Vantaalla. Merkittävä osa sähköstä syntyy tehokkaasti sähkön ja lämmön yhteistuotantona Martinlaakson voimalaitoksessa, joka käyttää pääpolttoaineina maakaasua ja kivihiiltä. [1]

Martinlaakson voimalaitos tuottaa noin kaksi kolmasosaa Vantaan Energian tuottamasta sähköstä ja suurimman osan kaukolämmöstä. Voimalaitoksen muodostaa kolme yksikköä. Martinlaakso 1:een ja Martinlaakso 2:een kuuluu kumpaankin höyrykattila ja turbiinilaitos. Kolmas yksikkö on kaasuturbiinilaitos ja lämmöntalteenottokattila. Voimalaitoksen yhteenlaskettu sähköteho on noin 195 megawattia (MW) ja lämpöteho 330 MW. [1]

Höyrykattilassa polttoaineen palamisen johdosta kuumentunut ja höyrystynyt vesi johdetaan tulistimille, jossa sitä kuumennetaan edelleen. Tämän jälkeen tulistunut höyry johdetaan höyryturbiinille, jossa sen kineettistä energiaa otetaan talteen. Turbiini puolestaan pyörittää generaattoria, jolla tuotetaan sähköä. Turbiinin jälkeen höyry johdetaan kattilassa käytettävän veden esilämmittimille ja kaukolämpöveden lämmittämiseen käytettäville lämmönvaihtimille.

Kaasuturbiinilaitos eroaa olennaisesti edellisestä. Kaasuturbiinissa palavan polttoaineen ja paineistetun ilman seos pyörittää turbiinia, joka puolestaan pyörittää sähköntuotannossa käytettävää generaattoria. Generaattorin ja turbiinin kanssa samalla akselilla on myös kompressori, joka paineistaa palamisilman ennen polttoaineen syöttämistä sen joukkoon. Turbiinin jälkeen savukaasut ohjataan lämmön talteenottokattilaan, jossa höyryä tuotetaan kahdella painetasolla. Lämmön

talteenottokattilasta saatavaa höyryä voidaan käyttää höyryturbiinin pyörittämiseen ja kaukolämpöveden lämmittämiseen.

Vuonna 2010 lämpökeskusten ja voimalaitoksen kunnossapito-organisaatiot yhdistyivät toimintamallien yhtenäistämiseksi. Voimalaitoksella oli jo käytössä toimiva kohde- ja huoltotietojärjestelmä, joten lämpökeskusten, pumppaamojen ja lämmönsiirtoasemien kunnossapito päätettiin siirtää samaan järjestelmään.

Työn tarkoituksena oli selvittää kaukolämpökeskusten- ja pumppaamojen, sekä lämmönsiirtoasemien ennakkohuoltojärjestelmät. Laitoksilla ei aikaisemmin ollut käytössä yhtenäistä ennakkohuoltojärjestelmää vaan huollot oli tehty asentajien ja mestareiden kokemusten mukaan. Kirjallisen huoltojärjestelmän puuttuessa työhön kuului myös olennaisena osana kohdetietojen ja huoltotoimenpiteiden kirjaaminen kunnossapidossa käytettävään Power Maint -ohjelmaan. Jatkossa ennakkohuolto-työmääräimet tulevat järjestelmästä ulos automaattisesti tietyllä frekvenssillä.

Selvitys tehtiin tutkimalla laitevalmistajien huoltosuosituksia, laitteiden käyttötuntimääriä ja laitteiden tärkeyttä prosessin kannalta. Huoltotoimenpiteitä ja -aikatauluja suunniteltiin myös ottaen huomioon voiteluaineiden valmistajien suositukset voiteluaineiden säilyvyydestä ja käytöstä. Työssä tarkasteltiin myös voitelu- ja värähtelymittausreitin toimivuutta.

2 Kaukolämpö

Kaukolämmöllä tarkoitetaan voimalaitoksesta tai lämpökeskuksesta asiakkaalle toimitettavaa lämmityksessä käytettävää kaukolämpövedettä.

Kaukolämmön tuotannossa polttoaineen energiasta hyödynnetään yli 90 prosenttia. Vantaan Energia tuottaa kaukolämpöä Martinlaakson voimalaitoksella yhteistuotantona sähkön kanssa. Yhteistuotannon ansiosta polttoaineen hyödyntäminen on tehokasta ja siten tuotanto on ympäristöystävällistä.

Martinlaakson voimalaitoksen lisäksi kaukolämpöä tuotetaan Vantaalla useissa lämpökeskuksissa. Lämpökeskusten pääpolttoaine on maakaasu. Polttoöljyä käytetään polttoaineena lämpökeskuksissa, kun niitä ajetaan kovimmilla pakkasilla.

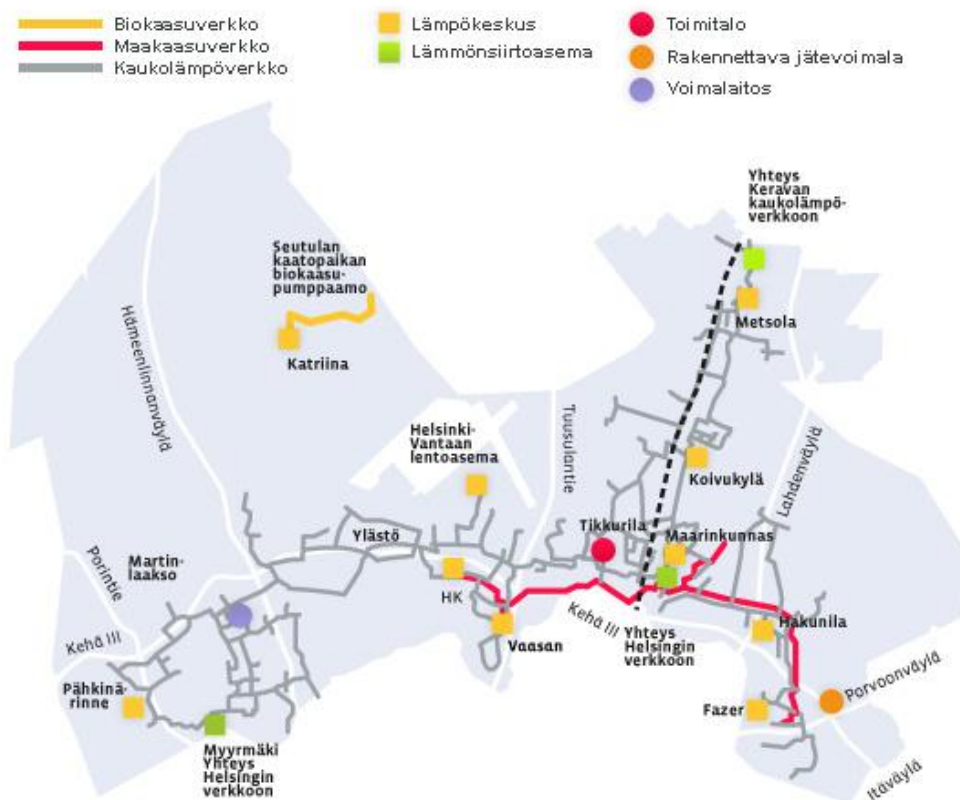
Lämmin kaukolämpövesi siirretään asiakkaalle lämpöeristetyssä putkistossa. Veden lämpötila vaihtelee ulkolämpötilan mukaan 70 - 115 asteen välillä. Alimmillaan se on kesällä, jolloin lämpöä tarvitaan pääasiassa vain lämmintä käyttövedettä varten.

Kiinteistöön asennetussa lämmönjakokeskuksessa kaukolämpöveden sisältämä lämpöenergia siirtyy kiinteistön lämpö- ja käyttövesiverkostoihin. Jäähdyntynyt kaukolämpövesi palaa asiakkaalta takaisin lämmitettäväksi 25 - 55-asteisena. [1]

2.1 Lämpökeskukset

Vantaan Energialla on kuusi käyttövalmiina olevaa lämpökeskusta. Lämpökeskukset sijaitsevat ympäri Vantaata. Itä-Helsingissä sijaitseva Fazerin makeistehtaan lämpökeskus poistui Vantaan Energian käytöstä vuonna 2010. Myös Katriinan sairaalan lämpökeskus on poistunut käytöstä alkuvuodesta 2011 sairaalan kaukolämpöverkkoon liittämisen johdosta. Katriinan lämpökeskuksen poistumisen myötä myös Seutulassa sijaitseva biokaasuasema poistui käytöstä. Seutulan biokaasuasemalla otettiin talteen kaasua kaatopaikkajätteestä, joka poltettiin Katriinan sairaalan lämpökeskuksessa. Lisäksi Vantaan Energia toimittaa höyryä ja energiaa teollisuuden tarpeisiin. Nämä toimitukset hoidetaan siirrettävillä lämpökeskuksilla.

Lämpökeskukset ovat kunnossapidon kannalta hyvin samanlaisia keskenään. Kaikissa tehdään vuosihuoltotöitä ja käytönaikaista kunnossapitoa. Huoltokohteita lämpökeskuksissa on lukuisia. Käytönaikainen huolto on pääosin voiteluhuoltoa, värähtelymittausta ja yleisiä tarkastuksia. Voitelu- ja värähtelymittauskohteita ovat pumput, moottorit ja puhaltimet. Tarkastuskohteita ovat suodattimet ja venttiilit muun muassa kaasu- ja öljylinjoissa. Myös ilmanvaihdon suodattimet on tarkistettava ja vaihdettava määräajoin. Vantaan Energian kaukolämpölaitoksien sijainnit näkyvät kartalla kuvassa 1.



Kuva 1. Vantaan Energian kaukolämpöverkko ja tuotantolaitokset [1].

Maarinkunnaan lämpökeskus

Itä-Vantaalla sijaitseva Maarinkunnaan lämpökeskus on Vantaan Energian suurin lämpökeskus. Laitoksen kolme ensimmäistä kattilaa otettiin käyttöön vuonna 2002. Laajennusosa otettiin käyttöön muutamaa vuotta myöhemmin vuonna 2004. Laitos koostuu nykyisin viidestä Noviter Oy:n toimittamasta kuumavesikattilasta, jotka ovat

lämpöteholtaan kukin 40 MW. Laitosta laajennettiin vuonna 2004 kahdella kattilalla lisääntyneen lämmöntarpeen takia. Laitoksen yhteenlaskettu lämpöteho on 200 MW. Laitoksella käytetään polttoaineena ensisijaisesti maakaasua. Varapolttoaineena on kevyt ja raskas polttoöljy.

Helsinki-Vantaan lentoaseman lämpökeskus

Helsinki-Vantaan lentoaseman lämpökeskus tuottaa lämpöä Keski-Vantaalle ja luonnollisesti lentoasemalle. Laitos koostuu kahdesta kuumavesikattilasta, jotka ovat lämpöteholtaan 46 MW. Laitos otettiin käyttöön vuonna 2009. Polttoaineena on raskas polttoöljy. Laitosta voidaan käyttää myös pelkästään lentoaseman lämmittämiseen kaukolämpöverkon häiriötilanteessa.

Hakunilan lämpökeskus

Hakunilassa sijaitseva lämpökeskus tuottaa lämpöä Itä-Vantaan kaukolämpöverkkoon. Lämpökeskus on rakennettu kahteen kallioluolaan. Laitoksella on kaksi samanlaista Finreila Oy:n toimittamaa kuumavesikattilaa, jotka tuottavat yhteensä 80 MW:n lämpötehon. Laitoksen polttoaineteho on 85 MW. Laitoksella poltetaan ensisijaisesti maakaasua ja varalla on raskas polttoöljy. Laitos toimitettiin vuonna 2003.

Metsolan lämpökeskus

Metsolan lämpökeskus sijaitsee Pohjois-Vantaalla. Laitos koostuu kahdesta kuumavesikattilasta, joista toinen on lämpöteholtaan 5 MW ja toinen 10 MW. Laitos käyttää polttoaineenaan kevyttä polttoöljyä. Laitos rakennettiin vuonna 1977. Metsolan lämpökeskus on ollut lähivuosina melko vähäisellä käytöllä. Sitä käytetään vain, kun lämmöntarve on erittäin suuri tai kaukolämpöverkon häiriötilanteissa. [3]

Koivukylän lämpökeskus

Koivukylän lämpökeskus muodostuu A- ja B-puolesta. A-puoli on vanhempi ja koostuu kahdesta 35 MW:n kattilasta. A-puoli otettiin käyttöön vuonna 1973. B-puolella on kaksi 40 MW:n kattilaa, jotka otettiin käyttöön vuonna 1986. Kattiloiden yhteenlaskettu

lämpöteho on siis 150 MW. Polttoaineena Koivukylän lämpökeskuksessa voidaan käyttää kevyttä ja raskasta polttoöljyä sekä maakaasua.

Pähkinärinteen lämpökeskus

Pähkinärinteen lämpökeskus on rakennettu vuonna 1975. Lämpökeskus koostuu kahdesta 23 MW:n kattilasta, joten laitoksen yhteenlaskettu lämpöteho on 46 MW. Polttoaineena laitoksessa käytetään kevyttä ja raskasta polttoöljyä.

Siirrettävät lämpökeskukset

Vantaan energialla on kaksi siirrettävää höyrylämpökeskusta, jotka tuottavat prosessihöyryä HK Ruokatalo Oy:n ja Vaasan Oy leipomon tuotannon tarpeisiin. HK Ruokatalo Oy:n höyrylämpökeskuksessa on lisäksi mahdollista ajaa tuotettu höyry lämmönvaihtimelle, joten lämpökeskuksen avulla voidaan myös lämmittää kiinteistöä kaukolämpöverkon häiriötilanteessa. HK Ruokatalo Oy:n höyrylämpökeskus koostuu kahdesta 6,5 MW:n höyrykehittimestä, joissa poltetaan maakaasua. Varapolttoaineina on kevyt ja raskas polttoöljy. Lämpökeskus rakennettiin vuonna 2006. Vaasan Oy leipomon höyrylämpökeskus on teholtaan yhteensä 1,3 MW ja koostuu kahdesta samankokoisesta höyrykehittimestä. Polttoaineena käytetään pelkästään maakaasua. Lämpökeskus valmistui vuonna 2009.

2.2 Kaukolämpöpumppaamot

Vantaan Energialla on kuusi pumppaamoja Vantaalla. Pumppaamot on sijoitettu mahdollisimman laajalle alueelle ympäri kaukolämpöverkkoa. Kaukolämpöpumppaamojen tarkoitus on ylläpitää verkon painetta ja kierrättää kaukolämpövettä verkossa. Pumppaamot ovat erittäin tärkeitä myös kesäaikaan vaikka silloin lämmitystarve on vähäinen, sillä kaukolämpövesi jäähtyy verkossa ja vedellä lauhdutetaan voimalaitoksella sähköntuotannossa käytetty höyry vedeksi. Pumppaamo 1 on erityisen tärkeä voimalaitokselle, sillä pahassa häiriötilanteessa pumppaamon alentunut siirtoteho rajoittaa voimalaitoksen sähköntuotantoa. Seuraavissa kappaleissa pumppaussähköteholla tarkoitetaan pumpun sähkömoottorin nimellisteho.

Pumppaamo P1 Sanomala

Pumppaamo 1 on lähimpänä voimalaitosta ja näin ollen tärkein. Pumppaamossa on kolme samanlaista pumppua; menopumppu, paluupumppu ja varapumppu. Varapumpulla pystyy korvaamaan menopumpun tai paluupumpun. Pumppaussähkötehoa laitoksella on yhteensä 1890 kW. Pumppaamo rakennettiin vuonna 1982. Pumppaamoa laajennetaan kahdella pumpulla, jotka ovat pumppaussähköteholtaan 690 kW. Pumppaamon laajennus valmistuu syksyn 2011 aikana.

Pumppaamo P2 Ylästö

Pumppaamo 2 on samanlainen kuin pumppaamo 1. Pumppaamo 2 on myös laajennettu kahdella lisäpumpulla ja laajennusosa on jo käytössä. Laajennusosa valmistui vuonna 2010.

Pumppaamo P3 Koivuhaka

Pumppaamo 3 on samankaltainen pumppaamojen 1 ja 2 kanssa, mutta eroaa hieman laitteiltaan. Pumppaamo 3:ssa on myös kolme pumppua samanlaisella järjestelyllä kuin kahdessa ensimmäisessä pumppaamossa, mutta pumppujen pumppaussähköteho on hieman pienempi ollessa 442 kW pumppua kohden. Pumppaamo 3 valmistui vuonna 1982.

Pumppaamo 4 Kuninkaala

Tikkurilan aseman kupeeseen vuonna 1989 rakennettu yhden pumpun pumppaamo 4 on pienin kaukolämpöpumppaamoista. Pumppaussähkötehoa pumppaamolla on 160 kW.

Pumppaamo 5 Vaarala

Vaaralassa sijaitseva pumppaamo 5 rakennettiin vuonna 2002. Pumppaussähkötehoa laitoksella on 200 kW. Pumppaamossa on yksi kaukolämpöpumppu.

Pumppaamo 6 Rekola

Vuonna 2005 rakennettu pumppaamo 6 on uusien pumppaamoista. Pumppaussähkötehoa laitoksella on 315 kW ja pumppaamisen hoitaa yksi kaukolämpöpumppu.

2.3 Lämmönsiirtoasemat

Lämmönsiirtoasemien tarkoitus on vaihtaa lämpöä kaukolämpöverkkojen välillä. Vantaan Energian lämmönsiirtoasemat A ja B siirtävät lämpöä Helsingin Energian kaukolämpöverkon välillä. Lämmönsiirtoasema C siirtää lämpöä Keravan Energian kaukolämpöverkon välillä. Lämmönsiirtoasema C on Vantaan Energian rakentama, mutta Keravan Energian käytössä ja omistuksessa.

Lämmönsiirtoasema A Rajatorppa

Lämmönsiirtoasema A Länsi-Vantaalla sisältää kaksi levylämmönvaihdinta ja kaksi kaukolämpöpumppua. Laitos on kaukokäytössä, eli sitä valvotaan ja käytetään Martinlaakson voimalaitoksen kaukolämpövalvomosta. Kaukokäyttö edellyttää venttiilien automatisointia ja logiikan ohjelmointia. Laitos rakennettiin vuonna 1981 ja sen lämmönsiirtoteho on 50 MW.

Lämmönsiirtoasema B Heidehof

Lämmönsiirtoasema B sijaitsee Itä-Vantaalla kehä 3:n pohjoispuolella. Laitos on rakennettu vuonna 1995 ja sen lämmönsiirtoteho on 80 MW. Laitoksella on neljä kaukolämpöpumppua ja kaksi levylämmönvaihdinta. Laitos on kaukokäytössä kuten lämmönsiirtoasema A.

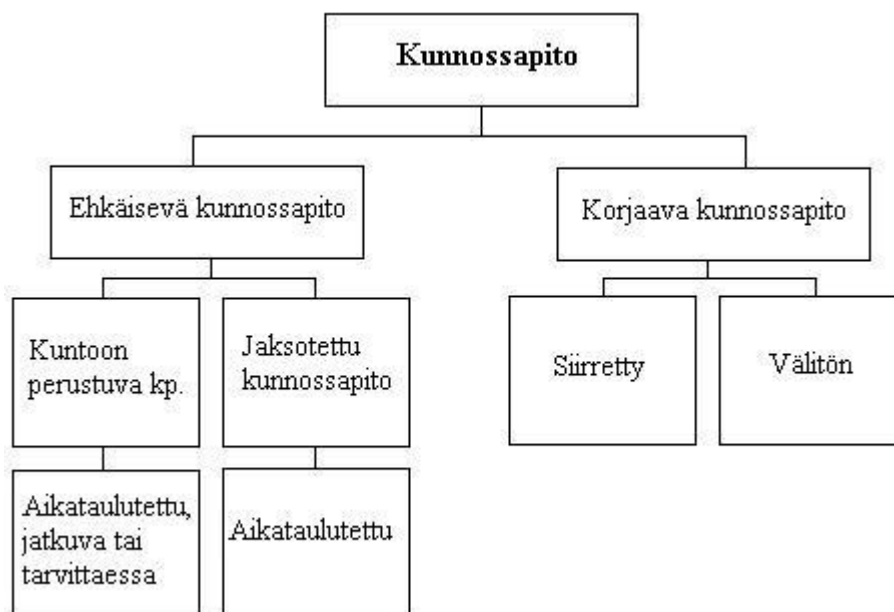
Lämmönsiirtoasema C Ali-Kerava

Lämmönsiirtoasema C rakennettiin Vantaan Energian toimesta vuonna 1995 ja sen lämmönsiirtoteho on 20 MW. Laitos on Keravan Energian käytön ja kunnossapidon piirissä.

3 Kunnossapito

Kunnossapitoa esiintyy kaikkialla teollisuudessa. Jokainen yritys, jolla on käytössä laitteita, joutuu myös miettimään niiden kunnossapitoa. Kunnossapidon käsite voidaankin siis ymmärtää monella tavalla. Kunnossapitoon kuuluvat kaikki laitteisiin tehtävät korjaukset, kuten rikkoutuneiden komponenttien vaihto, mutta korjaustoiminta ei missään nimessä ole kunnossapidon päätarkoitus. Kunnossapitoa ei myöskään pidä nähdä pelkkänä kulueränä yritykselle, vaan tärkeänä tuotantotekijänä, jolla pystytään varmistamaan laitoksen kilpailukyky markkinoilla. [2, s. 25.]

Kunnossapito voidaan määritellä monella eri tavalla riippuen toimialasta. Yksi määritelmä olisi käyttöön perustuva: kunnossapito on käytönaikaista huoltoa, jolla pyritään pidentämään laitteen häiriötöntä käyttöaikaa. Toisen määritelmän mukaan kunnossapitona voi nähdä kaiken suunnitellun huoltamisen. Tämän ajatusmallin mukaan kunnossapitoa olisivat myös seisokissa tehtävät vuosihuollot ja sen ulkopuolelle jäisivät vain äkillisistä laiterikoista johtuvat korjaukset. [2, s. 26.] Kuvassa 2 on esitetty Suomessa hyväksytyyn kansainvälisen SFS-EN 13306:2001 -standardin mukaiset kunnossapitolajit.



Kuva 2. Kunnossapitolajit [4].

Standardi jakaa toimenpiteen vian havaitsemisen mukaan. Vika tarkoittaa tilaa, jossa laite ei pysty suorittamaan siltä vaadittua toimintoa. Tämän tulkinnan mukaan ehkäisevään huoltoon liittyvät kaikki ne toimenpiteet, joilla pyritään ehkäisemään se, että vika pysäyttää laitteen toiminnan. Standardissa mainitulla ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan sellaista kunnossapitoa, joka tehdään säännöllisin välein ja asetettujen kriteerien täytyessä. Tavoitteena on vähentää rikkoontumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn laskemista. Aikataulutetulla kunnossapidolla tarkoitetaan ehkäisevää kunnossapitoa, jossa tehtävien jaksottaminen perustuu aikatauluun tai työjaksojen lukumäärään. Jaksotettu kunnossapito on sen sijaan ehkäisevää kunnossapitoa, jossa jaksotus perustuu kalenteriaikaan tai käytön määrään, eli koneen kunto ei vaikuta tehtäviin toimenpiteisiin. Kuntoon perustuva kunnossapito on ehkäisevää kunnossapitoa, jossa seurataan kohteen suorituskykyä tai suorituskyvyn parametreja ja toimitaan havaintojen mukaisesti. Seuranta voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai sitä voidaan tehdä tarpeen mukaan. [4]

Korjaava kunnossapito suoritetaan vikaantumisen jälkeen. Tarkoituksena on palauttaa toimintakunto. Siirretty kunnossapito on viivästettyä korjaavaa kunnossapitoa, joka suoritetaan vikaantumisen havaitsemisen jälkeen viivästettynä. Välitön kunnossapito suoritetaan heti vikaantumisen havaitsemisen jälkeen, jotta vältytään hyväksymättömiltä seurauksilta. [4]

Käytännössä kaikki määritelmät ovat hyvin lähellä toisiaan. Tässä insinööriyössä kunnossapidon käsite sisältää sekä suunnitellut käytön aikana tehtävät ennakoivan kunnossapidon toimenpiteet että seisokin aikana tehtävät vuosihuoltotoimenpiteet. Ennakoiva kunnossapito Vantaan Energian kaukolämmön osalta tarkoittaa värähtelymittauskierruksia, voiteluhuoltoa ja suodattimien vaihtoa. Värähtelymittauksella pyritään havaitsemaan alkavat laakerivauriot ennen kuin ne aiheuttavat suunnittelemattomia käyttökatkoksia. Värähtelymittauskohteita ovat pumput, moottorit ja puhaltimet. Voitelukohteet ovat melko pitkälti samoja kuin värähtelymittauskohteet poikkeuksena polttimien voiteluhuolto. Suodattimien vaihtoa tai puhdistusta tulee myös tehdä määräajoin. Suodattimia käytetään sekä öljy- että kaasuputkistoissa ja ilmanvaihdossa.

3.1 Voiteluhuolto

Voiteluaineen tehtävä on vähentää kahden toisiinsa nähden liikkuvan koneenosan tai pinnan välistä kitkaa. Voiteluaineen tulee estää pintojen suoranainen jatkuva kosketus ja sitä kautta vähentää osien kulumista. Voiteluaine myös johtaa lämpöä pois pinnoilta ja tiivistää. Voiteluaineita käytetään myös monissa muissa sovelluksissa, kuten voimansiirrossa, korroosionestossa ja helpottamassa metallien työstöä. [2]

Suurin osa ennakoivasta huollosta on voiteluhuoltoa. Pyörivien laitteiden laakereiden täytyy olla voideltuja, jotta ne toimisivat tarkoitetussa käytössä niille asetetun toiminta-ajan ilman häiriöitä. Käytössä olevat voiteluaineet voidaan jakaa kahteen pääryhmään: nestemäisiin kuten öljyt ja jähmeisiin kuten rasvat. Näiden kahden välimuotona voidaan pitää puolijuoksevia voiteluaineita.

Kaukolämpölaitoksilla voiteluhuoltoa tehdään värähtelymittauksen perusteella, sekä noudattaen laitevalmistajien suosituksia. Käytännössä voiteluhuolto tehdään rasvaprässillä tai öljyvoidelluissa kohteissa joko lisäämällä öljyä öljysäiliöön tai vaihtamalla öljyt uusiin. Kohteet, joita ennakkohuolletaan voitelulla, ovat pumppuja, pumppumootoreita, puhaltimia ja pyöriväkuppisia polttimia. Laitevalmistajien suositukset ovat pohjana voiteluhuollolle, mutta värähtelymittauksesta saadun tiedon mukaan voitelufrekvenssiä voidaan joko tihentää tai harventaa. Uuden laitteen takuuajana laitevalmistajan suosituksia tulee kuitenkin noudattaa tarkasti takuun raukeamisen välttämiseksi. Yleensä laitevalmistajat ilmoittavat voitelun tarpeen käyttötuntien perusteella laitteen tietyllä käyntinopeudella. Tämä tapa ilmoittaa voitelun tarve muodostaa ongelman silloin, kun laitetta ei käytetä tasaisella käyntinopeudella. Laitteet, joita käytetään vain harvoin, ovat myös ongelmallisia voiteluhuollon kannalta.

Kaukolämpölaitoksilla yleisin käytössä oleva voiteluaine on Mobilin Mobilith SHC 100 -rasva. Tätä voiteluainetta käytetään kaikkien rasvavoideltujen kohteiden huollossa. Mobilith SHC 100-voiteluaineen ominaisuudet löytyvät liitteestä 1. Kohteissa, joissa on öljyvoitelu, käytetään Mobilin DTE Medium -voiteluöljyä. Voiteluaineiden vaihtoa ei tutkittu, koska Mobil on Vantaan Energian päävoiteluainetoimittaja ja kilpailuttaminen olisi pitänyt tehdä kaikkien voitelukohteiden välillä, mikä ei olisi ollut taloudellisesti järkevää tässä insinööriyössä. Voiteluaineen sopivuutta kohteille ei ole ollut tarpeen

arvioida, sillä Mobil on luonut voiteluaineohjelman laitetietojen ja käyttöympäristöjen perusteella ja käyttökokemukset voiteluaineista ovat olleet hyviä.

Voitelukohteet

Kuten edellä mainittiin, voitelukohteita ovat pumpput, pumppumoottorit, puhaltimet ja polttimet. Suurin osa kohteista on rasvavoideltuja, mutta osa on öljyvoideltuja. Voitelu suoritetaan rasvaprässillä kohteessa olevaan rasvausnippaan. Useassa kohteessa on tyyppikilpi, joka kertoo rasvamäärän ja rasvausvälin käyttötunneissa.

3.2 Värähtelymittaus

Värähtelymittausta käytetään pyörivien laitteiden ja koneiden kunnonvalvonnassa. Muun muassa puhaltimien, kompressorien, sähkömoottoreiden, vaihteiden ja pumppujen kunnonvalvontaa voi suorittaa luotettavasti värähtelymittauksella. Värähtelymittauksella saadaan melko kattavaa tietoa laitteen kunnosta. Värähtelymittauksen suunnittelu ja mittaasetusten määrittäminen on monimutkainen prosessi ja vaatii monien asioiden huomioon ottamista.

Mittaustulosten tarkastelu vaatii käyttäjältä kattavaa koulutusta. Nykyisten laitteiden käyttö on kuitenkin mahdollista ilman kattavaa tietoa matemaattisesta signaalinkäsittelystä. Värähtely-mittausta suunnitellessa on ymmärrettävä mitattavan laitteen toiminta-periaatteet, jotta värähtelymittauksen tulokset olisivat luotettavia ja käyttökelpoisia prosessin kunnonvalvonnan kannalta. Määritellessä värähtelymittausta tulisi kiinnittää huomiota mittauksien tiheyteen. Tämä riippuu laitteen kriittisyydestä tuotannon kannalta siitä, millaiset viat ovat todennäköisiä ja siitä, kuinka nopeasti mahdolliset viat voivat kehittyä. Vikojen tyyppi taas määrittelee millaisia mittaussuureita ja parametreja on tarpeen käyttää. Vikatyyppi myös määrittelee sen, tarvitaanko useita mittauksia.

Laitteen toimintaympäristö myös vaikuttaa oleellisesti mittaustoimenpiteisiin. Laitteen sijainti määrittelee sen voiko kannettavaa mittalaitetta käyttää vai pitääkö laitteeseen asentaa kiinteä mittausjärjestelmä. Ympäristö saattaa myös vaikuttaa mittauksiin negatiivisesti, jos lähellä esiintyy häiritseviä taajuuksia. Mittalaitteistoon pitää myös

kiinnittää huomiota. Joissakin tapauksissa ei ole taloudellista sijoittaa mittalaitteistoon, jos saavutettava hyöty ei ole tarpeeksi suuri. Mittalaitteistoa suunniteltaessa pitää myös päättää riittääkö poikkeavan tilanteen havaitseminen vai onko tarpeellista pystyä myös määrittelemään tarkempi diagnoosi viasta. [2, s. 223.]

3.2.1 Värähtelymittauksen teoriaperusteet

Kaikki pyörivät laitteet värähtelevät käydessään. Herätteiksi kutsutaan niitä voimia, jotka saavat rakenteen värähtelemään. Herätteet ovat dynaamisia voimia, jotka voivat johtua laitteen normaalista toiminnasta, valmistuksen tai asennuksen epätarkkuuksista tai vikaantumisesta. Normaalin käynnin herätteet voivat johtua esimerkiksi mäntäkompressorimootorin käynnistä. Tavanomaisia epätarkkuuksia tai vikoja, jotka toimivat herätteinä ovat esimerkiksi epätasapaino tai kulumalla vaurioituneet osat. Tyypillisissä teollisuuden koneissa herätetaajuuksien määrä on suuri ja niiden tunnistaminen vaikeaa. Kaikilla rakenteilla on useita ominaistajuuksia, joilla ne pyrkivät herätteen vaikutuksesta värähtelemään. Ominaisvärähtelyt ovat usein ongelmallisia, sillä ne aiheuttavat suurimman osan värähtelyongelmista. Resonanssi on tila, jossa herätetaajuus ja ominaistajuus ovat lähellä toisiaan aiheuttaen voimakasta värähtelyä. [2, s. 224.]

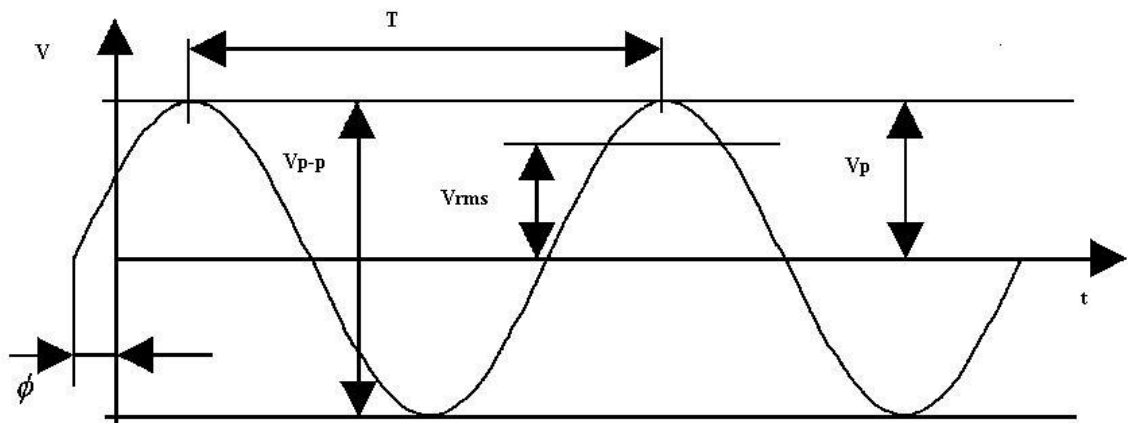
Värähtelyn mittaussuureista yleisin kunnonvalvonnassa käytetty on värähtelynopeus, mutta myös kiihtyvyyttä ja siirtymää voidaan käyttää tarkoituksesta riippuen. Nämä kolme ovat yhteydessä toisiinsa matemaattisesti, sillä nopeus on siirtymän muutosnopeus eli aikaderivaatta ja kiihtyvyys taas on nopeuden aikaderivaatta. Kuten mainittu kunnossapidossa värähtelynopeus on tavanomaisin mittaussuure, koska sen vaste on sopivin niillä taajuuksilla, joista yleensä ollaan kiinnostuneita. Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin todeta, että nopeus on käyttökelpoinen taajuusalueella, joka ulottuu noin 10 Hz:stä noin tuhanteen Hz:iin. Tätä matalammilla taajuuksilla siirtymä on käyttökelpoisempi ja taas korkeammilla taajuuksilla kiihtyvyys on käyttökelpoinen. Taulukko 1 esittää Euroopassa yleisesti käytössä olevia värähtelysuureita ja mittayksiköitä. [2, s. 229.]

Taulukko 1. Yleisesti käytettävät värähtelysuureet ja mittayksiköt [2, s. 230].

Suure	Lyhenne	Yksikkö
Siirtymä	s	μm
Nopeus	v	mm/s
Kiihtyvyys	a	m/s^2 tai $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Vaihekulma	ϕ	Aste ($^\circ$) tai radiaani ($360^\circ = 2\pi\text{rad}$)
Taajuus	f	Hz
Jakso	T	s

3.2.2 Mittausparametrit

Mittaus suureiden lisäksi värähtelymittausta suorittaessa tulee tuntee myös muitakin mittaukseen liittyviä asioita. Kuvassa 3 on esitetty mittauksen signaalista saatavat perusparametrit. Samoja parametreja käytetään myös kiihtyvyydelle ja siirtymälle.



Kuva 3. Mittausparametrit [2, s. 231].

T on värähdysaika eli jakso

V_{p-p} on nopeuden huipusta-huippuun arvo

V_p on nopeuden huippuarvo

V_{rms} on nopeuden tehollisarvo

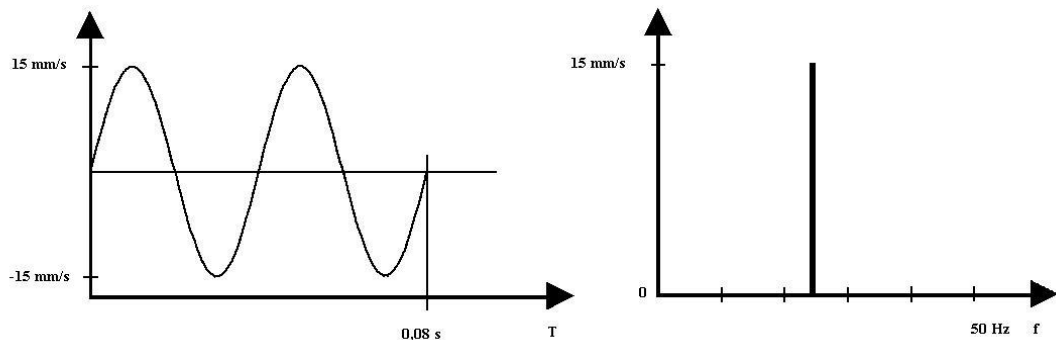
ϕ on vaihekulma

Huippuarvo kertoo aikatasosignaalin itseisarvoltaan suurimman huipun korkeuden verrattuna nolatasoon. Huipusta huippuun arvo kertoo suurimman ja pienimmän arvon erotuksen ja on yleensä kaksinkertainen huippuarvoon verrattuna. Tehollisarvolla on

yhteys värähtelyn sisältämään energiaan. Siniaallolle tehollisarvo on huippuarvo jaettuna luvulla $\sqrt{2}$. Vaihekulma kertoo jakson kohdan, johon värähtely on edennyt vertailukohdasta. Yleisimmin kunnonvalvonnan värähtelymittauksissa käytetään suureena nopeuden tehollisarvoa. [2, s. 231.]

3.2.3 Värähtelyn kuvaajat

Värähtely kuvataan normaalisti aikatasossa, jossa vaaka-akselilla on aika. Analysoitaessa värähtelyä se on kuitenkin kannattavampaa kuvata taajuustasossa, sillä signaali sisältää eri koneenosien aiheuttamaa värähtelyä, jota on vaikea erottaa aikatasossa. Taajuustasoesitys lasketaan aikatasosignaalista yleensä Fast Fourier Transform- eli FFT-muunnoksella. Kunnonvalvonnessa käytettävät analysaattorit tekevät tämän varsin monimutkaisen laskennan automaattisesti, joten mittaajan ei tarvitse perehtyä FFT-laskentaan. Kuvassa 4 nähdään siniaallon esittäminen aika- ja taajuustasoissa. Pylvään korkeus kuvaa siniaallon amplitudia ja sen paikka vaaka-akselilla taajuutta. [2, s. 232.]

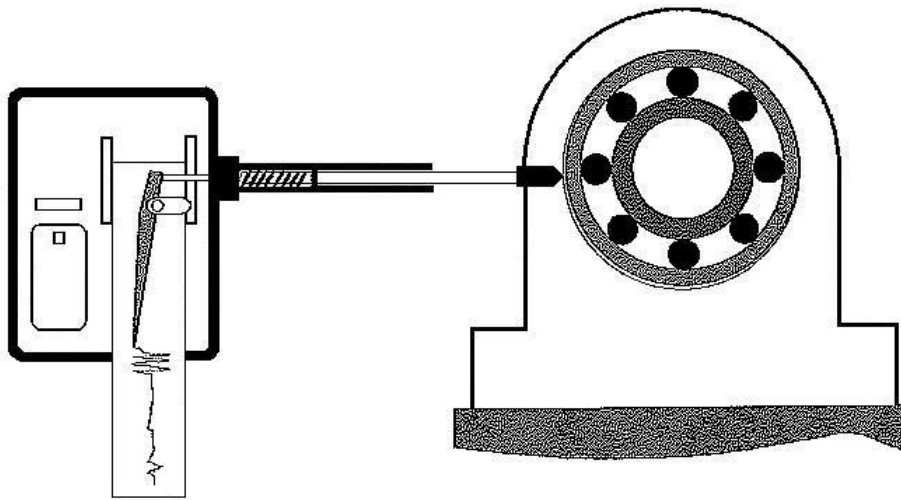


Kuva 4. Siniaallon esittäminen aika- ja taajuustasossa [2, s. 232].

3.2.4 Värähtelymittauksessa käytettävät anturit ja laitteet

Värähtelymittauksessa voidaan käyttää lukuisia eri antureita ja laitteita riippuen mitattavasta kohteesta tai mitattavasta määreestä. Värähtelymittausta on käytetty laitteiden kunnan määrittämiseksi jo pitkään. Alkeellisilla menetelmillä kuten sauvan tai ruuvimeisselin avulla kuuntelemalla ei kuitenkaan pystytty saamaan vertailukelpoista aineistoa värähtelytasosta. Ensimmäiset värähtelyanturit olivat mekaanisia, ja ne mittasivat värähtelyn siirtymäarvoa (kuva 5). Nämä anturit olivat asennettu kiinteästi

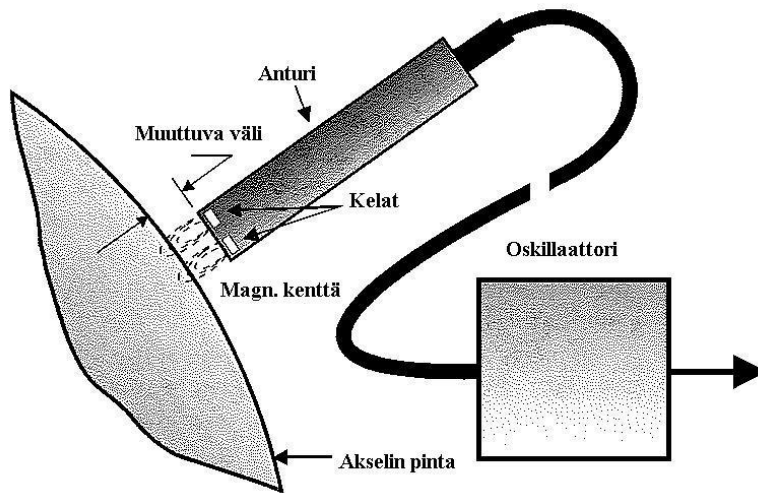
mitattavaan kohteeseen rasittaen rakennetta. Mekaaniset anturit toimivat vain alhaisilla taajuuksilla ja vaativat suuren värähtelyn amplitudin toimiakseen. Piirturi tallensi värähtelyn siirtymäarvot ajan funktiona paperille. Antureiden kehittyessä siirryttiin toiminnaltaan sähköisiin antureihin, jolloin värähtelymittaus muuttui olennaisesti. Nyt värähtelyarvot pystyttiin muuttamaan vertailukelpoiseen muotoon muuttamalla värähtelyyn verrannollinen signaali jännitteeksi. Nykyään värähtelymittauksessa käytettävät anturit voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään: siirtymä-, nopeus- ja kiihtyvyyssantureihin. Vaikka kaikki edellä mainitut mittaavat värähtelyä, on niiden toimintaperiaatteissa olennaisia eroja.



Kuva 5. Mekaaninen värähtelyn ilmaisin [2, s. 234].

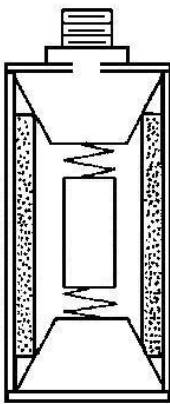
Siirtymäanturit mittaavat kohteen etäisyyttä suhteessa anturin paikkaan ja niitä käytetään yleensä akselin aksiaalisen ja radiaalisen aseman tai värähtelyn ilmaisemiseen. Siirtymäanturit ovat yleensä pyörrevirta-antureita (kuva 6). Anturin kärjessä on kela, joka luo magneettikentän. Anturin ja mittauskohteen etäisyyden muuttuessa myös anturin induktanssi ja ulostulojännite muuttuu, joka on suoraan verrannollinen etäisyyden muutokseen. Pyörrevirta-anturi tarvitsee toimiakseen oskillaattori demodulaattorin, joka toimii eräänlaisena esivahvistimena. Pyörrevirta-anturijärjestelmä on tavallisesti kalibroitu tietylle kaapelinpituudelle. Pyörrevirta-antureilla seurataan muun muassa liukulaakeroitujen laitteiden kuntoa. Kahdella toisiinsa 90 asteen kulmassa olevalla anturilla mitattu tulos esitetään ratakäyrän muodossa, joka kertoo akselin liikeradan laakerin sisällä. Pyörrevirta-antureiden

käyttöä rajoittaa anturin suppea taajuusalue, varsin pieni dynamiikka ja hankala kiinnitystapa. [2, s. 235.]



Kuva 6. Pyörrevirta-anturi [2, s. 235].

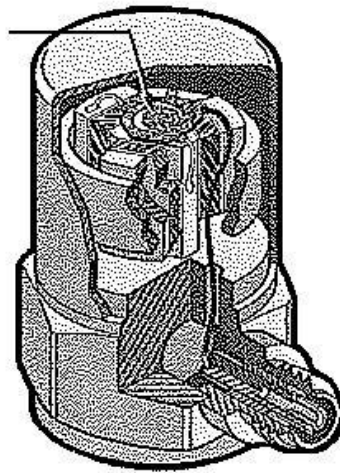
Nopeusantureilla (kuva 7) mitataan absoluuttista värähtelyä. Perinteinen nopeusanturi on toimintaperiaatteeltaan seisminen, eli sen toiminta perustuu massaun, joka pääsee liikkumaan ulkoisen voiman vaikutuksesta jousen ja vaimentimen varassa. Kun massana on magneetti, joka liikkuu kelan sisällä, voidaan indusoitunut jännite mitata. Jännite on verrannollinen liikkeen nopeuteen. Käytännössä kelan sisällä oleva massa ei liiku vaan sitä ympäröivä kela värähtelee. Nopeusantureiden taajuusalue on varsin suppea, yleensä noin 10–1000 Hz. Toimintaperiaatteensa takia nopeusanturi on melko suurikokoinen, ja se sisältää liikkuvia osia, jotka rajoittavat sen toimintaa. Nopeusanturit ovat myös varsin herkkiä magneettikentille ja suuntaukselle, jotka aiheuttavat helposti virheitä mittaustuloksiin. [2, s. 237.]



Kuva 7. Nopeusanturin rakenne [2, s. 237].

Kiihtyvyyssanturit ovat nykyisin yleisimpiä antureita niiden tarjoamien lukuisten ominaisuuksien ansiosta. Anturi on pienikokoinen, eikä siinä ole liikkuvia tai kuluvia osia. Kiihtyvyyssanturin dynamiikka-alue on laaja, ja se myös kattaa laajan taajuusalueen, aina hertsin osista satoihin kilohertzeihin. Kiihtyvyyssanturin (kuva 8) osat ovat runko, seisminen massa ja näiden väliin asennettu pietsoelementti. Anturi asennetaan mittaushaaraan kiinteästi niin, että koko anturi liikkuu haaran mukana. Tällöin seisminen massa kohdistuu Newtonin toisen lain mukainen voima $F=ma$. Pietsoelementtiin kohdistuu voimaan verrannollinen varaus, joka johdetaan vahvistimen kautta mittalaitteeseen. Näin saadaan kiihtyvyyttä vastaava sähköinen signaali. ICP-anturi tulee sanoista Integrated Circuit Piezoelectric ja on rakenteeltaan samanlainen kuin perinteinen pietsosähköinen kiihtyvyyssanturi, mutta sisältää varausvahvistimen. [2, s. 237 - 238.]

**Varausvahvistin
anturin sisällä**

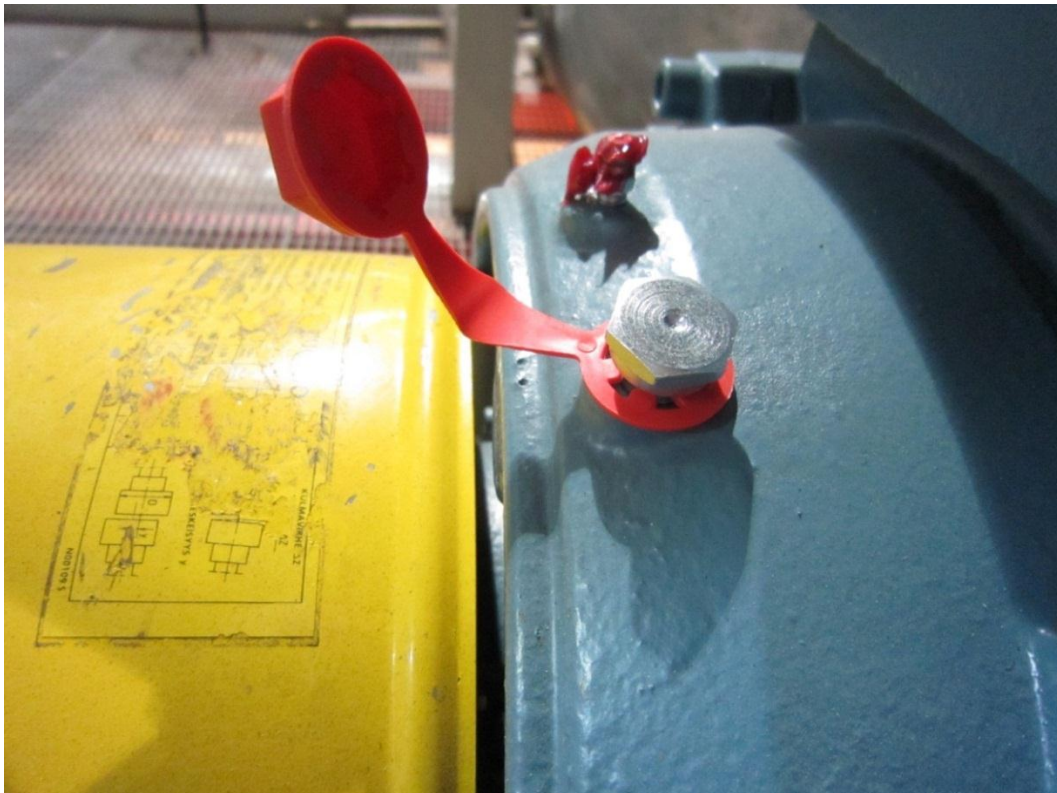


Kuva 8. ICP-anturi [11].

Vantaan Energialla värähtelymittauksen reittikierrrossa käytetään magneettikiinnitteistä ICP-anturia, joka kiinnitetään laitteessa olevaan valmistajan asentamaan nastaan. Vanhemmissa laitteissa, joissa ei ole värähtelymittausnastaa, anturi kiinnitetään suoraan koneen runkoon lähelle laakeria. Kuvissa 9 ja 10 on kaukolämpöpumpun moottorin värähtelymittausnasta. Nastoja on laitteessa useammassa kohdassa, jotta mittaustulos kattaisi kaikki laakerit.



Kuva 9. Värähtelymittausnasta kaukolämpöpumpun moottorissa.



Kuva 10. Lähikuva värähtelymittausnastasta ja rasvausnipasta.

Värähtelymittauksen analysaattorit voidaan jakaa useammalla tavalla eri ryhmiin, mutta tässä yhteydessä laitteiden jako asennustavan mukaan on mielekkäin. Laitteet jaetaan kolmeen eri ryhmään: kiinteät järjestelmät, puolikiinteät järjestelmät ja kannettavat mittauslaitteet. Järjestelmät valitaan mahdollisten vikojen kehittymisnopeuden ja kohteen suojaustarpeen mukaan.

Kiinteitä, jatkuvatoimisia järjestelmiä käytetään tärkeimmissä laitteissa, joissa vian kehittyminen vaurioksi saattaa olla nopeaa, ja joissa mahdolliset vauriot ovat kalliita, kuten turbiineissa ja generaattoreissa. [2, s. 263.]

Puolikiinteät järjestelmät ovat yleensä käytössä laitteissa, jotka ovat hankalissa paikoissa. Tällöin laitteeseen asennetaan kiinteät anturit, jotka johdotetaan sellaiseen paikkaan, jossa mittaus voidaan suorittaa kannettavalla analysaattorilla. Puolikiinteitä järjestelmiä voidaan käyttää myös sellaisissa kohteissa, joissa halutaan parantaa mittaustulosten luotettavuutta verrattuna siirrettäviin antureihin. [2, s. 263.]

Kannettavalla mittalaitteella mitataan kohteita, joiden luokse pääsee helposti ja joissa vian kehittyminen on hidasta, kuten suuret pumput ja puhaltimet. Kannettavilla mittalaitteilla voidaan myös täydentää kiinteällä järjestelmällä saatua tietoa. [2, s. 263.]

Vantaan Energialla käytetään kannettavaa CSI 2130 RBMconsultant Pro -analysaattoria (kuva 11), joka on varustettu siirrettävällä magneettikiinnitteisellä ICP-kiihtyvyyssanturilla. CSI 2130 on kaksikanavainen analysaattori, joka on varustettu monipuolisilla reittimittaus- ja analysointiominaisuuksilla. Analysaattorissa on suurikokoinen värinäyttö, josta mittauksia voidaan analysoida heti kohteen luona. Laitteessa on muun muassa PeakVue- ja SST-menetelmät mittaustulosten analysointiin, jotka ovat tehokkaita työkaluja alkavien laakerivaurioiden, vaihteiden ja hitaasti pyörivien koneiden analysoinnissa.

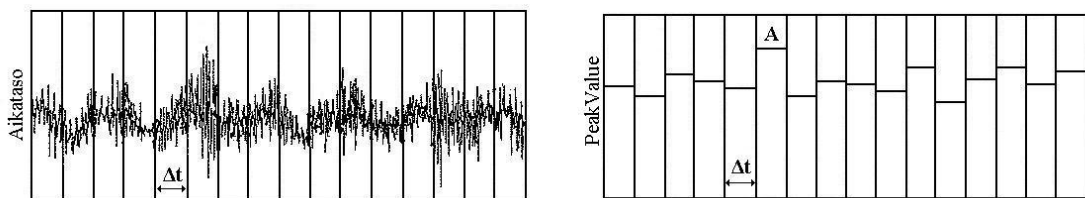


Kuva 11. CSI 2130-analysaattori [5].

3.2.5 Värähtelymittausmenetelmät

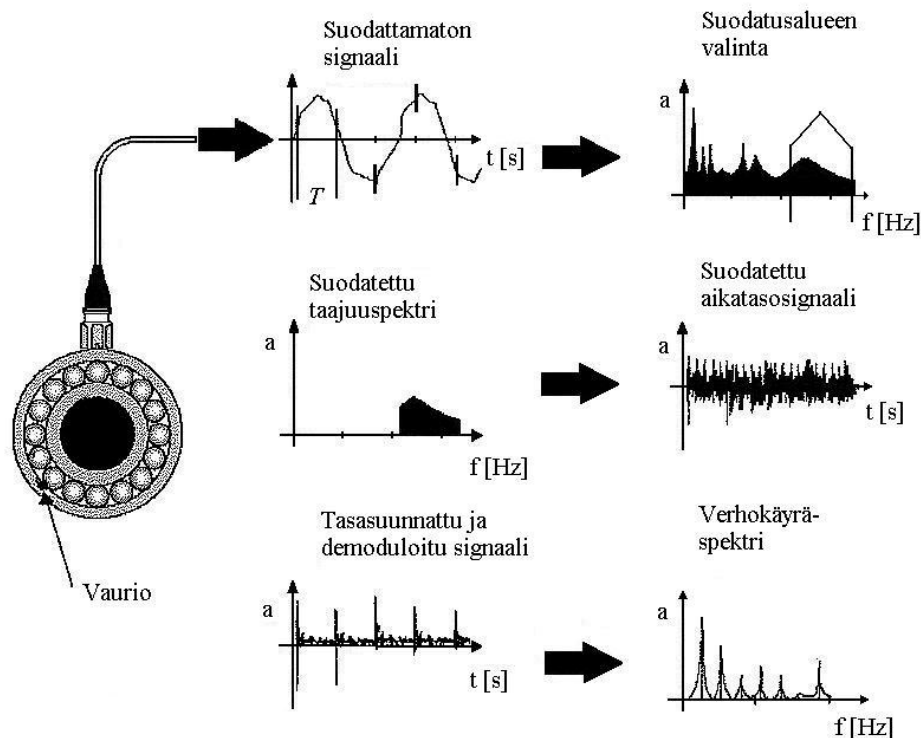
Korkeataajuisia värähtelymittausmenetelmiä on useita, mutta tässä luvussa käydään läpi kaksi Vantaan Energiolla käytettyä menetelmää, eli PeakVue menetelmää ja verhokäyräanalyysiä.

PeakVue-menetelmä on kehitetty iskumaisen herätteen aiheuttamien värähtelypurskeiden havainnointiin. PeakVue määrittää aikatasosignaalin huippuarvon määritetyillä aikajakson pituuksilla ja muodostaa huippuarvoista niin sanotun PeakVue-signaalin. Kuviossa 12 on esitetty aikatasosignaali ja siitä muodostettu PeakVue-signaali. Saatua signaalia voidaan käsitellä normaaleilla signaalinkäsittelymenetelmillä kuten tilastolliset menetelmät tai spektrianalyysi. PeakVue-menetelmän käyttökohteita ovat esimerkiksi vierintälaakerit, hammasvaihteet ja yleensä metallisten kosketusten seuranta. Menetelmällä voidaan seurata myös hitaasti pyöriviä laakereita. [8; 9; 2, s. 252.]



Kuva 12. Värähtelyn aikataso- ja PeakVue-signaalit. A-kirjain merkitsee huippuarvoa [12].

Verhokäyräanalyysiä käytetään eliminoimaan matalataajuisia värähtelyjä, jotta alkavien laakerivaurioiden havaitseminen olisi mahdollista. Alkavat laakerivauriot ovat yleensä värähtelyvoimakkuuksiltaan niin heikkoja, että ne peittyvät koneen käynnistä aiheutuvien värähtelyiden alle. Kuvassa 13 on esitetty verhokäyräanalyysin periaate. Piikit saadussa spektrissä kertovat viasta, joka voidaan selvittää laskemalla laakerin vikataajuudet. Erityyppiset viat, kuten vierintäelimen sekä sisä-, että ulkokehävauriot voidaan erottaa verhokäyräspektristä. [10; 2, s. 252.]



Kuva 13. Verhokäyräanalyysin periaate [10].

Mittausmenetelmien ohella myös mittausasetuksien tulee olla kunnossa mittauksen onnistumiseksi. Mittausasetusten tekemiseen vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät: mitattavan laitteen ja sen komponenttien ominaisuudet, käytettävä anturin ominaisuudet ja sen kiinnitys, käytettävissä oleva mittausaika ja muistin määrä, käyttäjän oma kokemus ja osaaminen, yleiset tai laitoksen omat standardit, analyysiin käytettävissä oleva aika. Asetusten valinnassa huomioitavia asioita ovat muun muassa, anturi ja sen kiinnitys, suodatus, keskiarvostus ja mittausaika. Vantaan Energiolla on käytössä vain yhdenlainen anturi ennakoivan kunnossapidon suorittamiseen: magneettikiinnitteinen ICP-anturi. Tämä on oikea anturi hoitamaan reittimittausta, sillä

anturi sopii kaikkien värähtelymittauskierroksen laitteiden kunnonvalvontaan. Suodatuksella tarkoitetaan sitä, että mitattavasta signaalista suodatetaan valitun taajuusalueen ulkopuoliset komponentit pois. Tällaisia menetelmiä ovat muun muassa PeakVue ja verhoikäyrimittaus. Keskiarvostus on keino, jolla pyritään siihen, että satunnaisten vaihteluiden määrä mittaustuloksessa minimoitaisiin. Tämä suoritetaan spektrimittauksessa yleensä niin, että mitataan useita spektrejä peräkkäin ja lasketaan jokaiselle spektriviivalle keskimääräinen arvo. Normaalisti käytetään noin neljästä kahdeksaan näytettä. Keskiarvostuksen määrä lisää vastaavasti mittausaikaa. [2, s. 265 - 278.]

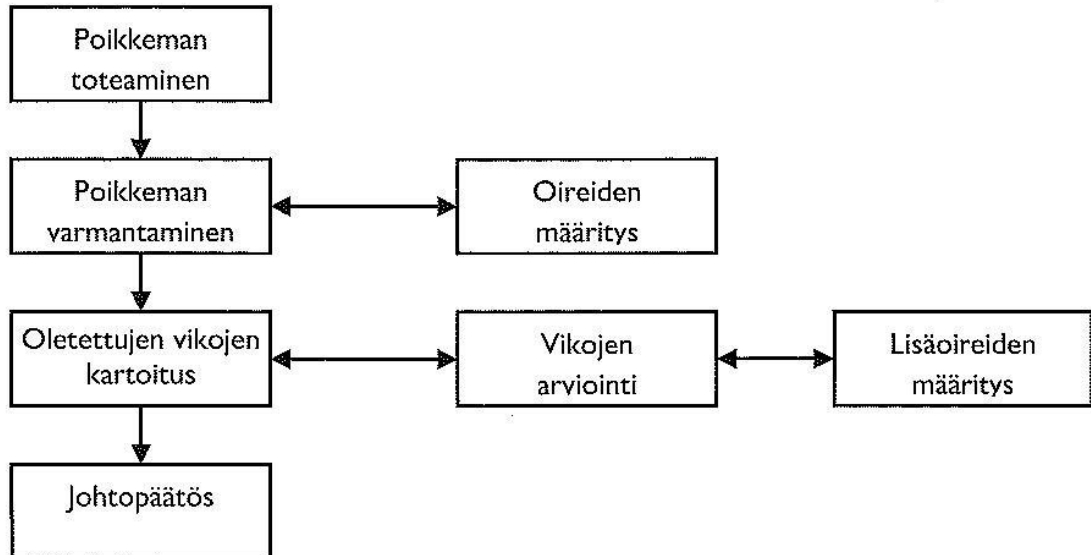
Mittausasetukset ovat tehty Vantaan Energialla ennakkohuoltoasentajan toimesta laitteiden kokoonpanojen, asentajan oman kokemuksen ja laitevalmistajien suositusten mukaan. Näillä mittausasetuksilla saadut tulokset on todettu luotettaviksi, eikä niitä näin ollen tarvitse muuttaa.

3.2.6 Mittaustulosten tulkinta

Värähtelymittaus on hyvä tapa havaita vikoja ennen kuin ne aiheuttavat vaurioita. Värähtelymittauksella voidaan myös ennustaa esimerkiksi tuleva laakerivaurio, jolloin huoltojen suunnitteleminen helpottuu. Värähtelymittauksen avulla äkkinäisten laiterikkojen määrää saadaan vähennettyä ja tätä kautta säästettyä rahaa. Värähtelymittauksesta ei kuitenkaan ole hyötyä, jos analysaattorin antamia tuloksia ei osata tulkita oikein. Useimmat uudet värähtelymittarit antavat melko kattavan kuvan laitteen kunnosta, mutta luotettavien tietojen saaminen edellyttää oikeita asetuksia ja mittausmenetelmiä. Signaalinkäsittelyä ei käsitellä tässä työssä syvemmin, sillä se vaatii monimutkaista matematiikkaa, jonka analysaattorit hoitavat käyttäjän puolesta. Sen sijaan keskitytään diagnostisiin menetelmiin eli vianmääritykseen ja vikojen tunnistamiseen.

Vantaan Energialla värähtelymittausta suorittaa ennakkohuoltoasentaja kiertämällä säännöllisesti kaukolämpöpumppaamoja ja lämpökeskuksia kannettavan analysaattorin kanssa. Säännöllisyys mittauksissa onkin tärkeää, jotta tuloksissa esiintyvät poikkeamat voidaan havaita ajoissa ja vika korjata ennen vaurioiden syntymistä.

Vianmääritys on melko monimutkainen ja joskus aikaa vievä operaatio. Vianmääritys alkaa poikkeaman toteamisesta, eli kun laitteen toiminnassa on havaittavissa normaaliin toimintaan kuulumatonta värähtelyä tai ääntä. Kuviossa 14 on esitetty standardin PSK 5707 mukainen vianmäärityksen kulku.



Kuva 14. Vianmäärityksen kulku [13].

Poikkeaman toteamisen jälkeen poikkeama tulee varmentaa, jotta mahdollinen alkuperäisen mittaustuloksen virheellisyys saataisiin poissuljettua. Oireiden määrittämisellä tarkoitetaan poikkeavissa mittaustuloksissa havaittuja ilmiöitä. Huolellisella oireiden tulkinnalla voidaan välttää vääriä johtopäätöksiä. Johtopäätökset tehdään oireiden perusteella, mutta huomioon otetaan myös laitteen ominaisuudet, käyttö sekä käyttöympäristö.

Vantaan Energialla käytetään mittaustulosten tulkinnassa apuna Mobius-instituutin värähtelymittauskoulutusaineistoa. Aineistosta löytyvät tyypillisimmät oireet ja niitä aiheuttavat viat. Hälytysrajojen asettamisessa apuna käytetään ISO 10816-standardia, joka määrittelee laitteittain värähtelyn hälytysrajat.

3.3 Vuosihuoltotoimenpiteet

Vuosihuoltotoimenpiteisiin kuuluvat sellaiset suuret huollot, joita ei voida tehdä laitoksen ollessa käynnissä. Näitä ovat muun muassa kattiloiden pesu,

painelaitetarkastukset, poltinten huollot ja suodattimien vaihto. Nämä toimenpiteet eivät sinänsä kuulu ennakoivan kunnossapidon piiriin, mutta ne eivät ole korjaavaakaan kunnossapitoa. Yllä mainituille tarkastuksille tulee varata aikaa seisokin yhteydessä, sillä esimerkiksi viranomaistarkastukset ovat pakollisia.

4 Kohdetietojen ja huolto-ohjeiden kirjaaminen

Tämän insinöörintyön idea lähti kaukolämpökeskusten kunnossapitojärjestelmän uudistamistarpeesta. Alkuperäinen työ oli kirjata laitetiedot ja huolto-ohjeet Power Maint -kunnossapitojärjestelmään. Tässä luvussa käsitellään kesän 2011 aikana tehtyä varsinaista laite- ja huoltotietojen keruutyötä.

Tietojen kerääminen laitteista oli melko haastavaa huonon dokumentaation takia. Osa laitoksista on tehty 70- ja 80-luvuilla, joten piirustukset ja laitelistat ovat joko hävinneet tai niitä ei ole ollut lainkaan. Joistakin laitoksista löytyi piirustukset, mutta niitä ei ollut päivitetty muutostöiden yhteydessä. Puutteista johtuen listoihin ja piirustuksiin, jotka löytyivät, ei voinut luottaa. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että laitetiedot tuli käydä keräämässä paikan päältä laitteiden tyyppikilvistä. Laitetietojen kerääminen rajoittui mekaaniselle puolelle, eli sähkö- ja automaatiolaitteisiin ei tarvinnut kiinnittää huomiota, poikkeuksena sähkömoottorit ja venttiilien toimintalaitteet.

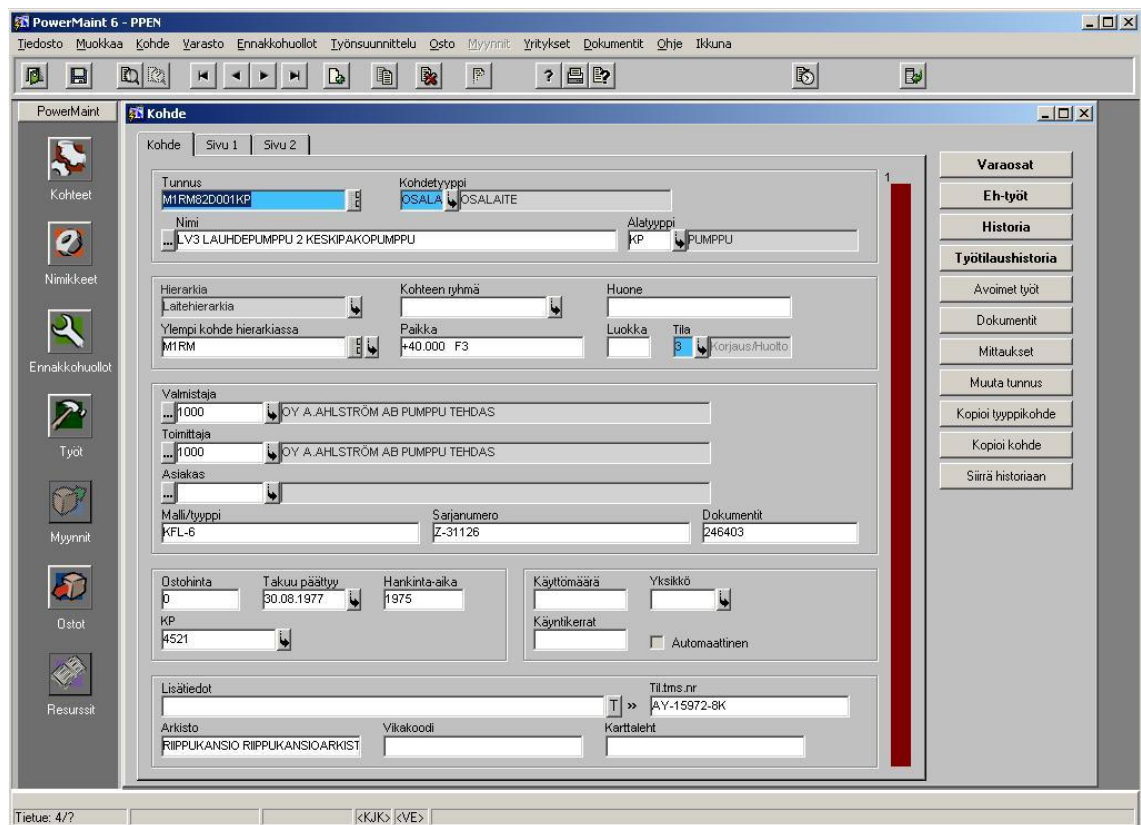
Pumppaamojen ja lämmönsiirtoasemien kirjallinen materiaali oli melko olematonta, ja tästä syystä tiedonkeruu suoritettiin paikan päällä. Tärkeimmät laitteet olivat pumpput, pumppumoottorit, venttiilit, lämmönvaihtimet, toimilaitteet ja ilmanvaihdon laitteet. Osa laitteista oli eristekerroksen alla, joten tyyppikilpiin ei ollut pääsyä, mutta näissä tapauksissa piirustuksista tai mahdollisista laiteluetteloista löytyi korvaavat tiedot.

Lämpökeskuksien laiteluettelot olivat helpommin saatavilla uusien keskuksien kuten Lentoaseman, Maarinkunnaan ja Hakunilan osalta. Uusista lämpökeskuksista löytyi suurin osa laitetiedoista sähköisessä muodossa, mikä helpotti tiedonkeruuta merkittävästi. Myös kirjallinen dokumentaatio oli kiitettävää ja ajantasaista, sillä muutoksia laitteistoon ei ollut tehty. Muiden lämpökeskuksien osalta tietoja on löytynyt vaihtelevasti. Osa vanhemmista laitoksista on poistumassa käytöstä, ja niiden käyttötunnit jäävät jo nyt muutamiin kymmeneen talven aikana.

Myös huolto-ohjeiden kerääminen oli osana työnkuvaa kesällä 2011. Huoltotietoja löytyi parhaiten laitevalmistajien ja -toimittajien kansioista, joissa olivat niin korjaavat huoltotoimenpiteet kuin käytönaikaiset huollot.

Power Maint

Power Maint 6 on Solteq Oyj:n toimittama sovellus tuotannon toimintojen hallintaan. Power Maintilla hallinnoidaan kunnossapitotoimintaa ja varaosien tilannetietoja, joten se on kriittisen tärkeä kunnossapidon toiminnan kannalta. Kaukolämpölaitoksien tietoja oli jo ennestään kirjattu Power Maintiin, mutta tietojen luotettavuus ei aina ollut kohdillaan, joten sen sijaan, että tietoja alettaisiin korjata, päätettiin järjestelmään ajaa kokonaan uudet paikkansa pitävät tiedot. Power Maintissa on useita ominaisuuksia, mutta työn tekemiseksi piti oikeastaan keskittyä vain kohdekorttiin. Kohdekortin kautta löytyvät kohteen vaatimat huoltotyöt, ennakkohuoltotyöt ja varaosat. Myös kohteen historiatiedot löytyvät kohdekortin kautta. Tämä on tärkeä ominaisuus, jotta kunnonvalvonnassa voidaan arvioida ennakoivan kunnossapidon toimivuutta. Kuvassa 15 on esitetty kohdekortinäkymä.



Kuva 15. Kohdekortti Power Maint 6 -ohjelmassa

Kohteen tärkeimmät tiedot näkyvät ensimmäisellä välilehdellä. Tästä näkymästä tunnistaa, onko tämä se kohde, jota etsittiin. Yläreunassa näkyvät välilehdet 1 ja 2

sisältävät kohteeseen liittyvää lisätietoa. Keskipakopumpun tapauksessa välilehti 1 sisältää muun muassa pyörimisnopeuden, tuoton, nostokorkeuden, moottorin tehon ja pyörimisnopeuden. Välilehti 2 sisältää tarkempia lisätietoja, kuten muun muassa laakerien tyypit ja materiaalit, tiivisteet, piirustusnumeron ja laippastandardit. Välilehtiä voi lisätä tarpeen mukaan. Ikkunan oikeassa reunassa on myös pääsy eh-töihin eli ennakkohuoltotöihin ja huoltohistoriaan.

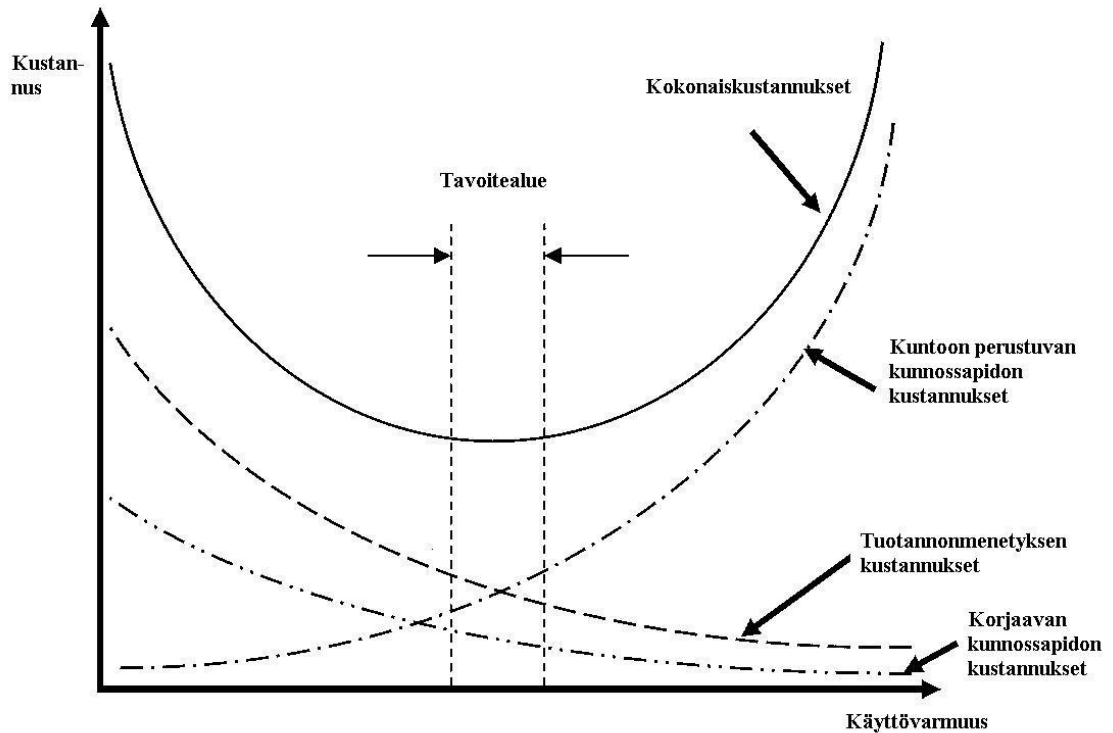
Laite- ja huoltotiedot syötettiin Power Maint -järjestelmään käyttäen Microsoftin Excel -taulukkolaskentaohjelmaa. Taulukoista löytyvät samat sarakkeet kuin kohdekortista. Useiden eri laitetietojen kirjaaminen Exceliin on huomattavasti nopeampaa kuin yksitellen kohdekorttiin. Voimalaitoksen järjestelmäasiantuntija hoiti tietojen ajamisen järjestelmään.

5 Kustannuslaskelmia

Kunnossapidon taloudellinen merkitys on melko suuri riippumatta teollisuuden alasta, sillä kunnossapito on aina läsnä. Yleensä kunnossapito nähdään kulueränä tai sen puutteen aiheuttamasta tuotantotappiosta. Kunnossapidon taloudellinen merkitys voi olla myös positiivinen, esimerkiksi kunnossapitopalveluita myyvälle yritykselle. Tällöin kunnossapitoa voi mitata myös muilla talouden mittareilla.

Kunnossapidolla on erittäin suuri merkitys Vantaan Energialle, sillä mahdolliset tuotantotappiot ovat huomattava menoerä. Ennakoivalle kunnossapidolle on melko vaikea määrittellä arvoa, mutta se helpottaa suunnittelemaan huoltoja sellaiselle ajanjaksolle, jona niistä on vähiten haittaa tuotannolle, joten sillä on selkeä taloudellinen arvo yritykselle. Ennakoiva kunnossapito juuri pyrkiikin pitämään laitteet keskeytymättömässä toiminnassa seuraavaan vuosihuoltoon asti. Ennakoivan kunnossapidon kustannuksia voisi verrata vakuuttamisen kustannuksiin, jossa vakuutuksen hinnan on oltava järkevässä suhteessa riskin suuruuteen. Samalla tavalla ylihuoltamista tulee välttää, mutta kuitenkin tuotantotappioiden on oltava mielessä kun ennakkohuoltoja suunnitellaan. Kuvassa 16 on esitetty kustannuksien tavoitealue. Liian vähäisellä ennakkohuoltamisella ja ylihuoltamisella kokonaiskustannukset nousevat korkeiksi, sillä liian vähäinen ennakoiva huoltaminen johtaa korjaavan kunnossapidon kustannuksien kasvamiseen yllättävien laiterikkojen vuoksi ja ylihuoltamisella itse ennakoivan kunnossapidon kulut nousevat korkeiksi. Tulee siis määrittää juuri oikea suhde ennakoivan kunnossapidon kulujen ja saavutetun hyödyn välille.

Vantaan Energialla ennakoivan kunnossapidon kustannukset ovat pienet verrattuna tuotantotappioihin, joten kustannuksia on turha lähteä leikkaamaan. Kuten aikaisemmin on mainittu, kaukolämpölaitoksien ennakoiva kunnossapito koostuu voiteluhuollosta, värähtelymittauksesta ja muista tarkastuksista. Nämä toimenpiteet ovat edullisia suorittaa yhden ennakkohuoltoasentajan voimin, joten säästötoimenpiteisiin ei ole syytä ryhtyä.



Kuva 16. Kunnossapidon kokonaiskustannusten riippuvuus ennakoivan kunnossapidon osuudesta [14].

Seuraavassa laskelmassa on määritelty hinta ennakoivalle kunnossapidolle ja mahdolliselle tuotantotappiolla tilanteessa, jossa ennakoivaa kunnossapitoa ei olisi suoritettu perusteellisesti. Laskelmat ovat kehitysinsinööri Jani Asikaisen tekemiä. Esimerkin tapaus on epätodennäköinen, mutta ei lainkaan mahdoton. Esimerkin tilanne oli osittain todellisuutta kesällä 2011, kun Sanomalan pumppaamo huollettiin. Pumppaamon laajennusosa ei ollut vielä käyttövalmiina, joten vanha puoli hoiti kaukolämpöveden pumppaamisen Itä-Vantaan verkkoon voimalaitokselta. Pumppaamon vanhalla puolella on kolme pumppua. Pumput 1 ja 3 hoitavat meno- ja paluupumppaamisen ja pumppu 2 on varalla, jos toinen pumpuista hajoaa. Menopumpussa oli havaittu vika laakerissa, joten se pysäytettiin, jotta laakerit saataisiin vaihdettua. Tässä vaiheessa varapumppu tuli tarpeelliseksi, joten se otettiin käyttöön. Varapumppu ei ollut pyörinyt pitkään aikaan, joten viereisten pumppujen tärinä oli aiheuttanut siihen laakerivian. Tämä havaittiin värähtelymittauksessa kun menopumppu oli huollettavana. Laitteen hitaasta pyörimisnopeudesta johtuen laakerivika ei kuitenkaan päässyt kehittymään vaurioksi ja menopumppu saatiin

huollettua. Esimerkissä pohditaan, mitkä olisivat olleet tuotantotappioista aiheutuneet kustannukset, jos varapumppu olisi hajonnut.

Pumppaamo 1 on erityisen tärkeä siitä syystä, että se siirtää voimalaitokselta tulevaa lämmintä kaukolämpövertä verkkoon. Voimalaitoksella kaukolämpövertä käytetään jäähdytykseen. Jos kaukolämpöverkossa on häiriötilanne voimalaitoksella jäähdytysteho ei riitä jäähdyttämään kattilavettä ja tuotantoa joudutaan vähentämään kaukolämpötehon siirtokyvyn menetyksen verran. Myöskään kaukolämpöverkon asiakkaiden lämmitystehon tarve ei laske vaan pysyy vakiona. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lämmöntuotantoa pitää siirtää Itä-Vantaan lämpökeskuksille.

Tilanteeseen on monta ratkaisua, taloudellisin ratkaisu riippuu sen hetkisistä polttoaineen, sähkön ja kaukolämmön hinnoista. Talvella, jolloin kaukolämmön tarve on suuri, tilanne olisi vakavin, mutta myös kesällä se haittaisi sähköntuotantoa. Kaukolämpöä on mahdollista siirtää Helsingin Energian verkosta, jos hinta sille olisi alhaisempi kuin lämpökeskustuotannolle, sillä kaukolämmön tuottaminen lämpökeskuksilla on kalliimpaa kuin voimalaitoksella. Laskelmassa käytetyt tuotantotappion ja huollon arvot ovat suuruussuhteessa keskenään eivätkä kuvaa euromääräistä summaa, sillä hinnat ovat salassa pidettäviä tietoja, mutta lopputuloksesta saa käsityksen tuotantotappion suuruudesta. Liite 2 sisältää kehitysinsinööri Jani Asikaisen tekemät laskelmat kokonaisuudessaan. Yksikköinä laskuissa on megawattitunti polttoainetta, lämpöä ja sähköä.

Voimalaitoksen kattiloissa poltetaan ajotavasta riippuen hiiltä tai maakaasua. Polttoaineiden hinnat sisältävät päästöoikeudet ja itse polttoaineen hankintakustannukset. Hiili on 60 % halvempaa kuin maakaasu.

Kaukolämmön tuottamisen verot ovat voimalaitoksella lämmön ja sähkön yhteistuotannolla polttoaineesta riippuen erilaiset. Voimalaitoksella edullisinta on polttaa maakaasua. Hiilen polttaminen voimalaitoksella on 217 % kalliimpaa verrattuna maakaasuun. Myös lämpökeskuksella maakaasun polttaminen on kalliimpaa kuin voimalaitoksella. Verrattuna maakaasun polttamiseen voimalaitoksella se maksaa 149 % enemmän.

Lämpökeskuksen lämmöntuotannolle oletetaan 90 % hyötysuhde. Vastaavasti voimalaitoksen yhteistuotannolla 0,5 rakennusasteella ja 85 % hyötysuhteella poltettaessa hiiltä yhden megawattitunnin tuottaminen maksaisi vain noin 0,5 % enemmän kuin lämpökeskuksella johtuen yhteistuotannon erilaisesta verokäytännöstä. Rakennusasteella kuvataan sähkön ja lämmön tuottosuhdetta. Rakennusaste saadaan jakamalla sähköteho lämpöteholla. Lisäksi sähköntuotantoa menetettäisiin puoli megawattituntia. Tuotantotappio olisi tietty euromäärä jokaista menetettyä yhteistuotannolla tuotettua kaukolämpömegawattituntia kohden. Kaukolämmön kulutus on kesäisin melko pientä. Kesän viileimpinä öinä, kun lämpötilat ovat 13–7 asteen välillä ja kulutushuiput aamuyön tunteina, verkkoon menevä kaukolämpöteho on noin 65 MW [7]. Jos laiterikko tapahtuisi yön aikana ja häiriötilanne kestäisi viisi tuntia, olisivat kustannukset korkeimmillaan.

Jos pumppaamon laiterikko taas vaikuttaisi voimalaitoksen lämmön talteenottokattilan maakaasun lisäpolttoon, olisivat kustannukset hieman erilaiset. Tilanne saattaisi olla todennäköinen kesällä, sillä hiilikattila on vuosihuollossa useamman viikon. Lämmön tuottaminen maakaasulla on hieman tehokkaampaa, hyötysuhteeksi on oletettu 89 %. Tässä tapauksessa tuotantotappio olisi puolet pienempi kuin hiiltä poltettaessa. Eli yön viiden kylmimmän tunnin aikana tappiota tulisi 50 % vähemmän kuin yllä mainitulla ajotilanteella.

Kunnossapidon kustannuksia on huomattavasti vaikeampi arvioida. Varsinkin ennakoivan kunnossapidon tapauksessa kun kyse ei ole korjaustoimenpiteistä. Yksi tapa määrittää arvo olisi muodostaa hinta työlle ja materiaaleille ulkopuolisten yritysten tarjousten perusteella, jos ennakoiva kunnossapito olisi ulkoistettu. Vantaan Energialla huollot hoitavat kuitenkin omat työntekijät. Lisää haasteita aiheuttaa se, että rasvaus- ja värähtelymittauskierros tehdään keskimäärin kahden kuukauden välein. Pumppaamojen ennakoiva kunnossapito koostuu kierroksessa, jonka aikana pumput ja pumppumootorit mitataan värähtelymittauslaitteella ja rasvataan rasvaprässillä. Arvio hinnasta, jolla lasketaan ennakoivan kunnossapidon kustannukset sisältää asentajan matka- ja palkkakustannukset, materiaalit ja huollossa käytettävien laitteiden kulumisesta aiheutuvat poistot. Kierrokseen kuluu yksi työpäivä, eli 7,65h [6]. Pumppaamoiden kiertäminen maksaa kokonaisuudessaan noin kymmenesosan mahdollisen laiterikon aiheuttamasta tuotantotappiosta.

Mahdolliset tuotantotappiot ovat siis vähintäänkin kymmenkertaiset viiden tunnin tuotantohäiriön aikana verrattuna kahden kuukauden ennakoivan kunnossapidon kustannuksiin. Tuotantotappiot ovat vielä suuremmat, jos tilanne pitkittyy, sillä tällöin kaukolämpöakusta saatu hyöty jää vähäiseksi tai sitä ei voida hyödyntää ollenkaan. Kaukolämpöakkua käytetään puskurina voimalaitoksen ja kaukolämpöverkon välillä. Siinä kiertävästä kaukolämpövedestä on hyötyä voimalaitoksen tai kaukolämpöverkon häiriötilanteissa. Akkua purkamalla voidaan vastata kaukolämmön kulutushuippuihin nopeasti.

Laskelmia voisi myös tulkita niin, että ennakoivan kunnossapidon kustannuksia voisi kasvattaa toimintavarmuuden parantamiseksi. Tämä ei kuitenkaan ole tarpeellista, sillä rasvauskierros suoritetaan jo nyt vähintään valmistajien ilmoittamien aikavälien sisällä, ellei useamminkin.

6 Yhteenveto

Ajatus tähän insinööriyöhön tuli Vantaan Energian kaukolämmön kunnossapitojärjestelmän uudistamistarpeesta. Tämä ei kuitenkaan olisi ollut tarpeeksi kattava aihe insinööriyöksi, joten mukaan otettiin ennakoivan kunnossapidon selvitys, jossa käsiteltäisiin huoltomenetelmiä ja aikataulutusta. Työn alussa tavoitteiksi asetettiin kunnossapitojärjestelmän uudistamista kaukolämpölaitoksien kohde- ja huoltotiedoilla. Lisäksi ennakoivan kunnossapidon toimintatapojen mielekkyyttä tuli arvioida. Ennakoiva kunnossapito käsittää värähtelymittauksen ja voiteluhuollon sekä laitoksien yleiset tarkastukset. Tässä insinööriyössä tuli pohtia, ovatko värähtelymittauskierrokset tiheydeltään laitoksille sopivia, onko voiteluhuolto riittävää vai kenties liiallista ja onko voitelukierroksessa käytettävä voiteluaine sopiva laitoksien laitteille. Lisäksi työssä selvitettiin laitoksilla tehtävät vuosihuoltotoimenpiteet ja viranomaistarkastukset. Laitekohtaisia voiteluainemääriä tai voitelun tiheyttä ei tässä insinööriyössä esitetä, sillä nämä tiedot löytyvät laitteiden tyyppikilvistä ja kunnossapitojärjestelmään syötettävistä tiedoista.

Laite- ja huoltotietojen kerääminen oli joidenkin laitoksien kohdalla hankalaa kirjallisen materiaalin puuttuessa. Myös uusien laitoksien kohdalla tilanne ei ollut paras mahdollinen, sillä dokumentit olivat hajanaisia ja puutteellisia. Tähän onkin tultava parannus, jotta jatkossa tiedon etsiminen olisi jouhevampaa. Uusien laitoksien rakentamisen tai vanhojen laajentamisen yhteydessä tulisi muistaa dokumentoida laitehankinnat ja piirustukset. Tiedot tulisi vaatia laitetoimittajilta syötettynä Excel-pohjaan laitetoimituksen yhteydessä, kuten on toimittu voimalaitoksen rakentamisprojekteissa. Nämä tiedot tulisi löytää voimalaitokselta kuten myös laitoksilta ennalta määrätystä paikasta. Käytössä voisi myös olla lainauslista, josta selviää kuka on lainannut materiaalia ja milloin se on lainattu. Jos materiaalit ovat sähköisessä muodossa, tulisi niiden olla verkkolevyllä yhdessä paikassa kaikkien käytettävissä.

Värähtelymittaus- ja voiteluhuoltokierroksen reittiä käsiteltiin ennakko- ja huoltoasentajan kanssa käydyissä keskusteluissa. Värähtelymittauskierros on suunniteltu kohteitten välisen matkan perusteella. Kierrokseen kuuluvat kaikki kaukolämpöpumppaamot, mutta myös lämmönsiirtoasemat tulisi lukea kierroksen piiriin. Tämä tarkoittaisi sitä, että kierros jakautuisi kahdelle työpäivälle, sillä jo nyt kierros vie kokonaisen työpäivän. Uusi reitti käsittäisi ensimmäisenä päivänä lämmönsiirtoaseman A ja kolme

ensimmäistä pumppaamaa. Toiselle päivälle jäisi läpikäytäväksi lämmönsiirtoasema B ja kolme viimeistä pumppaamaa. Reitti olisi järkevintä suunnitella niin, että kierroksen ajomatka olisi mahdollisimman lyhyt.

Kierroksen tiheyttä arvioitiin ennakkohuoltoasentajan kokemusten, laitevalmistajien suositusten ja standardien suositusten perusteella. Kierto suoritetaan tällä hetkellä kolmen kuukauden välein. Kaikki laitoksien pumput eivät kuitenkaan aina ole käytössä kierrosta suoritettaessa, joten käytännössä kaikki laitteet tulevat mitatuksi noin kaksi kertaa vuodessa. Ennakkohuoltoasentaja on havainnut tämän kierron tiheyden sopivaksi, eikä sitä näin ollen tarvitse muuttaa. Värähtelymittaukset olisi kuitenkin hyvä ajoittaa sellaiselle päivälle, jolloin mahdollisimman moni pumppu on käytössä. Mittauskierroksista tulisi tehdä reittiraportti, jossa ilmenevät ainakin seuraavat asiat: havaitut poikkeamat, suositeltavat toimenpiteet, arvio turvallisesta käyttöajasta, mittaamatta jääneet koneet ja syy, miksi ei mitattu, tarvittavat lisämittaukset ja tarkastukset ja edellisen mittauskerran jälkeen tehtyjen huolto- ja korjaustoimenpiteiden vaikutukset.

Ennakoivassa kunnossapidossa käytetään pääsääntöisesti yhtä voiteluainetta: Mobilin Mobilith SHC 100 -rasvaa. Harvoissa pumpuissa on öljyvoitelu ja näissä käytetään Mobilin DTE Medium -öljyä. Öljyn ominaisuudet löytyvät liitteestä 3. Voiteluaineiden ominaisuudet on todettu riittäviksi, eikä näin ollen vaihtoa toiseen voiteluaineeseen ole tarvinnut harkita. Myöskään voiteluainetoimittajan vaihtoa ei käsitelty, sillä Mobilin tekemän voiteluohjelman perusteella toimittajien kilpailuttaminen olisi ollut liian työlästä.

Vuosihuoltotoimenpiteitä ja viranomaistarkastuksia tehdään etenkin lämpökeskuksilla tietyillä aikaväleillä. Vuosihuoltotoimenpiteet tehdään käyttövuosien perusteella, joten laitoksen käyttötunneilla ei ole merkitystä. Viranomaistarkastuksia tehdään paineastioille ja maakaasulinjoille turvallisuus- ja kemikaaliviraston TUKESin vaatimusten mukaisesti. Nämä tarkastukset ovat pakollisia jokaiselle käyttöluvan saaneelle painelaitteelle. Maakaasuputkiston osalta määräaikaistarkastus tehdään joka kahdeksas vuosi. Kattiloiden osalta tarkastusväli on joka toinen vuosi ja muiden paineastioiden, kuten paineilmasäiliöiden, lämmönvaihtimien ja paineenalaisten vesisäiliöiden osalta joka neljäs vuosi. Laitoksien määräaikaaisesti tarkastettavista

paineastioista löytyy lista liitteestä 4. Tarkastukset on jaettu kolmeen eri tarkastustapaan: käyttötarkastukseen, sisäpuoliseen tarkastukseen ja täystarkastukseen.

Täystarkastus sisältää käyttö- ja sisäpuolisen tarkastuksen ja vastaavasti sisäpuolinen tarkastus sisältää käyttötarkastuksen. Käyttötarkastus toteutetaan käyttöä vastaavissa olosuhteissa. Tarkastuksessa varmistetaan, että laitetta voidaan käyttää turvallisesti ja laitteen varusteet ja varolaitteet toimivat asianmukaisesti. Myös käytön valvojan pätevyys varmistetaan.

Sisäpuolisessa tarkastuksessa suoritetaan edellä mainitut tarkastukset, mutta myös laitteen sisäpuolinen tarkastus. Sisäpuolista tarkastusta varten laite on tyhjennettävä, puhdistettava ja kaikki puhdistus- ja tarkastusaukot on avattava.

Täystarkastuksessa tehdään edellä mainitut toimenpiteet ja myös painekoe nesteellä suurinta sallittua käyttöpainetta 1,3 kertaa suuremmalla paineella. Viranomaistarkastuksen suorittaa riippumaton tarkastusyriitys. TUKES suorittaa pistokokeita varmistuakseen siitä, että tarkastukset on tehty säädösten mukaisesti. Kattiloiden vuosihuollot on hyvä ajoittaa samaan aikaan tarkastuksien kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa kattilan pesua ja tarkastuksessa ilmenneiden puutteiden korjausta. Paineettomat säiliöt, kuten polttoöljysäiliöt, eivät ole viranomaistarkastusten piirissä, mutta ne tulisi tarkastaa joka kymmenes vuosi. Paloilmoitinlaitteisto testataan kerran kuussa ja puutteet korjataan, jos niitä havaitaan. Viranomaiset tarkastavat myös paloilmoitinlaitteita pistokokeilla.

Laitoksissa on myös ilmanvaihtokojeita, joiden suodattimet tulee vaihtaa säännöllisesti. Tarkastukset ja vaihdot ovat tärkeimpiä pumppaamoilla kesäaikaan, jolloin lämpötila saattaa kohota hyvinkin korkeaksi. Suodattimet vaihdetaan paine-eromittauksen perusteella. Vaihtoväli on kesäisin noin kuukausi ja talvella hieman pidempi pienemmän hiukkaspitoisuuden takia. Paine-eromittauksen kaukoluentaa voisi harkita pumppaamoille, jotta tukkeutunut suodatin havaitaan ajoissa ja huolto voidaan suunnitella etukäteen. Näin vältettäisiin pumppaamon sisälämpötilan nousu kuumina kesäpäivinä. Laitoksien pumppumooottoreissa on myös suodatinmatot suodattamassa

moottorin jäähdytysilmaa. Matot vaihdetaan noin kaksi kertaa vuodessa. Etenkin hiilelliset moottorit aiheuttavat suodatinmattojen tukkeutumista.

Myös laitoksien öljy- ja maakaasulinjoissa on suodattimia, jotka tulee tarkastaa säännöllisin väliajoin. Suodattimien valmistajat suosittelevat päivittäistä tarkastusta, mutta tämä tarkastusväli on turhan tiheä ajoittaisesti käytetyille laitoksille. Suodattimet tulisi tarkastaa kerran kuukaudessa silmämääräisesti vuotojen varalta. Purettavat suodattimet tulisi huoltaa kerran vuodessa tai kun suodattimen toiminnan havaitaan heikentyneen.

Lähteet

- 1) Tietoa konsernista. 2011. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <www.vantaanenergia.fi>. Luettu 21.6.2011.
- 2) Kunnossapitoyhdistys Promaint. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
- 3) Ville Jormanainen, kaukolämpöestari, Vantaan Energia Oy. Suulliset kommentit 2.5.2011 - 22.7.2011.
- 4) SFS-EN 13306 Maintenance. 2001. Terminology. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 5) CSI 2130. 2011. Verkkodokumentti. Emerson Process Management. <www2.emersonprocess.com>. Luettu 5.8.2011.
- 6) Antti Päärni, kunnossapitoinsinööri, Vantaan Energia Oy. Suulliset kommentit. 2.5.2011 - 31.8.2011.
- 7) Kaukolämpövalvomo, Vantaan Energia Oy. Ennusteet kaukolämpötehon tarpeesta. 9.8.2011.
- 8) CSI. 1996. Model SPV 305 Synchronous PeakVue. User´s Manual.
- 9) Jones R. M. 1994. A Guide to the interpretation of Machinery Vibration Measurements – Part II, Sound and Vibration.
- 10) ABB. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja.
- 11) PCB. 1993. Vibration & shock sensor selection guide. Accelerometer Selection Guide 601 REW II 1293. PCB Piezoelectronics, Inc.
- 12) Robinson J. C., Canada R. G. & Piety K. R. 1996. PeakVue analysis – New methodology for nearing fault detection. Sound and Vibration. The Netherlands: Elsevier Science Publishers B. V.
- 13) PSK 5707 Kunnanvalvonnan värähtelymittaus. 2002. Vianmäärittäminen. Helsinki: PSK Standardisointi.
- 14) Patton James D. 1983. Preventive Maintenance. Prentice Hall.

Mobilith SHC 100 -voiteluaineen ominaisuudet

Luokitukset ja hyväksynnät

Mobilith SHC -sarja täyttää tai ylittää seuraavat vaatimukset:	100	220	221	460	1000 Special	1500	007
DIN 51825: (2004-06)	KPHC 2N-40	KPHC 2N-30	-	KPHC 1-2N-40	KPFHC 2N-30	KPHC 1-2N-30	-
DIN 51826: (2005-01)	-	-	-	-	-	-	GPHC 00K-30
Mobilith SHC -sarja on seuraavien valmistajien hyväksynnät:	100	220	221	460	1000 Special	1500	007
AAR M-942-98	X	-	X	-	-	-	-

Tyypilliset arvot

Mobilith SHC	100	220	221	460	1000 Special	1500	007
NLGI-luokka	2	2	1	1.5	2	1.5	00
Paksunnin	Litiumkompleksi	Litiumkompleksi	Litiumkompleksi	Litiumkompleksi	Litiumkompleksi	Litiumkompleksi	Litiumkompleksi
Väri	Punainen	Punainen	Vaalea/ kerma	Punainen	Harmaa musta	Punainen	Punainen
Tunkeuma, vatkattuna, 25°C, ASTM D217	280	280	325	305	280	305	415
Tippumispiste, °C, ASTM D 2265	265	265	265	265	265	265	-
Perusöljyn viskositeetti, ASTM D445, cSt @ 40°C	100	220	220	460	1000	1500	460
Timken OK kuorma, ASTM D2509, lb.	29.5 (65)	29.5 (65)	29.5 (65)	29.5 (65)	29.5 (65)	29.5 (65)	29.5 (65)
Neljän kuulan koe, hitsautumiskuorma, ASTM D2596, kg	250	250	250	250	620	250	250
Vesihuuhtoutuminen, ASTM D1264, hävikki 79°C:ssa, % painohäviö	6	3	4	3	2,6	2,5	-
Ruosteenestokyky, ASTM D 6138, Tislattu vesi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Ruostesuoja, ASTM D1743, luokitus	Läpäisee	Läpäisee	Läpäisee	Läpäisee	Läpäisee	Läpäisee	-
4-kuulan koe, kuluminen, ASTM D 2266, jälki, mm	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Matalien lämpötilojen vääntömomenti, ASTM D 1478, vääntömomenti, gcm, käynnistys / 1 h käyttö ja testilämpötila	9520/2199 @ - 50 °C	4361/836 @ -40 °C	-----	9060/2944 @ - 40 °C	-----	1874/1000 @ - 20 °C	-----
U.S. Mobility, AM-S 1390, -18 °C, gms/min	20,0	11,0	-	5,0	-	3,0	-

Laskelmat voimalaitoksen tuotantotappioista

Penttinen Petri

Lähtettäjä: Asikainen Jani
 Lähetetty: 4. elokuuta 2011 09:32
 Vastaanottaja: Penttinen Petri
 Aihe: RE: Kysymys voimalaitoksen tuotantotappioista

Terve,

Tosiaan tulokset riipuvat paljon juuri sen hetkisestä ajotilanteesta, jossa tällainen tapahtuisi. Tässä esittämässäsi tapauksessa menetettäisiin osa kaukolämpötehon siirtokyvystä voimalaitokselta Itä-Vantaalle. Eli käytännössä voimalaitoksen tehoa jouduttaisiin pudottamaan tämän siirtokyvyn menetyksen verran eli menetetään yhteistuotantoa, sähkö/lämpö. Koska kaukolämpöverkkoon liitettyjen asiakkaiden tehontarve pysyy kuitenkin samana pitää tämä voimalaitoksella tehty tehon pudotus tuottaa jossain muualla. Käytännössä idässä lämpökeskuksilla. Tuotantotappiot syntyvät, kun voimalaitoksen tuotantoa joudutaan korvaamaan kalliimmalla lämpökeskustuotannolla ja samalla tietysti menetetään sähköntuotantoa. Olettaen tietysti, että ennen tapahtumaa tuotantoa on ajettu optimaalisesti jne. eli yhteistuotanto on kannattavampaa kuin kaukolämmön erillistuotanto. Lisäksi on mahdollista ostaa kaukolämpöä Helsingin Energialta tai siirtää tehoa heidän verkon kautta Länsi-Vantaalta Itä-Vantaalle, jos hinta näille on sopiva verrattuna tuohon lämpökeskustuotantoon.

Jos tilannetta miettii esimerkin kautta, niin lasketaan marginaalinen vaikutus siirtotehon heikkenemiselle eli euroa per megawatti kaukolämpöä, [€/MWh,]. Oletetaan, että voimalaitoksella joudutaan pudottamaan blokki kahden hiilituotantoa (K2+TG2) ja se korvataan lämpökeskuksen maakaasutuotannolla.

Oletetaan polttoaineille seuraavat hinnat sisältäen päästöoikeudet:

- hiili ■■■€/MWh,pa
- maakaasu peruskaasu ■■■€/MWh,pa

Kaukolämmön tuotannon verot olisivat:

- hiili CHP ■■■€/MWh,pa
- maakaasu lämpökeskus ■■■€/MWh,pa

Lämpökeskus tuotannolle maakaasulla 1 MWh,l tuotantokustannus olisi 90 % hyötysuhteella (1 MWh,l/0,9)*(■■■+■■■)€/MWh,pa = ■■■€.

Voimalaitoksen CHP hiilituotannolle vastaavasti 0,5 rakennusasteella ja 85 % hyötysuhteella■■■€/MWh,pa*(1 MWh,l + 0,5*1MWh,l)/0,85+ 0,9 * 1 MWh,l * ■■■€/MWh,pa = ■■■€/MWh,l (yhteistuotannolla on erilainen verokäytäntö kuin lämmön erillistuotannossa). Lisäksi menetetään sähköntuotantoa 0,5*1MWh,l = 0,5 MWh,s. Jos sähköstä saatava hinta on ■■■€/MWh,s, niin menetetään ■■■€/MWh,s.

Eli tuotantotappio olisi (■■■ - ■■) € - ■■■€ = ■■■€/MWh,l. Eli noin ■■ euroa menettäytyä yhteistuotanto kaukolämpö megawattia kohden.

Jos taas tapaus rajoittaisi esim. LTO kattilan maakaasu lisäpoltto tuotantoa, niin polttoainekustannus päästöoikeuksineen olisi kummallekin tuo ■■■€/MWh. Yhteistuotannon vero maakaasulle on ■■■€/MWh,pa. Oletetaan yhteistuotannon hyötysuhde korkeammaksi verrattuna hiili yhteistuotantoon esim. 89 %. Maakaasu yhteistuotannolle tuotantokustannus olisi ■■■€/MWh,pa*(1 MWh,l +0,5*1 MWh,l)/0,89+ 0,9 * 1 MWh,l * ■■■€/MWh,pa =■■■€/MWh,l.

Eli tuotantotappio olisi (■■■ - ■■) € - ■■■€ = - ■■■€/MWh,l.

Näin marginaalisesti yksittäisessä tapauksessa. Todellisuudessa, kun asiaa tarkastellaan pidemmällä ajanjaksolla esim. vuorokauden aikana, niin asia menee hieman monimutkaisemmaksi. Esim. lämpöakkua ei voida ongelmia tilanteissa käyttää niin tehokkaasti tai ei ollenkaan, jolloin akun käytön avulla saatu hyöty jää saamatta jne..

Toivottavasti tämä vastaa haluamiisi kysymyksiin.

Jani Asikainen
 kehitysinsinööri
 Vantaan Energia Oy
 Peltolantie 27
 PL 95, 01301 Vantaa
 puh. (09) 829 0336
 matkapuhelin 050 436 1186

Mobil DTE Medium -voiteluaineen ominaisuudet



Applications

The Mobil DTE Oil Named Series of lubricants are premium performance circulating lubricants designed for applications where long lubricant service life is required. Specific applications include:

- Land-based and marine steam turbine, hydro turbine and some gas turbine circulation systems, including pumps, valves and other ancillary equipment
- Continuous service in plain & roller bearings and parallel shaft gearing
- Turbines with oil supplied by splash, bath, ring oiling or other mechanical means
- Moderate severity hydraulic pumps
- Compressors and vacuum pumps handling air and inert gases, and with discharge temperatures not exceeding 150C

Specifications & Approvals

Mobil DTE Named Series meets or exceeds the following industry specifications:	Mobil DTE Light	Mobil DTE Medium	Mobil DTE Heavy Medium	Mobil DTE Heavy
DIN 51515-7	X	X	X	X
DIN 51517	X	X	X	X
DIN 51524	X	X	X	X
GE GEK 46506D	X			
GE GEK 27070	X			
GE GEK 28143A	X	X		

Typical Properties

Mobil DTE Named Series	Mobil DTE Light	Mobil DTE Medium	Mobil DTE Heavy Medium	Mobil DTE Heavy
ISO Viscosity Grade	32	46	68	100
Viscosity, ASTM D 445				
cSt @ 40° C	31.0	44.5	65.1	95.1
cSt @ 100° C	5.5	6.9	8.7	10.9
Viscosity Index, ASTM D 2270	102	98	95	92
Pour Point, °C, ASTM D 97	-36	-27	-27	-24
Flash Point, °C, ASTM D 92	218	221	223	237
Density @15° C kg/l, ASTM D 4052	0.85	0.86	0.87	0.88
TOST, ASTM D 943, Hours to 2 NN	5000	4500	3500	2800
FZG Scuffing, D5182, Fail Stage	8	9	10	10
Rust Prevention, ASTM D 665,				
Distilled Water	Pass	Pass	Pass	Pass
Sea Water	Pass	Pass	Pass	Pass
Water Seperability, ASTM D 1401, Min. to 3 ml emulsion @ 54°C	15	20	20	30
Copper Strip Corrosion, ASTM D 130, 3 hrs @ 121° C	1B	1B	1B	1B
Foam Test, ASTM D 892, Seq I Tendency/stability, ml/ml	20/0	50/0	50/0	50/0
Air Release, ASTM D 3427, 50° C, min.	2	3	4	8

ExxonMobil Lubricants & Specialties
All products may not be available locally. For more information, contact your local sales office or visit www.exxonmobil.com.
ExxonMobil is comprised of numerous affiliates and subsidiaries, many with names that include Esso, Mobil, or ExxonMobil. Nothing in this document is intended to override or supersede the corporate separateness of local entities. Responsibility for local action and accountability remains with the local ExxonMobil-affiliate entities. Due to continual product research and development, the information contained herein is subject to change without notification. Typical Properties may vary slightly.
© 2001 Exxon Mobil Corporation. All rights reserved.



Määräaikais- ja viranomaistarkastuskohteet

	A	B	C
1	Lämpökeskus	Laite	
2			
3	HAKUNILA	K20238 K1, K20239 K2, Hakunila	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
4			
5	KOIVUKYLÄ	A36095 öljylämmönvaihdin 1 ala, Koivukylä	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
6	KOIVUKYLÄ	A36096 öljylämmönvaihdin 2 ylä, Koivukylä	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
7	KOIVUKYLÄ	A42735 LV1, Koivukylä, Koivukylä	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
8	KOIVUKYLÄ	A36097 LV2, Koivukylä	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
9	KOIVUKYLÄ	K15922 K1(A laitos), Koivukylä	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
10	KOIVUKYLÄ	K18026 K4 (B laitos), Koivukylä	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
11	KOIVUKYLÄ	K18027 K5 (B laitos), Koivukylä	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
12	KOIVUKYLÄ	K15655 K2 (A laitos) (ent A37467), Koivukylä	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
13			
14	PÄHKINÄRINNE	A39010 LV1, Pähkinärinteen LK	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
15	PÄHKINÄRINNE	A39009 LV2, Pähkinärinteen LK	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
16	PÄHKINÄRINNE	A39771 Öljylämmönvaihdin, Pähkinärinteen LK	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
17	PÄHKINÄRINNE	K15754 K1, Pähkinärinteen LK	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
18	PÄHKINÄRINNE	K15755 K2, Pähkinärinteen LK	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
19			
20	MAARINKUNNAS	K20079 K2, Maarinkunnas	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
21	MAARINKUNNAS	K20080 K3, Maarinkunnas	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
22	MAARINKUNNAS	K20081 K2, Maarinkunnas	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
23	MAARINKUNNAS	K20299 K4, Maarinkunnas	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
24	MAARINKUNNAS	K20300 K5, Maarinkunnas	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
25	MAARINKUNNAS	A86879 paineilmasäiliö 2m3, Maarinkunnas	4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
26			
27	HK Ruokatalo	K20533 K1, HK Ruokatalo	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
28	HK Ruokatalo	K20534 K2, HK Ruokatalo	2v käyttö, 4v Sisäpuoleinen ja käyttö, 8v Täystarkastus
29			
30			
31			