



JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMIEN KUNNOSSAPITO RENGASTEHTAASSA

Henri Kölhi

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

HENRI KÖLHI

Jäähdytysjärjestelmien kunnossapito rengastehtaassa

Opinnäytetyö 40 sivua
Toukokuu 2013

Tässä työssä tavoitteena on tutustua Nokian Renkaiden jäähdytysjärjestelmiin ja kehittää niiden kunnossapitoa. Jäähdytysjärjestelmät ovat tärkeä osa auton ja raskaiden renkaiden kumikomponenttien valmistuksessa. Kumi pitää valmistaa tarkkojen reseptien mukaan ja reseptit sisältävät monia ohjearvoja, joita raaka-aineen valmistuksessa tulee noudattaa. Jos annettuja ohjearvoja ei noudateta, kumi ei täytä ominaisuuksia, joita sille on renkaan suunnitteluvaiheessa määritetty.

Tarkoituksena on kehittää mahdollisuuksia valvoa järjestelmien kuntoa ja tutkia, millä metodeilla voidaan selvittää, mikä on paras korroosion estokemikaalien lisäystapa. Tarkastelemalla jäähdytysjärjestelmien rakennetta ja niiden materiaaleja, voidaan huomata kuinka ongelmat ovat kehittyneet vioiksi, jotka voivat pysäyttää tuotannon tai vaikuttaa tuotteen laatuun. Korroosiotyyppien ymmärtäminen tulee olemaan ratkaisu jäähdytysjärjestelmien vesien kunnonvalvontaan.

Nokian Renkaiden mittaavan kunnossapito-osastoon on panostettu viime aikoina huomattavasti. Osaston toiminnan pääasiallisena tavoitteena on havaita koneissa kehittyvät viat ja listata ne, jotta ennakkohuoltoryhmä voisi korjata ne seuraavana suunniteltuna ennakkohuoltopäivänä. Jäähdytysjärjestelmät kuuluvat myös mittaavan kunnossapidon piiriin, vaikka niiden seurantaan ei ole ollut kovin paljon työkaluja.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Modern Production Systems
HENRI KÖLHI
Maintenance of a Cooling Systems in Tyre Production

Bachelor's thesis 40 pages
May 2013

The goal in this engineering thesis was to explore the cooling systems of Nokian Tyres. Cooling systems are an essential part of manufacturing of different rubber components of car and heavy tires. Rubber has to be manufactured according to strict recipes. Recipes contain many guide values to the heat that the raw materials are subjected to during manufacturing. If guide values are ignored, rubber may not match the properties that have been set at the planning stages of the tire.

The thesis aims to develop ways to control the condition of cooling systems and study which methods can be used to monitor the best way that the corrosion inhibitor chemicals are added to the cooling water. Studying the construction and materials of the cooling systems it can be shown how current problems have developed to failures that can stop the production or can affect the quality of the rubber. Understanding the origin of corrosion will be the solution to the monitoring the water on the cooling systems.

There have been large investments on the department of condition monitoring in Nokian Tyres. The main goal of the department has been to search and detect evolving faults so that the department of the preventive maintenance can fix them at the next planned production stoppage. Cooling systems also belong at the supervision of the department of condition monitoring, but there haven't been many tools that can be used to detect faults.

Key words: maintenance, cooling systems, corrosion

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Nokian Renkaat yrityksenä.....	7
2.1	Yhtiön historia	7
2.2	Tuotteet	8
3	Renkaan valmistus.....	10
3.1	Alkuvalmistus	10
3.2	Komponenttivalmistus	11
3.3	Kokoonpano.....	11
3.3.1	Henkilöauton renkaan kokoonpano.....	12
3.3.2	Raskaan renkaan kokoonpano.....	13
3.4	Paisto.....	13
3.4.1	Henkilöauton renkaan paisto.....	13
3.4.2	Raskaan renkaan paisto	13
3.5	Valmiin tuotteen tarkastus	14
4	Kunnossapito	15
4.1	Kunnossapito Nokian Renkailla	16
5	Korroosio ja inhibiitit	17
5.1	Korroosio	17
5.2	Korroosionmuodot	18
5.3	Korroosion esto ja inhibiitit	20
6	Jäähdytysjärjestelmät.....	22
6.1	Jäähdytysjärjestelmät Nokian Renkailla	22
6.2	Järjestelmän rakenne	24
6.2.1	Alkuvalmistus	24
6.2.2	Pitkät linjat; LT60, LT70, LT80 ja LT90.....	25
6.2.3	Kalanteri 27	26
6.3	Jäähdytysjärjestelmien materiaalit.....	27
6.4	Viat ja toimintahäiriöt	28
6.4.1	Vesivuodot	28
6.4.2	Venttiiliviat	30
6.4.3	Korroosion estoon vaikuttavat ongelmat	31
6.4.4	Tukos.....	32
6.4.5	Runkolinjan maksimikapasiteetti.....	32
6.4.6	KelviPlast yksiköiden toimintahäiriöt.....	33
7	Vesijärjestelmien kunnossapito-ohjelman kehittäminen.....	34
7.1	Jäähdytysveden laadun seuranta suljetussa piirissä	34

7.2 Runkoputken ja välipiirien lämmönvaihtimien seuranta ja pesut.....	35
7.3 Kalanteri 27:n kunnossapito	36
8 POHDINTA.....	39
LÄHTEET	40

1 JOHDANTO

Työn kohteena ovat Nokian Renkaiden Nokian tehtaan jäähdytysjärjestelmät. Tehdas tuottaa itse käyttämänsä kumin. Raaka-aineista valmistetaan komponentit renkaan valmistusta varten. Edellä mainitut kumin muokkausvaiheet vaativat suuria koneita, jotka vaativat tarkkoja lämmönsäätelymekanismeja. Kumiseokset tulee pystyä valmistamaan tarkkojen reseptien mukaan. Tehokas jäähdytys on koneiden toiminnan kannalta ensiarvoisen tärkeää. Jäähdytyksellä hallitaan monissa koneissa lopputuotteen laatua ja koneiden tuotto olisi vaatimatonta ilman tehokkaasti toimivaa jäähdytysjärjestelmää.

Työssä kerätyn tiedon ja kokemuksen perusteella lähdetään luomaan pohjaa jäähdytysjärjestelmien kunnon kartoittamiselle. Järjestelmissä kiertävän jäähdytysveden kemiallisten ominaisuuksien määrittäminen ja niiden seuranta tulee olemaan jatkossa yksi mittaavan kunnossapidon työkaluista. Työkalujen avulla määritetään jäähdytysjärjestelmien korroosionestoaineiden lisäysmetodi ja mahdollisesti lisäaineiden tyyppi. Ohjeilla pyritään myös vaikuttamaan tehtaan toiminnanohjausjärjestelmän ja työnsuunnittelun toimintamalleihin. Toimintamallien pohjalta kunnossapito parantaa töiden suorittamisen kustannustehokkuutta ja uusien mittaustapojen avulla varmistetaan toteutettavien töiden oikea ajoitus.

Jäähdytysjärjestelmien rakenteesta hankittu tieto pohjautuu pitkälti työskentelyyni Nokian Renkaiden kunnossapito-osastolla. Materiaalikartoitus on tehty yksinkertaisesti tarkastelemalla varastosta löytyviä varaosia, tiivisteitä, tekemällä kunnossapitotöitä järjestelmiin ja kartoittamalla koneiden jäähdytysjärjestelmiä.

2 Nokian Renkaat yrityksenä

Nokian Renkaat oyj on 1988 perustettu suomalainen rengas- ja pinnoitusmateriaalien valmistaja. Nokian Renkaat tuottaa talvi- ja kesärenkaita henkilöautojen lisäksi paketti-autoihin, lisäksi yhtiö tuottaa kulutuspinnoja kuorma-autoihin. Nokian Raskaat Renkaat on Nokian Renkaat oyj:n tytäryhtiö, joka tuottaa renkaita mm. maa- ja metsätalous koneitten tarpeisiin. Tämän lisäksi Nokian Raskaan Renkaiden tuotevalikoimasta löytyvät sopivat tuotteet teollisuus, kaivos ja tunnelinrakennus koneiden, erilaisten maansiirto- ja työkoneneiden ja sotilasajoneuvojen käyttöön. Vianor oy on Nokian Renkaiden tytäryhtiö, joka hoitaa tuotteiden jakelua ja myyntiä.

Nokian Renkaita valmistetaan Suomessa Nokian tehtaalla ja Venäjällä Vsovolozhskin tehtaalla. Omien tehtaiden lisäksi Nokian Renkaiden tuotteita on valmistettu Slovakiassa, Kiinassa, USAssa ja Indonesiassa sopimusvalmistajien toimesta. Sopimusvalmistuksen osuus on pienentynyt aikaisemmasta noin 10 prosentista noin viiteen prosenttiin (Nokian Renkaat vuosikertomukset 2008 ja 2011). Vianor tytäryhtiö on laajentanut jakeluverkostoaan, joka ulottuu 23 maahan ja siihen kuuluu 910 myyntipistettä (Nokian Renkaat Oyj Vuosikertomus 2011).

Nokian Renkaiden liikevaihto oli vuonna 2011 1456,8 miljoonaa euroa, 74% osuudesta vastasi henkilöauton renkaat. Yhtiön päämarkkina alueet ovat Pohjoismaat, Venäjä ja IVY maat, Itä- ja Keski-Eurooppa sekä Pohjois-Amerikka (Nokian Renkaat Oyj Vuosikertomus 2011).

2.1 Yhtiön historia

Vuonna 1898 Helsingissä perustettu Suomen Gummitehdas oli suomalaisen rengasteollisuuden kantaisä. Alkuun tehtaan tuotteet olivat kuluttajille suunnatut kalossit ja teollisuuden kumituotteet. Jo 1900-luvun alussa tehtaassa suunniteltiin rengasvalmistuksen käynnistämistä, koska suomalainen polkupyöräkanta oli merkittävä ja autokantakin oli alkanut kasvaa. Kalossien ja teollisuuden kumituotteiden menekin ja tuotteiden määrän kasvaessa Helsingin keskustassa sijainneen tehtaan tuotannon kasvattaminen kävi mahdolliseksi ja näin ollen vuonna 1904 perustettiin Nokian tehdas. Uuden tehtaan myötä konekanta uudistui.

Kumituotteiden kysynnän kasvusta huolimatta rengastuotannon aloittaminen vei 1920-luvun puoleenväliin saakka, jolloin tuotevalikoimassa olivat polkupyörän ja kärryn pyörät. Auton rengasvalmistus aloitettiin 1930-luvulla. Yhtiön nykyisen lippulaivan Hakkapeliitta-talvirenkaan ensiversio nähtiin vuonna 1936. Tiestön kehittyessä ja talviautoilun lisääntyessä Hakkapeliitta tuotemerkkiä kehitettiin vastaamaan autoilijoiden tarpeita. Vuonna 1956 markkinoille tuotu Haka-hakkapeliitta sisälsi uuden runkorakenteen ja huomattavasti suuremman kulutuspinnan. Uusi Hakkapeliitta siivitti rengasmyynnin huipputulokseen ja tällöin renkaanvalmistus ohitti jalkinetuotannon. (Hakkapeliitta 75 –verkkohistoriikki).

Monialayritys Oy Nokian Ab Syntyi 1967 fuusion kautta, jossa yhdistyi puunjalostus Nokia Oy, Suomen Kaapeli ja Kumitehdas. Rengastehdasta laajennettiin heti fuusion jälkeen, jotta tuotannolla pystyttiin vastaamaan kysyntään. Seuraava laajennus tuli kyseeseen kun Oy Nokian Ab oli onnistunut laajentamaan myyntiään ulkomaille muun muassa Ruotsiin, Norjaan, Kanadaan ja Saksaan.

Nokian Renkaat Oy -nimen yhtiö sai 1987 alettuaan yhteistyöhön Sumimoto Rubber co:n kanssa. Pörssiyhtiö Nokian Renkaista tuli 1995, jolloin yhtiön nimi muuttui Nokian Renkaat Oyj:ksi. Vuosituhannen vaihteessa Nokian Renkaiden jakeluyhtiöt yhdistettiin Vianor -ketjuksi. 2000-luvun kasvu vaati yhtiöltä satsausta omaan logistiikkakeskukseen, joka sijaitsee Nokiolla Porintien vieressä. Vastatakseen kilpailun vaatimuksiin Nokian Renkaat perusti toisen tehtaan Venäjän Vsevolozhskiin. Venäjän tehtaan tuotanto käynnistyi vuonna 2005 ja tehdasta on laajennettu vuoteen 2012 saakka aktiivisesti. Venäjän tehtaan kapasiteetti ylittää moninkertaisesti Nokian tehtaan kapasiteetin.

2.2 Tuotteet

Nokian Renkaat oy tuottaa henkilöauton ja pakettiauton renkaita. Nokian Raskaat Renkaat on keskittynyt valmistamaan raskaampaan käyttöön tarkoitettuja renkaita. Raskaan Renkaan tuotteita ovat maatalouskoneiden sekä, maansiirto- ja tienhoitokoneiden renkaat, metsäkoneiden-, teollisuus-, kaivoskoneiden sekä sotilasajoneuvojen renkaat (intranet, nokianrenkaat.fi)

Nokian Renkaat Oyj:n strategiassa on määritelty, että neljänneksen konsernin liikevaihdosta on tultava uusista tuotteista. Pitkäjänteisellä satsauksella tuotekehitykseen, markkinointiin ja keskittyminen erityisosaamiseen Nokian Renkaat on luonut itselleen vahvan brändin. Yrityksen ydinosaaminen kumpuaa sijainnista pohjoisessa, jossa talviolosuhteet tuovat jokavuotisen haasteen ajoneuvoilla liikkumiseen. Yhtiö on suunnannut niille markkinoille, joissa sen vahvin osaaminen talvirenkaissa on hyödynnettävissä tehokkaimmin. Satsaukset tuotekehitykseen näkyvät huippusijoina talvirengastesteissä. Jatkuvasti uusiutuva tuotevalikoima varmistaa, että innovaatiot päätyvät nopeaan tahtiin kuluttajan käyttöön, ja yhtiön myynti keskittyy tärkeisiin hyvän katteen tuottaviin tuotteisiin (Nokian Renkaat Oyj Vuosikertomus 2011).

3 Renkaan valmistus

Luvussa selostetaan pääpiirteisesti, kuinka eri raaka-aineista valmistetaan erilaisia komponentteja, joista kootaan rengas. Valmistuksen alkuvaiheessa käytettävissä koneissa lämpötilaa on säädeltävä tarkasti, jotta tuotettu kumi omaa seuraavissa vaiheissa vaaditut ominaisuudet. Prosessia tulee pystyä hallitsemaan vuoroin lämmittämällä ja jäähdyttämällä. Järjestelmän häiriöt vaikuttavat kumin laatuun ja koneitten kestävyYTEEN.

Henkilöauton renkaan valmistuksessa on viisi vaihetta eli alkuvalmistus, komponenttivalmistus, kokoonpano, paisto sekä tarkastus ja testaus. (Valmistusprosessi_07 tv.ppt, intranet, nokianrenkaat.fi)

3.1 Alkuvalmistus

Renkaan massasta valtaosa koostuu erilaisista kumisekoituksista. Sekoitusten raaka-aineet ovat synteettinen kumi, luonnonkumi, öljyt, noki ja erilaiset kemikaalit. Sekoitukset valmistetaan sekoituskoneilla, joita Nokialla sijaitsevassa tehtaassa on seitsemän. Näistä seitsemästä koneesta osa tekee erilaisia perusekoituksia ja osa rikittää kumia. Rikittämisen tarkoitus on saattaa kumi sellaiseen tilaan, että se voidaan vulkanoida paistovaiheessa. Kumia sekoitetaan useaan otteeseen, eli kumiseoksen valmistuksessa on useita vaiheita. Kumiseoksen valmistuksessa on tärkeää ainesosien oikeat suhteet ja valmistuksessa käytettävät lämpötilat. Näiden yhdistelmää kutsutaan reseptiksi. Reseptiin tulevien raaka-aineitten määrän säätely on helppoa, koska niiden määrät on mitattavissa vaa'an avulla. Kumisekoituksen lämpötilan hallinta on hankalampaa. Suurin vaikutus on sekoituskoneen pyörintänopeudella ja kumin kitkaominaisuuksilla. Sekoittamisen jälkeen kumimassa ajetaan myllystä ruuveihin, jotka puristavat massan valssiin jota kutsutaan kalanteriksi. Kalanteri muokkaa kumin halutun paksuiseksi levyksi. Kalanteroinnin jälkeen kumi on vielä hyvin kuumaa ja erittäin helposti tarttuvaa. Jotta kumia voidaan varastoida, ja sen käyttäminen seuraavissa työvaiheissa on mahdollista, pitää se käsitellä ja jäähdyttää ennen varastointia. Käsitelyssä kumi ajetaan kastoaltaaseen, jonka jälkeen kasteltu kumi ajetaan jäähdytyslinjan läpi ja jäähdytetty kumi kasataan laivoille siisteiksi nipuiksi. Kastoaltaan yksinkertainen vesi ja kemikaalien seos nopeuttaa kumin jäähtymistä ja estää lavalle laskostetun kumirainan tarttumasta itseensä.

3.2 Komponenttivalmistus

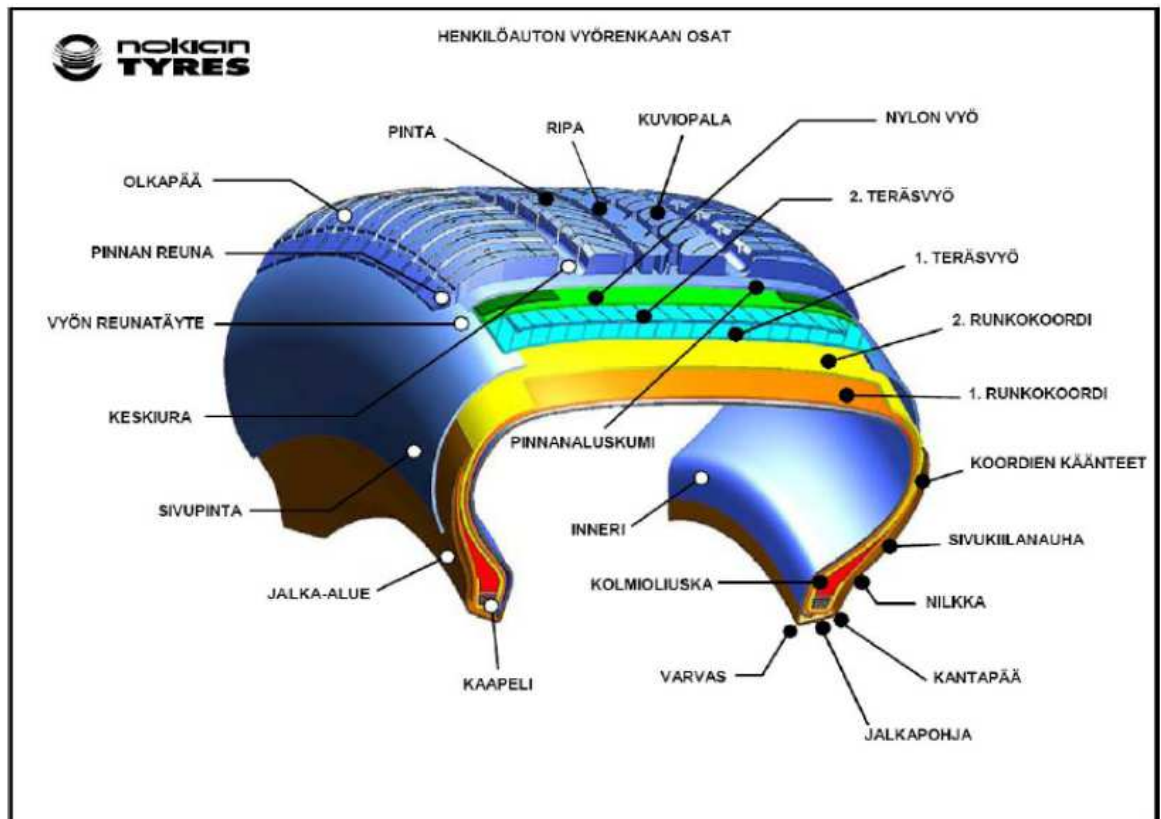
Renkaan valmistuksessa tarvitaan erilaisia kumisekoituksia, koska renkaan eri osissa kumilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Esimerkiksi kulutuspinnalta vaaditaan pito- ja kulutuksen kesto-ominaisuuksia enemmän, kuin renkaan rungossa olevilta kerroksilta. Tästä syystä sekoitusosasto tuottaa useita erilaisia sekoituksia renkaan valmistukseen. Renkaan eri komponentteja valmistetaan useilla koneilla. Joitakin komponentteja valmistettaessa niihin lisätään rakenneosia, jotka antavat niille lisää vahvuutta. Pitkän levyn tai nauhan muotoiset komponentit rullataan varastointia ja käyttöä varten. Keloille kelataan muovinen taikka kankainen välikerros, jonka tarkoitus on estää kelalla olevan kumin kiinnittymästä itseensä.

Nauhamaisia komponentteja valmistettaessa kumia valssataan ja leikataan, jotta se saadaan halutun paksuiseksi, levyiseksi ja ilmakuplattomaksi. Tämän jälkeen komponenttiin lisätään halutut rakenneosat. Rakenneosat ovat yleensä erilaisia lankoja tai teräslankoja. Tämän vaiheen jälkeen komponentissa vahvikeosat ovat sen pituussuunnassa. Tämä on hyvä joihinkin komponentteihin, mutta nykyisten renkaiden valmistuksessa tarvitaan myös komponentteja, joissa vahvikeosat ovat tietyssä kulmassa sen pituussuuntaan nähden. Näin renkaalle saadaan paremmat jäykkyys ja kesto-ominaisuudet. Tämän vuoksi osa komponenteista käy läpi vielä yhden työvaiheen, jossa kelattu kumilevy leikataan kulmaan ja liitetään yhteen niin että uuden muodostuneen komponentin vahvikkeet kulkevat tietyssä kulmassa sen pituussuuntaan nähden.

3.3 Kokoonpano

Henkilöauton renkaan valmistamiseen tarvitaan 10–30 komponenttia, raskaan renkaan valmistuksessa komponentteja on yleensä enemmän. Renkaan kokoonpano tapahtuu kokoonpanorumpua vasten. Ensimmäiseksi kokoonpanokone syöttää alimman kerroksen, kuvassa 1 se on nimetty inneriksi, myös tubelless nimitystä käytetään tästä kerroksesta. Tämän kerroksen päälle syötetään kaksi runkokoordi kerrosta, jotka on nimetty kuvaan 1. runkokoordi ja 2. runkokoordi. Kaapelipeksiksi kutsutut teräslangasta koostuvat renkaat asetetaan seuraavaksi rengasaihion päälle. Tämän jälkeen kone venyttää renkaan alimmat kerrokset niin, että niiden liepeet kääntyvät kaapelipeksin yli. Seuraava vaihe on lisätä sivupinta kappaleet. Sivupinnan jälkeen renkaan muotoa muokataan jälleen. Se venytetään sisäpuolelta haluttuun muotoon, jotta sen päälle voidaan kiertää

ne rakenneosat (teräsvyöt), joiden venyttäminen ei ole mahdollista. Teräsvöiden päälle lisätään kulutuspinna aihio. Uusissa renkaissa aihio on pelkkä paksu kumilevy. Pintakuvio muodostuu paiston aikana paistomuotissa.



KUVA 1. Henkilöauton renkaan rakenne (Nokian Renkaat intranet. Henkilöauton renkaan tuotantoprosessi.)

3.3.1 Henkilöauton renkaan kokoonpano

Henkilöauton renkaiden valmistus on pitkälle automatisoitua. Vanhemmissa koneissa koneenkäyttäjät eli operaattorit osallistui koneen käyttöön lisäämällä kaapeliapexseja koneen pidikkeisiin, jokaiselle renkaalle lisättiin omansa. Lisäksi operaattori varmisti, että rakennekerrokset tulivat rummulle oikealla tavalla, ja että kerrosten saumat liittyivät oikein. Operaattori vaihtoi myös tyhjenneet komponenttirullat tarvittaessa. Vanhemmalla kokoonpanokoneella operaattori pystyi tuottamaan noin 300 rengasta paistoon vuoron aikana.

Uudemmat täysin automatisoidut koneet pystyvät tuottamaan vuoron aikana kaksinkertaisen määrän renkaita verrattuna vanhemman tyyppisiin koneisiin. Uudempien konei-

den operaattorit pitävät huolen, että koneella riittää komponentteja, ja valvovat koneen toimintaa.

3.3.2 Raskaan renkaan kokoonpano

Raskaan renkaan valmistaminen ei ole niin pitkälle automatisoitua kun kevyen renkaan, tämä johtuu renkaiden suuresta koosta ja huomattavasti pienemmistä sarjoista. Henkilöauton renkaaseen verrattuna raskaan renkaan komponenttien kokoonpano toteutetaan kahdella eri koneella. Toisten renkaiden kokoonpanoon käytetään useampiakin koneita pelkästään niiden suuren koon vuoksi.

3.4 Paisto

Paiston aikana renkaan eri komponentit sulautuvat yhdeksi massaksi. Renkaan kuumiosissa tapahtuu vulkanoituminen, joka muuttaa kumin ominaisuuksia.

3.4.1 Henkilöauton renkaan paisto

Kokoonpanosta henkilöauton rengas siirtyy automaattisella kattokuljetinjärjestelmällä paistoon, jossa se asetetaan paistopuristimeen. Paistopuristimen ulkoreunalla on muotti, jossa on renkaan pintakuvio. Renkaan sisäpuolelle asettuu paistotyyny. Kokoonpanon jälkeen renkaan pintaan on ruiskutettu maalia, joka estää sen tarttumisen muottiin ja paistotyynyyn. Paistotyynyä pullistamalla rengasaihio saadaan puristettua muotin pintoja vasten ja näin rengas venyy ja rakenneosat kiinnittyvät toisiinsa entisestään. Rengasta venytettäessä paistotyynyn paine nousee noin 15 baariin. Henkilöauton renkaan paistoaika on 8-15 minuuttia renkaan koosta ja käytetyistä materiaaleista riippuen. Paistolämpötilat ovat 170 celcius asteen tienoilla. Automaattinen kuljetinjärjestelmä kuljettaa renkaat paiston jälkeen tarkastuspisteille.

3.4.2 Raskaan renkaan paisto

Raskaan renkaan paistaminen vie huomattavasti enemmän aikaa kun henkilöauton renkaan. Paistoaajat vaihtelevat puolesta tunnista useisiin tunteihin. Renkaiden suuremman koon ja jäykempien kerrosten takia myös tyynyn paine on suurempi. Raskaan renkaan

siirtely välivarastosta on toteutettu joko vihivaunujärjestelmällä, trukilla taikka manuaalisella kattokuljettimella.

3.5 Valmiin tuotteen tarkastus

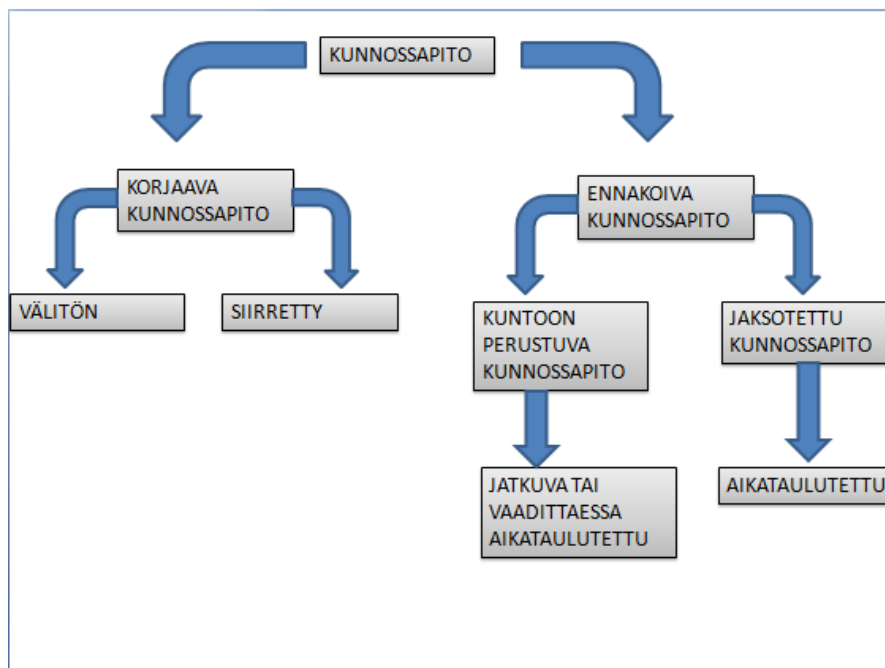
Henkilöauton renkaille ja raskaille renkaille molemmille tehdään silmämääräinen tarkastus, jossa etsitään erilaisia vikoja. Viat saattavat muodostua veden pääsystä muottiin, tai kumin vääränlaisten ominaisuuksien tai epäpuhtauksien aiheuttamasta huonosta vulkanoitumisesta. Huonosti vulkanoituneen kumin komponentit eivät ole kiinnittyneet toisiinsa halutulla tavalla. Hapsut, jotka muodostuvat pursuamisesta ilman poistoon tarkoitettuihin reikiin, ja muut purseet poistetaan käsityönä. Käsityönä viimeistely koskee lähinnä raskaita renkaita, koska henkilöauton renkaiden rengas on pienempi ja prosessi on pidemmälle kehitetty.

Henkilöauton renkaan tarkastuksessa tehdään koneellinen tarkastus, jossa rengasta pyöritetään rumpua vasten. Tarkastuksessa mitataan renkaan pyöreys, kartiokkuus ja säteis- ja sivuttaisvoimavaihtelut. Tarkastuksen läpäisseet renkaat merkitään tuotetarralla ja lähetetään pakattuina logistiikkakeskukseen.

4 Kunnossapito

Kunnossapito ei itsessään ole tuotteita tuottavaa toimintaa, vaan se voidaan kuvata tuotantoprosessin aputoimena, jonka tarkoituksena on pitää huolta tuotantolaitteen toimintakunnosta. Toimintakunto korreloi suoraan käytettävyyteen. Kunnossapito käsittää koneen elinkaaren aikana kaikki siihen tehdyt tekniset, hallinnolliset ja liikkeen johdolliset toimenpiteet, jotta koneella voidaan suorittaa halutut toimenpiteet (Suomen Standardisointiliitto RY 2010: 8). Koneen käytettävyydellä on merkitys sillä tuotettavan tuotteen valmistuskustannuksiin, joten kunnossapidolla on oma roolinsa myös tuotteen valmistuskustannuksissa.

Kunnossapito jaetaan ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevän tehtävänä on ennalta ehkäistä vikaantumisia. Jos vika pääsee syntymään, sen korjaaminen luokitellaan korjaavaksi kunnossapidoksi. Kuva 2 selvittää kunnossapidon eri käsitteiden rakennetta.



KUVA 2. Kunnossapitotyyppien rakennekaavio (Suomen Standardisointiliitto RY 2010: 34)

4.1 Kunnossapito Nokian Renkailla

Nokian toimipisteessä toteutetaan ennakoivaa ja korjaavaa kunnossapitoa. Korjaavalle kunnossapidolle on omat vuorotyöntekijänsä, joiden työaikamuoto pyörii samaan tahtiin kuin tuotannon vuororytmi. Näin tehtaalla on aina vuoro vastaamassa syntyneisiin vi-
koihin ja ratkomassa toimintahäiriöitä. Nokian Renkaiden vuorokunnossapitotiimi vas-
taa alkuvalmistuksen ja kevyen renkaan kunnossapidosta. Nokian Raskaalla Renkaalla
on oma kunnossapitotiiminsä, jonka vastuulla on Raskaan Renkaan toiminnot.

Ennakoivaan kunnossapitoon on liitetty varsinaiset kunnossapitoryhmät ja mittaava
kunnossapito. Mittaavan kunnossapidon tarkoituksena on etsiä koneista alkavia vikoja,
jotka kirjataan tehtaan ohjausjärjestelmään Arttuun. Mittaava kunnossapito toteutetaan
tarvittaessa aistiensuoraisten tarkastusten lisäksi näytteenoton ja laboratoriotutkimusten,
värähtelymittauksen, lämpökamerakuvausten ja perusteltavissa olevien mittausten kei-
noin. Arttuun kirjataan myös konepalavereissa käyttäjien esille tuomat viat ja puutteet.

Huollettavien koneiden tuotantoaikataulusta varataan ennakkohuollolle oma aikansa,
ennakkohuollolle suunnitellut tuotannon seisakit ovat yleensä kuuden viikon välein.
Näin suunnitelmallisella toiminnalla pyritään maksimoimaan koneiden käytettävyys.
Huoltopäivien työtehtävälisterien sisältö jaetaan kunnossapidon sisäisissä palavereissa,
jotta työt voidaan valmistella ja niiden toteutus suunnitella.

5 Korroosio ja inhibiitit

Tässä työssä käsitellään jäähdytysjärjestelmiä, jotka on valmistettu erilaisista metalliseoksista. Metalleilla on pyrkimys palata olomuotoon, jossa ne ovat energiaminimissään. Tämä tarkoittaa sitä, että ne pyrkivät muodostamaan erilaisia yhdisteitä. Metallien siirtyessä kohti energiaminimiään, niiden olomuoto ja ominaisuudet muuttuvat. Metalleilla olomuodon muutosta kutsutaan yleisnimellä korroosio. Kun korroosio vaikuttaa kappaleeseen tarpeeksi, sen ominaisuudet muuttuvat, koska korroosiotuotteet eivät ole samanlaisia ominaisuuksiltaan kuin alkuperäinen metalli on ollut.

Inhibiittejä käytetään putkijärjestelmissä, korroosion estämiseen. Jos inhibiittejä ei käytetä, korroosio aiheuttaa suuret kunnossapitokulut, koska järjestelmän osia joudutaan uusimaan jatkuvasti, jos korroosionestojärjestelmää ei ole mahdollista käyttää.

5.1 Korroosio

Korroosiolla tarkoitetaan materiaalien kemiallista tai sähkökemiallista reaktiota ympäristön kanssa, se aiheuttaa metallisen esineen tarkoituksetonta tuhoutumista. Korroosio tapahtuu, koska rakenneaineina käytettävät metallit eivät ole termodynaamisesti pysyviä, vaan ne pyrkivät esiintymään yhdisteinä kuten luonnossakin (Koivisto ym 2008: 239). Korroosion täydellinen estäminen ei ole mahdollista, mutta on pyrittävä luomaan korroosiolle mahdollisimman epäedulliset olosuhteet, jotta korroosion haittavaikutukset saadaan minimoitua (Valorinta 1993: 243).

Kemiallisessa korroosiossa metalli ja syövyttävä yhdiste reagoivat keskenään. Reaktiossa syntyy syöpymistuotetta, ja reaktio voi olla paikallinen, tapahtuen vain yhdessä kohdassa metallin pintaa (Koivisto ym 2008: 239). Toinen korroosion muoto on sähkökemiallinen korroosio, jota tapahtuu sähkökemiallisina liukenemisreaktioina olosuhteissa, joissa vettä on läsnä. Tällöin korroosioparin epäjalompi metalli tai samankin metallin epäjalompi osa pyrkii liukenemaan, ja jalompi osa pysyy suojattuna. Nokian Renkaiden jäähdytyskoneistoissa korroosio voi aiheuttaa putkiston tuhoutumista kemiallisen vaikutuksen tai myös putkistoissa virtaavien nesteiden aiheuttaman mekaanisen rasituksen takia. Sähkökemiallinen korroosio esiintyy käytännössä useissa eri muodoissa, jotka riippuvat materiaalin ominaisuuksista, kemiallisista ja mekaanisista ympäristötekijöistä, rakenteesta ja toimintamekanismista. Tehtaan kunnossapidon täytyy ottaa huomioon

korroosion vaikutus ja pyrkiä huomioimaan tämä jo ennaltaehkäisevästi (Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja).

5.2 Korroosiomuodot

Sähkökemiallisen korroosion esiintymismuodot voidaan jaotella seuraavasti: Yleinen korrosio, paikallinen korrosio, galvaaninen eli kontaktikorrosio, pintaan kohdistuvan mekaanisen rasituksen aiheuttama syöpyminen, sekä valikoiva syöpyminen, jännitystilän ja korroosion yhteisvaikutuksesta aiheutuva murtuminen.

Yleisessä korroosiossa (myös yleinen syöpyminen tai tasainen korrosio) metallin koko pinta syöpyy tasaisella nopeudella kemiallisen reaktion seurauksena (Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja). Yleinen syöpyminen on suojaamattomille ja useissa tapauksissa myös kemikaaleille altistetuille metallipinnoille tyypillinen helposti havaittava korroosiomuoto (Koivisto ym 2008: 12; Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja).

Paikallista korroosiota voi olla esimerkiksi hankalasti havaittava pistekorrosio, jossa korrosio etenee paikallisesta epäjalosta lähtökohdasta syvemmälle kappaleen sisään, tai rakokorrosio, jota tapahtuu sellaisissa ahtaissa raoissa, joihin liuos pääsee tunkeutumaan, mutta joissa se ei pääse vaihtumaan samalla nopeudella kuin muilla metallipinnan alueilla (Koivisto ym 2008: 12; Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja). Rakokorrosio johtuu liuoksen koostumuksen muuttumisesta raossa sellaiseksi, että korrosio kiihtyy esimerkiksi happipitoisuuserojen seurauksena.

Galvaanisessa eli kontaktikorroosiossa kaksi samassa elektrolyyttiliuoksessa sijaitsevaa toisiaan koskettavaa metallia ovat sähköisessä kontaktissa, jolloin epäjalompi metalli muodostuu anodiksi ja syöpyy (Koivisto ym 2008: 12; Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja). Korroosionestossa galvaanista korroosioparia voidaan hyödyntää ns. katodisessa suojauksessa: kytketään suojattava metalli epäjalompaan metalliin (esim. teräksen suojaus sinkki- tai magnesiumanodeilla merivedessä) tai pinnoitetaan metalli epäjalommalla metallilla (teräksen suojaus sinkkipinnoitteella ilmastollisessa rasituksessa) (Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja).

Pintaan kohdistuvan mekaanisen rasituksen aiheuttama syöpyminen voidaan jakaa eroosikorroosioon, kavitaatiokorroosioon ja hiertymiskorroosioon (Opetushallitus.

Kunnossapidon oppikirja). Eroosiokorroosiossa nesteen virtaukset tai siinä olevat kiinteät hiukkaset hankaavat pintaa (Koivisto ym 2008: 13). Puhdas liuos pystyy irrottamaan metallin pintaa suojaavia korroosiotuotekerroksia, kun virtausnopeus on riittävä (Opetushallitus). Tällöin korroosionopeus riippuu virtausnopeudesta. Putkistovirtauksessa eroosiokorroosiolle ovat alttiita ns. epäjatkuvuuskohdat, kuten erilaiset putkimutkat, haarat sekä putkien suuaukot. Virtaavan nesteen mukana kulkevat partikkelit voivat rikkoa korroosiosuojakerrokset metallin pinnalta. Suurilla virtausnopeuksilla partikkelierosio aiheuttaa yleensä metallipinnan mekaanista kulumista, jolloin materiaalin korroosionkestävyydellä ei ole enää merkitystä. Virtaavan nesteen suuret painevaihtelut pinnalla johtavat kavitaationa tunnettuun syöpymisilmiöön (Koivisto ym 2008: 13). Alipainealueille syntyvät höyrykuplat luhistuvat ylipainealueilla, josta aiheutuvat paineaallot voivat rikkoa metallin pintaa suojaavan passivaatiokalvon tai muun korroosiotuotekerroksen paljastaen uutta metallia korroosiolle alttiiksi (Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja). Hiertymis- tai hankauskorroosiota tapahtuu kahden toisiaan vastaan puristetun pinnan välissä silloin, kun pinnat värähdellessään pääsevät liikkumaan hieman.

Kun ympäristön syövyttävä vaikutus kohdistuu johonkin aineen rakenneosaan, puhutaan valikoivasta eli selektiivisestä korroosioista tai liukenemisestä (Koivisto ym 2008: 12; Opetushallitus). Tällöin metalliseoksen jokin seosaine tai mikrorakenneosa liukenee muita nopeammin, jolloin lopputuloksena voi olla esimerkiksi sienimäinen reikiä täynnä oleva rakenne.

Vetojännityksessä olevan rakenneosan joutuessa syövyttävään ympäristöön, voi metalliin muodostua murtumia korroosion ja pinnassa vaikuttavan vetojännityksen vaikutuksesta (Koivisto ym 2008: 13; Opetushallitus). Tällöin puhutaan jännityskorroosioista, josta messingin varastorepeäminen on tunnettu esimerkki (Koivisto ym 2008:13). Jännityskorroosiomurtumaan johtava korroosioympäristö riippuu materiaalista. Vetojännitystila puolestaan voi johtua ulkoisesta kuormituksesta ja/tai sisäisistä jännityksistä (Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja). Vaihtelevien värähtelyjen, vaihtosuuntaisen kuormituksen tai termisten vaihteluiden ja syövyttävän ympäristön yhteisvaikutus johtaa helposti korroosioväsmykseen (Koivisto ym 2008: 13; Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja).

5.3 Korroosion esto ja inhibiitit

Systemaattinen korroosion esto lähtee järjestelmien suunnittelupöydältä. Oikean materiaalivalinnan ja pintakäsittelyn avulla saavutetaan korroosiota hyvin kestävä järjestelmä. Yleisen korroosion estäminen putkistoissa onnistuu parhaiten Nokian Renkaiden jäähdytysjärjestelmän kaltaisessa ympäristössä valitsemalla rakennusmateriaaliksi ruostumaton teräs, jonka pinnalle muodostuva oksidikerros estää yleisen korroosion etenemisen (Korroosiokäsikirja 1988: 193). Oksidikerros saattaa irrota metallipinnasta mm. veden liian kovan virtausnopeuden takia, vedessä olevien partikkeleitten aiheuttaman eroosikorroosion vaikutuksen takia, taikka se saattaa liueta putkessa kulkevan nesteen kemiallisten ominaisuuksien vuoksi (Korroosiokäsikirja 1988: 167). Tästä syystä on tarvittaessa laskettava virtausnopeutta, jos huomataan että eroosikorroosiota esiintyy. Myös putkistojen mutasihtien toiminnasta on huolehdittava. Mutasihtien tarkoituksena on poistaa järjestelmästä kiinteät partikkelit, jotta partikkeleitten määrä virtaavassa vedessä pysyy vähäisenä (Korroosiokäsikirja 1988: 167).

Veden kemiallisten ominaisuuksien hallinta voidaan toteuttaa inhibiitein ja lisäainein, sillä pH-arvon pysyessä vakiona kemiallinen korroosio pysyy hallinnassa. Galvaanisen korroosion estäminen tapahtuu tehokkaimmin välttämällä galvaanisia pareja, joiden potentiaaliero on suuri. Useita materiaaleja käytettäessä paras korroosiokestävyys saavutetaan valitsemalla galvaaniset parit niin, että niiden potentiaaliero olisi mahdollisimman pieni. Tämän lisäksi parin sähköinen eristäminen on ensiarvoisen tärkeää (Korroosiokäsikirja 1988: 168). Järjestelmässä esiintyviä metalleja epäjalompien käyttäminen uhrimetallina on tehokas tapa, mutta silloin pitää ottaa huomioon esimerkiksi potentiaalierojen muutokset koko järjestelmän käyttöalueella; sinkki ei sovi teräksen suojaksi jäähdytysjärjestelmiin, jos niiden lämpötila nousee yli 70 asteen, jolloin sinkin sähkökemiallinen potentiaali muuttuu teräksen potentiaalia korkeammaksi (Korroosiokäsikirja 1988: 168).

Korroosionkestävyyden kannalta myös ainevahvuuksilla on merkitystä. Ainevahvuuden kasvattaminen sellaisissa kohteissa, joissa voidaan olettaa korroosion tapahtuvan, on perusteltua siinä tapauksessa, että sillä saadaan kasvatetuksi korroosiolle alttiin kohdan kestoikä muun järjestelmän kanssa samalle tasolle. Muussa tapauksessa korroosiolle

alttiina oleva kohta on suunniteltava niin, että se tarvittaessa on helposti vaihdettavissa (Korroosiokäsikirja 1988: 168).

Jännityskorroosiota esiintyy Nokian Renkaiden kaltaisten järjestelmien jäädytyksessä, koska esimerkiksi monien koneiden telat ja roottorit ovat sisäisellä vesikierrolla jäädytettyjä. Ne joutuvat alttiiksi suurille mekaanisille jännityksille, lisäksi ne joutuvat sietämään suuria lämmönvaihtelusta johtuvia jännityksiä. Jännitysten minimointi lämmitys- vaiheessa ja hyvä korroosiosta aiheuttavien kemikaalien vaikutuksen välttäminen ovat ensiarvoisen tärkeitä, koska molemmat tekijät estävät jännityskorroosiota johtuvien murtumien etenemisen (Korroosiokäsikirja 1988: 175).

Inhibiitin tehtävä on pienentää järjestelmässä tapahtuvan korroosion nopeutta. Inhibiitti voi vaikuttaa korroosionopeuteen monin tavoin, esimerkiksi luomalla metallin pinnalle kalvon, joka estää korroosion tapahtumisen passivoimalla. Anodinen inhibiitti luo myös kalvon, mutta kalvon luonti kohdistuu pelkästään anodipinnalle. Anodisen inhibiitin luoma kalvo estää tällöin sähkökemiallisen reaktion. Näin toimivan inhibiitin riittävä määrä on kriittinen, koska liian vähäisen määrän vuoksi metallin pintaan ei muodostu kokonaan suojaavaa kalvoa. Avoimeksi jääneissä kohdissa korrosio jatkuu edelleen. Tällöin korroosion vaikutus on keskittynyt pienelle alueelle ja paikallinen nopeus on suurempi kuin ilman inhibiittiä se olisi. (Korroosiokäsikirja 1988: 793)

Katodiset inhibiitit toimivat alentamalla korroosipotentiaalia ja korroosiovirtaa. Liuoksessa ne kiinnittyvät katodipintoihin ja pienentävät sen efektiivistä pinta-alaa, täten hidastaen korroosiota. Katodisten inhibiittien hyvänä puolena voidaan pitää sitä että ne eivät aiheuta pistekorroosiota anodisten inhibiittien tapaan, jos niiden pitoisuus laskee liian alhaiseksi. (Korroosiokäsikirja 1988: 794)

Inhibiittiä käytettäessä on määritettävä olosuhteet, materiaalit, toimintalämpötila ja kemiallinen ympäristö, jossa ne toimivat, jotta niiden teho on haluttu. Väärän inhibiitin käyttö saattaa nopeuttaa korroosiota järjestelmässä, esimerkiksi korkean pH-arvon luovat katodiset inhibiitit eivät sovi alumiinin kanssa samaan järjestelmään. (Korroosiokäsikirja 1988: 794)

6 Jäähdytysjärjestelmät

Jäähdytysjärjestelmän tarkoitus on pitää jäähdytettävä laite halutussa lämpötilassa. Yksinkertaisimmillaan jäähdyttämiseen riittää pelkästään ilmavirta. Ilmavirtajäähdytyksestä hyvä esimerkki on vaihtovirtasähkömoottori, jonka runko on uritettu jäähdytysriivoilla ja moottorin akselilla on ilmavirtaa tuottava puhallin. Sähkömoottorissa lämmön tuotto johtuu suurimmaksi osaksi sähköntekemisestä työstä, joka saa aikaan moottorin pyörimisen, eikä esimerkiksi sen sisäisestä kitkasta.

Jäähdytystarpeet muuttuvat, kun jäähdytettävässä koneessa lämpöä muodostuu useista eri syistä, ja Nokian Renkaiden tapauksessa tuotantoprosessissa vaaditaan lämpötilan pysymistä halutuissa arvoissa läpi koko tuotantoketjun. Jäähdytysjärjestelmän toiminnan häiriöt voivat aiheuttaa pienimmillään laatuongelmia, vakavammat ongelmat voivat johtaa tuotantokoneen vaurioitumiseen ja jopa tuhoisaan tulipaloon.

Tehtaan jäähdytysveden otto tapahtuu tehtaan ohi virtaavasta koskesta. Suomen olosuhteissa saatavilla olevan veden lämpötila ei pysy vakiona. Lämpötilaan vaikuttavat luonnollisesti vuodenaika ja vallitseva sää. Vesistöjen lämpötilan vaihtelut eivät ole suoraan verrannollisia sään vaihteluihin, vaan ne seuraavat viiveellä vallitsevaa säätilaa. Pitkät kuumat jaksot aiheuttavat ongelmia tehtaan jäähdytykseen. Saatavilla oleva jäähdytysvesi on lämmintä, ja veden käsittelyn ja sen siirron aikana lämpötila nousee entisestään. Jäähdytettävien koneiden lämpötila nousee korkeammaksi, koska tehtaan sisäinen lämpötila on suurempi ja säteilemällä poistuvan energian määrä on pienempi.

Tehtaan jäähdytysveden otto tapahtuu tehtaan omalla vesilaitoksella, jossa vesi karkeasuodatetaan ja puhdistetaan pumpattavaksi tehtaan kellarikerroksessa kulkevaan kanaaliin sijoitettuun putkistoon. Putkisto on ruostumattomasta teräksestä hitsattua linjaa. Runkolinjaa pitkin vesi jaetaan eri koneiden jäähdytysjärjestelmien käyttöön.

6.1 Jäähdytysjärjestelmät Nokian Renkailla

Tehtaan runkoputken läpi virtaava vesi käytetään eri koneiden läpi. Koska konekanta on laaja, ja niiden ikä vaihtelee 50 vuotta vanhoista vasta käyttöönotettuihin koneisiin,

myös niiden jäähdytysjärjestelmät ovat erilaisia. Myös osa vanhoista koneista on modernisoitu, kun on huomattu uusien järjestelmien tehokkuus.

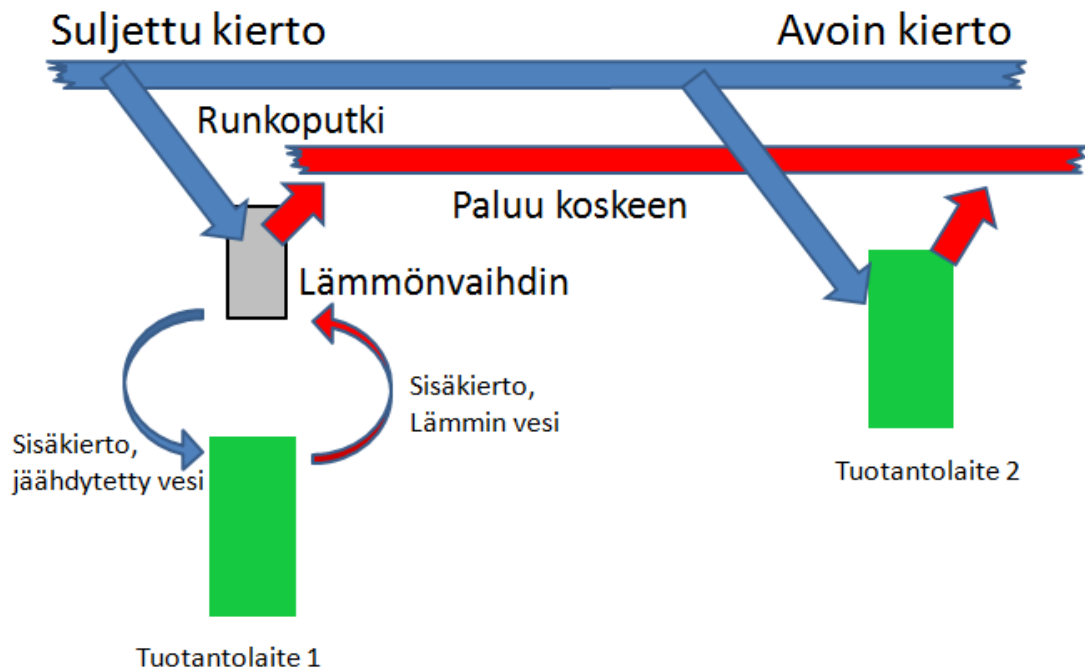
Toimintaperiaatteeltaan jäähdytys toimii termodynamiikan ensimmäisen perusperiaatteen mukaan

$$dU = \delta Q + \delta W,$$

jossa U on systeemin sisäenergia, Q on systeemiin tuotu lämpö ja W on systeemin tekemä työ. Äärimmilleen yksinkertaistettuna tämä tarkoittaa sitä että jos systeemin sisäenergian (koneen lämpötila) pitää olla vakio, pitää tuodun lämmön ja tehdyn työn olla yhtä suuri. Eli koneen tuottaman lämpöenergian ja jäähdytystehon on oltava yhtä suuria jotta kone voidaan pitää vakiolämpöisenä.

Tarkastelluissa koneissa esiintyy kahta erilaista tapaa toteuttaa jäähdytys eli suljettu kierto ja avoin kierto. Kuvassa 3 on kuvattu kiertojen toimintaperiaatteet. Suljetussa kierrossa koneen ympärillä kiertää jäähdytysvesi, joka jäähdytetään lämmönvaihtimella. Suljetun kierron lämmönvaihdin jäähdytetään taas runkoputkesta saatavalla vedellä, joka palaa paluuputkea pitkin takaisin koskeen. Avoimessa kierrossa tuotantolaite jäähdytetään suoraan runkoputken vedellä, vesi palautuu koneesta paluuputkea pitkin takaisin koskeen.

Suljetun piirin vahvuus on siinä, että piirin sisä- ja ulkokierron välillä ei tapahdu massavirtaa, vaan pelkästään lämpö siirtyy sisäpiiristä jokiveteen. Tällä tavalla rakennetussa jäähdytyksessä on helppo säädellä sen sisällä virtaavan veden laatua. Jäähdytysveden laatu on taas erittäin tärkeää, kun halutaan hallita järjestelmässä tapahtuvaa korroosiota. Lisäksi monimutkaiset jäähdytysjärjestelmät pystytään pitämään helpommin puhtaina kun vesi pysyy samana. Avoimeen piiriin verrattuna suljettu piiri on kalliimpi perustaa, mutta korkeampi hinta takaa oikein huollettuna pidemmän käyttöiän ja paremman käyttövarmuuden, jos ei verrata aivan yksinkertaisia ratkaisuja. Vaikka aikaisemmin on mainittu, että suljetun kierron koneilla olisi pidempi käyttöikä, Nokian tehtaan vanhimpiin koneisiin lukeutuva Kalanteri 27:n jäähdytys toimii avoimen kierron periaatteella. Tähän vaikuttaa se seikka että koneena kalanteri on monimutkainen, mutta jäähdytystä vaativat komponentit ovat hyvin yksinkertaisia.



KUVA 3. Erilaiset jäähdytysjärjestelmät.

6.2 Järjestelmän rakenne

Työssä käsitellään erilaisia jäähdytysjärjestelmiä. Koska tarkoituksena on kerätä järjestelmistä tietoa, jota voidaan myöhemmin soveltaa koko tehtaan jäähdytysjärjestelmiin, on tarkasteltava järjestelmiä laaja-alaisesti.

6.2.1 Alkuvalmistus

Kaikilla alkuvalmistuskoneilla on oma jäähdytyspiirinsä. Alkuvalmistuskoneiden jäähdytysjärjestelmät koostuvat sisäpiiristä, jolla varsinainen koneen jäähdytys suoritetaan, ja ensiöpiiristä, jonka avulla runkolinjasta saadaan jäähdytysvesi sisäpiiriin lämmönvaihtimen jäähdyttämiseen. Kyseessä on käytännössä kaksi sarjassa toimivaa suljettua järjestelmää. Ensiöpiirissä on kaksi tehtaan runkoputkeen liitettyä lämmönvaihdinta. Ensiöpiiriin lämmönvaihtinten teho on laskettu yläkanttiin siksi, että kapasiteettia on oltava reilusti. Kapasiteetin tarve johtuu siitä, että järjestelmässä on aika-ajoin suuri jäähdytystehon tarve, sekä siitä, että lämmönvaihtimen hyötysuhde vaihtelee sen likaantuessa. Ensiöpiiriin lämmönvaihtimet on kytketty rinnan, toinen on käytössä ja toinen on varalla. Järjestelmä on suunniteltu sitä silmällä pitäen, että järjestelmää voidaan huoltaa, pestä tai päivittää koneen toimiessa. Sekoituskoneiden 10 ja 11 lämmönvaihtimet on asen-

nettu kanaalissa sellaisiin paikkoihin, että mahdolliset huoltotoimet on hankala suorittaa ja lämmönvaihtimen pesuun tarvittavat laitteet ja säiliöt ovat työläät siirtää kohtuullisen lähelle vaihdinta. Muiden alkuvalmistuskoneiden vaihtimet sijaitsevat joko erillisessä tilassa tai koneen vieressä.

Jokiveden jäädyttämä lämmönvaihdin jäädyttää suljetun ensiöpiirin vettä. Välipiirin vesi on vesijohtovettä, johon lisätään säännöllisesti tietty määrä inhibiittia, jonka tarkoituksena on estää korrosio. Inhibiitin annostelun määrä on määritetty sen toimittaneen yrityksen kanssa yhteistyössä.

Välikierron vettä käytetään useissa kohteissa joko suoraan taikka jäädyttämään pienempiä yksiköitä, jotka sitten jäädyttävät itse konetta. Kierto on jaettu osioihin sen vuoksi että pienemmillä kierroilla varmistetaan että kaikki koneen osat saavat tarvitsemansa jäähtymisen. Jos jäähtymis olisi jaettu suurempiin kokonaisuuksiin, häiriötilanteissa osa koneesta saattaisi jäädä kokonaan ilman jäähtymistä, ilman että häiriötä huomattaisiin.

6.2.2 Pitkät linjat; LT60, LT70, LT80 ja LT90

Pitkillä linjoilla tuotetaan alkuvalmistuksessa valmistetusta kumista erilaisia komponentteja. Koneet eroavat sekoituskoneista toimintaperiaatteeltaan ja rakenteeltaan. Lyhenne LT tarkoittaa letkukonetta, suulakepuristintyyppistä kuminmuokkauskonetta. Koneen sydän on putki, jonka sisällä on sähkömoottorikäyttöinen ruuvi. Kumi syötetään kuljettimella letkukoneen ruuviin. Ruuvi puristaa kumin putken läpi ja putken vaipan aiheuttaman kitkan ja ruuvin paineen takia syntyvä lämpö sulattaa kumin. Sulanut kumi puristuu suulakkeen läpi. Suulakkeen jälkeen kumia jäädytetään jäähdytyslinjassa, jonka pituus vaihtelee letkukoneesta riippuen. Jäädytettyä kumia pitää vielä leikata oikeaan leveyteen, jotta se voidaan siirtää kelausasemaan, jossa se varastoidaan siirrettäväksi tuotantokoneille. Letkukoneet eroavat toisistaan valmistajien ja valmistusajan suhteen ja niiden jäähdytysjärjestelmiä on kehitetty alkuperäisistä kokoonpanoista. Osassa koneista on siirrytty käyttämään suljetun piirin jäähdytystä avoimen piirin sijasta, osassa koneista se on ollut jo uudesta saakka.

Letkukoneessa tarvitaan yhtäläillä jäähdytystä kuin lämmitystä. Lämmitystä vaaditaan koneen starttivaiheessa, kun kumia aletaan syöttää ruuviin, jotta kumi saadaan haluttuun

muokkauslämpötilaan. Kun tuotanto saadaan käyntiin ruuvin läpi puristetun kumin kitka lämmittää kumia niin paljon, että putken vaippaa pitää alkaa jäähdyttää.

Kaikissa letkukoneissa jäähdytysjärjestelmät koostuvat Kelviplastin kaltaisista jäähdytys ja lämmitysyksiköistä. Niissä on itsessään lämpötilan kontrollointiin tarvittava elektroniikka, anturit, pumppu, useita venttiileitä, lämmitysvastus ja paisuntasäiliö. Letkukoneitten kierto on pyritty muuttamaan samanlaiseksi kaksivaiheiseksi piiriksi kuin alkuvalmistuskoneilla. Eli välipiiri ja sisäpiiriin avulla toimivaksi järjestelmäksi.

6.2.3 Kalanteri 27

Kalanteri numero 27 on Nokian Renkaiden vanhimpia koneita. Sen juuret juontavat 1960 luvulle. Koneen tarkoituksena on valmistaa komponentteja henkilöauton ja raskaan renkaan valmistukseen. Kalanteri tuottaa molemmin puolin kumitettua koordikan-gasta, josta saadaan valmistettua monia eri komponentteja.

Ulospäin kone näyttää monimutkaiselta ja hieman sekavalta, mutta lähempi tarkastelu osoittaa sen olevan jäähdytykseltään yksinkertainen. Koneessa on kaksi valssia, joiden jäähdytys tapahtuu juoksuttamalla vettä sisään telan keskiöön. Jäähdytysveden kierto tapahtuu avoimen kierron periaatteella, eli se kiertää runkolinjasta suoraan telan kautta takaisin koskeen johtavaan paluulinjaan.

Toiset tärkeät jäähdytyskohteet ovat jäähdytystelat. Niiden avulla muokattu kumimatto jäähdytetään niin että se voidaan kääriä rullille joille se varastoidaan. Jäähdytystelat ovat rakenteeltaan yksinkertaisia. Niissä on rumpu, jonka päissä ovat akselit, jotka on laakeroitu jäähdytystornin kannakkeisiin. Jäähdytysvesi syötetään akseleiden keskiössä olevien pyörintäliittimen kautta rumpuun. Veden paluu tapahtuu rummun toisesta päästä paluulinjaan. Rummun tavoitelämpötila on melko alhainen, alle 20 astetta, ja sen ylläpitäminen kesällä on mahdotonta, koska ottoveden lämpötila ylittää tavoitelämpötilan.

Kalanterin toiminnan kannalta yhtä tärkeä seikka on sen voiteluöljyjen jäähdytys. Järjestelmässä on useita pieniä lämmönvaihtimia, joilla jäähdytetään tarvittaessa sen vaihdelaatikko ja voiteluöljyjä. Näitä järjestelmiä on uudistettu ja niiden ohjauksia muuteltu toimintavarmuuden varmistamiseksi. Aikaisemmin järjestelmät olivat melko pitkälti

käyttäjän seurattavissa eri paikoissa. Nyt on pyritty saamaan kaikki koneen toiminnasta kertova informaatio sen ohjauspaneeliin ja tallennettavaan muotoon, jotta diagnostiikka helpottuisi.

6.3 Jäähdytysjärjestelmien materiaalit

Kaikkien suurempien koneiden jäähdytysjärjestelmät on suunniteltu samoin periaattein. Runkoputkesta lähtien putkistot on valmistettu haponkestävästä teräksestä. Näiden osien etuna on huoltovapaus ja helppo puhtaana pidettävyys. Koskiveden kanssa yhteydessä olevat lämmönvaihtimet ovat haponkestävää terästä. Myös sisäkierron siirtoputket ovat haponkestävästä materiaalista valmistettuja. Siirtoputkista vesi virtaa Kelveihin.

Helposti vaihdettavat osat kuten pumput ja osa KelviPlast yksiköistä ei ole ruostumattomia materiaalia. Pumppujen pesät ovat usein normaalia valurautaa samoin kun siipipyörät. Suuremmissa Kelviplast yksiköissä putket ovat tavallista terästä, lämmönvaihtimen sisus on osassa kuparia ja venttiilit pinnoitettua valurautaa. Osassa pienistä Kelviplast yksiköistä on ruostumattomat putket ja ruostumattoman lämmönvaihtimen. Kelvien tiivisteet ovat useimmiten kupari-, massatiiviste tai teflon renkaita, kierrelitokset on tiivistetty useimmiten teflon teipin avulla ja laipoissa on grafiittinen laippatiiviste. Kelvien osalta tarkkojen tiiviste materiaalien määrittäminen vaatisi jokaisen yksikön erikseen purkamisen, koska kupari, massatiiviste ja teflon renkaita on käytetty sattumanvaraisesti. Laippatiivisteiden materiaali on pelkästään yhtä tyyppiä, joka on pinnoitettua grafiittilevyä.

Kelvestä jäähdytysvesi johdetaan ruostumattomia linjoja pitkin koneisiin. Koneiden ja putkistojen välillä on yleensä letku. Alun perin sekoituskoneilla suurin osa letkuista on ollut erilaisia kumiletkuja. Niissä kohteissa joissa vaaditaan enemmän kesto-ominaisuuksia, kumiletkuja on korvattu PTFE teräskudosletkuilla tai kokonaan teräsletkuilla. Letkukoneilla on useissa paikoissa käytetty PTFE letkuja. Kumiletkujen liittimet ovat usein messinkisiä, PTFE letkujen päät ovat yleisimmin haponkestävää terästä.

Sekoituskoneiden rungot ovat usein valuterästä tai teräslevyä. Roottorit ja muut niiden sisäiset osat ovat valuterästä. Valujen sisällä kulkee jäähdytyskanavia, niiden avulla kumin valmistuksessa syntyvä kuumuus saadaan johdettua jäähdytysveteen. Samalla tavalla letkukoneiden vaipat ovat valuterästä ja niiden sisällä olevissa ruuveissa on

jäähdytysvesikierto. Näin sekoituskoneen sisuksissa on hyvät mahdollisuudet syntyä korroosiota, mutta havaintoja korroosion aiheuttamista vaurioista on vähän.

6.4 Viat ja toimintahäiriöt

Haastatteluiden ja vikakorjausten raporttien perusteella analysoin yleisimmät ongelmat, joita järjestelmissä esiintyy. Esimerkiksi alkuvalmistuskoneita on kaiken kaikkiaan seitsemän kappaletta ja niitä on kahdelta eri valmistajalta. Vaikka koneiden perustehtävä on sekoittaa kumia ja niiden osat ovat usein vaihtokelpoisia, ne ovat kaikki yksilöitä. Koneiden yksilöllisyyteen on monta syytä. Yksi merkittävä syy on se että koneet kuluvat käytössä ja niitä uudistetaan vuorotellen. Toisilla koneilla saatetaan kokeilla uusia ratkaisuja tiettyihin ongelmiin, ja uusien ratkaisujen osoittautuessa alkuperäisiä paremmiksi, ne löytävät tiensä pikkuhiljaa kaikkiin samankaltaisiin koneisiin. Samalla tavalla letkukoneissa on eri-ikäisiä laitteita ja osaan niistä on tehty jäähdytyskierron muutoksia.

6.4.1 Vesivuodot

Järjestelmissä esiintyy erilaisia vuotoja. Vuodot saattavat johtua letkusta, liittimestä tai pumpusta. Jäähdytysjärjestelmässä yleisimmin vika löytyy letkusta tai sen liittimestä. Vika voi ilmetä helposti havaittavana vuotona, veden kierron katkeamisena tai joissain tapauksissa letkuvuoto havaitaan kumin laadun huononemisesta. Letkuja käytetään yleensä silloin, kun jäähdytettävä komponentti on liikkuva tai tilanteessa vaaditaan jostain muusta syystä joustavuutta. Liike itsessään aiheuttaa kulumista letkuun murtumien ja kulumisen kautta. Myös erityisen kuumat ja kemiallisesti haastavat olosuhteet aiheuttavat letkuille ongelmia. Sekoituskoneissa yleisimmin vaihdettavat letkut olivat pohjaluukun jäähdytysletku ja männän jäähdytysvesiletku. Pohjaluukun jäähdytysvesiletku on alun perin kuminen. Tila, jossa letku sijaitsee, on olosuhteiltaan haastava, ympäristön lämpötila vaihtelee 150 asteen tuntumassa, lisäksi haasteena on altistuminen kemikaaleille ja öljyille. Usein tapahtuvan vuodon takia on alettu kokeilla teräspunosteflonletkua ja kokonaan teräksistä letkua, jonka kaltainen letku on käytössä koneen muissa osissa. Alkuperäinen letku vuosi useimmiten liitoksesta, joka oli toteutettu pulttikiinnitteisellä puristusliittimellä. Uusi ruostumattomalla teräspunoksella vahvistettu teflonletku on liitetty perinteisellä puristusliittimellä. Tälle letkutyypille luvataan lämmönkesto 230 asteeseen saakka ja hyvät lämpötila ja kemikaalien kasto-ominaisuudet. Lisäksi pinta on suojattu AISI 316 RST -teräspunoksella, joka suojaa letkua hyvin mekaaniselta

kulumiselta. Letkun rakenne kuvassa 4. (Dunlop HiFlex, Hydrauliikkatuotteet, 2011). Letkut ovat valmis varastotuote jonka Dunlop toimittaa.

Painomännän jäähdytysletkut olivat myös alun perin kumiletkaa. Niiden kuluminen johtui useimmiten liikkeen aiheuttamasta hankauksesta suojiin tai toisiin letkuihin. Painomännän liikerata on noin 2m yläasennosta ala-asentoon. Kulumisen lisäksi ongelmana oli alkuperäisten liitinten hankala saatavuus. Uuden letkun liittimet ovat hyllytavaraa missä tahansa hydrauliikkaliikkeessä ja letkun teräsvahvisteen kulutuskestävyys on huomattavasti parempi kuin kumipintaisen letkun.



KUVA 4. Teräsvahvisteisen PTFE-letkun rakenne (Dunlop HiFlex, Hydrauliikkatuotteet, 2011)

Vesivuotoja aiheutuu myös erilaisten pyörintäliitinten pettäessä. Liittimen vuotamisen syynä on yleensä liittimen mekaaninen kuluminen. Joskus mekaaninen isku aiheuttaa vuodon pyörintäliittimen hiilirenkaan vaurioituessa. Esimerkiksi sekoituskoneet on kuitenkin sijoiteltu niin, ettei pyörintäliittimien läheltä kulje paljon käytettyjä kulkureittejä, joiden käyttö voisi aiheuttaa iskuja pyörintäliittimiin. Näin ollen tällaiset pyörintäliittinvauriot johtuvat lähinnä letkun vaihdoista ja muista alueella suoritettavista töistä.

Koneissa on alun perin käytetty perinteisiä akselipumppuja. Pumppujen akselit on tiivistetty samaan tapaan kun pyörintäliittimen runko eli jousella kuormitetulla hiilirengastivistteellä. Tiivisteiden kuluessa myös pumput aiheuttavat vuotoja järjestelmään. Pumpuvuodot on yleensä helppo havaita, koska pumput on sijoiteltu erilleen koneesta.

Osa vuodoista tapahtuu koneen käynnistyksessä pitemmän seisonnan jälkeen. Tämän kaltaisissa tilanteissa jäähdytysveden kato ei välttämättä aiheuta koneessa hälytystä, eikä vuoto ole käyttäjän tai tarkastajan huomattavissa. Järjestelmän täyttö ja jäähdytysveden vähyydestä johtuvan hälytyksen kuittaus vie vain muutaman minuutin ja järjestelmä voidaan käynnistää uudelleen, mutta visuaalinen tarkastelu saattaa viedä huomattavasti enemmän aikaa.

tavan pitkän ajan jos vuotoa ei löydy. Vuorotyöntekijöillä ei välttämättä aina ole aikaa jäädä etsimään vuotoa pitkäksi aikaa. Tästä syystä on tärkeää, että yrityksen kunnossapito-organisaation raportointijärjestelmä Arttu pidetään ajan tasalla.

Yleinen toimintatapa kunnossapidossa on sellainen, että ensiksi vikaa tulee arvioimaan vuorotyöntekijä, joka suorittaa viasta riippuen suppean kunnossapitotyön. Jos vika korjautuu sillä, vika kuitataan järjestelmään raportilla. Jos työ on niin suuri, että vuorokunnossapidon resurssit eivät siihen riitä, korjaus jää kunnossapidon päivävuoron ryhmän toteutettavaksi. Jos jäähdytysvesijärjestelmiin tulee säännöllisiä vikatöitä ja selkeää ongelmaa ei löydy, erilaisten vuodonilmaisineiden käyttöä pitäisi lisätä. Jos vuotoa ei kerralla löydy, ilmaisineella on helppo varmistaa vuotojen löytyminen myöhemmässä tarkastelussa.

Vesivuotoja aiheutuu myös koneissa kumia muokkaaviin osiin. Työskennellessäni Nokian renkailla, sekoituskoneen roottoria on korjaushitsattu vesivuodon takia, lisäksi pohjaluukkuja, painomäntiä ja erilaisia ruuveja on jouduttu korjaamaan tai vaihtamaan vesivuodon takia. Pääosin vuodot ovat johtuneet halkeamasta, joka on ulottunut jäähdytysvesikanavaan saakka. Osien materiaaleihin ei ole tehty vauriotutkimusta, joten mur-tuman syntysyystä ei voida olla varmoja. Järjestelmistä vaihdettavista osista lähes kaikissa on jälkiä mekaanisesta kulumisesta, äärettömän harvoin itse korroosiosta.

6.4.2 Venttiiliviat

Hallitsematon jäähdyttäminen tuottaa myös ongelmia. Monissa koneissa jäähdytyksellä pyritään hallitsemaan ulostulevan tuotteen lämpöä haluttujen ominaisuuksien aikaansaamiseksi. Yleisin tapa hallita jäähdytystä on kuristaa virtausta venttiilillä. Tehtaassa on käytössä kahden tyyppisiä venttiilejä, kiinni/auki- ja portaittain säätyviä venttiilejä. Aikaisemmin säätöventtiilien viat olivat yleisempiä. Likaantumisen ja kulumisen aiheuttamat viat ovat harvinaistuneet venttiilien laadun ja tuotteiden kehittyessä. Suuri vaikutus on ollut automaattisten venttiilien toiminnolla, joka ajaa venttiilin säännöllisesti ääriasennosta ääriasentoon. Kun venttiilin kara käy säännöllisesti läpi ääriasentoihin kääntymisen vältytään ongelmilta, jotka olivat ennen hyvin säännöllisiä jäähdytysvesien lämmitessä. Talvikauden jälkeen koettiin usein ongelmia, kun venttiilit juutuivat auki

asentoihin. Juuttuminen johtui venttiilin rakenteeseen syntyneistä saostumista ja liasta, joka kiinnittyi runkoon. Talvella venttiileiltä ei tarvitse ohjata kovin usein auki.

Hallitsemattoman jäädytyksen havaitsee helposti koneilta, joissa on riittävästi antureita ja kehittyneempi ohjaus. Juuttuneen venttiilin aiheuttama jäähtyminen on huomattavissa monilla koneilla normaalista poikkeavina lämpötiloina tai rajahälytyksinä, jos venttiilin ohjaus on kytketty konetta ohjaavaan logiikkaan. Monilla pienemmillä koneilla, joita on eripuolilla tehdasta, tällainen jäähdytysongelma saattaa oireilla pidemmän aikaa, ennen kuin se osataan yhdistää jäähdytykseen. Vika ei ole suoraan visuaalisesti löydettävissä, lukuunottamatta venttiilejä, joista pystyy näkemään karan asennon mutta esimerkiksi lämpökameran avulla järjestelmästä voidaan havaita läpi vuotava tai auki jumittunut venttiili.

6.4.3 Korroosion estoon vaikuttavat ongelmat

Korroosiosuojauksen kannalta vuodot järjestelmissä aiheuttavat ongelmia. Inhibiitin konsentraatio nesteessä laskee, kun vettä lisätään. Tehtaan jäähdytysvesijärjestelmiin ei tällä hetkellä ole liitetty automaattista inhibiittiannostelua, vaan inhibiitit lisätään määräjain. Pahimmassa tapauksessa nopeutunut korroosio pääsee tekemään tuhojaan koko inhibiitin lisäysvälin. Inhibiitin lisäysvälit vaihtelevat konekohtaisesti, yleisin lisäysväli on kuusi viikkoa. Lisäksi vuodon takia järjestelmässä on yleensä ilmaa ja täyttövesi on peräisin kunnan vesijohtoverkosta, jolloin se sisältää klooria ja kivennäisaineita. Korroosion kannalta edullisia olosuhteita ylläpitää automaatti-ilmausventtiilien ominaisuus jumiutua. Jumiutumisen johtuu monesta eri seikasta, päällimmäisenä pölyiset olosuhteet, ja se että venttiili aukeaa harvoin järjestelmän toimiessa normaalisti. Häiriön takia järjestelmään päässeeseen ilman mukana tullut happi pääsee rauhassa imeytymään jäähdytysveteen.

Vuotojen jäljiltä järjestelmässä vallitsee tila, jossa useat korroosiotyypit ovat mahdollisia. Vaarallisimpina mainittakoon jännityskorroosio ja rakokorroosio siitä syystä, että esimerkiksi sekoituskoneissa on esiintynyt roottorien vuotoja, jotka johtuvat halkeamisesta. Halkeamien syntymissyitä voi olla useita, mutta korroosiosta johtuvat riskit olisi hyvä rajata pois jo pelkästään siitä syystä, että niiden estäminen on mahdollista. Lisäksi yleinen korroosio ja galvaaninen korroosio voimistuvat inhibiitin konsentraation laski-

essa. Inhibiitin jatkuva syöttö olisi näissä tilanteissa korvaamaton apu. Veden täyttölinjaan lisätty virtausmittari tai muu anturi, joka voidaan kytkeä syöttölaitteistoon, auttaisi pitämään konsentraation riittävänä.

6.4.4 Tukos

Tukos saattaa johtua monesta syystä. Joillain koneilla korroosio on aiheuttanut tukoksi- en syntymisen putkikäyriin, mutkiin ja nippojen lähetyville. Monesti tämä johtuu virtausnopeuden muutoksista kyseisissä paikoissa. Tukkeumia on ollut myös erikokoisissa lämmönvaihtimissa. Lämmönvaihdinten tukkeutuminen on johtunut vedessä olleiden epäpuhtauksien kertymisestä lämmönvaihtimeen, koska veden suodatus ja mutataskut eivät ole toimineet tarkoitetulla tavalla. Myös liian harvoin suoritettu mutataskujen puhdistus on aiheuttanut tukoksia joillain koneilla. Nykyään mutataskujen puhdistus ja tarkastus on liitetty Artun ennakkohuoltotyölistaan. Näin on varmistuttu siitä että ne huoltovälit eivät veny ja samalla mutasihtien puhdistaja huomaa mutasihtiin kertyvien partikkeleiden määrässä tapahtuvat muutokset. Joissain tapauksissa pieniä lämmönvaihtimia on jouduttu vaihtamaan tukkeumien takia ja yksi suuremmista (sekoituskone 10) lämmönvaihtimista on purettu puhdistusta varten.

6.4.5 Runkolinjan maksimikapasiteetti

Jäähdytysveden lämmitessä tarpeeksi saavutetaan sellainen tila, jossa sen kulutus kasvaa määrällisesti niin suureksi, että linjan kapasiteetti ei enää riitä. Kulutuksen kasvu johtuu kasvaneesta kapasiteetin tarpeesta ja siitä, että osa koneiden ohjauksista pyrkii jäähdyttämään toimilaitteen samaan tai alempaan lämpötilaan kuin saatavilla oleva jäähdytysvesi. Tässä tilanteessa jäähdytyslinjasta vuodatetaan paluulinjaan suuria määriä vettä sen takia, että tavoitelämpötilat on asetettu alhaisiksi. Suuren kulutuksen takia joissain linjan osissa kapasiteetti ei enää riitä. Kapasiteettiongelmat johtavat siihen, että myös ne laitteet, joilla toimintalämpötila on asetettu korkeammalle, alkavat kuumentua. Vaikka tilanne ei vaikuta välittömästi tuotetun kumin laatuun, se nostaa muita kuluja. Esimerkiksi veden pumppaamiseen kulutetun sähkön määrä kasvaa, pitkällä aikavälillä koneiden pumput joutuvat kovalle rasitukselle ja mm. hydraulikkosten öljyn laatu kärsii liiasta lämmöstä.

6.4.6 KelviPlast yksiköiden toimintahäiriöt

Kelvin tuottamia yksiköitä on tehtaassa moneen eri koneeseen ja niiltä vaaditut ominaisuudet vaihtelevat suuresti. Tästä syystä Kelvejä on monia erilaisia. Kaikissa Kelveissä on kulutusosia; pumppu, venttiilit, anturit, lämmitysvastukset ja ohjauselektronikka. Kulutusosien vaihto kelviin onnistuu yleensä nopeasti ja sen toimintakyky on palautettavissa nopeasti, lukuun ottamatta ohjauselektronikkaa. Lisäksi toistuvat lämmitys- ja jäähdytysyykliä voivat aiheuttaa Kelviin tiivistevuotoja tai murtumia, jotka alkavat vuotaa. Myös osassa yksiköistä on havaittu pistekorrosiota.

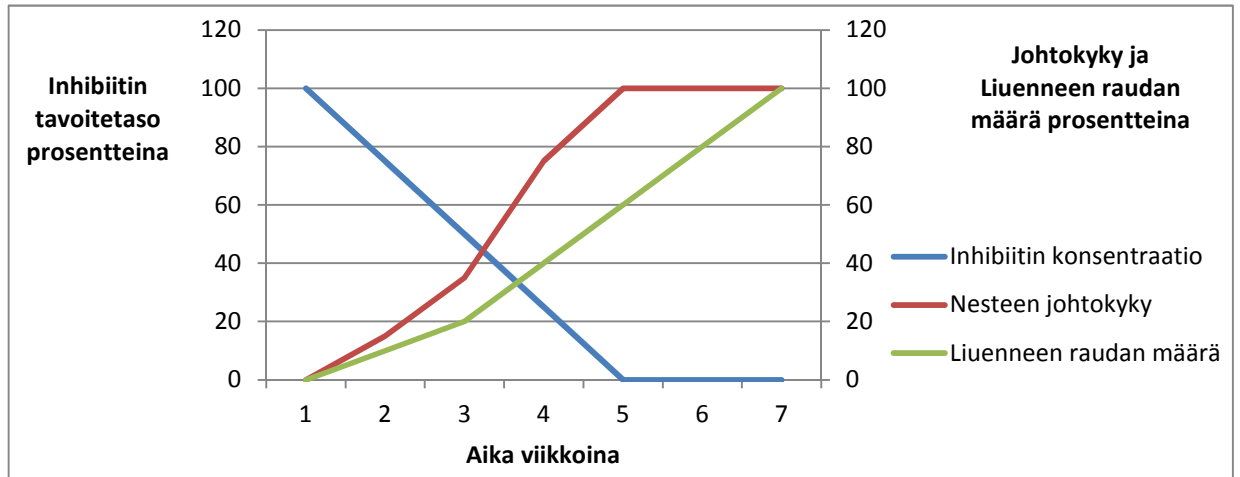
7 Vesijärjestelmien kunnossapito-ohjelman kehittäminen

Aloitin ohjeiden luomisen mittavaan kunnossapidon esimiehen toiveiden mukaisesti selvittämällä jäähdytysveden kunnonvalvontaan liittyviä seikkoja. Haastattelin mittavaan kunnossapidon työntekijöitä, selvitin Artusta ja eri alueiden esimiehiltä saamieni tietojen pohjalta, mistä hankkia tietoa järjestelmille tehdyistä huolloista ja töistä. Haastatteluissa selvisi, että osasta nykyisiä huoltotoimenpiteitä ei ollut selkeää aikataulutusta ja niiden tilauksia ei hoidettu keskitetysti. Tulin siihen tulokseen, että toimintoja tulee selkeyttää luomalla vastuualueita ja toimintamalleja. Tärkeimpinä seikkoina pidin veden laadun tarkkailua ja huoltotoimenpiteiden jaksottamista ja aikataulujen kirjaamista Arttuun.

7.1 Jäähdytysveden laadun seuranta suljetussa piirissä

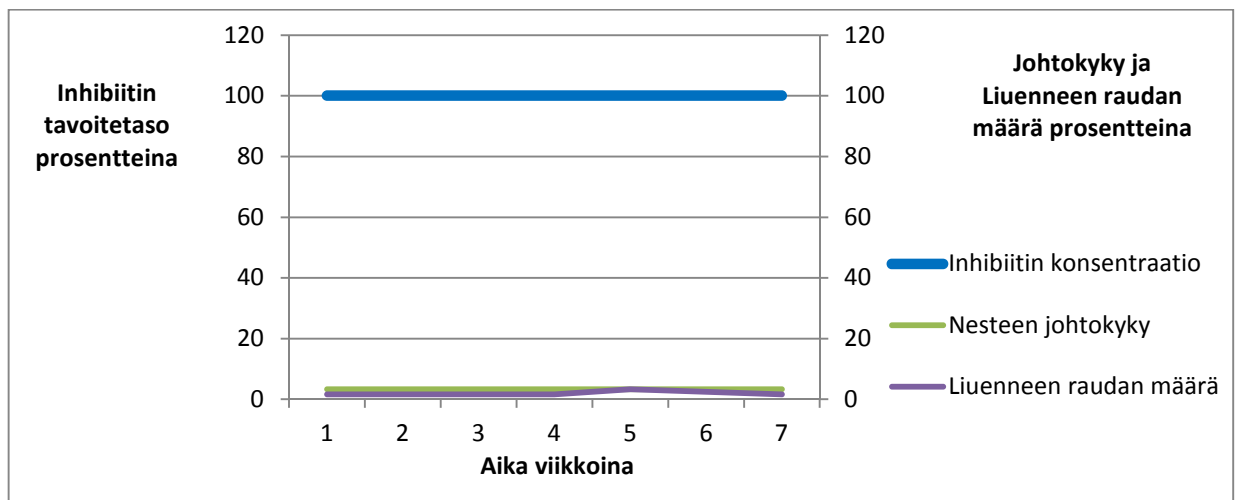
Veden laadun tarkkailu antaa selkeän kuvan siitä kuinka korroosiosuojauksen toteutus on onnistunut. Inhibiitin kulutuksen määrittämiseksi täytyy tarkkailla inhibiitin konsentraatiota sen lisäysvälillä, tämä tapahtuu parhaiten laboratoriossa analysoitavasta näytteestä. Näytteestä voidaan analysoida samalla sen johtokyky, pH-arvo ja liuenneen raudan ja mangaanin määrä. Vertaamalla inhibiitin lisäysvälillä saatuja tuloksia, voidaan päätellä inhibiitin lisäysmetodin ja lisättävän määrän riittävyyttä. Alkuun ulkopuolisen laboratorioanalysoinnin käyttäminen on perusteltua, omien mittalaitteiden ja tarvittavan käyttökokemuksen hankkiminen vie oman aikansa ja laitteiden hankinnasta tulee huomattavia kustannuksia. Valvonta kannattaa suorittaa ensiksi vaikka yhdelle koneelle.

Kaaviossa 1 on esitetty esimerkki siitä, mitä voi tapahtua järjestelmässä, johon ei lisätä tarpeeksi inhibiittiä. Kuvitellussa järjestelmässä inhibiitin lisäys tapahtuu mittausjakson alussa. Inhibiitin konsentraatio pienenee mitatulla välillä tasaisesti, samalla nesteen johtokyky ja liuenneen raudan määrä kasvaa. Järjestelmän korroosionesto on tässä tapauksessa puutteellinen.



KAAVIO 1. Esimerkkikaavio tilanteesta, jossa lisätyn inhibiitin määrä ei ole riittävä.

Jos järjestelmässä saadaan pidettyä inhibiittipitoisuus vakiona, esimerkiksi annostelupumpun avulla, korroosio-olosuhteet pystytään pitämään kontrollissa ja korroosiota ei ole huomattavissa johtokyky eikä liunneen raudan määrän mittauksissa (Kaavio 2).



KAAVIO 2. Esimerkkikaavio tilanteesta, jossa inhibiittia lisätään automaattisesti.

7.2 Runkoputken ja välipiirien lämmönvaihtimien seuranta ja pesut

Nykyisellään lämmönvaihtimien kunnossapito tapahtuu kuivattamalla ne tietyin määrävälein. Kuivatuksen avulla vaihtimien sisäpinnoista saadaan irtoamaan sen toimintaa häiritseviä kerrostumia. Oikein ajoitetun pesun avulla lämmönvaihtimen hyötysuhde kohoaisi entisestään. Tällöin pystytään optimoimaan tehtaan jäähdytysveden kulutusta kesäkuukausina, jolloin jäähdytyspotentialille on suurin tarve. Pesutarpeen määrittämi-

seksi helpoin metodi olisi mitata lämmönvaihtimen läpi virtaavan veden paine-eroa ennen ja jälkeen lämmönvaihtimen ja lämmönvaihtimen virtauskapasiteettia. Lämmönvaihtimessa kiertäneen välipiirin veden lämpötilasta ja ottoveden lämpötilan seurannasta saadaan tärkeää tietoa. Seurantaan sopivan ultraäänivirtausmittarin hankinnasta on tehty hankintaehdotus, joka on parasta aikaa käsittelyssä.

Kaikki jäähdytysjärjestelmiin suoritettavat pesut, kuivatukset, käytettävän lämmönvaihtimen vaihdot ja suoritettujen mittausten tulokset tulee kirjata Arttuun. Pesujen tilaus tulisi keskittää yhden henkilön vastuulle, koska nykyisellä tavalla hoidettuja tilauksia ei voida kilpailuttaa kokonaisuuksina.

Lämmönvaihdinten pesu tapahtuu siten että pesuliuosta pumpataan vaihtimen läpi. TPI-controls nimisen yrityksen edustajan mukaan kunnolliseen pesutulokseen päästään tämän kokoisten lämmönvaihtimien kanssa silloin kun käytössä on ainakin tuuman halkaisijan omaava yhde. Materiaalitekniistä selvitystä tehdessä huomioitiin, että osaan lämmönvaihtimista ei tällaisia yhteitä asennettu molemmille puolille lämmönvaihdinta. Pesujen toteuttamiseksi kaikkiin lämmönvaihtimiin tulisi lisätä tarvittavat yhteet. Kuvassa 5 hyvä esimerkki oikein asennetuista pesuyhteistä.



KUVA 5 Pesuun tarkoitettu yhde Nokian Renkaiden lämmönvaihtimen kyljessä.

7.3 Kalanteri 27:n kunnossapito

Kalanteri 27:n osalta tarkasteltavia kohteita ovat valssien telojen jäähdytys, jäähdytystelosten toiminta ja voiteluöljyn lämmönhallinta. Jäähdytystelat vaativat eniten puhtaanapi-

toa. Ne jäädytetään suoraan runkolinjassa kulkevalla vedellä, joka on suodatettua kiviä. Suodatuksen läpi pääsee vesieläinten munia ja toukkia, samoin kuin osa liettestä, levistä ja muista kasvustoista. Telan sisällä on ympäri vuoden kasvustojen kehittymiselle suotuisat olosuhteet, koska telan sisälämpötila pysyy tasaisena. Telan sisusta on otollinen paikka lian tarttumiseksi, koska veden virtausnopeus telan sisällä laskee todella matalaksi sen suuren poikkileikkauspinta-alan vuoksi. Telojen sisäpuolen säännöllinen pesu ja käsittely estävät lian kiinnittymisen ja kasvustojen muodostumisen. Pesu on tähän saakka ulkoistettu vesilaitteiden käsittelyyn erikoistuneelle KL-lämpö -nimiselle yritykselle, mutta pesun vaikutuksista ei ole tehty dokumentaatiota. Telan rakenteen vuoksi pesutuloksen toteaminen esimerkiksi endoskoopin avulla on mahdollista. Kuvassa 6 on kunnossapidolla käytössä olevan kaltainen endoskooppi.



KUVA 6. Ridgid endoskooppi (www.ridgid.com)

Kumivalssien telojen jäädytys tapahtuu juoksuttamalla jäädytysvesi edestakaisin telan läpi. Virtausnopeus on säädettävissä venttiilistä käyttäjän tarpeen mukaan. Järjestelmä on yksinkertainen ja sen pesuun ei ole ollut tarvetta, koska veden virtausnopeus telassa on suuri ja telan sisus kuivaa aina tuotantoseisakin aikana. Kuivuminen johtuu siitä, että jäädytysveden tulo katkaistaan seisakin ajaksi, ja telan lämpö haihduttaa veden tänä aikana.

Voiteluöljyjen jäähdytys tapahtuu useiden pienten lämmönvaihdinten avulla. Lämmönvaihtimille ei ole määritetty kunnossapito-ohjelmaa. Pienten lämmönvaihdinten pesettäminen erikseen ei ole kustannustehokas tapa toimia. Esimerkiksi jäähdytystelojen pesun yhteydessä toteutettava pesu on tähän saakka ollut riittävä toimenpide. Kyseessä olevat lämmönvaihtimet ovat kooltaan pieniä. Jos niiden toimintakyvyssä havaitaan alenema, ne voidaan tarvittaessa vaihtaa ja pestä irrallaan. Toimintakyvyn heikkenemä voidaan havaita, koska voiteluöljyjen lämpötilaa valvotaan jatkuvasti. Jos huomataan, että pienissä lämmönvaihtimissa alkaa syntyä ongelmia, niiden seuranta tulee tarkentaa.

Lämmönvaihtimiin ja jäähdytysteloihin kertyvän lämmönsiirtoa huonontuvan materiaalin kerrostumista on mahdollista vähentää kanaalissa kulkevan veden puhdistusta tehostamalla, mutta kustannukset puhdistusjärjestelmän uusimiselle ovat suuret. Toinen suuria taloudellisia panostuksia vaativa mahdollisuus vähentää telojen likaantumista on rakennuttaa kalanterille suljettu jäähdytyskierto samalla tavalla kun suurimmalla osalla muista koneista.

8 POHDINTA

Tutustuin tehtaan jäähdytysjärjestelmiin työskennellessäni Nokian Renkaiden kunnossapidossa asentajana. Työn avulla sain kokemusta erilaisten vikojen esiintymisestä ja niiden diagnosoinnista. Eri työparien kanssa työskennellessäni sain kuvan erilaisista työtavoista ja vianhakumetodeista. Käytännön kokemukset järjestelmiin tehtävistä huoltotoista antoivat minulle pohjan lähteä tutkimaan teoreettista lisätutkimusta järjestelmistä tapahtuvista ilmiöistä. Tutkiessani teoreettista taustaa uudelleen ymmärsin täydellemmin eri materiaalien yhdistämisestä johtuvat kemiallisten reaktioiden perustat ja samalla monien käytännön tasolla tuttujen mekanismien peruseriaate kirkastui ja aikaisemmin luettu kirjatietoon perustuneet tiedot yhdistyivät.

Teoriaa tutkiessani hämmästyin siitä kuinka vähän korroosiota oli putkistoissa tapahtunut. Huomasin likaantumisen olevan Nokian Renkaiden jäähdytysjärjestelmälle suurempi ongelma, kuin tähän mennessä havaittu korroosio. Korroosiotutkimusta tulee suorittaa, koska tutkimus ei itsessään tuota merkittäviä kustannuksia verrattuna siihen, minkälaisia kuluja korroosiosta voisi aiheutua.

Työn aikana suoritettu jäähdytysjärjestelmissä käytettyjen materiaalien tarkastelu ja erilaiset vika-analyysit veivät suurimman osan työhön käytetystä ajasta. Jäähdytysjärjestelmistä löytyi hyvin vähän niihin sopimattomia osia ja todella harvassa paikassa havaittiin kokonaisuksia, joiden takia olisi muodostunut epäedullinen sähkökemiallinen pari. Haastatteluissa kumminkin selvisi, että osassa koneita oli aikaisemmin havaittu tukoksia. Ne olivat johtuneet siitä, että koneen rungon ja haponkestävän letkun väliin oli asennettu sinkitty muutosnipa. Ongelmia on siis ollut mutta ne ovat poistuneet ennen työn tekoa luonnollisella tavalla.

LÄHTEET

Dunlop Hiflex tuoteluettelo. Luettu 25.3.2013

<http://www.dunlophiflex.fi/upload/?id=dd9aa68ffa36792455ef9ffbd6870779>

Hakkapeliitta 75-verkkohistoriikki Luettu 1.4.2012

<http://www.nokiantyres.com/hakkapeliitta75>

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P., Tuomikoski, J. 2008.

Konetekniikan materiaalioppi.12., uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Nokian Renkaat vuosikertomus 2008. Tulostettu 18.11.2012.

http://www.nokianrenkaat.fi/files/nokiantyres/Vuosikertomukset_fi/NR_vsk_2008_SU_netti.pdf

Nokian Renkaat vuosikertomus 2011. Tulostettu 18.11.2012.

http://www.nokianrenkaat.fi/files/nokiantyres/Vuosikertomukset_fi/Nokian_Renkaat_Vuosikertomus_2011_FI_lowres.pdf

Oma organisaatio. Kunnossapidon organisaatiokaavio. Luettu 18.3.2011.

Oma_organisaatio.xls

Opetushallitus. Kunnossapidon oppikirja. Luettu 23.3.2013.

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_f2_korroosionesto_esiintymismuodot.html

Seuri, M., Iloranta, K. & Räsänen, K. 2011. Kumppanina työterveyshuolto. Helsinki: Tietosanoma Oy.

Suomen korroosioyhdistys. 1988 Korroosioikäkirja, Hanko, Hangan kirjapaino Oy.

Suomen standardisoimisliitto SFS RY. 2010. SFS-EN 13306, Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia

Valorinta, V. 1993. Koneenrakentajan metallioppi. 3. painos. Tampere: Pressus Oy