

Aku-Santeri Ketola

**SAVUKAASUKANAVIEN PALKEIDEN KÄYTETTÄVYYDEN
PARANTAMINEN**

SAVUKAASUKANAVIEN PALKEIDEN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN

Aku-Santeri Ketola
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Aku-Santeri Ketola

Opinnäytetyön nimi: Savukaasukanavien palkeiden käytettävyyden parantaminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Improving the Usability of Exhaust Gas Duct's Expansion Joints

Työn ohjaajat: Juha Männistö, Iivari Romakkaniemi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 40 + 4 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli savukaasukanavien palkeiden käytettävyyden parantaminen Outokumpu Tornion terässulatolla. Opinnäytetyö rajattiin käsittelemään 1-linjan alkupään prosessien savukaasujärjestelmien palkeita.

Opinnäytetyön piiriin kuuluville palkeille tehtiin dokumentaation ja kunnon kartoitus. Palkeiden dokumentaatio kerättiin Outokummun Dohan arkistoista. Kunnon kartoitus suoritettiin silmämääräisesti palkeille. Silmämääräisen tarkastelun tukena käytettiin myös lämpökameraa. Kartoitusten tulosten ja niissä tehtyjen havaintojen pohjalta valittiin palkeiden toimittajan kanssa mahdolliset vaihto- ja huoltotoimenpiteet niitä vaativille palkeille. Huoltotoimenpiteitä valittaessa vertailtiin myös työmenetelmien vaikutusta lopullisiin kustannuksiin. Huolto- ja vaihtotoimenpiteiden valinnassa saatujen tulosten pohjalta laadittiin tarjouskyselyt ja kahteen kohteeseen laadittiin asennussuunnitelmat. Lopuksi palkeille suoritettiin riskienhallintaa vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi työkalua käyttäen ja pohdittiin ennakoivia kunnossapidon toimia palkeille.

Opinnäytetyössä saatiin tiedot arkistosta löytyvistä dokumenteista sekä kunto-kartoituksessa kuvattu lämpökuvauksmateriaali ja palkeista tehdyt silmämääräiset havainnot. Ensi kesän vuosihuoltoa varten valittiin toimittajan kanssa palkeille vaihto- ja huoltotoimenpiteitä, joiden tuloksena laadittiin tarjouskyselyt ja kaksi asennussuunnitelmaa. Riskienhallinnan tuloksena on vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi, joka on sovellettavissa myös muillekin kuin projektissa mukana olleille terässulatolavien savukaasujärjestelmien palkeille. Analyysin pohjalta kehitettiin uusia toimia ja kehitysehdotuksia jo olemassa oleviin ennakoiviin kunnossapidon toimiin palkeiden käytettävyyden parantamiseksi Terässulatolla. Olemassa olevan vuosittaisen palkeiden silmämääräisen tarkastuskierroksen tueksi otettaisiin lämpökamera sekä mahdolliset toimittajan suorittamat tarkastuskierrokset, jotka jaksotettaisiin palkeen elinkaaren ajalle.

Asiasanat: kunnossapito, käytettävyys, palje, savukaasu

ALKULAUSE

Haluan kiittää Outokumpu Tornion käyntivarmuussuunnittelija livari Romakkaniemeä, käyntivarmuuspäällikkö Niko Alaluusuaa ja kunnossapitopäällikkö Pasi Lasuria opinnäytetyöaiheesta ja työn sisältöön ja kulkuun liittyneistä neuvoista ja ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää myös koulun puolesta minulle nimettyjä ohjajia lehtori Juha Männistöä ja lehtori Tuija Juntusta. Suurin kiitos kuuluu tyttöystävälleni Hennalle ja perheelleni, jotka ovat tukeneet minua koko opinnäytetyöprosessin ajan.

Torniossa 22.3.2019

Aku-Santeri Ketola

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 OUTOKUMPU OY	9
2.1 Kemin kaivos	9
2.2 Tornion tehdasalue	9
3 TERÄSSULATTO	11
3.1 Terässulaton prosessi	11
3.2 Terässulaton savukaasulaitokset prosessien alkupäässä	12
3.2.1 Savukaasukanavien toiminnan kuvaus	12
3.2.2 Savukaasukanavien palkeet	13
4 KUNNOSSAPITO	16
4.1 Kunnossapidon lajit	16
4.2 Kunnossapidon toimintamallit	18
4.2.1 TPM	19
4.2.2 RCM	19
5 PALKEIDEN DOKUMENTAATION JA KUNNONKARTOITUS	21
5.1 Dokumentaation kartoitus	21
5.2 Kunnonkartoitus	22
6 PALKEIDEN HUOLTOTOIMENPITEIDEN VALINTA	29
6.1 Toimittajan ehdotukset	30
6.2 Kunnostustavan vaikutus kustannuksiin	32
6.3 Asennussuunnitelmat ja tarjouskyselyt	33
7 RISKIENHALLINTA	34
7.1 Vika-, vaikutus-, kriittisyysanalyysi	34
7.2 Ennakoivat kunnossapidon toimet	35
8 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	40

LIITTEET

Liite 1 VKU:n ja AOD:n kärynpöistön kaasukanavat paljekartta 715 699-1

Liite 2 VKU:n ja AOD:n kotelointi: AOD:n koteloinnin sekundäärikanava Ø 2000
715 580-0

Liite 3 AOD1 savukaasulaitoksen puhaltimien imupuolen palkeiden vaihto

Liite 4 Palje VVKA-taulukko

SANASTO

1-linja	Terässlaiton tuotantolinja 1
AOD	Argon Oxygen Decarburization eli terässeoksen hiilen polttoprosessi
CRK	ferrokromikonvertteri
Doha	dokumenttien hallintajärjestelmä
Kuti	kunnossapidon tietojärjestelmä
P-numero	Raportissa käytetyt lyhenteet ovat paljekartaan merkittyjen palkeiden numeroita AOD:n ja VKU:n dokumenteissa, jotka löytyvät raportin liitteistä 1 ja 2.
RCM	Reliability-centered Maintenance eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito
TPM	Total Productive Maintenance eli kokonaisvaltaisesti tuottava kunnossapito
VKU	Valokaariuuni

1 JOHDANTO

Savukaasulaitokset ovat olennainen osa teräksen tuotantoprosessia, sillä teräksen valmistusprosesseissa vapautuu haitallisia savukaasuja, jotka on puhdistettava ennen ympäristöön vapauttamista. Savukaasut kuljetetaan kanavia pitkin savukaasulaitokselle Outokumpu Tornion Terässulatton prosesseissa. Kanavien osien väliin on sijoitettu palkeita, joiden tehtävänä on myötää kanavanosien eläessä lämmönvaihteluiden vaikutuksesta. Palkeiden toimintakunnottomuus voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa kanavan repeytymisen. Palkeiden vikaantumiset voivat aiheuttaa ylimääräisiä odotuksia Terässulatton prosesseissa, koska päästöjen kannalta savukaasukanavien kuntoisuus on tärkeää. Nämä ylimääräiset odotukset vaikuttavat suoraan tuotantomääriin ja tuotantotavoitteissa pysymiseen ja aiheuttavat yritykselle ylimääräisiä kustannuksia kunnossapidon kannalta. On siis tärkeää, että palkeiden kunto on niille vaaditulla tasolla. Palkeiden kuntoa on seurattu Outokumpu Tornion Terässulatolla savukaasulaitosten ja kanavien tarkastuskierrosten yhteydessä silmämääräisesti tarkastaen.

Outokumpu Tornion Terässulatolle ollaan suunnittelemassa palkeiden vaihtoa ja kunnostusta ensi vuoden vuosihuoltoon. Tätä varten opinnäytetyössä kartoitetaan 1-linjan prosessin alkupään palkeiden dokumentaatio ja kunnan nykytila. Kartoitusten pohjalta saadaan tieto mahdollisista vaihtoa vaativista palkeista, joihin valitaan toimittajan kanssa mahdolliset uudet paljevaihtoehdot tai huoltotoimenpiteet nykyisille palkeille. Osalle vaihdettavista ja kunnostettavista palkeista toteutetaan asennussuunnitelmat. Riskienhallintaa toteutetaan vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin avulla sekä pohditaan ennakoivia kunnossapidon toimia palkeiden käytettävyyttä ajatellen kunnossapidon toimintamallien työkaluilla. Näillä toimenpiteillä pyritään saamaan palkeiden käyttövarmuutta varmemmaksi tulevaisuudessa Terässulatolla.

2 OUTOKUMPU OY

Outokumpu Oyj on maailmanlaajuinen ruostumattoman teräksen valmistukseen keskittynyt yritys, joka työllistää yli 10 000 henkilöä yli 30 maassa. Vuonna 2017 yritys oli maailman kolmanneksi suurin ruostumattoman teräksen tuottaja. Yrityksen markkinaosuus maailman ruostumattoman teräksen valmistuksesta oli vuoden 2017 lopussa noin 6 %. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2017 noin 6 400 miljoonaa euroa. Outokummun visio on olla vuoteen 2020 mennessä ruostumattoman teräksen valmistuksen johtaja. (Me olemme Outokumpu. 2018, 4, 8, 12.)

Kemin ja Tornion yksiköt muodostavat yhdessä maailman integroiduimman ruostumattoman teräksen tuotantolaitoksen. Tuotanto Meri-Lapissa alkoi vuonna 1968 Kemin kaivostoiminnalla ja ferrokromin tuotannolla. Terästuotanto aloitettiin Torniossa vuonna 1976. Kemin kaivos ja Tornion tehtaat työllistävät noin 2 100 outokumpulaista. (Me olemme Outokumpu. 2018, 19 - 21.)

2.1 Kemin kaivos

Malmintuotanto prosessi alkaa louhintareikien panostuksesta ja räjäytyksestä, joiden jälkeen malmi lastataan louhoksista ja viedään esimurskattavaksi. Esimurskattu malmi nostetaan maanpinnalle noin 600 metrin syvyydestä, minkä jälkeen se murskataan ja rikastetaan pala- ja hienorikasteiksi. Rikasteet kuljetaan Tornion ferrokromitehtaalle. (Me olemme Outokumpu. 2018, 23.)

2.2 Tornion tehdasalue

Tornion tehdasalueen prosessi alkaa ferrokromitehtaasta, jossa Kemin kaivokselta tulleet rikasteet sekoitetaan bentoniitin ja koksen kanssa. Sekoitus pelletoidaan ja syötetään sintrausuuniin. Annostelujärjestelmän avulla syötetään oikea määrä kromipellettejä, kvartsiittia, koksia ja palarikastetta sulatusuuniin. Sulatusuunista valmis ferrokromi kaadetaan senkkaan ja kuljetetaan junalla Terässulattolle. (Me olemme Outokumpu. 2018, 24.)

Terässulatulolle tuotu ferrokromi kaadetaan kromikonvertteriin käsittelyä varten. Valokaariuuniin panostetaan romukori, jossa on kierrätysterästä ja eri seosaineita. Valokaariuunista saatu sula sekoitetaan ferrokromisulan kanssa. Seos kaadetaan AOD-konvertteriin käsittelyä varten. AOD-konvertterin käsittelyn jälkeen sula siirretään senkka-asemalle lopulliseen käsittelyyn ennen valua. Tässä vaiheessa ruostumattomalla teräksellä on sen haluttu koostumus. Senkka siirretään valukoneelle, jossa sula valetaan jatkuvavalukoneella ahioksi. Ahiot leikataan mittaan polttoleikkuukoneella. Tämän jälkeen ahiot siirtyvät hiomon kautta kuumavalssaamolle. (Me olemme Outokumpu. 2018, 25.)

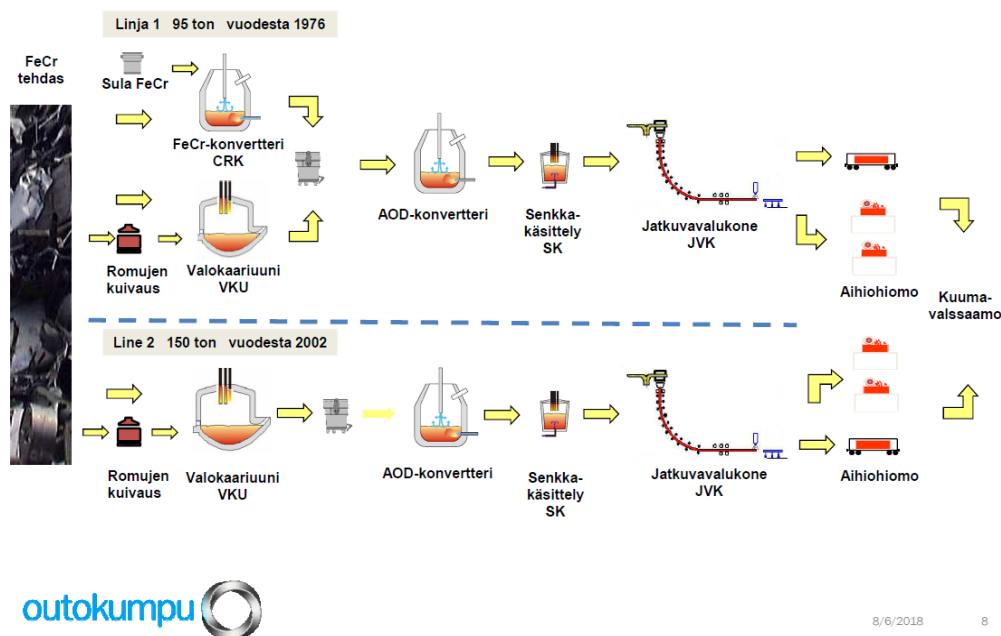
Kuumavalssaamalla ahiot siirretään askelpalkkiuuniin, jossa aihion lämpötila nostetaan yli 1 200 celsiusasteeseen. Tämän jälkeen aihio muutetaan esinauhaksi etuvalssaimella sitä valssaamalla. Tässä vaiheessa aihio ohenee ja sen pituus kasvaa. Seuraavana ahiota valssataan Steckel- ja Tandem-valssaimilla, jolloin sen paksuus ohenee entisestään näiden työvaiheiden seurauksena. Valsauskien jälkeen nauha kerätään rullalle ja jäähdytetään jäähdytysaltaassa. Tästä rullat jatkavat joko kylmävalssaamolle tai ne myydään mustana kuumanauhana asiakkaille. (Me olemme Outokumpu. 2018, 26.)

Kylmävalssaamolle tuotu rulla avataan, ja se menee hehkutus- ja peittäuslinjan lävitse. Tässä prosessinvaiheessa palautetaan teräksen mekaaniset ominaisuudet ja poistetaan musta hilse. Tämän jälkeen teräsnauha kylmävalssataan tilattuun paksuuteen. Valssauksen jälkeen nauha hehkutetaan ja peitataan uudelleen mekaanisten ominaisuuksien palauttamiseksi. Nauha viimeistellään viimeistelyvalssaimella, jossa se saa kiiltävän pinnan. Viimeisenä vaiheena teräs leikataan tilauksien mukaisiin mittoihin joko nauhoiksi tai levyiksi halkaisu- ja katkaisulinjoilla. (Me olemme Outokumpu. 2018, 27.)

3 TERÄSSULATTO

Terässulatto on toiminut Torniossa vuodesta 1976. Tuotanto aloitettiin tuolloin yhdellä linjalla, jonka panostuskoko on 95 tonnia. Vuonna 2002 valmistui toinen tuotantolinja, jonka panostuskoko on 150 tonnia. Kuvassa 1 näkyvät Terässulaton linjojen prosessikaaviot. (Terässulatto Tornio. 2018, 7, 8.)

Terässulaton prosessikaavio



KUVA 1. Terässulaton prosessikaavio (Terässulatto Tornio. 2018, 8)

3.1 Terässulaton prosessi

Terässulaton prosessi alkaa romupihalta, jossa romukoriin lastataan kierrätyste-rästä ja eri seosaineita. Romut kuivataan tarvittaessa romukuivaimilla ennen su-latusta. Romukori siirretään romupihalta nostoaukolle romujunalla, jossa romu-kori nostetaan panostusnosturilla valokaariuunille. Valokaariuunin holvi aukais-taan ja nosturinkuljettaja panostaa valokaariuunin. Valokaariuunin holvi suljetaan ja sulatus alkaa. Valokaariuunien romun sulatusajat ovat 1-linjalla noin 50 - 60 minuuttia ja 2-linjalla 40 minuuttia. Sulatuksen valmistuttua sula kaadetaan senk-kaan ja kuona poistetaan. (Me olemme Outokumpu. 2018, 25.)

Tämän jälkeen 1-linjalla kaadetaan nosturilla ferrokromisula uunilta tulleen sulan sekaan. Ferrokromisula valmistellaan kromikonvertterissa. Ferrokromikonvertterin prosessissa muokataan sulan ferrokromipitoisuutta sopivaksi. 2-linjalla ei ole kromikonvertteria. Seuraavaksi sula kaadetaan AOD-konvertteriin, jossa hapella ja argonilla lasketaan teräksen hiilipitoisuutta. Toimenpiteen jälkeen sula kaadetaan senkkaan ja toimitetaan senkka-asemalle. Senkka-asemalla sulan lämpötila ja koostumus säädetään lopulliseksi haluttuun pisteeseen ennen valua. Seosainneiden lisääminen tapahtuu silloista ja langansyöttönä molemmilla linjoilla. Senkka-asema mahdollistaa sulien lämmön ylläpitämisen, jos valukoneella syntyy odotusta. (Me olemme Outokumpu. 2018, 25.) (Terässulatto Tornio. 2018, 10-13.)

Sen jälkeen senkka siirretään jatkuvavalukoneen päälle ja valaminen voi alkaa. Suurin valunopeus on 1-linjalla 1,2 metriä minuutissa ja 2-linjalla 1,7 metriä minuutissa. Aihiot leikataan valukoneen jälkeen polttoleikkuukoneella oikeaan mitaan ja merkitään niiden tunnistamiseksi. Tämän jälkeen aihiot kuljetetaan hioomoon, jossa on kolme kuumahiomakonetta ja yksi kylmähiomakone. Näillä koneilla tehdään tarvittavat toimenpiteet aihioille ennen niiden toimittamista kuuma- valssaamolle. (Terässulatto Tornio. 2018, 14,15.)

3.2 Terässulaton savukaasulaitokset prosessien alkupäässä

Prosessin alkupäässä savukaasulaitokset ovat molempien linjojen valukaariuuneilla, AOD-konverttereilla sekä 1-linjan kromikonvertterilla. Laitosten tehtävänä on suodattaa prosessin vaiheista vapautuvia savukaasuja.

3.2.1 Savukaasukanavien toiminnan kuvaus

Savukaasulaitoksen kanavat koostuvat kahdesta eri kokonaisuudesta: primäärikanavista ja sekundäärikanavista. Kanavistojen tehtävänä on kuljettaa valokaariuunien ja konvertterien prosesseissa vapautuvia savukaasuja suodatinlaitoksille, joissa tapahtuu savukaasujen tarvittava puhdistus.

3.2.1.1 Primäärikanavat

Primäärikanavassa on moniläppäinen säätöpelti, jota ohjataan hydraulisesti. Tällä säätöpellillä muutetaan primäärikanaviston virtausta ja alipainetta valokaariuunin ja konvertterien toimintavaiheiden tarpeen mukaan. Primäärikanava imee savukaasupäästöjä valokaariuunin holvissa olevan savukaasukäyrän kautta. AOD:llä ja CRK:lla imeminen tapahtuu konvertterien panostusaukon päällä olevan vesijäähdytetyn huuvin kautta. Primäärikanava koostuu vesijäähdytetyistä ja yksiseinämäisistä kanavan osista, joilla siinä kulkevaa savukaasua pyritään jäähdyttämään. Lopullinen primäärisavukaasujen jäähdytys suoritetaan kuitenkin jäähdyttimellä. Primäärikanavan savukaasu ohjataan jäähdytyksen jälkeen yhteen sekundäärisavukaasujen kanssa. Tämän jälkeen savukaasut ohjataan savukaasulaitokselle suodatettavaksi. (ALSTOM Toimintaselostus. 2004, 1.)

3.2.1.2 Sekundäärikanavat

Valokaariuunin ja konvertterien koteloiden kattoon asennettu on kattohuuvat, jotka imevät savukaasuja panostus- ja kaatovaiheiden aikana. Lisäksi sulatusvaiheiden aikana kattohuuvilla imetään laimennusilmaa, jotta savukaasujen lämpötila saadaan pidettyä tarpeeksi alhaalla sulatusprosessin sitä nostaessa. Sekundäärikanaviin on yhdistetty myös romukuivainten imut, jotta romukuivauksesta vapautuvat savukaasut saadaan myös kerättyä. Toinen sekundäärikanava lähtee valokaariuunin ja konverttereiden kotelolta. Tämäkin kanava imee panostus- ja kaatovaiheen aikana vapautuvia savukaasuja. Kattohuuvilta ja kotelolta lähtevät sekundäärikanavat yhdistyvät yhdeksi kanavaksi ennen savukaasulaitosta. Sekundäärikanava on myös varustettu hätäjäähdytyspellillä, jos savukaasujen lämpötila nousee laitokselle liian korkeaksi. (ALSTOM Toimintaselostus. 2004, 3.)

3.2.2 Savukaasukanavien palkeet

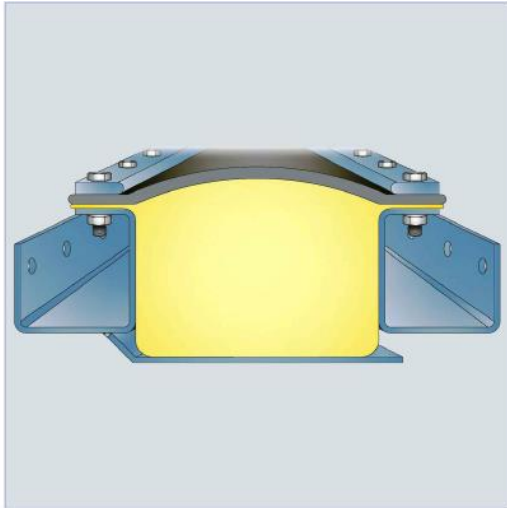
Savukaasukanavien palkeet on sijoitettu kanavan osien väliin, jossa niiden tehtävänä on myötäa kanavan eläessä lämmönvaihteluiden vaikutuksesta ja vaimentaa kanavassa esiintyvää tärinää. Paljevalmistajien mallivalikoimassa on kangaspalkeita ja metallisia palkeita, jotka ovat mitoittavissa yrityksen tarpeisiin. Paljevaihtoehtoja useita, joista paljevalinta tehdään tarvittavalta palkeelta

vaadittavien ominaisuuksien mukaan esimerkkinä Eagle Burgmannin valmistama Fluaflex-mallisto. (Kuva 2.) (Eagle Burgmann. 2018 → PDF data sheet.)



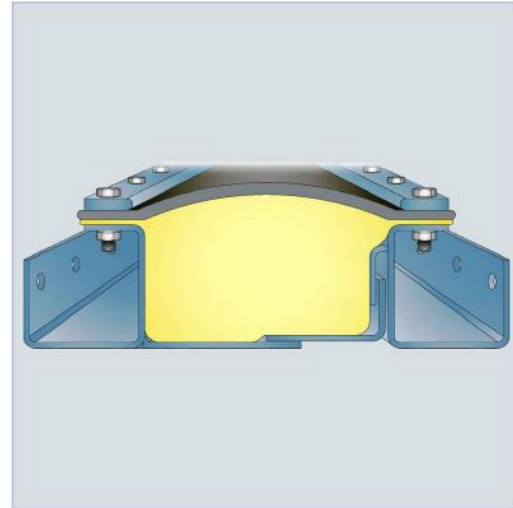
KUVA 2. Eagle Burgmannin Fluaflex-malliston palje, joita löytyy myös Terässulaton kanavista. (Eagle Burgmann. 2018 → PDF data sheet)

Ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat asennuskohteen olosuhteet, kanavassa virtaavan savukaasun lämpötila ja sen koostumus. Savukaasulaitosten puhaltimien avulla linjastoon luodut ali- ja ylipaineet on huomioitava myös valintaprosessissa. Savukaasun lämpötila ja sen mukana kulkeutuvan pölyn määrä vaikuttavat valintoihin palkeen rakenteessa ja eristyksen tarpeessa. Kuvassa 3 on nähtävillä pölyn määrän vaikutus palkeen rakennevalintaan. (Eagle Burgmann. 2018 → PDF data sheet.)



P-Flanges with inner sleeve

Temperature: ... 575 °C (1,067 °F)
Media with medium dust content.



P-Flanges with floating ring

Temperature: ... 575 °C (1,067 °F)
Media with high dust content.

*KUVA 3. Vasemmanpuoleinen rakenne on suunniteltu vähemmälle pöly mää-
rälle kuin oikeanpuoleinen rakenne. Lisäksi rakenteiden lämpötilan kesto on
nähtävillä kuvasta. (Eagle Burgmann. 2018 → PDF data sheet.)*

Toimittajan kanssa käydyissä keskusteluissa selvisi, että keskimääräinen pal-
keen käyttöikä on noin kymmenestä viiteentoista vuotta. Tähän käyttöikään pääs-
tään oikeilla materiaalivalinnoilla ja prosessintuntemuksella palkeiden suunnittelu
vaiheessa. Oikein suunnitellun palkeen tulisi elää prosessin olosuhteiden vaihte-
lujen mukaan. Haastavimpia kohteita toimittajan mukaan ovat sellaiset, joissa
palkeen tulisi kestää sekä korkeaa lämpötilaa että kosteutta. Korroosio-ongelmia
esiintyy enemmän matalamman lämpötilan kohteissa kuin korkean lämpötilan
kohteissa. Lisäksi palkeiden liikkeiden suuruudella on vaikutusta kestoikään. Mitä
suuremmat liikkeet ovat, sitä nopeammin palkeen rakenteet väsyvät ja näin ollen
aiheuttavat huolto- ja korjaustoimenpiteitä.

4 KUNNOSSAPITO

Kehityksen myötä yhteiskuntaan on syntynyt hyödykkeitä tuottavia prosesseja, joille yhteistä on ajallinen rajoittuvuus. Prosessien ajallinen rajoittuvuus tulee ilmi tuotanto-omaisuuden kulumisena ja lopulta rikkoutumisena. Tuotanto-omaisuuden kunnon ylläpitämistä prosessin vaatimalla tasolla sanotaan kunnossapidoksi. (Järviö – Lehtiö 2012, 17.)

Kunnossapitoon liittyvässä SFS-standardissa kunnossapito määritellään seuraavasti:

”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon.” (SFS-EN 13306. 2010, 8.)

Standardin kunnossapidon määrittely keskittyy pääasiassa korjaavaan kunnossapitoon. Nykypäivän kunnossapitoon sisällytetään kuitenkin paljon muutakin kuin pelkkä kohteen korjaaminen vian ilmaantuessa. Kunnossapito on osa tuotanto-omaisuuden hallintaa, joka sisältää tuottokyvyn kehittämisen, säilyttämisen, säätämisen ja ylläpitämisen jokaisella prosessin osa-alueella. (Järviö – Lehtiö 2012,18,19.)

4.1 Kunnossapidon lajit

Tuotantolaitoksen kunnossapito on jaettu viiteen osaan, jotka ryhmittävät kunnossapitolajit selkeiksi hallittaviksi osiksi. Nämä lajit ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. (Järviö – Lehtiö 2012, 49.)

Käyttöajan, käyttörasituksen ja tuotantomäärän perusteella jaksotetun huollon avulla pidetään yllä koneiden edellytyksiä ja toimintaympäristöä. Tällä tarkoitetaan siis sitä, että kohteen ominaisuudet ja tuotannollisesti vaadittava toimintakyky palautetaan ennen kuin vika ehtii syntyä. Ehkäisevä kunnossapito keskittyy

seuraamaan koneen suorituskykyä ja sen parametreja. Seurannan tuloksien pohjalta pystytään laatimaan aikataulu ja suunnitelma koneen kunnossapidolle. Ehkäisevä kunnossapito on myös huollon lailla jaksotettua ja jatkuvaa. Tällaista kunnonvalvontaa suoritetaan koneiden käytön ja huoltoseisakkien aikana. Kunnonvalvonnan avulla saadaan tiedot mahdollisista vioista sekä koneen toimintakuntoisuudesta. Kyseiset kunnonvalvonnan tulokset taltioimalla saadaan käytettävää tietoa koneen vikaantumisesta, joiden analysointi kuuluu myös ehkäisevän kunnossapidon piiriin. (Järviö – Lehtiö 2012, 49,50.)

Vian ilmettyä vikaantunut kohde on saatava takaisin sellaiseen kuntoon, että sen toimintakunto on prosessin vaatimalla tasolla. Nämä vian ilmenemisen jälkeen tehtävät kunnossapitotyöt ovat korjaavaa kunnossapitoa. Korjaavaa kunnossapitoa on suunnittelemattomat yllättäen prosessissa tapahtuneista häiriöistä johtuvat korjaukset sekä suunnitellut kunnostukset seisakeissa. Korjaava kunnossapito prosessi alkaa vian paikoittamisesta, määrittämisestä ja sen tunnistamisesta. Näiden tietojen pohjalta suoritetaan tarvittavat korjaustyöt sitä vaativalle kohteelle. (Järviö – Lehtiö 2012, 51.)

Kun puhutaan ilman toiminta muutoksia tehtävistä luotettavuuden ja kunnossapidettävyyden parannuksista, on kyse parantavasta kunnossapidosta. Parantava kunnossapito jaetaan kolmeen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä sisältää kunnossapitotyöt joissa kohteen osia korvataan uudemmilla muuttamatta sen suorituskykyä. Toinen ryhmä keskittyy epäluotettavuuden ennaltaehkäisemiseen erilaisilla suunnittelu- ja korjaustoimenpiteillä laitteen suorituskykyä muuttamatta. Kolmanteen ryhmään kuuluvat modernisaatiot, jotka tulevat kysymykseen siinä vaiheessa, kun alkuperäisellä laitteistolla ei pystytä vastaamaan kysyntään tarpeeksi hyvin. Onnistuneella modernisoinnilla mahdollistetaan tuotantoprosessin suorituskyvyn nosto sen vaatimalle tasolle. (Järviö – Lehtiö 2012, 51, 52.)

Järviö kertoo, että standardeissa vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei ole käsitelty kunnossapitoon kuuluviksi toiminnoiksi. Vaikka asiantuntijoiden mielestä näiden vaikutus kunnossapitoa ohjaavina tekijöinä on suuri. Vika-analyysien, vikojen selvittämisen ja mallintamisen pohjalta saatujen tuloksien avulla on mahdollista tehdä vikakartoituksia ja riskienhallintaa. Kyseisten tulosten perusteella

on mahdollista tehdä ennakoivia toimenpiteitä, joilla estetään mahdollisen vian uusiutuminen tutkittavassa kohteessa ja näin ollen parannetaan sen luotettavuutta. (Järviö – Lehtiö 2012, 49, 52.)

4.2 Kunnossapidon toimintamallit

Kunnossapitostrategian luomisen pohjalle on laadittu erilaisia toimintamalleja. Näillä toimintamalleilla pyritään kuvamaan yksinkertaisemmin kunnossapitoon ja sen strategiaan liittyviä tekijöitä. Toimintamalleja on laadittu laatujohtamisen kannalta näistä esimerkkinä Six Sigma. Laatupohjaiset järjestelmät ovat yleisempiä tuotantolaitoksissa joissa valmistetaan kappaletavaraa, jonka tuotteiden laatu on avainasemassa. Kyseiset järjestelmät ovat saaneet alkunsa laadunvarmistuksen vaatimuksista yrityksissä. Lisäksi kehitettyjä toimintamalleja ovat TPM ja RCM. TPM on kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa käsittelevä toimintamalli, jolla pyritään tuotantovarmuuden jatkuvaan kehittämiseen. RCM on luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa käsittelevä toimintamalli, jonka ominaispiirre on kunnossapito prosessin optimointi kokonaisvaltaisesti suunnittelua korostaen. Näillä toimintamalleilla mahdollistetaan tehokas vikaantumisen ehkäiseminen tuotantoprosessien eri kohteissa. (Mikkonen – Komonen 2009, 69 - 71.)

SFS-standardissa vikaantuminen määritellään seuraavasti:

”Tapahtuma, jonka ilmetessä kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminta päättyy.”
(SFS-EN 13306. 2010, 14.)

Vikaantuminen yhdistetään yleensä koneen huonoon suunnitteluun ja kestävyys-teen, mutta vikaantumiseen johtavia tekijöitä on muitakin. Vikaantumisen aiheuttavana tekijänä voivat olla myös käyttäjän tavat laitteen käytössä. Tarkastuksien ja huoltojen aikana tehdyt puutteelliset havainnot lisäävät omalta osaltaan vikaantumisen todennäköisyyttä. Laitteen käyttöiästä ja käyttöolosuhteista johtuvilla tekijöillä on myös vaikutusta laitteen vikaantumiseen. (Järviö – Lehtiö 2012, 67, 81.)

4.2.1 TPM

Total Productive Maintenance eli kokonaisvaltaisesti tuottava kunnossapito on strategia, jolla pyritään saamaan aikaan prosessin koneille optimaaliset toimintaolosuhteet. Optimaaliset toimintaolosuhteet pyritään ylläpitämään kehittämällä kunnossapitojärjestelmä, joka kattaa koko koneen eliniän. Tähän päästään kokonaistehokkuuden ylläpitämisellä ja kokonaiskattavuuden luomisella. Kokonaiskattavuudella pienennetään kunnossapito tarvetta koneiden kuntoon perustuen. Tuotantoprosessin koneiden kehittämisen suunnittelu suunnataan niin, että koneet ovat yksinkertaisia ja turvallisia. Tällainen suunnittelu mahdollistaa koneiden vaivattoman käytön ja huoltotoimenpiteet. Lisäksi koko henkilöstön osallistumisella ja kouluttamisella on suuri vaikutus prosessin häiriöttömän toiminnan takaamiseksi. (Mikkonen – Komonen 2009, 79,80.)

TPM-toimintamallin käyttöönoton alussa valitaan muutama kriittinen kone prosessista, joiden vikaantuminen on huomattavaa tarkastellessa niiden vikaantumishistoriaa. Tässä vaiheessa myös kyseisten työpisteiden siisteyteen voidaan puuttua. Käyttämällä apuna TPM-toimintamalliin sisältyvää 5S-työkalua. 5S-työkalun tavoitteena on kaiken ylimääräisen ja tarpeettoman tavaran poistaminen työpisteestä ja kaiken tarpeellisen tavaran tarkka järjestäminen ja paikoitus työpisteessä. Siisteydellä on merkittävä vaikutus koneen optimaalisten olosuhteiden luonnissa. Siisteys helpottaa myös koneiden päivittäistä käyttöä ja mahdollisten huoltotoimenpiteiden suorittamista. Näiden toimintatapojen ylläpitämisellä ja laajentamisella prosessin muihinkin kohteisiin päästään loppujen lopuksi TPM-toimintamallin tavoitteeseen eli huippukuntovaiheeseen. (Järviö – Lehtiö 2012, 115, 117, 119.)

4.2.2 RCM

Reliability-centered Maintenance eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito on strategia, jossa luodaan kunnossapito-ohjelma koneelle tai siihen kuuluvalla osalla. Suunnittelu alkaa prosessista tehdyllä selvityksellä, jonka tavoitteena on löytää kunnossapitoa eniten vaativat prosessin kohteet käyttäen apuna esimerkiksi vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysia. Selvityksessä esiin tulleet kohteet asete-

taan tärkeysjärjestykseen prosessia ajatellen ja niiden koneet ja laitteet selvitetään. Koneiden ja laitteiden vikaantumistavat ja seuraukset asetetaan tärkeysjärjestykseen ja niiden vikaantumisen syytä ja mahdollisia kunnossapidollisia toimenpiteitä aletaan tutkimaan. Arviointikriteereinä ja tutkimusta tehtäessä käytetään apuna Moubrayn määrittelemiä seitsemää kysymystä. Kysymyksillä selvitetään koneen toiminnot ja suorituskyky vaatimukset nykyisessä toimintaympäristössä ja vikaantumisen vaikutuksia ja sen syitä prosessissa. RCM ottaa myös huomioon vikaantumisien riskien vaikutukset käyttäjien turvallisuuteen ja kohteen ympäristöön. Lisäksi kysymyksissä pohditaan toimintatapoja vikaantumisen havainnointiin ja ennalta ehkäisemiseen ja mahdolliseen toimintaan, jos ennalta ehkäisevää toimintatapaa ei löydykään kyseiselle kohteelle. (Järviö – Lehtiö 2012, 161,164.) (Moubray 1997, 7.)

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysillä pyritään tunnistamaan järjestelmän kaikki siinä esiintyvät vikaantumismuodot ja näiden vaikutus järjestelmään. Lisäksi analyysillä etsitään keinoja välttää ja ennaltaehkäistä järjestelmän vikaantumista. Vikamuodot pisteytetään niiden kriittisyyden ja tärkeyden mukaan. Vikamuotojen kriittisyyden pisteytyksellä pyritään priorisoimaan järjestelmän kohteet selkeästi. Näillä toimilla pyritään varmistamaan, että kaikki mahdolliset vikaantumismuodot ja niiden vaikutukset on otettu huomioon. (SFS-EN 31010. 2013, 84.)

5 PALKEIDEN DOKUMENTAATION JA KUNNONKARTOITUS

Ennen dokumentaation kartoitusta työ aloitettiin kenttäkierroksilla jokaisella savukaasulaitoksella. Kenttäkierroksilla seurattiin savukaasulaitosten kanavia ja aina palkeen löytyessä sen positio merkittiin savukaasulaitoksen PI-kaavioon. Tällä toimenpiteellä pyrittiin rajaamaan arkistossa olevia dokumentteja, joihin palkeiden dokumenttien etsintä sen jälkeen kohdennettiin. Dokumentit on arkistoitu Outokummun Doha-järjestelmään. Kenttäkierroksilla tehtyjen havaintojen ja palkeiden lukumäärän perusteella päätettiin, että projekti rajataan käsittelemään 1-linjan VKU:n, AOD:n ja CRK:n savukaasukanavien palkeita niiden lukumäärän vuoksi.

5.1 Dokumentaation kartoitus

1-linjan VKU:n ja AOD:n palkeiden dokumentaatio löytyy Dohan arkistosta. Arkistosta löytyvät paljekartat, joihin on sisällytetty 1-linjan VKU:n primäärikanava ja sekundäärikanavan uunihallissa olevat osat. Lisäksi paljekartat sisältävät myös AOD:n primäärikanavan ja sekundäärikanavat lukuun ottamatta kattohuuvaa. Paljekartan liitteenä ovat taulukot palkeiden mitoista ja niiden vaatimista ominaisuuksista.

Taulukossa on lueteltuna olosuhteet, mitat ja palkeissa käytetty materiaali sekä lisäksi palkeet on lajiteltu tyypeihin niiden muodon ja kanavaan liittämistavan mukaan. Paljekartat on tehty vuonna 1988 tarjouskyselyä varten, joten mahdolliset muutokset savukaasuissa ja niiden lämpötiloissa on huomioitava paljevalintoja tehtäessä. Dokumentin vanhuus loi haasteita sen tulkinnassa, sillä vuoden 1988 jälkeen 1-linjan VKU:n primäärikanavaan on tehty muutoksia. Kyseisessä paljekartassa ei näy uuden VKU:n savukaasulaitoksen rakennuksen aikaan tehtyjä primäärikanavan muutoksia ja lisäksi VKU:n romukuivainten kanaviin tehty muutos puuttuu kyseisestä paljekartasta. Muutoksista huolimatta kyseisestä paljekartasta löytyy suurin osa alueen palkeista. Osa paljekarttaan merkityistä palkeista on poistettu näiden muutosten seurauksena. Loput palkeet löytyvät uusimmista dokumenteista.

Uuden VKU:n savukaasulaitoksen rakennuksen aikaan laadituista dokumenteista löytyy nykyisen VKU:n primäärikanavan loppupään ja sekundäärikanavan ulkona sijaitsevien kanavan osien palkeet. Lisäksi dokumenteista on nähtävillä VKU:n puhaltimien kanavien osien ja niiltä suodinlaitokseen lähtevän kanavan palkeet. AOD:n kattohuuvan uusittu kanavanosa löytyy myös näistä dokumenteista. Palkeista on osasuurenukset dokumenteissa, joihin niihin liittyvät mitat on merkitty. Lisäksi kyseiset palkeet löytyvät myös dokumentteihin sisällytetyistä osaluetteloista ja osoittautuivat Eagle Burgmannin valmistamiksi palkeiksi, joista on myös tarkat mallikohtaiset rakennekuvat arkistossa. Kyseiset dokumentit ovat vuodelta 2003.

CRK:n dokumenttien kartoitusta tehtäessä havaittiin, että kyseisen kanaviston palkeista ei löydy vastaavaa paljekarttaa kuin AOD:n ja VKU:n palkeista. CRK:n palkeiden positiot löytyvät Dohan arkistosta. Kyseiset positiot ovat nähtävillä kanavien valmistajan laatimista kokoonpanokuvista. Kokoonpanokuvaan on merkitty vain palkeiden leveys ja kanavan halkaisija. Rakennekuvia palkeista ei löytynyt kuin suodatinlaitoksen sisään- ja ulostulon palkeen osalta. Lisäksi primäärikanavan jäähdytetyn kanavan ja normaalin kanavan liitoskohdassa olevasta palkeesta ja pihalla sijaitsevasta pyöreän jäähdyttämättömän primäärikanavan palkeesta on Outokummulla piirretyt rakennekuvat. CRK:n dokumentaatio luo omat haasteensa paljevalintoja tehtäessä, sillä palkeiden dokumentaatio ei ole yhtä kattava kuin AOD:n ja VKU:n dokumenteissa. AOD:n, CRK:n ja VKU:n dokumenttien päivitys ehdotusten pohjalta laadittiin Excel-taulukko, johon linkitettiin päivitystä vaativat dokumentit ja kommentit niihin tehtävistä mahdollisista päivityksistä.

5.2 Kunnokartoitus

Palkeiden kunnokartoitus aloitettiin silmämääräisellä tarkastelulla kenttäkierrosten yhteydessä kanavien ulkopuolelta. Kuntokartoitus rajattiin ulkopuoliseen palkeiden tarkasteluun ja niiltä osin esiintyviin vaurioihin palkeiden kunnossa. Kanavien sisällä ei käyty tarkastamassa palkeiden kanavan sisäpinnalla olevia osia ja niissä mahdollisia esiintyviä vaurioita. Silmämääräistä kuntokartoitusta tehdessä todettiin, ettei pelkkä palkeiden katselu anna tarpeeksi luotettavaa ja käytettävää

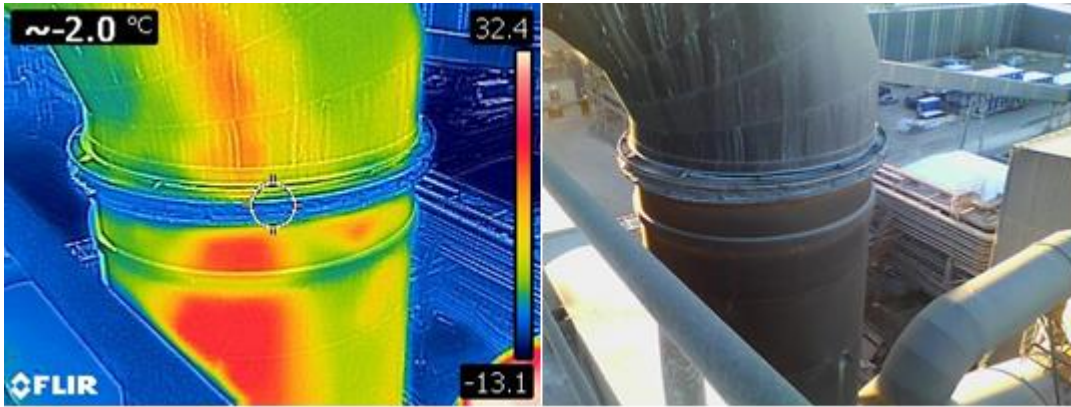
tietoa palkeiden kunnosta kuntokartoitusta ajatellen. Silmällä voi havaita vain näkyviä poikkeamia kuten suuremmat repeämät kankaassa tai palkeen korvaamisen muulla rakenteella. Kyseisiä muutoksia löydettiin muutamasta palkeesta kartoitusalueen kanavissa. Kuntokartoituksen syventämiseksi päätettiin ottaa silmämääräisen tarkastelun tueksi lämpökamera.

Käytössä oli FLIR C2 -merkkinen lämpökamera. Kamerasta löytyy suomenkielinen käyttöjärjestelmä, jossa on selkeät ja helppokäyttöiset valikot vain vähän lämpökuvasta harjoittanutta käyttäjää ajatellen.

FLIR C2 -lämpökamera ottaa myös normaalin digitaalikuva lämpökuvan ottamisen yhteydessä. Tämä osoittautui hyväksi ominaisuudeksi kartoitusta tehtäessä. Digitaalisesta kuvasta on helpommin hahmotettavissa kuvauskohteen sijainti kuvia tarkasteltaessa. Kamerasta ei löytynyt zoomitoimintoa, joten osa lämpökuvista ei ole kovin tarkkoja pitkän välimatkan vuoksi. Suurin osa palkeista kuitenkin onnistui kuvata sopivan välimatkan päästä ja näin saatiin onnistuneita lämpökuvia. Otettujen lämpökuvien lämpöasteikoissa on havaittavissa heittoja. Tämä aiheutuu mahdollisesti eroavista kuvauskulmista ja etäisyyksistä kuvauskohteisiin. Toimittajan kanssa lämpökuvauksesta keskustellessa tuli ilmi myös, että kuvauskohteen ympäristö tulee huomioida kuvaustilanteessa. Tästä esimerkkinä ovat valaistus ja valaisimien vaikutus lämpökuvaukselle materiaaliin.

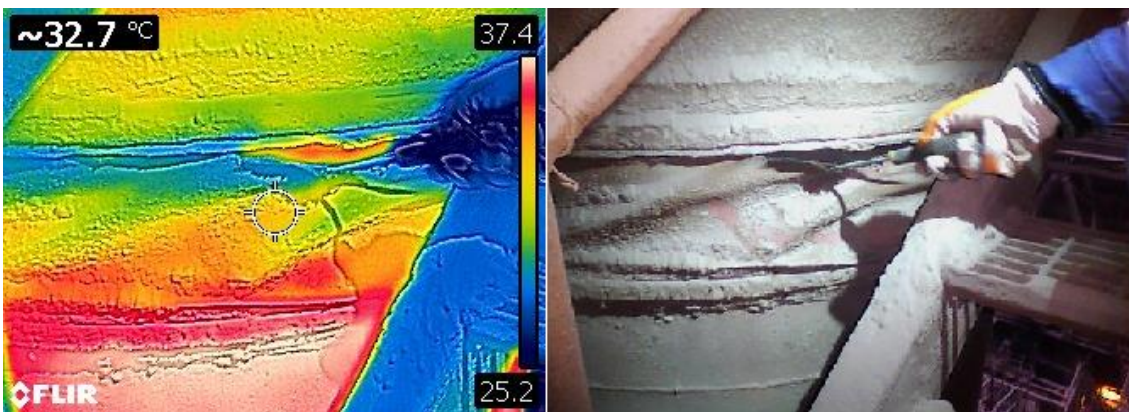
Kuvaamisen rajoittavana tekijänä olivat kanavien huoltotasot, joilta kuvaaminen tapahtui. Jokaisen palkeen läheisyydessä ei ollut huoltotasoja. Tällaisissa tilanteissa kuvaaminen tapahtui maasta ja läheisiltä tasoilta tai henkilönostinta apuna käyttäen, jotta kuvaus pystyttiin suorittamaan. Vaikka lämpökuvat on taltioitu tuotannon aikana, niin ne sijoittuvat satunnaiseen kohtaan prosessivaiheita. Tästä johtuen kuvauskohteena oleva palje ei välttämättä ole kuormittavimmassa prosessin vaiheessa sen kuvaus hetkellä.

Lämpökameralla käytiin läpi palkeen pintaa lämpötilaeroja etsien ja sen jälkeen otettiin kuvat mahdollisilta palkeen pinnoilta. Lämpökameran kuvassa (kuva 4) näkyy keskipisteen tarkka lämpötila vasemmassa ylälaidassa sekä koko kuvan lämpöasteikko kuvan oikeassa laidassa. Lämpökamera kuvan rinnalla on myös normaali digitaalikuva kuvauskohteesta.



KUVA 4. VKU1:n sekundäärikanavan palkeesta otettu lämpö- ja digitaalikuva. Palkeen eristykset näyttäisivät olevan kunnossa lämpökuvaa tarkasteltaessa. Sama voidaan todeta muistakin lämpökuvatuista palkeista, jotka löytyvät AOD:n ja VKU:n vuoden 2003 dokumenteista.

Lämpökameralla pystytään havaitsemaan esimerkiksi vuodot, joita pelkällä silmällä ei pystytä havaitsemaan. Kuvassa 5 nähdään esimerkki vaihtoon menevästä palkeesta ja sen repeämän vaikutuksesta lämpökameran kuvaan. Repeämä havaittiin jo sen suuruuden vuoksi silmämääräisen tarkastelun yhteydessä.



KUVA 5. Revennyt AOD:n kotelolta lähtevän sekundäärikanavan palje P-23. Halkeama sijaitsee palkeen ylälaidassa ruuvimeisselin yläpuolella. Lämpökuvassa tämä näkyy selkeänä lämpöjälkenä. Toista samalla kohtaa sijaitsevaa paljetta P-24 ei päästy tarkastelemaan läheltä, mutta sen oletetaan olevan yhtä huonossa kunnossa kuin tämä kuvattu palje.

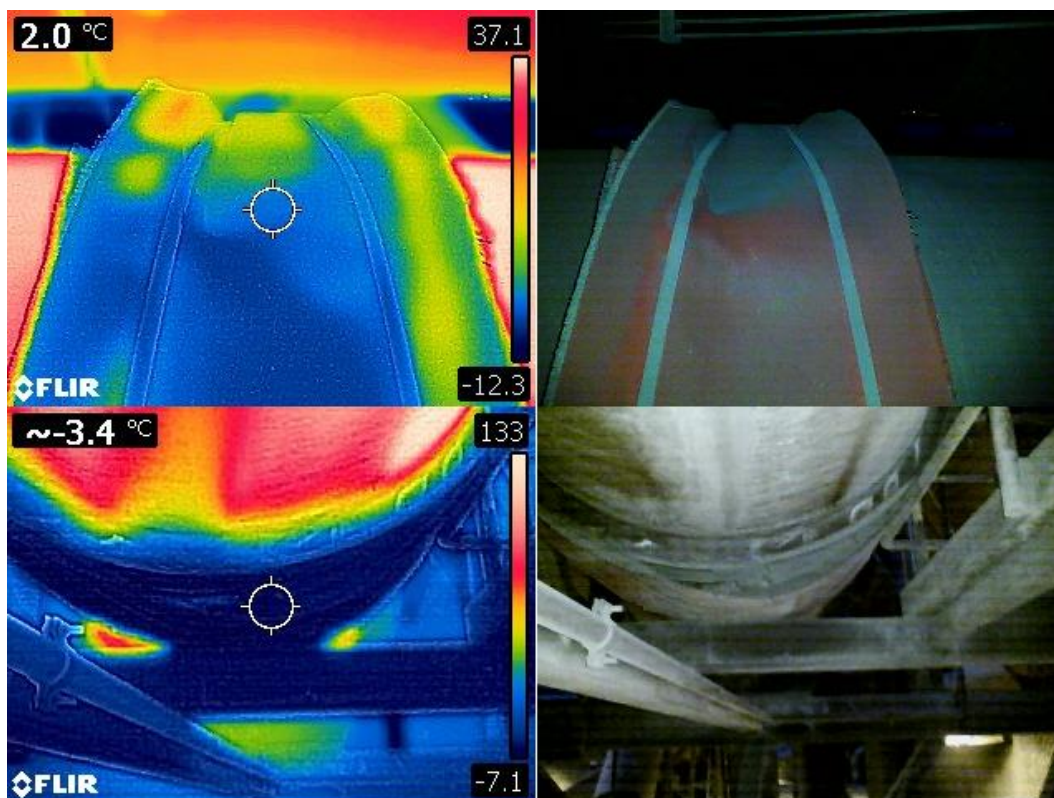
Ongelmakohtia havaittiin myös ulkona sijaitsevissa kanavanosissa AOD:n ja VKU:n kanavissa. Näistä esimerkkinä AOD:n primäärikanavan palje P-13, joka on peitetty limittäin olevilla mankeloiduilla levyillä. VKU:n primäärikanavan palje P-12, jonka puhjennut kangas on peitetty paloturvakankaalla. AOD:n primäärikanavan palkeen levyssä on muutama reikä, sekä sen laidoista on havaittavissa vuotoa. Kyseinen kohde vaatii tarkempaa jatkotarkastelua sillä uuden palkeen asentaminen ei välttämättä onnistu, jos ympärillä oleva kanava on ajansaatossa kulunut pahasti. Samalta huoltotasolta voidaan myös todeta, että AOD:n sekundäärikanavan palje P-14 on syytä vaihtaa. Lämpökuvaus näistä edellä mainituista palkeista oli haastavaa tilanpuutteen vuoksi ja toisaalta se ei vaikuttanut päätökseen palkeiden vaihtotarpeesta. Sillä palkeiden kunto ei ole silminnähdessä niille vaaditulla tasolla. Kyseisten palkeiden digitaalikuvat ovat nähtävillä kuvassa 6.



KUVA 6. Yläpuolella olevissa kuvissa on nähtävillä AOD:n primäärikanavassa limittäin olevilla mankeloiduilla levyillä korvattu palje P-13. Alhaalla vasemmalla on kuvattuna AOD:n sekundäärikanavan palje P-14. Oikealla alhaalla VKU:n primäärikanavan palje P-12.

AOD:n primäärikanavan ja sekundäärikanavan loppupään palkeiden kuntokartointu tuotti vaikeuksia, sillä suurin osa palkeista oli suojattu. Palkeiden nykytilasta saatiin kuitenkin selvyys Romakkaniemen kanssa käydyissä keskustelussa. Keskustelun pohjalta tultiin siihen tulokseen, että paloturvakankailla suojatut palkeet tulee vaihtaa AOD:n kanavista. Romakkaniemen mukaan suojiin tehtävänä on pitää palkeiden kanavankohdat tiiviinä, sillä niiden alla olevissa palkeissa on vuotoja (Romakkaniemi 2018).

AOD:n savukaasulaitoksen jäähdyttimien ja sekoituskammion palkeet ovat myös vaihdon tarpeessa. Osa palkeista on peitetty samanlaisilla paloturvakankailla ja peittämättömien palkeiden alapinta näyttäisi olevan täynnä tavaraa, josta voi päätellä, että palkeen sisäiset osat ovat joko vääntyneet lämmönvaikutuksesta tai kuluneet savukaasun virtauksen aiheuttamasta kulutuksesta. Suojatuista palkeista yhdessä havaittiin, että palkeen P-10 suoja oli puutteellisesti paljetta vasten AOD:n primäärikanavan alapinnalta. Kyseisen palkeen lämpökuvassa ei havaittu vuotoa alapinnalla, josta suoja oli löysällä. Kuvassa 7 on esitelty palkeen lämpö- ja digitaalikuvat.

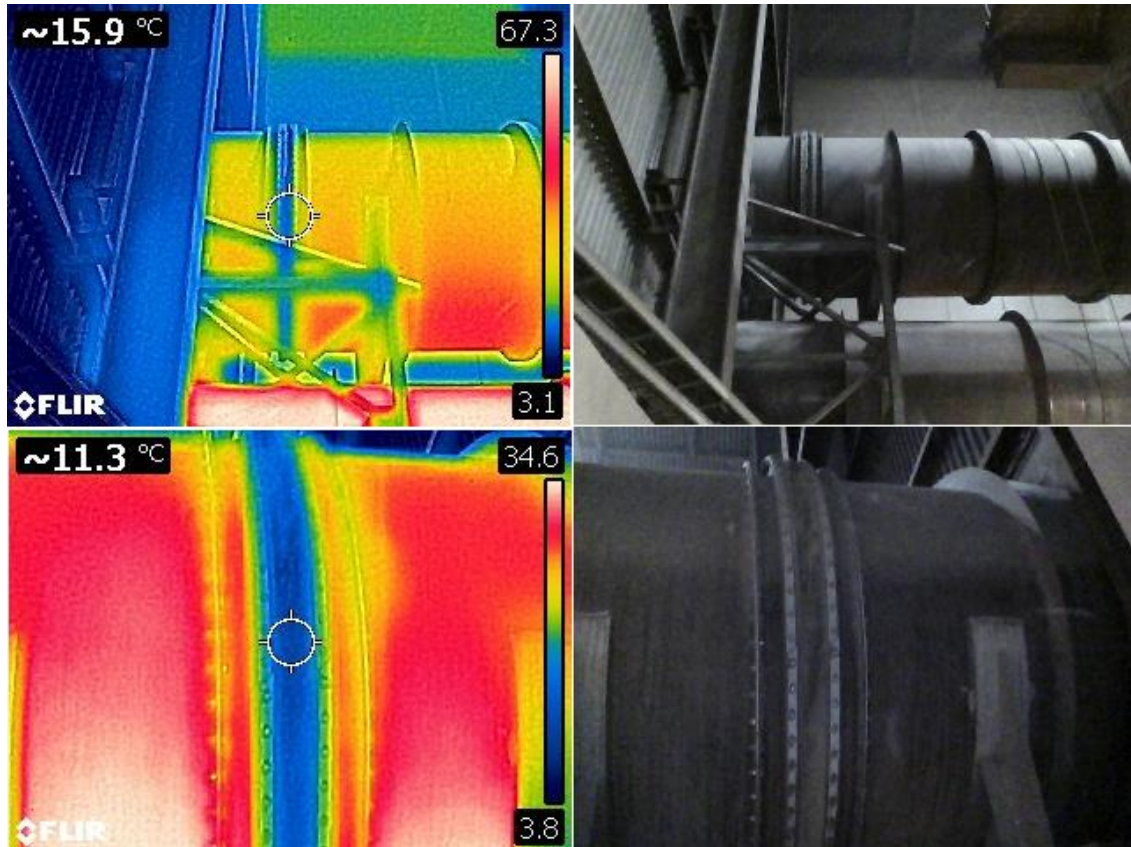


KUVA 7. Ulkona sijaitsevan AOD:n primäärikanavan suojattu palje P-10, jonka suojan havaittiin olevan puutteellisesti paljetta vasten. Vasemmalla yllälaidassa palkeen suojassa näkyvät lämpöjäljet oletetaan olevan heijastumia yläpuolella sijaitsevasta sekundäärikanavasta.

Outokummulla kunnossapidettävien kohteiden vika- ja häiriö tiedot on taltioitu kunnossapidon tietojärjestelmä Kutiin. AOD:n ja VKU:n primääri- ja sekundäärikanavien huoltohistoriaa tarkastellessa havaittiin, että palkeiden vaihdosta tai viikailmoituksista ei ole tietoa muuta kuin VKU:n primäärikanavan ensimmäisestä palkeesta P-17. Romakkaniemen kanssa asiasta keskustellessa selvisi, että kyseinen palje on vaihdettu vuoden 2017 vuosihuollossa kanavan vaihtotyön yhteydessä (Romakkaniemi 2018).

CRK:n kanavien palkeiden kuntoa kartoittaessa havaittiin myös, että osa palkeista on peitettynä. Huoltohistoriasta löydettiin syy palkeiden peittämiselle ja näiden tietojen perusteella ehdotetaan vaihdettavaksi kahta paljetta CRK:n primäärikanavasta. Vaihtoa vaatii primäärikanavan jäähdytetyn ja jäähdyttämättömän liitoskohdassa sijaitseva palje sekä CRK:n savukaasulaitoksen jäähdytintä edel-

tävä palje. Palkeiden välillä on myös palje peitettyinä, mutta tästä ei löytynyt huoltohistoriasta mitään vikailmoituksia. Kyseinen palje on vaihdettu 2017 vuosihuollon kanavan vaihtotyön yhteydessä. Kuvassa 8 on nähtävillä CRK:n sekundäärikanavan pihakokoonpanon ensimmäinen palje.



KUVA 8. Palkeessa ei havaittu ongelmia lämpökuvissa eikä silmämääräisen tarkastelun yhteydessä. Vasemman ylälaidan lämpökuvassa voidaan havaita epätarkkuutta, koska palkeen edessä on tukirakenteita.

Kunnossapitoasentajan kanssa keskusteltiin mahdollisista syistä palkeiden repeämiselle. Asentajan mielestä palkeen rungon sisäosien vääntyminen ja kuluminen lämpötilan ja pölyn kulutuksesta voi olla mahdollista, koska tuotannon tehoja on nostettu ja tämä näkyy savukaasujen lämpötilan ja paineiden nousuna. Sisäosien pettäessä savukaasujen mukana kulkeva pöly pääsee täyttämään palkeen ja loppujen lopuksi repii sen. Asentajan mukaan myös palkeen täytyessä savukaasun pölyllä voi tapahtua mahdollinen palkeen jumiutuminen, joka voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa savukaasukanavan repeytymisen. Palkeen ollessa jumissa se ei jousta kanavan eläessä lämmönvaihtelujen mukaan.

6 PALKEIDEN HUOLTOTOIMENPITEIDEN VALINTA

Palkeiden huoltotoimenpiteiden valintaprosessi aloitettiin keräämällä palkeiden tiedot Excel-taulukkoon toimittajan antamien ohjeiden mukaisesti. Taulukkoon on kerätty tietoja palkeen asennuskohteen ja sen ympäristön asettamista vaatimuksista palje valintaa varten. Lisäksi tarvittavat palkeen mitat ja kiinnitystapa taulukoitiin taulukkoon. Taulukko valmisteltiin liitteeksi tarjouskyselyä varten toimittajalle. AOD:n ja VKU:n savukaasulaitoksien järjestelmistä laaditut virtauskaaviot löydettiin Dohan arkistosta. Kaavioissa on taulukoituna kanavanoissa vallitsevat virtausnopeudet, tunnissa virtaavat kuutiomäärät, savukaasun lämpötila ja ilmanpaineeseen verrattu paine-ero. CRK:n savukaasulaitoksesta ei samanlaista virtauskaaviota löytynyt Dohan arkistoista. Sen takia CRK:n savukaasulaitoksesta tarvittavia tietoja kerättiin linjalle sijoitelluista lämpötila- ja paineantureista mahdollisuuksien mukaan.

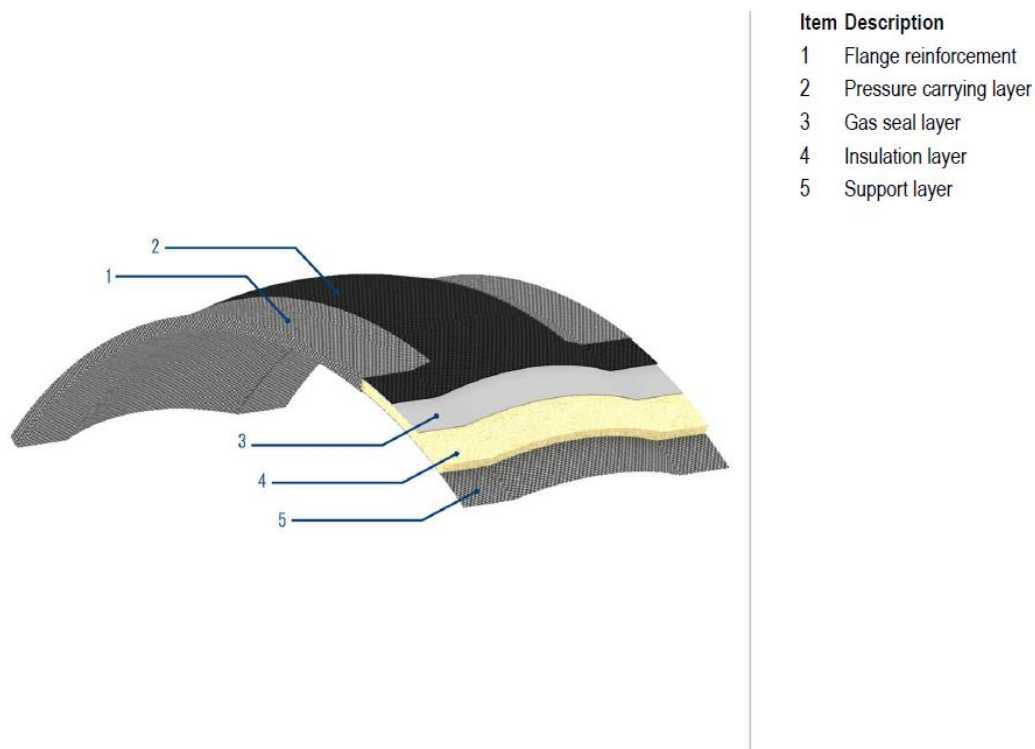
Toimittajan kanssa pidetyssä palaverissa käytiin AOD:n, CRK:n ja VKU:n palkeiden dokumentteja läpi. Lisäksi toimittajan kanssa käytiin myös kenttäkierroksella katsomassa palkeiden nykytilaa, jonka perusteella toimittaja esitti omat mielipiteensä ja ehdotuksensa palkeille suorittavista mahdollista vaihto- ja korjaustoimenpiteistä. Toimittajan havaintojen perusteella tarjouskyselyä varten tehtyyn taulukkoon lisättiin vielä AOD:n puhaltimien imupuolen 3 paljetta sekä AOD:n primäärikanavan palje P-18.

Toimittajalta sain myös neuvoja muutaman palkeen tarkempaan tarkastamiseen mahdollisia vuosihuollossa tehtäviä huolto- ja korjaustoimenpiteitä varten. Vuosihuollon aikataulu asettaa rajat palkeiden kunnostuksen laajuudelle ja näin ollen keskitytään kriittisimpiin kohteisiin. Toimittajan mukaan palkeiden korkea sijainti aiheuttaa myös omat haasteensa korjaus- ja vaihtotoimenpiteitä ajatellen.

Toimittaja löysi alkuperäiset kuvat arkistostaan AOD:n ja VKU:n kanavien kunnostusta vaativista palkeista. Näitä toimittajan laatimia kuvia ei Outokummun arkistosta löytynyt dokumentaation kartoitus vaiheessa. CRK:n palkeista ei toimittajan arkistosta löydetty materiaalia, joten CRK:n huoltotoimenpiteiden suunnittelussa käytetään Outokummun arkistosta löydettyjä dokumentteja.

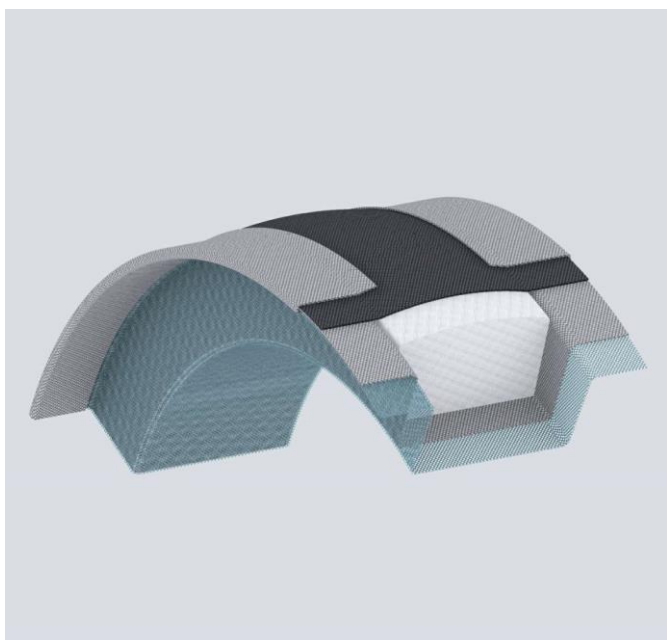
6.1 Toimittajan ehdotukset

AOD:n ja VKU:n kanavien palkeille toimittaja ehdottaa seuraavia toimenpiteitä: Neliskanttiset palkeet P-5, P-6, P-7 ja P-8 suositellaan vaihdettavaksi kokonaan, koska koko paketin vaihtaminen tulee halvemmaksi työtunnit huomioon ottaen kuin pelkkien kankaiden vaihto. Asennettavat neliskanttiset palkeet ovat alkuperäispiirustusten mukaan suunniteltuja. Lisäksi AOD:n primäärikanavan palje P-18 ja AOD:n puhaltimien kolme imupuolen paljetta tulee vaihtaa kokonaan. Primäärikanavan palje P-18 on suunniteltu myös alkuperäispiirustusten mukaan. Puhaltimien palkeiden tarkat rakennekuvat löytyivät puhaltimen mallilla ja näin ollen niihin asennetaan FLUAFLEX 25-X -mallin paljeratkaisut. Kokonaan vaihdettavat palkeet toimitetaan valmiiksi kokoonpantuina paketteina lukuun ottamatta puhaltimien palkeita. Kangasratkaisun rakennekuva on nähtävillä kuvassa 9.



KUVA 9. FLUAFLEX-mallin kankaan rakennekuva. Toimittajan mukaan materiaalit kankaan kerroksissa ovat seuraavat: Kerrokset 1 ja 5 ovat lasikuitukan-gasta. Kerros 2 on silikonilla päällystettyä muovia. Kerros 3 on teflonia ja kerros 4 on lasikuituhuopaa. (Eagle Burgmann. 2018 → PDF data sheet.)

Palkeiden P-4, P-10, P-12 ja P-13 osalta alkuperäiset rungot jätetään käyttöön ja niistä vaihdetaan kangasosat, jotka korvataan FLUAFLEX 40-X -mallin kankaalla. Eristyspatjoiksi ehdotetaan Bolster-eristepatjaa. Lisäksi palkeisiin asennetaan uudet kiristyspannat. Palkeista P-3, P-11, P-14, P-21, P-23 ja P-24 vaihdetaan kangasosat, jotka korvataan FLUAFLEX 25-X -mallin kankaalla ja kohteiden kiristyspannat uusitaan. Nämä kangasosat ja eristepatjat toimitetaan valmiiksi mitaan leikattuina paketteina. Eristeratkaisun rakenne kuva on nähtävillä kuvassa 10.



KUVA 10. BOLSTER-eristepatjan rakennekuva. Toimittajan mukaan eristepatjan eristevilla valitaan kohteen lämpötilojen mukaan ja sen ympärille asetellaan lasikuitukangasta. (Eagle Burgmann. 2018 → PDF data sheet.)

CRK:n huoltotoimenpiteitä vaativien palkeiden osalta toimittaja ehdottaa seuraavia toimenpiteitä. Primäärin jäähdyttämättömän ja jäähdytetyn kanavan osan välissä olevan palkeen kangasosa korvattaisiin FLUAFLEX 40-X -mallin kankaalla, joka on mitoitettu Outokummulla laaditun rakennekuvan mittojen mukaan. Lisäksi toimittajan mielestä tämän palkeen uudet kiristyspannatkin olisi hyvä varalta tilata. Ennen CRK:n jäähdytintä olevan palkeen huoltotoimenpiteiksi

toimittaja ehdottaa, että sen kangasosa korvattaisiin FLUAFLEX 40-X -mallin kankaalla. Eristeeksi ehdotetaan Bolster-eristepatjaa.

6.2 Kunnostustavan vaikutus kustannuksiin

Toimittajan mukaan palkeiden P-5, P-6, P-7 ja P-8 pelkkä eristeiden ja kankaan vaihto tulee kalliimmaksi kuin koko palkeen vaihto johtuen kankaiden ja eristeiden vaihtoon sisältyvistä työvaiheista. Jokaisessa palkeessa on käytetty taptite-ruuveja, jotka toimittajan mukaan yleensä katkeavat näin iäkkäissä rungoissa niitä irrottaessa. Tämän takia purkamisen jälkeen pinnat on hiottava tasaiseksi ja porattava uudet alkureiät kiinnityksille.

Palkeessa P-5 on toimittajan mukaan noin 240 reikää. Palkeen purkaminen ja uusien reikien valmistelu ja kankaan asentaminen vie kokeneemmaltakin asentajaparilta noin kaksi ja puoli päivää. Tähän verrattuna kokonaan uuden palje paketin vaihto vie asentajaparilta noin päivän, mikäli palkeen saaminen asennuskohteeseen onnistuu helposti.

P-6, P-7 ja P-8 palkeissa reikiä on 150-190 sen mukaan, mikä palkeista on kyseessä. Palkeiden kiinnitysruuvit katkeavat myös yleensä niiden irrotusvaiheessa. Uusi kiinnitys toteutetaan M10-pulteilla ja tätä varten joudutaan poraamaan suuremmat reiät runkoon sekä kiristyspantoihin. P-7 tapauksessa rungosta löytyi reikiä, joiden korjaaminen on toimittajan mukaan hidasta kohteessa. Toimittajan mukaan jokaisen palkeen kunnostustyö etenisi vaihtelevalla nopeudella sen mukaan, mikä kohde on kyseessä. Työ veisi arvioidusti noin puolitoista päivää asentajaparilta. Uuden palje paketin asennus taas veisi noin päivän asentajaparilta.

Palkeessa P-18 porattavaa ei pitäisi olla muutamaa pantojen lukitusreikää enempää. Tässä tapauksessa kankaan vaihtamiseen kuluva aika verrattuna koko palkeen vaihtoon määräytyy palkeen osien saamisesta asennuskohteeseen ja siihen kuluva ajasta. Toimittajan mukaan kangasosat vaihtaa noin reilussa päivässä, jos runkoa ei tarvitse korjailta. Mahdollisesti palkeen vaihdon voisi sisäl-

lyttää osaksi kohteen kanavan vaihtotyötä tulevassa vuosihuollossa. Palkeen sijainti on sellainen, että se mielestäni kannattavinta on vaihtaa koko palje samalla kun uusitaan kanavaa.

6.3 Asennussuunnitelmat ja tarjouskyselyt

Asennussuunnitelmien kohteeksi valittiin AOD:n puhaltimien imupuolen palkeiden vaihto sekä AOD:n primäärikanavan palkeen P-13 kunnostus. Työvaiheet taulukoitiin Word-dokumenttiin ja jokaisen vaiheen rinnalle lisättiin mahdolliset asennustyötä helpottavat ja selkeyttävät kuvat kohteesta. Jokaisen työvaiheen osalta mietittiin turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ja niiden huomioimista asennustyössä. Toimittajalta kysyttiin tarkentavia ohjeita palkeiden purku- ja asennusvaiheita varten. Asennussuunnitelmat laadittiin siitä huolimatta, vaikka ne on eritelty tarjouskyselyssä toimittajan tehtäväksi. En ollut aikaisemmin asennussuunnitelmia laatinut, joten näin sain kokemusta myös tästä työvaiheesta. Liitteenä 3 on asennussuunnitelma AOD:n puhaltimen imupuolen palkeiden vaihdosta.

Toimittajan antamien arvioiden ja ehdotusten pohjalta taulukoimistani vaihto- ja huoltotöitä vaativista palkeista laadittiin tarjouskyselyt suomeksi ja englanniksi Outokummun Word-pohjiin. Tarjouskyselyt sisältävät tietoa huoltotoimenpiteiden ajankohdasta ja laajuudesta. Lisäksi dokumentista tulee selville asennus ja toimitussisältö sekä Outokummun vaatimia työturvallisuusasioita toimittajalle. Työturvallisuusasioita varten tarjouskyselyn liitteenä on turvallisuussuunnitelma ja riskinarviointi lomakepohja, joka toimittajan on täytettävä jokaisesta asennuskohteesta.

7 RISKIENHALLINTA

Riskienhallinnassa suoritettiin palkeille yleisellä tasolla vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi. Palje jaettiin kolmeen osaan, jotka ovat runko, eriste ja kangas. Osien eri vika mahdollisuuksia pohdittiin ja ne taulukoitiin Exceliin. Vikamahdollisuuksien taulukoinnin jälkeen alettiin taulukkoon pohtia mahdollisia vianaiheuttajia. Vikamuodot pisteytettiin kriittisyytensä mukaan. Lisäksi pohdittiin jo olemassa olevia toimenpiteitä vikojen ennaltaehkäisemiseksi. Olemassa oleviin toimenpiteisiin kehitettiin parannuksia ja ennakoivia kunnossapito toimia palkeiden käytettävyyden parantamiseksi.

Toimittajan mielestä palkeelle ei ole oikein mitään elinkaaren aikana tehtäviä varsinaisia kunnossapitotöitä, vaan palkeen vaihto suoritetaan ennen käyttöään umpeutumista tai ongelmien esiintyessä sen aikana. Palkeiden ennakoivalla vaihtovälillä pyritään ehkäisemään ylimääräiset seisakit ja sitä kautta syntyvät tuotannon keskeytykset palkeiden osalta.

7.1 Vika-, vaikutus-, kriittisyysanalyysi

Korroosio ongelmat ovat yleisin syy palkeen hajoamiseen. Näitä esiintyy enemmän matalan lämpötilan kohteissa, joissa vesi ei höyrysty pois palkeen pinnalta sen lämpötilan vuoksi. Palkeen asennolla on vaikutusta sillä vesi voi jäädä seisomaan palkeen runkorakenteeseen ja aiheuttaa näin nopeammin korroosiota.

Terässulatolla nämä matalamman lämpötilankohteet ovat sekundäärikanavien palkeet sekä jäädyttimien jälkeiset ja savukaasulaitoksen läheisyydessä olevat palkeet. Korroosiojäljet ovat havaittavissa palkeen pinnalta silmämääräisesti ja sisäosien vaurioita on mahdollista lämpökuvata ulkopuolelta tuotannon aikana tai käydä kanavan sisällä tarkastuskierroksella seisakin yhteydessä. Palkeen viat tapahtuvat ketjureaktiona, joka alkaa virtauslevyn kulumisesta ja päättyy lopulta palkeen täyttymiseen pölystä ja sen puhkeamiseen tai jumiutumiseen. Palkeiden jumiutuminen osoittautui eniten pisteitä kerääväksi viaksi palkeiden vikoja pisteyttäessä niiden kriittisyyden perusteella. Jumiutuminen on seurausta muista palkeiden rakenteiden vioista ja näin ollen palkeet tulee vaihtaa ennakoivasti niiden käyttöään tiedettäessä olevan loppuvaiheessa. Jumiutuessaan palje ei enää

jousta prosessin vaiheiden mukaan. Palkeen ollessa jumissa tämä lämpötilan aiheuttama laajeneminen voi aiheuttaa jopa kanavan repeytymisen, josta seuraa sitten laajemmat toimenpiteet vuosihuoltoon kuin pelkkä palkeen vaihto.

Korkeimman lämpötilan kohteissa palkeita rasittavana tekijänä on lämpötilan vaihtelut, joiden seurauksena palje elää suunniteltujen liikevarojen verran. Jos nämä liikevarat on suunniteltu liian suuriksi, palkeen rakenne väsy nopeammin ja aiheuttaa näin huoltotoimenpiteitä ja sitä kautta käyttöiän alenemisen. Tätä liikkeiden aiheuttamaa väsymistä ennaltaehkäistään palkeiden suunnitteluvaiheessa, kun määritellään palkeille liikevaroja. Korkeamman lämpötilan kohteita ovat terässulatolla primäärikanavan palkeet konvertertien ja jäähdyttimien välisellä kanavan osalla. Liitteenä 4 on palkeesta täyttämäni vika-, vaikutus- ja kriittisyystaulukko.

7.2 Ennakoivat kunnossapidon toimet

Toimittaja lupaa palkeille käyttöiäksi noin 10 - 15 vuotta. Ennaltaehkäiseviksi toimenpiteiksi ehdotan siis määräaikaistarkastuksia, jotka jaksotettaisiin tasaisesti palkeen elinkaaren ajalle. Nykyään palkeiden tarkastukset on hoidettu kanavien tarkastusten yhteydessä silmämääräisesti kerran vuodessa vuosihuollon yhteydessä.

Palkeiden tarkastukset voidaan tulevaisuudessakin hoitaa Outokummun oman henkilökunnan voimin, mutta lisäksi ehdottaisin myös toimittajan tarjoamaa kunkartoitusta käytettävän määräaikoina esimerkiksi viiden vuoden välein. Outokummun henkilökunnan suorittamille tarkastuskierroksille silmämääräisen tarkastelun tueksi ehdottaisin lämpökamera tarkastelua, jonka avulla pystyttäisiin paremmin havainnoimaan palkeen sisäisiä vaurioita ulkopuolelta niitä tarkastessa. Ulkopuolelta tehtävät palkeiden tarkastukset voitaisiin myös suorittaa tuotannon aikana, jolloin palkeiden vaurioiden havainnointi helpottuisi.

Tuotannon aikana palkeissa olevat vuodot pystyttäisiin havaitsemaan myös kuulon avulla ja näin ne olisivat helpompi ja nopeampi paikantaa verrattaessa siihen, että imujuen ollessa pois niitä yritettäisiin silmämääräisesti etsiä. Tuotannon aikana lämpökuvaaminen myös mahdollistaa paremman materiaalin mahdollisista

vaurioista palkeissa. Toimittajan mukaan FLIR:llä on ohjelmisto, joka helpottaa ja mahdollistaa tarkempaa lämpökuvien analysointia ja käsittelyä. Itse en kerennyt tähän ohjelmistoon perehtymään työn aikana, mutta tulevaisuudessa mielestäni tämä ohjelmisto kannattaa Terässulatolla ottaa käyttöön palkeiden lämpökuvien tutkimukseen.

Tulevaisuudessa historiatietojen analysoinnilla ja palkeiden iän ennakkoinnilla voitaisiin sitten määrittää tarkempi aikaväli toimittajan tekemille kuntokartoituksille. Toimittajan laatimien kuntokartoitusraporttien tuloksia voidaan hyödyntää vuosi- huollon mahdollisiin palkeiden vaihto- ja kunnostustöihin. Oman henkilökunnan tarkastuskierrosten tuloksien tutkimuksen avulla voitaisiin määrittää, onko toimittajan kartoitukset kannattava suorittaa järjestelmä kerrallaan tietyn väliajoin vai kannattaako palkeet jakaa toimittajan tarkastuksissa esimerkiksi niiden olosuh- teiden ja käyttölämpötilan mukaan.

Palkeiden varaosien varastointi ei mielestäni ole kannattavaa huomioidessa pal- keiden käyttöikä ja niiden toimittajan lupaama toimitusaika, joka on 6 - 7 viikkoa tilauksesta. Vaikka prosessissa olisi palkeita joiden käyttöikä olisi alhaisempi esi- merkiksi liikkeiden johdosta, tarkalla tiedolla palkeiden kunnosta varmistettaisiin uusien palkeiden tilauksienkin sujuvuus vuosi- huoltojen vaihtotöitä ajatellen.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön alussa asetettu tavoite oli Outokumpu Tornion Terässulaton 1-linjan prosessien alkupään savukaasukanavien palkeiden käytettävyyden parantaminen. Opinnäytetyössä tehtiin palkeille dokumentaation ja kunnan kartoitus, joiden tulosten pohjalta valittiin palkeiden toimittajan kanssa mahdolliset vaihto- ja huoltotoimenpiteet tulevan vuosihuollon asettamien aikarajojen puitteissa. Näiden valintojen pohjalta luotiin tarjouskyselyt tarvittavista huoltotoimenpiteistä. Lisäksi AOD:n puhaltimien palkeiden vaihtoon ja AOD:n primäärikanavan palkeen P-13 kunnostukseen laadittiin asennussuunnitelmat. Toimittajan kanssa tehdyn yhteistyön ja keskustelujen pohjalta laadittiin palkeille riskienhallintaa vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin avulla ja sen kautta pohdittiin toimenpiteitä palkeiden vikojen ennaltaehkäisemiseksi ja ennakoivia kunnossapitotoimia palkeiden käytettävyyden parantamiseksi.

Dokumentaation kartoituksessa selvisi, että AOD:n ja VKU:n palkeista löytyy dokumentaatiota niiden mitoista ja niiden materiaalivaatimuksista olosuhteet huomioon ottaen. Vanhempien kanavien palkeiden paljekartta (liite 1) olisi mielestäni hyvä päivittää ajan tasalle sen laatimisen jälkeen tehtyjen muutosten vuoksi kanavistoissa. Dokumentissa on palkeita, joita ei enää ole järjestelmässä sekä AOD:n ja VKU:n savukaasukanaviin tehdyt muutokset eivät näy dokumentissa. Uudemmissa kanavissa olevista palkeista löytyi valmistajan laatimat tarkat rakennekuvat, jotka oli sisällytetty dokumenttien osaluetteloihin. Toimittajan kanssa yhteistyötä tehdessä selvisi, että toimittajan arkistoissa olivat myös vanhimpien kanavien palkeiden alkuperäiset valmistuspiirustukset palkeista, jotka oli suunniteltu löytämieni tarjouskyselyä varten tehtyjen dokumenttien pohjalta. Lisäksi palkeiden vaihto- ja korjaustoimenpiteitä pohtiessa AOD:n ja VKU:n järjestelmistä löydettiin virtauskaaviot, joissa laitosten suunnitellut virtaus- ja lämpötila-arvot ovat nähtävillä.

CRK:n kanavien palkeista rakennekuvia ei ollut yhtä kattavasti Outokummun arkistossa kuin AOD:n ja VKU:n kanavien palkeista. Rakennekuvat löytyivät kahdesta terässulatolla suunnitellusta paljerakenteesta. CRK:n savukaasulaitoksen sisään- ja ulostulon palkeista oli laitoksen suunnittelijan laatimat rakennekuvat

palkeista, mutta toimittajan mukaan ne eivät välttämättä ole paikkaansa pitävät. Jäljelle jäävistä CRK:n palkeista Outokummun arkistosta löytyi kanaviston valmistajan kokoonpanokuvat, joissa on nähtävillä palkeiden positio ja palkeen leveys. CRK:n savukaasulaitoksesta yritettiin etsiä virtauskaaviota, mutta sitä ei löytynyt verkkoarkistosta eikä terässulaton arkistossa olevista dokumenteista. Mielestäni CRK:n savukaasulaitoksesta kannattaisi laatia samanlainen virtauskaavio kuin AOD:n ja VKU:n laitoksista on jo olemassa. Paljekartan luominen tai palkeiden rakennekuvien sisällyttäminen nykyisten kanavan dokumenttien osaluetteloihin olisi kannattavaa tulevaisuudessa sitä mukaa kun palkeita uusitaan. AOD:n, CRK:n ja VKU:n dokumenttien päivitysehdotusten pohjalta laadittiin Excel-taulukko, johon linkitettiin päivitystä vaativat dokumentit ja kirjattiin kommentit päivitysehdotuksista.

Kuntokartoitus osoitti, että palkeet on ajettu yli niiden suositellun käyttöiän projektin piiriin kuuluvissa kohteissa. Toimittaja lupaa käyttöiäksi noin 10 - 15 vuotta, jonka jälkeen on viimeistään aloitettava ennakoivat vaihto- tai huoltotoimenpiteet. Kuntokartoituksessa käyttämäni lämpökuvaus tutkimusta suosittelisin käyttämään jatkossakin palkeiden tarkastelussa. Kuntokartoituksessa käytiin läpi myös palkeiden huoltohistoriaa, mutta historiaa ei löytynyt kuin lähivuosilta muutamana merkintänä. Kuntokartoituksesta Outokummulle jää kuvaamani lämpö- ja digitaalikuvaamateriaali ja niistä esitellyt havainnot. Ehdottaisin, että tulevaisuudessa palkeisiin liittyvään historiointiin panostettaisiin. Historian keräämisellä mahdollistetaan mahdollisimman tarkka vika-, vaikutus-, kriittisyysanalyysin teko kohdekohteelta ja näin mahdollistetaan ennustettavampi ja varmempi huoltosuunnitelma palkeille niiden käytettävyyden kannalta tulevaisuudessa.

Kuvattaessa kaukana olevia kohteita heräsi ajatuksia mahdollisuudesta lämpökameralla varustetun kauko-ohjatun lennokin käytöstä tällaisissa kohteissa. Lisäksi mahdollinen kohteiden lämpövideointi voisi myös olla toimiva ratkaisu palkeiden tarkastelussa. Tällainen videointi voitaisiin ottaa paljetta kuormittavimman prosessin vaiheen aikana. Videolta nähtäisiin mahdolliset palkeessa tapahtuvat lämpötilanmuutokset prosessin vaiheen aikana laajemmin kuin pelkkää kuvaa

tarkastellessa. Kyseisiä menetelmiä voisi käyttää myös muissa lämpötilatarkastelusta hyödyllistä tietoa saatavissa kohteissa silmämääräisen tarkastelun tukena terässulatolla.

Palkeille valittiin toimittajan kanssa kannattavat huoltotoimenpiteet huomioiden vuosihuoltoseisakin aikataulu. Kaikkia kunnostusta vaativia palkeita ei tarvinnut toimittajan mielestä vaihtaa kokonaan vaan niistä uusitaan kankaita ja eristeitä. Huoltotoimenpiteitä valittaessa vertailtiin myös työmenetelmien vaikutusta lopullisiin kustannuksiin. Vertailussa kävi ilmi, että neliskanttisten palkeiden vaihtaminen kokonaan tulee edullisemmaksi kuin pelkkien kankaiden ja eristeiden vaihto, kun otetaan huomioon niihin kuluvat työtunnit. Toimittajan ehdotusten pohjalta luotiin sitten tarjouskyselyt huoltoa vaativista palkeista. AOD:n puhaltimien palkeiden vaihdosta ja primäärikanavan palkeen P-13 kunnostuksesta laadittiin asennussuunnitelmat.

Riskienhallintaa suoritettiin vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin avulla, joka taulukoitiin Exceliin. Tulevaisuudessa taulukkoa on mahdollista hyödyntää muihinkin Terässulaton savukaasujärjestelmien palkeille kuin vain projektiin kuuluviin palkeisiin. Riskienhallinnan pohdinnan tuloksena saatiin mahdollisia ennakoivia kunnossapidon toimia palkeiden käytettävyyden parantamiseksi. Ennakoivia toimia ovat jo olemassa oleva Outokummun henkilökunnan suorittamat tarkastuskierrokset, joihin lisättäisiin tuotannon aikana tehtävä lämpökamera kuvaus ja mahdolliset ulkopinnan tarkastukset. Näiden tarkastusten tueksi ehdotetaan myös toimittajan suorittamaan kuntokartoitusta aika ajoin. Oman henkilökunnan tarkastukset jaksotettaisiin tasaisesti vuoden välein palkeen elinkaaren ajalle ja näiden tulosten pohjalta pystyttäisiin jaksottamaan mahdollisten toimittajan suorittamien kartoitusten ajankohtaa. Toimittajan tekemien kuntokartoitusten tuloksia pystyttäisiin hyödyntämään mahdollisia vaihtotoimenpiteitä miettiessä vuosihuoltoihin. Kartoitukset antaisivat myös toimittajalle kuvan tilanteesta vuosihuollon töitä ajatellen, joka sitten helpottaisi asennusten suunnittelua. Palkeiden käytettävyys paranee mielestäni tarkoilla säännöllisillä eri osapuolten suorittamilla jaksotetuilla tarkastuksilla ja niiden historioinnilla sekä palkeiden vaihdon ennakoinnilla käytöä ja tarkastuksista saatujen tulosten pohjalta.

LÄHTEET

ALSTOM Toimintaselustus. 2004. Word-dokumentti. Tornio: Outokummun sisäinen intranet. Outokumpu Stainless Oy. Hakupäivä 8.11.2018.

Fluaflex expansion joints. 2018. Eagle Burgmann. Saatavissa: <http://eagle-burgmann-ej.com/en/products/expansion-joints/fabric-expansion-joints/fluaflex-br-expansion-joints>. Hakupäivä 18.12.2018.

Järviö, Jorma – Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.

Me olemme Outokumpu. 2018. Powerpoint-esitys. Tornio: Outokummun sisäinen intranet. Outokumpu Stainless Oy. Hakupäivä 5.11.2018.

Mikkonen, Henry – Miettinen, Juha – Leinonen, Pertti – Jantunen, Erkki – Kokko, Voitto – Riutta, Erkki – Sulo, Petri – Komonen, Kari – Lumme, Veli Erkki – Kautto Juha – Heinonen, Kari – Lakka, Sami – Mäkeläinen, Risto 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.

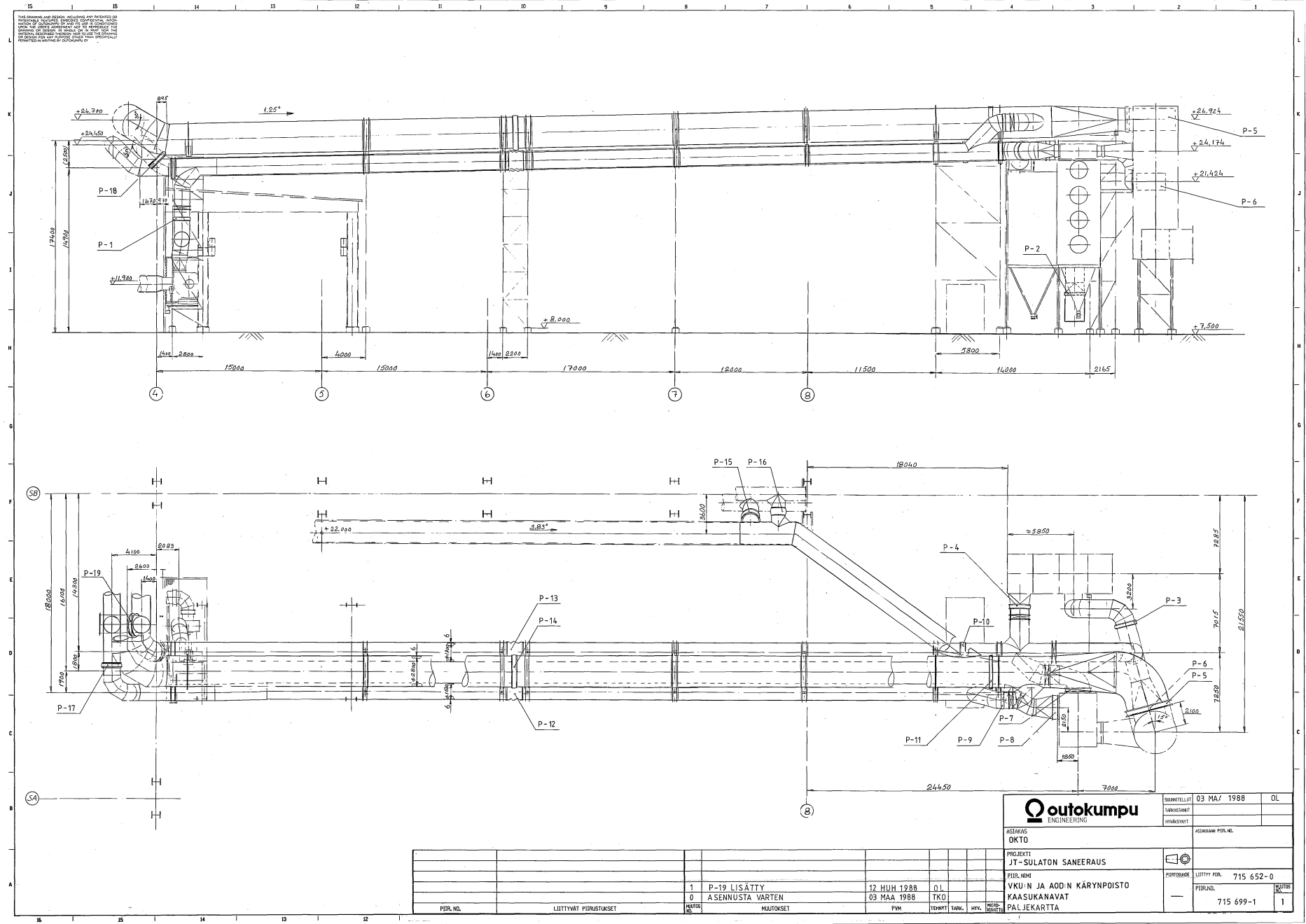
Moubray, John 1992. Reliability-centered Maintenance Second Edition. New York: Industrial Press Inc.

Romakkaniemi, Iivari 2018. Käyntivarmuussuunnittelija, Outokumpu Stainless. Keskustelut 14.11.2018.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 31010. 2013. Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

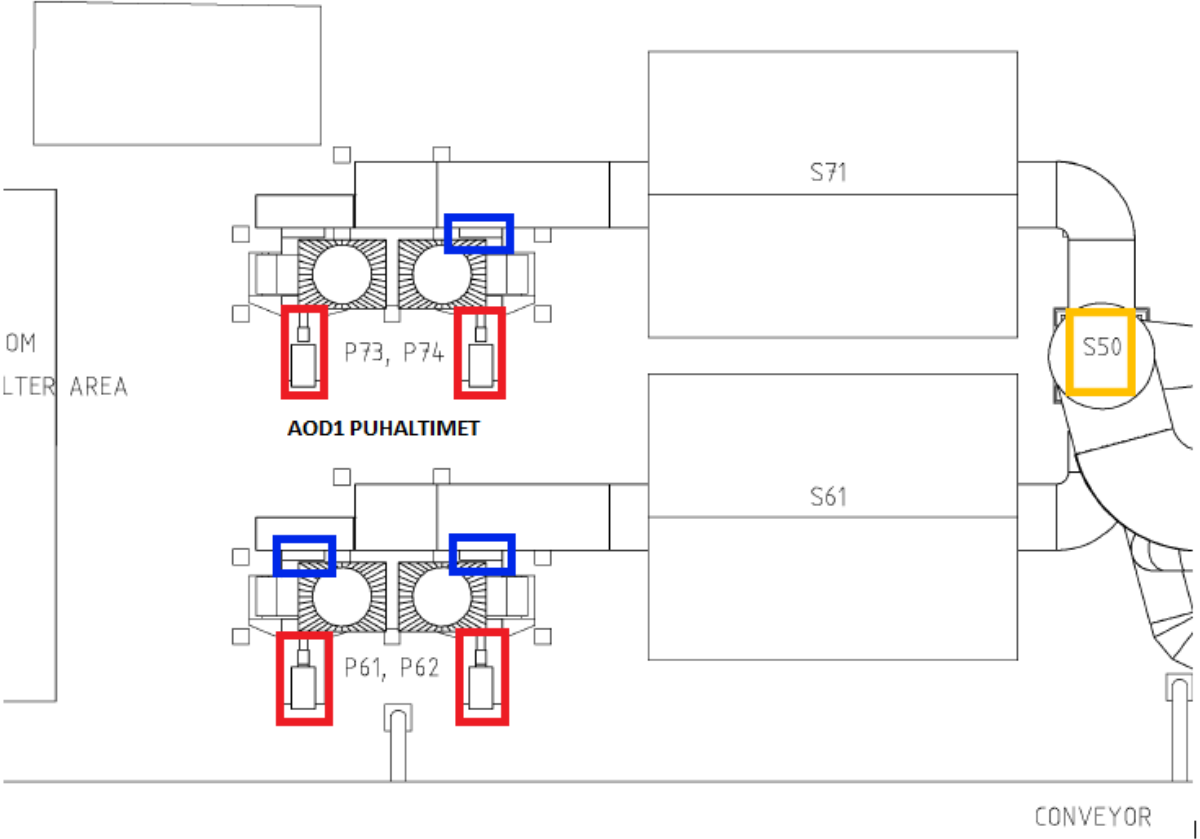
Terässulatto Tornio. 2018. Powerpoint-esitys. Tornio: Outokummun sisäinen intranet. Outokumpu Stainless Oy. Hakupäivä 5.11.2018.



Outokumpu ENGINEERING		SEKUNNITTELIIT	03 MA / 1988	DL
ASIAKAS OKTO	PROJEKTI JT-SULATON SANEERAUS	TARKISTAMIT		
		HYVÄKSYNYIT		
		ASIAKASN PIR.NR.		
		PIIRUSTUKSE	LIIITYY PIR.	715 652-0
			PIIRUNN.	
				715 699-1
				1

PIIR.NR.	LIITYNYT PIIRUSTUKSET	MUUTOKSET	PVM	TYÖN TARK.	HYV.	HEIKKILÄ
1	P-19 LISÄTTY		12 HUH 1988	DL		
0	ASENNUSTA VARTEN		03 MA 1988	TKO		

AOD1 Savukaasulaitoksen puhaltimien imupuolen palkeiden vaihto



Työvaihe	Kuvat	Turvallisuus
<p>1. Ilmoittautuminen AOD1 valvomoon</p>		<p>Valvomossa olevaan seisakkikansioon kirjataan: nimi, yritys, puhelinnumero & työkohte.</p> <p>Jokaisen työhön osallistuvan asentajan nimi ja tiedot tulee kirjoittaa erilliselle riville.</p> <p>Lisäksi ilmoitetaan asiasta vielä suullisesti operaattorille.</p>
<p>2. Turvalukitukset</p> <p>Ennen turvalukitusten laittamista tarkastetaan, että puhaltimien sulkupellit ovat kiinni. Jos sulkupellit ovat auki ne haittaavat palkeen asennusta. Huolehditaan samalla myös peltien hydraulikka kiinni. Hydrauliikkakoneikko on kuonapata-ajoneuvojen parkkipaikan vieressä.</p> <p>Asennetaan turvalukot AOD1:n savukaasulaitosten puhaltimien moottoreihin ja työnjohtaja huolehtii, että myös puhaltimien sulakkeet poistetaan asennustöiden ajaksi.</p>	 <p>Turvakytkimet löytyvät puhaltimien moottorien huoltotasoilta.</p> <p>Sulkupeltien hydraulikkakoneikko</p>	<p>Vaihtotyö voidaan aloittaa vasta kyseisten toimenpiteiden jälkeen työnjohtajan antaessa siihen luvan.</p> <p>Lukituksilla ja sulakkeiden poistolla varmistetaan puhaltimien moottorien odottamaton käynnistyminen vaihtotöiden aikana.</p> <p>Sulkupeltien hydraulikan sulkemisella varmistetaan peltien odottamaton aukeaminen asennustöiden aikana ja näin vältetään litistymisvaara.</p> <p>4 turvalukko Lukitaan AOD1:n puhaltimien moottorit P61, P62, P73 & P74.</p> <p>1 turvalukko Hydrauliikkakoneikkoon</p> <p>Työnjohtaja huolehtii sulakkeiden poiston.</p> <p>Testataan vielä lukitusten laiton jälkeen, että puhaltimen moottorit eivät käynnisty ja että pellit eivät liiku.</p>

3. Vanhojen palkeiden irrotus

Irrotetaan vanhat imupuolen **palkeet** ja niitä paikkaavat systeemit AOD1:n savukaasulaitoksen puhaltimista P61, P62 & P74.

Irroitusta ja asennusta varten rakennutetaan telineet, joilta irrotus ja uuden asennus on mahdollista. Telineiden rakennus niin, että toiselta puolen pääsee telineitä pitkin ylös ja toiselta puolen onnistuu palkeen uittaminen paikalleen.

Irroitetaan kuvissa nuolilla osoitetut lipat palkeiden päältä asennustöiden ajaksi.

Irrotetaan vanhat pultit kanavan laipasta ja sulkupellin laipasta pulttikoneella ja 19mm kiintoavaimella.

Lisäksi irrotetaan kumimatot ja mahdolliset vanhat virtauslevyt.

P74-puhaltimen palkeesta irrotetaan liinalla kiritty pelti myös pois.

Vanhat palkeen osat lavalle ja trukilla pois kohteesta.



Jos tulitöitä, niin vaaditaan tulityölupa 1.linjan vuorotyönjohtajalta.

Irrotus tapahtuu telineiltä, jotta vältetään putoamisvaara.

Liinalla kiristetyn pellin irrotuksessa varovaisuutta, sillä pelti voi olla jännityksessä

Kerätään palkeiden irrotuksessa syntyvä jäte trukkilavoille, joilla helppo kuljettaa pois työkohteesta.

4. Uusien palkeiden asennus

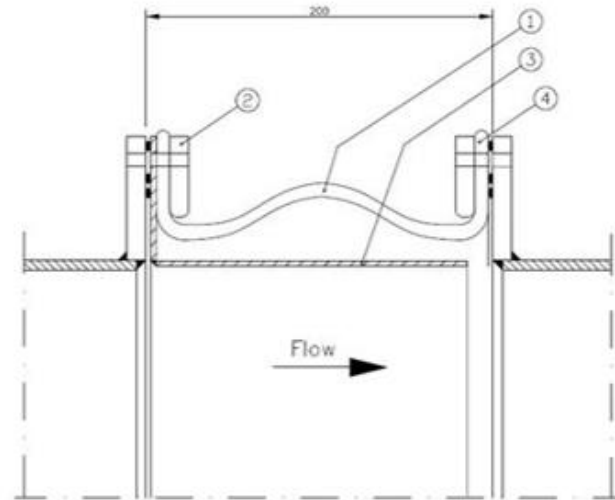
Asennetaan uudet imupuolen **palkeet** AOD1:n savukaasulaitosten puhaltimiin P61, P62 & P74. Kuvassa nähtävillä palkeen rakennekuva.

Palkeet kasataan maassa valmiiksi pakettiksi asentamisen helpottamiseksi. Laipat kohdistetaan ja kiinnitetään väliaikaisesti kankaaseen vaikka nippusiteillä, jotta paketti pysyy kasassa palkeen paikalleen nostamisen ajan. Paketilla tarkoitetaan osia kiristyslaipat (2), virtauslevy (3) ja kangasosa (4), jotka nähtävillä viereisessä kuvassa. Kasattu paketti painaa noin 70kg, joten se kannattaa nostaa taljalla ylös asennuksen helpottamiseksi. Tätä varten palkeen yläpuolella olevaan H-palkkiin (140x140) (viereisessä kuvassa osoitettu nuolella) oksalla varustettu nostoapuväline(kissa), jotta talja saadaan suoraan palkeen yläpuolelle. Nostoapuväline on siirrettävä, joten sitä voidaan käyttää jokaisen palkeen vaihdossa ja palkeen paikalleen uittamisessa.

Nostetaan paketti trukilla pystyyn asennuskohteen vieressä ja laitetaan liina palkeen ympärille (kangasosan ulkopintaa vasten) ja liinan lenkit kiinnitetään taljan koukkuun. Silmukallinen liina yltää 5 metrin tonnin liina yltää palkeen ympärille.

Uitetaan palje nostoapuvälineellä(kissa) paikalleen ja nostetaan taljalla oikeaan korkeuteen.

Uudet M12x80 pultit ja niihin mutterit joita 28 kpl per laippa.
Pulttien kiristykset valmistajan antamien ohjeavojen mukaisesti.



Palkeen paikalleen nostossa käytetään apuna mahdollisia nostoapuvälineitä taljaa. Paketin paino noin 70kg niin ei aleta käsin repimään.

Paljetta taljan varassa liikutellessa kiinnitettävä huomiota varovaisuuteen työskentelyssä sillä liitistymisvaara.

Palkeiden kiinnitys tapahtuu telineiltä, jotta vältetään putoamisvaara.

Jos teräviä työkaluja joudutaan käyttämään palkeen asennuksessa, niin palje on suojattava näiden töiden ajaksi, ettei siihen synny vaurioita.

<p>5. Työn lopetus</p> <p>Tarkastetaan palkeiden kiinnitykset. Kerätään mahdolliset roskat ja terävät esineet pois palkeiden läheisyydestä ja työalueelta.</p> <p>Poistetaan turvalukitukset puhaltimien moottoreista ja hydrauliikkakoneikosta. Työnjohtaja huolehtii sulakkeet takaisin paikoilleen kaikkien työvaiheiden jälkeen.</p> <p>Tämän jälkeen ilmoitaudutaan AOD1:n valvomoon.</p>		<p>Työalueen siivoaminen työstä aiheutuneista jätteistä.</p> <p>Ilmoitus työnjohtajalle työn valmistumisesta, jonka jälkeen turvalukitusten poisto ja sulakkeiden takaisin laitto työnjohtajan luvalla.</p> <p>AOD1:n valvomoon ilmoittautuminen ja seisakkikansioon kuittaus työalueelta poistumisesta.</p>
--	--	--

