



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Suomen soodakattilat, tuhkan koostumus ja
määrä eri kuormatilanteissa**

**Markus Nieminen, Jaakko Tiainen
AFRY Finland Oy**

30.10.2024

Raportti 7/2024

(16A0913-E0239)

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 9.2.2023, esitelmät
Sokos hotelli Seurahuone, Kotka, MM Kotkamills
(16A0913-E0222) 9.2.2023
- 2/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2022
(16A0913-E0223) 20.4.2023
- 3/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kattilalaitoksen sähkötekniset turvajärjestelmät
Riku Kilpivuori ja Otto Laakkonen
Savonia Ammattikorkeakoulu
(16A0913-E0224) 4.5.2023
- 4/2023 Finnish Recovery Boiler Committee
Recommendation for glad welding penetration of wall and floor composite tubes in black liquor
recovery boiler furnace
Andritz Oy, Inspecta Tarkastus Oy, Replico Oy, Valmet Technologies Oy, Durability sub-committee
(16A0913-E0225) 8.6.2023
- 5/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Viherlipesakan POP-yhdistetutkimus
Ympäristötyöryhmä
(16A0913-E0226) 19.6.2023
- 6/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Towards carbon-negative future of the pulp and paper industry
Kasper Heikkilä, LUT-yliopisto
(16A0913-E0227) 19.6.2023
- 7/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Tulistimien maksimipintalämpötilalisan muutos kattilan koon funktiona
Tulistinprojekti Osat I & II
Jussi Saari, Esa Vakkilainen, LUT-yliopisto
(16A0913-E0228) 19.6.2023
- 8/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2.11.2023
Helsinki Congress Paasitorni
(16A0913-E0229) 2.11.2023
- 9/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan tuhkan suolojen erotus ja hyötykäyttömahdollisuudet
Jenna Ylimäki, Oulun yliopisto, Prosessitekniiikan tutkinto-ohjelma
(16A0913-E0230) 22.12.2023
- 10/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Polttolipeän jatkuvatoimisten mittalaitteiden luotettavuus
Tuuliina Petrelius, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
(16A0913-E0231) 22.12.2023
- 11/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Järjestelmien välinen tiedonsiirto soodakattilalla – esimerkkinä OPC UA
Jan Lehmusvirta, Tampereen ammattikorkeakoulu, Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
(16A0913-E0232) 22.12.2023

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 25.1.2024, esitelmät
Hotelli Oscar Varkaus / Stora Enso Oyj, Varkauden tehdas
(16A0913-E0233) 25.1.2024
- 2/2024 -
(16A0913-E0234)
- 3/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Selvitys soodakattiloiden tulenkestävien massausten kuivumisajoista
Verner Nurmi, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
(16A0913-E0235) 15.4.2024
- 4/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2023
(16A0913-E0236) 18.4.2024
- 5/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Korkean kappaluvun vaikutus mustalipeän ominaisuuksiin
Antti Kähäri, Savonia-ammattikorkeakoulu
(16A0913-E0237) 6.5.2024
- 6/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 24.10.2024
Lapland hotels Arena, Tampere
(16A0913-E0238) 24.10.2024
- 7/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Suomen soodakattilat, tuhkan koostumus ja määrä eri kuormatilanteissa
Markus Nieminen, Jaakko Tiainen, AFRY Finland Oy
(16A0913-E0239) 30.10.2024

Raportti

Yhteyshenkilö**Markus Nieminen****Jaakko Tiainen****Puhelin****+358 10 33 22525 (M. Nieminen)****+358 45 124 9261 (J. Tiainen)****Sähköposti****markus.nieminen@afry.com****jaakko.tiainen@afry.com****Pvm****30/10/2024****Projekti****101026151-001**

Suomen soodakattilat - tuhkan koostumus ja määrä eri kuormatilanteissa – OSA 1

Esipuhe

Soodakattilayhdistys on tilannut AFRY Finland Oy:ltä haastattelututkimuksen aiheesta "Suomen Soodakattilat, tuhkan koostumus ja määrä eri kuormatilanteissa". Tavoitteena oli saada kattava katsaus tehtaiden tilanteesta mahdollisen tuhkaongelman ja siihen liittyvien tekijöiden jatkotutkimustarpeen arvioimiseksi.

Työ on tehty Lipeätyöryhmän aktiivisessa ohjauksessa. Lämpimät kiitokset koko työryhmälle valaisevista keskusteluista ja asiantuntevista neuvoista työn aikana.

Vantaa, 30.10.2024**AFRY Finland Oy****Markus Nieminen****Jaakko Tiainen****Tuija Vartia**

Raportti

Sisällys

1	Johdanto.....	3
2	Haastattelukysymykset.....	3
3	Haastatteluiden tulokset	4
3.1	Tulistin	4
3.2	Keittopinta	5
3.3	Ekonomaiseri	5
3.4	Savukaasukanava ja sähkösuotimet.....	6
4	Haastatteluissa kerätty tieto soodakattiloista.....	7
5	Yhteenveto haastattelun tuloksista	7
6	Haastattelukysymyksiä projektin osaa 2 varten.....	9

Raportti

1 Johdanto

Tämä projekti on ensimmäinen osa Soodakattilayhdistyksen projektia, jonka tavoitteena on tutkia ja analysoida soodakattilan likaantumista, erityisesti savukaasukanavistossa sijaitsevan hanhenkaulan likaantumista.

Yksi syy soodakattiloiden suunnittelemattomille käyttökeskeytyksille on lentotuhkasta johtuva lämpöpintojen likaantuminen ja lopulta tukkeutuminen. Lisäksi isot tuhkakerrostumat voivat pudota kerralla alas rikkoen esimerkiksi putkistoa tai sähkösuodatinta.

Tässä projektin ensimmäisessä osassa kartoitettiin Suomalaisten soodakattiloiden likaantumista haastattelemalla tehtaiden Soodakattilayhdistyksen yhdyshenkilöiltä. Haastatteluiden tavoitteena oli selvittää missä kohdissa soodakattilaa ja savukaasukanavistoa likaantumista ilmenee. Raportti perustuu haastatteluissa kerättyihin tietoihin. Yhdyshenkilöiden haastattelut suoritettiin elo- ja syyskuun aikana 2024.

2 Haastattelukysymykset

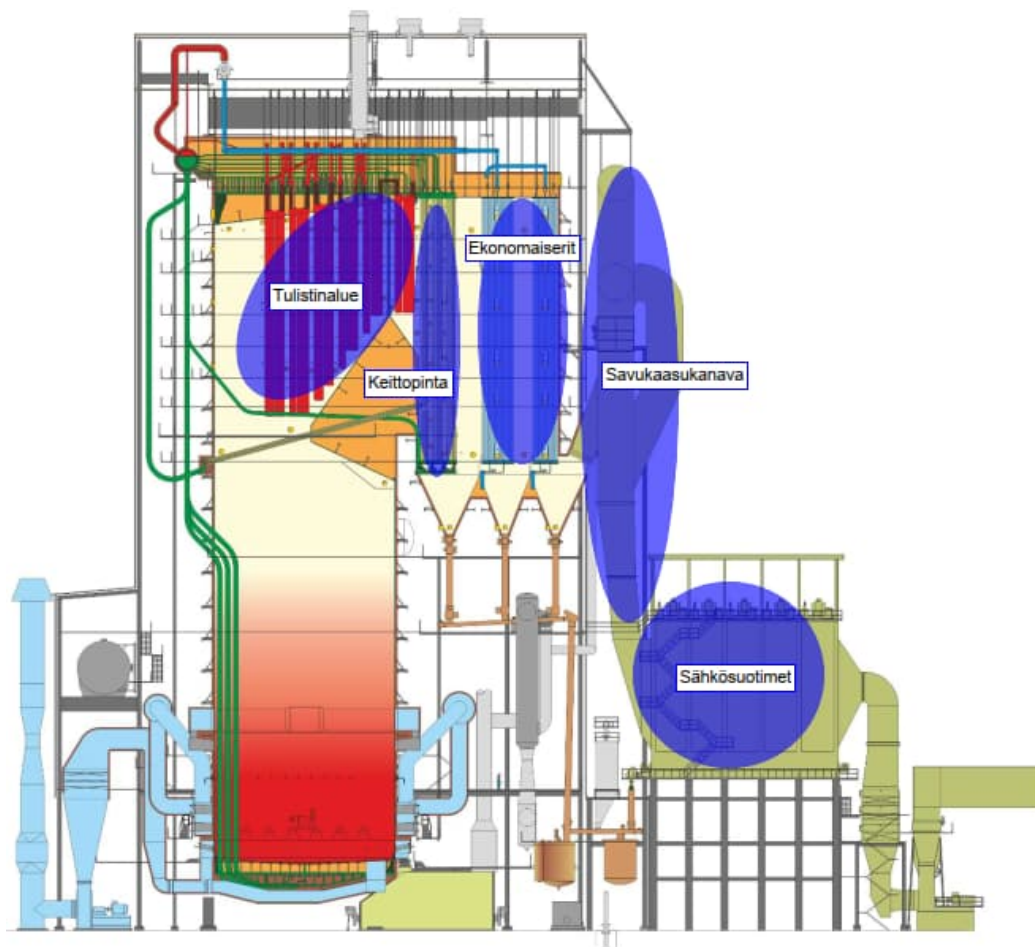
Alla on listattu haastatteluissa käytetyt kysymykset:

1. Mitkä kohdat kattilassa/savukaasukanavistossa likaantuvat? Likaantumiskohdat merkitään soodakattilan poikkileikkauskuvaan.
2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?
3. Onko likaantumiskohtia, kuten hanhenkaulaa kuvattu?
4. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
5. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
6. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?
7. Soodakattilan polttoliipeäkuorma (virgin) ja kuiva-aine (virgin)?
8. Muut polttoaineet?
9. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?
10. Syöttöveden lämpötila?
11. K-pitoisuus (jos tiedossa ja mistä mitattu)?
12. Cl-pitoisuus (jos tiedossa ja mistä mitattu)?
13. Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?

Raportti

3 Haastatteluiden tulokset

Haastatteluissa ilmenneet likaantumiskohdat on tässä raportissa jaettu neljäksi eri alueeksi: tulistin, keittopinta, ekonomaiserit, sekä savukaasukanava/sähkösuotimet, kuva 1.



Kuva 1. Soodakattilan likaantumiskohtien jaottelu

3.1 Tulistin

Viisi tehdasta (B, E, H, I ja J) raportoi, että heillä on aikaisemmin ollut haasteita tulistimien likaantumisen (carry-over) kanssa mutta nyt likaantuminen on saatu hallintaan. Tehtaat ovat tehneet muutoksia soodakattilan ajomalliin (polttolipeän ruiskutusparametreihin ja ilmanjakoon). Tehtaalla I soodakattilan nokkaa on typistetty ja tehtaalla B polttolipeän laatu on tasaisempi johtuen mäntyöljylaitoksen saannon parantumisesta (polttolipeässä oleva suopa häiritsee polton ohjausta).

Lisäksi kahdella tehtaalla (E ja J) on aikaisemmin syntynyt tukkeumaa (kami) kattilan etuseinän ylänurkkaan. Pudotessaan isot kamit ovat taivuttaneet/rikkoneet verhoputkia.

Raportti

Molemmilla tehtailla on lisätty nuohoimet likaantuvalla alueella ja tehtaalla E on muutettu lisäksi ilmajakoa, jolloin kamin muodostus on vähentynyt.

3.2 Keittopinta

Kolme tehdasta (C, H, I) raportoivat, että heillä on haasteita keittopinnan likaantumisen kanssa. Tehtailla likaantumisongelmaa on pyritty välttämään lisäämällä nuohoimia keittopinnoille. Lisätyt nuohoimet ovat vähentäneet keittopinnan tukkeutumista, mutta pitkään ajettaessa suurella kattilakuormalla keittopinta tukkeutuu.

Keittopinnan likaantumisongelma ei rajoita tehtaiden tuotantoa. Tehtaalla H suoritetaan kuitenkin soodakattilan suunniteltu vesipesu noin 12 kk välein likaantumisesta johtuen (kattilan tarkastusväli on 24 kk).

Lisäksi kaksi tehdasta (A ja B) raportoivat keittopinnan likaantumisen olleen aikaisemmin haasteena. Tehtaalla A on tapahtunut tuhkan sintraantumista keittopinnalle, kun pH on ollut alle 10. Tehtaalla B keittopinnan likaantuminen vähentyi, kun mäntyöljylaitoksen saanto parantui.

3.3 Ekonomaiseri

Kolmella tehtaalla (B, C ja J) raportoitiin likaantumisongelmista ekonomaisereilla (eko). Likaantuvat kohdat ovat varsinkin ekojen sisään- ja ulostulot, joissa virtausnopeus kasvaa, mutta myös tasaisesta likaantumisesta ja ekossa olevaan ulkonevaan lenkkiin kertyvästä tuhkasta raportoitiin. Tehdas B kertoi, että ekot puhdistuvat luonnollisella kuorman vaihtelulla, jossa lämpötila vaihtelee ja tuhka irtoaa lämpöpinnoilta. Tehtaalla C on tehty muutoksia ekojen nuohoukseen, mikä on auttanut vähentämään likaantumista, mutta suurella kattilakuormalla pitkään ajettaessa ilmenee tukkeutumista. Tehtaalla J likaantumisen syyksi on myös epäilty, että nuohous ei ole ollut riittävää.

Myös tehtaalla I ekojen likaantuminen on ollut aiemmin ongelmana, mutta se on vähentynyt nuohoinparin lisäyksellä.

Kolme tehdasta (A, B ja C) raportoivat ekonomaisereiden ja keittopinnan alapuolella olevien suppiloiden likaantumisesta. Tehtaalla A viimeiseen suppilon laidoille ennen savukaasukanavaa kertyy tuhkaa sähkösuodattimen vinokuorman takia. Suppilo on mitoiltaan liian leveä ja sähkösuotimille on epäsymmetrinen imu niiden kokoerojen takia, minkä takia savukaasun virtaus suppilossa aiheuttaa tuhkan kertymistä sen laidoille. Tehtaalla C suppilot tukkeutuvat keittopinnalta ja ekonomaisereilta putoavasta kamista. Kamien aiheuttamien tukkeutumisten estämiseksi suppiloihin on asennettu tärytinvasarat.

Raportti

3.4 Savukaasukanava ja sähkösuotimet

Tehtaat B ja C raportoivat, että savukaasukanavan likaantuminen vaatii toimenpiteitä ajojakson aikana.

Tehtaalla B haasteena on ekonomaiseri 1 jälkeen tuleva savukaasukanavan mutka ns. hanhenkaula. Kyseisessä kohdassa kanava kääntyy ja kapenee (savukaasun virtausnopeus kasvaa). Tukkeutunut kanava avataan räjäytyspuhdistuksella ajojakson aikana tai viimeistään ennen huoltoseisokkia. Mikäli kanavaa ei puhdisteta ennen huoltoseisokkia suuri määrä tuhkaa romahtaa hallitsemattomasti tukkien tuhkasuppilot mahdollisesti vaurioittaen niitä. Hallitsemattomasti putoava tuhka on myös vaaraksi huoltotyöntekijöille.

Tehtaalla C haasteena on tuhkan kertyminen savukaasukanavan yläosan mutkaan, jossa kanava menee ylös ja tulee sitten alas. Tuhkan kertymisen ehkäisemiseksi kanavaan on asennettu ääninuohous, mutta ei ole ollut tarpeeksi tehokas estämään tuhkakasan muodostumista ajojakson aikana. Tukkeutunut kanava avataan räjäytyspuhdistuksella.

Lisäksi neljä tehdasta (D, F, G, I) kertoi tuhkan kertymisestä savukaasukanavaan mutta se ei ole vaikuttanut soodakattilan käytettävyyteen. Ainoa toimenpide on ollut puhdistus ennen huoltoseisokkia. Likaantumista on havaittu kohdissa, joissa savukaasun virtauksen suunta muuttuu tai kanavassa on pintoja joihin tuhka voi kasaantua, kuten savukaasukanavan poikkipalkit (tehdas F), savukaasun ohjauspellit (tehdas G) ja savukaasukanavan yläosassa oleva mutka (tehdas D).

Kolmella tehtaalla (A, B, G) raportoitiin likaantumista sähkösuotimen sisääntulon liuskassa tai tuloverhoissa, joiden tarkoitus on saada tasainen virtaus sähkösuodattimeen. Likaantumista hallitaan kolistelemalla paineilmavasaroilla.

Raportti

4 Haastatteluissa kerätty tieto soodakattiloista

Haastatteluissa selvitettiin myös soodakattiloiden taustatietoja, mukaan lukien kalium- ja klooripitoisuudet. Taulukko 1 on esitetty tehtaiden raportoimat (lihavoidut) pitoisuudet, jotka on mitattu joko polttolipeästä tai lentotuhkasta. Karkean vertailun vuoksi, tehtaiden ilmoittamat pitoisuudet muunnettu mustalipeästä lentotuhkaan käyttämällä kaliumille rikastumiskerrointa $2,5 \text{ K-}\%_{\text{lentotuhka}}/\text{K-}\%_{\text{mustalipeä}}$ ja kloorille kerrointa $4 \text{ Cl-}\%_{\text{lentotuhka}}/\text{Cl-}\%_{\text{mustalipeä}}$. Vertailussa on kuitenkin huomioitava että rikastumiskerroin vaihtelee tehdaskohtaisesti ja soodakattilan likaantumiseen/korroosioon vaikuttavat Cl- ja K-pitoisuudet ovat myös tehdaskohtaisia ja siihen vaikuttaa mm. tuorehöyryn arvot ja valitut tulistinmateriaalit.

Taulukko 1. Soodakattiloiden K- ja Cl-pitoisuudet polttolipeässä ja lentotuhkassa. Tehtaiden raportoimat luvut ovat lihavoiduina.

Tehdas	K-pitoisuus [%]		Cl-pitoisuus [%]	
	Polttolipeä	Lentotuhka	Polttolipeä	Lentotuhka
A	1,41	2,81	0,15	0,60
B	1,85	3,70	0,15	0,59
C	1,25–1,35	2,50–2,70	0,38–0,60	1,50–2,40
D	1,10	2,20	0,69	2,77
E	2,25	4,50	0,16	0,63
F	1,90	3,80	0,15	0,76
G	2,18	4,36	0,27	1,35
H	2,70	5,40	0,13	0,65
I	2,87	5,74	0,24	1,20
J	4,20	8,40	0,61	3,03
K	1,90–2,90	3,80–5,80	0,01–0,08	0,05–0,32

5 Yhteenveto haastattelun tuloksista

Haastatteluiden perusteella soodakattiloiden likaantuminen/tukkeutuminen ei tällä hetkellä ole säännöllinen ongelma, joka johtaisi suunnittelemattomiin käyttökeskeytyksiin.

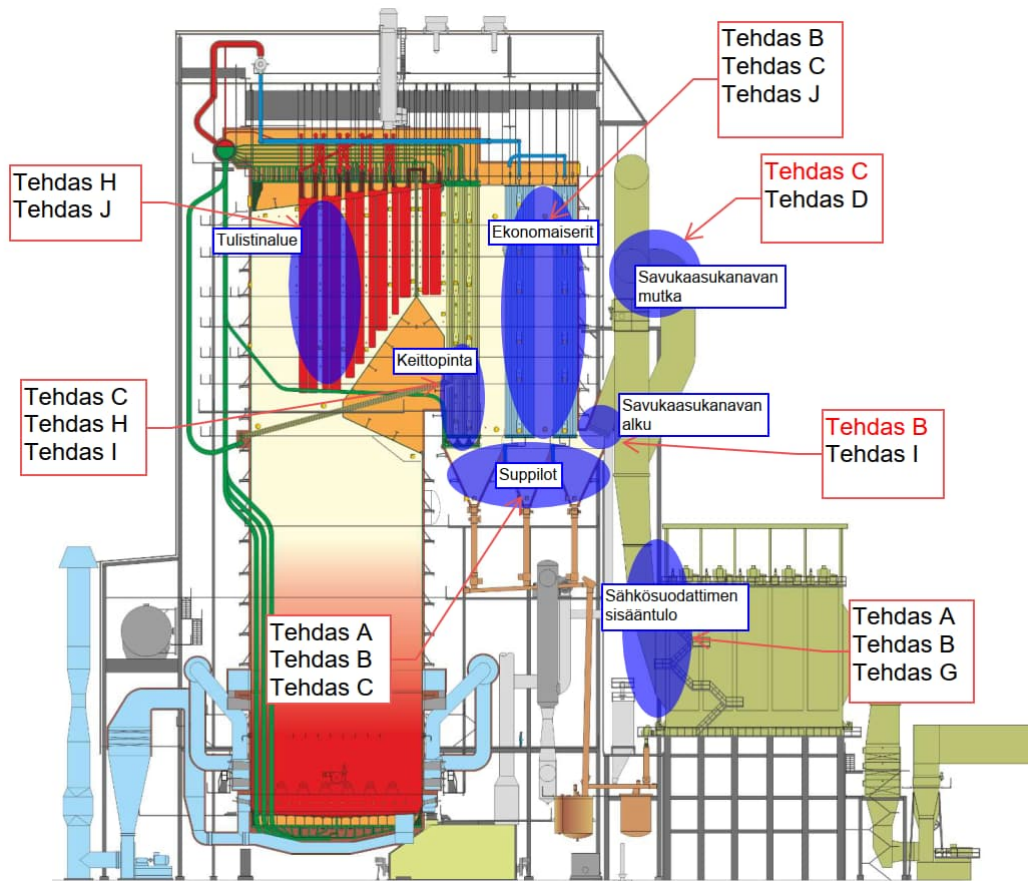
Ne tehtaot, joilla lämpöpintojen likaantuminen ja lopulta tukkeutuminen on ollut aikaisemmin haasteena, ovat ratkaisseet asian tekemällä muutoksia soodakattilan ajomalliin esimerkiksi polttolipeän ruiskutusparametreihin, nuohousjärjestykseen sekä ilmanjakoon ja kiinnittämällä huomiota polttolipeän laadun tasaisuuteen. Yleisesti käytetty keino on ollut nuohouksen parantaminen/kunnossapito sekä nuohomien lisääminen. Lisäksi osalla tehtaista soodakattilan kuormitus oli haastatteluhetkellä

Raportti

aikaisempaa matalampi (ei ole ajettu jatkuvasti ylikuormassa) joka osaltaan vähentää likaantumista.

Savukaasukanavassa likaantumista ilmeni kohdissa, jossa virtauksen suunta tai kanavan geometria muuttuu. Ratkaisuna tehtailla on käytetty tukkeuman poistamista räjäytyspuhdistuksella ajojakson aikana tai viimeistään ennen huoltoseisokkia. Savukaasukanava täytyy puhdistaa ennen huoltoseisokkia koska pudotessaan suuri määrä tuhkaan voi aiheuttaa vauriota kanavalle/sähkösuodattimille sekä vaaratilanteita huoltotyöntekijöille. Muutamalla tehtaalla tuhkan kerääntymistä kanavan ongelmakohtiin on pyritty ehkäisemään ääninuohouksella.

Kuvassa 2 on esitetty kattilan ja savukaasukanaviston kohdat, jotka likaantuvat. Punaisella värillä on korostettu tehtaat, joilla on erityinen haaste tukkeutumisen kanssa.



Kuva 2. Kattilan ja savukaasukanaviston kohdat, joissa esiintyy likaantumista haastatteluhetkellä.

Raportti

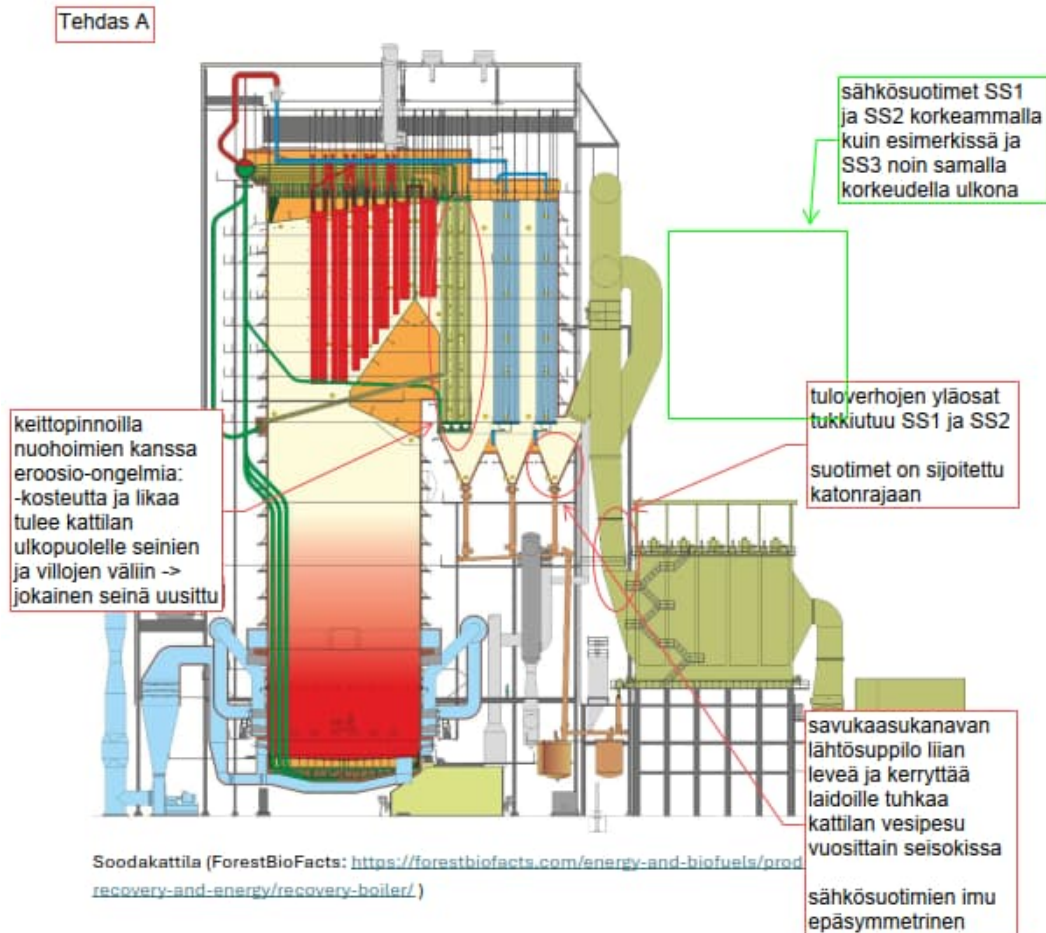
6 Haastattelukysymyksiä projektin osaa 2 varten

Haastattelututkimuksen aikana esille nousi myös asioita, joita ei ollut alun perin otettu haastatteluihin mukaan. Alle on listattu asioita tai haastattelukysymyksiä, joita voisi hyödyntää vastaavassa tutkimuksessa tai tämän projektin seuraavissa vaiheissa.

- K-pitoisuus mitattuna sekä polttolipeästä että lentotuhkasta
- Cl-pitoisuus mitattuna sekä polttolipeästä että lentotuhkasta
- Onko käytössä kalium/kloori erotusprosessi, onko sen toiminnassa haasteita
- Soodakattilan ajojakson pituus
- Mustalipeän ylempi lämpöarvo
- Soodakattilan reduktio
- Sähkösuotimen tuhkan pH ja karbonaattipitoisuus
- Sulfiditeetti ja sen vaihteluväli

Tehdas A – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat kattilassa/savukaasukanavistossa likaantuvat?



- SS1 (sähkösuodatin 1) ja SS2 (sähkösuodatin 2) tuloverhojen tukkeutuminen
- Savukaasukanavan lähtösuppilon laidoille kertyy tuhkaa (vinokuorma)
 - suppilo on liian leveä
 - epäsymmetrinen imu sähkösuotimille (SS3 isompi kuin vanhat SS1 ja SS2)
- aiemmin ongelmana ollut tuhkan sintraantuminen keittopinnoille kun pH alle 10

2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?

- vinokuorma alkanut SS3 asentamisen jälkeen 2001

3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?

- Ei, vuosittainen kattilan vesipesu



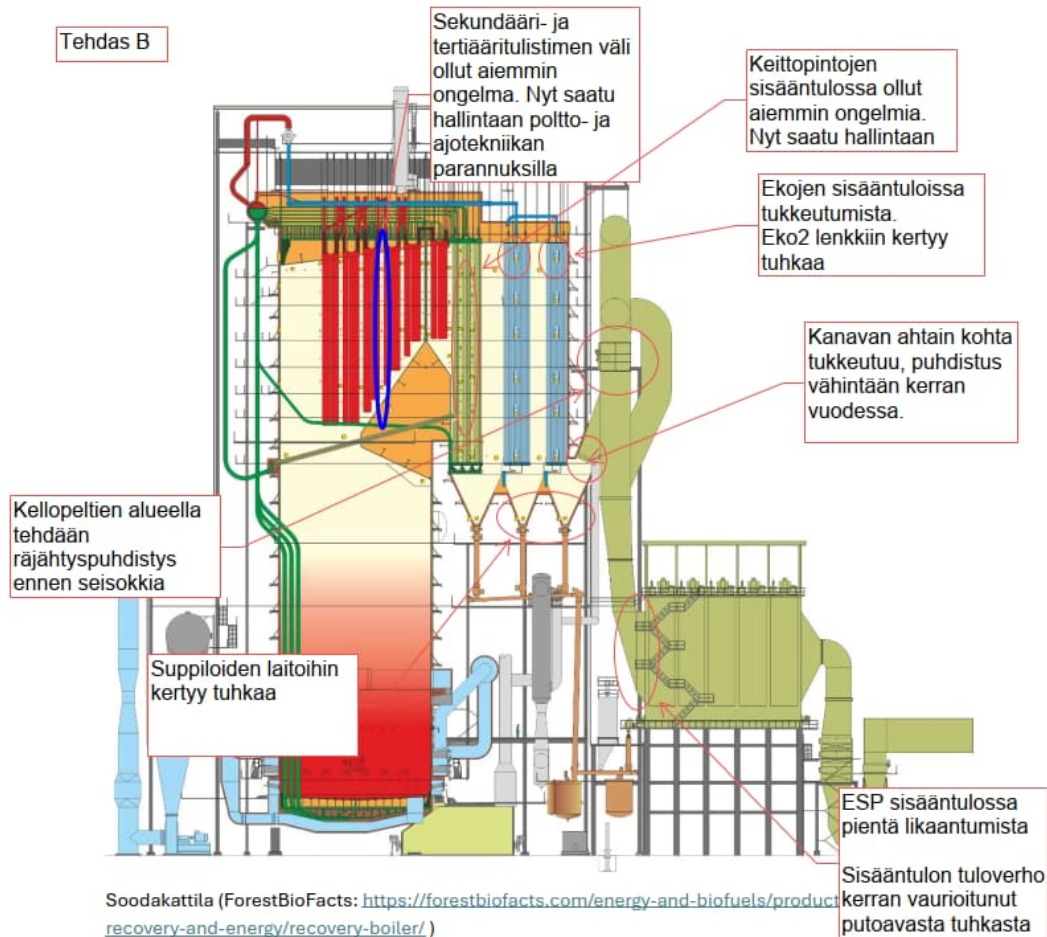
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
- Ei, mutta nyt on käynnissä projekti SS4 rakentamiseksi
 - SS1 ja SS2 korvataan uudella SS4
 - suppilo kavennetaan ja suotimien kanavat yhdistetään noususuunnassa
 - savukaasujen virtaus pyritään tasoittamaan kahden suotimen välille niin ettei tuhkaa kerry suppilon laidoille
5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?
- Ei tuotannon rajoituksia

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttolipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?
- 700 tka/vrk
 - 78% (nostetaan 80%)
7. Muut polttoaineet?
- maakaasu ja kevyt polttoöljy varapolttoaineena
 - laimeat tertiäärin mukana
8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?
- 180 C loppulämpötila suotimien jälkeen
 - 170-190 C ennen sähkösuotimia
 - 800 C tulipesä
 - 350-450 C keittopinnan jälkeen
9. Syöttöveden lämpötila?
- 116 C (höyry 470 C)
- 10.K-pitoisuus
- 2,81 % lentotuhkasta
- 11.Cl-pitoisuus
- 0,6 % lentotuhkasta
- 12.Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?
- pyritään tasaiseen ajoprofiiliin

Tehdas B – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat kattilassa/savukaasukanavistossa likaantuvat?



- Aiemmin ollut likaantumisongelmia sekundääri- ja tertiääritulistimen välissä ja keittopinnalla
- Ekojen sisääntulot
- Eko2 lenkkiin kertyy tuhkaa
- Tuhkasuppilon laitoihin kertyy tuhkaa
- Savukaasukanavan kapein kohta (hanhenkaulan alku) on tällä hetkellä merkittävin tukkeutumisongelma
- Kellopellin alue hanhenkaulassa, peltien tasoihin kertyy tuhkaa
- ESP sisääntulossa pientä likaantumista
- Yhden kerran ESP sisääntulon tuloverhot ovat vaurioituneet savukaasukanavasta putoavasta tuhkasta

2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?

- Sekundääri- ja tertiääritulistimen carry-over ongelma on ollut ainakin 2015-2020 (kattilan korkea kuormitus)
- Savukaasukanavan kapein kohta ollut ongelma aina



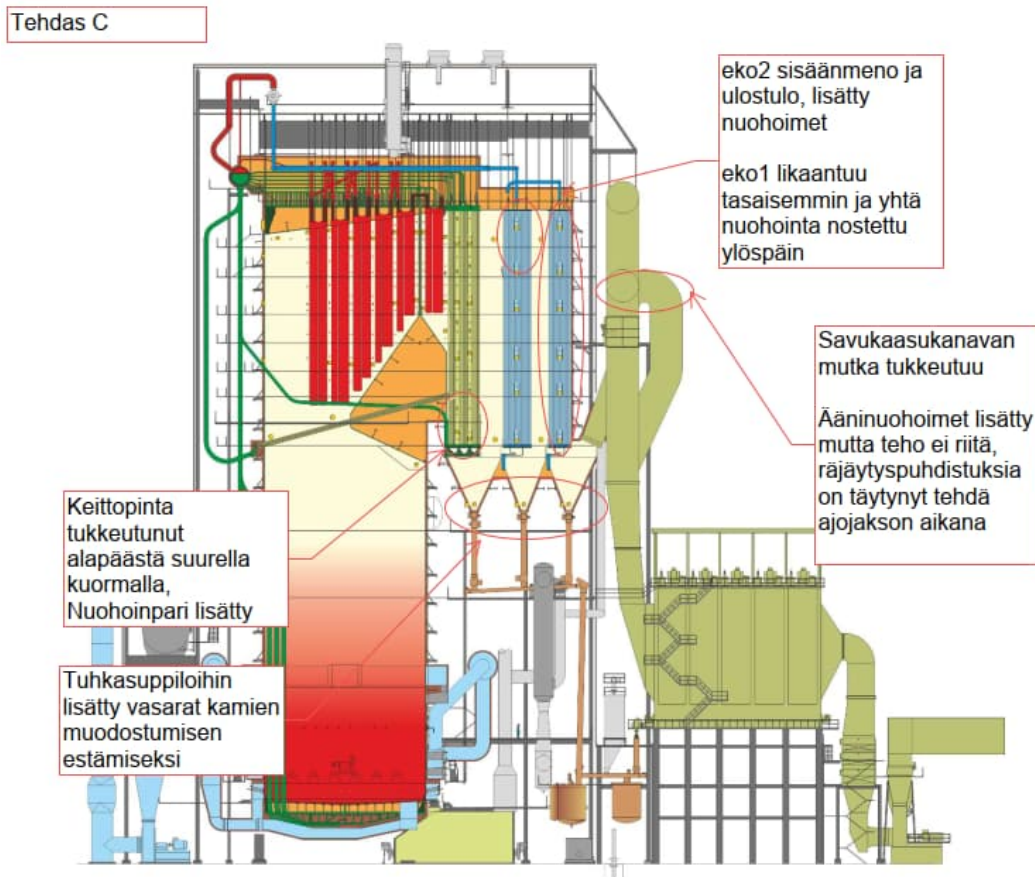
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
 - Nykyään ei vesipesun tarvetta ajojakson aikana
 - Ekot puhdistuvat luonnollisella kuorman vaihtelulla
 - Savukaasukanavan kapeinta kohtaa täytyy räjäytyspuhdistaa ajojakson aikana
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
 - Suurin tekijä ollut mäntyöljykeittämön saannon optimointi, jolloin vähemmän mäntyöljyä/suopaa päätyy polttolipeään (polttolipeän lämpöarvon heilahtelu vähentynyt)
 - Ajomallin muutokset soodakattilalla
 - Savukaasukanavan kapeimmalle kohdalle (ns. hanhenkaula) ei ole tehty toimenpiteitä (esim. laajennus). Ongelma ei ole niin suuri kustannuksiin verrattuna
5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?
 - ei likaantumisesta johtuvia rajoituksia

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttolipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?
 - keskiarvo 3550-3600 tka/vrk (alkuperäinen 3150 tka/vrk)
 - kuiva-aine 80%
7. Muut polttoaineet?
 - laimeat, väkevät, metanoli, maakaasu
8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?
 - 250 C eko2 jälkeen
 - 170 C ESP jälkeen
9. Syöttöveden lämpötila?
 - 115 C ekoille
10. K-pitoisuus
 - 37000 mg/kg lentotuhkasta
11. Cl-pitoisuus
 - 5900 mg/kg lentotuhkasta
12. Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?
 - mäntyöljykeittämön (HDS) ja haihduttamon ajon optimointi auttanut polttolipeän laadun pitämisenä tasaisena

Tehdas C – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat kattilassa likaantuvat?



Soodakattila (ForestBioFacts: <https://forestbiofacts.com/energy-and-biofuels/production-processes-recovery-and-energy/recovery-boiler/>)

- Keittopinnan alapää (suurella kuormalla ajattaessa)
 - Eko2 sisäänmeno ja ulostulo
 - Eko1 tukkeutuu tasaisesti
 - Tuhkasuppilot keittopinnan ja ekojen alla tukkeutuu putoavista isoista kameista
 - savukaasukanavan mutka jossa jossa kanava menee ylös ja sitten alas tukkeutuu
2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?
- kaikki likaantumisongelmat ovat aina olleet
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
- Savukaasukanavan mutkalle tehdään räjäytyspuhdistus alasajoissa ja tarpeen mukaan ajon aikana.
 - Suppiloiden/kuljettimien tyhjennys (mikäli iso kami on pudonnut ja tukkinut supilon ja kuljettimen).



4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?

- Ekoille ja keittopinnalle lisätty nuohoimia (eko1 nuohointa nostettu ylöspäin). Nuohoimet ovat auttaneet pitämään keittopinnan ja ekot paremmin auki, mutta suurella kuormalla ajettaessa pitkään ne tukkeutuvat.
- Savukaasukanavan mutkaan lisätty ääninuohous. Ääninuohous ei ole tarpeeksi tehokas pitämään kanavan auki, mutta se hidastaa tukkeutumista.
- Suppiloihin lisätty vasarat estämään kamien muodostumista.

5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?

- aikaisemmin ekot (paine-ero) rajoitti tuotantoa
- likaantumisongelmia syntyy pitkään ajettaessa korkealla kuormalla

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttolipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?

- 6800-7500 tka/vrk normaali kuorma (7200 tka/vrk mitoitus)
- tyypillinen 79-81 % (sekalipeä)

7. Muut polttoaineet?

- väkevät osittain tai kokonaan hajukaasukattilan polton mukaan
- metanoli, jos ei polteta kaikkea hajukaasukattilassa
- laimeat sekundääri-ilman mukana
- pikiöljy tukipolttoaineena

8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?

- piipussa 130 C
- eko1 jälkeen 175 C

9. Syöttöveden lämpötila?

- 140 C

10.K-pitoisuus

- 25000-27000 mg/kg lentotuhkasta

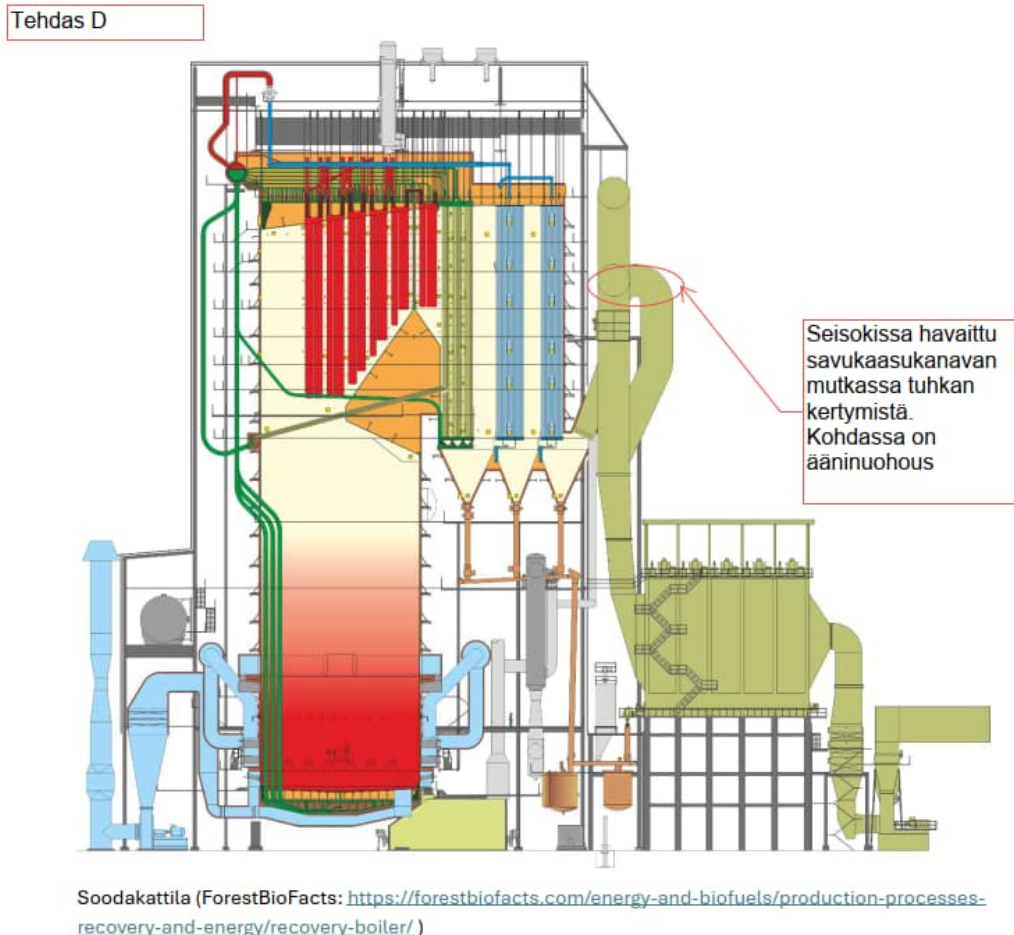
11.Cl-pitoisuus

- 15000-24000 mg/kg lentotuhkasta

12.Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?

- ei ylätasoa, säädöt operaattorilla
- Kaliumin ja kloridin pitoisuuksia hallitaan haihuttamalla olevan kiteytyksen avulla

Tehdas D - haastattelututkimuksen vastaukset



1. Mitkä kohdat kattilassa/savukaasukanavistossa likaantuvat?
 - Ei havattu ongelmia, kattila ollut ajossa lyhyen aikaa.
 - Seisokissa havaittiin tuhkan kertymistä savukaasukanavan mutkaan (missä savukaasukanava menee ylös ja tulee alas). Paikassa on ääninuohous.
2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?
 - Ei ongelmia
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
 - Ei ole
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
 - Ei ole tarvetta
5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?



- Ei

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttoliipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?

- 7000 -7400 tka/vrk (mitoitus 8000 tka/vrk)

7. Muut polttoaineet?

- Väkevät, metanoli, pikiöljy (startti/tuki)

8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?

- Eko 1 jälkeen ~220 C
- Piipussa ~140 C

9. Syöttöveden lämpötila?

- 140 C

10.K-pitoisuus

- K 2,2 %

11.Cl-pitoisuus

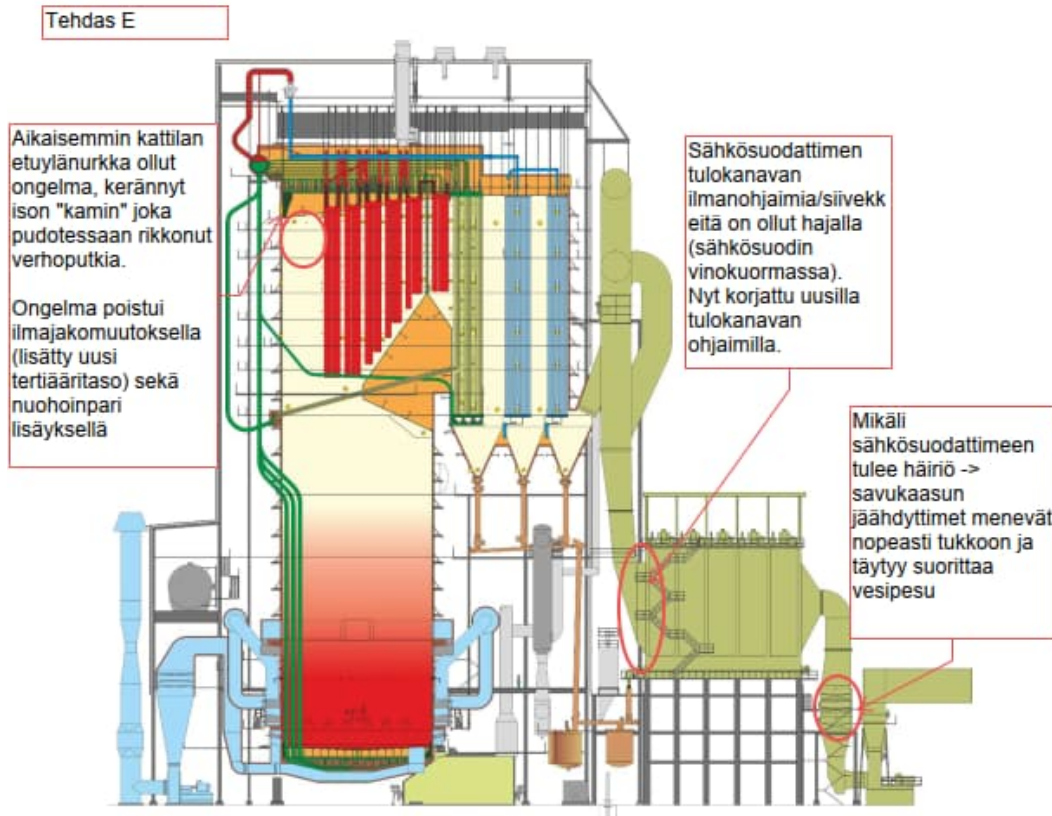
- Cl 2,77%

12.Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?

- -

Tehdas E - haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat kattilassa/savukaasukanavistossa likaantuvat?



Soodakattila (ForestBioFacts: <https://forestbiofacts.com/energy-and-biofuels/production-processes-recovery-and-energy/recovery-boiler/>)

- Kattilan etuylänurkka aikaisemmin ollut ongelma (carryover), kerryttänyt ison kamin joka pudotessaan rikkonut verhoputkia. Nyt korjattu ilmajakomuutoksella, jossa lisätty uusi tertiääri-ilmataso sekä uusi nuohoinpari
- Vuosien kuluessa sähkösuodattimen tulokanavan ilmanohjaimia/siivekkeitä on hajannut ja niitä ei ole korjattu heti jolloin savukaasun jako ei ole toiminut kunnolla (sähkösuodin vinokuormassa). Nyt korjattu uusilla tulokanavan ohjaimilla.

2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?

- etunurkka ollut 15 vuotta, mutta nyt ei ongelma

3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?

- Ei ajojakson aikana tukkeumia, jotka haittaisi ajoa
- Ei ylimääräisestä puhdistusta nykyään



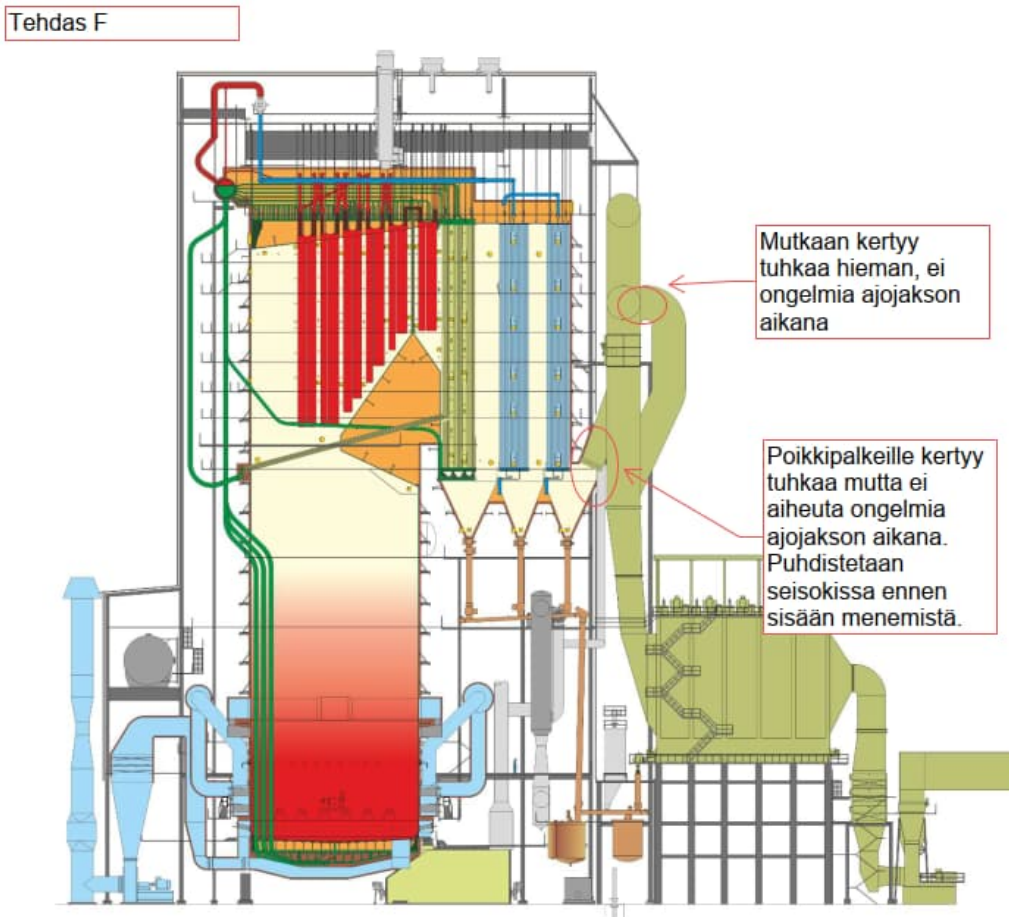
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
 - Kattilan etuylänurkan ongelma on korjattu ilmanjakomuutoksella ja nuohouksella
5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?
 - Ei rajoita

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttoliipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?
 - 3200-3400 tka/vrk (mitoitus 3000 tka/vrk)
 - Kuiva-aine 80%
7. Muut polttoaineet?
 - laimeat+liuottajan kaasut tertiääri-ilmaan
 - BCTMP-konsentraatti (lipeän mukana)
 - Raskas polttoöljy (apupolttoaine)
8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?
 - ~160 C ekojen jälkeen
 - 145-155 C savukaasun jäähdyttimien jälkeen
9. Syöttöveden lämpötila?
 - 107 C (kattilassa ei ole keittopintaa, vaan eko 3)
- 10.K-pitoisuus
 - 45000 mg/kg (tuhkasta)
- 11.Cl-pitoisuus
 - 6300 mg/kg (tuhkasta)
- 12.Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?
 - Savukaasun jäähdyttimet menevät tukkoon nopeasti jos sähkösuodattimelle tulee häiriö. Täytyy tehdä vesipesu.
 - Kattilassa ei ole keittopintaa vaan Eko 3 (eko alkaa keittämään jos ajetaan yli 3400 tka/vrk)

Tehdas F – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat kattilassa / savukaasukanavistossa likaantuvat?



Soodakattila (ForestBioFacts: <https://forestbiofacts.com/energy-and-biofuels/production-processes-recovery-and-energy/recovery-boiler/>)

- Ei likaantumisongelmaa savukaasukanavistossa tai suotimissa
 - Savukaasukanavisto mitoitettu alun perin väljäksi pinta-alaltaan
2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?
- ei ongelmia
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
- ei ylimääräistä pesua, normaali pesu seisokissa
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
- 2-pari nuohous tehon noston yhteydessä, jotta lämpöpinnat pysyvät jatkossakin puhtaana



5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?

- ei tuotannon rajoituksia

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttoliipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?

- keskimäärin 4050-4100 tka/vrk (mitoitus 4200 tka/vrk)
- Kuiva-aine 78%
- höyrykuorma keskimäärin 155 kg/s

7. Muut polttoaineet?

- hajukaasupoltin: metanoli, väkevät, laimeat
- startit/kuorma: maakaasu

8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?

- ekojen jälkeen (nousukanavassa) 170-180 C

9. Syöttöveden lämpötila?

- syve säiliö 115 C

10.K-pitoisuus

- 82865 mg/kgBL (polttoliipeä)
- noin 19000 mg/kgBL (sekalipeällä)

11.Cl-pitoisuus

- 1514 mg/kgBL (polttoliipeä)

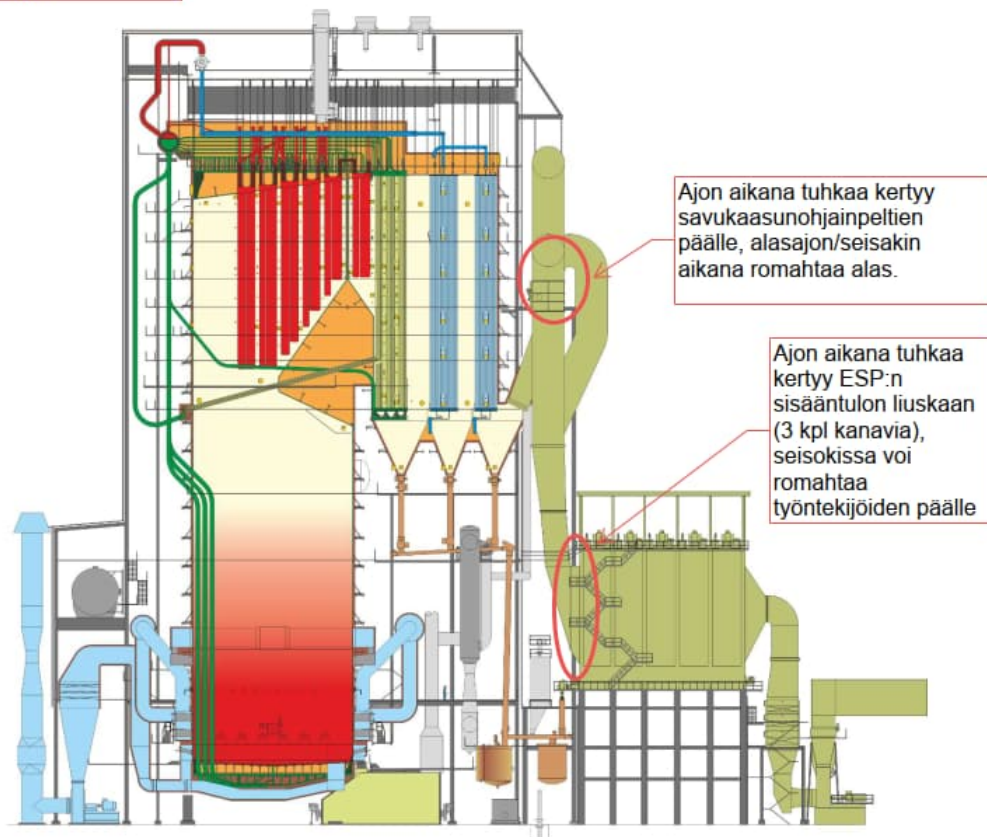
12. Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?

- Korkeahko pohjakuorma, 3.8-4.0 MW/m²
- Mustalipeän laatu muuttunut koska viime aikoina ajettu havulla, aikaisemmin sekalipeä. Koivun saanti heikentynyt.
- reduktio >90% (90-92)

Tehdas G – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat kattilassa/savukaasukanavistossa likaantuvat?

Tehdas G



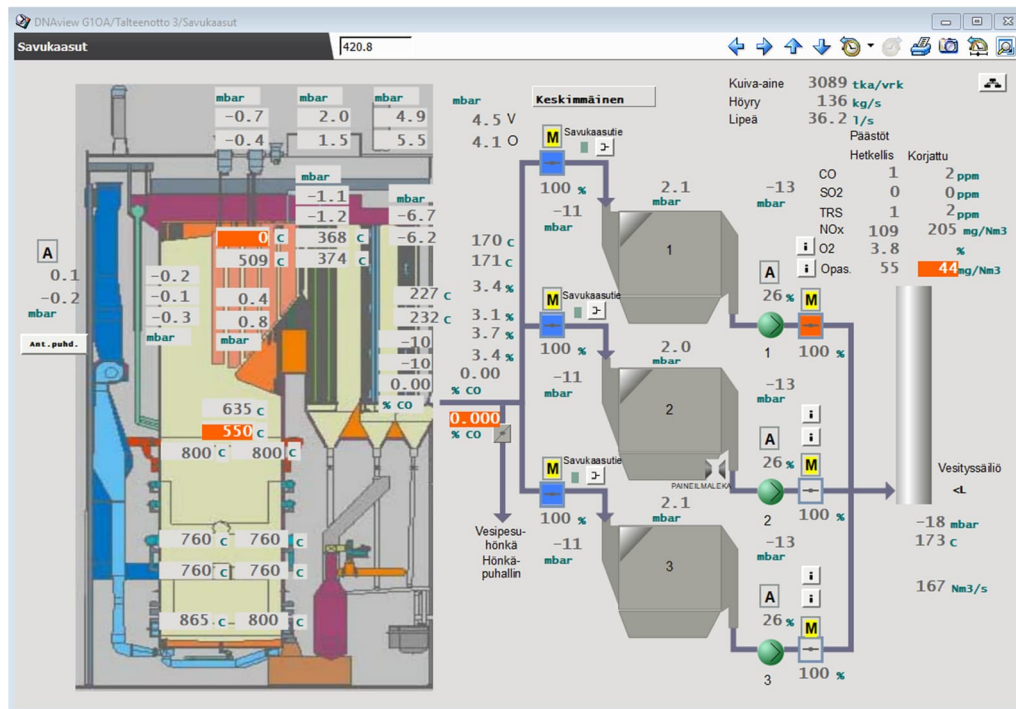
Soodakattila (ForestBioFacts: <https://forestbiofacts.com/energy-and-biofuels/production-processes-recovery-and-energy/recovery-boiler/>)

- Ajon aikana tuhkaa kertyy savukaasunohjainpeltien päälle, alasajon/seisakin aikana romahtaa alas.
 - Ajon aikana tuhkaa kertyy ESP:n sisääntulon liuskaan (3 kpl kanavia), seisokissa voi romahtaa työntekijöiden päälle
2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?
- ESP ongelma ollut alusta asti, mutta poistettu paineilmavasaralla (jokaisessa kanavassa) joka toimii noin tunnin välein
 - Savukaasuohjainpellit: ennen seisakkia tehdään räjäytyspuhdistus tuhkan poistamiseksi hallitusti
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
- Ei ole

4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
 - katso vastaukset yllä
5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?
 - Ei

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttoliipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?
 - 4000 tka/vrk (mitoitus 4500 tka/vrk)
 - kuiva-aine 80%
7. Muut polttoaineet?
 - väkevät, tärpähti, metanoli, bioliete, (öljy häiriötilanteissa)
8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?
 - 170 C, mittaus pystykanavassa



9. Syöttöveden lämpötila?
 - 140 C
10. K-pitoisuus
 - 21.8 g/kgDS
11. Cl-pitoisuus
 - 2.7 g/kgDS

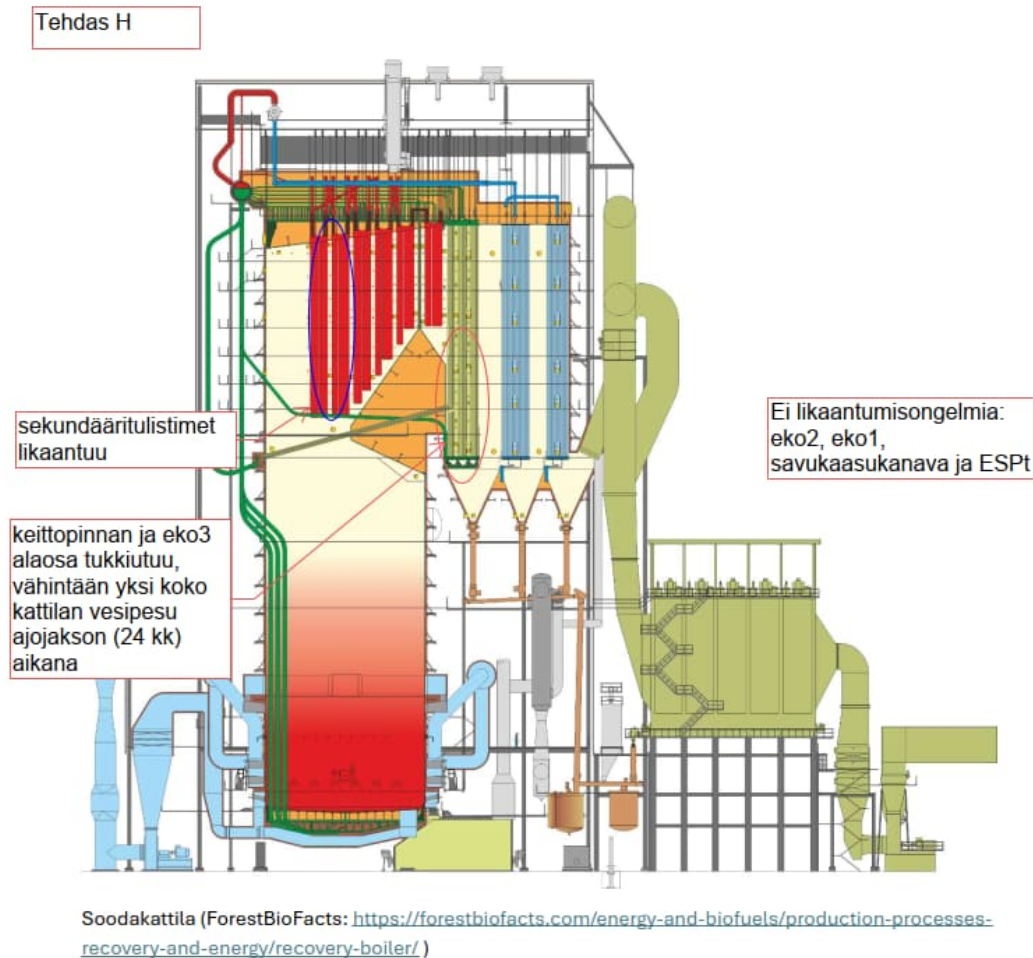


12. Muuta huomioitavaa / poikkeavaa soodakattilasta / ajotavoista?

- seisakkiväli 2 vuotta, ei ole pesun tarvetta ajojakson välillä.
- ei ongelmia tulistimilla / ekoilla näillä kuormilla

Kattila H – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat savukaasukanavistossa likaantuvat?



- Sekundääritulistin voi likaantua ja elementtivälit voi murtua umpeen 12 kk ajojaksolla.
 - Keittopinta/eko3 alaosa tukkeutuu
2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?
- 2017 kapasiteetinnoston jälkeen
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
- kattilan vesipesu noin 12 kk välein
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
- ajotavan optimoinilla/muutoksilla saatu likaantumista hillittyä (mm. ruiskutuksen, ilmajaon parametrit käyty läpi operaattorien kanssa)



- haihduttamon 1A-yksikkö vaihdettu suuremmaksi 2023 ja polttoliipeän laatu pysynyt tasaisempana
- keittopinta/eko3 alaosa ja eko2 yläosaan lisätty nuohoimia 2017 ja 2019. Lisätty nuohous vähentänyt likaantumista.

5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?

- Likaantuminen/tukkeutuminen ei rajoita tuotantoa, vesipesu tehdään muista syistä johtuvien alasajojen yhteydessä

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttoliipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?

- ajetaan lähellä mitoitus 4500 tka/vrk (2017)
- kuiva-aine 82,5 %

7. Muut polttoaineet?

- väkevät ja metanoli koko ajan
- laimeat ja liuottajan höngät yläsekundääri-ilman mukana
- maakaasu tukipolttoaineena

8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?

- puhtaana 185 C, likaisena ~200 C (ennen sähkösuotimia)

9. Syöttöveden lämpötila?

- 142 C

10.K-pitoisuus

- polttoliipeästä 2,7 %DS BL

11.Cl-pitoisuus

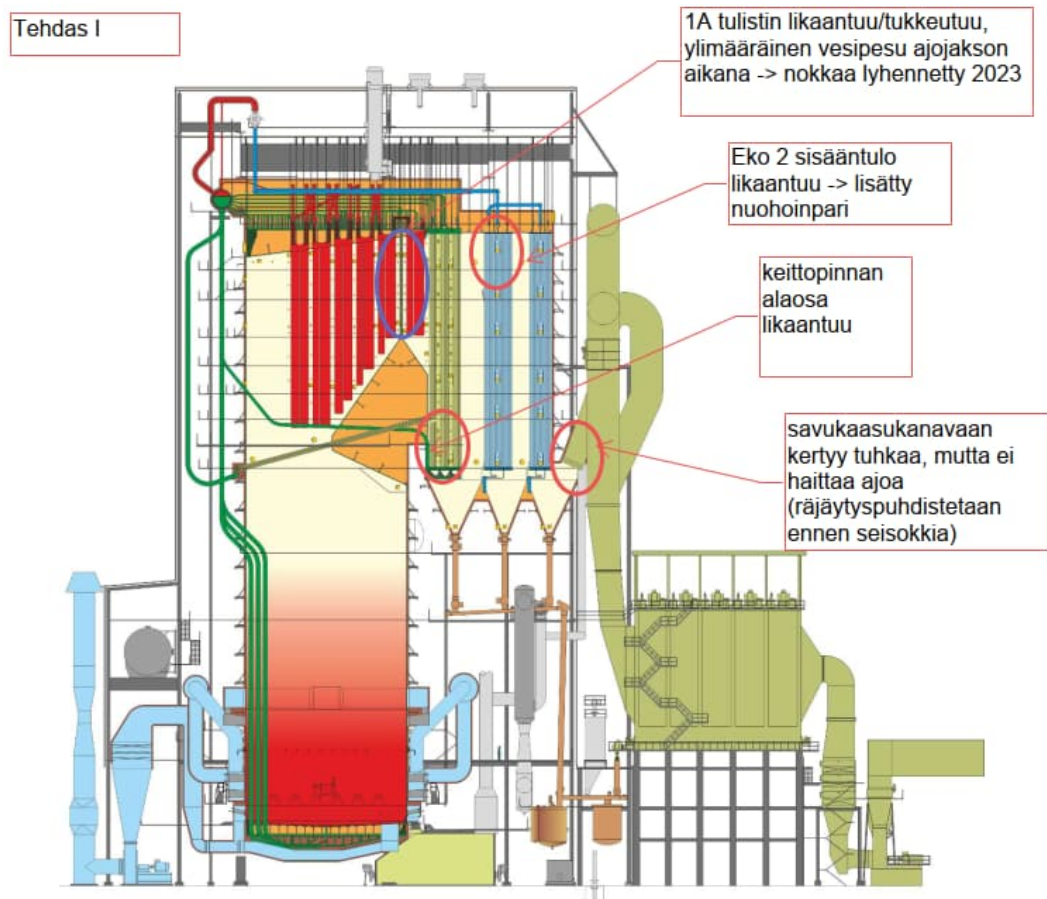
- polttoliipeästä 0,13 %DS BL

12. Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?

- Tuhkan uutto-kapasiteetti ei riitä -> tuorehöyryn lämpötilaa pudotettu
- Kattilan tarkastusväli on 24 kk, mutta vesipesu tehdään 12 kk välein

Tehdas I – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat kattilassa/savukaasukanavistossa likaantuvat?



Soodakattila (ForestBioFacts: <https://forestbiofacts.com/energy-and-biofuels/production-processes-recovery-and-energy/recovery-boiler/>)

- Eko2 sisääntulo mennyt aikaisemmin tukkoon. Nyt lisätty nuohoinpari ja ongelma on vähentynyt.
- Tulistin 1A tukkeutunut ja tarvittu vesipesu ajojakson aikana. Kattilan nokkaa lyhennetty 2023.
- Keittoputkisto alapää likaantuu ja tukkeutuu. Keittoputkisto ja tulistimet uusittu 2022.
- Eko1 ja savukaasukanavan ns. joutsenkaulaa kertyy tavaraa mutta ei vaikuta ajoon (ennen seisakkia räjäytellään hanhenkaula / sähkösuodatin).
-

2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?

- Kattilan likaantuminen vaihtelee (jos tasainen kuorma, vähemmän ongelmia. Välillä ajataan minimilipeällä.
- Välillä nuohoimia pois käytöstä mm. boksivuodot, vaunut menee rikki. Kestää hetken ennen kuin saadaan korjattua



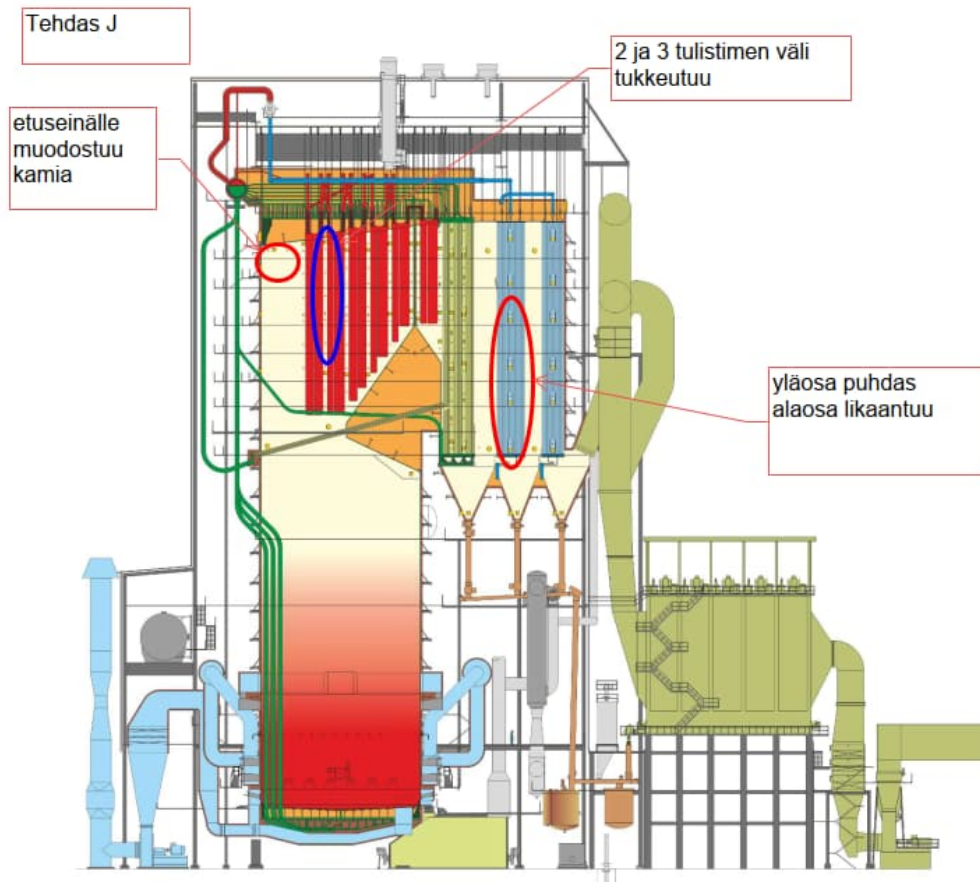
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
 - Ylimääräisen vesipesun tarve vaihtelee vuosittain
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?
 - Kattilalla tuplapari-nouhaus (2 x tulistin, 2x muu osa)
 - Kattilan nokkaa lyhennetty 2023
5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?
 - Ei rajoita

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttoliipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?
 - 1700 tka/vrk (2300 tka/vrk mitoitus)
 - 2900 tka/vrk (3300 tka/vrk mitoitus)
7. Muut polttoaineet?
 - bioliete, kaasu (raskas öljy)
8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?
 - ~150 C (eko 1 jälkeen), 220 C (eko 2 jälkeen) suotimen jälkeen)
9. Syöttöveden lämpötila?
 - 120 C
- 10.K-pitoisuus
 - polttoliipeä 2.87 %
- 11.Cl-pitoisuus
 - polttoliipeä 0.24 %
- 12.Muuta huomioitavaa / poikkeavaa soodakattilasta / ajotavoista?
 - Tehtaalla kaksi kattilaa, joka tuo oman haasteena tasaiseen ajoon
 -

Tehdas J – haastattelututkimuksen vastaukset

1. Mitkä kohdat savukaasukanavistossa likaantuvat?



Soodakattila (ForestBioFacts: <https://forestbiofacts.com/energy-and-biofuels/production-processes-recovery-and-energy/recovery-boiler/>)

- 12 kk ajojakso, ei suurempia ongelmia likaantumisen kanssa
 - likaantumista ilmenee etuseinällä/katossa, josta kami voi pudota verhoputkien päälle
 - likaantumista/tukkeutumista 2. ja 3. tulistimen välissä
 - 2. eko tukkeutuu alaosaan
2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?
- etuseinän likaantumista korjattu nuohoimilla
 - ekon 2 tukkeutuminen ollut n. 10 vuotta
3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?
- Ei
4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?



- nuohoimia lisätty etureunaan
- Rakennettu tuplanuohous (jopa neljällä voi nuohota samaan aikaan)
 - tukkeutuminen vähentynyt varsinkin keittopinnoilla
 - nuohous keskittyy tulistimille ja vähemmän ekoille

5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?

- ei rajoita tuotantoa

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttolipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?

- 1000 tka/vrk (1100 tka/vrk mitoitus)
- 72% (mustalipeän viskositeetti rajoittaa, tarvitsisi lämpökäsittelyn)

7. Muut polttoaineet?

- metanoli, väkevät hajukaasut, kevyt ja raskas öljy (startti)

8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?

- 175 C ekojen jälkeen korkealla kuormalla

9. Syöttöveden lämpötila?

- 110 C

10.K-pitoisuus

- 42 g/kgBL

11.Cl-pitoisuus

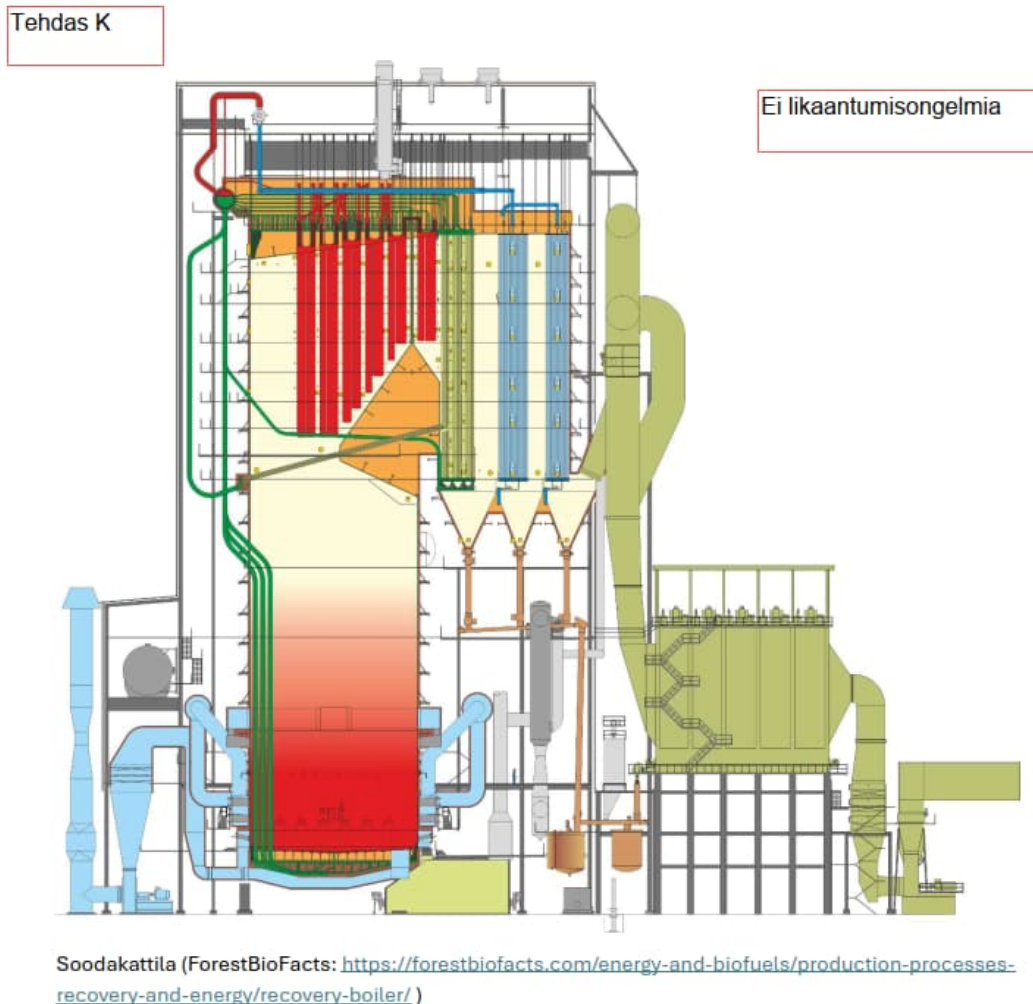
- 6,05 g/kgBL

12.Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?

- lipeäruiskuille tulossa jäähdytys, ruiskujen kesto ollut ongelma n. 100 menee vuodessa. Jäähdytetyillä ruiskuilla odotetaan kattilan pysyvän paremmin puhtaana
- sularänni ja carry over robotti
- reduktio 98%

Tehdas K – vastaukset tutkimushaastatteluun

1. Mitkä kohdat kattilassa / savukaasukanavistossa likaantuvat?



- ainoastaan vähäisiä likaantumisongelmia
- keittopinnalla tukkeutumista, alhainen pH
- sähkösuodin tukkeutunut keväällä ja kesällä
- poikkileikkauskuvaan ei merkattu likaantumiskohtia, koska merkittäviä likaantumisongelmia ei ole

2. Kauanko ongelma on ollut ja milloin se on ilmaantunut?

- ei ole

3. Onko ollut ylimääräistä puhdistustarvetta (mekaaninen tai/ja pesu)?

- ei ole

4. Onko likaantumisongelmia yritetty korjata ja millaisia tuloksia toimenpiteillä on saatu?



- rikkitaseen hallinta, tuhkan liuotusta tihennetty, väkevät varapolttopaikkaan
- tuplaparinuohoukseen on valmius tulevaisuuta varten, mutta se ei ole käytössä

5. Rajoittaako likaantumisongelma tuotantoa?

- yksittäisiä tukkeentumisia -> alasajo ja puhdistus
- ei tuotannon rajoituksia

Soodakattilan taustatiedot

6. Keskimääräinen polttolipeäkuorma (tuhkaton) ja kuiva-aine?

- mitoitus 2000 tka/vrk (tulevaisuudessa 2300 tka/vrk)
- kuiva-aine 75% (tulevaisuudessa 73%)

7. Muut polttoaineet?

- väkevät, metanoli, pikiöljy, kevyt polttoöljy startissa

8. Savukaasun lämpötila ja lämpötilamittauksen sijainti?

- 220 C eko2 jälkeen
- 140 C eko1 jälkeen

9. Syöttöveden lämpötila?

- 115 C

10.K-pitoisuus

- 38-58 kg/t (lentotuhka)

11.Cl-pitoisuus

- 0,5-3,2 kg/t (lentotuhka)

12.Muuta huomioitavaa/poikkeavaa soodakattilasta/ajotavoista?

- 10% kuorman nousu tulossa 2025
- 75% kuiva-aine, korkea kappa >90
- reduktio huono pienellä ajolla (noin 90%), normaalisti 94-95%
- kattilaa jouduttu ajamaan pienellä kuormalla