

# YLIJÄÄMÄLÄMMÖN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN TEHDASINTEGRAATISSA

Outi Mäkinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015

Energiatekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Mäkinen, Outi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 27.05.2015
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>YLIJÄÄMÄLÄMMÖN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN TEHDASINTEGRAATISSA</b>		
Koulutusohjelma Energiatekniikka		
Työn ohjaaja(t) Nuutinen, Marjukka		
Toimeksiantaja(t) Nyman, Minna Metsä Fibre Äänekoski		
Tiivistelmä <p>Työn tarkoituksena oli tehdä toimintakuvaus Metsä Fibren ja Äänevoiman välisen höyryverkon uudelle säätöventtiilille. Säätöventtiili on tarkoitettu asentamaan nykyisen väliventtiilin ohituslinjaan. Säätöventtiilin tarkoituksena on hyödyntää sellutehtaan ylijäämähöyryä mahdollisemman tehokkaasti ja näin säästää kiinteän polttoaineen kustannuksia. Hyödyntämällä kaikki ylijäämähöyry ajamalla minimikuormaa biokattilalla, voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä kiinteän polttoaineen kustannuksissa.</p> <p>Olemassa olevan väliventtiilin ajettavuus automaattilla ei ole luotettava ja sen säätö on karkea. Säätöventtiin täytyy toimintakuvauksen mukaisesti ottaa huomioon automaattiajolla, että kartonkitehtaalle menevän höyryn lämpötilan täytyy pysyä vaaditulla tasolla eivätkä matalapainetukin varoventtiilit saa avautua. Säätöventtiin on sulkeuduttava sekä soodakattilan että biokattilan alajohdotilanteissa. Ei myöskään ole järkevää ajaa ylijäämähöyryä biokattilan apulauhduttimeen. Säätöventtiili voi avautua, mikäli soodakattilan apulauhduttimeen on virtausta. Säätöventtiilille on asetettava virtausrajoitus, joka estää venttiilin liian suuren äkillisen avautumisen, joka voisi heilauttaa molempien kattiloiden kuormaa.</p> <p>Säätöventtiin asennus sekä ohituslinjan rakentaminen vaatii höyrykatkon ja näin ollen kaikkien höyrynkuluttajien täytyy pysäyttää prosessinsa. Tähän ei vuoden 2014 vuosihoitoseisokin aikana ollut mahdollisuutta ja venttiiliä ei saatu asennettua. Uusi ajankohdasta asennukselle on vielä auki. Kun venttiili saadaan asennettua, voidaan toimintakuvauksen mukainen säätöpiiri toteuttaa ja sen testaaminen voidaan aloittaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Höyryverkko, matalapainehöyry, soodakattila, leijupetikattila, ylijäämähöyry, toimintakuvaus, säätöventtiili		
Muut tiedot		



Author(s) Mäkinen, Outi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 27.05.2015
		Language of publication: Finnish
	45	Permission for web publication: x
Title of publication Intensifying the surplus steam at integrated site		
Degree programme The Degree Programme in Energy Technology		
Tutor(s) Nuutinen, Marjukka		
Assigned by Nyman, Minna Metsä Fibre Äänekoski		
Abstract <p>Subject of this thesis was to write functional description for control valve in steam network between Metsä Fibre and Äänevoima. Control valve is purpose to install in by pass line replacing the current intermediate valve. The aim for control valve is to exploit the surplus steam coming from the pulp mill as effectively as possible. This way it is possible to decrease the amount of cost in solid fuel. Effective use of surplus steam by operating biofuel boiler as low load as possible can achieve significant savings in solid fuel.</p> <p>Current intermediate valve is not possible to operate automatically because its adjustment range is too rough. New control valve needs to take into account that steam temperature going to board mill needs to maintain certain level. Safety valves in biofuel boiler's low-pressure manifold shouldn't be open. Control valve has to close in case of recovery boiler or biofuel boiler is shutdown. It is also not cost-effective to drive steam into biofuel boiler's condenser. Control valve can be opened when there is steam flow in to recovery boiler's condenser. Flow restriction has to be setted so control valve cannot open too quickly and cause problem in recovery boiler or biofuel boiler.</p> <p>Installing the control valve and by pass line requires steam break and all steam users' needs to shut down their processes. During the year 2014 biofuel boilers maintenance shutdown it wasn't possible to install the control valve. New time for installing is not yet to known. When control valve is installed can control circuit executed according to functional description.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Steam network, low-pressure steam, recovery boiler, fluidized bed boiler, surplus steam, functional description, control valve		
Miscellaneous		

## Sisältö

1 JOHDANTO.....	1
2 ÄÄNEKOSKEN TEHDASINTEGRAATTI .....	2
3 METSÄ FIBRE .....	4
3.1 Kuitulinja.....	5
3.2 Talteenotto .....	8
3.2.1 Haihduttamo ja mäntyöljykeittäjä .....	8
3.2.2 Kaustisointi ja meesauuni .....	9
3.2.3 Prosessiveden valmistus .....	11
3.2.4 Turbiini .....	12
3.2.5 Jäteveden puhdistamo .....	13
3.3 Soodakattila.....	14
3.3.1 Lipeänpoltto .....	16
3.3.2 Polttoilma .....	18
3.3.3 Öljypolttimet .....	19
3.3.4 Vesi- ja hörykierto .....	19
3.3.4 Savukaasut.....	21
4 ÄÄNEVOIMA .....	23
4.1 Biokattila.....	24
4.1.1 Polttoaine .....	25
4.1.2 Tulipesä .....	26
4.1.3 Palamisilma .....	26
4.1.4 Öljypolttimet .....	27
4.1.5 Vesi- ja hörykierto .....	27
4.1.6 Savukaasut.....	28
4.2 Väliottovastapaineturbiini.....	29
4.3 S40 .....	30
4.4 Högförs .....	30
5 HÖRYVERKON RAKENNE .....	31
5.1 Höryverkon säätö .....	33
5.1.1 Höryntasausjärjestelmä.....	35
6 HÖRYVERKON VÄLIVENTTIILI .....	37
6.1 Ylijäämähöyryn hyödyntäminen .....	39
6.2 Väliventtiilin säätö.....	41
7 POHDINTA .....	43
LÄHTEET.....	44
LIITTEET.....	45
Liite 1. HMP MF-ÄVO SÄÄTÖVENTTIILI TOIMINTAKUVAUS.....	45

## KUVIOT

KUVIO 1. Äänekosken tehdasintegraatti.....	3
KUVIO 2. Metsä Fibren sellutehdas.....	4
KUVIO 3. Sellunvalmistuksen prosessikaavio.....	5
KUVIO 4. Soodakattilan rakenne.....	15
KUVIO 5. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri.....	16
KUVIO 6. Pisaran käyttäytyminen tulipesässä.....	17
KUVIO 7. Tulipesän pohjan rakenne.....	18
KUVIO 8. Sähkösuodattimen rakenne.....	22
KUVIO 9. Äänevoiman voimalaitos.....	23
KUVIO 10. Poikkileikkaus leijupetikattilasta.....	25
KUVIO 11. Höryverkon rakenne.....	31
KUVIO 12. Höryverkko.....	37
KUVIO 13. Ohituslinjan kytkentä.....	38
KUVIO 14. Segmenttiventtiilin rakenne.....	39

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Hyödyntämätön ylijäämähöyry polttoaineen säästönä.....	40
TAULUKKO 2. Vuoden 2012 hyödyntämätön ylijäämähöyry polttoaineen säästönä..	40

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toimintakuvaus Metsä Fibren soodakattilan ja Äänevoiman voimalaitoksen välisen höyryverkon aumaventtiilin ohituslinjaan asennettavalle säätöventtiilille. Työn alussa on esitelty tehdasintegraatin rakenne sekä tarkemmin Metsä Fibren sellutehdas keskittyen höyryn tuotannon kannalta soodakattilan toimintaan. Äänevoiman biovoimalaitos käydään työssä läpi biokattilan sekä muiden höyryn tuotantoon liittyvien laitteiden osalta. Höyryverkon rakenteen osalta kuvataan siihen liittyvät laitteet sekä höyrynkuluttajat välipaine- ja matalapaine-höyryn osalta. Höyryn säätötavat esitellään soodakattilan ja biokattilan näkökulmasta.

Uuden säätöventtiilin toimintakuvauksen laadinnan yhteydessä käydään läpi säädön toimivuuden kannalta huomioon otettavat asiat. Toimintakuvauksen laadinnalla pyritään säätöventtiili pitämään automaattijolla ja näin ollen hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti soodakattilan ylijäämähöyryä. Kiinteän polttoaineen säästöissä saavutettava hyöty on laskettu käyttäen hyödyksi Wedgen avulla kerättyä historiadataa.

Äänekosken tehdasintegraatti koostuu Metsä Fibren sellutehtaasta, Äänevoiman voimalaitoksesta, Metsä Boardin kartonkitehtaasta, Specialty Minerals Nordicin PCC-laitoksesta sekä J.M.Huber Companyn CMC-tehtaasta.

Sellutehtaan soodakattilan tehtävänä on mustalipeää polttamalla tuottaa korkeapainehöyryä turbiinille sekä ottaa mustalipeän sisältämä natriumkarbonaatti ja natriumsulfidi talteen kemikaalikiertoon. Soodakattila on luonnonkiertoon perustuva kaksilieriösuurtehokattila. Soodakattilalla tuotettu korkeapainehöyry johdetaan turbiinille, jonka välitoista otetaan tehtaan tarvitsema väli- ja matalapainehöyry. Välipainehöyryn paine säädetään normaalitilanteessa turbiini välitolla. Vastapaineverkon painetta säädetään toimittamalla tai hankkimalla matalapainehöyryä Äänevoimalta, ajamalla höyryä apulauhduttimeen tai ohjaamalla sitä ulospuhalluksen kautta katolle.

Äänevoiman voimalaitos tuottaa biokattilalla sekä tarvittaessa kahdella öljykattilalla väli- ja matalapainehöyryä oman tarpeensa lisäksi kartonkitehtaalle, CMC-tehtaalle sekä tarvittaessa sellutehtaalle. Tämän lisäksi voimalaitos tuottaa kaukolämpöä Äänekosken kaupungille sekä vastaa koko tehdasalueen käyttämästä raakavedestä. Äänevoiman biokattila on kupliva leijupetikattila, jossa poltetaan sellutehtaan kuori, johon on yhdistetty kuitu- ja bioliete. Muina polttoaineina käytetään turvetta, sahojen sivutuotteita, metsähaketta sekä tehdasalueelta kerättävää energijätettä. Äänevoiman turbiinia ajetaan prosessihöyryn kulutuksen sekä kaukolämpötehon mukaan.

Välipainehöyryä voidaan tuottaa tarvittaessa myös kahdella öljykattilalla, joita ovat S 40 ja Högförs. Biovoimalaitoksen höyrytasapaino säädetään biokattilan, höyryakun, syöttövesisäiliön, apulauhduttimen ja ulospuhalluksen avulla. Normaalitilanteessa tuorehöyryn paine säädetään biokattilan kuormalla. Välipaineverkon paine säädetään välioton säätöventtiilillä ja vastapaine turbiinin kp-säätöventtiileillä. Biovoimalaitoksella on käytössä höyryntasausjärjestelmä, jossa äkillisiä höyrynvaihteluita otetaan vastaan höyryakulla tai syöttövesisäiliöllä.

## **2 ÄÄNEKOSKEN TEHDASINTEGRAATTI**

Äänekosken tehdasintegraattiin kuuluvat Metsä Fibren sellutehdas, Metsä Boardin kartonkitehdas, J.M.Huber Companyn CMC-tehdas CP-Kelco, Äänevoiman biovoimalaitos sekä Specialty Minerals Nordicin PCC-laitos. Kuviossa 1 on esitettynä integraattiin kuuluvat tehtaot ja niiden sijainti tehdasalueella.



KUVIO 1. Äänekosken tehdasintegraatti (Metsä Fibre)

Metsä Boardin kartonkitehdas valmistaa valkaistua taivekartonkia pakkauksiin ja graafiisiin tuotteisiin. Tehtaan vuosituotantokapasiteetti on 240 000 tonnia ja tehtaalla työskentelee n. 200 henkilöä. Raaka-aineena kartonkitehdas käyttää sellutehtaalta pumpattua havusellua, kuivauskoneella kuivattua lehtisellua sekä BCTMP-massaa. (Rantanen, J. 2014)

CP-Kelco valmistaa karboksyylimetyyliselluloosaa (CMC), jota käytetään mm. paperi-, lääke-, elintarvike-, pesuaine-, henkilöhygieniä- ja öljynporausteollisuuden tarpeisiin. Tehtaalla työskentelee n. 230 henkilöä ja sen tuotantokapasiteetti on 70 000 tonnia CMC:tä vuodessa. Valmistuslinjoja tehtaalla on kolme, tislamoita kaksi sekä valmiiden tuotteiden käsittelyasema. CMC:n pääraaka-aineena käytetään sellua, lipeää ja monokloorietikkahappoa. Tämän lisäksi käytetään apuaineina liuottimia. (Patanen, K. 2014)

Specialty Mineralsin PCC- tehdas valmistaa saostettua kalsiumkarbonaattia, jota käytetään paperin ja kartongin täyte- ja päällysteaineena. Tehtaalla työskentelee n. 10 henkilöä ja sen vuosikapasiteetti on n. 120 000 tonnia. PCC-tehdas käyttää prosessis-



saan hyödykseen savukaasuja ensisijaisesti meesauunin piipusta ja soodakattilan piipusta. (Aksela, T. 2014)

### 3 METSÄ FIBRE

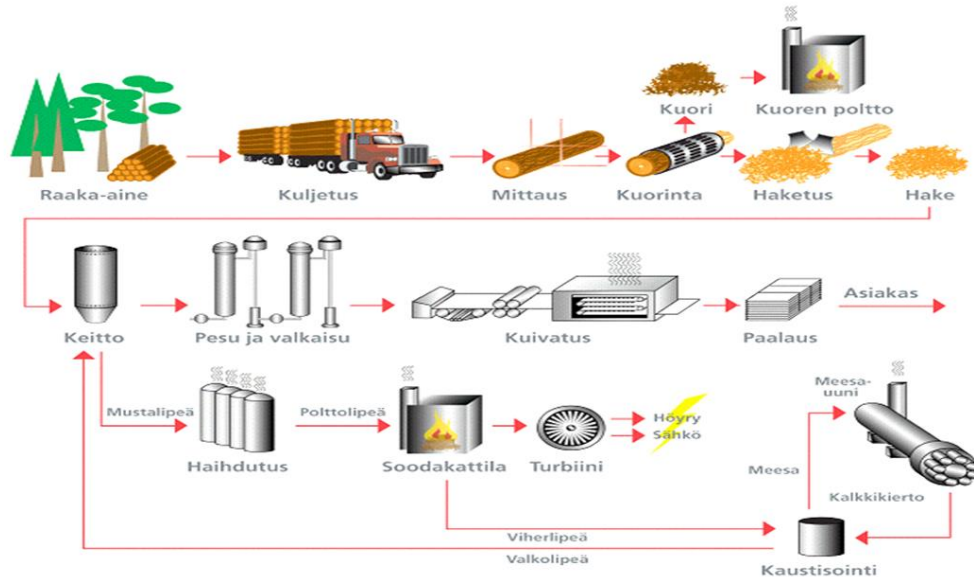
Metsä Fibren Äänekosken sellutehdas on käynnistynyt vuonna 1985 ja sen vuosituotantokapasiteetti on 530 000 tonnia ECF-valkaistua koivu- ja havusellua. Koivusellun osuus tuotannosta on 80 % ja havusellun osuus 20 %. Tehtaan tuotannosta 82 % käytetään kotimaassa ja loput menevät vientiin. Metsä Fibrellä työskentelee 171 henkilöä ja kunnossapidosta tehtaalla vastaa Botnia Mill Service. Kuviossa 2 on kuva sellutehtaasta.



KUVIO 2. Metsä Fibren sellutehdas (Metsä Fibre)

Sellutehdas jaetaan kuitulinjaan ja talteenottolinjaan. Kuitulinjan tehtävänä on valmistaa hakkeesta valkaistua sellua ja talteenottolinjalla regeneroidaan sellunkeitossa käytettävät kemikaalit ja tuotetaan sellunvalmistuksen tarvitsema energia. Kuviossa 3 on esitettyä yksinkertaistettu kaavio sellunvalmistuksesta. Energian suhteen tehdas on yliomavarainen. Sähköä tehtaalla tuotetaan vuodessa n. 350 GWh ja höyryä n.

2000 GWh. Ylijäämähöyry myydään integraattiin ja sähkö valtakunnan verkkoon. Prosessin sivutuotteina syntyy myyntiin myös tärpähtiä, mäntyöljyä ja natriumbisulfiittia.



KUVIO 3. Sellunvalmistuksen prosessikaavio (Metsä Fibre)

### 3.1 Kuitulinja

Kuitulinjaan kuuluvat puunkäsittely, massatehdas ja kuivaamo. Puunmittauksesta huolehtii Mittaportti Oy, joka huolehtii myös tulevien ja lähtevien kemikaaliautojen sekä hakerekkujen punnitukseen. Tehdas käyttää puuta vuodessa n. 2,4 milj. m<sup>3</sup>.

Puunkäsittelyn tehtävänä on kuoria puut mahdollisimman pienellä puuhäviöllä ja tehdä keittoon soveltuvaa haketta pienellä purumäärällä. Puunkäsittely koostuu puukentästä, puun syötöstä sulatuskuljettimelle, kuorinnasta, haketuksesta, hakkeen kuljetuksesta hakekasoille sekä kuoren- ja kiertoveden käsittelystä. Puunkäsittely on kolmelinjainen, 1- ja 2-linjalle puut voidaan ajaa katkaisulaitoksen kautta. Kuorinnassa syntyvä kuori käytetään Äänevoiman biokattilassa polttoaineena yhdessä jäteveden puhdistamolta tulevan ylijäämälietteen kanssa.

Massatehdas käsittää hakkeen käsittelyn ja seulonnan, keiton, pesun, lajittelun, happidelignifioinnin, valkaisuun sekä valkaisukemikaalien valmistuksen. Seulomolla ta-  
soseulalla erotetaan hakevirrasta ylisuuri jae sekä puru.

Keiton tehtävänä on liuottaa ligniini eroon puukuiduista, kuitenkin huonontamatta kuitujen lujuutta ja vähentämättä kohtuuttomasti hiilihydraattien määrää. Keittokemikaalina toimii kaustisoinnissa syntyvä valkolipeä. Imeytystornissa keittolipeä imeytetään hakkeeseen ja keittimessä tapahtuu varsinaiset keittoreaktiot. Keittolämpötila koivulla on 155 C ja havulla n. 165 C. Keittimessä hakepilari kulkee ylhäältä alaspäin omalla painollaan. Keitto jaetaan keittovyöhykkeeseen, jatkettuun myötävirtyöhykkeeseen ja pesuvyöhykkeeseen. Pesuvyöhykkeessä vielä hakemuodossa olevaa massaa pestään pesemön pesulipeällä vastavirtaperiaatteella hakepilariin nähden. Keiton emäliemi syrjäytetään paisuntasihtien kautta kolmivaiheiseen paisuntaan, jossa paisuntalipeän lämpötilaa lasketaan pumppaukseen soveltuvaksi. Paisunnasta saatava laihamustalipeä pumpataan haihduttamolle.

Massaa pestään kahdessa kaksivaiheisessa diffuuroöripesurissa, jonka jälkeen se johdetaan lajittamoon. Pesussa saadaan talteen keitossa käytettyjä kemikaaleja ja liuennutta puuainesta. Pieni pesuhäviö alentaa valkaisukemikaalien kulutusta ja jätevesipäästöjä, mutta suuret pesuvesimäärät kuormittavat haihduttamoa. Lajittamon tehtävänä on poistaa massasta keittymätön jae, oksat, kuitukimput, roskat ja hiekka. Keittymätön jae, oksat ja kuitukimput käsitellään uudestaan ja palautetaan prosessiin. Lajittamon jälkeen massaa pestään kaksoissaostimella, jonka jälkeisessä happidelignifioinnissa kahdessa happireaktorissa massasta poistetaan ligniiniä alkalien ja hapen avulla. Happidelignifioinnin jälkeen massa pestään 3.diffusöörissä ja johdetaan puulajista riippuen kahteen sakeamassatorniin.

Sakeamassatornista massa johdetaan pesupuristimelle, jossa massa puristetaan n. 30 % kuiva-aineeseen. Pesupuristimen pesuvetenä käytetään haihduttamon sekundääri-lauhdetta. Pesupuristimen suodosta taas käytetään kaksoissaostimella ja muidenkin pesuvaiheiden pesuvedet ovat edellisten vaiheiden suodoksia. Tämän jälkeen massa

valkaistaan 5-vaiheisessa suodinvalkaisussa, jossa pyritään poistamaan ligniini kokonaan massasta ja vaalentamaan massassa jäljellä olevia epäpuhtauksia. Valkaisussa valkaisureaktiot tapahtuvat reaktorissa ja jokaisen vaiheen jälkeen massa pestään suotimella. Valkaisuvaiheet ovat D0-E(OP)1-D1-E2-D2. Happamissa D-vaiheissa valkaisukemikaalina käytetään klooridioksidia, joka valmistetaan klooridioksidilaitoksen reaktorissa natriumkloraatista, rikkihaposta ja metanolista. Alkalisissa E-vaiheissa käytetään valkaisukemikaaleina vetyperoksidia ja happea. Muita valkaisussa käytettäviä kemikaaleja ovat natriumhydroksidi, rikkihappo, talkki ja peretikkahappo, jota annostellaan jälkikellertymisen estämiseksi viimeisen vaiheen jälkeiseen pudotusputkeen. Valkaistu massa varastoidaan varastotorneihin, joita on kolme. Tämän lisäksi on käytössä sekamassatorni, jota hyödynnetään lajinvaihtotilanteissa.

Varastotorneista massa pumpataan massa- ja tasaussäiliön kautta perälaatikkoon. Massaa laimennetaan kiertovedellä n. 10 % varastointisakeudesta perälaatikon n. 1,5–2,0 %:n sakeuteen. Perälaatikosta massa jaetaan tasaisesti viiraosalle, jossa massaradasta poistetaan vettä painovoiman ja alipaineen avulla. Viiraosan lopussa on myös höyrylaatikko, jolla matalapainehöyryllä lämmitetään radan pintaa kuivauksen tehostamiseksi. Kuiva-aine viiraosan jälkeen on n. 20 %. Puristinosalla massarataa puristetaan kolmen puristinnipin välissä. Puristinosan jälkeen massaradan kuiva-aine on n. 45 %. Tämän jälkeen massaa kuivataan puhallinkuivattimessa kuuman ilman avulla n. 90 % kuiva-aineeseen. Kuivatuskerroksia kuivattimessa on 27 ja kiertoilmapuhaltimia on 144. Kiertoilma kannattelee massarataa sen kulkiessa kuivattimen läpi. Kuivattimen päissä on kääntötelat. Kuivatuskoneelta vedet viira- ja puristinosalta johdetaan viirakaivon kautta kiertovesisäiliöön ja sieltä kiertovesitorniin.

Leikkurilla massarata leikataan 8 paalipinoon. Yhden paalipinon paino on 250 kg ja neliöpaino on 800–900 g/m<sup>2</sup>. Paalit puristetaan kahdella linjalla vakiotilavuuteen ja kasataan nipuiksi. Kuivauskoneelta toimitetaan myös havumassaa pumppumassana kartonkitehtaalle.

## 3.2 Talteenotto

Talteenottolinjaan kuuluvat haihduttamo, mäntyöljykeittämo, kaustistamo, meesa-uuni, soodakattila, prosessiveden valmistus, turbiini sekä jäteveden käsittely. Talteenottoon kuuluva soodakattila on käsitelty erikseen kappaleessa 3.3.

### 3.2.1 Haihduttamo ja mäntyöljykeittämo

Haihduttamon tehtävänä on nostaa keittämöltä tulevan laihamustalipeän kuiva-ainepitoisuus soodakattilassa polttoa varten sopivaksi. Keittämöltä tulevan laihamustalipeän kuiva-ainepitoisuus on n. 17–18 %. Laihamustalipeä johdetaan kahteen laihalipeäsäiliöön, josta se pumpataan esihaihduttimeen eli tubeliin. Tubel on puhallinhaihdutin, jossa vettä haihdutetaan kompressoimalla haihdehöyryä sähkökäyttöisellä puhaltimella. Haihduttamo on 7-vaiheinen ja haihdutinyksiköt ovat falling-film -tyyppisiä haihduttimia, lukuun ottamatta 2A yksikköä ja superväkevöitintä, jotka ovat tuubirakenteisia.

Lipeä syötetään 6. haihduttimen paisunnan kautta 7. haihduttimeen. Tämän jälkeen lipeä pumpataan 6. yksikön kautta 5. yksikköön ja välilipeäsäiliöön. Välilipeän kuiva-aine on n. 30 %. Välilipeäsäiliöstä lipeä pumpataan yksikköihin seuraavassa järjestyksessä; 4 -> 3 -> 2A -> 2. 2.yksiköstä lipeä johdetaan vahvan pään yksiköihin 1A, 1B tai 1C. Näiden yksiköiden jälkeen lipeää kutsutaan vahvamustalipeäksi ja sen kuiva-aine on n. 65 %. Lipeä pumpataan viimeisenä olevalta yksiköltä paisunta-astian kautta vahvamustalipeäsäiliöön. Tässä vaiheessa lipeään lisätään soodakattilan suola suola-kierron avulla. Vahvamustalipeää kierrätetään sekoitussäiliön kautta takaisin vahvamustalipeäsäiliöön. Sekoitussäiliöön johdetaan kattilan suolat ruuvikuljettimella. Vahvamustalipeä syötetään superväkevöittimeen, jonka jälkeen lipeä johdetaan polttolipeäsäiliöön. Polttolipeän kuiva-aine on n. 75 %.

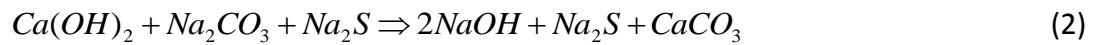
Superväkevöittimelle syötetään välipainehöyryä ja vahvan pään yksiköihin matalapainehöyryä. Haihdutinyksiköistä 1A, 1B ja 1C haihdehöyry imetään alipaineella seu-

raaviin haihduksiin 2,3 jne. 7 yksikköön asti. 2A-yksikölle tulee höyry strippauskolonnista sekä superväkevöittäimestä. 7-yksikön haihdehöyry johdetaan kahdelle pintalauhduttimelle, jossa sen lämpösisällöllä valmistetaan mekaanisesta vedestä lämminettä vettä lämminvesisäiliöön. 1A, 1B ja 1C yksiköiden lauhde on primäärilauhdetta ja se johdetaan lauhteenkäsittelyyn soodakattilalle. Yksiköiden 2-7 lauhde on sekundäärilauhdetta, joka johdetaan sekundäärilauhdessaäiliöön. Haihduksissa 5,6 ja 7 sekä pintalauhduttimissa on jälkilauhdutuspinna, josta saatava lauhde sisältää metanolia ja rikkiyhdisteitä. Tämä lauhde johdetaan likaislauhdessaäiliöön, johon johdetaan myös keittämöltä tuleva likaislauhde. Likaislauhde johdetaan strippauskoloniin, jossa likauslauhteen sisältämät rikkiyhdisteet erotetaan höyryyn ja johdetaan meesauunille poltettavaksi. Stripattu lauhde johdetaan sekundäärilauhdessaäiliöön.

Mäntyöljykeittämölle suopaa erotetaan laihalipeäsäiliöiden sekä välilipeäsäiliön pinnalta. Suopa erotetaan suovankeräyssäiliöön, josta se johdetaan kahteen suovan tasaussäiliöön. Mäntyöljykeittämöllä suopa keitetään rikkihapon kanssa mäntyöljyksi. Suopa yhdessä rikkihapon, laimennusveden ja höyryn kanssa sekoitetaan reaktioseokseksi, joka johdetaan reaktorin kautta separaattorille. Separaattori erottaa reaktioseoksesta veden, jota kutsutaan emävedeksi ja joka on natriumsulfaatin vesi-seos. Emävesi johdetaan emävesisäiliön kautta haihduksimolle laihalipeäsäiliölle menevään linjaan. Separaattorissa erotettu mäntyöljy kuivataan tyhjiökuivattimessa ja jäädytetään ennen varastointisäiliötä.

### ***3.2.2 Kaustisointi ja meesauuni***

Kaustistamalla valmistetaan soodakattilalta saatavasta viherliperästä ja meesauunilla poltetusta kalkista keittämön tarvitsemää valkoliperää. Viherliperä pumpataan soodakattilan liuottajalta tasaussäiliön kautta viherliperäselkeyttimeen, jossa viherliperässä oleva sakka laskeutetaan ja suodatetaan sakkasuotimella kaatopaikalle. Viherliperäselkeyttimestä viherliperä pumpataan tyhjiöjäähdyttimen kautta sammuttimeen, johon yhdistetään uunilta tuleva meesakalkki ja jossa kalkin sammutusreaktio tapahtuu alla olevien reaktioyhtälöiden mukaan



Kaustisointireaktio jatkuu neljässä kaustisointisäiliössä, jonka jälkeen kalkkimaito pumpataan valkolipeäsuodattimelle. Valkolipeäsuodatin on painesuodatin, jossa kalkkimaidosta erotetaan valkolipeä ja meesa suodattimessa olevilla sukkaletkuilla. Erotettu valkolipeä johdetaan keittämölle ja meesa johdetaan laimennussäiliön kautta kahdelle laihavalkolipeäsuodattimelle. Laihavalkolipeäsuodattimet ovat samanlaiset kuin valkolipeäsuodatin. Meesanlaimennussäiliöön johdetaan sekundäärilauhdetta sekä meesasuoitimen suodosta, joilla meesasta pestään alkalia pois. Laihavalkolipeäsuodattimien suodos, laihavalkolipeä, johdetaan laihavalkolipeäsäiliöön. Meesa johdetaan meesasiilon.

Meesasiilosta meesa pumpataan meesasuoitimelle. Meesasuoitimella meesaa pestään kuumalla vedellä mahdollisemman alhaiseen alkalipitoisuuteen ja kuivataan mahdollisemman korkeaan kuiva-aineeseen. Korkea alkalipitoisuus aiheuttaa meesauunilla tukkeentumista ja matala kuiva-aine lisää energiankulutusta eli raskaan polttoöljyn määrää.

Meesauuni on 106 m pitkä ja halkaisijaltaan 3,6 m sylinterin muotoinen kalteva uuni, jossa meesa poltetaan meesakalkiksi alla olevan reaktioyhtälön mukaan



Meesauunissa on kuivaus-, lämmitys-, reaktio- ja jäähdytysvyöhyke. Kuivatusvyöhykkeellä meesassa oleva vesi haihtuu. Kuivatusvyöhykkeellä on ketjuja, joiden tarkoitus on lisätä lämmönsiirtopintaa meesan ja savukaasujen välillä. Lämmitysvyöhykkeellä meesa lämpenee reaktiolämpötilaan. Kalsiumkarbonaatin hajoaminen kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi alkaa, kun lämpötila ylittää 850 C ja kiihtyy lämpötilan noustes-

sa. Uunin pyöriessä meesa virtaa syöttöpäästä polttopäähän, jossa on raskaalla polttoöljyllä toimiva poltin. Myös keittämöllä ja haihduttamalla syntyvät väkevät haju-kaasut johdetaan polttimelle. Polttimella on myös mahdollista polttaa mäntyöljyä. Syöttöpäässä lämpötila on n. 300 C ja polttopäässä n. 1200 C. Reaktiovyöhykkeen jälkeen meesakalkkia jäähdytetään satelliittijäähdyttimissä, jonka jälkeen se johdetaan meesakalkkisiiloon murskaimen kautta. Meesan läpimenoaika uunissa on n. 4 tuntia. Meesakalkkisiilosta kalkkia annostellaan sammuttimeen. Ostokalkkia käytetään korvaamaan prosessin häviöitä.

Meesan polton yhteydessä syntyvät savukaasut puhdistetaan sähkösuodattimella ja savukaasujen mukana kulkeutunut meesa saadaan palautettua takaisin uuniin. Osa pölystä otetaan talteen kalkkipölysiiloon, josta sitä puretaan autoihin. Pöly on myös mahdollista ajaa ulkona olevaan konttiin. Savukaasut johdetaan kaksivaiheiseen savukaasupesuun, josta saatava natriumbisulfiittiliuos johdetaan joko myytäväksi varastosäiliöön tai kaustisointiin.

### ***3.2.3 Prosessiveden valmistus***

Äänevoimalta tulevasta mekaanisesti puhdistetusta vedestä valmistetaan vedenkäsittelyssä kemiallisesti puhdistettua vettä sekä kattilan tarvitsemaa suolatonta lisävedettä. Mekaanisesti puhdistettua vettä shokkikloorataan klooridioksidilla veden laadun mukaan, vesien lämmitessä tarve klooraukselle on suurempi kuin talvisin.

Tiivistevesi valmistetaan suodattamalla mekaanisesti puhdistetusta vedestä. Mekaanisesti puhdistetun veden lisäksi tehtaalla on palovesiverkosto, johon palovesi pumpataan mekaanisesti puhdistetun veden runkolinjasta.

Kemiallisesti puhdistettu vesi valmistetaan lisäämällä mekaanisesti puhdistettuun veteen kemikaalina polyamiinikloridia, PAC:ia, joka saostaa vedestä epäpuhtauksia sekä pH:n säätöön NaOH:ia. Saostuneet epäpuhtaudet erotetaan vedestä selkeyttämällä ja suodattamalla. Flokkauksella kasvatetaan pieniä flokkeja isommiksi, jolloin ne saadaan erotettua mekaanisesti. Flokatun veden joukkoon johdetaan dispersiovesiä, jolloin ilmakuplat nostavat flokit selkeytysaltaan pinnalle. Dispersiovesi on



vettä, johon on liuotettu ilmaa. Selkeytys on kaksilinjainen ja pintaan nousseet flokit poistetaan pintalietteenä. Selkeytetty vesi johdetaan vielä hiekkasuotimen läpi, jossa poistetaan epäpuhtaudet, jotka eivät ole nousseet flokkeina pintaa. Hiekkasuotimet likaantuvat epäpuhtauksista, jolloin niiden läpivirtaus heikkenee. Hiekkasuotimia huuhdellaan vastavirtahuuhtelulla suodatusvastuksen kasvaessa liian suureksi. Suodatettu vesi johdetaan kemiallisen veden säiliöön.

Kattilalla käytettävä vesi on ionivapaata eli suolatonta vettä korroosiokestävyyden vuoksi. Lisävesi valmistetaan kemiallisesti puhdistetusta vedestä kahdella ioninvaihtosarjalla. Molemmilla sarjoilla on yksi kationivaihdin ja heikko sekä vahva anionivaihdin. Vaihtimissa on sisällä ioninvaihtohartsia, joka kationivaihtimessa erottaa positiivisia ioneja luovuttaen tilalle  $H^+$ -ioneja. Anionivaihdin puolestaan erottaa negatiivisia ioneja ja luovuttaa tilalle  $OH^-$ -ioneja. Yhdessä luovutetut ionit muodostavat vettä. Sarjojen jälkeen on vielä sekavaihdin, joka sisältää sekä anioni- että kationihartsia ja toimii poliisina sarjojen jälkeen. Ioninvaihtohartsia elvytetään hartsin puhdistamiseksi ja siihen tarttuneiden suolaionien poistamiseksi. Kationihartsia elvytetään rikkihapolla ja anionihartsia natriumhydroksidilla. Lisäveden määrällä korvataan kattilalla tapahtuvia häviöitä, kuten ulospuhalluksia sekä palautumattomia lauhteita.

### ***3.2.4 Turbiini***

Soodakattilalla tuotettu korkeapainehöyry johdetaan turbiinille, jossa tuotetaan tehtaan tarvitsema välipaine- ja vastapainehöyry. Generaattorilla tuotetaan tehtaan tarvitsema sähkö. Tehdas tuottaa energiaa yli oman tarpeen ja ylimäärä höyryä myydään Äänevoimalle sekä sähköä valtakunnan verkkoon. Mikäli turbiini ei ole ajossa, höyry johdetaan reduktioventtiileille. Reduktioventtiilejä on kaksi, toinen matalapainehöyrylle ja toinen välipainehöyrylle. Reduktioventtiilissä muunnetaan korkeapainehöyryn painetta ja lämpötilaa halutuksi paisuttamalla ja johtamalla paisutetun höyryn joukkoon syöttövesipumppujen välitosta tulevaa syöttövettä. Välipaine- ja matalapainetukista höyry jaetaan höyrynkäyttäjille. Kattilaa käynnistettäessä saadaan lämmitys-

höyry Äänevoimalta ja sähkö valtakunnanverkosta. Tilanteissa, joissa kattilalla ajetaan, mutta turbiini on pois ajolta, sähkö joudutaan ostamaan valtakunnanverkosta.

Äänekosken tehtaan turbiini on AEG-Kaniksen vastapaineturbiini, jonka maksimi tuorehöyryvirtaus on 90 kg/s. Generaattorin teho on 50 MW. Välipainehöyryä turbiinista saadaan maksimissaan 25 kg/s. Välipainehöyryn paine on 11,2 bar. Matalapaine- eli vastapainehöyryn paine on 4,4 bar ja sitä saadaan turbiinista maksimissaan 90 kg/s. Apulauhdutinta käytetään kun matalapainehöyryn tuotanto on kulutusta suurempi. Apulauhduttimeen voidaan ajaa maksimissaan 25 kg/s höyryä.

Turbiinin toimintaperiaate on, että höyry paisuu turbiinin johtosiivistössä alhaisempaan paineeseen ja lämpötilaan, jolloin syntyy liike-energiaa. Liike-energia muuttuu siivistössä mekaaniseksi pyörimisenergiaksi, joka muutetaan generaattorin välityksellä sähköenergiaksi. Väliotosta otetaan osa höyrystä pois ennen viimeisiä siivistöjä välipainehöyrynä ja suurin osa viimeisten siipirivien jälkeen matalapainehöyrynä.

### ***3.2.5 Jäteveden puhdistamo***

Jätevedet johdetaan biologiselle jäteveden puhdistamolle. Puhdistamolla puhdistetaan sellutehtaan jätevesien lisäksi CMC-tehtaan, PCC-tehtaan sekä kartonkitehtaan kirkassuodos. Myös kartonkitehtaan kuitupitoiset vedet on mahdollista ajaa puhdistamolle. Jätevedet jaetaan kiintoainepitoisiin ja kiintoainevapaisiin vesiin. Kiintoainepitoiset vedet puhdistetaan ensin esiselkeyttimessä, jossa kuitu erotetaan vedestä ja johdetaan kuitutiivistimelle. Puhdistamolle tuleva jätevesi johdetaan tasausaltaalle, jossa jäteveden määrää ja laatua tasataan. Jätevettä jäähdytetään kesäaikaan kahdella jäähdytystornilla kierrättämällä vettä tornien kautta tulopumppaamosta takaisin tasausaltaalle. Tulopumppaamossa suoritetaan jäteveden neutralointi, johon syötetään jäteveden pH:n mukaan rikkihappoa tai kalkkia, vaahdonestoainetta ja ravinteina typpeä ja fosforia. Typpi annostellaan ureana ja fosfori fosforihappona. Neutraloinnista vesi pumpataan kahdelle rinnakkaiselle ilmastuslinjalle. Aktivointiosaan palautetaan lietettä jälkiselkeyttimiltä. Ilmastusaltaissa syötetään ilmaa poh-

jailmastiin. Ilmastuksesta jätevesi ohjataan kahdelle jälkiselkeyttimelle, joista selkeytetty vesi poistuu vesistöön ja laskeutunut liete palautetaan ilmastusaltaan aktiivointiosaan sekä ylijäämälietepumppauksena lietteenkäsittelyyn. Tehtaan häiriötilanteissa jätevesi voidaan ohjata varoaltaalle, josta jätevettä pumpataan pienissä määrin puhdistamolle tulevan jäteveden joukkoon.

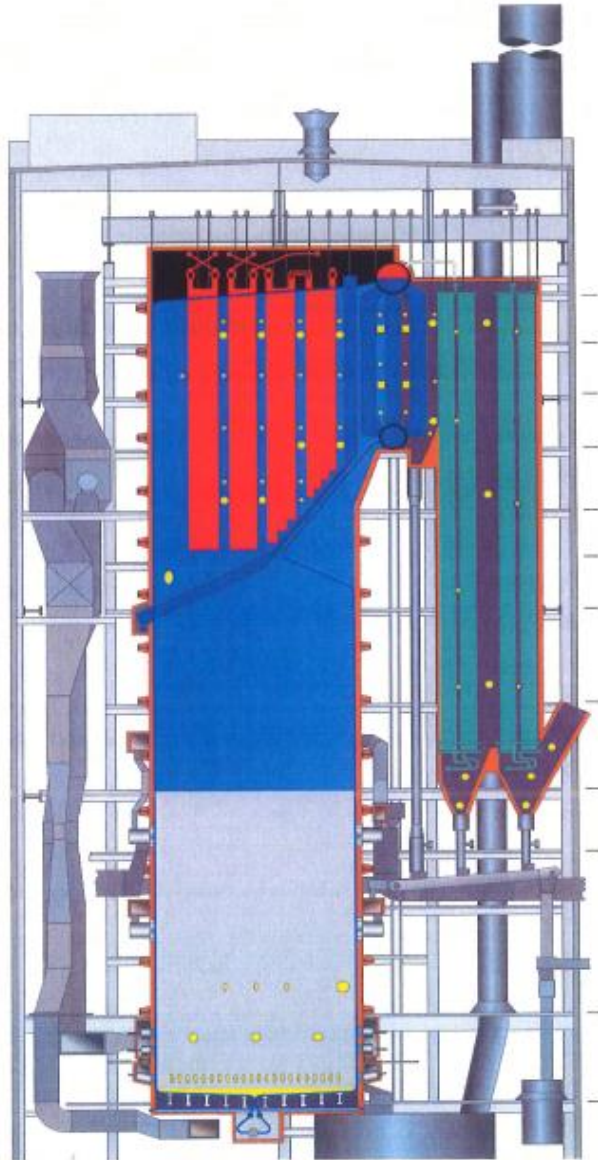
### 3.3 Soodakattila

Soodakattilan tehtävänä on:

- muuttaa mustalipeään sitoutunut natrium natriumkarbonaatiksi
- natriumsulfaatin pelkistäminen natriumsulfidiksi
- polttaa mustalipeän sisältämä orgaaninen aines siten, että poltosta syntyvä lämpö voidaan hyödyntää reaktioissa, tuhkan sulatuksessa, polttolipeän kuivatuksessa sekä veden höyrystämisessä ja tulistamisessa
- kemikaalituhkan sulattaminen ja talteenotto

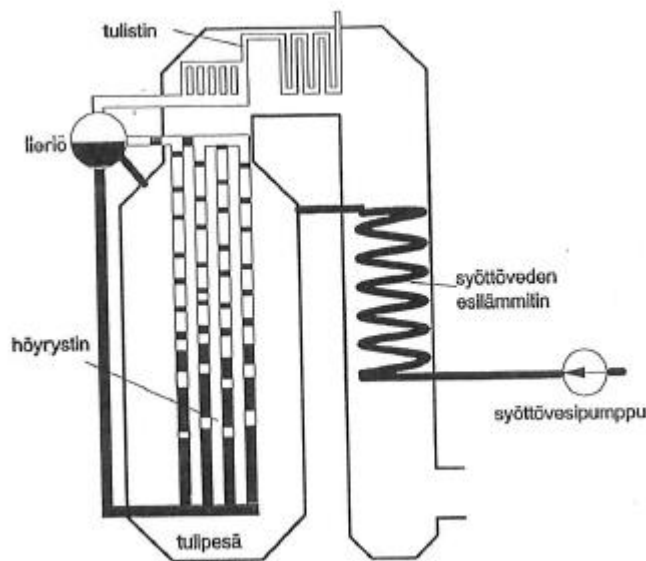
Mustalipeästä saatava lämpömäärä riippuu mustalipeän kuiva-ainepitoisuudesta sekä kuiva-aineen lämpöarvosta. Mitä suurempi on mustalipeän kuiva-aine, sitä enemmän lämpöä saadaan kehitetyksi. Kuiva-aineen lämpösisällöstä n. 60–65 % voidaan siirtää höyryyn. Kuiva-aineen lämpöarvo riippuu keittosaannon ja alkaliannostuksen mukaan. Havupuun lämpöarvo on n. 14,2–15,9 MJ/kg ka ja lehtipuun n. 12,6–15,0 MJ/kg ka. (Ahonen, Haasiosalo & Sebbas 1983, 1203–1204)

Äänekosken Metsä Fibren soodakattila on luonnonkiertoon perustuva kaksilieriösuurtehosäteilykattila, jonka kapasiteetti on 2700 tka/d. Höyryn arvot kattilalla ovat 82 bar ja 480 C. Kuviossa 4 on esitettyinä rakennekuva soodakattilasta, jossa näkyvät soodakattilan osat: tulipesä, verhoputket, kolmiosainen tulistin, ylä- ja alalieriö sekä niiden väliset kattilaputket ja kaksiosainen ekonomaiseri.



KUVIO 4. Soodakattilan rakenne (Metsä Fibre)

Luonnonkiertokattilan vesi ja vesihöyry kiertää lieriön ja höyrystimen välillä niiden tiheyseroon perustuen. Kuviossa 5 on esitettyä periaatekuva luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiristä. Syöttövesipumpulla pumpataan syöttöveden esilämmittimen kautta syöttövesi lieriöön ja siitä laskuputkia pitkin tulipesän ympärillä olevien höyrystinputkien alapäähän. Osa vedestä höyrystyy putkissa ja kylläisen veden ja vesihöyryn seos palaa takaisin lieriöön, jossa ne erotetaan toisistaan. Höyry johdetaan lieriön yläosasta tulistimille ja erotettu vesi sekoittuu syöttöveeten ja jatkaa kiertoa. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2004, 113)



KUVIO 5. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2004, 113)

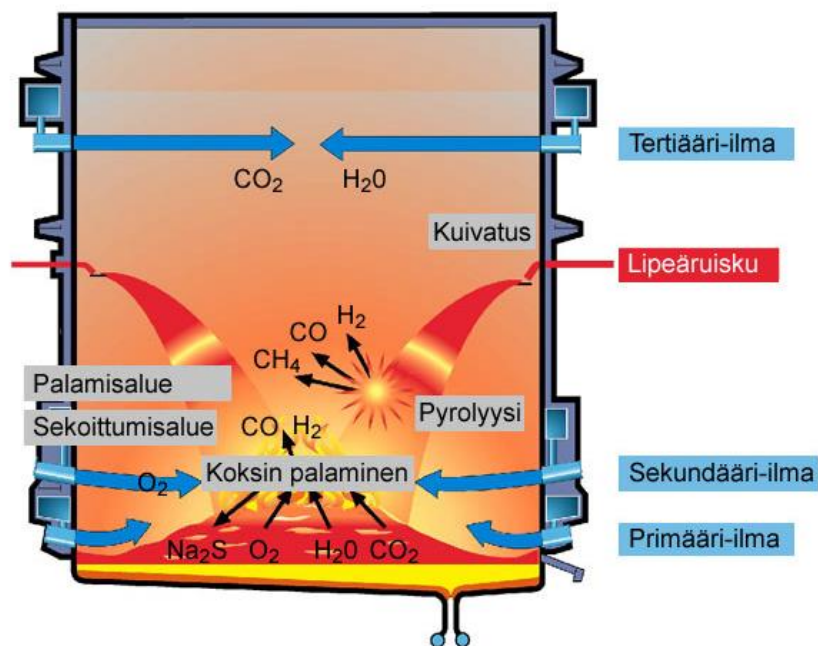
Luonnonkiertokattiloissa ei tarvita veden kierrätykseen pumppua, jolloin niiden oma-käyttötehon tarve on pakkokiertokattiloita pienempi. Luonnonkiertokattilan toimintaperiaate rajoittaa paineen nostoa lähelle kriittistä painetta, jolloin veden ja vesihöyryn tiheys on yhtä suuri. Luonnonkiertokattiloiden paine on alle 170 bar luonnonkierron toteutumiseksi, jolloin veden tiheys jää vielä viisinkertaiseksi höyryn tiheyteen verrattuna. Kiertoluvulla tarkoitetaan höyrystinputkistossa virtaavan vesivirran suhdetta höyrystyvään vesivirtaan. Kiertoluku luonnonkiertokattiloissa on painetasta riippuen 5-100. Kiertoluku on korkeapaineisilla kattiloilla pienin. (Mts. 113–114)

### ***3.3.1 Lipeämpolttto***

Haihduuttamolta tuleva polttolipeä ruiskutetaan kattilaan tulipesän kaikilta sivuilta lipeäsuuttimilla. Lipeäsuuttimia on yhteensä 10 kappaletta. Lusikkasuuttimen halkaisija on 30 mm. Polttolipeän lämpötila nostetaan n. 130 C:een esilämmönvaihtimella ennen lipeäengasta. Matkalla tulipesän pohjalla olevaan kekkoon, lipeäpisarat kuivuvat ja lipeään sitoutunut natrium muuttuu natriumoksidiksi, joka reagoi tulipesän kaasujen kanssa alla olevien reaktioyhtälöiden mukaisesti.



Kuviossa 6 on esitettyä pisaran käyttäytymistä tulipesässä.



KUVIO 6. Pisanan käyttäytyminen tulipesässä (Knowpulp)

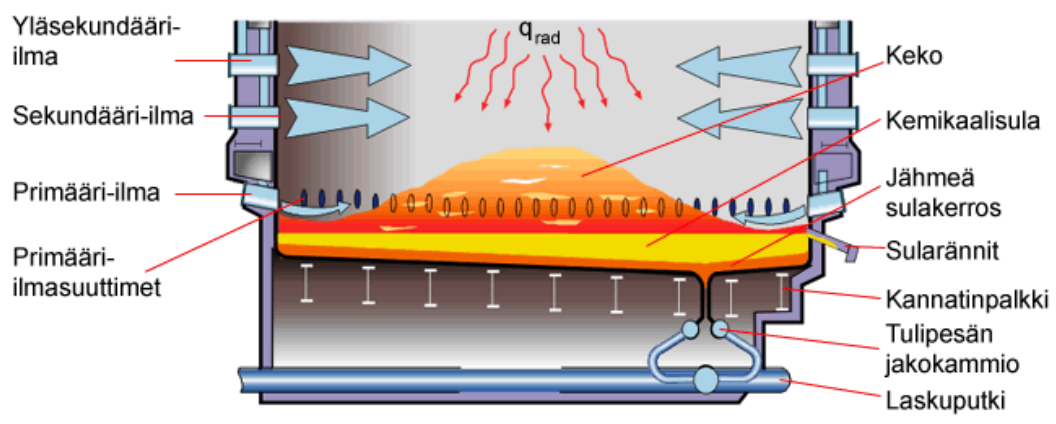
Keossa orgaaninen palava aine kaasuuntuu, palaa osittain ja poistuu keosta, natriumsulfaatti pelkistyy natriumsulfidiksi alla olevien reaktioyhtälöiden mukaisesti ja talteenotettavat suolat sulavat.



Natriumsulfidin pelkistymisen onnistumista mitataan reduktioasteella, jonka määrällään alla olevan kaavan mukaisesti.

$$\text{reduktioaste}(\%) = \frac{Na_2S}{Na_2S + Na_2SO_4} \times 100 \quad (8)$$

Keon läpi valuva kemikaalisula johdetaan tulipesän pohjalta vesijähdytteisten viiden sulakourun kautta liuottajaan. Kuviossa 7 on esitettyä tulipesän pohjan rakenne.



KUVIO 7. Tulipesän pohjan rakenne (Knowpulp)

Liuottajassa sula liuotetaan kaustisoinnista saatavaan laihavalkolipeään ja syntynyt viherlipesä pumpataan kaustistamon viherlipesän tasaussäiliöön. Liuottajassa syntynyt hönkä pestään hönkäpesurissa laihavalkolipeällä ja sekä tarvittaessa vedellä. Hönkäpesurin pohjalle kerääntyvä sakka johdetaan liuottimeen ja pesty hönkä kattilan piippuun.

### 3.3.2 Polttoilma

Kuvion 6 mukaisesti mustalipesän poltto tarvitsee ilmaa, jota tuodaan neljästä ilmarestä. Ilma säädetään niin, että kokonaisilmavirta ekonomaisereiden välissä on 1,8–2,3 %. Palamisilma otetaan kattilarakennuksen yläosasta ja johdetaan tulipesään kolmen puhaltimen avulla, primääri-, sekundääri- ja tertiääri/kvartiääri-ilmapuhaltimella. Sekundääri-ilmapuhaltimella tuodaan ilma myös kuormaöljyilma-

kanaville sekä öljypolttimien liekinvartijoille ja nuohoimien jäähdytysputkiin. Primääri- ja sekundääri-ilmapuhaltimet ovat siipikulmasäätöisiä aksiaalipuhaltimia ja tertiääri/kvartiääri-ilmapuhallin on imusäleikköpeltisäätöinen radiaalinen puhallin. Primääri- ja sekundääri-ilma lämmitetään ilman esilämmittimillä 110 C:een asti matalapaine-höyryllä ja siitä ylöspäin välipainehöyryllä. Primääri-ilman lämpötila on n. 160 C ja sekundääri-ilman n. 150 C. Tertiääri- ja kvartiääri-ilmaa ei lämmitetä.

Primääri-ilmarekisteri sijaitsee n. 1,4 m tulipesän pohjalta kaikilla seinillä. Primääri-ilmalla ylläpidetään palamista ja riittävän korkeaa keon lämpötilaa. Sekundääri-ilmarekisteri sijaitsee kahdessa tasossa kattilan etu- ja takaseinällä, n. 3,1 m korkeudella ja n. 4,1 m korkeudella pohjasta. Sekundääri-ilmalla poltetaan keosta nousevat palamattomat kaasut sekä hallitaan keon kokoa. Tertiääri-ilmarekisteri sijaitsee n. 9,7 m tulipesän pohjalta lipeäsuuttimien yläpuolella kattilan etu- ja takaseinällä. Tertiääri-ilmalla varmistetaan, että palamiskelpoiset kaasut ovat palaneet loppuun. Kvartiääri-ilmarekisteri sijaitsee n. 16 m tulipesän pohjalta kuormapolttimien kanssa samalla tasolla.

### ***3.3.3 Öljypolttimet***

Soodakattilassa on ylös- ja alasajo- sekä häiriötilanteita varten 6 kappaletta käynnistyspolttimia, jotka sijaitsevat sivuseinillä sekundääri-ilmarekisteritasolla. Polttimia on molemmilla sivuilla 3 kappaletta. Näiden lisäksi kuormapolttimia on kaksi kappaletta, joita käytetään tilanteissa, joissa lipeäpoltolla ei saavuteta tarvittavaa höyrykehitystä. Käynnistys- ja kuormapolttimien polttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä ja sytytyskaasuna nestekaasua.

### ***3.3.4 Vesi- ja höyrykierto***

Syöttövesi koostuu prosessista palautuvista lauhdeista sekä tarvittavasta lisävedestä. Osastoilta palautuvat lauhdeet kerätään lauhdesäiliöön, josta vesi pumpataan lämmönvaihtimen ja precoat-suodattimien kautta syöttövesisäiliöön. Precoat-suodattimilla poistetaan lauhdeessa olevia kiinteitä epäpuhtauksia. Lämmönvaihti-



messa lauhteella lämmitetään tarvittava lisävesi, joka johdetaan yhdessä lauhteen kanssa syöttövesisäiliöön. Syöttövesisäiliön kaasupoistimessa poistetaan puhdistetussa lauhteessa ja lisävedessä olevia liuennaita kaasuja, kuten happea ja hiilidioksidia, kuumentamalla vettä höyryllä. Jäljellä olevan hapen poistoon ja veden kovuuden säätöön käytetään kemikaalina Amercoria, joka syötetään syöttövesisäiliöön. Syöttövesisäiliöstä vesi pumpataan syöttövesipumpuilla syöttöveden esilämmittimelle eli ekonomaiserille. Syöttövesipumppuja on 4, joista normaalisti kaksi nestekytkimellistä pumppua on käytössä. Yksi pumpuista on suorakäyttöinen ja neljäs turbiinikäyttöinen syöttövesipumppu, jota käytetään sähkökatkoissa.

Ekonomaiserin rakenteeltaan pystyputkiyksikkö, jossa savukaasu kulkee ylhäältä alas vastavirtaan syöttöveden kanssa. Ekonomaiserissa vesi lämmitetään savukaasulla lähelle kiehumispistettä. EKO 1:n jälkeen vesi voidaan ajaa Dolezal-pintalauhduksen läpi, jolla voidaan valmistaa puhtaampaa kylläisen höyryn lauhdetta. Tätä käytetään tulistimien välissä höyryn jäähdytykseen. Tämä jälkeen vesi johdetaan EKO 2:een ja siitä kolmea putkea pitkin höyrylieriön vedenpinnan alapuolelle.

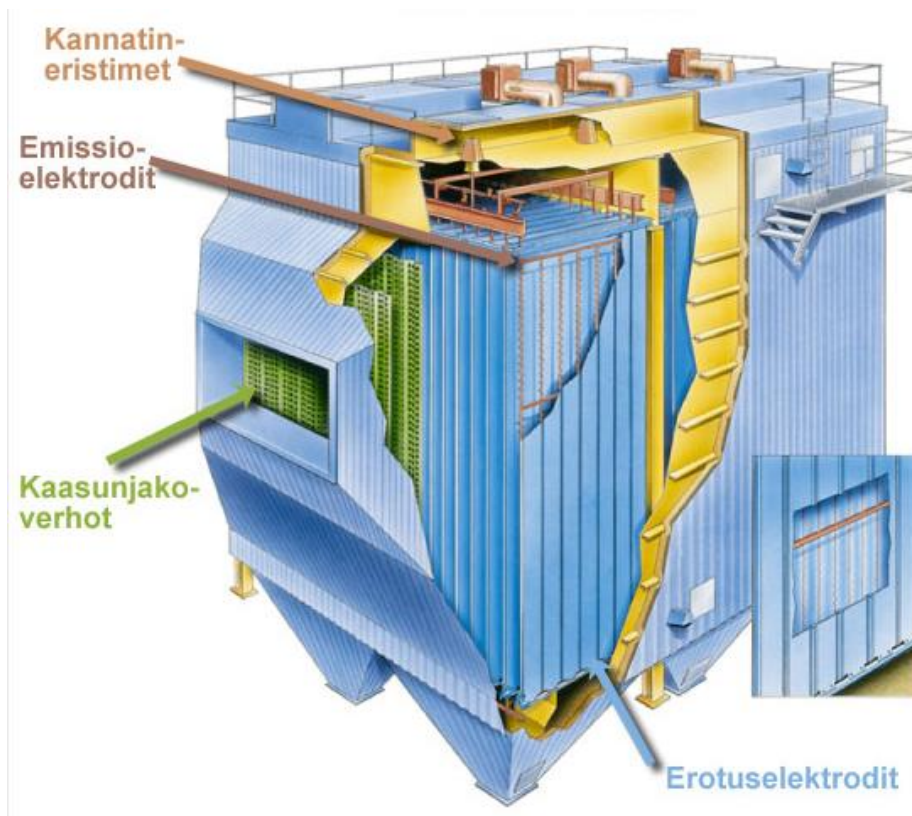
Alalieriöstä lähtevät oikealla ja vasemmalla puolella olevat putousputket kulkevat kattilan ulkopuolella tulipesän pohjan jakolaatikkoon. Pohjaputket lähtevät jakolaatikosta jakautuen kattilan etu- ja takaseinäputkiin. Sivuseinäputkilla on oma jakolaatikonsa. Seinäputkissa kehittyy höyryä tulipesässä palamisesta syntyneen lämmön ansiosta ja höyry-vesiseos nousee yläkokojaputkiin ja höyrylieriöön. Samalla periaatteella toimii myös ennen tulistimia oleva vesiverhoputkisto sekä lieriöiden väliset kattilaputket eli keittoputkisto. Höyrylieriössä vesi erotetaan höyry-vesiseoksesta ja palautetaan se höyrystyskiertoon. Tätä vettä kutsutaan kattilavedeksi. Jatkuvalla ulospuhalluksella hallitaan kattilaveden puhtautta. Höyryä erotetaan lieriössä vedenerotuslaitteilla, vedenerotussykloneilla sekä pisaranerotimilla.

Lieriössä erotettu höyry johdetaan 2-osaiseen 1. tulistimeen. Tulistimet nostavat höyryn lämpötilaa ja painetta turbiinille sopivaksi. Tulistimien välissä höyrynjäähdyt-

timillä hallitaan höyryn lämpötilaa ja estetään tulistinosien ylikuumentumista sekä tasoitetaan lämpökuorman vinoutta. Mikäli Dolezal-lauhdutin ei ole käytössä, käytetään höyryn jäähtymiseen syöttövettä. Höyryn lämpötilan noustessa liian korkeaksi, savukaasujen natriumsulfaatti alkaa saostua tulistinpinnoille. Kattilan verhoputket suojaavat tulistimia liialliselta kuumuudelta sekä lämpötiloja tasataan myös syöttämällä höyry 1. tulistimen vasemmalta puolelta 2. tulistimen oikealle puolelle ja päinvastoin. 1. tulistimessa höyry virtaa savukaasuihin nähden vastavirtaan ja 2. tulistimessa taas myötävirtaan. 2. tulistimesta höyry johdetaan 3. tulistimeen, joka sijaitsee 1. ja 2. tulistimen välissä. 3. tulistimessa höyry virtaa savukaasuihin nähden myötävirtaan. Kattilan jälkeen oikealta ja vasemmalta puolelta tulevat höyryputket yhdistyvät ja korkeapainehöyry johdetaan turbiinille.

### ***3.3.4 Savukaasut***

Savukaasut imetään kattilasta neljällä savukaasupuhaltimella, jotka ovat radiaalipuhaltimia. Savukaasupuhaltimet ovat neljän sähkösuodattimen perässä ja niillä säädetään tulipesän veto. Savukaasut puhdistetaan sähkösuodattimissa kiintoaineesta, jonka jälkeen puhdistettu savukaasu johdetaan ulkoilmaan ja tuhka poistetaan sähkösuodattimien pohjalta laahakuljettimilla. Kuviossa 8 on esitetty sähkösuodattimen rakenne. Sähkösuodattimessa on kahdenlaisia elektrodeja: emissio- ja erotuselektrodeja, joiden välinen jännite aiheuttaa voimakkaan sähkökentän. Emissioelektrodeilla tapahtuvassa koronapurkauksessa syntyy negatiivisesti ja positiivisesti varautuneita kaasumolekyylejä. Positiivisten ionien kulkiessa negatiivisesti varautuneelle emissioelektrodille, ne luovuttavat varauksensa ja muuttuvat neutraaleiksi kaasumolekyyleiksi. Negatiivisesti varautuneet ionit varaavat savukaasuissa olevat pölyhiukkaset negatiivisiksi ja voimakas sähkökenttä saa aikaan niiden liikkumisen kohti erotuselektrodia. Erotuselektrodille kiinnittyneet pölyhiukkaset poistetaan ravistamalla. (Huhtinen & Hotta 2008, 242)



KUVIO 8. Sähkösuodattimen rakenne (Knowpulp)

Kattilan lämpöpinnoille kerääntyy palamisessa syntyvää tuhkaa, jota poistetaan höyrynuohoimilla. Nuohoushöyrynä käytetään 1.tulistimen jälkeistä höyryä ja sen painetta lasketaan säätimellä, jolloin myös lämpötilaa saadaan pudotettua. Nuohoimia on soodakattilassa yhteensä 66 kappaletta ja ne ovat pyöriviä, ulosvedettäviä höyrynuohoimia. Nuohoimet ovat sijoitettu pareittain kattilan kummallekin puolelle. Nuohous tapahtuu sekvenssin perässä, joka on aseteltavissa käyttöjärjestelmästä. Nuohouksessa poistettava tuhka kerätään ketjukuljettimilla konvektio-osalta, EKO 1:n ja EKO 2:n suppiloista kokoojakuljettimelle. Sähkösuodattimien pohjalta niissä erotettu tuhka johdetaan laahakuljettimilla siirtokuljettimille. Kokoojakuljettimelta ja siirtokuljettimelta tuhka siirretään ruuvikuljettimella sekoitussäiliöön. Tuhkaa on myös mahdollista ajaa pois kierrosta joko liuottamalla se veteen ja johtamalla kanaaliin tai ajamalla se vaihtolavalle, tämä poistaa kierrosta vierasaineita, mutta laskee samalla sulfiditeettia.

## 4 ÄÄNEVOIMA

Äänevoiman biovoimalaitos on oma osakeyhtiö, jonka käyttö- ja kunnossapitovastuu on siirtynyt Metsä Fibrelle toukokuussa 2013. Kuviossa 9 on valokuva Äänevoiman voimalaitosalueesta.



KUVIO 9. Äänevoiman voimalaitos (Metsä Fibre)

Äänevoiman voimalaitos tuottaa tehdasintegraattiin lämpöä ja sähköä biokattilalla sekä tarvittaessa höyryä kahdella öljykattilalla. Voimalaitos vastaa myös koko tehdasalueen käyttämästä raakavedestä. Pääosa tuotetusta lämmöstä johdetaan höyrynä väliottovastapaineturbiinille, josta se välipaine- ja vastapainehöyrynä johdetaan kartonki-, cmc-tehtaalle ja tarvittaessa sellutehtaan tarpeisiin. Kaukolämpö Äänekosken kaupungille tuotetaan vastapainehöyrynä lämmönsiirtimen kautta. Kaukolämpöä pystytään tuottamaan 20 MW ja vuotuinen kaukolämmöntuotanto on n. 80 GWh. Turbiinin generaattori tuottaa höyrystä sähköä. Vastapaineturbiinin sähköteho on 38 MW. Sähköä toimitetaan Metsä Boardille sekä Äänekosken Energialle kaukolämmön suhteessa. (Äänevoima Oy)

Alueella sijaitsevan vesivoimalaitoksen käyttövastuu on Äänevoimalla. Vesivoimala tuottaa sähköä maksimissaan 6 MW ja virtaama on keskimäärin 55 m<sup>3</sup>/s. Paineilmaa tuotetaan kartonki- ja cmc-tehtaalle sekä tarvittaessa sellutehtaalle neljällä paineilmakompressorilla.

Integraatissa käytettävä raakavesi otetaan Keiteleestä pintavetenä. Raakavesilaitoksella vesi johdetaan väljän läpi neljälle rumpusuodattimelle. Suodatettua raakavettä kutsutaan mekaanisesti puhdistetuksi vedeksi ja sitä pumpataan viidellä raakavesipumpulla raakavesilinjaan. Raakavesipumppujen maksimikapasiteetti on 300 m<sup>3</sup>/min. Raakavettä toimitetaan Äänevoiman voimalaitoksen oman käytön lisäksi sellu-, kartonki- ja cmc-tehtaalle.

Kemiallisesti puhdistettua vettä toimitetaan kartonki- ja cmc-tehtaalle. Kemiallisesti puhdistettu vesi valmistetaan raakavedestä 26:lla Dynasand-hiekkasuodattimella, joissa kiinteät epäpuhtaudet saostetaan saostuskemikaalilla. Kemiallisesti puhdistetusta vedestä valmistetaan myös biokattilan tarvitsema ionivapaa lisävesi ioninpoistotarjoilla.

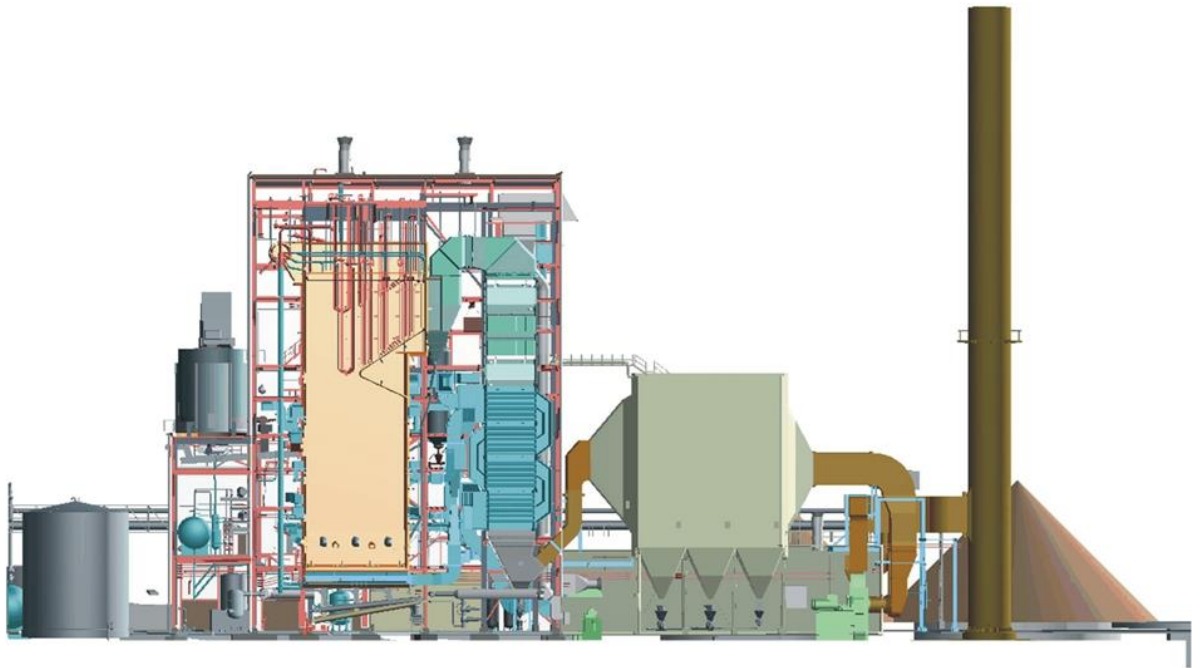
## 4.1 Biokattila

Esitettävä Äänevoiman voimalaitoksen prosessi perustuu Foster Wheelerin Äänevoimalle kirjoittamiin toimintakuvauksiin.

Äänevoiman biokattila on Forter Wheelerin toimittama, vuonna 2002 käyttöönotettu kupliva leijupetikattila (BFB). Kattilan polttoaineteho 173 MW ja höyryntuotto 60 kg/s. Kattilan tuottaman höyryn arvot ovat 105 bar ja 535 C. Pääpolttoaineena kattilalla käytetään sellutehtaalta tulevaa kuorta, johon kuitu- ja bioliete on yhdistetty. Kuoren määrä on yli puolet kaikesta käytettävästä polttoaineesta. Muina polttoaineina käytetään sahojen sivutuotteita, metsähaketta sekä turvetta. Kattilalla on mahdollisuus polttaa myös tehdasalueelta kerättävää energijätettä ja ulkopuolelta

tulevaa kierrätyspolttoainetta eli refiä. Kattilan vara- ja tukipolttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä.

Kuviossa 10 on kuvattuna poikkileikkauksena Äänevoiman kattila oheislaitteineen. Biovoimalaitos koostuu polttoaineen käsittelylaitteista, leijupetikattilasta, sähkösuodattimesta, vastapaineturbiinista ja generaattorista sekä veden- ja lauhteenkäsittelylaitteista.



KUVIO 10. Poikkileikkaus leijupetikattilasta (Äänevoima Oy)

#### ***4.1.1 Polttoaine***

Polttoaineena käytetty kuori kuljetetaan sellutehtaan puunkäsittelystä hihnakuljettimilla kuorikasalle. Turve kuljetetaan voimalaitokselle rekoilla, jotka puretaan polttoaineen vastaanottoasemalla olevalle kuljettimelle. Ulkopuolelta tuleva kierrätyspolttoaine puretaan myös vastaanottoasemalla. Turve johdetaan seulomon kautta turvesiiloon. Tehdasalueelta kerättävä energiajäte puretaan murskalle, josta se seulomon kautta johdetaan turvesiiloon tai puuaumaan. Polttoaineet kuljetetaan hihnakuljettimilla kahteen kattilan etupuolella olevaan syöttösiiloon. Syöttösiiloista poltto-

ainetta puretaan ruuvipurkaimilla kolakuljettimen ryöstöruuveille. Ryöstöruuvit purkavat polttoaineen syöttötorviin, joista polttoaine sulkusyöttimien kautta johdetaan tulipesään.

Pudotessaan tulipesässä olevaan leijukerrokseen, polttoaine kuivuu, kaasuntuu ja palaa täydellisesti. Hienempi jae palaa leijukerroksen yläpuolella. Lämpötila on leijukerrossa n. 750–900 °C. Lämpötila riippuu polttoaineen kosteudesta ja kuormasta ja sitä säädetään leijutusilman ja sekundääri-ilman suhdetta muuttamalla. Petiä voidaan jäähdyttää kiertokaasukanavista johdetulla inertillä savukaasulla.

### ***4.1.2 Tulipesä***

Tulipesän alaosassa sijaitseva leijukerros koostuu hiekka- ja tuhkerroksesta, joka on eristetty muurauksella kattilan membraaniseinästä. Kattilan pohjan läpi on sijoitettu leijutussuuttimia, joilla kerrosta leijutetaan ilmalla tai ilman ja savukaasun seoksella. Leijutussuuttimia on yhteensä 3450 kpl. Petihiekkana käytetään luonnonhiekkaa ja se puhalletaan säiliöautosta siiloon. Siilosta hiekka annostellaan sulkusyöttimellä kattilan vasemmalle sivuseinälle. Korkeutta leijukerroksella lepotilassa on 0,6–0,7 m.

Arina on tyypiltään porrassarina ja sen pinta-ala on 84 m<sup>2</sup>. Arinan pohjalta voidaan leijukerrosta vajauttaa sekä pohjatuhkaa poistaa 12 kohdasta. Tuhkaa ja hiekkaa poistetaan pedin karkenevuuden ja petipaineiden liiallisen nousun vuoksi. Tuhka ja hiekka poistetaan tuhkanpoistoputkia pitkin neljälle vesijäähdytteiselle tuhkaruuvulle. Tuhkaruuveilta tuhka siirretään tuhkalavoille kolakuljettimillä. Osa tuhkasta seulotaan ja seulottu jae palautetaan hiekkasiiloon kautta takaisin tulipesään. Seulan ylisuurijae johdetaan tuhkalavalle. Normaalisti tuhkaa poistetaan 3-5 tonnia vuorokaudessa.

### ***4.1.3 Palamisilma***

Primääri-ilmalla aikaansaadaan polttoaineen kunnollinen palaminen sekä pedin optimaalinen leijumisnopeus. Palamisilmaa imetään kattilahuoneen yläosasta, ulkoil-

masta tai sekoittamalla molempia primääri-ilmapuhaltimella ja tuodaan arinan läpi. Ilma jäädyttää myös hiekkaa ja ehkäisee näin sintraantumista. Palamisilma lämmitetään puhaltimen jälkeisessä kanavassa höyryilmanesilämmittimellä, höyryluvolla sekä savukaasuluvolla. Höyryluvolla säädetään myös savukaasun lämpötilaa, ettei se laske alle happokastepisteen. Savukaasuluvot on jaettu erikseen primääri- ja sekundääri-ilmoille. Sekundääri-ilmaa syötetään tulipesään 3 eri tasolta optimaalisen palamisen saavuttamiseksi. Sekundääri-ilmalla säädetään kattilaan haluttu happitaso, jonka mittareina ovat tulipesän lämpötilojen lisäksi NO<sub>x</sub> ja CO- taso. Sekundääri-ilma imeetään sekundääri-ilmapuhaltimella ja lämmitetään samoin kuin primääri-ilma.

Kiertokaasupuhaltimella säädetään petilämpötilaa niiden pyrkessä nousemaan liian korkeaksi. Sillä imetään savukaasuja savukaasupuhaltimen jälkeisestä kanavasta ja puhalletaan ne primääri-ilmakanavaan, jossa ne sekoittuvat primääri-ilman kanssa. Kiertokaasupuhallin käynnistyy petilämpötilan noustessa asetellulle tasolle.

#### ***4.1.4 Öljypolttimet***

Kattilalla on 5 starttipoltinta ja 2 kuormapoltinta, joita käytetään polton tukena häiriötilanteissa sekä ylösajotilanteissa. Startti- ja kuormapolttimien polttoaineena käytetään raskasta polttoöljyä. Ne sijaitsevat kattilan etuseinällä ja sivuseinillä. Hajotusaineena polttimilla käytetään höyryä. Kuormapolttimet on sijoitettu kattilan etuseinälle ja myös niiden hajotusaineena on höyry. Sekä startti- että kuormapolttimien sytytyskaasuna käytetään nestekaasua.

#### ***4.1.5 Vesi- ja höyrykierto***

Äänevoiman kattila toimii luonnonkiertoperiaatteella. Sen vesi-höyrypiirin muodostavat syöttöveden esilämmitin eli ekonomaiseri, höyrystinpinnat, höyrylieriö sekä tulistimet. Luonnonkiertokattilan toimintaperiaate on selvitetty kappaleessa 3.3. Kattilassa tarvittava ionivapaa lisävesi valmistetaan kahdella ioninpoistosarjalla kemiallisesti puhdistetusta vedestä. Kylmä lisävesi ja puhdistettu lauhde johdetaan kaasunpoistimen kautta syöttövesisäiliöön. Kaasunpoistin erottaa ja poistaa syöttövedestä jäännöshapetta. Kaasunpoistimen yläosassa on suihkuputkia, jotka hajottavat



vettä pieniksi pisaroiksi. Kaasunpoistimessa on kaasunpoistohyllyjä, joihin alaspäin tuleva vesi kerääntyy ja jakaantuu uudelleen pisaroiksi valuen hyllyssä olevien reikien kautta alemmalle hyllytasolle. Lämmityshöyrynä käytettävä 3,5 bar matalapainehöyry nousee hyllytasojen välistä ylöspäin lämmittäen lisäveden ja kuljettaen haitalliset kaasut mukanaan. Haitalliset kaasut poistetaan yläosassa olevan hönkäventtiilin kautta. Korkeapaine-esilämmittimellä lämmitetään syöttövettä. Käytettävä höyry on turbiinin välitosta saatavaa 11,5 bar välipainehöyryä.

Syöttövesipumppuja on kaksi, joista toinen on käytössä ja toinen käynnistysvalmiudessa. Syöttövesisäiliöstä vesi imetään imusihdeillä syöttövesipumpuille ja säätöventtiilin kautta vesi johdetaan ekonomaiseriin ja edelleen lieriöön. Lieriöstä kylläinen höyry johdetaan tulistimille, joissa sen lämpötilaa nostetaan. Höyry täytyy olla tulistettua ennen sen syöttämistä turbiinille mahdollisemman suuren tehon aikaansaamiseksi generaattorista. Turbiinin johto- ja juoksusiivistössä höyryn tulistusaste laskee ja höyryn lämpötilan ollessa liian matala turbiiniin tullessa se lauhtuu kylläiseksi ja kosteaksi höyryksi ennen viimeisiä siivistöjä ja aiheuttaa eroosiota.

Tulipesän yläosassa sijaitsevat tulistimet 1-3. 1. vaihe on savukaasuihin nähden sijoitettu vastavirtaan ja 2. ja 3. vaihe myötävirtaan. 2. vaiheen tulistinta kutsutaan säteilytulistimeksi ja 3. tulistinta konvektiotulistimeksi. Höyryn lämpötilaa säädetään ruiskuttamalla syöttövettä kahden höyryjäähdyttimen kautta höyryyn tulistuksen eri vaiheissa. Ruiskutuslaitteita on 1. tulistimella, 1. ja 2. tulistimen välissä ja 2. ja 3. tulistimen välissä. Luonnonkiertohöyrystin on sijoitettu 1. tulistimen jälkeen 2. konvektio-osaan. Luonnonkierron varmistamiseksi putket on sijoitettu 5 asteen nousukulmaan. Erillisessä konvektio-osassa on ekonomaiseri, joka on toiminnaltaan rekuperatiivinen ristivirta esilämmitin. Palamisilman esilämmittimet sijaitsevat samassa vedossa ekonomaiserin ylä- ja alapuolella. Tyypiltään luvu on samanlainen kuin ekonomaiserikin.

#### ***4.1.6 Savukaasut***

Poltossa syntyvillä savukaasuista otetaan lämpöenergia talteen kattilaveteen, höyryyn sekä palamisilmaan. Jäljelle jäänyt savukaasu poistetaan kahdella savukaasupuhaltimella, joilla myös säädetään ja ylläpidetään tulipesän alipaine. Savukaasut sisältävät lentotuhkaa ja päästöjä synnyttäviä aineita, joten ne puhdistetaan sähkösuotimella, ennen niiden johtamista piippuun. Päästöjä hallitaan kattilarakenteen lisäksi polttoaineen syötöllä, polttotekniikalla ja palamisella. Sähkösuodatin on rakenteeltaan yksikammioinen, kolmikenttäinen ja kuusisuppiloinen ja sen tehtävänä on erottaa poltossa syntyneet hiukkaset savukaasusta. Sähkösuodattimen erottama tuhka poistetaan lentotuhkasiiloon, josta se puretaan kostutusruuvien kautta auton lavalle tai kuivapurkuna säiliöautoon. Lentotuhkaa poistetaan myös kattilan tulistinosan jälkeisessä kanavassa olevalla karkeaerottimella. Karkeaerotin koostuu suppiloista ja kahdesta sulkusyöttimestä. Näiden avulla leijutusmateriaali palautetaan tulipesään takaseinälle. Myös suppilon kokoojaruuvilta tuhka poistetaan lentotuhkasiiloon.

Kattilan nuohousjärjestelmässä on 37 pyörivää nuohointa, joiden tehtävänä on puhdistaa lämpöpintoja hyvän kattilahyötysuhteen saavuttamiseksi. Kattilalla käytetään kahdenlaisia nuohoimia, pitkäiskuisia sekä lyhytiskuisia. Pitkäiskuisia nuohoimia on 2. ja 3. tulistinten alueella ja lyhytiskuisia 3. ja 1. tulistinten sekä ekon ja luvon alueella. Nuohoushöyry otetaan 2. tulistimen jakokammioista. Normaalikäytössä nuohous tapahtuu kerran vuorokaudessa operaattorin valitsemalla käytettävät nuohoimet.

## **4.2 Väliottovastapaineturbiini**

Väliottovastapaineturbiini on Siemens AG:n toimittama ja sen sähköntuotannon maksimiteho on 38 MW<sub>e</sub>. Yksi, paineeltaan 11,5 bar, väliotoista on säädetty ja sen höyryteho on 20 MW. Väliotossa on kolme säätöventtiilillä varustettua ulostuloa, jotka yhtyvät samaan putkeen. Yhdysputken reduktiolla säädetään välioton paine. Vastapaineen paine on 3,5 bar ja höyryteho 95 MW. Vastapaine on säätämätön. Turbiinia ajetaan prosessihöyryn kulutuksen ja kaukolämpötehon mukaan. (Siemens 2002)

### 4.3 S40

S40 on toinen voimalaitoksen öljykattiloista, joita käytetään vara- ja huippukattiloina. S40 -kattila on valmistunut vuonna 1996. Kattilan polttoaineteho on 96 MW ja lämpöteho 90,3 MW. Käyttötunnit vuonna 2013 olivat 532 h. Polttoaineena kattilalla käytetään raskasta polttoöljyä ja käynnistyksessä nestekaasua.

Kattilalla tuotetun höyryn paine on 11,0 bar ja lämpötila 188 °C. Kattilan maksimikuorma on 40 kg/s ja jatkuva minimikuorma 2,7 kg/s. Kattila on koko ajan käyttövalmiissa paineessa, joten se voidaan välittömästi käynnistää.

Kattila on rakenteeltaan alhaalta tuettu 1- lieriöinen luonnonkiertokattila. Öljypolttimia on kolme ja ne ovat höyryhajoitteisia Low-No<sub>x</sub>-polttimia ja ne sijaitsevat tulipesän katossa. Öljypolttimilla on poltinkohtaiset ilmapuhaltimet. Polttimien sijainnin vuoksi, tulipesän pohja on suojattu tiilillä. Kattilan lämpöpinnat ovat kahdessa vedossa; konvektiopinnat ovat 2.vedossa ja 3.vedossa on syöttöveden esilämmitin (eko). Savukaasupuoli kattilalla on ylipaineinen ja savukaasut johdetaan multisyklonityyppisen puhdistimen kautta savupiippuun. Savukaasupuhaltimia kattilalla ei ole. Nuohoimia kattilalla on yhteensä 5 kpl, joista 3 on sijoitettu höyrystinalueelle ja 2 syöttöveden esilämmittimelle. Höyrystinalueella sijaitsevat nuohoimet ovat monisuutin- nuohoimia ja esilämmittinelementtien nuohoimet ovat haravanuohoimia. Nuohouksella puhdistetaan höyryllä likakerrostumia kattilan höyrystin- ja ekonomaiseripinoilta. (Oy Steamservice Ab 1996)

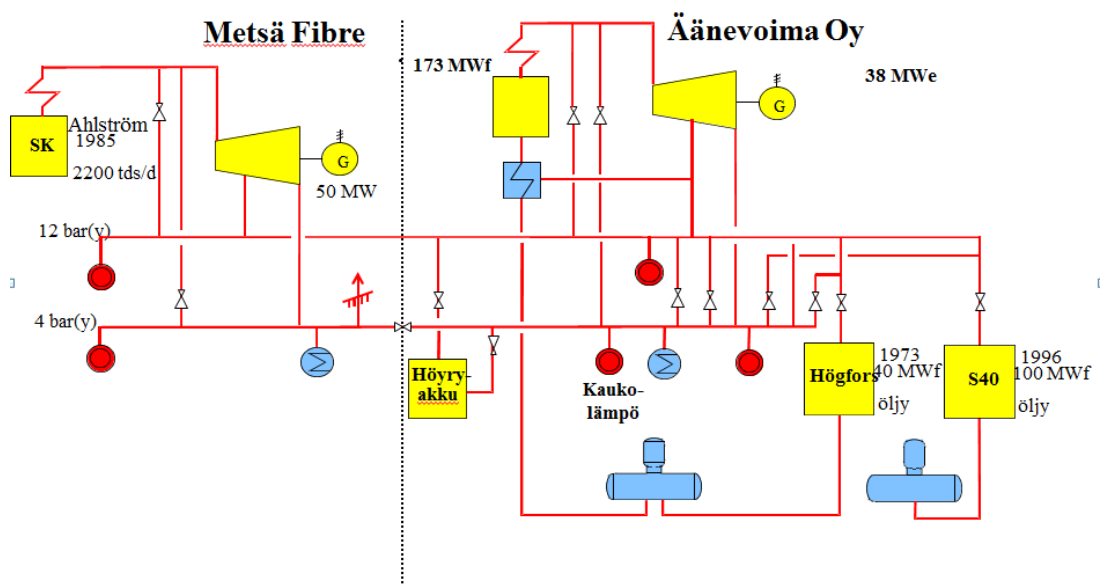
### 4.4 Högförs

Toinen voimalaitoksen vara- ja huippukattiloista on Högförs- öljykattila. Se on valmistunut vuonna 1973 ja sen polttoaineteho on 39 MW. Kattilalla tuotetaan 11 bar höyryä maksimikuormalla 16,7 kg/s. Käyttötunnit vuonna 2013 olivat 379 h. Polttoaineena kattilalla käytetään raskasta polttoöljyä. Myös Högförs on jatkuvasti käynnistys-

valmiudessa ja se voidaan ottaa häiriötilanteessa käyttöön välittömästi. Rakenteeltaan kattila on itsekantava kaksilieriöinen vesiputkikattila. Kattilan kaksi öljypoltinta sijaitsevat etuseinällä. (Enprima 2004)

## 5 HÖYRYVERKON RAKENNE

Äänevoiman biovoimalaitos on liitetty sellutehtaan höyryverkkoon. Välipaine- ja vastapainehöyryä voidaan toimittaa tarvittaessa kumpaankin suuntaan. Kuviossa 11 on esitetty höyryverkon rakenne. Höyryverkko koostuu Metsä Fibren puolella soodakattilasta, turbiinista ja apulauhduttimesta, Äänevoiman puolella biokattilasta, kahdesta öljykattilasta, turbiinista, höyryakusta ja apulauhduttimesta.



KUVIO 11. Höyryverkon rakenne. (Äänevoima Oy)

Normaalijotilanteessa soodakattilalla tuotettu korkeapainehöyry johdetaan turbiinille, jossa välitoista otetaan tehtaan käyttämää välipaine- ja vastapainehöyryä. Mikäli turbiini on pois ajolta, korkeapainehöyry johdetaan välipaine- sekä vastapainereduktioventtiilien läpi. Välipaine- ja vastapainehöyry johdetaan omille höyryjakotukeille, joista höyry johdetaan eri osastoille meneviin

linjoihin. Sellutehtaalla välipainehöyryä (11.5 bar) käytetään keittämöllä, haihduttamalla superväkevöittimellä, soodakattilalla sekä kuivauskoneella höyryjektorin ollessa ajolla. Matalapainehöyryä eli vastapainehöyryä (4.4 bar) käytetään sellutehtaan kaikilla osastoilla. Suurimmat vastapainehöyryn kuluttajat ovat kuivauskone ja haihduttamo. Ylimääräinen höyry, jota ei johdeta Äänevoimalle, ajetaan apulauhduttimen kautta lauhdesäiliöön. Apulauhduttimeen johdetun höyryn lämpösisältö otetaan talteen lämminvesisäiliöön johdettavaan mekaaniseen veteen. Apulauhdutin on mitoitettu 25 kg/s höyrymäärälle.

Biovoimalaitoksen normaaliajotilanteessa välipainehöyry (11.5 bar) otetaan turbiinin säädetyistä välilotista. Välipainehöyryä johdetaan kartonki- ja cmc-tehtaan tarpeisiin sekä sitä käytetään kattilan apuhöyrynä ja korkeapaine-esilämmittimellä. Vastapainehöyryä (3.5 bar) johdetaan kartonki- ja cmc-tehtaan lisäksi kattilan omiin tarpeisiin, kuten syöttövesisäiliöön, apuhöyrynä, apulauhduttimeen sekä kaukolämpösiirtimille. Mikäli biovoimalaitoksen turbiini on pois ajolta tai ajetaan minimikuormaa, tuotetaan höyry kp-reduktioiden kautta. Kattilan apuhöyryjärjestelmä koostuu välipaine- ja vastapainetukeista sekä niistä lähtevistä höyryputkista ja vesitysputkista sekä erilaisista ohitus- ja tyhjennyslinjoista. Välipainehöyryä käytetään öljypolttimilla hajotushöyrynä. Vastapainehöyryä käytetään primääri- ja sekundääri-ilman höyryluvoissa, polttoainekuljettimien sammutushöyrynä, vedenkäsittelyssä, VKP:n lämmityksessä ja rakennuksen lämmityksessä. Apuhöyryjärjestelmään kuuluu myös höyryluvojen lauhteiden keräilyssäiliö sekä lauhteiden takaisin kierrätyspumppu. (Foster Wheeler Energia Oy 2002)

Höyryakkuun voidaan varastoida höyryä tilanteissa, joissa höyrynkulutus äkillisesti laskee tai höyryn tuotanto on hetkellisesti kulutusta korkeampi. Höyryakkua ladataan välipainehöyryllä ja höyry puretaan matalapainehöyrynä. Normaalitilanteessa höyryakun paine on n. 2 bar matalapainetukin painetta korkeampi. Tilanteissa, joissa vain S40 kattila on ajossa, akun paine pidetään n. 1 bar välilottopaineen asetusarvoa

alhaisempana. Höyryakku on tilavuudeltaan 250 m<sup>3</sup> ja sen höyryn lataus- sekä purkausmäärä on 15 kg/s. (Mt.)

Apulauhduttimeen ajetaan ylimääräistä höyryä vastapainehöyrytukista.

Apulauhduttimeen voidaan ajaa mitoitusarvojen mukaan enimmillään 21 kg/s.

Apulauhduttimen lauhteen lämpötila on 100 C ja jäähdytysvesimäärä 663 kg/s.

Jäähdytysvesimäärän tarve määräytyy apulauhduttimelta lähtevän jäähdytysveden lämpötilan mukaan. Apulauhduttimessa jäähdytysvesi kulkee putkissa ja höyry on vaipassa. (Mt.)

## 5.1 Höyryverkon säätö

Soodakattilan höyrynkehitys riippuu siitä, miten tehtaan prosessit höyryä tarvitsevat ja kuinka paljon kattilalla pystytään lipeänpolttua lisäämällä höyryä tuottamaan. Korkeapainehöyryn paine säädetään normaalitilanteessa turbiinin etupainesäädöllä. Välipainehöyryn paine säädetään normaalitilanteessa turbiinin väliotolla. Vastapaineverkon painetta säädetään toimittamalla tai hankkimalla matalapainehöyryä biovoimalaitokselta, lauhduttamalla ylimääräistä höyryä apulauhduttimessa tai ohjamalla sitä ulospuhalluksen kautta katolle.

Ajettaessa turbiinia ylös käytetään automaattista ylösajo-ohjelmaa tai käsiasettelulla kierroslukusäätäjän avulla. Valtakunnan verkkoon voidaan kytkeytyä kun generaattorin kierrosluku ja vaihe ovat valtakunnan verkkoa vastaavat. Kun on saavutettu minimiteho turbiinilla, voidaan kierroslukusäädöstä siirtyä etupainesäätöön. Turbiinia voidaan ajaa myös tehonsäädöllä, jolloin generaattorin pätöteho pyritään pitämään vakiona. Turbiinin ollessa irti valtakunnanverkosta eli ns. saarikäytössä, ajetaan taajuussäädön perässä. Taajuussäädössä pyritään pitämään verkon taajuutta vakiona. Turbiini ei tässä tilanteessa pysty läpäisemään kaikkea kattilan tuottamaa höyrymäärää, jolloin painesäätäjä avaa reduktioventtiilejä. Tällöin on tuotettava riittävä määrä höyryä reduktioventtiilien auki pitämiseen sekä varmistettava turbiinille säätöä varten riittävä höyrymäärä. Turbiinin mennessä pikasulkuun, tulistimen alempaan pai-

neeseen säädetty apuohjattu varoventtiili päästää ylimäärähöyryn katolle, mikäli paine nousee matalapainemuuntoa nopeammin. Jos alemman paineen varoventtiili ei pysty painetta laskemaan, avautuvat toinen apuohjattu varoventtiili sekä lieriön varoventtiili. (Metsä Fibre)

Käytössä on myös matalapainehöyryssä liukuvan paineen säätö, joka tarkkailee suurimpien matalapainehöyrykuluttajien eli haihduttamon ja kuivaamon venttiilien asentoja. Jos näiden kulutuskohteiden venttiileissä on säätövaraa, matalapainetasoa lasketaan. Säätöpiiri ohjaa vastapaineverkon säätämiseen käytettävien säätimien asetusarvoja. Näitä ovat matalapainehöyry biovoimalaitokselle, apulauhduttimen paine sekä ulospuhalluspaine. Säädön tarkoituksena on saada turbiinista enemmän tehoa ja kasvattaa sähköntuotannon määrää.

Biovoimalaitoksen ja soodakattilan välinen höyrynsiirto riippuu matalapaineen jakelutukin paineesta. Mikäli jakelutukin paine on pienempi kuin asetettu säätimen asetusarvo, höyryä siirretään soodakattilalle biovoimalaitokselta. Jakelutukin paineen ollessa asetusta suurempi, höyryä siirretään soodakattilalta biovoimalaitokselle.

Biovoimalaitoksen turbiinin säätötavat ovat kierroslukusäätö, tehonsäätö, etupainesäätö, vastapainesäätö, tehonrajoitin, etupaineen rajoitin sekä vastapaineen rajoitin. Kierroslukusäädöllä turbiini ajetaan ylös ja alas silloin kun generaattori erotetaan verkosta takatehon avulla. Tämä vastaa n. 2,1 MW:n tehoa. Kun minimiteho on saavutettu, voidaan käyttää tehonsäätöä, jolloin tehon nostot tapahtuvat antamalla säätimelle uusia asetusarvoja. Etupainesäädössä kattilan painesäätö ei voi olla yhtä aikaa päällä, haluttu etupaine asetellaan asetusarvoalueen puitteissa. Vastapainesäädössä säädetään turbiinilta lähtevän höyryn painetta, jolloin generaattorin teho vaihtelee vastapaineen tarpeen mukaan. Normaalitylanteessa kattilaa ajetaan vastapainesäätöä käyttäen. Tehonrajoittimella generaattorin teho ei nouse yli 38,5 MW:n. Etupaineen rajoitin taas alkaa tulohöyryn paineen alittaessa 96 baria kuristaa KP-säätöventtiilien läpi virtaavaa höyryä ja alentamaan generaattorin tehoa. Paineen ylittäessä 96 baria, rajoitin lopettaa toimintansa ja aiemmin valittu säädin jatkaa.

Vastapaineen rajoittimella on mahdollista estää vastapaineen nousu yli 4,5 barin. (Siemens 2002)

Liukuva väliotto koostuu kolmesta väliottolinjasta ja niiden venttiileistä. Säästöalueet venttiileillä on limitetty. Väliotot avautuvat A1:sta alkaen ja ne asetetaan automaattisesti, kun haluttu paine väliottolinjassa saavutetaan. Takaiskuventtiilit estävät virtauksen A3:sta tai väliottolinjasta A2:een tai A1:een. Mikäli väliotolta lähtevä paine laskee alle 10,5 barin tai A3 paine alittaa 12,5 bar, väliottosäädin poistuu käytöstä ja venttiilit menevät kiinni.

Biovoimalaitoksen höyrytasapaino säädetään biokattilan, höyryakun, syöttövesisäiliön, apulauhduttimen ja HMP-ulospuhalluksen avulla. Öljykattilat S40 ja Högfors osallistuvat säätöön, mikäli ne ovat käynnissä. Tuorehöyryn painetta säädetään normaali-tilanteessa biokattilan kuormalla. Biokattilan säätönopeus on n. 3 kg/s/min ja kokonaissäätöalue 36 kg/s. S40 ollessa käynnissä, toimii se säätäjänä ja biokattilalla ajetaan vakiokuormaa. Samoin menetellään Högforsin ollessa ajolla. Mikäli öljykattilat menevät minimikuormalle, siirtyy tuorehöyryn paineensäätö biokattilalle ja biokattilan kapasiteetin loppuessa, öljykattilat kytkeytyvät paineensäätöön käynnissä ollessaan. Vastapainetta säädetään turbiinin kp-säätöventtiileillä ja välipaineverkon painetta säädetään välioton säätöventtiilillä. (Foster Wheeler Energia Oy 2002)

### ***5.1.1 Höyryntasausjärjestelmä***

Biovoimalaitoksella on höyryntasausjärjestelmä, joka tasaa höyrynpaineen häiriöitä aseteltujen parametrien mukaan. Ylimäärähöyryn ajopaikaksi voidaan valita joko syöttövesi tai höyryakku. Normaalisti käytetään höyryakkua. Höyryn kuluttajille on aseteltu parametrit sekä matalapaine- että välipainehöyrylle. Tämän minimihäiriön mukaan ajetaan joko ylimääräinen höyry akkuun tai puretaan höyryä akusta kuluttajalle. Mikäli höyryntasausjärjestelmästä on valittuna syöttövesisäiliö ensisijaisena tasaajana, ottaa se vastaan höyryverkossa tapahtuvat heitot lisävesivirtausta muuttamalla. Biokattilan kuormaa aletaan säätää polttoainesäätimellä siinä tilanteessa,



mikäli syöttövesisäiliön pinta tai lisävesiventtiilin asento ajautuu toiminta-alueensa rajojen lähelle. Syöttövesisäiliön säätönopeus on yli 20 kg/s/min ja kokonaissäätöalue noin 8 kg/s. (Foster Wheeler Energia Oy 2002)

Suuremmat heitot otetaan vastaan höyryakulla. Näitä ovat esimerkiksi kartonkikoneen katkot, koneiden starttitilanteet ja suuret kuormanvaihtelut soodakattilalla. Höyryakun säätönopeus on syöttövesisäiliön luokkaa ja kokonaissäätöalue 15 kg/s. Jos tuorehöyryn paine nousee liikaa tai höyryakun ja välipainetukin paine-ero laskee alle 1 barin, otetaan heitot vastaan apulauhduttimella. Apulauhduttimen säätönopeus on n. 10 kg/s/min ja kokonaissäätöalue 20 kg/s. Apulauhduttimen kapasiteetin tullessa vastaan, kytkeytyy HMP-tukin ulospuhallusventtiili tuorehöyryn paineen säätöön. Ulospuhallusventtiilin säätönopeus on n. 20 kg/s/min ja kokonaissäätöalue 15 kg/s. Paineen yhä noustessa starttiventtiilit tulevat mukaan paineen säätöön. Turbiinin pikasulussa starttiventtiili avautuu sokeasti kuorman mukaan ja kytkeytyy tämän jälkeen tuorehöyryn paineensäädön perään. (Mt.)

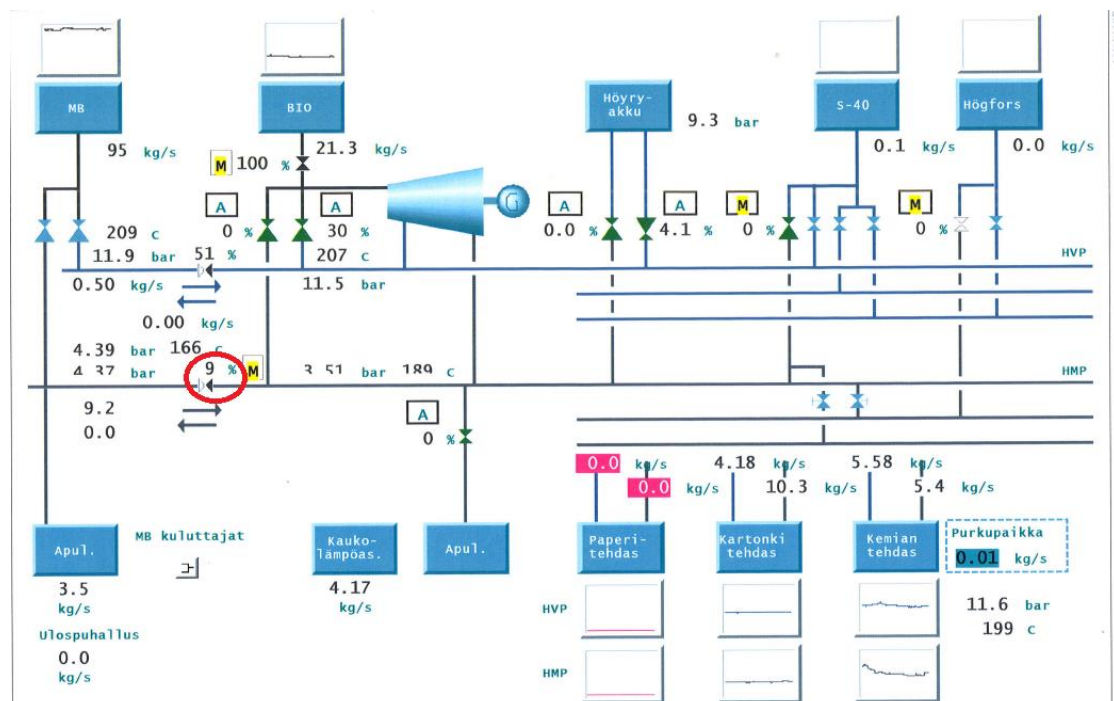
R1 ja R2 reduktioventtiilit aktivoituvat turbiinin mennessä häiriötilanteeseen. R1 tuotetaan matalapainehöyry ja R2:lla välipainehöyry. R3 on välioton paineenalennusventtiili, jolla säädetään välipainehöyryn painetta, turbiinin väliottojen säätöventtiilien rajoittaessa välioton paineen 15 bar:iin. R4 on paineenalennusventtiili matala- ja välipaineverkon välissä ja sillä on kaksi säätötapaa. Se toimii joko HVP:n paineen säädössä tai HMP:n paineen säädössä. Välipainehöyryn paineen säädössä osa höyrystä ohjataan R4 venttiilin kautta, kun välipainehöyryn tuotanto on tarvetta suurempi. Matalapainehöyryn paineen säädössä HMP:n paineen laskiessa tukissa, venttiili avautuu. (Mt.)

Apulauhduttimella on kolme perusajomallia, joita ovat sähkötehon säätö, matalapainetukin ylipainesäätö ja korkeapainehöyryn tukisäätö. Apulauhduttimen maksimilauhdutusteho, 25 kg/s, rajoittaa apulauhduttimen höyryventtiilin maksimiavausta. Sähkötehon säätöä käytettäessä höyrynkulutus on pieni. Sähkötehon noustessa, säätöpiiri alkaa ajaa höyryä apulauhduttimeen. (Mt.)

## 6 HÖYRYVERKON VÄLIVENTTIILI

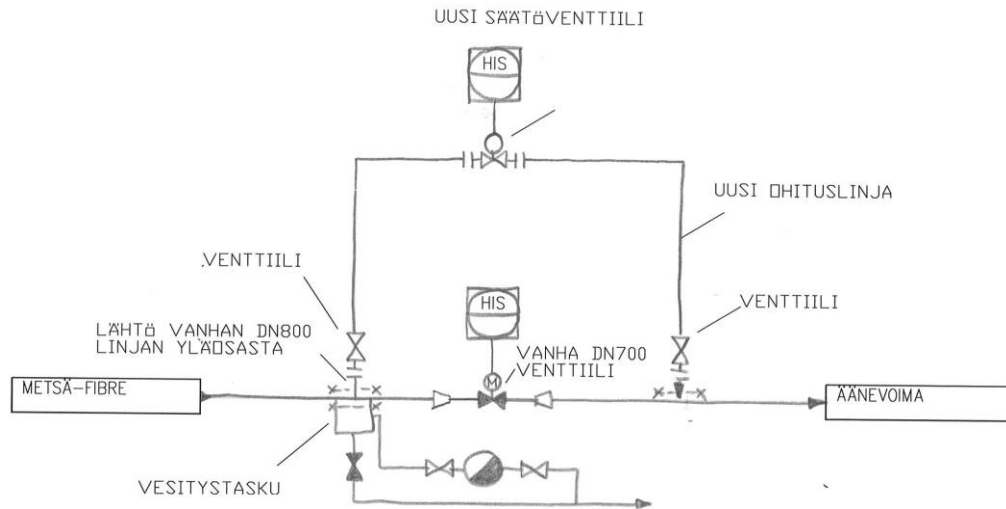
Höyryverkon väliventtiiliä ajetaan nykyisin koko ajan manuaalilla, koska sen heikko säädettävyyttä estää automaattiajon käytön. Venttiilin säätöalue on karkea ja jo prosentin muutos venttiilin asennossa aiheuttaa monen kilon muutoksen höyrymäärässä aiheuttaen heittoja kummallekin kattilalle. Tästä syystä päätettiin väliventtiilille rakentaa ohituslinja, johon asennettaisiin säätöventtiili. Säätöventtiilillä voitaisiin tehdä höyryverkon hienosäädöt ja nykyinen väliventtiili avautuisi uuden säätöventtiilin säätöalueen loppuessa. Näin ollen säätöventtiiliä pystyttäisiin ajamaan automaattilla ja saataisiin hyödynnettyä paremmin soodakattilan ylijäämähöyryä.

Kuviossa 12 on esitettyä integraatin höyryverkon kuva, jossa punaisella on ympäröity nykyinen väliventtiili Metsä Fibren ja Äänevoiman kattiloiden matalapainehöyrylinjassa.



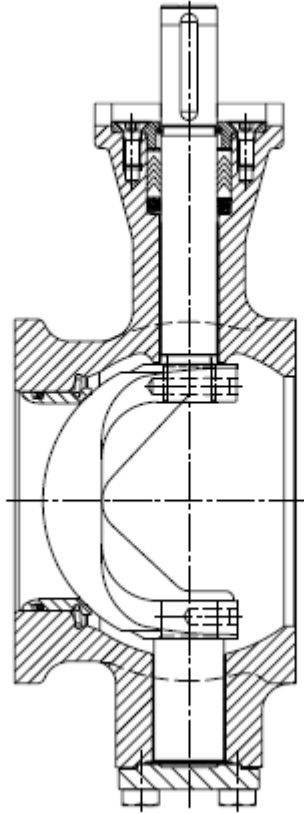
KUVIO 12. Höyryverkko (Äänevoima Oy)

Uuden väliventtiilin kytkentä on esitetty kuviossa 13.



KUVIO 13. Ohituslinjan kytkentä

Suunnitelman mukaan olemassa olevaan linjaan lisättäisiin myös vesitystasku sekä ohituslinjaan säätöventtiilin molemmiin puolin käsiventtiilit. Ohituslinja on kooltaan DN500 ja käsiventtiilit ovat tyypiltään kiilaluistiventtiileitä. DN 500 putkilenkillä päästään säätöventtiilillä n. 34–36 kg/s höyryvirran läpäisevyyteen. Puolen vuoden ajalta katsottuna suurin höyryvirtaama Fibren puolelta biokattilalle on ollut n. 20 kg/s. Varsinainen säätöventtiili on DN 300 Metson segmenttiventtiili. Kuviossa 14 on esitetty nä segmenttiventtiilin rakenne.



KUVIO 14. Segmenttiventtiilin rakenne (Metso)

## 6.1 Ylijäämähöyryn hyödyntäminen

Vuonna 2014 ajettiin Metsä Fibren puolella apulauhduttimen kautta energiaa n. 130 000 MWh. Soodakattilan ylimäärähöyryn hyödyntäminen säästää biokattilalla kiinteän polttoaineen kustannuksia. Mahdollisten saavutettavien kustannussäästöjen laskemiseksi hyödynnettiin Wedgellä kerättyä historiadataa neljän vuoden ajalta, 2011–2014. Tarkasteltaviksi positioiksi valittiin biokattilan kuorma sekä soodakattilan apulauhduttimeen ajettu höyry määrä. Näistä luvuista otettiin huomioon vain tilanteet, joissa biokattilalla on ajettu minimikuormaa enemmän ja että apulauhduttimeen Fibren puolella on ajettu höyryä enemmän kuin 0 kg/s. Biokattilan minimikuorman rajana käytettiin 20 kg/s. Höyryn entalpiana laskennassa on käytetty arvoa 2820 kJ/kg. Taulukossa 1 on esitetty neljän vuoden ajalta lasketut mahdolliset kustannus-

säästöt kiinteässä polttoaineessa, mikäli kaikki ylijäämähöyry olisi hyödynnetty biokattilalla ajaen kattilalla minimikuormaa.



TAULUKKO 1. Hyödyntämätön ylijäämähöyry polttoaineen säästönä.

Taulukossa 2 on esitettyä vuoden 2012 ajalta kuukausittainen vaihtelu.



TAULUKKO 2. Vuoden 2012 hyödyntämätön ylijäämähöyry polttoaineen säästönä.

Käytettävissä oleva ylijäämähöyryn määrä vaihtelee kuukausitasolla sekä vuosittain paljolti sellutehtaan ajotilanteesta riippuen. Mikäli vuonna 2011 olisi kaikki ylijäämähöyry hyödynnetty biokattilalla, olisi saavutettu säästö polttoainekustannuksissa ollut n. 182 200 €. Vuodelta 2012 summa olisi ollut 113 900 €, vuonna 2013 53 750 € ja vuonna 2014 105 200 €.

Talvisin olisi suurin potentiaali biokattilan puolelta hyödyntää ylijäämähöyryä. Soodakattilalla taas talvella ylijäämähöyryn määrä on pienin, koska prosessissa kuluu talvisin enemmän höyryä erinäisiin lämmityksiin ja sulatuksiin. Kesäisin taas soodakattilalla olisi ylijäämähöyryä tarjolla, tällöin taas mm. kaukolämmön pienestä kuluksista johtuen biokattilalla ajetaan pienempää kuormaa. Osaltaan vaihtelua tuo höyryn kustannus, joka on sidottu sähkönhintaan. Myös polttoaineen kustannukset vaihtelevat vuosittain. Nämä laskelmat ovat tehty käyttäen keskiarvohintoja sekä kiinteälle polttoaineelle että höyrylle. Sekä polttoainekustannus että höyryn kustannus laskettiin yksikössä €/MWh. Höyryverkon säädön hyvä toimivuus automaattilla toisi vuositasolla kuitenkin huomattavia säästöjä kiinteän polttoaineenkustannuksissa, kun kaikki ylijäämähöyry voitaisiin hyödyntää.

## 6.2 Väliventtiilin säätö

Väliventtiilin säätö tapahtuu nykytilanteessa täysin manuaalisesti. Mikäli ylijäämähöyryä on tarjolla ja biokattilalla kuorma nousee, avaa operaattori väliventtiiliä. Venttiiliä taas säädetään pienemmälle, mikäli höyryjärjestelmä alkaa ajaa höyryä apulauhduktimeen. Myös kartonkitehtaalle menevän höyryn lämpötilaa seurataan ja lämpötilan laskiessa väliventtiilin asentoa pienennetään. Fibren turbiinilta saatavan vastapainehöyryn lämpötila ei ole riittävä kartongille ja höyryn lähtö kartonkitehtaal- le sekä kemiantehtaalle lähtee Fibren ja Äänevoiman välisestä höyryverkosta. Käytännössä Fibreltä tuleva höyry menee aina kartonki- sekä kemiantehtaalle ja määrän ollessa suurempi, Äänevoimalta sekaan tuleva höyry ei pysty lämpötilaa nostamaan vaadittavalle tasolle.

Toimintakuvausta laadittaessa todettiin, että säätimen täytyy ottaa huomioon seuraavia asioita:

- kartonkitehtaalle menevän höyryn lämpötila
- biokattilan matalapainetukin paine
- biokattilan ja soodakattilan triipit
- soodakattilan apulauhduttimen virtaus
- paine-ero Metsä Fibren ja Äänevoiman välillä
- virtausrajoitus

Kartonkitehtaalle menevän höyryn lämpötilan alarajana pidetään 170 astetta. Lämpötilan mittauksen (53TI-8687) muuttuessa, täytyy säätöventtiilin tarvittaessa joko avautua tai sulkeutua. Biokattilan matalapainetukin paine ei saa nousta varoilte asti. Paineen noustessa lähelle katolle menevän varon (1LBG30DP101) ja apulauhduttimen varon (1LBG30DP102) asetusarvoa, säätöventtiilin on ajauduttava pienemmälle. Säätöventtiili seuraisi sitä asetusarvoa, joka on asetettu matalammalle tasolle ja menisi pienemmälle jo ennen varojen laukeamista. Biokattilan ja soodakattilan triippauksissa, säätöventtiilin on sulkeuduttava. Biokattilalta seurataan päähöyryvirtausta (1LBA10CF101) ja Soodakattilalla höyryvirtausmittausta (43FIZ-4254).

Soodakattilan apulauhduttimen virtauksen (43FI-4503) tulee olla yli 0,5 kg/s, jotta säätöventtiili voi aueta eli ylijäämähöyryä on oltava hyödynnettävissä. Näistä kolmesta muuttujasta säätimelle tehtiin lukitukset.

Mikäli pelkästään öljykattilat ovat ajolla biokattilan ollessa seis, säätöventtiili toimii pelkästään manuaalisesti. Mikäli öljykattila on biokattilan lisäksi päällä, voidaan säätöventtiiliä ajaa automaattilla. Sähkötehon säädössä (1LCN10DE101) säädetään lisää kuormaa apulauhduttimelle. Sähkötehon säätö on käytännössä aina päällä, mikäli turbiini on ajolla ja sen asetusta muutetaan tilanteen mukaan. Säätöventtiilille asetettiin myös ehto apulauhduttimeen menevästä virtauksesta, koska ei ole järkevää ajaa ylijäämähöyryä apulauhduttimeen. Säätöventtiilille on asetettava myös rajoitus virtauksesta, ettei säätöventtiilin asennon liiallinen avautuminen aiheuta liian suurta

heilausta kummankaan kattilan kuormassa. Säästöventtiilille tehty toimintakuvaus, joka ottaa edellä esitetyt asiat huomioon on esitetty liitteessä 1.

## 7 POHDINTA

Uusi säästöventtiili ohituslinjoiheen oli tarkoitus asentaa biokattilan vuosihuolto-  
seisokissa 2014. Integraatin toiminnan kannalta venttiiliä ei kuitenkaan voitu asen-  
taa. Venttiilin asentaminen vaatii koko integraatin höyrykatkon ja vaikka tähän oli  
vuosihuoltoseisokissa tilaisuus, olisi venttiilin asennuksen vaatimasta höyrykatkon  
kestosta tullut liian pitkä integraatin tehtaille. Seuraava ajankohta venttiilin asenta-  
miselle ja linjan rakentamiselle on vielä auki. Kun linja saadaan rakennettua, voidaan  
säästöpiiri rakentaa järjestelmään ja aloittaa sen toimivuuden testaaminen.

Testauksessa tarkistetaan, että mikään toimintakuvauksen kirjattu muuttuja ei ole  
ristiriidassa muiden säästöpiirien kanssa sekä toimii halutulla tavalla. Säästöventtiilin  
toiminta ei saa aiheuttaa kattiloiden käytettävyydessä ongelmia. Höyryntausjärjes-  
telmän parametreihin matalapaineen osalta on myös hyvä kiinnittää huomiota. Mi-  
nimihäiriöarvoa on tarvittaessa muutettava, jos sen reagointi aiheuttaa häiriötä sää-  
stöventtiilin toimintaan ja heiluttaa näin turhaan kattilan kuormaa.

Säästöventtiilin automaattiajon tarkoituksena on toimia luotettavasti ilman operaat-  
torin valvontaa. Toimintakuvaukseen on mahdollisesti lisättävä testauksessa esille  
tulleita asioita, mikäli näin todetaan. Säästöventtiilin optimaalisella toiminnalla pysty-  
tään säästämään huomattavasti kiinteän polttoaineen kustannuksissa hyödyntämällä  
soodakattilan ylijäämähöyry aina kun se on biokattilan kuorman puolesta mahdolis-  
ta.



## LÄHTEET

Aksela, T. 2014. Sähköpostiviesti 23.2.2014. Vastaanottaja O.Mäkinen. Specialty Minerals Nordicin tietojen julkaisun tarkistus.

Enprima. 2004. Högförs öljykattilan kuntoselvitys.

Foster Wheeler Energia Oy. Biovoima 2002. Toimintakuvaus höyryverkko ja – jakelu.

Foster Wheeler Energia Oy. Biovoima 2002. Toimintakuvaus leijukattila.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2004. Höyrykattilatekniikka. 6 muuttamaton p. Helsinki: Edita Prima Oy.

Knowpap, <http://metis.scp.fi/knowpap>.

Metsä Fibre Äänekoski Intranet, sisäinen toimintajärjestelmä.  
<http://intra.metsagroup.com/fi/od/aki>. Viitattu 31.5.2014.

Metso, <http://valveproduct.metso.com/neles>. Viitattu 1.3.2015.

Oy Steamservice Ab. 1996. S 40 kattilan käyttöohjeet I.

Patanen, K. 2014. Sähköpostiviesti 23.6.2014. Vastaanottaja O.Mäkinen. CP Kelcon tietojen julkaisun tarkistus.

Rantanen, J. 2014. Sähköpostiviesti 23.6.2014. Vastaanottaja O.Mäkinen. Metsä Boardin tietojen julkaisun tarkistus.

Siemens. 2002. Turbiinin käyttö ja käytönaikaiset toimenpiteet.

Tikka, P. 2008. Chemical Pulping Part 2, Recovery of chemicals and energy. 2.p. Helsinki: Paper Engineer' Association/Paperi ja Puu Oy.

Virkola, N-E. 1983. Puumassan valmistus II. 2.uud. p. Oy Turun sanomat: Serioffset Turku.

Äänevoima Oy. 2002. Esittelykalvot.

## Liite 1

**FIC- HMP MF-ÄVO SÄÄTÖVENTTIILI****Toiminta**

Säätöventtiili ohjaa Metsä Fibren ja Äänevoiman välistä matalapainehöyryvirtausta Virtauksen suunta riippuu laitosten välisestä paine-erosta. Säätöventtiilin säätöalueen loppuessa, matalapainehöyryvirtaus säädetään venttiilillä HV-5036.

**M-moodi**

Käyttäjä ohjaa venttiiliä

**A-moodi**

Piiri seuraa biokattilan kuormaa (1LBA10CF101) ja sille asetettua minimiarvoa. Piiri säättää asetusarvon mukaista virtausta seuraavin ehdoin:

Virtauksen FI-XXX ylittäessä 10 kg/s, säädin hidastuu ja aukeaa 1 kg/s/5 s.

1LBG30DP101 tai/ja 1LBG30DP102 asetusarvosta -5 %, säädintä ohjataan output-rampilla 1 % /0,5 s, kunnes mainittujen varoille määritetty raja alittuu.

Mittauksen 53TI-8687 < 170, säädin pienentää venttiilin asentoa mittaukselle asetetun lämpötilan saavuttamiseksi.

**Lukitukset**

Säätimen lähtöä voi ohjata, kun:

1LBA10CF1010 > 0 kg/s

43FIZ-4254 > 0 kg/s

43FI-4503 > 0 kg/s

Kun lukitus tulee päälle, ohjataan venttiili 0 % ja piiri menee M-moodiin. Venttiiliä voi tämän jälkeen ohjata.