

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

Imatran tehtaiden lauhdetase

Imatra Mills Condensate Balance

Työn tarkastaja: Professori Esa Vakkilainen

Työn ohjaaja: DI Mika Varis

Lappeenranta 12.3.2017

Janne Mäkelä

TIIVISTELMÄ

Opiskelija nimi: Janne Mäkelä

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: DI Mika Varis

Kandidaatintyö 2017: Imatran tehtaiden lauhdetase

Sivuja 30, kuvia 4, taulukoita 7, liitteitä 6

Hakusanat: lauhdetase, lisäveden valmistus, metsäteollisuus

Opinnäytetyön tavoitteena on määrittää Stora Enson Imatran tehtaiden prosessi- ja lämmityshöyryn sekä palaavan lauhteen mittauksien ja niihin perustuvien energialaskelmien ajantasaisuus. Tase tarkastelulla pyritään paikantamaan lauhteen seurantajärjestelmän epäkohdat sekä virheelliset mittaukset. Työssä myös arvioidaan lauhteenpalautuksen merkitystä energiansäästön ja kustannuksien näkökulmista sekä tutkitaan Imatran tehtaiden mahdollisten tehostamiskohteiden merkitystä.

Lauhetase muodostettiin tarkastelujakson eli tammikuun 2017 kuukausiraportin sekä korjauksien osalta tehtaalla tiedonkeruujärjestelmän avulla. Tainionkosken tehtaalla lauhteenpalautus on tavanomaista tehokkaampaa, kun taas Kaukopään tehtaalla tehokkuus on yleisesti hieman tavanomaista heikompaa. Lauhteen kokoojasäiliölle muodostettavalla taseella verrattiin määritettyä säiliölle tulevaa kokonaislauhemäärä säiliöltä lähtevään mittaukseen ja huomattiin, että tase-erossa päästään melko lähelle nollaa. Lauhteenpalautus määrä on siis kokonaisuudessaan lähellä todellista arvoa, kuten on myös lisäveden tase-eron avulla määritetty höyryn käyttö.

Tase tarkastelun avulla paikannettiin seurantajärjestelmän puutteita sekä toimimattomia mittauksia ja määritettyjen muutosten avulla höyry- ja lauhdejärjestelmän tilasta saadaan todellisempi kuva. Varsinaisen lauhteenpalautuksen tehostamiskohteet osoittautuivat osittain hyvinkin merkittäviksi ja potentiaalia suuren lisäveden valmistusmäärän pienentämiseen on olemassa.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Sisällysluettelo

Symboli- ja lyhenneluettelo

1 Johdanto	6
2 Stora Enson Imatran tehtaat	7
2.1 Kaukopään sellutehdas	7
2.2 Kaukopään kartonkitehdas	8
2.3 Tainionkosken tehdas	8
3 Höyry- ja lauhdejärjestelmä	9
3.1 Lisäveden valmistus	9
3.2 Höyryntuotanto ja -jakelu	11
3.3 Lauhteenpalautus ja -käsittely	12
3.4 Palautumattoman lauhteen kustannukset	13
4 Lauhdetase tarkastelu	16
4.1 Kaukopään sellutehdas	16
4.2 Kaukopään kartonkitehdas	18
4.3 Tainionkosken tehdas	19
4.4 Imatran tehtaat	20
5 Höyry- ja lauhdejärjestelmän kehitys	22
5.1 Seurantajärjestelmä ja energiaraportointi	22
5.1.1 Kuitulinja 3	22
5.1.2 Kuorimo	23
5.1.3 Tainionkosken sellutehdas	23
5.2 Lauhteenpalautus	24
5.2.1 Kuitulinja 3	24
5.2.2 Päälystystehdas	25
5.2.3 Voimalaitoksen mäkisäiliöt	25
5.3 Tarkastettavat mittaukset	26
6 Yhteenveto	28
Lähdeluettelo	29
Liitteet	31

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Kreikkalaiset

Δ	muutos	
ρ	tiheys	[kg/m ³]

Roomalaiset

E	energia	[GJ]
h	entalpia	[kJ/kg]
K	kokonaiskustannukset	[€]
l	lämmityskustannus	[€/m ³]
q_m	massavirta	[kg/s]
t	käyttöaika	[s]
v	valmistuskustannus	[€/m ³]

Lyhenteet

AL	apulauhdutin
CTMP	kemihierre
HK	hajukaasukattila
HLP	lämmityshöyry
HMP	matalapainehöyry
HVP	välipainehöyry
HO	haihduttamo
K	kaasukattila
KA	kartonkikone
KAPA	kartonki- ja paperitehdas
KK	kuorikattila
KL	kuitulinja
KMO	kuorimo
KS	kaustistamo
KU	kuivauskone
MU	meesauuni
MÖ	mäntyöljykeittäjä

PK	paperikone
PMK	päälystemassakeittämö
PT	päälystystehdas
SK	soodakattila
SY	syöttövesilaitos
TA	Tainionkosken tehdas
TEP	tehdaspalvelu
TLA	täyte- ja lisäainelinja
TU	turbiini
VA	valkaisimo
VK	vuokeittämö
VKA	valkaisukemikaaliasema
VKE	kemiallisesti puhdistettu vesi
VLA	lauhde
VLV	lisävesi
VO	voimalaitos
VPU	vedenpuhdistamo

1 JOHDANTO

Metsäteollisuuden osuus Suomen energiankulutuksesta on noin neljännes ja se on maamme suurin yksittäinen energiankäyttäjä (KnowPulp 2011). Metsäteollisuuden energiatehokkuudella on siis erittäin suuri merkitys tarkasteltaessa energiankäytön tehokkuutta Suomessa. Lämpöenergia siirretään höyrynä kulutuskohteisiin, mikä tarkoittaa, että suuressa metsäteollisuusintegraatissa on todella paljon eri höyry- ja lauhdevirtoja. Tässä kandidaatintyössä perehdytään Stora Enson Imatran tehtaiden lisäveden tarpeeseen lauhteenpalautuksen tehokkuuden kautta.

Imatran tehtaiden höyrynkuluttajien seurantajärjestelmän perusteella osa kuluttajista palauttaa lauhdetta jopa enemmän, kuin höyryä on toimitettu (SYKE 2017). Tämä johtaa siihen, että seurantajärjestelmän perusteella tehtävä energiaraportointi myös vääristyy. Opinnäytetyön tavoitteena on määrittää tehdasintegraatin prosessi- ja lämmityshöyryn sekä palaavan lauhteen mittauksien ja niihin perustuvien energialaskelmien ajantasaisuus. Tavoitteena on myös pohtia lauhteenpalautuksen merkitystä sekä mahdollisia tehostamiskohteita Imatran tehtailla.

Vedellä on siis hyvin merkittävä osuus metsäteollisuuden energiankäytössä. Työssä käsitellään menetetyin lauhteen korvaamiseksi tarvittavan lisäveden valmistusvaiheet ja arvioidaan lauhdehäviöistä aiheutuvia kustannuksia. Tämän jälkeen tutkitaan kuluttajien lauhdetaseita ja lauhteenpalautusprosentteja sekä pohditaan eri kohteissa syntyviä häviöitä ja muodostetaan Imatran tehtaiden lauhdetase. Höyry- ja lauhdemittauksia tutkitaan tiedonkeruujärjestelmän avulla, jolloin pyritään paikantamaan toimimattomia mittauksia sekä seurantajärjestelmän epäkohtia. Lopuksi kootaan työn edetessä tehdyt johtopäätökset eli höyry- ja lauhdejärjestelmän kehityskohteet ja arvioidaan niiden merkitystä.

2 STORA ENSON IMATRAN TEHTAAT

Stora Enso on pakkaus-, biomateriaali-, puutuote- ja paperiteollisuuden uusiutuvien tuotteisiin keskittyvä kansainvälinen yritys. Kuluttajapakkauskartonkeja valmistavat Imatran tehtaat kuuluvat Consumer Board -divisioonaan ja ovat samalla koko Stora Enson suurin tehdasintegraatti. Kaukopään ja Tainionkosken tehdasyksiköistä muodostuva Imatran tehtaat on myös yksi Euroopan suurimmista metsäteollisuusintegraateista. (Stora Enso 2016)

2.1 Kaukopään sellutehdas

Kaukopään sellutehdas tuottaa pitkä- ja lyhytkuituista sellua Imatran tehtaiden sekä asiakkaidensa käyttöön. Sellutehdas koostuu kaksilinjaisesta kuorimosta (KRO), kahdesta kuitulinjasta (KL2 ja KL3), kuivauskoneesta (KU1), valkaisu-kemikaaliasemasta (VKA), jäteveden puhdistamosta (VPU) sekä voimalaitoksesta (VO). Valkaistun pitkäkuituisen sellun tuotannosta vastaa KL2, jonka vuosikapasiteetti on noin 250 000 tonnia. KL3:lla tuotettavan valkaistun lyhytkuituisen sellun vuosikapasiteetti on noin 600 000 tonnia. (Stora Enso 2016)

Voimalaitoksen tehtävänä on vastata Kaukopään ja Tainionkosken tehtaiden voimantuotannosta sekä selluntuotannon kemikaalikierrosta. Kemikaalikierto koostuu kahdesta haihduttamosta (HO5 ja HO6), kahdesta soodakattilasta (SK5 ja SK6), kaustisoinnista (KS3), kahdesta meesauunista (MU3 ja MU4) sekä mäntyöljykeittämöstä (MÖ3). Soodakattilat vastaavat myös höyryntuotannon peruskuormasta. Höyryverkon säätö tapahtuu kuorikattilalla (KK2) sekä neljällä kaasukattilalla (K9–K12). Kahdella turbiinilla (TU6 ja TU7) korkeapainehöyrystä tuotetaan sähköä sekä prosessi- ja lämmityshöyryä tehtaiden käyttöön. (Stora Enso 2016)

2.2 Kaukopään kartonkitehdas

Kaukopään kartonkitehdas valmistaa uusiutuvista luonnonvaroista kuitupohjaisia pakkausmateriaaleja, kuten nestepakkaus-, elintarvike- ja graafisia kartonkeja sekä pakkauspapereita. Tuotantokapasiteetti on noin 835 000 tonnia kartonkia ja paperia vuodessa. Kartonki tuotetaan kolmella kartonkikoneella (KA1, KA2 ja KA4) ja paperi yhdellä paperikoneella (PK6). Kartonkia ja paperia myös jatkojalostetaan uudelleenrullauskoneella (JL2) sekä kolmella päällystyskoneella (PE2, PE3 ja PE5). Kaukopään kartonkitehtaalla tuotetaan myös niin sanottua puolikemikaallista massaa eli kemihierrettä (CTMP) (Metsäyhdistys 2016). (Stora Enso 2016)

2.3 Tainionkosken tehdas

Imatran tehdasintegraattiin kuuluu Tainionkosken tehdas, joka koostuu kuorimosta, sellutehtaasta (TA SA), yhdestä kartonkikoneesta (TA KA5) sekä nykyään Kotkamills Oy:n omistuksessa olevasta paperikoneesta (TA PK7). Kartonkikone 5 valmistaa ruskearunkoista nestepakkauskartonkia noin 260 000 tonnin vuosikapasiteetilla ja sellutehdas tuottaa havusellua Imatran tehtaiden käyttöön. (Stora Enso 2016)

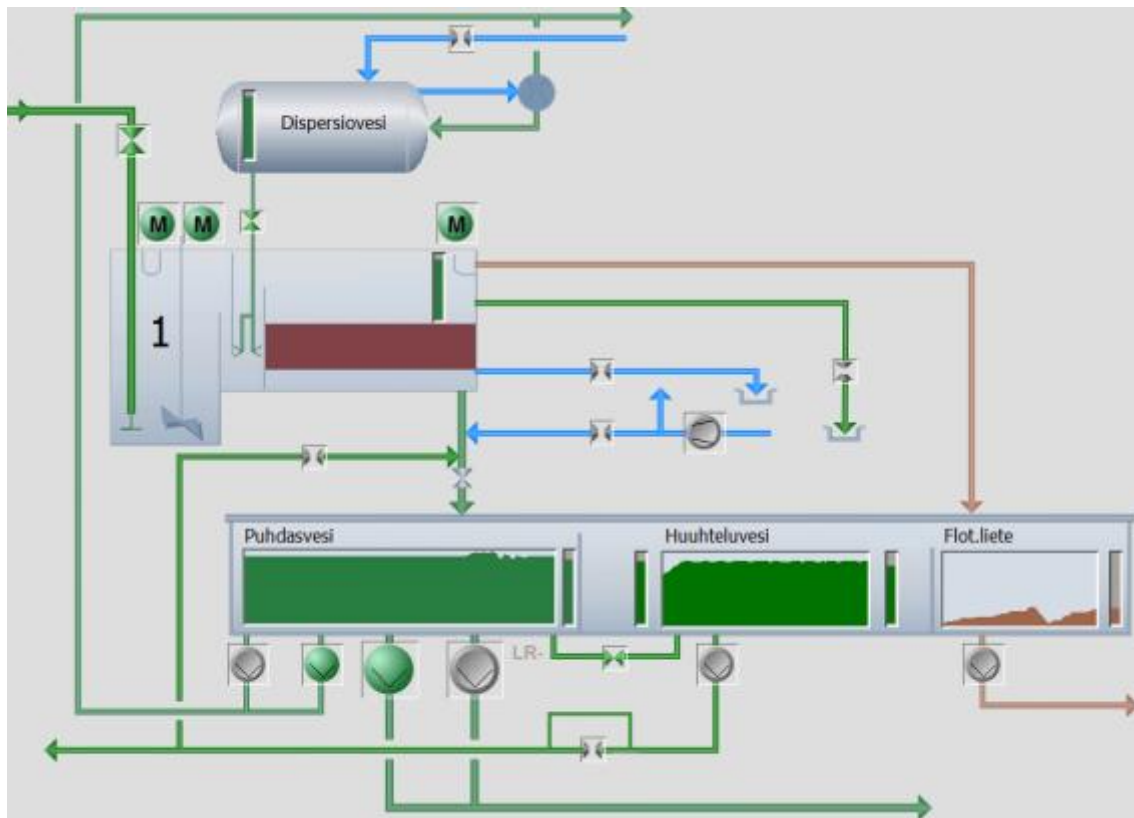
3 HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄ

Tässä kappaleessa käsitellään höyry- ja lauhdejärjestelmän kiertoaineena olevan veden erivaiheet tehdasprosessissa sekä pohditaan palautumattoman lauhteen aiheuttamia kustannuksia. Veden eri vaiheet koostuvat raakaveden puhdistuksesta, lisäveden valmistuksesta, höyryn tuotannosta ja jakelusta sekä lauhteen palautumisesta takaisin voimalaitoksen käyttöön.

3.1 Lisäveden valmistus

Voimalaitosten lisävesi valmistetaan usein pintavesistä, joissa on ilmakehästä vesipisaroihin liuenneita kaasumaisia oksideja sekä maaperästä liuenneita mineraaleja. Epäpuhtaudet aiheuttavat vesi- ja höyrykierrossa mm. hankalasti poistettavia kerrostumia, korroosiota sekä eroosiota. Voimalaitosten kattilavesille onkin asetettava erittäin korkeat laatuvaatimukset ja näin ollen lisäveden valmistus on monivaiheinen prosessi. (Huhtinen et al, 26-27.)

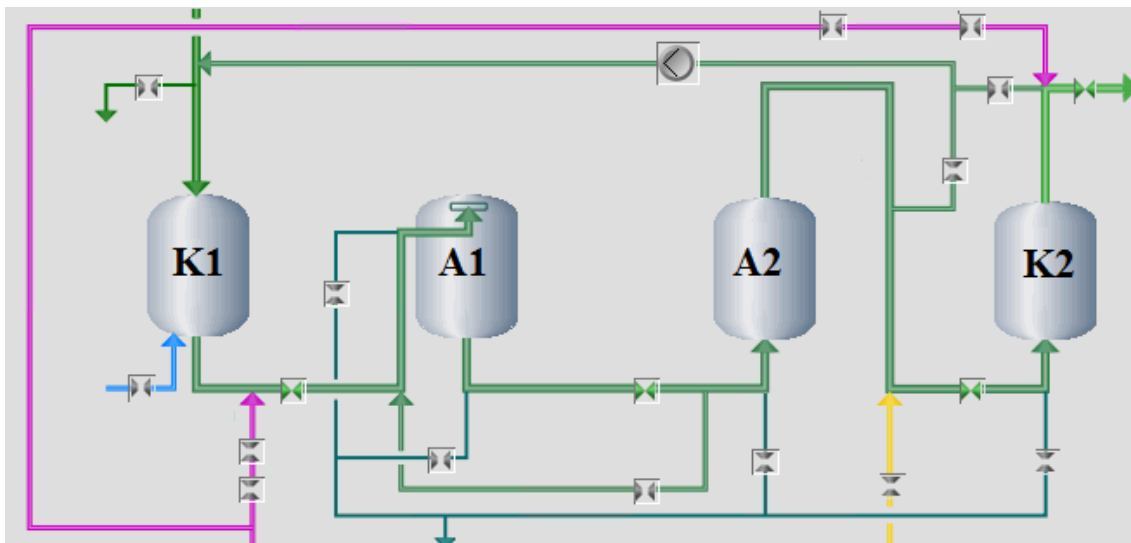
Imatran tehtailla käytettävä vesi saadaan viereisestä Saimaan vesistöä. Raakaveden pumppaamalla tuloveteen annostellaan klooridioksidia, jolla vähennetään kasvustojen muodostumista raakavesiputkistoihin. Raakavedestä poistetaan karkeat epäpuhtaudet välpälle sekä kolmella sihtikoneikolla ja vesi pumpataan saostuslaitokselle (ST2) kemiallista puhdistusta varten. (Stora Enso 2016) ST2:lla sijaitsee viisi kuvan 3.1 mukaista flotaatiosuodinta.



Kuva 3.1 Flotaatiosuotimen prosessikuva. (Muokattu kohteesta DNAView 2017)

Flotaatiosuotimien tuloveden lämpötila pyritään pitämään noin 20 °C sekoittamalla tuloveteen lämmitettyä vettä, jotta humuksen eli orgaanisen aineksen erottaminen olisi mahdollisimman tehokasta. Veteen syötetään myös polyalumiinikloridia sekä pH:n säätöön käytettävää lipeää, jolloin hämmennin saa aikaan humuksen flokkaantumisen eli partikkelien kiinnittymisen suuremmiksi kasautumiksi (KnowPulp 2011). Veteen syötettävä vesi-ilmaseos eli dispersiovesi nostaa flokin pintaa, josta se kaavitaan pois ja vesi painuu painovoimaisesti hiekkapatjan läpi. Ajojakson päätyttyä suoritetaan vastavirtahuuhtelu. (Stora Enso 2016)

Kemiallisesti puhdistettu vesi (VKE) sisältää mm. kalsiumia, magnesiumia ja piihappoa, jotka ovat pahimpia kattilakiven muodostajia (Huhtinen et al, 26). Kattilaveden eli lisäveden (VLV) käsittelyssä tarvitaan täyssuolanpoistoa ionivaihtimilla ja Imatran tehtailla se tapahtuu syöttövesilaitoksella (SY2) kolmella rinnakkain olevalla kuvan 3.2 mukaisella ioninvaihtosarjalla. Osa kemiallisesti puhdistetusta vedestä johdetaan siis syöttövesilaitokselle lisäveden tarpeen mukaan.



Kuva 3.2 Ioninvaihtosarjan prosessikuva. (Muokattu kohteesta DNAView 2017)

Ioninvaihtosarjat koostuvat kahdesta kationi- sekä anionivaihtimesta. Kationivaihtimet vaihtavat veden sisältämät metalli-ionit, kuten natriumin, magnesiumin ja kalsiumin, vetyioneiksi, kun anionivaihtimet taas vaihtavat epämetalli-ionit, kuten kloorin ja sulfaatin, hydroksyyli-ioneiksi (Huhtinen et al, 30). Yksi sarja on aina kerrallaan ajossa, kunnes ajojakso täyttyy ja kyseinen sarja on elvytettävä. Elvytyskemikaaleina käytetään kationivaihtimille rikkihappoa, joka on kuvassa 3.2 merkitty violetilla. Anionivaihtimet elvytetään keltaisella merkityllä lipeällä. (Stora Enso 2016)

3.2 Höyryntuotanto ja -jakelu

Puunjalostusteollisuus on hyvin energiaintensiivistä eli tehtailla on suuri lämmön ja sähkön tarve. Metsäteollisuusintegraatin käyttämä energia tuotetaan pääosin omalla vastapainevoimalaitoksella. Sivutuotteena saatava sähkö voi olla yli- tai alijäämäistä, jolloin osa sähköstä on myytävä tai ostettava sähkömarkkinoilla. Voimalaitokset koostuvat tyypillisesti sooda-, kuori- ja apukattiloista, jotka on mitoitettava niin, että höyryn tuotanto kattaa kaikissa tuotantotilanteissa höyryn tarpeen. (KnowPulp 2011) Taulukkoon 3.1 on koottu Imatran tehtaiden höyrykattiloiden mitoitusarvot. Höyryntuotannon peruskuormasta vastaavat soodakattilat SK5 sekä SK6 ja höyryverkon säätö hoidetaan ensisijaisesti kuorikattilalla KK2, mutta tarvittaessa myös apukattiloilla eli kaasukattiloilla K9–K12. (Stora Enso 2016)

Taulukko 3.1 Imatran tehtaiden höyryntuotanto. (Stora Enso 2016)

	Paine [bar]	Lämpötila [°C]	Höyryntuotto [kg/s]	Nimellisteho [MW]
K9	64	500	18	50
K10	64	500	18	50
K11	64	500	18	50
K12	84	520	35	100
KK2	84	530	80	240
SK5	64	480	67	190
SK6	84	480	140	400

Höyrykattilat tuottavat kahden eri painetason tuorehöyryä vastapaineturbiineille, joista TU7 toimii 84 bar:n tulopaineella ja tuottaa kuluttajille lähtevää 10 bar:n välipainehöyryä (HVP) sekä 5 bar:n matalapaine- (HMP) ja lämmityshöyryä (HLP). TU6 käyttää vastaavasti 65 bar:n korkeapainehöyryä ja paineenalennusventtiilit vastaavat myös tarvittaessa höyryn muuntamisesta väli- ja matalapaineiseksi. Turbiinien tuottama sähkö kattaa noin 60 %:a Imatran tehtaiden sähköntarpeesta. Turbiineilta ja paineenalennusventtiileiltä höyry johdetaan höyrynjakokeskuksella sijaitseville HVP-, HMP- ja HLP-jakotukeille, joilta lähtevät höyrylinjat siirtävät höyryn kulutuskohteisiin. (Stora Enso 2016) Höyrynjakojärjestelmä on esitetty tarkemmin liitteissä I–III, jotka ovat Saarisen (2002) diplomityön päivitetty höyrynjakokaaviot.

3.3 Lauhteenpalautus ja -käsittely

Palautuvaa lauhdetta (VLA) ei voi suoraan käyttää kattilavetenä, vaan teollisuuden voimalaitoksissa lauhteen puhdistus on usein tarpeellista. Lauhteen puhdistuksella poistetaan mm. kierrossa olevia korroosiotuotteita ja lauhdutin- ja lämmönvaihdinvuotojen aiheuttamia epäpuhtauksia. Puhdistamisessa voidaan käyttää esimerkiksi mekaanista - tai magneettista suodatinta sekä lisäksi myös ionivaihdinta. (Huhtinen et al, 34.)

Imatran tehtailla lauhteenpuhdistus tapahtuu syöttövesilaitoksella, johon lauhde pumpataan tehtaan lauhdesäiliöiltä liitteen II mukaisesti. Palautuva lauhde puhdistetaan kolmella rinnakkaisella lauhdesarjalla, joista jokainen koostuu sarjaan kytketyistä mekaanisesta suodattimesta sekä ionivaihtimesta. (Stora Enso 2016)

3.4 Palautumattoman lauhteen kustannukset

Palautumaton lauhde on korvattava lisävedellä ja lisäveden tarve onkin yksi suuren metsäteollisuusintegraatin energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä. Lisävesi valmistetaan pintavedestä, eli noin 105 °C lämpötilassa palautuvaan lauhteeseen verrattuna lisävesi vaatii huomattavasti lämmitysenergiaa. Lämmityskustannusten lisäksi monivaiheisessa lisäveden valmistusprosessissa syntyy kustannuksia kemiallisessa puhdistuksessa ja ionivaihdossa käytettävistä kemikaaleista sekä muista valmistuskustannuksista (Motiva 2011, 93).

Metsäteollisuudessa tuotanto on suunniteltu olevan käynnissä muutamia seisokkeja lukuun ottamatta lähes ympärivuoden. Vuosittainen käyttökerroin on siis suuri, joten pienemmätkin menetetyt lauhdevirrat voivat olla vuotuisena energiantarpeena merkityksellisiä. Lämmitysenergian tarvetta voidaan arvioida keskimääräisen massavirran ja entalpiaeron sekä käyttöajan perusteella.

$$E = \bar{q}_m \Delta \bar{h} t \quad (1)$$

missä	\bar{q}_m	keskimääräinen massavirta	[kg/s]
	$\Delta \bar{h}$	keskimääräinen entalpiaero	[kJ/kg]
	t	käyttöaika	[s]

Höyrynjakelun vuotuinen käyttöajan oletetaan olevan noin 8000 h ja lauhteen lämpötilan keskimäärin 105 °C lämpötilassa, jolloin entalpiaksi saadaan 440 kJ/kg (Motiva 2011, 30). Entalpien vertailukohtana on nollapiste. Ratkaistaan nyt yhtälöllä 1 energiansäästö, joka saavutetaan, mikäli vuotuista lauhteenpalautuksen tehostus olisi keskimäärin 1 kg/s.

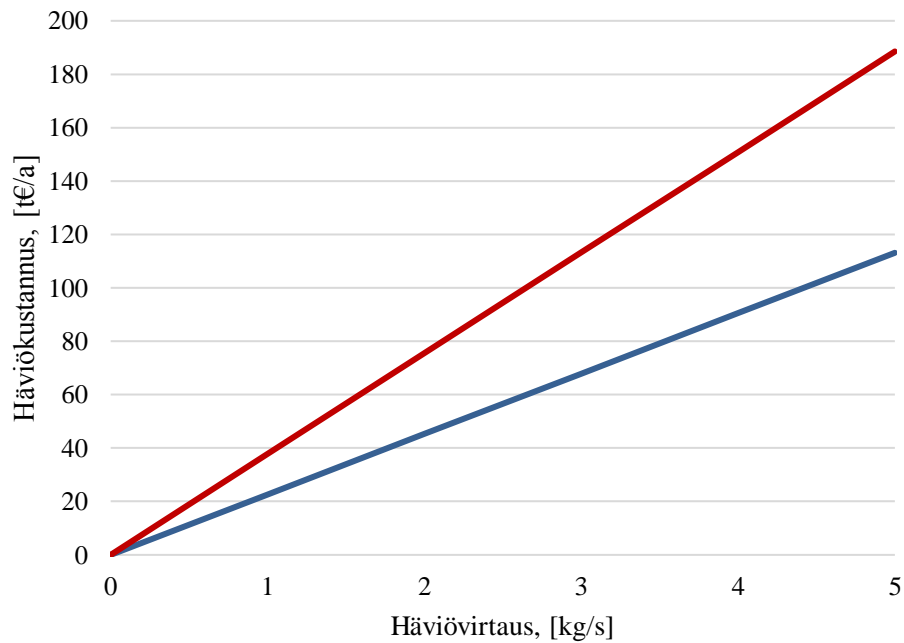
$$E = 1 \text{ kg/s} \cdot 440 \text{ kJ/kg} \cdot 8000 \text{ h/a} \cdot 3600 \text{ s/h} \approx 12\,700 \text{ GJ/a}$$

Lisäveden lämpöenergian tarve vähenisi siis 12,7 TJ/a, mutta lauhdevuodon merkitystä voidaan arvioida myös rahallisesti. Motivan (2011) käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan ohjeistuksessa, on määritetty teollisuudessa yleisesti käytettävät hinnat lisäveden valmistukselle sekä lämmitykselle. Hinnat on ilmoitettu tuotettua tilavuutta kohti, joten kokonaiskustannukset voidaan määrittää lauhdehävistä aiheutuvien kustannusten, massavirran, käyttöajan sekä tiheyden avulla.

$$K = \frac{(v+l) \bar{q}_m t}{\rho} \quad (2)$$

missä	K	kokonaiskustannukset	[€]
	v	valmistuskustannus (0,75)	[€/m ³]
	l	lämmityskustannus (1,25)	[€/m ³]
	ρ	tiheys	[kg/m ³]
	t	käyttöaika	[s]

Lauhteen menetyksestä aiheutuvat kustannukset kasvavat yhtälön 2 mukaisesti lineaarisesti massavirran suhteen. Kuva 3.3 havainnollistaa lauhdehävistä muodostuvia lisäveden kustannuksia punaisella merkityn lämmityksen ja sinisellä merkityn valmistuksen osalta. Todelliset lisävedenkustannukset ovat laitoskohtaisia, mutta laskennassa on käytetty nyt yleisiä teollisuuden arvoja. Höyryjärjestelmän käyttöaikana käytetään 8000 h, kuten energian laskennassa. Lisäveden valmistuksen kokonaiskustannukset ovat noin 2 €/m³, joista valmistuskustannusten osuus on 0,75 €/m³ ja lämmityskustannusten 1,25 €/m³ (Motiva 2011, 30). Oletetaan lauhteen lämpötilaksi 105 °C ja absoluuttiseksi paineeksi 2 bar, jolloin lauhteen tiheydeksi saadaan noin 955 kg/m³ (Holmgren 2013).



Kuva 3.3 Lauhdehäviöistä aiheutuvat kustannukset, kun vuotuinen käyttöaika on 8000 h.

Suuri käyttöaika johtaa kustannusten nopeaan kasvuun. Kuvasta 3.3 huomataan, että häviövirtauksen ollessa noin 1,6 kg/s, kokonaiskustannukset yltyvät jo 100 t€:n vuodessa. Lauhdehäviön merkittävämpi osa eli sen sisältämä lämpöenergia on myös pyrittävä hyödyntämään, vaikka lauhde ei olisi tarpeeksi puhdasta lauhteenkäsittelylaitokselle. Lämmityskustannuksissa 100 t€:n raja ylitetään, kun lauhdehäviön suuruus on noin 2,7 kg/s.

4 LAUHDETASE TARKASTELU

Imatran tehtailla prosessi- ja lämmityshöyryä käytetään paljon monissa eri käyttökohteissa ja näin ollen lauhdehävioistä aiheutuva lisäveden tarve on myös suuri. Sellu-, paperi- ja kartonkitehtaiden lisäveden tarpeet ovat laitoskohtaisia ja vaihtelut ovat suuria. Tyypillisesti sellutehtaiden lauhteenpalautusprosentit ovat noin 70 %:n luokkaa ja paperi- ja kartonkitehtailla liikutaan noin 90 %:ssa. (KnowPulp 2011)

Imatran tehtaiden lauhteenpalautuksen tehokkuutta arvioidaan määrittämällä Kaukopään sellu- ja kartonkitehtaan sekä Tainionkosken tehtaan kuluttajien höyrynkäyttö, lauhteenpalautus ja lauhteenpalautusprosentit. Höyry- ja lauhdeverkon kunnonvalvonnan reaaliaikaisessa seurannassa sekä raportoinnissa käytetään työkaluna esimerkiksi tase seurantaa (Motiva 2012, 9). Palautuvan lauhteen määrää verrataan lauhdesarjoille puhdistukseen lähtevän lauhteen virtausmäärään eli syöttövesilaitoksen lauhteen kokoojasäiliölle muodostetaan lauhdetase.

Tarkastelujaksona käytetään nyt tammikuuta 2017 ja arvot on esitetty keskimääräisenä massavirtana. Suurin osa höyryn ja lauhteen arvoista on laskettu liitteen V kumulatiivisista määristä eli SYKE seurantajärjestelmän kuukausiraportista. Liitteiden I-IV ja tiedonkeruujärjestelmä IMPI:n avulla on määritetty puutteelliset ja korjattavat tiedot lauhdetaseen määrittämiseen. Korjaukset on koottu höyry- ja lauhdejärjestelmän kehitystä käsittelevään kappaleeseen 5.

4.1 Kaukopään sellutehdas

Sellutehtaan KL2, KL3 ja KU1, käyttävät väli- sekä matalapainehöyryä ja KL2 sekä KU1 käyttävät lisäksi myös lämmityshöyryä. KU1 osalta välipainehöyryn käyttö on ajoittaista, joten Kaukopään sellutehtaan lauhteenpalautuksen tehokkuutta kuvaavassa taulukossa 4.1, keskimääräisenä massavirtana esitetty höyrymäärä ei kuvaa todellista prosessikäyttöä. Pelkkää matalapainehöyryä käytetään valkaisu- ja kuorimalla (VKA), kuitulinjojen valkaisu- ja kuorimalla (VA4 ja VA5) sekä kuorimalla ja vedenpuhdistamolla. Voimalaitoksella haihduttamot HO5 ja HO6 käyttävät matalapainehöyryä. VO matalapainehöyryä käytetään syöttöveden käsittelyssä sekä erilaisina apuhöyryinä ja välipainehöyry kattiloiden omakäyttöhöyryä. Meesauunien

MU3 ja MU4 sekä mäntyöljykeittämön MÖ3 höyrynkäyttö on merkityksettömän vähäistä, joten ne on jätetty tarkastelusta pois.

Taulukko 4.1 Kaukopään sellutehtaan lauhteenpalautuksen tehokkuus. (SYKE 2017, IMPI 2017)

	HVP [kg/s]	HMP [kg/s]	HLP [kg/s]	VLA [kg/s]	Tehokkuus [%]
KL2	4,0	2,8	0,83	0,50	6,4
KL3	9,1	8,4		1,9	7,5
KL3 kiehutin				-5,7	
VKA		2,7			
VA4		1,43			
VA5		6,7		3,8	56,6
KU1	0,27	8,5	0,45	6,2	67,0
KRO		3,7	4,5		
VPU			0,49		
HO5		17,6		15,3	87,0
HO6		21,6		20,6	95,4
VO	9,3	18,4	0,38	25,3	90,2
Yhteensä	22,7	91,9	6,6	68,0	56,1

KL2:n prosessilauhde ei ole tarpeeksi puhdasta, joten sen lämpöenergia hyödynnetään paikallisesti ja lauhdetta palautuu siis ainoastaan lämmityshöyryistä. KL3 ja KU1 palauttavat lauhdetta prosessihöyryistään, mutta hakesiiloille paisuntahöyryä tuottava kiehutin käyttää suuren osan lauhteista. Kiehuttimen lauhteen käyttö katetaan KL3:n omalla, VA5:n ja KU1:n lauhteilla, jotka johdetaan samaan lauhdelinjaan. Taulukosta 4.1 huomataan, että kuitulinjat palauttavat siis ainoastaan KL2:n lämmityshöyryjen lauhteet (0,5 kg/s). Kuivauskone (KU1) palauttaa jo huomattavasti merkittävemmän osan lauhteistaan ja lauhteenpalautusprosentti onkin noin 67 %. Kuorimolla prosessihöyry käytetään suorakäyttöhöyryinä eli lauhteita ei voida kerätä, mutta taulukosta 4.1 huomataan, että suurin osa höyrystä on lämmityshöyryä (4,5 kg/s). Lauhteenkeräys kuulostaisi teoreettisesti järkevältä ajatukselta, mutta KRO:lle ja VPU:lle menevä höyrylinja on pitkä ja haarautuu useaan eri lämmityshöyry kohteeseen, joten lauhteita ei kerätä. Voimalaitoksen (HO5, HO6, VO) osalta lauhteenpalautus on

kokonaisuudessaan tehokasta noin 90 % luokkaa, mutta Kaukopään sellutehtaan kokonaislauhteenpalautus jää kuitenkin melko alhaiseksi noin 56 %:iin.

4.2 Kaukopään kartonkitehdas

Kartonkitehtaalla KA1, PK6 ja CTMP käyttävät ainoastaan matalapaineista lämmitys- ja prosessihöyryä. KA2 ja KA4 käyttävät lisäksi myös välipainehöyryä. Päällystemassakeittämön (PMK) sekä täyte- ja lisääainelinjan (TLA) höyryn käyttö todella vähäistä, joten ne ovat jätetty pois tarkastelusta. Tehdaspalvelut (TEP) ja päällystystehtas (PT) käyttävät ainoastaan lämmityshöyryä. Taulukossa 4.2 on havainnollistettu Kaukopään kartonkitehtaan lauhteenpalautuksen tehokkuutta.

Taulukko 4.2 Kaukopään kartonkitehtaan lauhteenpalautuksen tehokkuus. (SYKE 2017)

	HVP [kg/s]	HMP [kg/s]	HLP [kg/s]	VLA [kg/s]	Tehokkuus [%]
KA1		13,5		12,8	94,8
KA2	9,5	9,9		16,8	86,5
KA4	14,8	8,6		19,1	81,5
PK6		5,0	0,46	4,6	84,8
CTMP		2,1			
KAPA			2,6	1,4	56,0
TEP			0,34	0,20	60,0
PT			0,90		
Yhteensä	24,3	39,1	4,3	54,9	81,0

Kartonki- ja paperikoneiden lauhteenpalautus on yleisesti yli 80 %:n luokkaa. CTMP-laitos ei prosessista johtuen palauta lainkaan lauhdetta voimalaitokselle. Tehdaspalveluiden lämmityshöyryn määrä on pieni ja alhainen palautusprosentti johtuu todennäköisesti mittauksien epätarkkuudesta. Päällystystehtaalta on olemassa lauhdelinja, mutta se ei ole käytössä aikaisempien ongelmien vuoksi, joten lauhteet eivät palaudu voimalaitokselle. Kokonaisuudessaan Kaukopään kartonkitehtaan lauhteenpalautus on melko tehokasta, vaikkakin tyypillisistä teollisuuden arvoista hieman jäädän.

4.3 Tainionkosken tehdas

Kaukopään voimalaitokselta lähtevä höyry siirretään Tainionkosken tehtaalle ainoastaan välipaineisena. Höyrylinja on noin 5 km pitkä, joten höyrinsiirrosta aiheutuu pieniä häviöitä tasaisin välein sijoitettujen vesityksien kautta. Tainionkoskella osa höyrystä käytetään välipaineisena prosessihöyrynä sekä osa paineenalennusventtiilien avulla muutettuna matalapaineisena prosessi- sekä lämmityshöyrynä. Eräkeittäjä tyyppinen Tainion sellu, kartonkikone KA5 sekä paperikone PK7 käyttävät sekä välipaine- että matalapainehöyryä. Tainion tehtaiden muu höyrynkäyttö on esimerkiksi lämmitykseen käytettävää matalapainehöyryä ja se on yhdistetty taulukon 4.3 Tainionkosken tehtaalla lauhteenpalautuksen tarkastelussa.

Taulukko 4.3 Tainionkosken tehtaalla lauhteenpalautuksen tehokkuus (SYKE 2017, IMPI 2017)

	HVP [kg/s]	HMP [kg/s]	VLA [kg/s]	Tehokkuus [%]
TA SA	11,7	4,4	13,2	81,6
TA KA5	7,6	9,9	19,7	113,1
TA PK7	0,8	3,0	3,1	84,4
TA muut		1,9		
Yhteensä	20,0	19,2	36,0	91,9

Lauhteenpalautus Tainionkosken tehtaalla on tehokasta ja kokonaisuudessaan lähes 92 %. Kartonkikoneen KA5 lauhteenpalautus on selvästi yli 100 %, joka selittyy osittain sillä, että lauhdesäiliöön johdetaan myös mittamattomia Tainion muun höyrynkäytön lauhdeita (Matikainen 2017). Taulukosta 4.3 huomataan, että lauhteenpalautusprosentti on edelleen yli 100 %, vaikka TA muut alla oleva höyrynkäyttö vähennettäisiin kokonaisuudessaan. Tainionkosken tehtaalla lauhtetaseen tutkimista vaikeuttaa se, että myös lauhteen kokoajasäiliön virtausmittaus on selkeästi virheellinen (IMPI 2017).

4.4 Imatran tehtaat

Lauhteenpalautuksen jakautuminen määritettiin Imatran tehtaiden eri höyryn käyttökohteissa eli Kaukopään sellu- ja kartonkitehtailla sekä Tainionkosken tehtaalla. Taulukkoon 4.4 on koottu taulukoiden 4.1–4.3 kokonaismäärät, jolloin voidaan arvioida koko Imatran tehdasintegraatin lauhteenpalautuksen tehokkuutta.

Taulukko 4.4 Imatran tehtaiden lauhteenpalautuksen tehokkuus.

	HVP [kg/s]	HMP [kg/s]	HLP [kg/s]	VLA [kg/s]	Tehokkuus [%]
Kaukopään sellu	22,7	91,9	6,6	68,0	56,1
Kaukopään kartonki	24,3	39,1	4,3	54,9	81,0
Tainionkoski	20,0	19,2		36,0	91,9
Yhteensä	67,1	150,2	10,9	158,9	69,6

Suurin osa tehtaiden höyrystä käytetään Kaukopään sellutehtaan alueella, jonka lauhteenpalautusprosentti on myös selvästi alhaisin. Koko Imatran tehtaiden lauhteenpalautus jää noin 70 %:iin ja tyypillisiin lauhteenpalautuksen tehokkuuksiin verrattuna Imatran tehtailla ollaan keskimäärin hieman alemmissa lukemissa. Taulukon 4.4 perusteella koko tehtaan palautuva lauhdemäärä on tammikuussa 2017 ollut keskimäärin noin 158,9 kg/s. Höyryä taas on käytetty keskimäärin noin 228,2 kg/s ja ottamalla vielä huomioon liitteen VI mukaiset kattiloiden jatkuvan ulospuhalluksen ja nuohoushöyryn (15,7 kg/s), saadaan höyryn kokonaiskulutus 243,9 kg/s.

Tarkastelujakson aikana syöttövesilaitoksen lauhteen kokoojasäiliöiltä on virrannut lauhdetta puhdistukseen keskimäärin 156,6 kg/s (IMPI 2017). Taulukossa 4.5 on tarkasteltu määritetyn lauhteen kokoojasäiliölle tulevan virtauksen eroa lähtevään virtaukseen. Lisäveden osalta taulukon 4.4 kokonaishöyrymäärästä on vähennetty puhdistukseen menevän lauhteen määrä. Saatua lisäveden määrää on verrattu lisävesisarjoille menevään kemiallisesti puhdistetun veden keskimääräiseen massavirtaan (90,7 kg/s) (IMPI 2017).

Taulukko 4.5 Lauhteenpalautuksen ja lisäveden tase-erot.

	VLA [kg/s]	VLV [kg/s]
Laskennallinen	158,9	87,3
SY2 mittaus	156,6	90,7
Tase-ero	2,3	-3,4

Oletetaan nyt, että syöttövesilaitoksen lauhteen puhdistukseen ja lisäveden valmistukseen menevien virtausmittausten arvoa voidaan pitää luotettavana. Lauhteen kokoojasäiliölle tuleva massavirta on siis suurempi kuin säiliötä lähtevä virtaus. Tase-erossa päästään melko lähelle nollaa ja suurin virhe tulee todennäköisesti Tainionkosken tehtaan osalta, jonka lauhteenpalautus olisi todellisuudessa pienempi. Mittausten korjaaminen muuttaisi siis tase-eroa lähemmäs nollaa tai hieman negatiiviseksi, jolloin kokonaislahde määrä vastaisi melko tarkasti todellista tilannetta. Lisäveden osalta tase-erossa päästään myös melko lähelle nollaa. Määritetty kokonaishöyrymäärä on siis noin 3,4 kg/s pienempi, kuin todellinen höyrynkulutus. Höyryverkko on kokonaisuudessaan huomattavasti suurempi ja höyrypuolella mittausepävarmuus on yleisesti ottaen merkittävämpää (Motiva 2012, 34). Höyrymittausten virheet kompensoivat varmasti hieman toisiaan, mutta höyrymäärän vajeudesta voidaan huomata, että osa mittauksista näyttää liian pientä arvoa.

5 HÖYRY- JA LAUHDEJÄRJESTELMÄN KEHITYS

Kehitys kappaleeseen on koottu höyry- ja lauhdejärjestelmän tutkimisessa esiin tulleita ajatuksia ja johtopäätöksiä, joiden pohjalta on arvioitu eri kehityskohteiden merkitystä. Kehityskohteet koskevat seurantajärjestelmän ja energiaraportoinnin sekä varsinaisen lauhteenpalautuksen mahdollista tehostamista. Kappaleessa on myös taulukoitu työn edetessä havaitut virheelliset mittaukset.

5.1 Seurantajärjestelmä ja energiaraportointi

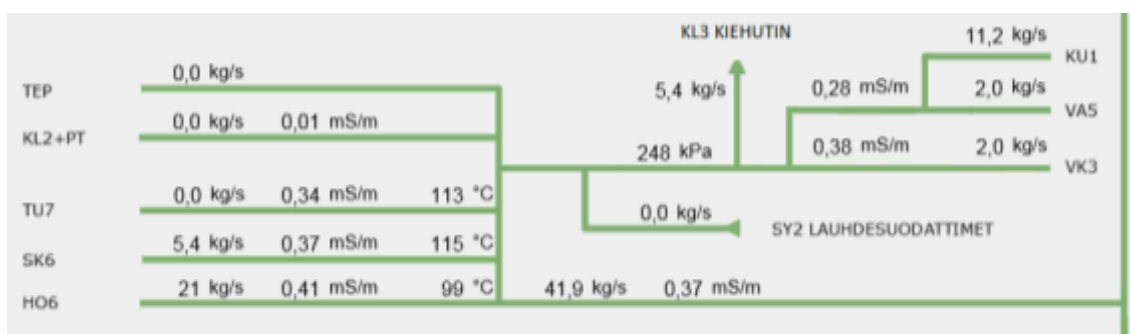
Imatran tehtailla lauhteenpalautuksen reaaliaikainen tehokkuuden seuranta tapahtuu SYKE -järjestelmän kautta. Höyrynkuluttajat sivulla on esitetty höyrynkuluttajien matalapaine-, välipaine-, ja lämmityshöyrynkulutus sekä lauhteenpalautus. Höyrynkäytön ja lauhteenpalautuksen avulla höyrynkuluttajille on määritetty lauhteenpalautusprosentit. Höyryille on muodostettu myös tase-ero laskentoja, jotka ovat siis voimalaitokselta lähtevän höyrynkäytön ja höyrynkuluttajien mittausten tase-ero.

Lauhteenpalautuksen seurantaan varten on myös oma lauhteenpalautus -sivu, jolta voidaan seurata eri kuluttajien lauhteen palautusmäärää, johtavuutta ja lämpötilaa. Pitempiä aikaista energiatehokkuuden seurantaan varten SYKE muodostaa energiaraportit. Vuorokausi-, kuukausi- ja vuosiraportteihin on laskettu höyrynkulutuksen ja lauhteenpalautuksen avulla energiankulutus sekä prosessintehokkuuden mittarina käytettävä ominaiskulutus eli energiankäytön suhde tuotantoon.

5.1.1 Kuitulinja 3

Kuitulinja 3 lauhdelinjaan yhdistyy KU1:n ja VA5:n lauhteet. Tämän hetkinen höyrynkuluttajat sivulla oleva VA5:n lauhteenpalautus on muodostettu laskennallisesti kiehuttimen jälkeen voimalaitokselle palaavasta osasta, mutta se ei anna todellista kuvaa prosessintehokkuudesta. Lauhde voitaisiin laskea VA5:n lauhdesäiliöltä lähtevän virtauksen ja KU1:n lauhteen erotuksena. Tosin lauhdesäiliöltä lähtevän virtausmittauksen (VA-FI111) mitta-alue (0–15 kg/s) ei riitä, vaan usein lauhdevirtaus on mitta-alueen ylärajalla. Lauhteiden yhdyslinjassa on virtausmittaus (VK3-FQ075), jonka mitta-alue on riittävä, joten VA5:n lauhdemäärä voidaan siis laskea vähentämällä yhdyslinjan virtauksesta KL3:n (VK3-FI074) ja KU1:n (KU1-FI301) lauhteet.

Lauhteenpalautus sivu myös päivitetäisiin esimerkiksi kuvan 5.1 mukaiseksi eli VA5:n ja KU1:n lauhdelinjat siirrettäisiin sekä uusi kiehuttimelle menevä linja lisättäisiin. Näin ollen otettaisiin huomioon se, että kaikki lauhde ei todellisuudessa palaudu voimalaitokselle ja lauhdetase olisi tältä osin tasalla.



Kuva 5.1 SYKE lauhteenpalautus -sivun päivitetty osa. (SYKE 2017)

Mikäli kiehuttimen lauhteenkäyttö otettaisiin huomioon uusilla laskentaperiaatteilla myös KL3:n energiaraportoinnissa, lauhteenpalautus näyttäytyisi negatiivisena. Energiankulutus ja näin ollen myös ominaisenergiankulutus siis kasvaisi ja vastaisi paremmin todellista tilannetta.

5.1.2 Kuorimo

Kuorimon höyryn käyttö on tällä hetkellä raportoinnissa suurimmaksi osaksi prosessihöyryä. Kuten taulukosta 4.1 huomattiin, höyrystä pienempi osa menee todellisuudessa prosessihöyry käyttöön. Kuorimon prosessihöyry voitaisiin laskea suoraan puunsulatukseen käytettävän höyryn mittauksista (KRO-FI100 ja KRO-FI300) ja loppu höyrynkäyttö siirrettäisiin lämmityshöyryksi. Näin ollen kuorimon prosessihöyryn ominaiskulutus pienenesi ja vastaisi todellisemmin prosessia.

5.1.3 Tainionkosken sellutehdas

Höyrynkuluttajat sivun Tainionkosken sellutehtaan (TA SA) matalapainehöyryn mittaus (SAT_411_FC011_F) on näyttänyt aiemmin nollaa. Mittaukselle löytyi kuitenkin myös toinen position (SAT_411_FI11), jonka perusteella matalapainehöyryn käyttö on keskimäärin noin 5 kg/s. Alkuperäinen positio paljastui vääräksi, joten sen vaihto korjaa lauhteenpalautusprosentin ja näin ollen myös energiaraportointi vastaa todellista

tilannetta. Tainionkoskelle menevä höyry lähtee voimalaitokselta välipaineessa, joten muutos myös pienentää välipainehöyryn tase-eroa, joka saadaan näin ollen hyvin lähelle nolaa.

5.2 Lauhteenpalautus

Lauhteenpalautuksen tehostamiskohteet ovat tiedossa olleita mahdollisia kehityskohteita, joita arvioidaan energiansäästön sekä vähenevän lisäveden tarpeen mukaan. Lisäveden kustannukset ovat yleisien teollisuuden arvojen mukaisia, joten kustannukset antavat suuruusluokkaa ja näin ollen voidaan arvioida kyseisen kohteen merkitystä.

5.2.1 Kuitulinja 3

Lauhdetta käyttävän kiehuttimen tuorehöyry on noin 0,4 bar:n ylipaineessa olevaa kylläistä höyryä (IMPI 2017). Syöttöveden laatuvaatimukset lisääntyvät tuorehöyryn paineen noustessa, joten höyrystimen syöttöveden laatuvaatimukset ovat täysin eri tasoa verrattuna monikymmenkertaisessa paineessa toimivien höyrykattiloiden syöttöveeten. Mikäli syöttövesi korvattaisiin lämmitetyllä raakavedellä, se ei toisi energiansäästöä, mutta lisäveden valmistusmäärä vähenisi merkittävästi.

Kiehuttimelle menevän lauhteen vuotuinen keskiarvo on noin 4,74 kg/s. Virtausmittauksessa (VK3-FI121) on kuitenkin nollapistevirhe eli virtaus näyttää noin 0,63 kg/s hetkillä, jolloin virtausta ei kuuluisi olla. Oletetaan nyt nollapistevirheen olevan lineaarinen eli kiehuttimen vuotuinen lauhteen käytön keskiarvo on noin 4,11 kg/s. Lauhteen lämpötilan on keskimäärin noin 107 °C ja lauhdelinjan absoluuttinen paine 2,25 bar, joten lauhteen tiheydeksi saadaan 953 kg/m³ (Holmgren 2013). (IMPI 2017) Ratkaistaan nyt yhtälöllä 2 mahdollinen kustannussäästö.

$$K = \frac{0,75 \text{ €/m}^3 \cdot 4,11 \text{ kg/s} \cdot 8760 \text{ h/a} \cdot 3600 \text{ s/h}}{953 \text{ kg/m}^3} \approx 102 \text{ t€/a}$$

Kokonaiskustannukset yltyvät siis yli 100 t€ vuodessa, joten säästö olisi hyvinkin merkittävä. Virtausmittauksen korjauksella ja todellisilla lisäveden kustannuksilla päästäisiin tarkempiin arvoihin, mutta kiehuttimen lauhdemäärän ollessa näin suuri nousee pelkästään jo lisäveden valmistuskustannukset merkittäviksi.

5.2.2 Päälystystehdas

Päälystystehtaalla on olemassa oleva lauhdelinja, mutta sitä ei ole käytetty aiempien ongelmien vuoksi. PT käyttää ainoastaan lämmityshöyryä ja vuosiraportin mukaan vuonna 2016 käytetty höyrymäärä on ollut keskimäärin noin 0,202 kg/s (SYKE 2017). Ratkaistaan nyt yhtälöllä 1 säästettävä energiamäärä, mikäli kaikki lämmityshöyry palaisi takaisin 105 °C lämpötilassa olevana lauhteena eli entalpian arvoksi saadaan 440 kJ/kg (Motiva 2011).

$$E = 0,202 \text{ kg/s} \cdot 440 \text{ kJ/kg} \cdot 8760 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} \approx 2\,800 \text{ GJ/a}$$

Energiansäästö olisi siis noin 2,8 TJ vuodessa ja kustannussäästöä toisi siis lisäveden lämmityksen sekä valmistuksen väheneminen. Ratkaistaan nyt yhtälöllä 2 kokonaiskustannussäästö, kun oletetaan linjan paineen olevan noin 2 bar ja lauhteen tiheys on näin ollen noin 955 kg/m³ (Holmgren 2013).

$$K = \frac{(0,75 + 1,25) \text{ €/m}^3 \cdot 0,202 \text{ kg/s} \cdot 8760 \text{ h/a} \cdot 3600 \text{ s/h}}{955 \text{ kg/m}^3} \approx 13 \text{ t€/a}$$

Kustannussäästö jää pienen virtausmäärän vuoksi myös alhaiseksi, mutta olemassa olevan lauhteen keräilyn ja -palautuslinjan takia suuria investointeja ei välttämättä tarvittaisi. Lauhdejärjestelmän tarkastus ja esimerkiksi mahdolliset korroosion aiheuttamat korjaustyöt saattavat toki aiheuttaa kustannuksia.

5.2.3 Voimalaitoksen mäkisäiliöt

Höyrynjakokeskukselta lähtevä lämmityshöyrylinja haarautuu SK6:lle, hajukaasukattilalle HK2 ja mäkisäiliöille. Mäkisäiliöiltä eli lipeän ja raskaan polttoöljyn varastosäiliöiltä on olemassa lauhdelinja, mutta lauhteita ei palauteta aiempien likaisuus ongelmien takia. Linjassa ei ole johtavuusmittausta tai automaattiventtiileitä, joilla

lauhde voitaisiin johtaa likaisena automaattisesti pois palautuksesta. Lauhteen mahdollinen likaisuus huomattaisiin siis vasta voimalaitoksen lauhdesäiliöllä ja näin ollen voimalaitoksen muutkin lauhteet likaantuisivat. Yhdyslinjan höyryvirtausmittaus (TU7-FI130) ei myöskään toimi, joten lauhdemäärän arviointi on myös hankalaa. Lauhteenpalautuksesta saatava hyöty on todennäköisesti huomattavasti pienempi, kuin riski voimalaitoksen lauhteiden likaantumisesta.

5.3 Tarkastettavat mittaukset

Imatran tehtaiden tase tarkastelussa havaitut virheelliset mittaukset on koottu taulukkoon 5.1. Useissa mittauksissa on huomattavissa niin kutsuttu nollapistevirhe eli virtausmittauksen nollapiste on siirtynyt ja mittaus näyttää virtausta, vaikka sen kuuluisi olla nolla. Höyrymittauksissa esiintyvät nollapistevirheet voivat syntyä esimerkiksi höyryjärjestelmien käynnistysvaiheessa syntyvien paineiskujen johdosta ja niiden korjaaminen vaatii mittausten kalibrointia (Motiva 2012, 22). Osa mittauksista taas on toimimattomia eli mittaus ei näytä lainkaan virtausta tai näyttää muuttumatonta arvoa.

Taulukko 5.1 Tarkastettavat mittaukset.

Positio	Mittauksen kuvaus	Virhe
KA5-661-FI61	KA5 VLA	Virheellinen arvo
KAS-FQ008	KAS HLP	Toimimaton mittaus
KPT-FC01	TA VLA	Virheellinen arvo
KU1-FI311	KU1 HVP	Nollapistevirhe
TLA-FI001	TLA HMP	Tarkastettava
PAT-FI003	PAT HLP	Nollapistevirhe
PMK-FI001-1	PMK HMP 1	Tarkastettava
PMK-FI001-2	PMK HMP 2	Tarkastettava
PMK-FQI03	PMK HVP	Tarkastettava
TU7-FI11	TU7 HVP SK6 apuhöyry	Nollapistevirhe
TU7-FI12	TU7 HVP jakotukkiin	Virheellinen arvo
TU7-FI130	TU7 HLP SK6, mäkisäiliöt	Toimimaton mittaus
VA4-FI053	VA4 HMP	Nollapistevirhe
VA5-FI111	VA5 VLA	Mitta-alue liian pieni
VK3-FI121	KL3 VLA kiehuttimeen	Nollapistevirhe

Suuressa metsäteollisuusintegraatissa on lukemattomia höyry- ja lauhdemittauksia, joten ajantasaisen seurantajärjestelmän ylläpito vaatii kunnossapitoa ja huoltoa. Tase tarkastelulla havaittujen mittalaitteiden tarkastuksella ja korjauksella seurantajärjestelmän tila saadaan lähemmäs todellista tilannetta. Energiankulutus saadaan näin ollen kohdistettua tarkemmin ja prosessitehokkuuden seuranta antaa todellisemman kuvan.

6 YHTEENVETO

Suuren metsäteollisuusintegraatin lisäveden tarve on suuri, jolloin veden valmistuksesta ja lämmityksestä aiheutuvat kustannukset nousevat myös merkittäviksi. Tehtaan lauhteenpalautuksen tehokkuuden arvioimista varten höyry- ja lauhdemittausten sekä niihin perustuvien seurantajärjestelmien ajantasaisuus on tärkeää. Lauhdehäviöt ja energiankulutus saadaan kohdennettua oikein ja näin ollen eri prosessien tehokkuuksista saadaan todellisempi kuva.

Kandidaatintyössä arvioitiin Imatran tehtaiden höyryn käyttäjien lauhteenpalautuksen tehokkuutta muodostamalla tehdasintegraatin lauhdetase. Tehokkuudet vaihtelevat laitoskohtaisesti, mutta tarkastelun perusteella huomattiin, että Tainionkosken osalta lauhteenpalautus on jopa yleisiä arvoja tehokkaampaa. Kaukopään tehtaalla taas ollaan hieman yleisiä arvoja heikommassa tehokkuudessa. Lauhdetase tarkastelussa myös huomattiin, että lauhteen sekä lisäveden tase-eroissa päästiin melko lähelle nollaa, joten höyry- ja lauhdemittaukset ovat kokonaisuudessaan lähellä todellisia arvoja.

Lauhdetaseen muodostuksessa havaittiin seurantajärjestelmän puutteita ja kehityskohteita sekä mittauksia, jotka tulisi tarkastaa. Näillä korjauksilla seurantajärjestelmä antaa todellisemman kuvan lauhdejärjestelmän tilasta. Varsinaisen lauhteenpalautuksen tehostamisesta arvioitiin tiedossa olevia kehityskohteita energiansäästön sekä kustannuksien perusteella hyödyntäen teollisuuden yleisiä lisäveden kustannuksia. Kehityskohteiden huomattiin olevan osittain huomattavan merkittäviä, joten potentiaalia suuren lisäveden valmistusmäärään pienentämiseksi on olemassa.

LÄHDELUETTELO

DNAView. 2017. Prosessinohjausjärjestelmän etäkäyttöliittymä [Stora Enso Imatran tehtaiden tuotanto]. [Viitattu 18.1.2017].

Saatavissa: Intranet yrityksen sisäisessä käytössä, vaatii salasanan.

Holmgren Marcus. 2013. X Steam Tables [Excel taulukko].

Saatavissa: <http://www.mycheme.com/steam-tables-in-excel/>

Huhtinen Markku, Korhonen Risto, Pimiä Tuomo, Urpalainen Samu. 2013. Voimalaitostekniikka. Toinen painos. 344s. Helsinki: Opetushallitus. ISBN 978-952-13-5426-7

Impi. 2017. Tiedonkeruujärjestelmä. [Stora Enson Imatran tehtaiden tuotanto]. [Viitattu 18.1.2017].

Saatavissa: Intranet yrityksen sisäisessä käytössä, vaatii salasanan.

KnowPulp. 2011. Prowledge Oy. Julkaistu 12/2011 [sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö]. [Viitattu 28.11.2016].

Saatavissa: Intranet yrityksen sisäisessä käytössä, vaatii salasanan.

Matikainen Outi. 2017. Energiainsinööri, Stora Enso Oyj. Imatra. Haastattelu 9.2.2017.

Metsäyhdistys. 2016. Kemihierre, CTMP (chemi-thermomechanical pulp) [verkkosivusto]. [Viitattu 8.12.2016].

Saatavissa: <http://www.smy.fi/sanasto/kemihierre-ctmp-chemi-thermomechanical-pulp/>

Motiva. 2011. Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä. Käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan ohjeistus [verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.12.2016].

Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/8897/HOLA_kaytto-kunnossapito_ohjeistus_2011.pdf

Motiva. 2012. Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä. Energiatehokkuuden mitoitussopas [verkkójulkaisu]. [Viitattu 19.12.2016].

Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/8898/Hoyry-_lauhdesiirtojarjestelman_energiatehokkuuden_mittausopas_verkkoon.pdf

Saarinen Matti. 2002. Metsäteollisuusintegraatin energiaraportoinnin kehittäminen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Energiatekniikan osasto.

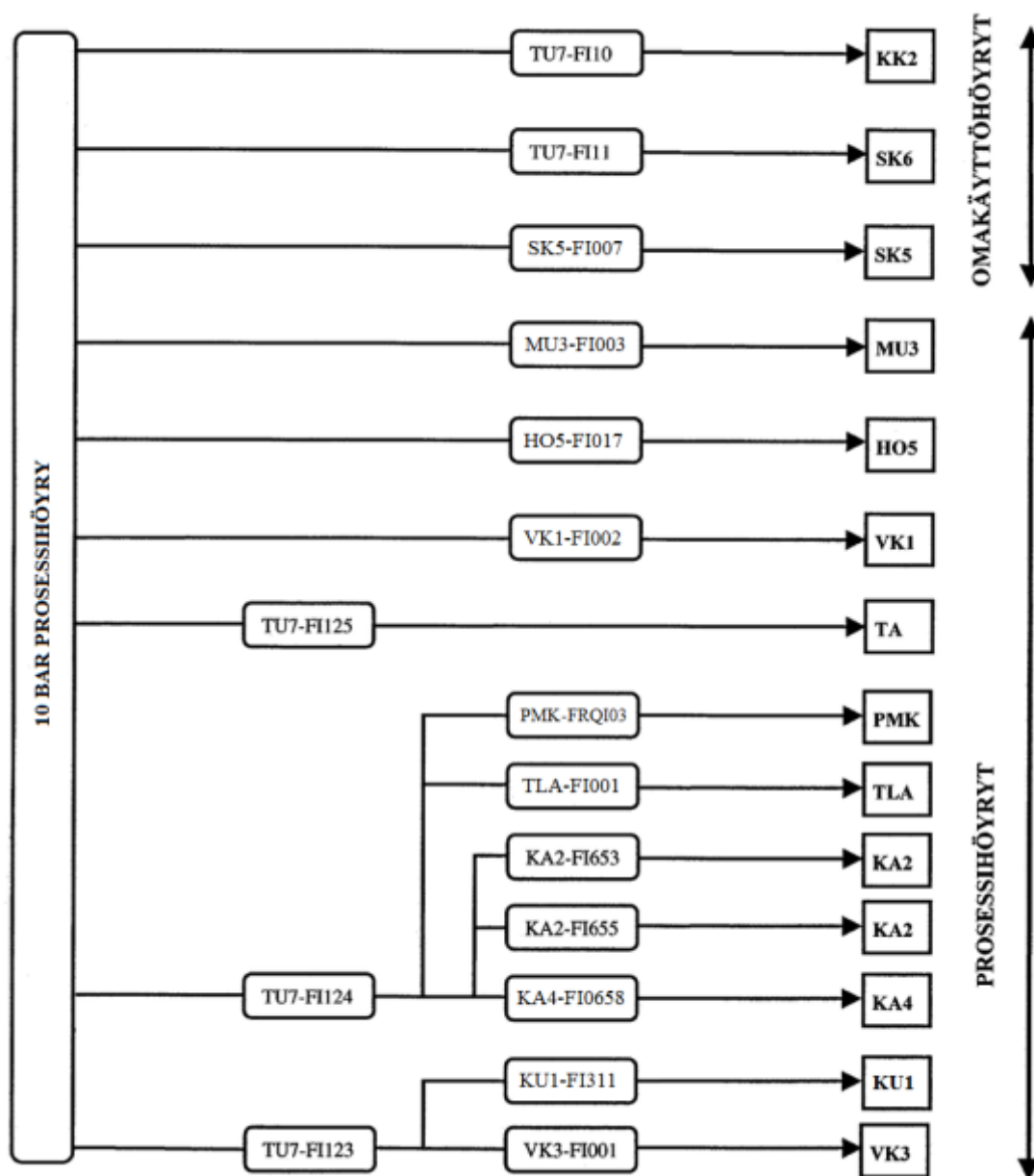
Stora Enso. WeShare, Imatra Mills. Päivitetty 2016. [Stora Enson WeShare-sivuilla]. [Viitattu 7.11.2016].

Saatavissa: Intranet yrityksen sisäisessä käytössä, vaatii salasanan.

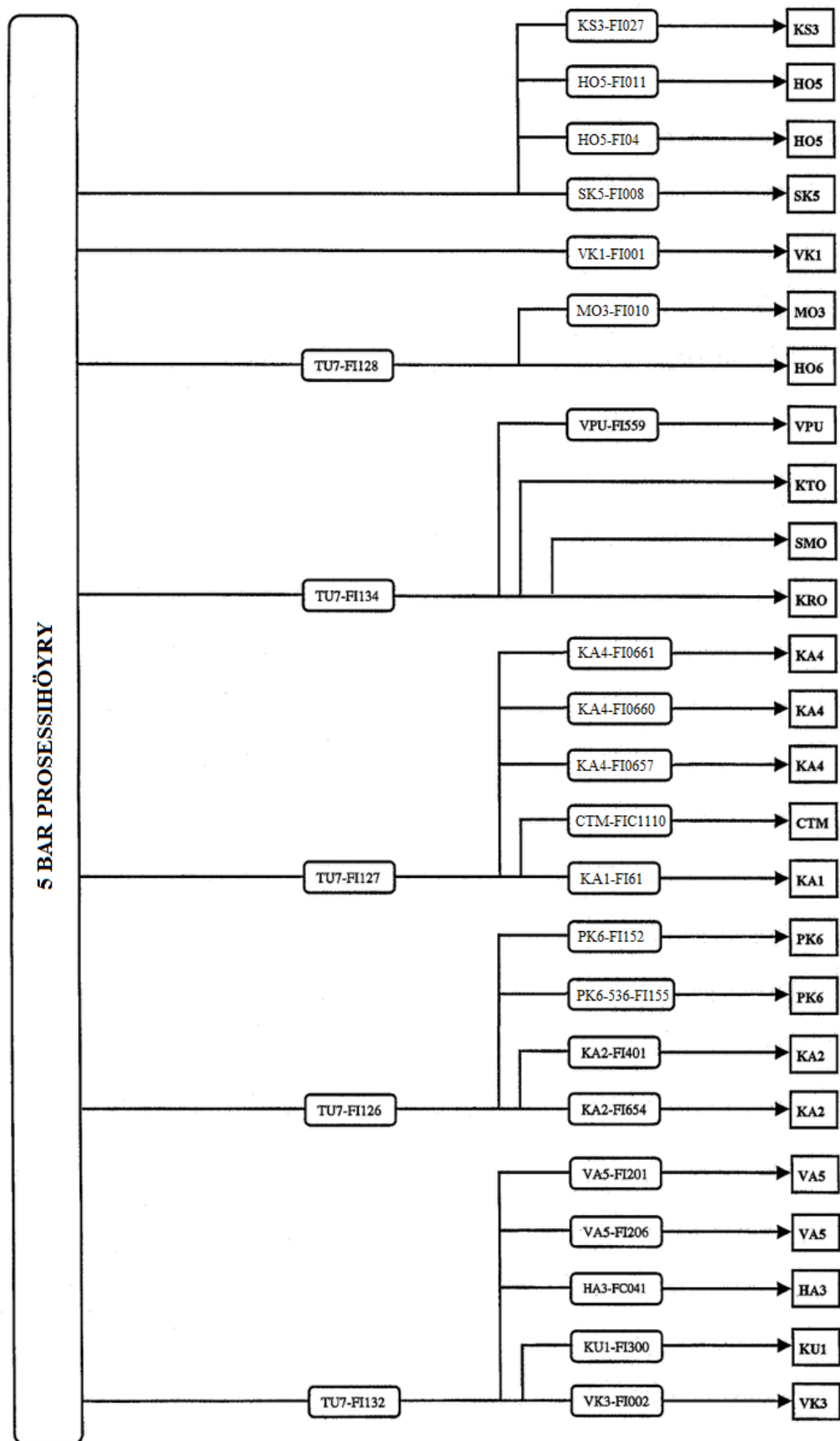
SYKE. 2017. Seurantajärjestelmä [Stora Enson Imatran tehtaiden tuotanto]. [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa: Intranet yrityksen sisäisessä käytössä, vaatii salasanan.

LIITTEET

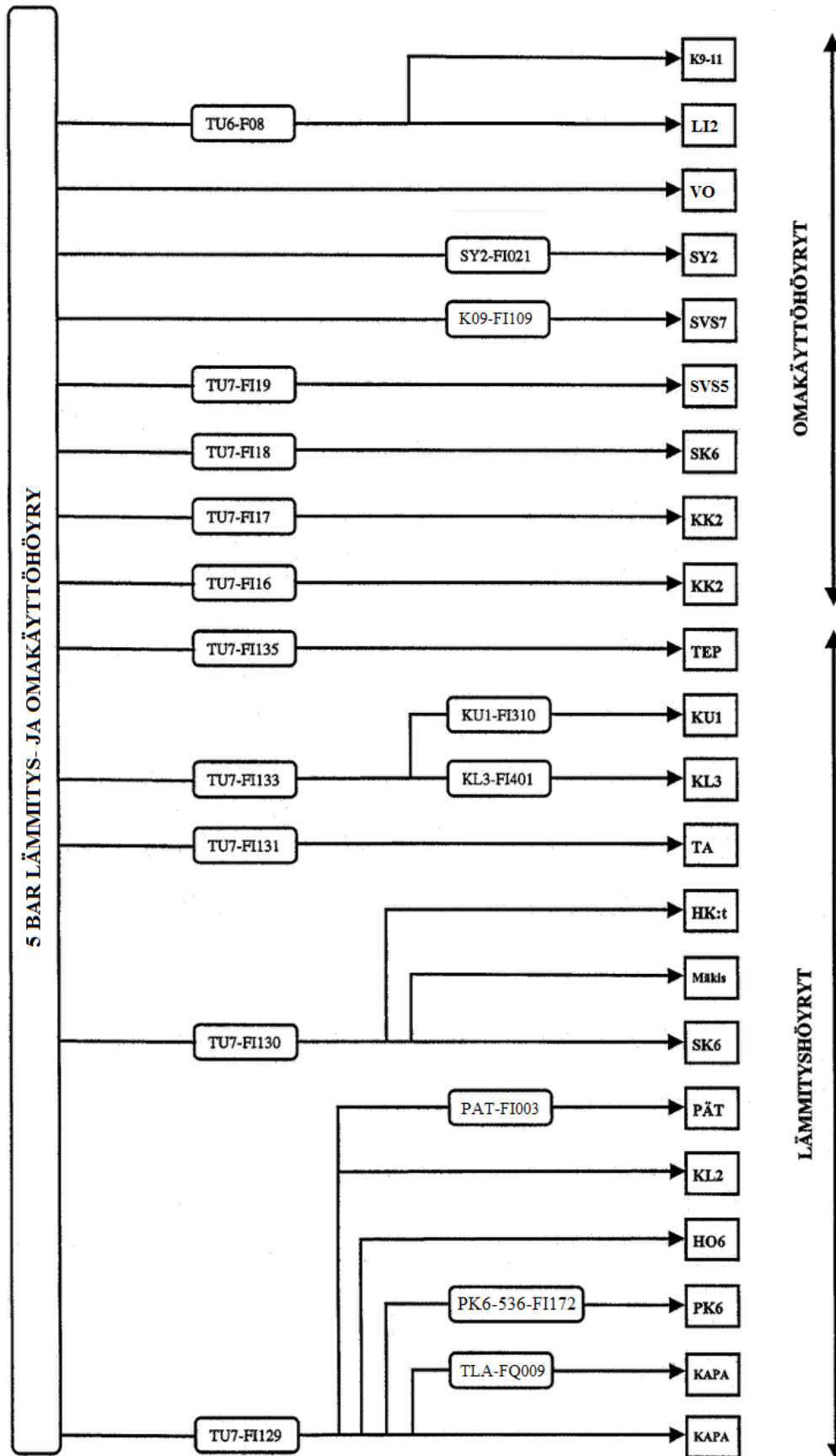
Liite I. Välipainehöyryn (HVP) prosessikaavio



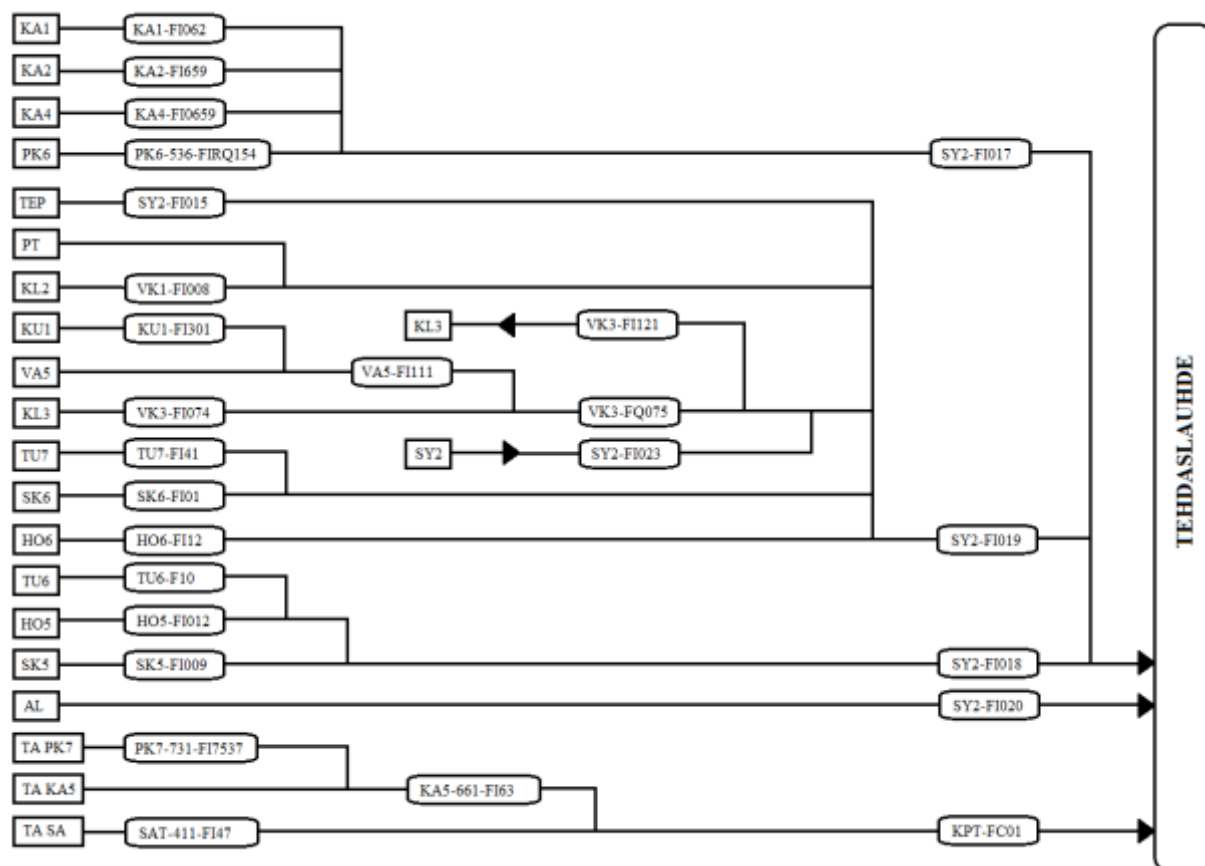
Liite II. Matalapainehöyryn (HMP) prosessikaavio



Liite III. Lämmitys- (HLP) ja omakäyttöhöyryn prosessikaavio



Liite IV. Lauhteen (VLA) prosessikaavio



Liite VI. SYKE Kattilat (tammikuu 2017)

	KATTILAT höyryn tuotanto				syöttövesi		Jup	nuohoushöyry	
	t	GJ	MPa	°C	t	C	t	t	%
SK5	131079371608		7,1	473	142329	120	2042	9208	7,0
SK6	282320804618		8,2	480	306516	117	3373	20823	7,4
SK yht.	4133991176225				448845		5415	30030	7,3
KK2	134989392911		8,3	505	142975	117	1225	912	0,7
K9	7800	26272	6,6	479	8091	119			
K10	4100	13021	6,7	470	4472	119			
K11	0	0			0				
K12	40260	116659	8,3	494	45115	117	1036	2017	5,0
HK1	2265	5190	1,3	193	2890	118			
HK2	4508	10338	1,3	195	4605	118			
Varapoltin									
apuk yht.	193922577413				208148				