

Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä
Energia-analyysi
Teollisuus
Energiatehokkuus

Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä

Energiakatselmuksen tarkennetut
toteutusohjeet

11/2011

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen tarkennetut toteutusohjeet

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen tarkennetut toteutusohjeet
8.11.2011

Motiva Oy

Työ- ja elinkeinoministeriö on rahoittanut tämän julkaisun tuottamisen.

Copyright Motiva Oy, Helsinki, 2011

Esipuhe

Motiva käynnisti vuonna 2010 höyry-lauhdejärjestelmien energiatehokkuuden tehostamiseen ja ylläpitoon suuntautuvan yhteistyöhankkeen - Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä. Mukana hankkeessa olivat Myllykoski Paper Oy, Metsäliitto-konserni, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Borealis Polymers Oyj, Rautaruukki Oyj, ABB Service Oy, Oy Konwell Ab, Spirax Oy, Aalto-yliopiston Teknillinen korkeakoulu, työ- ja elinkeinoministeriö sekä CTS Engtec Oy. Hanketta rahoittivat työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) sekä hankkeeseen osallistuneet yritykset.

Tavoitteena on saavuttaa mitattavaa energiansäästöä energiavaltaisten teollisuusyritysten höyry- ja lauhdejärjestelmissä. H&L-järjestelmä on tehtaiden teknisessä toiminnassa keskeisessä asemassa ja sen energiatehokkuutta voidaan tehostaa. Motiva Oy:n arvion mukaan suomalaisten teollisuuslaitosten höyry-lauhdesiirtojärjestelmien energiansäästöpotentiaali on 1,9 TWh eli noin 3 prosenttia teollisuuden käyttämästä höyrystä.

Laajempänä tavoitteena on oppia, kerätä ja jalostaa tietoa teollisuuden höyryn ja lauhteen siirtojärjestelmien energiatehokkuudesta sekä monistaa yksittäisissä kohteissa saadut tulokset koko teollisuuden hyödyksi. Hankkeen tulokset edistävät energiatehokkuuden toteutumista suomalaisessa teollisuudessa sekä edesauttavat osaltaan elinkeinon elämänsä energiatehokkuussopimuksen säästötavoitteiden saavuttamista.

Projektin yhteydessä on tehty vuonna 2010 syksyllä yksityiskohtainen höyry- ja lauhdejärjestelmän energiankäytön tehostamiselvitys yhdellä paperitehtaalla. Energiaselvityksissä lähtökohtana olivat tarkastelukohteen höyryn kulutustiedot ja vastaavat höyryn tuotantotiedot voimalaitoksella kohduntuen niiden väliseen H&L-siirtojärjestelmään ja sen hallintaan, huoltoon ja kunnossapitoon. Aiemmat H&L-selvitykset, joita ovat tarjonneet lähinnä H&L-laitetoimittajat, ovat keskittyneet yleensä yksittäisiin H&L-järjestelmien laitteisiin.

Pilot-selvitetyistä tehtaasta löytyi suuruusluokaltaan 1,9 % prosentin taloudellisesti erittäin (TMA ~0,4 a) toteuttamiskelpoinen energiansäästöpotentiaali höyryn ja lauhteen siirtoon ja käyttötapaan sekä vastaavaan höyryn tuotantoon liittyen. Energiakustannuksissa esitetyt tehostamistoimet edustivat ~2,4 % säästöä ja CO₂ -päästöjen vähennys huomioiden ~3,0 % säästöä. Pääprosessin höyryn kulutuskohteiden energiansäästöpotentiaali ei sisältynyt tähän työhön.

Pilot-vaiheen pohjalta on tuotteistettu nämä H&L-siirron energiatehokkuustarkastelun ohjeistavat H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen tarkennetut toteutusohjeet.

Tämä raportti jakautuu kolmeen osaan:

- Osa 1 on H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen tarkennetut toteutusohjeet, jotka määrittelevät katselmuksen päälinjat ja vaatimukset.
- Osa 2 on laajennettu mallisisällysluettelo, jossa määritellään tarkemmin toteutusohjeita H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen toteutukselle ja raportointiin liittyvät asiat ja vaatimukset. Mallisisällysluettelo esittää H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen painopisteet ja sisällön mahdollisimman yleispätevästi. Raportti ei käsittele syvällisesti höyry- ja lauhdejärjestelmien eikä niiden laitteiden erityispiirteitä.
- Osa 3 on esimerkkiraportti, jossa kuvataan H&L-siirtojärjestelmän katselmus kuvitteellisessa kohteessa.

Lisäksi on saatavilla erillinen ohjeistus höyry- ja lauhdejärjestelmien käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnalle. Ohjeistuksessa kuvataan H&L-järjestelmien toimintaan liittyviä käytön ja kunnossapidon toimenpiteitä sekä H&L-järjestelmien suunnittelua ja toteutusta.

Nämä H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen tarkennetut toteutusohjeet sekä höyry- ja lauhdejärjestelmien käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan ohjeistuksen ovat tehneet erikoisasiantuntija Kari Maaskola ja projekti-insinööri Jarkko Ojasalo CTS Engtec Oy:stä projektin vetäjänä toimineelle Motiva Oy:lle yhteistyössä heidän asiantuntijoiden kanssa.

Sisällysluettelo

Osa 1	Toteutusohje	7
Osa 2	Laajennettu mallisisällysluettelo	17
Osa 3	Esimerkkiraportti	47

Osa 1 Toteutusohje

Soveltamisala ja liitynnät katselmustoimintaan

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen tarkennetut toteutusohjeet on suunnattu käytettäväksi energiavaltaiten teollisuuslaitosten höyry- ja lauhdejärjestelmissä, mutta sitä voidaan soveltaa myös muiden toimialojen laitoksissa, joissa H&L-järjestelmä on käytössä. H&L-siirtojärjestelmän katselmus on tarkoitettu sovellettavaksi

- TEM:n tukeman prosessiteollisuuden energia-analyysin toisen vaiheen täydentävänä katselmuksena helpottaen tarvittavan erillisen projektisuunnitelman laatimista.

H&L-siirtojärjestelmän katselmus on yksityiskohtaisempi ja tarkastelultaan syvempi verrattuna TEM:n tukemiin nk. Motiva-mallin mukaisiin energiakatselmuksiin nähden, jotka ovat kokonaisvaltaisia selvityksiä rakennuksen ja tuotantoprosessin energian ja veden käytöstä sekä niiden kannattavista tehostamismahdollisuuksista. Energiakatselmuksissa ei ole ohjeistettu yksityiskohtaisella tasolla yksittäisen järjestelmän, kuten höyry- ja/tai lauhdejärjestelmän, toiminnan tarkastelua.

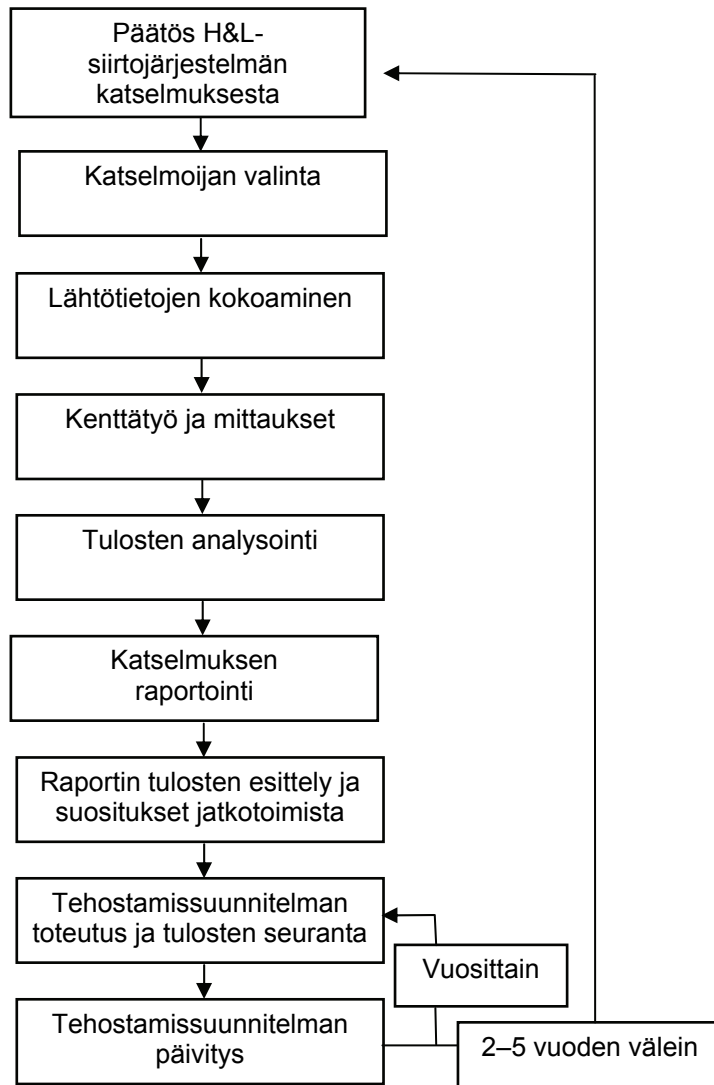
H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen lähtökohtana on keskittyä höyryn ja lauhteen siirtojärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseen huomioimalla tarkastelussa myös kohteen höyryntuotannon ja -kulutuksen yhteensopivuus. Energiakatselmuksessa H&L-siirtojärjestelmää tarkastellaan yhtenä energiankäytön osatekijänä, jolloin tarkastelujen syvyystaso ja painoarvo määräytyvät kokonaisenergiankäytön ja säästömahdollisuuksien muodostaman kokonaisuuden perusteella. H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen yksityiskohtaisen ohjeistuksen tavoitteena on löytää mittauksiin sekä kenttäkatselmointi työhön perustuen säästöjä, jotka kaikki eivät välttämättä tulisi ilmi riittävällä tarkkuudella kokonaisvaltaisessa energiakatselmuksessa. H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen ohjeistusta voidaan tietysti myös hyödyntää kaikissa Motiva -energiakatselmuksissa soveltuvin osin kohteen H&L-järjestelmän energiankäytön erityispiirteet huomioiden. H&L-siirtojärjestelmän katselmus voidaan ja on myös kustannustehokasta toteuttaa kokonaisvaltaisen energiakatselmuksen yhteydessä siitä tilaajan kanssa erikseen sovittaessa.

H&L-siirtojärjestelmän katselmusta voidaan parhaiten soveltaa niissä kohteissa, joiden yhteinen lämpöteho on suuruusluokaltaan vähintään 5 MW tai lämpöenergiankulutus vähintään 20 GWh/a. Pienemmissä H&L-järjestelmissä osin mittauksiin painottuva H&L-siirtojärjestelmän katselmus voi olla tarpeettoman ”järeä työkalu”.

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen määrittelyillä edistetään ja tehostetaan höyry- ja lauhteensiirtojärjestelmien analysointia sekä yhtenäistetään katselmukseen liittyvää raportointia. Malli edesauttaa säästömahdollisuuksien havaitsemista, säästötoimenpiteiden yksityiskohtaista määrittelyä ja niiden kautta myös todellisten säästöjen saavuttamista.

H&L-siirtojärjestelmän katselmusprosessi

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen käynnistämisen ja toteutuksen päävaiheet ovat kuvassa 1.

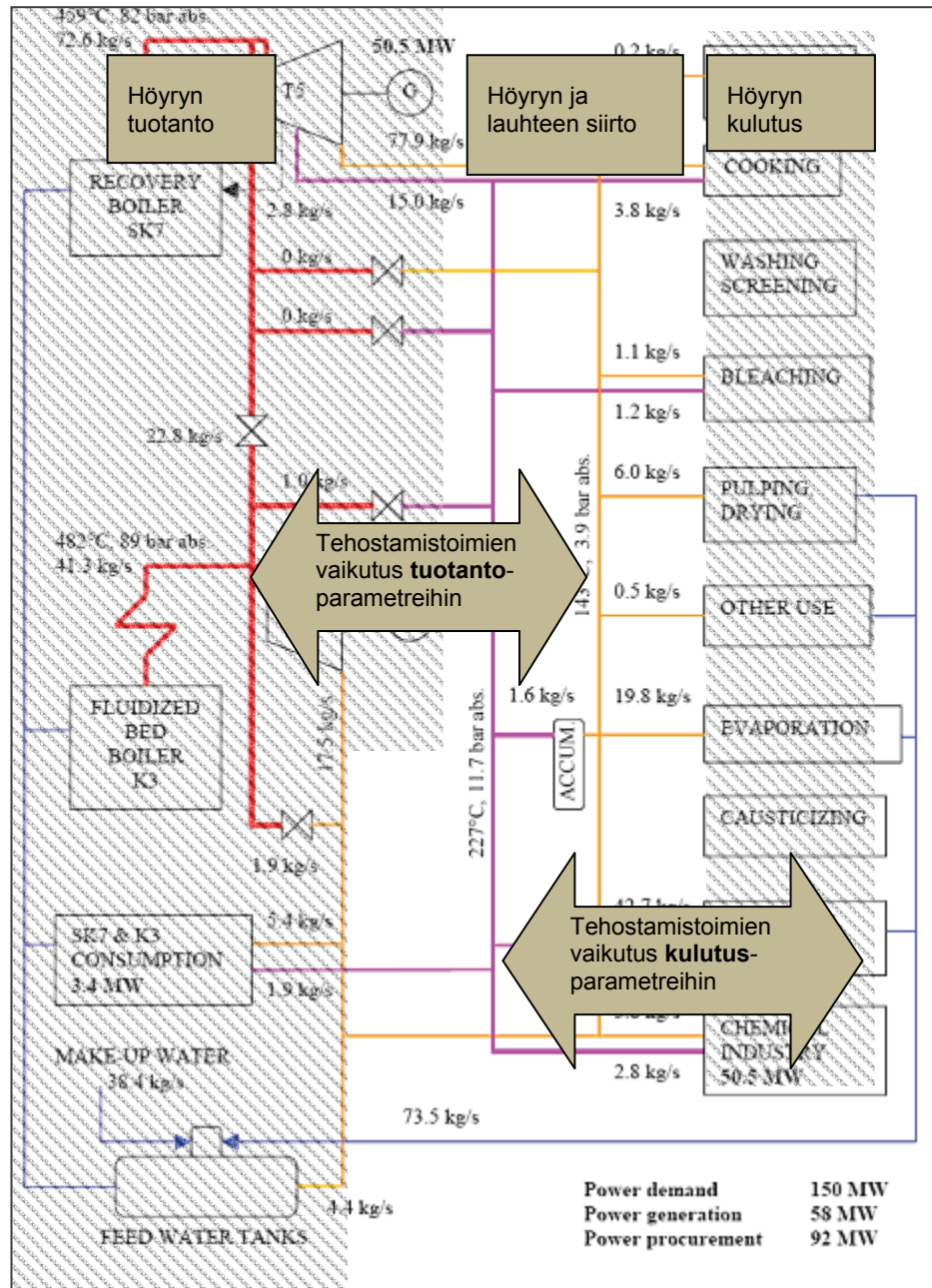


Kuva 1 H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen päävaiheet.

Huom! Kuvaan ei ole sisällytetty mahdollisen TEM:n energiakatselmustuen hakemista, vaikka se voi olla käytettävissä H&L-siirtojärjestelmän katselmuksellekin prosessiteollisuuden toisen vaiheen analyyseissä eikä H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen kautta esiin tulleiden tehostustoimenpiteiden toteutukseen liittyvien investointitukien hakemista. Energiakatselmus- ja -investointituet on haettava ennen kyseisen työn käynnistämistä.

Tehtävien ja niiden laajuuden yleinen määrittely

Kuvassa 1 on esitetty periaatepiirroksena taserajan sisälle ja sen ulkopuolelle tulevat osa-alueet.



Kuva 2 **Analyysin taseraja, katkoviivalla olevat alueet on rajattu taserajasta ulos.**

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen tavoite on H&L-järjestelmän energiatehokkuuden ja -talouden parantaminen sekä kunnossapidon ja käytettävyyden edistäminen. Tavoitteena on tehostaa höyryn ja lauhteensiirtojärjestelmien käyttöä, minimoida siirtojärjestelmien häviöitä, tuottaa tarvittava höyry tehokkaasti pienemmällä energiamäärällä (voimallisuuden karakteristikoiden optimointi) ja tehostaa mahdollisen jätelämmön hyödyntämistä.

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksessa käydään läpi H&L-järjestelmän energiatehokkuuden nykytila, kuitenkin kohdistuen pääosa käytettävissä olevista resursseista arvioitujen tehostamismahdollisuuksien löytämiseen. Mallisisällysluettelossa ja raportoinnissa painotetaan niitä järjestelmän osia ja komponentteja, joista kokemuksen perusteella on löydettävissä merkittävimmät säästöt.

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen periaate lähtee liikkeelle höyryn käyttötarpeista ja sen tarpeenmukaisesta käytöstä. Ensin selvitetään höyryn kulutuskohteet ja niiden vaatimukset, H&L-siirtojärjestelmän rakenne, toiminta ja mahdolliset verkostovuodot sekä lopuksi höyryn tuotanto ja sen yhteensopivuus kulutustarpeisiin nähden.

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen kenttätyössä luontevin toimintajärjestys on höyryn kulutuskohteiden ja H&L-siirtojärjestelmän selvittäminen, H&L-verkoston kuntokartoitus ja viimeisimpänä höyryn tuotantoon liittyvät asiat. Tarkastelutapa on kuitenkin kokonaisvaltainen, joten katselmuksen painopistealueita on suunnattava tarkastelukohteen mukaan. Järjestelmien rakenne, toiminnot ja asioiden energiataloudelliset merkitykset vaihtelevat kohteittain.

Analysoinnissa havaituille säästö- ja tehostamiskohteille lasketaan yksityiskohtaiset vuosisäästöt, tarvittavat investoinnit ja näiden perusteella suora takaisinmaksuaika. Löydettyjen tehostamistoimien ja säästöpotentiaalien perusteella H&L-järjestelmälle laaditaan toimenpidesuunnitelma.

Merkittävät energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat tarkistetaan ja raportoidaan johtopäätöksineen ja perusteluineen, vaikka säästöpotentiaalia ei kaikissa kohdin löydetäisiäkään. Käyttö- ja kunnossapitotoiminnasta raportoidaan asiat, jotka vaikuttavat välillisesti energiankulutukseen tai laitteiden toimintaan. Raportoinnin laajuudessa voidaan joustaa kohteen mukaan ja käyttää kohdekohtaista painotusta kuitenkin siten, ettei raportin laatu, kattavuus ja säästöpotentiaalien löytäminen heikkene.

Jo H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen aikana ja sen jälkeen tulee pyrkiä vaikuttamaan mahdollisuuksien mukaan siihen, että ehdotettuja kannattavia säästötoimenpiteitä toteutettaisiin. Tätä voidaan auttaa mm. antamalla raportissa riittävän selkeät erittelyt ja ohjeet toimenpiteiden toteutuksesta, avustamalla toteutuksessa tai pitämällä säännöllistä yhteyttä toteutusvastuussa olevaan henkilöön.

Koska H&L-järjestelmien energiatehokkuuden selvittäminen edellyttää runsaasti kenttätyötä ja keskittymistä työhön vieraassa työympäristössä (PED -lainsäädännön alainen järjestelmä, höyryn ja lauhteen paine-, lämpötila- ja -virtausmittaukset, H&L-siirtoon liittyvien laitteiden tarkastelu, kuumat pinnat ...), on työturvallisuuteen kiinnitettävä aivan erityistä huomiota. Käytännössä kaikissa laitoksissa on työturvallisuuskortti oltava suoritettu ja paikallinen turvallisuusperehdyttäminen tehty. Turvavarusteissa tulee noudattaa laitoksen määrittämää vallitsevaa käytäntöä.

H&L-siirtojärjestelmän katselmus koostuu seuraavista luvuista:

1 Yhteenveto H&L-järjestelmän energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

Kohteen lyhyt esittely sekä yhteenveto katselmuksen keskeisistä tuloksista esitetään taulukoissa 1 ja 2,

- Taulukko 1. Yhteenveto energiatehokkuudesta ja säästöpotentiaalista
- Taulukko 2. Yhteenveto ehdotetuista energiatehokkuustoimenpiteistä

Yhteenvedossa kuvataan kohteen höyrynkäyttö ja lämmön ja lisäveden säästöpotentiaalit sekä vastapainetapauksessa lämmön säästön vaikutus sähkön kehitykseen.

2 Kohteen perustiedot

Kohteen H&L-järjestelmän perustiedot ja höyryn/polttoaineen kulutus (taulukoina ja pysyvyyskäyrinä). Lisäksi lyhyt esittely H&L-järjestelmän huolto- ja kunnossapitokäytännöistä sekä energiatehokkuuden seurannasta. Kuvataan vallitseva energiaseurantatason luokitus, (tehdas-, tuotantolinja-, osasto-, laitekohtainen) sekä seurannan reaaliaikaisuus ja toteutustapa.

3 H&L-järjestelmän nykytilanteen kuvaus

Kohteen H&L-siirtoverkoston ja käyttökohteiden lyhyt kuvaus (kaaviot, luettelot). Lisäksi höyrynkulutuskohteiden sekä lauhteen keräilyn perustiedot (taulukkoina). Höyryn tuotannon lyhyt kuvaus (yleiskaavio esitys).

4 H&L-siirtojärjestelmän toiminnan kuntokartoitus

Kohteen kenttäselvitystyön lyhyt kuvaus sekä lauhteenpoistinten mittaustulosten lyhyt esittely ja analysointi (mittaustulokset taulukoina). Yhteenveto kuntoanalyysin keskeisistä tuloksista taulukkona sekä kuntoanalyysin tehostamistoimenpidesuositukses. Lyhyt kuvaus tehostamistoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista sekä esitys toteutusjärjestyksestä.

5 H&L-tasetarkastelu

Kohteen H&L-tasetarkastelun lyhyt kuvaus, tasekaavio ja höyryn sekä lauhteen painetasokohtaiset taseet saatavilla olevien mittaustietojen avulla (mittaustulokset taulukoina). Sankey-diagrammi tasetilanteen mukaisesta lämmön käytöstä antaa nopean yleiskuvan kohteen energian käytöstä. Taseen ja siihen liittyvien mittausten analysointi tavoitteena tuoda esiin mittauspuutteet ja havaitut H&L-järjestelmän tehostamistoimenpiteet.

6 H&L-järjestelmän toimintakatselmus

Kohteen H&L-siirtojärjestelmän ja höyryn kulutuksen sekä tuotannon energiatehokkuuden analysointi jaoteltuna eri periaatteellisten tehostusmahdollisuuksien pohjalta. Käsittää kunkin aihepiirin lyhyen kuvauksen vallitsevasta tilanteesta/epäkohdasta ja osa-alueen energiakatselmuksen, jossa on esitetty myös kohteessa havaitun säästöpotentiaalin laskentaperusteet. Katselmustulokset voi esittää myös taulukoina ja käyrästöinä.

7 Toimenpide-ehdotusten energiatehokkuustarkastelu

Kohteen H&L-järjestelmän energiatehokkuuslaskennan lähtötiedot sekä yksilöityinä kaikki toimenpide-ehdotuserittelyt vapaassa järjestyksessä vakiotaulukkomuodossa. Toimenpide-ehdotuserittelyjen yhteenveto esitetään omassa taulukossa kokonaispotentiaalin hahmottamiseksi.

8 Jatkotoimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi

Esitetään lähiajan jatkotoimet H&L-järjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi sekä suositus toimista energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi tämän H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen toimenpiteiden toteutuksen jälkeen.

Mallisisällysluettelo kattaa erilaiset H&L-järjestelmät, joten kaikki raportin alakohdat eivät välttämättä sovi sellaisenaan jokaiseen katselmuskohteeseen. Katselmusraportti toimii myös asioiden tarkastelun muistilistana, joten siinä esitetään myös ne alakohdat, joiden käsittely ei ole tarkasteltavan kohteen H&L-järjestelmästä johtuen välttämätöntä. Näiden alakohtien alla voidaan kirjoittaa esimerkiksi ”Järjestelmää ei ole tässä kohteessa.”

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen mittaukset

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen aikana tehtävien mittausten tarkoituksena on luoda kokonaiskuva ja pohja H&L-järjestelmän energiankäytön ja energiatehokkuuden arvioimiseksi sekä mahdollistaa johtopäätösten teko toiminnan tehostamiseksi.

Mittausten on katettava toiminnan kannalta kaikki merkittävät ajotilanteet

- tuotantotilanne eri vaiheineen
- tauko- ja seisokkiaika
- ylös- ja alasajo.

Mittaustulosten ja niiden pohjalta tehtävien johtopäätösten pohjana on oltava luotettavat ja ajan tasalla olevat mittaukset, jotka voivat perustua

- kalibroituihin käyttö- ja myyntimittauksiin
- aiemmin tehtyihin mittauksiin (takuu- ja kunnonvalvonta)
- katselmuksessa tehtyihin mittauksiin.

Katselmuksessa arvioidaan ja esitetään tehtyjen ja käytettyjen mittausten tarkkuus, luotettavuus ja edustavuus. Katselmuksessa esitetään myös energiataloudellisen seurannan kannalta esiintyvät puutteet mittaroinnissa.

Mittausten, mittausjärjestelyjen ja niiden tulkinnan osalta on muistettava, että

- höyry on kokoonpuristuvaa, joten muutokset verkoston eri osissa ovat suhteellisen hitaita; kyll. tilassa höyryn paine ja lämpötila on sidottu toisiinsa
- yleensä lämpötila mittaus on luotettavampi kuin painemittaus
- käyttötavat ja -tilanteet, vuodot jne. muuttuvat, joten liialliseen tarkkuuteen mittauksissa ei kannata pyrkiä
- ohjeita ja vaatimuksia on sovellettava ottamalla huomioon kyseisen kohteen erityisominaisuudet tavoitteena kohteen energiatalouden parantaminen.

Mittaustietojen lähteenä voidaan käyttää laitoksella olemassa olevia mittaustietojen keruujärjestelmiä, joista kerätään tarvittava mittausdata sopivilta aikajaksoilta katselmuksen ja taseiden lähtötiedoksi.

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksessa tehdään seuraavat mittaukset ja tarkastukset kulutuskohteen H&L-järjestelmän sekä höyrynkehityksen osalle:

Höyryn kulutusmittaukset

Mitattava suure	Mittaustapa	Mittauksen kohdennus	Seurantajakso	Seurantatapa	Käyttötarve
Höyryn kulutusvirtaus	Jatkuva seuranta	Painetasokohtainen Tuotantolinjakohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Taseseuranta
Höyryn paine	Jatkuva seuranta	Painetasokohtainen Määrämittauskohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Määrän laskenta Tehon laskenta
Höyryn lämpötila	Jatkuva seuranta	Painetasokohtainen Määrämittauskohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Määrän laskenta Tehon laskenta
Lauhteen paluuvirtaus	Jatkuva seuranta	Tuotantolinjakohtainen Pääkuluttajat erikseen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Taseseuranta
Lauhteen paluulämpötila	Jatkuva seuranta	Määrämittauskohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Määrän laskenta Tehon laskenta
Höyry-/lauhdevirtaus prosessiin tms. ulos	Jatkuva seuranta	Kuluttajakohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Taseseuranta
Lämmön ominaiskulutus (toimitusmittauksista)	Laskenta höyryn ja lauhteen avulla	Painetasokohtainen Tuotantolinjakohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Tuotanto-/katkoaika Tuotantoraportti
Höyry-/lauhteen keräyssäiliön lauhdutin	Laskenta vesimäärän ja lämpötilojen avulla	Säiliökohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Tuotantoaika Katkoaika
Lauhteen johtokyky	Jatkuva seuranta	Kuluttajakohtainen Likaantumisriskin mukaan	Hetkellinen arvo	Trendi	Likaantuminen Ulosajotarve
Lauhteenpoistinten ja putkiston kuntokartoitus	Kertamittaus	Tuotantolinjakohtainen	Erillinen selvitys	Kunto-raportti	2-3 v. välein Tarvittaessa
H&L-siirtoputkistojen lämpö- ja painehäviöt	Kertamittaus	Tuotantolinjakohtainen Painetasokohtainen	Erillinen selvitys	Energia-katselmus	Muutosten yhteydessä Tarvittaessa > 5v. välein

Höyryn toimitusmittaukset

Mitattava suure	Mittaustapa	Mittauksen kohdennus	Seurantajakso	Seuranta-tapa	Käyttötarve
Höyryn toimitusvirtaus	Jatkuva seuranta	Putkilinjakohtainen Painetasokohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Tase seuranta Toimitusmittaus
Höyryn toimituspaine	Jatkuva seuranta	Painetasokohtainen Määrämittauskohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Määrän laskenta Energian laskenta
Höyryn toimitus-lämpötila	Jatkuva seuranta	Painetasokohtainen Määrämittauskohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Määrän laskenta Energian laskenta
Lauhteen paluuvirtaus	Jatkuva seuranta	Putkilinjakohtainen Toimituskohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Tase seuranta Toimitusmittaus
Lauhteen paluulämpötila	Jatkuva seuranta	Määrämittauskohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Määrän laskenta Energian laskenta
Likainen höyry-/lauhdevirtaus ulos H&L-kierrosta.	Ulosajo-venttiilin asentoseuranta	Putkilinjakohtainen Toimituskohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Tase seuranta Energian laskenta
Lämmön toimitusmyynti	Laskenta höyryn ja lauhteen avulla	Painetasokohtainen Toimituskohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Toimitus-raportti	Laskutus Kulutus seuranta
Lauhteen puhdistusvirtaus	Jatkuva seuranta	Laitoskohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Tase seuranta
Lisäveden virtaus	Jatkuva seuranta	Laitoskohtainen	Hetkellinen arvo Tuntikeskiarvo	Trendi	Tase seuranta
Lauhteen johtokyky	Jatkuva seuranta	Putkilinjakohtainen	Hetkellinen arvo	Trendi	Likaantumisen Ulosajo-ohjaus

Höyryn määrämittaukset

Höyrymäärät mitataan ja raportoidaan kaikissa siirtoputkissa voimalaitokselta kulutuskohteille sisältäen kaikki olemassa olevat mittaukset tavoitteena määrittää

- virtausmäärät painetasoittain ja tuotantolinjoittain ominaiskulutuksia varten
- suurempien kulutuskohteiden virtausmäärät
- kaikki suora höyryn käyttökohteiden virtausmäärät tasetarkastelua varten
- kohteet, joihin energiansäästötoimenpiteet kohdistuvat niiden tosiasiallisen määrän varmistamiseksi.

Lauhteen määrämittaukset ja lämpötilat

Lauhdemäärät ja -lämpötilat mitataan ja raportoidaan kaikissa paluuputkissa kulutuskohteilta HVA:lle sisältäen kaikki olemassa olevat mittaukset tavoitteena tulokset

- lauhdemäärä ja lämpötila(paine)tasoittain tuotantolinjoittain
- HVA:n päälauhdesäiliöön tuleva virtaus (= lauhdepuhdistus vs. yhteinen palautus)
- tarvittava lisäveden valmistuksen määrä (vs. tuotantolinjojen yhteinen lauhdehävikki)

H&L-verkoston lämpöhäviöt

Arvioidaan laskennallisesti H&L-siirtoverkoston runkojen häviölämmön määrä eristyksen kunnon ja putkipituuksien perusteella. Verrataan lämpöhäviöiden määrää siirrettävän höyryvirtauksen tulistuslämpömäärään höyryvirtauksen kuivana pysymisen selvittämiseksi.

Höyryverkoston painehäviöt

Höyryn verkostopaineet mitataan HVA:lla sekä laitoksen pääkulutuskohteilla ja verrataan paine-eroa laskennalliseen paine-eroon tavoitteena

- siirtoputkiston painehäviöt painetasoittain ja tuotantolinjoittain
- vallitseva verkoston painetaso oletetuista kriittisimmistä pisteistä, joihin säästötoimenpiteet kohdistuvat tai painetason otaksutaan aiheuttavan haittaa tai häiriötä tuotannolle.

Sähköenergian kehitys

Selvitetään voimalaitoksen höyryturbiinien vastapainesähkön kehityksen tarkat karakteristikat, jotta voidaan katselmuksessa huomioida väliottohöyryn ja vastapainehöyryn määrien muutosten vaikutus vastapainesähkön kehitykseen. Voidaan hyödyntää myös mahdollista HVA:n toiminnan simulointimallia, jos sellainen on käytettävissä.

Polttoaineen kulutus

Selvitetään voimalaitoksen polttoaineen kulutuksen jakautuminen eri kattiloille eri kuorimitustilanteissa, jotta voidaan katselmuksessa huomioida höyrymäärien muutosten vaikutus PA-kulutukseen. Voidaan hyödyntää myös mahdollista voimalaitoksen toiminnan simulointimallia, jos sellainen on käytettävissä.

Mittausjakson ajankohta ja kesto

Mittausjaksojen on katettava tyypilliset tuotantotilanteet ja sen oltava riittävän pitkä mittausten tasoittumiseksi. Mittausjakson on tarvittaessa sisällettävä sekä tyypillisiä arki-vuorokausia että viikonloppu. Jaksojen tulee kattaa tuotannon eri vaiheissa esiintyvät vaihtelut, seisokki- ja taukoajat. Myös vuotuinen mittausten keruujakso on suotavaa (laitoksen keruujärjestelmästä), jonka perusteella saadaan kokonaiskuva laitoksen energian käytöstä ja sen vaihteluista ja joka toimii myös referenssitilanteena vuotuisia säästöjä määritettäessä.

Mittausväli on valittava siten, että mittaustuloksia voidaan arvioida luotettavasti. Käynninohjauksen toiminnan todentamiseksi tavanomaisessa kohteessa suositellaan mittausväliksi 1 tuntia. Muun toiminnan selvittämiseksi voidaan kohteen vaatimusten ja mittausjakson tarpeen mukaan käyttää pidempää tai lyhyempää mittausväliä.

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen muut tutkimusmenetelmät

Kokonaiskuva analysoitavan kohteen energiatehokkuudesta muodostetaan mittausten lisäksi mm. haastatteluilla H&L-järjestelmän käyttötavoista ja niiden kehittämisestä. Merkittävimpien laitteiden höyrynkulutusmäärät selvitetään suunnittelutietojen perusteella. Myös aiemmin tehdyt H&L-järjestelmää koskevat selvitykset sekä huolto- ja korjaushistoria ovat usein hyödyllisiä tiedon lähteitä.

Lisäksi voidaan hyödyntää valmistajien ja laite-edustajien materiaalia ja asiantuntemusta, erilaisia tarkastuslistoja ja Motivan energiakatselmoijan käsikirjaa. Käsikirja sijaitsee Motivan verkkosivuilla katselmoijien extranet -palvelussa, johon kirjautuminen vaatii tunnukset.

Kansainvälisiä höyryjärjestelmän tarkastuslistoja ja energiatehokkuutta käsitteleviä julkaisuja löytyy myös internetistä.

Osa 2 Laajennettu mallisisällysluettelo

Sisältö

Esipuhe	20
1 Yhteenveto katselmuskohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä	21
1.1 Katselmuskohde	21
1.2 Energiatalous ja säästöpotentiaali	21
1.3 Suositukset jatkotoimenpiteiksi	21
2 Kohteen perustiedot	24
2.1 Katselmuksen lähtötiedot	24
2.2 Höyryn kulutustiedot ja vuosikustannukset	24
2.3 H&L-järjestelmän huolto- ja kunnossapitokäytännöt	25
2.4 Energiatehokkuuden seuranta	25
3 H&L-järjestelmän nykytilanteen kuvaus	26
3.1 H&L-siirtoverkostot ja höyryn kulutuskohteet	26
3.1.1 Matalapainehöyry	26
3.1.2 Välipainehöyry	26
3.1.3 Lauhteen keräily ja lisäveden valmistus	27
3.2 Höyryn tuotanto	27
3.2.1 Voimalaitoskonsepti	27
3.2.2 Voimalaitoksen toiminnan yleiskuvaus	27
4 H&L-siirtojärjestelmän toiminnan kuntokartoitus	28
4.1 Kenttäselvitykset	28
4.1.1 Lauhteenpoistinmittaukset	29
4.1.2 Lisämittaukset (lämpökuvaus)	29
4.1.3 Putkiston mekaaninen kunto	29
4.1.4 Vuotomäärän laskenta	30
4.2 Kuntokartoituksen yhteenveto	30
4.2.1 Yleistä	30
4.2.2 Toimenpidesuosituks	30
5 H&L-tasetarkastelu	32
6 H&L-järjestelmän toimintakatselmus	33
6.1 H&L-siirtojärjestelmän lämpöhäviöt	34
6.2 H&L-siirtojärjestelmän painehäviöt	34
6.3 Lauhteen palautuksen tehostus	35
6.4 Paisuntahöyryn hyödyntäminen	35
6.5 Ulkopuolisen LTO-energian hyödyntäminen	36
6.6 Höyryn kulutuskohteiden painetasojen optimointi	36
6.7 Höyryn siirtoverkostojen painetasojen optimointi	37
6.8 H&L-järjestelmän tuotantolinjakohtaiset mittaukset ja toiminnan seuranta	38
6.9 H&L-osaamisen tehostus ja toimintojen ohjeistus	38
6.10 Voimalaitoksen yhteensopivuus tarkastelu	39

7 Toimenpide-ehdotusten energiatehokkuustarkastelu	40
7.1 Laskentaperusteet	40
7.2 Toimenpide-ehdotuserittelyt	40
7.3 Toimenpiteiden yhteenveto ja kokonaispotentiaali	41
7.4 Katsaus pääprosessin energiatehokkuuteen	42
Jatkotoimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi	43
7.5 Tehostamissuunnitelma	43
7.6 Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi	43
7.7 Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus	44
7.8 Seurantakatselmukset ja -mittaukset	45

Esipuhe

- Kohde
- Viitekehys
- Toteutusaika
- Tekijät
- Asiakkaan edustajat

1 Yhteenveto katselmuskohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

Kappaleessa esitellään lyhyesti katselmuskohde sekä kootaan yhteen katselmuksen keskeiset tulokset.

1.1 Katselmuskohde

Sanallinen katselmuskohteen esittely, jossa kuvataan lyhyesti mm

- kohteen nimi
- osoite
- toimialaluokka (TOL 2008)
- tuotantosuunta
- katselmuksen tekijät
- ajankohta.

Keskeisimmät höyryn kulutuskohteet tarkasteltavassa kohteessa kuvataan hyvin yleisellä tasolla.

1.2 Energiatalous ja säästöpotentiali

Taulukossa 1 esitetään tarkasteltavaan H&L-siirtojärjestelmään liittyvän kohteen nykyinen lämmönkulutus ja lämmönkulutusta vastaava lisäveden tarve ja vastapainesähkön kehitys sekä ehdotetuilla toimenpiteillä saavutettavat lämmön ja PA:n säästöpotentialit ja niiden vaikutukset lisäveden tarpeeseen ja vastapainesähkön kehitykseen. Taulukon 2 on koottu toimenpiteet, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta sekä niiden toteuttamiseksi tarvittavat investoinnit. Prosentuaaliset säästöt on laskettu lämmön, sähkön ja lisäveden osalta energiansäästöinä ja kokonaiskustannusten osalta kustannussäästöinä.

Yhteenvedon laskelmissa on käytetty kohdassa 7.3 esitettyjä kustannustietoja ja tunnuslukuja.

1.3 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

Kappaleessa esitellään lyhyesti katselmuskohteen säästö-/jatkotoimenpidesuositukset sekä jatkoselvitys- ja tutkimussuositukset.

Taulukko 1 Yhteenveto H&L-järjestelmän energiankulutuksesta ja säästötoimenpiteiden vaikutuksista lämmön, sähkön ja veden kulutukseen.

Nykyinen kulutus		Säästöpotentiaali			Kokonaisinvestointi
2010					
Lämpö + polttoaineet					
0	MWh/a	0	MWh/a	%	EUR
0	EUR/a	0	EUR/a	%	
		0	t CO ₂ /a		
Sähkö					
	MWh/a	0	MWh/a	%	EUR
	EUR/a	0	EUR/a	%	
		0	t CO ₂ /a		
Vedenkulutus					
	m ³ /a	0	m ³ /a	%	EUR
	EUR/a	0	EUR/a	%	
Kulutukset yhteensä		Säästöt yhteensä			Investoinnit yhteensä
0 EUR/a		0 EUR/a t CO ₂ /a			EUR

Lämmön + polttoaineiden kulutus energianlähteittäin			Sähkölämmityksen osuus sähköenergiasta		
	Kulutus MWh	Kustannukset €/a		Kulutus MWh	Kustannukset €/a
Lämpö			Lämmityssähkö		
Polttoaineet					
Fossiiliset polttoaineet					
Uusiutuvat polttoaineet					
Turve					
Muu					

Normituksen vertailupaikkakunta

Taulukko 2

Yhteenvedo H&L-järjestelmään liittyvistä energiansäästötoimenpiteistä toteuttamissjärjestyksessä

	TOIMENPITEEN KUVAUS	SÄÄSTÖ YHTEENSÄ	TMA	INVE- TOINTI	CO ₂ VÄHENEMÄ YHTEENSÄ	SÄÄSTÖ LÄMPÖ				SÄÄSTÖ SAHKO				SÄÄSTÖ VESI		SÄÄSTÖN ELINIKÄ arvio	RAPOR- TIN KOHTA	SOVITUT JATKO- TOIMET
						energia	CO ₂	kustannukset		energia	CO ₂	kustannukset		vesi	kustan- nukset			
								energia	muut			energia	muut					
no		EUR/a	a	EUR	t/a	MWh/a	t/a	EUR/a	energia	muut	EUR/a	MWh/a	t/a	EUR/a	m ³ /a	EUR/a		T,P,H,E
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		

2 Kohteen perustiedot

Luvussa kuvataan katselmuskohteen nykytilanteen mukaiset höyryn vuotuiset kulutustiedot ja kulutuksen vuotuinen pysyvyys. Tilanteen arvot toimivat katselmuksen muutostoi-
menpiteiden referenssiarvoina, joihin muutosten vaikutuksia yksittäin verrataan. Luvussa
esitetään myös höyryn tuotanto-, energiankulutus- ja -kustannustiedot sekä kuvataan val-
litseva huolto- ja kunnossapitoasiat ja energiatehokkuuden seurantamalli.

2.1 Katselmuksen lähtötiedot

Kohteen perustiedot lyhyesti, tarkasteluvuosi ja sen edustavuus vertailuvuodeksi tuotan-
non, käyttöaikojen, korjausten ym. kannalta.

Katselmuksen lähtötietojen tiedonlähteet, saadut raportit, aikaisemmin tehdyt tutkimukset
ja tärkeimmät aiemmin tehdyt mittaukset.

2.2 Höyryn kulutustiedot ja vuosikustannukset

Kohteen höyryn kokonaiskulutuksen ja lauhteen palautuksen lyhyt kuvaus ja tarkastelu-
vuoden H&L-pysyvyyskäyrät sisältäen höyrynvuosisulutuksen, lauhteenpalautus -% sekä
höyrynkulutuksen keskiarvo ja tehtaan käyttötunnit.

Kohteen nykytilanteen höyryn kulutus- ja -kustannustiedot höyryn painetasoittain tai laitok-
sen energian kulutusseurannan mukaisesti jaoteltuna. Energian kulutusluvuissa on huo-
mioitu palautettavan lauhteen sisältämä energia. Tiedot esitetään taulukossa sisältäen
mm.

- Höyryenergian vuosikulutus MWh/a sekä kokonaiskustannukset k€/a
- Tuotantolinjan vuosituotanto t/a ja höyryn ominaiskulutus MWh/t
(t tai muu linjan tuotantoyksikkö).

Lisäksi esitetään kohteen höyryn käyttöön liittyvät nykytilanteen lisäveden kulutus- ja kus-
tannustiedot (m³/a, k€/a) sekä vastaavat höyryn käytön vaikutukset voimalaitoksen mah-
dolliseen sähkökehitykseen (MWh/a, k€/a).

Tarkkojen kulutus- ja kustannustietojen puuttuessa esitetään laskennallinen arvio nykyti-
lanteesta referenssitilanteen määrittämiseksi.

Kustannuslaskelmissa käytetään kohdan 1.2 mukaisia lähtötietoja.

2.3 **H&L-järjestelmän huolto- ja kunnossapitokäytännöt**

Yhteenveto H&L-järjestelmän huolto- ja korjauskäytännöistä.

2.4 **Energiätehokkuuden seuranta**

Yhteenveto H&L-järjestelmän energiatehokkuuden seuranta- ja raportointimenetelmistä.

Luvussa kuvataan H&L-siirtojärjestelmän tarkka rakenne ja selvitetään energiatehokkuuteen liittyvät toiminnalliset seikat nykytilanteessa. Luvussa esitetään myös höyryn painetasokohtaiset kulutuspisteluetelot ja niiden lauhteen keräilyn tila kohteittain.

Varsinainen H&L-järjestelmän toiminnan analysointi jaoteltuna periaatteellisten säästömahdollisuuksien mukaan esitetään luvuissa 5 ja 6. Luvussa 7 eritellään havaitut parannustoimenpide-ehdotukset yksityiskohtaisesti perustuen luvuissa 5 ja 6 esitettyyn toimintakatselmukseen.

3.1 H&L-siirtoverkostot ja höyryn kulutuskohteet

3.1.1 Matalapainehöyry

Matalapainehöyryn (~yleensä turbiinin vastapaine) painetasotiedot, tärkeimmät käyttötarkoitukset ja merkittävimmät kulutuskohteet esitellään lyhyesti.

Kuvataan lyhyesti pääpiirteittäin putkiverkostot, syöttölinjojen halkaisijat, pääreitit, ilmasto-olosuhteet reitin varrella, sulkumahdollisuudet ja niiden riittävyys, tunnetut pullonkaulat, kunto ja viat. Lisäksi voidaan esittää tuotantolinja- ja/tai kulutuspistekohtainen lohko-/verkostokaavio matalapainehöyryverkostosta.

Matalapainehöyryn kulutuskohteet esitellään luettelomaisesti (HMP -höyryn painetaso- ja positiokohtainen kulutuspisteluetelo), josta käy ilmi

- Rakennukset/tuotantolinjat, kone- ja laitetypit, joissa matalapainehöyryä käytetään
- kulutuskohteen höyry määrä (max. määrä), käyttö (jatkuva/jaksottainen), painetaso (minimi)
- Kulutuskohteen korvattavuus matalapaineisemmalla höyryllä sekä lauhteen keräily (säiliö/prosessi/kanaali).

3.1.2 Välipainehöyry

Välipainehöyryn (~turbiinin väliottopaine) painetasotiedot, tärkeimmät käyttötarkoitukset ja merkittävimmät kulutuskohteet esitellään lyhyesti.

Kuvataan lyhyesti pääpiirteittäin putkiverkostot, syöttölinjojen halkaisijat, pääreitit, ilmasto-olosuhteet reitin varrella, sulkumahdollisuudet ja niiden riittävyys, tunnetut pullonkaulat, kunto ja viat. Lisäksi voidaan esittää tuotantolinja- ja/tai kulutuspistekohtainen lohko-/verkostokaavio välipainehöyryverkostosta.

Välipainehöyryn kulutuskohteet esitellään luettelomaisesti (HVP -höyryn painetaso- ja positiokohtainen kulutuspisteluetelo), josta käy ilmi

- rakennukset/tuotantolinjat, kone- ja laitetypit, joissa matalapainehöyryä käytetään
- kulutuskohteen höyrymäärä (max. määrä), käyttö (jatkuva/jaksottainen), painetaso (minimi)
- kulutuskohteen korvattavuus matalapaineisemmalla höyryllä sekä lauhteen keräily (säiliö/prosessi/kanaali).

Mikäli korkeapainehöyryä (~tuorehöyryn paine) käytetään lämpöenergian siirrossa kulutuskohteille, kuvataan sen painetasotiedot ja tärkeimmät käyttötarkoitukset sekä merkittävimmät kulutuskohteet lyhyesti kuten välipainehöyryllekin.

3.1.3 Lauhteen keräily ja lisäveden valmistus

Lyhyt kuvaus kohteen lauhteen keräilyn toteutuksesta sekä lauhteen keräilyn jakaantumisesta säiliöön tai kanaaliin/prosessiin (taulukko esitys lauhteen keräilyn jakaantumisesta).

Kuvataan lyhyesti pääpiirteittäin putkiverkostot, syöttölinjojen halkaisijat, pääreitit, ilmasto-olosuhteet reitin varrella, sulkumahdollisuudet ja niiden riittävyys, tunnetut pullonkaulat, kunto ja viat. Lisäksi voidaan esittää lohko-/verkostokaavio(t) lauhteen keräilystä lauhdesäiliöille ja kanaaliin/prosessiin.

Lauhteen palautuksen tehostuksen tekniset asiat mm. toimenpiteen kuvaus, investointi, muut vaikutukset, esim. käytettävyys ja taloudelliset seikat käsitellään luvussa 6.3 Lauhteenpalautuksen tehostus.

3.2 Höyryn tuotanto

3.2.1 Voimalaitoskonsepti

Yleiskaavio kohteen H&L-siirtojärjestelmää syöttävästä höyryn tuotantolaitoksesta.

3.2.2 Voimalaitoksen toiminnan yleiskuvaus

Lyhyt kuvaus voimalaitostoteutuksesta (kattilat ja turbiinit, reduktiot, höyryakut), tehoista, painetasoista, käytetyistä polttoaineista sekä lauhdejärjestelmästä ja lisäveden valmistuksesta.

Kuvataan lyhyesti voimalaitoksen toiminnan nykyinen ajomalli sekä pääpiirteittäin höyrynjakelutukit ja päähöyryputkien reitit ilmasto-olosuhteineen ja laitoksen yleiskunto.

Lisäksi kuvataan toiminnan rajoitukset ja tunnistetut puutteet kuten mm. turbiinien läpäisyrajoitukset, PA -huolto, putkien sulkumahdollisuudet, puuttuvat mittaukset yms. pullonkaulat.

Luvussa esitetään H&L-siirtoputkiston ja sen armatuuriin yksityiskohtainen mekaaninen nykykunto perustuen esim. laitetoimittajan toimintakuntoraportteihin sekä tehtyyn kenttäselvitystyöhön. Tarkastelukohteen lauhteenpoistimien toiminnan kunto tulee dokumentoida poistinkohtaisesti painetasoittain ja tuotantolinjoittain ja niiden mahdollisille vuotohäviöille määritetään teoreettinen maksimivuoto ja suhteellinen arvio vallitsevasta todellisesta vuodosta. Viallisen poistimen havaitsemiseksi käytetään yleensä mittausmenetelmänä ultraäänimittausta – myös lämpökuvausta voidaan soveltaa. Mittausraportit esitetään liitteenä.

Putkisto- ja laitekartoituksen sisältö:

- Katselmuskohteen kaikkien lauhteenpoistimien toiminnan läpikäynti pintalämpötila- ja ultraäänimittauksilla (lämpökuvauksella).
- Kartoitetaan jokaisessa vesityskohteessa lauhteen talteenotto/ulosajo, lauhteenpoistimen tyyppin ja putkikytkennän toiminnallinen oikeellisuus, poistimen toimintakunto ja arvio mahdollisesta vuotohäviön määrästä.
- Lisäksi aistinvaraisesti ja havaittujen vuotokohteiden merkintä esimerkiksi huomiolapuilla tai -teipeillä.

Luvun lopussa kerrotaan toimenpidesuosituksista, joista käy yleisesti ilmi tarvittavat toimenpiteet epäkohtien poistamiseksi sekä energiansäästöpotentialin laskentaperusteet. Myös muita toimenpide-ehdotuksia voidaan tuoda esiin, jos niille on energiansäästön ohella muita merkittäviä perusteita.

Varsinainen kuntokartoitukseen perustuva energiatehokkuuden parantamisen analysointi esitetään kohdassa 6 ja kohdassa 7 eritellen ehdotetut yksittäiset parannustoimenpiteet ja niiden vaikutukset (energiansäästöpotentiali, kustannusvaikutukset ja kannattavuus).

4.1 **Kenttäselvitykset**

Tässä luvussa käsitellään H&L-järjestelmän lauhteenpoiston ja linjavesitysten kunto ja toiminta laitetoimittaja- ja lämpökameramittausraporttien tulosten perusteella.

4.1.1 Lauhteenpoistinmittaukset

Luvussa kerrotaan poistimien päämittauksena yleensä tehtävän ultraäänimittauksen ja siihen liittyvän kenttäselvitystyön tulokset. Lauhteenpoistimien toimintakuntomittaukset voidaan suorittaa kulloinkin parhaimmin soveltuvalla menetelmällä: ultraäänimittaus, lämpökamerakuvaus tai muu soveltuva mittaustapa. Suositeltavaa on käyttää myös useampaa menetelmää etenkin epäselvissä tapauksissa.

Mittausraportissa tuodaan esiin mm. seuraavia lauhteenpoiston toimintaa liittyviä tietoja

- lauhteiden talteenotto (säiliö/kanaali/prosessi)
- lauhteenpoiston putkikytkennän oikeellisuus
- lauhteenpoistinten toimintakunto
- lauhteenpoistinten toimintaperiaatteen (tyypin) oikeellisuus
- lauhteenpoistinten ja muiden armatuuriin vuotohäviöiden määrän arviointi.

Tavoitteena on tuoda esille laitetoimittajamittausraporttien vuotohäviö- ym. tulokset ja esittää ne havainnollisilla lauhteenpoistimien kuntoselvitystaulukkoina ja -kaavioina (piirasdiagrammi), jotka perustuvat tehtyihin mittauksiin.

4.1.2 Lisämittaukset (lämpökuvaus)

Luvussa kerrotaan mahdollisten lisämittauksena tehtävien lämpökuvausten tulokset. Lämpökuvaus voi olla vaihtoehto- tai lisämittauksena kohdan 4.1.1 mukaisille ultraäänimittauksille.

Tehtäessä lämpökuvaus lisämittauksena tuodaan esiin havaitut erot kohdan 4.1.1 mukaiseen päämittaukseen nähden koskien

- lauhteiden talteenottoa
- lauhteenpoiston putkikytkennän oikeellisuutta
- lauhteenpoistinten toimintakuntoa
- lauhteenpoistinten toimintaperiaatteen (tyypin) oikeellisuutta.

Tavoitteena on tuoda esille lisäarvoa päämittausten antamiin tuloksiin ja päätelmiin.

4.1.3 Putkiston mekaaninen kunto

Kuvataan lyhyesti pääpiirteittäin H&L-putkiverkostojen mekaaninen kunto – putkirikot, venttiilivuodot, putkiston erityspaksuudet sekä eristämättömän putkiston osuus. Putkiston kytkennöistä ja kunnosta voidaan esittää tarvittaessa valokuvia selventämään tarkasteltavaa kohdetta.

Putkistokartoituksessa tulee huomioida seuraavat seikat

- eristämättömät putken ja laitteet
- putkiston ja venttiilivuotojen huomiomerkintä esimerkiksi teipeillä (valokuva)
- vuotohäviön määrän arviointi.

Putkiston mekaanisen kunnon perusteella analysoidaan kohdassa 6 mm. lämpöhäviöiden vaikutus H&L-siirtojärjestelmän energiatehokkuuteen.

4.1.4 Vuotomäärän laskenta

Luvussa kuvataan lyhyesti lauhteenpoistinmittausten (laitetoimittaja- ja/tai lämpökamera-mittauksen) vuotohäviölaskennan perusteet sekä vuotohäviön laskennan kaava(t) ja häviökäyrä(t).

Vuotomittaus

- vallitseva höyryn tulopaine ja paine-ero vuotokohdan yli
- vuotoaukon fyysinen suuruus: maksimi poistinaukko ja arvio todellisesta aukosta
- silmämääräinen arviointi putkikirikosta
- laitetietojen ja vuotokäyrästöjen/-kaavojen hyödyntäminen laskennassa.

Analysointi tehdään mittausten ja silmämääräisen arvioinnin perusteella.

4.2 Kuntokartoituksen yhteenveto

Luvussa esitetään lyhyt yhteenveto H&L-siirtojärjestelmän kenttäselvitystyössä havaituista puutteista ja muutostarpeista lauhteenpoiston, putkiston sekä venttiilien osalta.

4.2.1 Yleistä

Luvussa esitetään lyhyt yhteenveto H&L-siirtojärjestelmän kenttäselvitystyössä havaituista puutteista ja muutostarpeista lauhteenpoiston, putkiston sekä venttiilien osalta.

H&L-siirtojärjestelmän kenttäselvitystyön tuloksista esitetään kuntokartoitustaulukko, johon on koottu seuraavat tiedot painetasoittain sekä tuotantolinjoittain

- lauhteenpoistinten lukumäärä
- lauhteiden talteenotto (säiliöön/kanaaliin)
- lauhteenpoiston putkikytkennän oikeellisuus
- lauhteenpoistinten toimintakunto ja vuotohäviöiden määrä
- lauhteenpoistinten toimintaperiaatteen (tyypin) oikeellisuus kohteeseen nähden.

4.2.2 Toimenpidesuositukset

Luvussa esitetään toimenpiteiden lyhyet selkeät kuvaukset toteutusjärjestyksessä ottaen huomioon mm. hankkeiden keskinäiset riippuvuudet sekä samanaikaisen toteutuksen edut. Lisäksi tuodaan esille asiakohdat, jotka vaativat lisäselvitystä tai joissa ehdotetaan muita jatkotoimenpiteitä.

Toimenpiteiden kuvauksissa esitetään myös laskelmien olettamukset, käytetyt lähtöarvot ja keskeiset tulokset (vuotohäviöt).

Kenttäselvitystyön tuloksiin perustuvien tehostustoimenpidesuosituksien yksityiskohtaiset erittelyt esitetään luvussa 7. Toimenpide-ehdotusten energiatehokkuustarkastelu.

Luvussa kerrotaan H&L-tasetarkastelun havainnot, mittausten tasevirheet/poikkeamat sekä katselmuksen tulokset selkeinä tehostamissuunnitelmina, joista käy ilmi tarvittavat tehostamistoimenpiteet.

H&L-järjestelmälle tulee laatia taulukkomuotoon höyryn painetasokohtainen sekä lauhteen keräilyyn virtaustase. Taseessa tulee selvästi käydä ilmi mittausajankohta, tuotantolinja-/osastokohtaiset mittauksiin ja arvioihin perustuvat tasearvot, kokonaiskulutukset, H&L-hävikit sekä arvioidut mittausvirheet.

Tasetilanne esitetään myös H&L-tehojen mukaisena Sankey-diagrammina. Lisäksi esitetään lohkokaavio, josta käy ilmi H&L-järjestelmän nykyiset järjestelmämittaukset ja arvio tarvittavista lisämittauksista.

Tässä luvussa esitetään taseeseen perustuva analysointi energiatehokkuuden parantamispotentiaalista mm. H&L-järjestelmän taseaseurantaan liittyen. Havaitut toimenpidesuosituksien kuvataan lyhyesti ja parannusehdotusten energiatehokkuuteen liittyvä potentiaali esitetään määrämuotoisesti (kg/s, kW).

Varsinaiseen taseeseen perustuvat energiatehokkuuden parantamiseksi ehdotetut yksittäiset parannustoimenpiteet ja niiden vaikutukset (energiansäästöpotentiaali, kustannusvaikutukset ja kannattavuus) eritellään kohdassa 7.

Luvussa analysoidaan H&L-järjestelmän toiminnan energiatehokkuuden parantamiseksi jaoteltuna eri periaatteellisten tehostusmahdollisuuksien pohjalta. Katselmus käsittää kunkin aihepiirin lyhyen kuvauksen vallitsevasta tilanteesta/epäkohdasta ja osa-alueen energiakatselmuksen, jossa on esitetty myös kohteessa havaitun säästöpotentiaalin laskentaperusteet.

H&L-järjestelmän toimintakatselmuksen tulee pitää sisällään ainakin seuraavat potentiaaliset tehostusalueet ja niiden analysoinnin

- H&L-siirtojärjestelmän lämpöhäviöt
- H&L-siirtojärjestelmän painehäviöt
- lauhteenpalautuksen tehostaminen
- paisuntahöyryn hyödyntäminen
- ulkopuolisen LTO -energian hyödyntäminen
- höyryn kulutuskohteiden painetasojen optimointi
- höyryn siirtoverkostojen painetasojen optimointi
- H&L-siirtojärjestelmän mittaukset
- H&L-siirtojärjestelmän toiminnan seuranta
- H&L-osaamisen tehostaminen
- H&L-siirtojärjestelmän käyttötoimintojen ohjeistus
- voimalaitoksen yhteensopivuus tarkastelu
 - rakennusaste/ lisäsähköpotentiaali.

Tarvittaessa tehostusalueita voi lisätä, mikäli havaittu toimenpide ei sovellu em. tehostusalueuuteen.

Kussakin tehostusalueen katselmuksessa tulee huomioida ja esittää laskentaperusteet tehostustoimenpiteen vaikutuksesta voimalaitoksen vastapainesähkön kehitykseen.

Tässä luvussa analysoidaan kunkin tehostusalueen toiminta tässä kyseisessä tarkastelu-kohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Lisäksi esitetään tarvittavat perusteet määrämuotoisena energiatehokkuuden määrittämiseksi yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa. Havaitut toimenpidesuositukset tätä kohdetta koskien kuvataan ja perustellaan niiden vaikutus energiatehokkuuteen.

Varsinaiset tehostusalueen katselmukseen perustuvat energiatehokkuuden parantamiseksi ehdotetut yksittäiset parannustoimenpiteet ja niiden vaikutukset (energiansäästöpotentiaali, kustannusvaikutukset ja kannattavuus) eritellään kohdassa 7.

6.1 H&L-siirtojärjestelmän lämpöhäviöt

Tässä kohdassa analysoidaan lämpöhäviöiden vaikutus energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksot ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Lämpöhäviöiden arviointi voi perustua H&L-siirtojärjestelmän kenttäselvitystyössä havaittuihin puutteisiin ja epäkohtiin putkiston eristuksen kunnon ja laajuuden osalta. H&L-siirtoverkoston lämpöhäviöiden suuruutta arvioidaan putkipituuksien ja vallitsevien lämpötilojen (putkisto/ympäristö) sekä putkiston eristysasteen (eristetyn putken % -osuus) avulla käyttäen hyväksi lämpöhäviöohjelmistoja. Putkistopituudet ja eristysaste lasketaan/arvioidaan kenttäselvitystyön yhteydessä.

Putkiston lämpöhäviölaskennassa tulee huomioida seuraavat seikat

- putkiston eristyspaksuudet
- vallitsevat lämpötilat (sisältö/ympäristö)
- eristetyt/eristämättömät putkipituudet
- putkiston sijainti ulkona/sisällä (tuulen nopeus)
- vertailuarvoiksi voidaan laskea täysin eristämättömän putkiston sekä SFS3977 mukaan eristetyn putkiston lämpöhäviöt [kW].

Putkiston lämpöhäviöistä laaditaan putkikokohtainen lämpöhäviötaulukko, jonka avulla arvioidaan H&L-siirtoverkoston lämpöhäviöitä, häviökustannuksia, lämpöhäviöiden osuutta kokonaislämmönkulutuksesta sekä lisälämmöneristyksellä saavutettavaa säästöpotentiaalia.

Lisäksi analysoidaan lämpöhäviön ja syöttöhöyryn tulistuslämmön avulla höyrynvirtauksen jäähtyminen kylläiseksi siirron aikana ja sen vaikutus linjavesitysten tarpeeseen.

6.2 H&L-siirtojärjestelmän painehäviöt

Tässä kohdassa analysoidaan painehäviöiden vaikutus energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksot ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Luvussa esitetään katselmus H&L-siirtojärjestelmän runkoputkien koon riittävydestä ja prosessia rajoittavista painehäviöistä riippuvista pullokauloista. H&L-siirtoverkoston putkiston painehäviöiden suuruutta ja virtausnopeuksia arvioidaan vain runkoputkien osalta putkihalkaisijan ja virtausmäärien avulla vertailukohtana yleinen alan mitoituskäytäntö.

Putkiston painehäviölaskennan tulee huomioida seuraavat seikat

- höyryn syöttöpaine, -lämpötila ja virtausmäärä (k.a sekä maksimi)
- putken sisähalkaisija
- virtausnopeus (k.a sekä maksimi)
- putkiston kertavastukset (karkea arvio)
- määramittaukset ja muut painehäviötä aiheuttavat laitteet.

Putkiston painehäviöistä laaditaan runkoputkikohtainen painehäviötaulukko, jonka avulla arvioidaan höyrynsiirtoverkoston kapasiteetin riittävyyttä tarpeeseen nähden. Lisäksi tarvittaessa arvioidaan putkikokojen suurentamisella saavutettavaa säästöpotentiaalia.

6.3 Lauhteen palautuksen tehostus

Tässä kohdassa analysoidaan lauhteen palautuksen tehostamisen vaikutus energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuositukset ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpideehdotuksissa.

Lauhteen palautuksen tehostamisessa tulee huomioida mm. seuraavat kohdat

- höyrylinjavesitysten talteenotto ja H&L-vuotojen korjaus
- lauhteenpoistinten tyyppimuutokset
- höyryn kulutuskohteiden lauhteen talteenotto
- lauhdemittausten oikeellisuus.

6.4 Paisuntahöyryn hyödyntäminen

Tässä kohdassa analysoidaan lauhteen keräilyssäiliöiden paisuntahöyryn käytön tehostamisen vaikutus energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuositukset ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpideehdotuksissa.

Paisuntahöyryn hyödyntämisessä tulee tarkastella mm. seuraavat seikat

- lauhdesäiliöiden lämpötila-/painetasot (hönkähöyrypotentiaali)
- voimalaitoksen lauhteen keräilyn lämpötila-/painetaso
- hönkälauhdutusjärjestelmän mitoitus ja putkistokytkenä
- hönkähöyryn hyödyntämiskohteet, lämpötilataso ja ohjaustavat.

6.5 Ulkopuolisen LTO-energian hyödyntäminen

Tässä kohdassa analysoidaan tarjolla olevan ulkopuolisen LTO-energian hyödyntämisen vaikutus energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksiset ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Luvussa esitetään kohteet prosessista saatavan LTO-energian hyödyntämisestä esim. tuotantolaitoksen lämmitysvesiverkostoihin ja niiden säästövaikutus höyrynkulutukseen.

Ulkopuolisen LTO-energian hyödyntäminen tulee tarkastella mm. seuraavasti

- prosessissa tarjolla olevan LTO-energian potentiaali ja lämpötilataso
- höyryn säästökohteiden soveltuvuus LTO-potentiaaliin nähden esim. lämmitysvesijärjestelmien lämpötilatasot vs. LTO-lämpötilataso
- LTO-energian ajallinen yhteensopivuus hyödyntämiskohteeseen nähden
- arvio saavutettavasta vuosienenergiasäästöstä.

6.6 Höyryn kulutuskohteiden painetasojen optimointi

Tässä kohdassa analysoidaan höyryn kulutuskohteiden painetasojen muutoksen vaikutus energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksiset ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Luvussa esitetään katselmus kulutuskohteiden minimipainetasojen suhteesta höyryverkon painetasoihin nähden. Pyrkimyksenä käyttää aina mahdollisimman alhaista höyryn jakelupainetasoa kulutuskohteissa vastapainesähkön kehityksen maksimoimiseksi. Kokonaisenergiantehokkuus maksimoituu, kun esim. HVP-höyryä saadaan korvattua HMP -höyryllä ja sähkönkehitys turbiinilla tällöin kasvaa.

Yhtenä vaihtoehtona voidaan tarkastella myös reduktioasemien korvaamista pienoishöyryturbiinilla. Tällöin höyryn paine alentuu turbiinisiivistössä eikä paineenalennusventtiilissä, jolloin turbiinin akselille kytketty generaattori tuottaa sähköä. Näin voidaan siis paineen alentamisessa vapautuvalla energialla kehittää sähköä.

Luvussa 3.1 on H&L-siirtoverkostot ja niiden kulutuskohteet taulukoituna HMP- ja HVP(HKP) -höyryn kulutuskohteisiin ja niiden käyttöhöyryn painetasovaatimukset.

Tässä tehostusalueessa on edullista käyttää apuna mahdollista kyseisen voimalaitoksen toiminnan simulointi- tai tasemallia.

Kulutuskohteiden painetasojen optimoinnissa tulee huomioida seuraavat kohdat

- käytössä olevat HMP ja HVP(HKP) -höyryn painetasot
- höyryn kulutuskohteiden minimipainetasot
- kohteet, joissa HMP-höyry on korvattavissa HVP -höyryllä
- höyryverkkojen maantieteellinen sijainti kulutuskohteisiin nähden
- saavutettava lisäsähköpotentiaali
- vaikutukset polttoaine kulutuksiin ja CO₂-päästöihin sekä näiden kustannuksiin
- reduktioiden korvaaminen mikroturbiinilla ja tämän säästöpotentiaali.

6.7 Höyryn siirtoverkostojen painetasojen optimointi

Tässä kohdassa analysoidaan höyryn siirtoverkostojen painetasojen muutoksen vaikutus energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksot ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Luvussa selvitetään kohteen höyryn painetasojen alentamismahdollisuuksia pyrkimyksenä käyttää mahdollisimman alhaisia höyryn jakelupainetasoja, jotta turbiinin vasta-/ väliotto-painetasot saadaan mahdollisimman alas ja sähköntehitys turbiinilla kasvaa. HVP(HKP) - ja HMP -verkostojen painetasovaatimukset määräytyvät korkeinta painetta vaativien kulutuskohteiden perusteella. Lisäksi tulee huomioida turbiinien läpäisy ja painetasojen säädettävyys ja sallitut toiminta-alueet.

Luvussa 3.1 H&L-siirtoverkostot ja niiden kulutuskohteet on taulukoituna HMP- ja HVP(HKP) -höyryn kulutuskohteet ja niiden höyryn painetasovaatimukset.

Tässä tehostusalueessa on edullista käyttää apuna mahdollista kyseisen voimalaitoksen toiminnan simulointi- tai tasemallia.

Höyryn siirtoverkostojen painetasojen optimoinnissa tulee huomioida mm.

- käytössä olevat HMP- ja HVP(HKP) -höyryn painetasot
- höyryn kulutuskohteiden painetasot
- painetason laskun vaikutus kohteen höyryn kulutusmäärään (ero entalpiassa)
- turbiinin ominaissähköntehityskertoimet eri turbiinin läpäisyalueilla
- kulutusmäärien muutosten vaikutus turbiinin sähköntehitykseen
- vaikutukset polttoaine kulutuksiin ja CO₂-päästöihin.

6.8 H&L-järjestelmän tuotantolinjakohtaiset mittaukset ja toiminnan seuranta

Tässä kohdassa analysoidaan H&L-järjestelmän mittausten ja seurannan tehostamisen vaikutusta energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksien ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Luvussa selvitetään kohteen käytössä olevat HMP- ja HVP(HKP) -höyryn sekä lauhteen virtaus- ja paine-/lämpötilamittauksista ja ehdotus lisämittauksista (luettelona). Tavoitteena on laatia riittävän kattava "mittausverkosto" H&L-siirtojärjestelmän toiminnan seuraamiseksi tuotantolinjakohtaisesti virtaustaseen avulla. Seuranta tulee kohdistaa absoluuttisten arvojen lisäksi myös tuotantolinjojen ominaiskulutuksiin, jolloin energiakustannukset kohdistuvat suoraan tuotantolinjan kannattavuuteen. Tase seurantaan voidaan laatia reaaliaikaiseksi, jolloin ohjausjärjestelmään tulee hälytystieto, mikäli seuranta-arvoissa tapahtuu heilahduksia normaalitasoon verrattuna.

Luvussa 5: H&L-tasetarkastelu on esitetty kohteen H&L-tasekaavio sisältäen kaikki H&L-järjestelmän olemassa olevat ja puuttuvat mittaukset. Tasekaavion avulla voidaan lähteä määrittämään ehdotusta lisämittauksista sekä nykyisten mittausten uudelleen järjestelyjä.

H&L-järjestelmän lisämittauksissa ja toiminnan seurannassa tulee huomioida

- käytössä olevat HMP - ja HVP(HKP) -höyryn sekä lauhteen virtaus- ja paine-/lämpötilamittaukset
- mittauspisteiden määrittely ja järjestely siten, että saadaan laadittua virtaustase tuotantolinjakohtaiselle energiatehokkuuden seurannalle
- merkittävien kulutuskohteiden mittaustarve
- mittaustarve kaikille suoraan höyryn ja lauhteen käyttökohteille
- lauhteen keräilyssäiliöiden hönnäkehon mittaustarve
- tase seurannan toteutustapa ohjausjärjestelmään.

6.9 H&L-osaamisen tehostus ja toimintojen ohjeistus

Tässä kohdassa analysoidaan H&L-osaamisen tehostamisen ja toimintojen ohjeistuksen vaikutusta energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksien ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Luvussa selvitetään mahdolliset H&L-osaamisen tehostamistoimenpiteet ja toimintojen ohjeistustarpeet. Tavoitteena on määrittää parannustoimenpiteitä kohteen H&L-osaamisen tehostamiseen sekä toimintojen ohjeistukseen (H&L-järjestelmän ylös- ja alasajon ohjeistus) siten, että vuotuinen energiatehokkuus paranee.

H&L-osaamisen tehostuksessa ja toimintojen ohjeistuksessa tulee huomioida

- käytössä olevat H&L-osaamisen ylläpito- ja tehostamiskäytännöt (esim. säännöllinen käyttöhenkilökunnan H&L-koulutus)
- laitoksella olemassa olevan H&L-osaamisen tehokas hyödyntäminen
- H&L-toimintojen ohjeistus H&L-järjestelmän ylös- ja alasajossa (ajovirheet)
- ennakoiva H&L-kunnossapitokäytäntö
- H&L-dokumenttien oikeellisuus ja niiden ylläpito (PED -putkistoa).

6.10 Voimalaitoksen yhteensopivuus tarkastelu

Tässä kohdassa analysoidaan höyryn tarpeen ja höyryn kehityksen yhteensopivuuden vaikutusta energiatehokkuuteen tässä kyseisessä tarkastelukohteessa ja esitetään arvio havaitusta energiatehokkuuden parantamispotentiaalista. Luvussa kuvataan myös havaitut toimenpidesuosituksiset ja esitetään perustellusti niiden vaikutus energiatehokkuuteen. Lisäksi esitetään tarvittavat laskentaperusteet energiatehokkuuden määrittämiseksi kohdan 7 yksittäisissä toimenpide-ehdotuksissa.

Luvussa selvitetään voimalaitoskonseptin ja kapasiteetin yhteensopivuus nykytilanteessa sekä esitettyjen toimenpidemuutosten vaikutukset voimalaitoksen energiatehokkuuteen (rakennusasteen muutos). Tavoitteena on määrittää parannustoimenpiteitä voimalaitoksen ajomalleihin ja arvioida karkeasti energiatehokkuuspotentiaali optimivoimalaitoskonseptillä toimittaessa.

Voimalaitoksen yhteensopivuus tarkastelussa tulee huomioida seuraavat kohdat

- paine- ja tuotantolinjakohtaiset höyrynkulutukset (vuotuiset pysyvyyskäyrät)
- voimalaitoksen ajotapa kuvaus (huomioituna kattiloiden polttoainekulutus)
- voimalaitoksen höyryntuotanto/-kulutuksen sekä sähkökehityksen kuvaus (vuosikulutuskäyrä)
- suurimpien toimenpidemuutosten vaikutukset voimalaitoksen energiatehokkuuteen
- arvioida tarvittaessa optimivoimalaitoskonsepti kattiloiden, polttoaineiden ja höyryn käytön sekä höyrynpainetasojen, sähkökehityksen, CO₂-päästöjen yms. suhteen ja sen antama energiatehokkuuspotentiaali.

7 Toimenpide-ehdotusten energiatehokkuustarkastelu

Luvussa kerrotaan energiatehokkuustarkastelun laskelmissa käytetyt lähtötiedot sekä katselmuksen tulokset jalostettuna selkeiksi eritellyiksi toimenpide-ehdotuksiksi. Energiatehokkuus paranee vain toteuttamalla yksittäisiä tehostustoimenpiteitä. Toimenpiteiden toteuttamispäätöksen perusteeksi on kunkin toimenpiteen sisältö kuvattu, vaikutus energiatehokkuuteen selvitetty, määritetty toimenpiteen muuttuvat ja kiinteät kustannukset sekä kannattavuus.

Kaikki ehdotetut toimenpiteet on koottu yhteenvetotaulukkoon ja määritetty tämän energiakatselmuksen esiin tuoma energiatehokkuuspotentiaali kokonaisuudessaan.

7.1 Laskentaperusteet

Luvussa kerrotaan energiatehokkuuslaskennassa käytetyt yleiset lähtötiedot.

Energiatehokkuustarkastelun laskentaperusteissa tulee huomioida

- energian yksikköhinta lämmölle, polttoaineille ja sähkölle [€/MWh]
- ominaishinta lisäveden valmistukselle ja CO₂ -päästöille
- voimalaitoksen vallitseva hiilidioksidikerroin [kg, CO₂/MWh,th] (esim. laitoksen ympäristöraportista)
- olemassa olevat päästöoikeudet [€/tn, CO₂]
- prosessilämmön muutoksen vaikutus CO₂ -päästöihin
- prosessilämmön muutoksen vaikutus VP -sähkön kehitykseen
- höyrynjakelun vuotuiset käyttöajat
- vallitsevat höyryn eri jakeluverkkojen ja lauhteen palautuksen entalpiat
- voimalaitoksen kokonaisrakennusaste
- turbiinin välilottojen ja vastapainehöyryn sähkönominaiskehitys [MW_e /kg_h].

Lähtöarvoina esitettävät hinnat ovat ilman arvonlisäveroa (ALV 0 %).

7.2 Toimenpide-ehdotuserittelyt

Luvussa esitetään kaikki yksittäiset H&L-siirtojärjestelmän katselmuksessa esiin tulleet energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet eriteltynä

- toimenpiteen nimitys
- toimenpiteen kuvaus
- energiatehokkuusmuutos: lämpö/sähkö [MWh/a], lisävesi [m³/a], CO₂-päästöt [tn,CO₂/a]
- muuttuvat kustannukset (lämpö/sähkö/lisävesi/CO₂/muut kulut) [e/a]
- kiinteät kustannukset (toimenpiteen alustava kustannusarvio) [€]
- kannattavuus (suora takaisinmaksuaika, TMA) [a]
- huomautukset (muut toimenpiteeseen liittyvät huomioitavat asiat ja riskit yms.).

Alla on lueteltu eri teollisuuden alojen yksittäisiä energiatehostustoimenpiteitä, joilla on saavutettu merkittäviä energiasäästöjä

- HVP -höyryn säästö estämällä keittimien vuoto takapuskusäiliöön (2 MW)
- HMP -höyryn säästö KK:n H&L-järjestelmän muutoksilla (0,5 MW)
- 8,5 bar höyryverkosta luopuminen
- höyrystinsäiliön eristäminen
- H2 lämmönsiirtimen höyryn korvaus lämpimällä vedellä
- höyry- ja lauhdeverkon vuotojen poisto
- höyryjärjestelmä, takaiskuventtiilin kääntäminen
- höyrymittauksen lisääminen
- kiinteistöhöyryn lauhteenpalautus (10 % -säästö)
- korvausilman esilämmitys höyryllä
- KP-TA höyrylinjan vuotavien lauhteenpoistimien uusiminen
- kuorimo - sulatuksen höyrynkäytön korvaaminen kuumalla vedellä
- paisuntahöyryn hyödyntäminen kuivatukseen
- ulospuhallushöyryn vähennys.

7.3 Toimenpiteiden yhteenveto ja kokonaispotentiaali

Luvussa esitetään katselmuksessa esitettyjen toimenpiteiden vaikutusten yhteenveto viitaten kohdan 1 taulukkoon.

Yhteenvetotaulukossa esitetään H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet eriteltynä

- toimenpiteen järjestysnumero ja nimitys
- säästöpotentiaali [€/a]
- toimenpiteen kannattavuus takaisinmaksuaikana (TMA) [a]
- investointikustannukset [€]
- toimenpiteen energiatehokkuusvaikutus ja vastaava kustannusvaikutus [€/a]
 - lämpöenergian kulutukseen nähden [MWh/a]
 - sähköenergian kehitykseen nähden [MWh/a]
 - lisäveden valmistustarpeeseen nähden [m³/a]
 - CO₂ -päästöjen määrään nähden [t/a]
- Elinikäarvio toimenpiteen vaikutuksen kestoille [a]
- toimenpiteen vallitseva status
(T= toteutettu, P= päätetty toteuttaa, H= harkitaan toteutusta, E= ei toteuteta).

Energiatehostustoimenpiteiden yhteenvetotaulukon avulla saadaan laskettua parannustoimenpiteiden yhteenlaskettu lämmönsäästö, sähkökehityspotentiaalin kasvu, lisäveden säästö sekä CO₂ -päästöjen vähentymispotentiaali ja em. säästövaikutus kohteen kokonaislämmönkulutukseen ja -kustannuksiin. Lisäksi saadaan energiatehokkuutta parantavien tehostustoimenpiteiden kokonaiskustannukset ja niiden keskimääräinen TMA. Toimenpiteiden yhteisvaikutukset esitetään myös prosentuaalisesti referenssitilanteeseen nähden.

Taulukossa esitetään kaikki esille tulevat tehostamistoimet takaisinmaksuajasta riippumatta. Kaikki ehdotetut toimenpiteet, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta, kootaan yhteenvetotaulukkaan 2.

7.4 **Katsaus pääprosessin energiatehokkuuteen**

Tässä kohdassa tuodaan esiin arvio energiantehokkuuden parannuspotentiaalista siinä pääprosessissa, jota tämä tarkasteltu H&L-siirtojärjestelmä palvelee.

Esitetään yleiskuvaus pääprosessin energiankäytöstä ja kuvataan yleisesti tyypillisiä energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä kyseisessä prosessissa.

Verrataan kohteen pääprosessin energiatehokkuutta sitä vastaaviin muihin laitoksiin ja myös saman tuotannon omaavan kuvitellun BAT-toteutetun laitoksen kulutusarvoihin karkealla tasolla. Esitetään arvio em. perusteella pääprosessin energiatehokkuuden parantamispotentiaalista.

Kappaleessa käsitellään toimenpiteet H&L-siirtojärjestelmän energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja seuraamiseksi varsinaisen H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen toteuttamisen jälkeen. H&L-siirtojärjestelmälle määritellään toimintarutiinit, suoritusarvot ja tavoitearvot, joita yrityksessä tulisi energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja parantamiseksi seurata. Suositukset esitetään lyhyesti ja ytimekkäästi, mutta riittävän tarkasti.

Energiatehokkuustoiminnan tarkoituksena on ylläpitää vähintään saavutettu tehokkuustaso, mutta ennen kaikkea luoda organisaatiolle toimintamalli, jolla energiatehokkuutta voidaan jatkuvasti parantaa. Jotta H&L-siirtojärjestelmän katselmus ei jää yksittäiseksi hankkeeksi, vaan tulisi osaksi yrityksen normaalia toimintaprosessia, tulisi energiatehokkuuden parantaminen liittää ympäristö-, laatu-, tai muihin yrityksen toimintajärjestelmiin. Energiatehokkuuden seurantatietoja voidaan myös käyttää hyväksi kustannusten allokoinnissa ja henkilöstön kannustejärjestelmissä.

8.1 **Tehostamissuunnitelma**

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen loppuraportin tärkeimmät tulokset ovat toimenpideehdotukset ja suositukset jatkotoimista. Katselmuksen suorittaja esittelee toimenpiteiden sisällön ja auttaa tarvittaessa laitosta ehdotusten ja suositusten toteuttamisessa energiatehokkuutta parantavalla tavalla. Yrityksen tulee arvioida toimenpiteiden tekninen sovellettavuus ja taloudellinen kannattavuus omilla kriteereillään. Toteutuskelpoisista ehdotuksista tehdään tarvittavat hankintasuunnitelmat ja toteutetaan vastuuhenkilöiden toimesta. Ennen toteutukseen ryhtymistä kannattaa varmistaa, voidaanko hankesuunnitelmien investoinneille ja työn osuudelle saada esim. energiainvestointitukea.

H&L-siirtojärjestelmän katselmus ja sen tulosten hyödyntäminen parantaa energiatehokkuuden ohella H&L-järjestelmän käyttövarmuutta ja tukee samalla myös yrityksen ympäristöjärjestelmän tavoitteita sekä kustannusten kohdentamista aiheuttajalle. Se voidaan liittää myös esimerkiksi kannustetoimintaan ja tulospalkkaukseen.

8.2 **Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi**

H&L-siirtojärjestelmän katselmuksessa annetaan ohjeita ja esitetään hyviä käytäntöjä energiatehokkuuden seuraamiseksi ja ylläpitämiseksi. Tuotantolinjojen vuotuisia lämmönkuluksia ja käyttötunteja tulee seurata ja raportoida säännöllisesti. Kirjanpitoa tulee pitää huoltotoista, korjauksista ja toimintahäiriöistä. Lauhteenpoistimien kunnontarkastusta voidaan suositella vähintään kerran 2 vuodessa tehtäväksi ylläpitotoiminnoksi.

Tehtaan H&L-järjestelmän energiankulutuksen ja vuotojen seurannan tulisi olla käyttöhenkilöstölle tuttua ja jatkuvaa toimintaa. Höyryn kulutuksen ja lauhteen palautuksen seuranta

ja parannustoimenpiteet voi liittää laatu- tai ympäristöympäristöjärjestelmän raportointiin tai pitää energiankäyttöraportoinnin osana.

Raportissa on hyvä korostaa, että H&L-siirtojärjestelmän katselmus luo pohjan H&L-järjestelmän energiatehokkuuden parantamiselle, mutta se ei yksin riitä. H&L-järjestelmän energiatehokkuus voidaan saada projektista prosessiksi, kun H&L-järjestelmälle nimetään kohteessa vastuuhenkilö, jolle osoitetaan resurssit hoitaa H&L-järjestelmän energiatehokkuutta. Vastuuhenkilön nimeämisen ja katselmuksessa havaittujen toimenpiteiden toteuttamisen lisäksi on tärkeää, että H&L-järjestelmän energiatehokkuudella on reaaliaikainen mittari, josta nähdään H&L-järjestelmän energiatehokkuus ja jota seurataan. Hyvä energiatehokkuuden mittari perustuu tehtaan tuotantolinjan H&L-järjestelmän ominaislämmönkulutuksen laskemiseen. Ominaislämmönkulutus saadaan laskettua jakamalla mitattu tuotanto H&L-järjestelmän lämmönkulutuksella. Ominaislämmönkulutuksen riippuu kuitenkin monista tekijöistä (mm. tuotannon vaihtelut ja katkot, H&L-verkoston painetasot sekä suoranhöyry ja lauhteen käytön osuus prosesseissa), joten sopiva ominaislämmönkulutuksen tavoite määräytyy aina tapauskohtaisesti.

H&L-järjestelmän vastuuhenkilön on jatkossa yhdessä yrityksen tuotanto-, huolto- ym. henkilöstön kanssa määriteltävä ne suunnittelu- ja hankintaperusteet, joiden mukaan H&L-järjestelmän muutokset yrityksessä toteutetaan. H&L-järjestelmien energiatehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi höyryjärjestelmän käytössä olevat ajomallit, painetasot, lauhteen palautuksen osuus, lämmönsiirrin ja lauhteenpoistimien kunto, lämmönsäätöjen toteutus-tapa sekä voimalaitoksen ominaiskarakteristikat.

Oleellinen tekijä H&L-järjestelmän osalta on, että kustannukset kohdennetaan sinne, missä kustannukset aiheutetaan. Tämä taas vaatii osastokohtaisen höyry määrän mittaamisen ja lauhteen palautuksen sekä kustannusten jyvittämisen kyseisten mittausten perusteella. Vuodot kuuluvat joko H&L-järjestelmän vastuuhenkilölle tai tuotanto-osastoille. Kun H&L-järjestelmän mitataan osastoittain ja kustannukset jyvitetään sen mukaan, vuodot alkavat kiinnostaa, koska niiden korjaaminen parantaa osaston tulosta.

8.3 Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus

Henkilökunnalle kannattaa tiedottaa H&L-järjestelmän energiankulutuksen merkittävyydestä jo H&L-järjestelmän katselmuksen suorituksen aikana ja sen jälkeen normaaleissa käytötilanteissa. Koko henkilöstölle tulee jakaa vastuuta H&L-järjestelmän väärin ja turhien toimintamallien tunnistamisesta ja välttämisestä sekä vuotojen havainnoimisesta ja tiedottamisesta. Katso myös erillinen H&L-käyttöhenkilökunnan ohjeistus.

Koko henkilöstön kattavaan lyhyeen H&L-järjestelmän koulutukseen tai tietoisuuteen voi sisältyä esimerkiksi

- vuotohavaintojen ja -ilmoitusten tekeminen
- H&L-järjestelmän väärin toimintamallien välttäminen
- H&L-järjestelmän käyttö- ja kunnossapidon työturvallisuus.

8.4 Seurantakatselmukset ja -mittaukset

H&L-järjestelmän taseselvitys suositellaan tehtäväksi 2 vuoden sisällä H&L-siirtojärjestelmän katselmuksesta edellyttäen, että pääosa toteuttamiskelpoisista ehdotuksista on toteutettu.

H&L-siirtojärjestelmän katselmus suositellaan uusittavaksi noin 3-5 vuoden kuluttua edellisestä tai kun merkittäviä muutoksia on tehty H&L-verkostoon tai H&L-käyttäviin koneisiin ja laitteisiin.

LIITTEET

Liite 1	Valokuvia
Liite 2	Mittaustuloksia
Liite 3	Muut liitteet

Käytetyt lyhenteet:

H&L	Höyry- ja lauhde-
TMA	Takaisinmaksuaika
CO ₂	Hiilidioksidi
ALV	Arvonlisävero
PED	Pressure Equipment Directive
HMP	Matalapainehöyry
HVP	Välipainehöyry
HKP	Korkeapainehöyry
LTO	Lämmöntalteenotto
PA	Polttoaine
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö

Osa 3 Esimerkkiraportti

ENERGIATEHOKAS
HÖYRY JA LAUHDESIIRTOJÄRJESTELMÄ

PAPERI OY
PK13-TUOTANTOLINJA
H&L-SIIRTOJÄRJESTELMÄN KATSELMUS

ESIMERKKIRAPORTTI
16.12.2010

Esimerkkiraportin kohde on kuvitteellinen ja varsin laaja.
Pienemmissä järjestelmissä raportti voi olla suppeampi
kuitenkin soveltaen H&L-siirtojärjestelmän katselmuksen
tarkennettujen toteutusohjeiden pääpiirteitä.

Sisällysluettelo

1 Yhteenveto katselmuskohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä	53
1.1 Katselmuskohde	53
1.2 Energiatalous ja säästöpotentiaali	54
1.3 Suositukset jatkotoimenpiteiksi	56
2 Kohteen perustiedot	57
2.1 Tarkastelukohteen lämmönkulutus ja vuosikustannukset	57
2.2 Höyrynkulutuksen vuotuinen jakauma	58
2.3 H&L-järjestelmän huolto ja kunnossapitokäytännöt	62
2.4 Energiatohokkuuden raportointitaso ja seuranta nykyisin	62
3 H&L-järjestelmän nykytilanteen kartoitus	63
3.1 H&L-siirtoverkostot ja höyryn kulutuskohteet	63
3.1.1 Matalapainehöyry	63
3.1.2 Välipainehöyry	66
3.1.3 Lauhteen keräily	69
3.2 Höyryn tuotanto	72
3.2.1 Höyryvoimalaitoskonsepti	72
3.2.2 Voimalaitoksen toiminnan yleiskuvaus	72
4 H&L-siirtojärjestelmän toiminnan kuntokartoitus	74
4.1 Kenttäselvitykset	74
4.1.1 Lauhteenpoistimittaukset	76
4.1.2 Lämpökameramittaukset	78
4.1.3 Putkiston mekaaninen kunto	81
4.1.4 Vuotomäärän laskenta	81
4.1.5 H&L-järjestelmän toiminnan muut epäkohdat	81
4.2 Kuntokartoituksen yhteenveto	82
4.2.1 Yleistä	82
4.2.2 Toimenpidesuositukset	82
5 H&L-järjestelmän tasetarkastelu	85
5.1 Lähtökohdat	85
5.2 Höyry- ja lauhdetaseet	87
6 H&L-järjestelmän toiminta-katselmus	91
6.1 H&L-siirtojärjestelmän lämpöhäviöt	91
6.2 H&L-siirtojärjestelmän painehäviöt	92
6.3 Lauhteenpalautuksen tehostus	93
6.4 Paisuntahöyryn hyödyntäminen	98
6.5 Ulkopuolisen LTO-energian hyödyntäminen	99
6.6 Kulutuskohteiden painetasojen optimointi	100
6.7 Siirtoverkostojen painetasojen optimointi	101
6.8 H&L-järjestelmän mittaukset ja toiminnan linjakohtainen seuranta	102
6.9 H&L-osaamisen tehostus ja toimintojen ohjeistus	103
6.10 Voimalaitoksen yhteensopivuus tarkastelu	104

7	Toimenpide-ehdotusten energiatehokkuustarkastelu	107
7.1	Laskentaperusteet	107
7.2	Toimenpide-ehdotuserittelyt	108
7.3	Toimenpiteiden yhteenveto ja kokonaispotentiaali	117
7.4	Katsaus pääprosessin H&L-energiatehokkuuteen	117
8	Jatkotoimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi	120
8.1	Tehostamissuunnitelma	120
8.2	Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi	120
8.3	Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus	121

Kuvat

Kuva 1	Tehtaan v.2008 matalapainehöyryn kulutus	58
Kuva 2	Tehtaan v.2008 välipainehöyryn kulutus.	59
Kuva 3	Tehtaan v.2008 kokonaishöyrynkulutus (HVP+HMP-kulutus)	59
Kuva 4	PK13-linjan v.2008 matalapainehöyryn kulutus	60
Kuva 5	PK13-linjan v.2008 välipainehöyrynkulutus	60
Kuva 6	PK13-linjan höyrynkulutus v.2008 (HVP+HMP)	61
Kuva 7	Tehtaan v.2008 lauhteen palautus-%	61
Kuva 8	Tehtaan H&L-verkoston lohkokaavio	64
Kuva 9	Tehtaan välipainehöyryverkoston lohkokaavio.	67
Kuva 10	Tehtaan lauhteenpalautuksen lohkokaavio	70
Kuva 11	Tehtaan kanaalilauhteet lohkokaavio	71
Kuva 12	Voimalaitoksen yleiskaavio	72
Kuva 13	Väärin / Oikein -kytketyn lauhteenpoiston kytkentäkaaviot	75
Kuva 14	Oikein/väärin toteutettu lauhteenpoisto	75
Kuva 15	Lauhteenpoistinten toimintakuntokaavio	77
Kuva 16	H&L-järjestelmän mittaukset	86
Kuva 17	Sankey-diagrammi HVL-PTL –keskitehot 08/2010	90
Kuva 18	Höyryvuodon määrä vuotoreiän koon ja paineen funktiona	93
Kuva 19	H&L-vuodon vuosikustannus	94
Kuva 20	PTL:n lauhdehävikki vuonna 2008	96
Kuva 21	HVL:n lisävesimäärä vs. PTL:n lauhdehävikki	97
Kuva 22	PK13-linjan vuotuinen välipainehöyrytehovahaitelu v.2008	100
Kuva 23	Kylläinen höyryn lämpötila paineen funktiona	100
Kuva 24	HVL:n höyryntuotannon jakautuminen v. 2008	104
Kuva 25	PTL:n vuotuinen kokonaishöyrynkulutus v.2008	105
Kuva 26	HVL:n höyryntuotannon perusajotapa	106
Kuva 27	Ilman kylläinen lämpötila	119

Taulukot

Taulukko 1	PK13-tuotantolinjan energiakatselmuksen yhteenveto	54
Taulukko 2	Yhteenveto H&L-järjestelmän energiansäästötoimenpiteistä	55
Taulukko 3	Tehtaan kokonaistuotanto- ja lämpöenergiatiedot v. 2008	57
Taulukko 4	PK13 tuotanto- ja lämpöenergiatiedot v. 2008	57
Taulukko 5	Tehtaan matalapainehöyryn kulutuskohteet	65
Taulukko 6	Tehtaan välipainehöyry, +12 bar kulutuskohteet	68
Taulukko 7	Tehtaan välipainehöyryn, +6 bar kulutuskohteet	68
Taulukko 8	Tehtaan välipainehöyryn, +3,5 bar kulutuskohteet	68
Taulukko 9	Tehtaan välipainehöyryn, +3,0 bar kulutuskohteet	68
Taulukko 10	PK13-linjan lauhteen keräilyn jakautuminen	69
Taulukko 11	PK13-linjan lauhteenpoistinten kuntokartoitusluettelo	82
Taulukko 12	PK13-linjan välipainehöyrytase 08/2010	87
Taulukko 13	PK13-linjan matalapainehöyrytase 08/2010	88
Taulukko 14	PK13-linjan lauhdetase 08/2010	89
Taulukko 15	PK13-H&L-siirtoverkoston lämpöhäviöt	91
Taulukko 16	PK13-höyryn runkoputkien painehäviöt	92
Taulukko 17	Lauhteenpoistinten päätyypit	94
Taulukko 18	Lauhteenpoistinten valintasuositus	95
Taulukko 19	PK13-linjan lauhteen palautuslämpötilat v. 2008	98
Taulukko 20	Vastapainetason alentamisen vaikutus sähkön kehitykseen	102
Taulukko 21	Energiatasehokkuuslaskelmien kustannus- ja lähtötiedot	107

Liitteet:

Liite 1	Linjakohtaisen H&L-kaaviot (ei mukana) PK13_HVP_linjakaavio PK13_HMP_linjakaavio
Liite 2	Lauhteenpoistinluettelot (ei mukana) PK13_HVP_lauhteenpoistinluettelo PK13_HMP_lauhteenpoistinluettelo
Liite 3	Lauhteenpoistin Oy:n mittausraportti (ei mukana)
Liite 4	Lämpökuvausraportti (ei mukana)

Käytetyt lyhenteet:

H&L	Höyry- ja lauhde
HMP	Matalapainehöyry
HVP	Välipainehöyry
HKP	Korkeapainehöyry
vo	Väliotto (höyryturbiini)
vp	Vastapaine (höyryturbiini)
VLA	Lauhde
VIV	Ioni-vapaa vesi
LTO	Lämmöntalteenotto
VKL	Kaukolämpövesi
VLM	Lämminvesi
PTL	Paperintuotantolaitos
HVL	Höyryvoimalaitos
PK	Paperikone
PH	Puuhio, Painehio
AHR	Aqua Heat Recovery (PK-kuivatusosan huuven-LTO)
LP	Lauhteenpoistin
TMA	Investoinnin takaisinmaksuaika
YRA	Ympäristöraportti
DCS	Digital Control System
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö

Esipuhe

Tässä höyry- ja lauhde (H&L) -katselmusraportissa esitetään Paperi Oy:n paperikoneen PK13 tuotantolinjan H&L-järjestelmän toiminnan nykytilanne sekä arvioidaan mahdollisuudet parantaa toiminnan energiatehokkuutta. Tämän tarkasteltavan kohteen höyry tuotetaan voimalaitoksessa, joka kehittää sähköä vastapaineturbiinien avulla.

Esitetyille tehostustoimenpiteille on määritetty niiden vaikutus lämpöenergian kulutukseen, vastapainesähkön kehitykseen ja CO₂-päästöihin sekä H&L-kiertoon tarvittavaan lisävesimäärään. Niiden kustannusvaikutusten ja tarvittavien alustavien investointikustannukset avulla on määritetty toimenpiteen takaisinmaksuaika (TMA).

Raportti perustuu syyskuussa 2010 tehtyihin kenttäselvityksiin ja laitemittauksiin sekä vuodelta 2008 peräisin oleviin höyryvoimalaitoksen (Höyry Oy) energian toimitusmittauksiin ja vastaaviin PK13-tuotantolinjan H&L-prosessin mittaustietoihin. Voimalaitoksen käyttötilanteen määrittämiseksi höyrynkulutuksia tarkasteltiin koko tehtaan osalta. Mittaustietojen avulla on tarkasteltu tehtaan höyryn kulutuksen jakaumaa ja lauhteen palautuksen tehokkuutta sekä mittauksen keskinäistä vastaavuutta. Energian vuositaso on laadittu vuoden 2008 tehtaan kulutustietojen perusteella ja vastaava energian kehitys on arvioitu voimalaitoksen vallitsevan ajomallin ja konseptin mukaisena.

H&L-järjestelmän putkiston ja lauhteenpoiston kuntokartoitustyö käsitti PK13 -linjan ja sen apujärjestelmät pois lukien paperikoneen kuivatusosan. Muiden tehtaan tuotantolinjojen osalta ei H&L-järjestelmän kenttäselvitystä myöskään suoritettu.

Tämä tarkennettu H&L-energiakatselmus on tehty osana Motivan koordinoimaa H&L-järjestelmien energiatehokkuuden tehostamiseen ja ylläpitoon kohdistuvaa hanketta. Tämän H&L-energiakatselmuksen ovat rahoittaneet TEM ja Paperi Oy.

Tilaajan edustajana tässä selvityksessä on toiminut Lämpö Vastaava Paperi Oy:stä, joka on toiminut myös kohteen yhdyshenkilönä. Katselmuksen projektivastaavana on toiminut Höyry Hukka ja lisäksi tekijänä Lauhde Vuoto Energia-Katselmus Oy:stä. Lauhteenpoistinten kenttämittaukset on suorittanut Lauhteenpoistin Oy:n asiantuntijat.

Höyryputkessa 23.11.2010

Höyry Hukka
Erikoisasiantuntija
Energia- Katselmus Oy

Lauhde Vuoto
Projekti-insinööri
Energia- Katselmus Oy

1 Yhteenveto katselmuskohteen energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

1.1 Katselmuskohde

Nimi:	Paperi Oy
Osoite:	12345 HÖYRYPUTKI
Rakennustyyppi:	67 - Massa- ja paperiteollisuuden rakennukset
Toimialaluokka (2008):	C17120 - Paperin, kartongin ja pahvin valmistus
Katselmuksen ajankohta ja tekijät:	1.9.- 5.11.2010 Energia-Katselmus Oy Höyry Hukka, Lauhde Vuoto puh. +358 (0)207 567 100

Paperi Oy:n tuotantokapasiteetti on PK13-tuotantolinjalla noin 300.000 tn/a painopaperia. Paperikoneiden lisäksi tehtaaseen kuuluvat kuorimo, hiomo, valkaisuasema, raakavesi- ja jätevesilaitos sekä korjaamo ja materiaali- ja tuotevarastot. Samalla toimipaikalla sijaitsee myös Höyry Oy:n lämpövoimalaitos.

Voimalaitoksen energiantuotanto perustuu pääosin biopolttoaineiden (puuperäiset jätemateriaalit sekä kuivattu jätevesiliete) ja maakaasun polttoon. Tehtaan tarvitsema lämpö ostetaan Höyry Oy:n voimalaitokselta. Lämpö käytetään höyrynä pääasiassa paperiradan kuivaukseen ja rakennus- ja prosessilämmityksiin.

Paperi Oy:n H&L-siirtojärjestelmän -katselmus käsitti tehtaan paperikoneen PK13 matalapaine- (HMP) ja välipaine (HVP) höyrynsiirtoverkostot ja niihin liittyvät lämmönkulutuskohteet sekä näiden lauhteen palautuksen höyryvoimalaitokselle (HVL) sisältäen myös linjan toimintaa palvelevat apuosastot. Voimalaitoksen H&L-järjestelmän tarkastelurajoina olivat päähöyrytukset sekä HVL:n päälauhdesäiliö. PK13-linjan osuus koko lämmönkulutuksesta on referenssivuonna 2008 ollut ~60 %. Paperikoneiden kuivatusosan höyry- ja lauhdejärjestelmän toiminnan analysointi ei sisältynyt työn laajuuteen.

Paperikoneen PK13 ja sen apualueiden tärkeimmät höyryn käyttökohteet ovat

- paperikoneen kuivatusosa ja höyrylaatikko puristinosalla
- jälkikäsittelyn (kalanteroinnin) lämmitykset ja kostutukset
- prosessivesien lämmitykset
- ilmastoinnin lämmitykset
- rakennusten lämmitykset.

1.2 Energiatalous ja säästöpotentiaali

Taulukossa 1 on esitetty kohteen nykyinen höyryn kulutus sekä lämmön, sähkön ja lisäveden säästöpotentiaalit sekä arvio tarvittavista investoinneista. Prosentuaaliset säästöt on laskettu lämmön osalta energiansäästönä suhteessa referenssivuoden 2008 kulutukseen ja kokonaissäästöjen osalta suhteessa 2008 lämpöenergiakustannuksiin.

Taulukko 1 PK13-tuotantolinjan energiakatselmuksen yhteenveto

Nykyinen kulutus	Säästöpotentiaali			Kokonaisinvestointi
2008				
Lämpö + polttoaineet				
491 000 MWh/a	9 138 MWh/a	1,86 %		EUR
12275 000 EUR/a	233 164 EUR/a	1,9 %		
	4 569 t CO ₂ /a			
Sähkö				
118 650 MWh/a	969 MWh/a	0,82 %		EUR
5 932 500 EUR/a	48 442 EUR/a	0,82 %		
	0 t CO ₂ /a			
Vedenkulutus				
140 864 m ³ /a	8 860 m ³ /a	6,29 %		EUR
281 728 EUR/a	17 720 EUR/a	6,29 %		
Kulutukset yhteensä	Säästöt yhteensä			Investoinnit yhteensä
18 489 228 EUR/a	229 326 EUR/a	1,62 %		123 500 EUR
	4 569 t CO ₂ /a			

Lämmön + polttoaineiden kulutus energianlähteittäin			Sähkölämmityksen osuus sähköenergiasta	
	Kulutus MWh	Kustannukset €/a	Kulutus MWh	Kustannukset €/a
Lämpö	491 000	12 275 000	Lämmityssähkö	
Polttoaineet				
Fossiiliset polttoaineet				
Uusiutuvat polttoaineet				
Turve				
Muu				

Normituksen vertailupaikkakunta

Kouvola

Ehdotettujen toimenpiteiden

- lämmönsäästöpotentiaali on noin 1,9 %
- vastaava sähkönkehityksen nettomuutos on 0,8 %
- lisävesisäästöksi saadaan 6,3 %
- energiakustannussäästöpotentiaali ilman CO₂-päästömuutosta on 1,6 %.

Taulukossa 2 esitetään yhteenveto kohteen H&L-järjestelmään liittyvistä energiansäästötoimenpiteistä. Niiden kannattavuudessa ei ole huomioitu CO₂-päästöjen muutosta – vain muutos HVL:n vuotuisessa päästömäärässä on ilmoitettu. Tällöin kokonaissäästöpotentiaali on ~300 k€/a vastaten ~2,4 %säästöä PK13 lämpökuluista 12 275 k€/a.

Taulukko 2

Yhteenveto H&L-järjestelmän energiansäästötoimenpiteistä

TOIMENPITEEN KUVAUS	SÄÄSTÖ YHTEENSÄ	TMA	INVE- STOINTI	CO ₂ VÄHENEMÄ YHTEENSÄ	SÄÄSTÖ LÄMPÖ				SÄÄSTÖ SÄHKÖ				SÄÄSTÖ VESI		SÄÄSTÖN ELINIKÄ arvio	RAPOR- TIN KOHTA	SOVITUT JATKO- TOIMET		
					energia	CO ₂	kustannukset		energia	CO ₂	kustannukset		vesi	kustan- nukset					
							MWh/a	t/a			EUR/a	EUR/a						MWh/a	m ³ /a
no	EUR/a	a	EUR	t/a	MWh/a	t/a	EUR/a	EUR/a	MWh/a	t/a	EUR/a	m ³ /a	EUR/a	a		T,P,H,E			
1	Vuotavien lauhteenpoistimien korjaus/uusinta	24 363	0,21	5 000	859	1 718,7	859,3	42 967		-429,7		1 440	2 880	2	Kohta 4.2.2	H			
2	Höyryvesiyhteyksien ohjauksen suukemisen ohjeistus	66 167	0,15	10 000	2707	5 413,3	2 706,7	135 333	-1500	-1 353,3				1	Kohta 4.2.2	T, P			
3	Lauhteenpoistintyyppien vaihto sopiviksi	2 000	1,50	3 000				2000						5	Kohta 4.2.2	H			
4	Putkiston ja venttiilien H&L-vuotojen korjaus	15 244	0,36	5 500	504	1 008,3	504,2	25 208		-252,1		1 320	2 640	2	Kohta 4.2.2	T, P			
5	PK13 VB-kostutuslaitteiden talleenoito	20 120	0,75	15 000	344	688,0	344,0	17 200		-172,0		5 760	11 520	5	Kohta 5.3	H			
6	Lauhteenpoiston säännöllinen kuntokartoitus	9 243	0,54	5 000	343	685,1	342,5	17 126		-171,3		340	680	2	Kohta 4.2.2	H			
7	HVP-kulutuksen muutos HMP-kulutukseksi	147 710	0,17	25 000	-832	-1 664,0	-832,0	-37 393		3 702,1				10	Kohta 5.6	H			
8	H&L-energiatoteutuksen aktiivinen seuranta	16 111	3,4	55 000	644	1 288,9	644,4	32 222		-322,2				10	Kohta 5.8	H			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
YHTEENSÄ					300 959	0	123 500	4 569	9 138	4 569	232 664	500	1 001	8 860	17 720				

LÄMPÖ:
SÄHKÖ:
CO₂:
LISÄVESI:
HINNAT:

toimenpiteen ansiosta saatava lämpöenergian säästö
lämpömuutosta vastaava vastapainesähkön kehitysmuutos
lämmönsäästöä vastaava CO₂-päästöjen alenema
lauhdehävikin pienemmän ansiosta saatava lisävesisäästö
Taulukon 21 mukaisesti – ALV 0 %

PK13-tuotantolinjan höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi suositellaan seuraavia lähiajan toimenpiteitä

- viallisten lauhteenpoistimien korjaaminen/uusiminen
- höyryrunkojen lämmityksen yksityiskohtaisen ohjeistuksen laadinta, jonka avulla höyrylinjojen vesitysten ohitusventtiilit suljetaan aina ylösajon jälkeen.
- lauhteenpoistintyyppien vaihto kulutuskohteisiin soveltuviksi
- putkiston ja venttiilien höyry- ja lauhdevuotojen korjaus
- PK13 -linjan VIB -kostutuslaitteiden lauhteiden talteenotto
- lauhteenpoiston säännöllinen kuntokartoitus
- välipainehöyryn korvaaminen matalapainehöyryllä teknisesti mahdollisissa kohteissa
- H&L-energiatehokkuuden seuranta-järjestelmän luominen.

Toimenpide-ehdotukset voidaan toteuttaa pääosin yrityksen oman käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan toimesta. Toimenpiteet tulee kuitenkin määritellä ja suunnitella yksityiskohtaisesti ennen niiden toteutuksen aloittamista, jotta vältetään päällekkäisyyksiltä ja varmistetaan paras mutta edullisin lopputulos. Lisäksi toimenpiteet, joiden osalta energiatuen saamisen edellytykset täyttyvät, tulee koota yhteen ja lähettää nämä ELY-keskukseen energiainvestointi-tukihakemuksena.

Esitettyjen varsinaisten säästötoimenpiteiden lisäksi havaittiin useita muita huoltoa, kunnossapitoa, H&L-järjestelmän toiminnan kehittämistä, mittaukseen ja kulutuksen seurantaan koskevia seikkoja, joiden osalta suositellaan jatkoselvitystä

- PK8- linjalle vastaavan kenttäselvityksen sekä energiakatselmuksen laadinta
- HVL - paperikoneet kattavan H&L-verkostokaavion laadinta
- höyryjärjestelmän vesitysten ohitusventtiilien auki/kiinni -listan laadinta H&L-järjestelmän käyntiinajo tilannetta varten
- käyttöhenkilökunnan H&L-koulutus
- H&L-verkostojen säännöllinen kuntotarkastus laaditun H&L-verkostokaavion avulla. (oma henkilökunta, laitetoimittajan mittausraportti, lämpökamerakuvaus?)
- hyödynnetään HVL:n henkilökunnan H&L-osaamista nykyistä tehokkaammin esim. putkistojen lämmitystilanteissa.
- kaikkien suorahöyrynkulutuskohteiden varustaminen määrämittauksilla
- hönkälauhduttimien tehomittauksien lisäys (vesipuoli)
- H&L-järjestelmän aktiivinen seuranta DCS -näyttösivulle laaditun H&L-taseen avulla, jossa näytetään laskennalliset tasevirheet reaaliaikaisesti
- laitoksen pääprosessien energiatehokkuuden selvitys.

2 Kohteen perustiedot

2.1 Tarkastelukohteen lämmönkulutus ja vuosikustannukset

H&L-järjestelmän katselmuksessa on käytetty vuoden 2008 kulutus- ja tuotantotietoja.

Lämmönkulutusta on tarkasteltu tehtaan kaikkien tuotantolinjojen osalta, voimalaitoksen (HVL) todellisen käyttötilanteen määrittämiseksi. Energian vuositase on laadittu vuoden 2008 tehtaan kulutustietojen perusteella ja vastaava energian kehitys on arvioitu voimalaitoksen nykykonseptin mukaisena.

Tehtaan kokonaistuotanto- ja lämmönkulutustiedot v.2008 on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3 Tehtaan kokonaistuotanto- ja lämpöenergiatiedot v. 2008

Osasto	Tuotanto	Lämmönkulutus	Lämmön om.kulutus	Lämpökustannukset
	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/ton]	[k€/a]
PK13	300 000	475 000	1,6	12 100
PK8	200 000	220 000	1,1	5 500
Yht.	500 000	695 000	1,4	17 600

Lämpöenergian käyttöön liittyvät kustannukset perustuvat taulukon 21 mukaisiin hintatietoihin. Kustannuksissa ei ole huomioitu tehtaan oman henkilökunnan ajankäyttöä toimintahäiriöiden ajalta eikä muita välillisiä kustannuksia.

Paperikoneiden PK13 tuotanto- ja lämmönkulutustiedot on esitetty taulukossa 4. Paperikoneiden lämmönkulutusluvut sisältävät sekä matala- että välipainehöyryn kulutuksen.

Taulukko 4 PK13 tuotanto- ja lämpöenergiatiedot v.2008

Osasto	Tuotanto	Lämmönkulutus	Lämmön om.kulutus	Lämpökustannukset
	[t/a]	[MWh/a]	[MWh/ton]	[k€/a]
HMP		400 000	1,33	10 000
HVP		75 000	0,25	2 100
PK13	300 000	475 000	1,58	12 100

Voimalaitoksen PK13 -linjan lämpöenergian osalle (70 %) kohdennettuna vuoden 2008 ajalle saadaan lisäksi määritettyä

- HVL- lisäveden tarve 140 000 m³/a 280 k€/a
- HVL- sähkön kehitys 120 000 MWh/a 6 000 k€/a

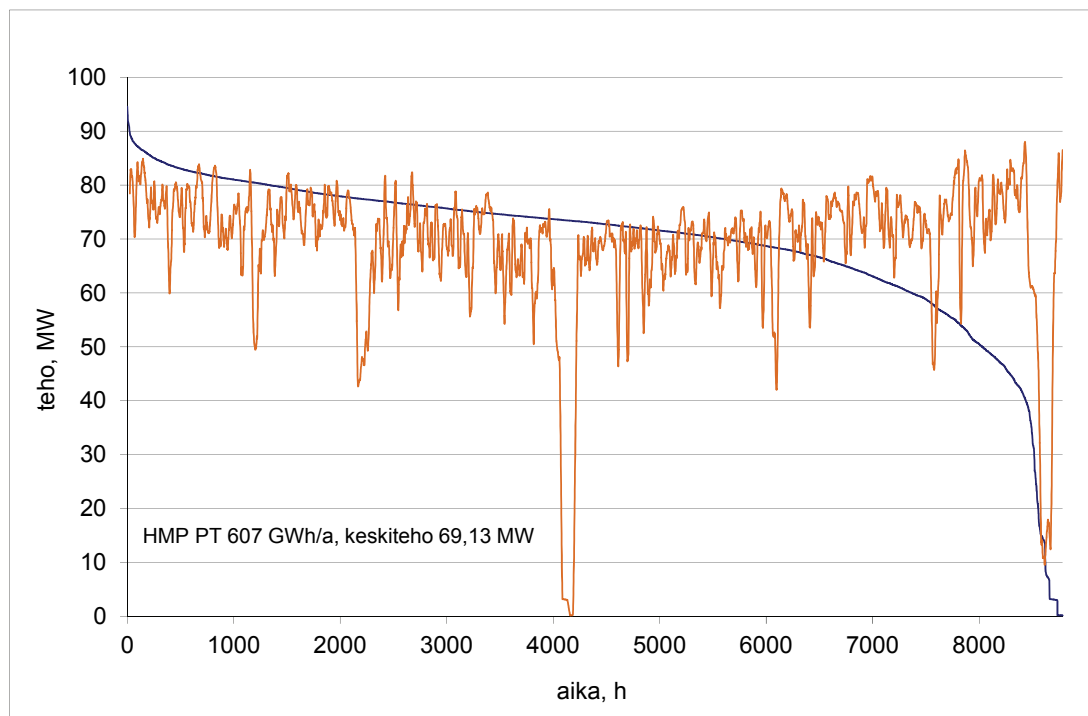
Voimalaitoksen pääasiallinen energianlähde on puuperäinen biopolttoaine ja lisäenergiana käytetään maakaasua. Vuonna 2008 ovat CO₂-päästöt muodostuneet 65 % uusiutuvista ja 35 % fossiilisista polttoaineista (YRA).

2.2 Höyrynkulutuksen vuotuinen jakauma

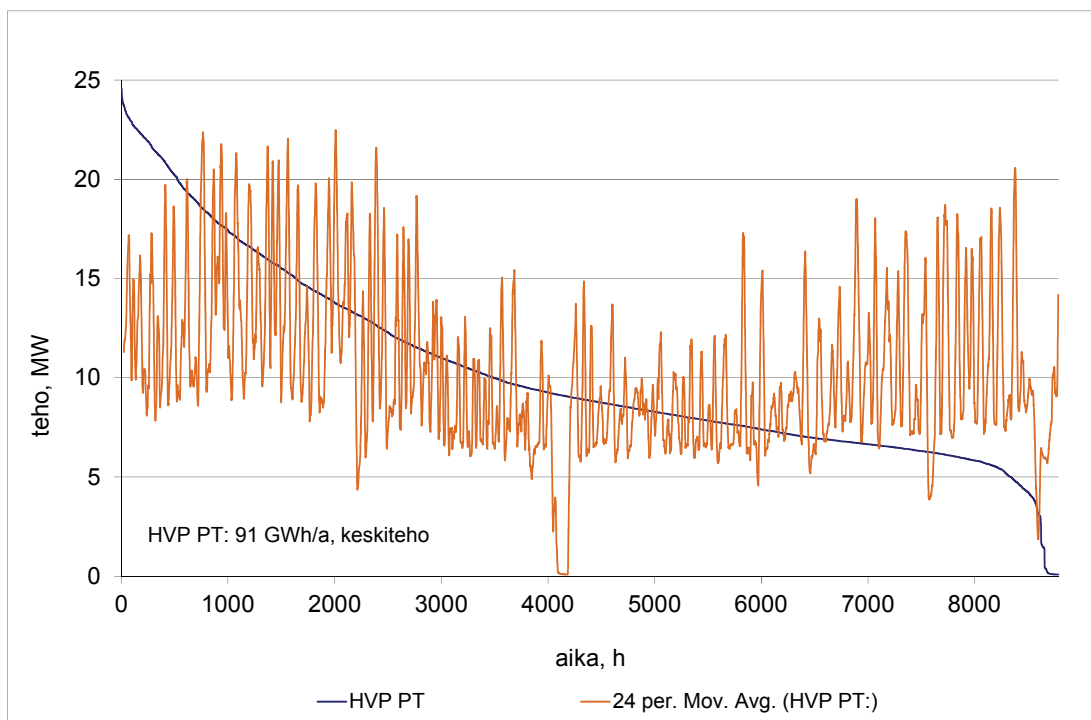
Tehtaan höyrynkulutuksen tietoja on kerätty vuodelta 2008:

Höyryn kokonaiskulutus	700	GWh/a
Matalapainehöyryn kulutus	600	GWh/a
Välipainehöyryn kulutus	100	GWh/a
PK13-höyryn kulutus (70 %)	490	GWh/a
PK13-HMP -kulutus	430	GWh/a
PK13-HVP -kulutus	60	GWh/a
Höyryn keskiteho	80	MW
HMP-keskiteho	70	MW
HVP-keskiteho	10	MW
PK13-höyryn keskiteho	56	MW
PK13-HMP-keskiteho	49	MW
PK13-HVP-keskiteho	7	MW
Lauhteen palautus	80	%

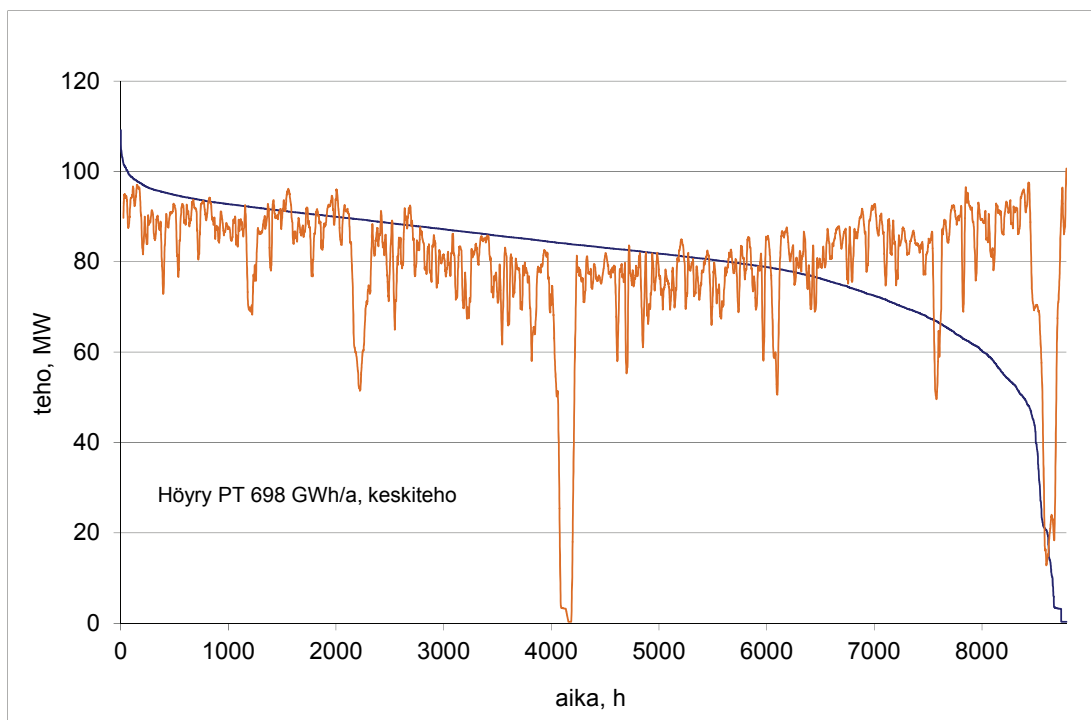
Tehtaan v.2008 matalapaine- ja välipainehöyryn kulutukset sekä lauhteen palautus on esitetty 24 h liukuvana keskiarvona ja pysyvyytenä alla olevissa diagrammeissa, kuvat 1–7. Niissä on selvästi nähtävissä mm. kesä- ja jouluseisokit sekä vuodenaikainen kulu-
tusvaihtelu.



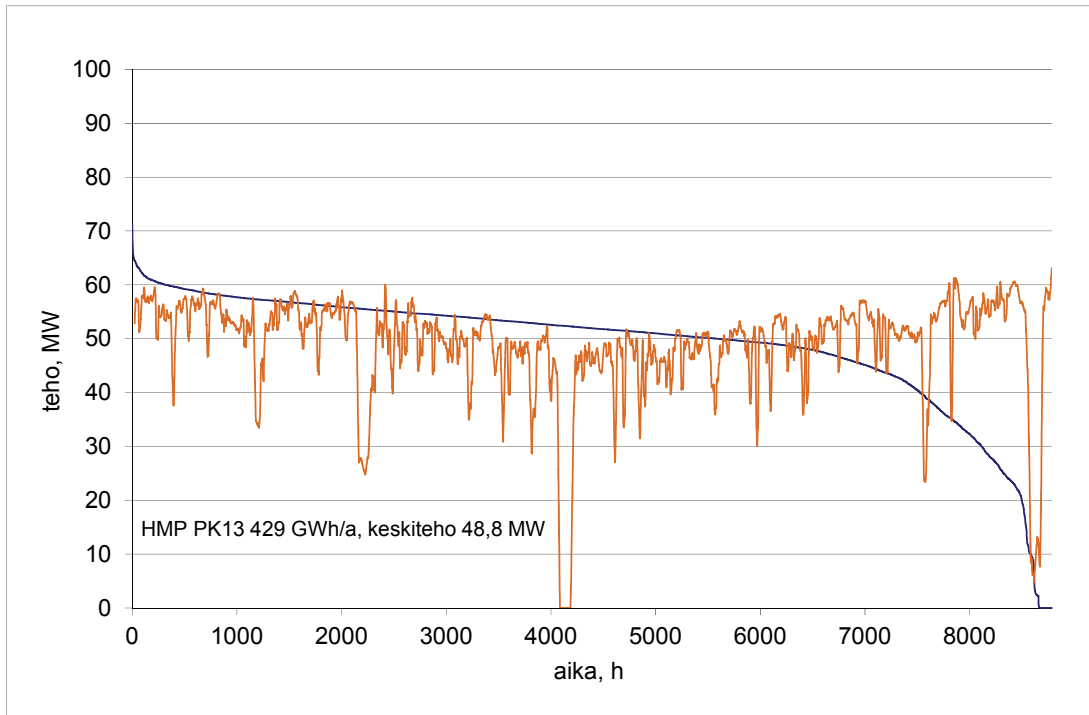
Kuva 1 Tehtaan v.2008 matalapainehöyryn kulutus



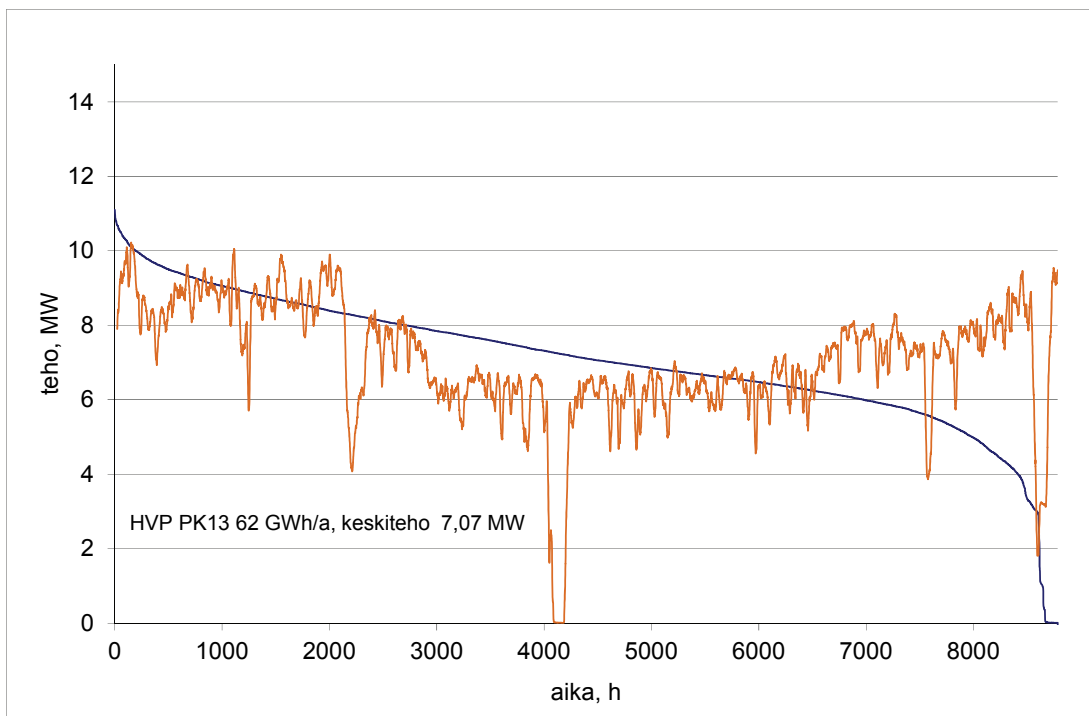
Kuva 2 **Tehtaan v.2008 välipainehöyryn kulutus.**



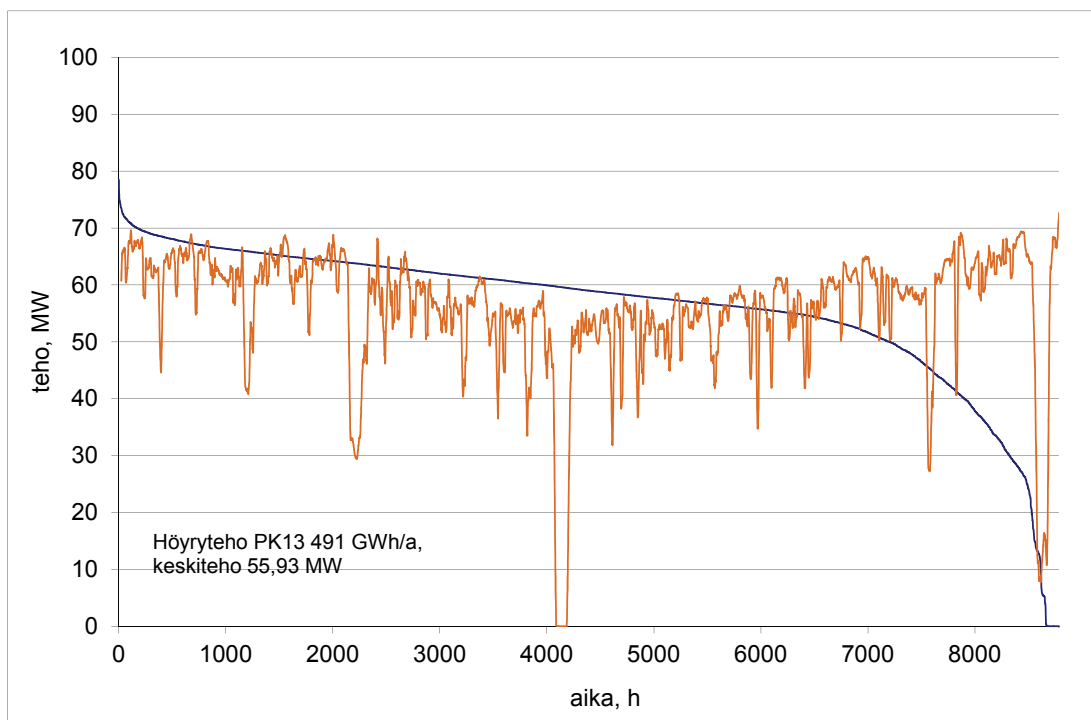
Kuva 3 **Tehtaan v.2008 kokonaishöyrynkulutus (HVP+HMP-kulutus)**



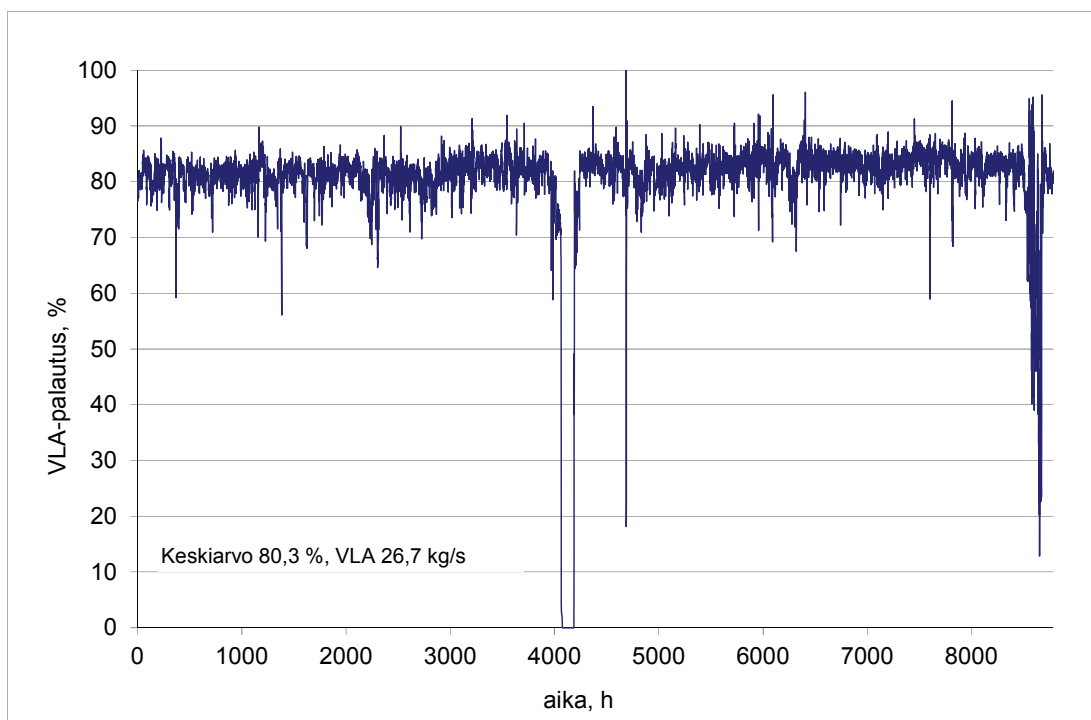
Kuva 4 **PK13-linjan v.2008 matalapainehöyryn kulutus**



Kuva 5 **PK13-linjan v.2008 välipainehöyrykulutus**



Kuva 6 **PK13-linjan höyrynkulutus v.2008 (HVP+HMP)**



Kuva 7 **Tehtaan v.2008 lauhteen palautus-%**

2.3 H&L-järjestelmän huolto ja kunnossapitokäytännöt

Tehtaalla on huolto- ja kunnossapitotoiminnan sopimus erillisen alan yhtiön kanssa.

PK13-linjan H&L-siirtoverkoston lauhteenpoistinten kuntotarkastusten osalta havaittiin, että tarkastus- ja huoltoväli on ilmeisesti liian harva, koska H&L-siirtoverkoston kenttäselvitystyön yhteydessä löydettiin useampia vuotavia lauhteenpoistimia sekä sulkuventtiilejä.

Kenttäselvitystyön yhteydessä havaittiin useita avoinna olevia lauhteenpoistimien ohitusventtiilejä olevan auki, jotka olivat jääneet ilmeisesti auki tuotantolinjan käynnistuksen jälkeen. Avoinna olevat ohitusventtiilit suljettiin sekä asiasta tiedotettiin tehtaan kunnossapitovastaaville.

H&L-verkostosta käytön aikaisesta kunnon seurannasta ja valvonnasta huolehtii tehtaan oma henkilöstö. Säännöllistä huolto-ohjelmaa ei ole, vaan ongelmat korjataan sitä mukaan, kun niitä ilmenee.

2.4 Energiatehokkuuden raportointitaso ja seuranta nykyisin

Energiantehokkuutta seurataan nykyisin lähinnä höyrykulutuksen ja lauhteen palautuksen konelinjakohtaisten toimitusmittausten (HVL) avulla. Tiedot on liitetty prosessiseurantajärjestelmään, jonka avulla voidaan tutkia siihen liitettyjen mittausten trendejä.

Nykyisin tuotetaan linjakohtainen energiaraportti lämmön ja sähkön osalta joka kuukausi linjavastaaville. Raportointi tapahtuu tuotantolinjakohtaisina lämmönkulutuslaskelmina sekä ominaislämmönkulutuksina. Vuosineljänneksittäin kokoontuu valvontaryhmä, jossa seurataan ja ohjeistetaan tehtaan kaikkien linjojen energiankulutukseen liittyvät asiat. Konsernitasolla energiankulutusta seurataan tehdaskohtaisilla kulutusluvuilla.

Lisäksi tarkkaillaan joitakin prosessin pääkuluttajien yksittäisiä virtausmääriä.

Linjakohtaiset mittaukset HVL:lla eivät aina kuitenkaan kohdennu tarkasti ko. linjalle putkistojen linjojen välisten ristiin kytkennän vuoksi. Tehtaalla sijaitsevat muut höyry- ja lauhdemittaukset kuuluvat ennakkohuollon piiriin, mutta niiden arvoissa oli havaittavissa ristiriitaisuuksia keskenään sekä myyntimittauksiin nähden. Kaikkia tehtaan H&L-mittauksia ei ole liitetty prosessiseurantaan. Energiakustannusten kohdentamisessa tuotantolinjalle ja sen sisään on vielä puutteita – osin valmiudet sen kehittämiseksi ovat jo olemassa.

Prosessiseurantajärjestelmän historiatietojen avulla voidaan selvittää jälkeenpäin energian käyttöön liittyviä seikkoja.

3 H&L- järjestelmän nykytilanteen kartoitus

3.1 H&L-siirtoverkostot ja höyryn kulutuskohteet

3.1.1 Matalapainehöyry

Tehtaan tarvitsema matalapainehöyry saadaan normaaliajossa voimalaitoksen turbiinien vastapainehöyrynä. Höyryn siirto tapahtuu voimalaitoksen HMP -tukeilta tuotantolinja-kohtaisten matalapainehöyrylinjojen avulla tehtaan eri tuotantolinjoille. Matalapainehöyryn nopeat kulutusheilaukset tasataan HVL:n höyryakun avulla.

Tehtaalle johdettavan matalapainehöyryn paine on +2,2 bar. Paperikoneiden PK8 ja PK13 tärkeimmät matalapainehöyryn käyttökohteet suuruus järjestyksessä ovat:

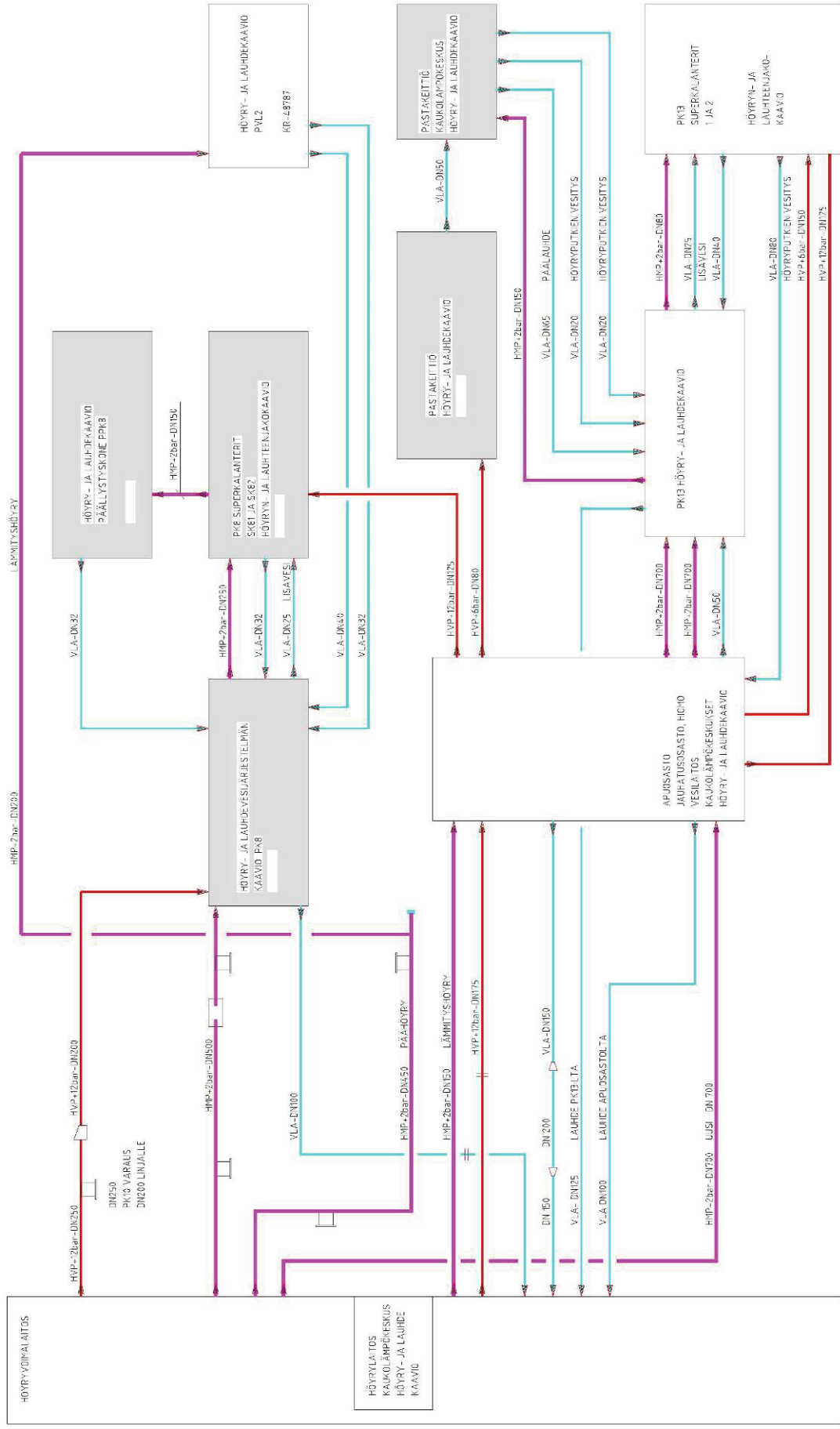
- paperikoneen kuivatusosa
- höyrylaatikko puristinosalla
- jälkikäsitteilyn kostutukset
- prosessivesien lämmitykset
- ilmastoinnin lämmitykset
- rakennuksen lämmitykset

Prosessivesien ja PK-salien lämmitys saa pääasiallisen energiansa huuvin poistoilman LTO:sta ja hiomoiden jäähdytyslämmöstä.

Apuosastojen tärkeimmät matalapainehöyryn käyttökohteet ovat:

- prosessivesien lämmitykset
- rakennuksen lämmitykset
- sulatushöyry kohteet

Apuosastojen lämpöenergiana käytetään pääasiallisesti tuorehöyryä.



Kuva 8
Tehtaan H&L-verkoston lohkokaavio
 (harmaa ei tarkasteltu)

Tehtaan matalapainehöyryn (HMP) kulutuskohteet on koottu taulukkoon 5.

Taulukko 5 Tehtaan matalapainehöyryn kulutuskohteet

Kohde	Osasto	Positio	Nimitys	Käyttö	Höyry, max [kg/h]	Mit.teho [MW]	Painetarve [bar(g)]	Lauhteen keräily
1	APU	-	Väljän raakavesi lämmönsiirrin	Jaksottainen				APU-lauhtesäiliö
2	PH	2-1-508	Rejektijauhin 3	Jaksottainen				Prosessi
3	PH	2-1-615	Rejektijauhin 4	Jaksottainen				Prosessi
4	APU	1-1-402	Kuorimo-Hiomo käyntinajosiirrin	Jaksottainen	20 016	12,20		APU-lauhtesäiliö
5	PH	2-1-479	PH4 AHR-lämmönsiirrin 1	Jatkuva	3 600	2,10	2	APU-lauhtesäiliö
6	APU	13-1-001	JVL/PVL kaukolämmönsiirrin	Jatkuva	6 624	4,00	1,7	APU-lauhtesäiliö
7	APU	13-1-097	Kuorimi-Hiomo kaukolämmönsiirrin 1	Jatkuva	9 864	6,00		APU-lauhtesäiliö
8	APU	13-1-080	Kuorimi-Hiomo kaukolämmönsiirrin 2	Ei käytössä		4,07		APU-lauhtesäiliö
9	APU	?	PK13 kaukolämmönsiirrin 1	Jatkuva	6 696	4,07		APU-lauhtesäiliö
10	APU	?	PK13 kaukolämmönsiirrin 2	Jaksottainen	4 788	2,91		APU-lauhtesäiliö
11	APU	?	JO lämminvesivaraaja 1(VSU Hiomo ja korj.p.)	Jatkuva				APU-lauhtesäiliö
12	APU	?	JO lämminvesivaraaja 2(VSU PK13:lle)	Jatkuva				APU-lauhtesäiliö
13	PK13	6-1-043	PK13 katkolämmönvaihdin	Jaksottainen		10,80		PK13 päälauhtesäiliö
14	PK13	-	PK13 viiraosa alaspuhallusputki	Jaksottainen				PK13 päälauhtesäiliö
15	PK13	-	PK13 viiraosa hylkykuljetin	Jaksottainen				PK13 päälauhtesäiliö
16	PK13	-	PK13 puristinsa levystö	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
17	PK13	-	PK13 viiraosan kattohuuhdeltu	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
18	PK13	-	PK13 Press Run lämmönvaihdin	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
19	PK13	-	PK13 märänpään tasavirtamoottorin jäähdytys	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
20	PK13	-	PK13 märänpään tasavirtamoottorin jäähdytys	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
21	PK13	-	PK13 märänpään sähkötilan jäähdytys	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
22	PK13	-	PK13 märänpään sähkötilan jäähdytys	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
23	PK13	-	PK13 kuivanpään tasavirtamoottorin jäähdytys	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
24	PSK	14-1-125	Pastakeittion kaukolämmönsiirrin 1	Jatkuva	2 401	1,45	1,5	PSK VKL-lauhtesäiliö
25	PSK	14-1-126	Pastakeittion kaukolämmönsiirrin 2	Jatkuva	1 440	0,87	1,5	PSK VKL-lauhtesäiliö
26	PSK	14-2-105	PSK lämpimän hiekkasuodatetun veden varaaja	Jatkuva		0,09		PSK VKL-lauhtesäiliö
27	PK13	6-1-615	PK13 höyrylaatikko	Jatkuva	2 700		0,3...0,5	Prosessi
28	PK13	-	PK13 kuivatusosa	Jatkuva				PK13 päälauhtesäiliö
29	PK13	6-1-064	PK13 rintatelan lämmityksen lämmönsiirrin	Jatkuva	468	0,28	2,4	PK13 päälauhtesäiliö
30	PK13	-	PK13 ilmastoinnin lämmönsiirtimet (4 kpl)	Jaksottainen				PK13 päälauhtesäiliö
31	PK13	6-1-402	PK13 paperiradan kostutuslaite VIB	Jatkuva				Kanaali
32	PK13	-	SK131/SK132 höyrykostutus	Ei käytössä				Prosessi
33	HO	-	Rantalojen kaukolämpökeskukset	Ei käytössä	2 x 1919	2x1,15	1,5	PK13 päälauhtesäiliö
34	HO	-	Hylsyosaston oviverhopuhallukset	Ei käytössä				PK13 päälauhtesäiliö
35	PK13	-	PK13 viirakaivon lämmitys	Jaksottainen				Prosessi
36	PK13	-	PK13 kiertovoitelujärjestelmän öljysäiliö lämmitys	Jatkuva				Kanaali
37	PK13	-	PK13 kiertovoitelukeskuksen höyrylämmitys	Jaksottainen			1,5	Kanaali
38	PK8	4-1-075	PK8 lisälämmönsiirrin	Jaksottainen		5,80		PK8 päälauhtesäiliö
39	PK8	?	PK8 ilmastoinnin lämmönsiirrin	Jaksottainen				PK8 päälauhtesäiliö
40	PK8	-	PK8 viirakaivon lämmitys	Jaksottainen				Prosessi
41	PK8	4-1-180	PK8 rintatelan suihkujen lämmönvaihdin	Jatkuva		0,31		PK8 päälauhtesäiliö
42	PK8	4-1-080	PK8 höyrylaatikko	Jatkuva	2 700		0,3...0,5	Prosessi
43	PK8	?	PK8 kiertovoitelujärjestelmän öljysäiliö lämmitys	Jatkuva				Kanaali
44	PK8	?	PK8 kiertovoitelukeskus separaattorin lämmitys	Jatkuva				Kanaali
45	PK8	4-1-078	PK8 konekalanterin lämmönsiirrin	Jaksottainen		0,20		PK8 päälauhtesäiliö
46	PK8	-	PK8 taskutuuletus lämmönsiirtimet (2 kpl)	Jatkuva	1 947	2x0,59		PK8 päälauhtesäiliö
47	PK8	4-1-130	PK8 AHR-lämmönsiirrin	Jatkuva		12,00		PK8 päälauhtesäiliö
48	PK8	-	PK8 kuivatusosa	Jatkuva				PK8 päälauhtesäiliö
49	PK8	23-1-135	PVL, Lämmityksen lämmönsiirrin	Jaksottainen				PK8 päälauhtesäiliö
50	PK8	23-1-143	PVL, Pesuveden lämmönsiirrin	Jaksottainen				PK8 päälauhtesäiliö
51	PK8	-	PK8 superkalanterin SK81/SK82 höyrykostutus	Jaksottainen				Prosessi
52	PK8	4-1-423	PPK8 pesuveden lämmönsiirrin	Jaksottainen	3 240	2,00	2	PK8 päälauhtesäiliö
53	PK8	-	PPK8 kuivatus	Jaksottainen				PPK8 lauhtesäiliö

Matalapainehöyryn kulutuspiestetaulukkoon on merkitty kulutuskohteen käytön pysyvyys (jatkuva/jaksottainen) sekä painetarve. Lisäksi taulukkoon on merkitty kulutuspiesteen lauhteen keräilykohde.

3.1.2 **Välipainehöyry**

Tehtaan tarvitsema välipainehöyry tuotetaan turbiinien välitoista ja tarvittaessa kattilalla K3. Välipainehöyryverkon painetaso varmistetaan reduktioiden avulla. Höyryn siirto tapahtuu voimalaitoksen HVP-tukeilta tuotantolinjakohtaisten välipainehöyrylinjojen avulla. Välipainehöyryn lohkokaavio on esitetty seuraavan sivun kuvassa (PK8-linja harmaalla).

Tehtaalle johdettavan välipainehöyryn paine on +12 bar. Välipainehöyryn painetasoa pudotetaan edelleen tehtaalla reduktioasemilla kolmeen eri painetasoon käyttökohteiden painetasojen tarpeiden mukaan. Tehtaan välipainehöyryn painetasot ovat +12 bar, +6 bar, +3,5 bar sekä +3,0 bar.

Tehtaan paperikoneiden tärkeimmät välipainehöyryn käyttökohteet suuruus järjestyksessä ovat:

- PK8-kuivatusosan HVP-ryhmä
- jälkikäsitteilyn (kalanteroinnin) lämmitykset ja kostutukset
- prosessivesien lämmitykset
- ilmastoinnin lämmitykset
- rakennuksen lämmitykset

Apuosastojen tärkeimmät välipainehöyryn käyttökohteet ovat:

- prosessivesien lämmitykset
- rakennuksen lämmitykset
- sulatushöyry kohteet

Monet välipainehöyrykohteet on kytketty HVP-verkkoon HMP-verkon sijaan kohteen fyysisen sijainnin vuoksi.

Välipainehöyryn (HVP) kulutuskohteet painetasoittain +12 bar, +6 bar, +3,5 bar ja +3,0 bar on koottu seuraaviin taulukoihin.

Taulukko 6 Tehtaan välipainehöyry, +12 bar kulutuskohteet

Kohde	Osasto	Positio	Nimitys	Käyttö	Höyry, max	Mit.teho	Painetarve	Lauhteen keräily
13bar					[kg/h]	[MW]	[bar(g)]	
1	PK13		SK131 lämmitys/jäähdytyspiiri 1	Jaksottainen				SK 131/132 lauhdesäiliö
2	PK13		SK131 lämmitys/jäähdytyspiiri 2	Jaksottainen				SK 131/132 lauhdesäiliö
3	PSK		Pastakeittion kempuveden lämmönsiirrin	Jatkuva	5 328	1,80	2	Pastakeittion VKL-lauhdesäiliö
4	PK8		HVP-ryhmä	Jatkuva			12	Prosessi
5	PSK		Tärbekkeyskeittimet	Jaksottainen			7	Prosessi
6	PSK		Keitin	Jatkuva			7	Prosessi

Taulukko 7 Tehtaan välipainehöyryn, +6 bar kulutuskohteet

Kohde	Osasto	Positio	Nimitys	Käyttö	Höyry, max	Mit.teho	Painetarve	Lauhteen keräily
6bar					[kg/h]	[MW]	[bar(g)]	
1	APU		PK ovierohupuhallin	Jaksottainen				APU- lauhdesäiliö
2	APU		PK IV-tilan lämmityspatteri	Jaksottainen				APU- lauhdesäiliö
3	APU		PK sosiaali-tilojen lämmityspuhallin	Jaksottainen				APU- lauhdesäiliö
4	PK8		Ylätelat SK81	Jaksottainen				PK8 päälauhdesäiliö
5	PK8		Alatelat SK81	Jaksottainen				PK8 päälauhdesäiliö
6	PK8		Ylätelat SK82	Jaksottainen				PK8 päälauhdesäiliö
7	PK8		Alatelat SK82	Jaksottainen				PK8 päälauhdesäiliö
8	VVA		Patohöyry raakavedenotto sulatushöyry	Jaksottainen				Joki
9	PH		PH1 ja PH2 2 ja 3 krs. Konesalin ilmastointi	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
10	PH		PH1 ja PH2 2 ja 3 krs. Konesalin ilmastointi	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
11	PH		PH3 1-3 krs. Konesalin ilmastointi	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
12	PH		Hiomon korjaamon LI-koje	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
13	VVA		Valvomo tason LI-koje	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
14	VVA		Generaattorihuoneen LI-koje	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
15	VVA		Generaattorihuoneen LI-koje	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
16	VVA		Sektoripadon konehuoneen LI-koje	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
17	VVA		Turbiini sulatushöyry	Jaksottainen				Joki
18	VVA		Valssi- ja sektoripato sulatushöyry	Jaksottainen				Joki
19	VVA		VVA kiertovesilämmityksen lämmönsiirrin	Jaksottainen				JO lauhdesäiliö
20	PK13		SK131/SK132 höyrykostutus	Jaksottainen				Prosessi
21	PK13		SK131 Yläpiiri	Jaksottainen				SK 131/132 lauhdesäiliö
22	PK13		SK131 Alapiiri	Jaksottainen				SK 131/132 lauhdesäiliö
23	PK13		SK132 Yläpiiri	Jaksottainen				SK 131/132 lauhdesäiliö
24	PK13		SK132 Alapiiri	Jaksottainen				SK 131/132 lauhdesäiliö

Taulukko 8 Tehtaan välipainehöyryn, +3,5 bar kulutuskohteet

Kohde	Osasto	Positio	Nimitys	Käyttö	Höyry, max	Mit.teho	Painetarve	Lauhteen keräily
3.5bar					[kg/h]	[MW]	[bar(g)]	
1	PH		PH4 AHR-lämmönsiirrin 2	Jatkuva	1 620		2	JO lauhdesäiliö
2	PH		PH1 ja PH2 AHR-lämmönsiirrin	Jatkuva	3 467			JO lauhdesäiliö

Taulukko 9 Tehtaan välipainehöyryn, +3,0 bar kulutuskohteet

Kohde	Osasto	Positio	Nimitys	Käyttö	Höyry, max	Mit.teho	Painetarve	Lauhteen keräily
3bar					[kg/h]	[MW]	[bar(g)]	
1	PSK		Pastamixerien jakolaatikko	Jaksottainen				Prosessi
2	PSK		Sideainetärbekelys varastosäiliö höyrypesu	Jaksottainen				Prosessi
3	PSK		Lateksisäiliöt höyrypesu	Jaksottainen				Prosessi
4	PSK		Autopurkauspaikan höyrypesu	Jaksottainen				Prosessi
5	PSK		Junapurkauspaikan höyrypesu	Jaksottainen				Prosessi
6	PSK		CMC-mixerin lämmitys	Jaksottainen				Prosessi

Välipainehöyryn kulutuspiestaulukko on merkitty kulutuskohteen käytön pysyvyys (jatkuva/jaksottainen) sekä painetarve. Lisäksi taulukko on merkitty kulutuspiesteen lauhteen keräilykohde.

3.1.3 Lauhteen keräily

Paperikoneiden PK8 ja PK13 sekä apuosastojen lauhdesäiliöiltä lauhteet pumpataan omia linjojaan pitkin HVL:n lauhdesäiliön tehdaslauhdetukkiin. Paperikoneiden ja jauha-
tuksen päälauhdesäiliöt sijaitsevat paperitehtaan puolella. Kaikissa lauhteenpalautuslin-
joissa on lauhteen johtokykymittaus ja automaattiventtiilein toteutettu lauhteen kanaaliin
ajomahdollisuus. Lauhteen keräilyn lohkokaaviot on esitetty seuraavien sivujen kuvissa.
Päälauhdesäiliöiden lauhteen palautusten määrät ja lämpötilat mitataan voimalaitoksen
puolella. Kaikkien päälauhdesäiliöiden paineet säädetään hönkälauhduttimien avulla.

Tehdyn kenttäselvitystyön yhteydessä kartoitettiin myös lauhteen keräilyn jakautuminen
PK13-linjan osalta talteen lauhdesäiliöön tai ulos kanaaliin. Noin kolmannes PK13-linjan
lauhteen poistoista on johdettu kanaaliin ja loput (2/3) keräilty tuotantolinjan päälauh-
desäiliöön. Miltei kaikki kanaaliin ajettavat lauhteet olivat höyrylinjojen vesityksiä. Vain
PK13 rainan kostutuslaitteen ja kiertovoitelujärjestelmän lauhteita ei kerätty talteen lauhteen
likaantumisriskin vuoksi.

Lauhteen keräilyn jakautuminen PK13 -tuotantolinjan osalta lauhdesäiliöille tai kanaaliin
on esitetty taulukossa 10.

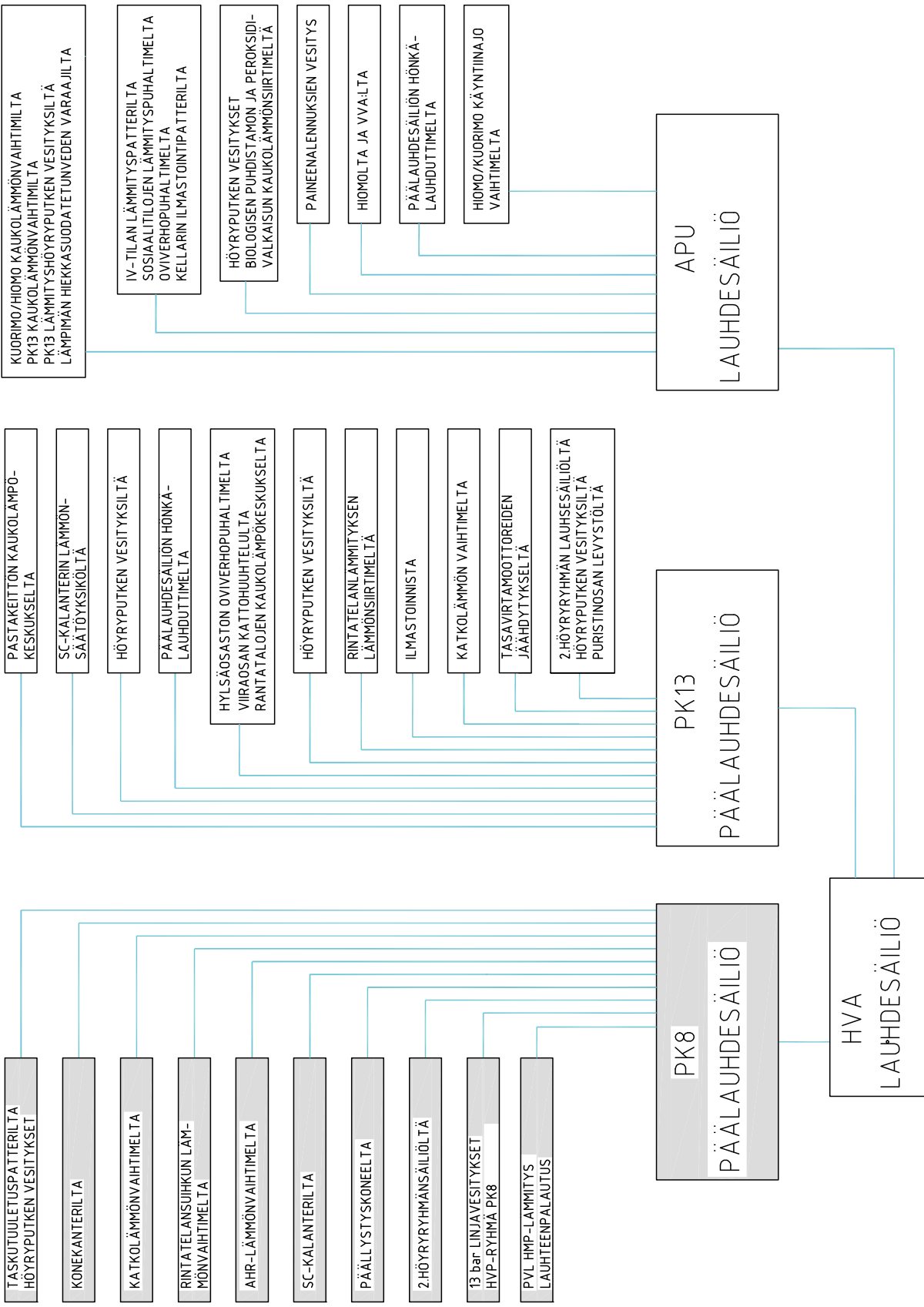
Taulukko 10 **PK13-linjan lauhteen keräilyn jakautuminen**

Osasto	HMP, HVP -lauhteenpoisto				Yhteensä
	linjavesitys säiliöön	linjavesitys kanaaliin	kulutuskohde kanaaliin	kulutuskohde säiliöön	
	[kpl]	[kpl]	[kpl]	[kpl]	
APU-HMP	9	13	0	2	24
PK13-HMP	16	14	2	13	45
PK13-HVP	21	23	0	8	52
Yhteensä	46	50	2	23	121

Lauhdetta käytetään suoraan PK13-tuotantolinjan sisällä myös höyryn jäähdytykseen.
Lisäksi suolatonta vettä toimitetaan PK13 -tarpeisiin myös omalla VIV-linjalla HVL:n lisä-
vesisäiliöstä.

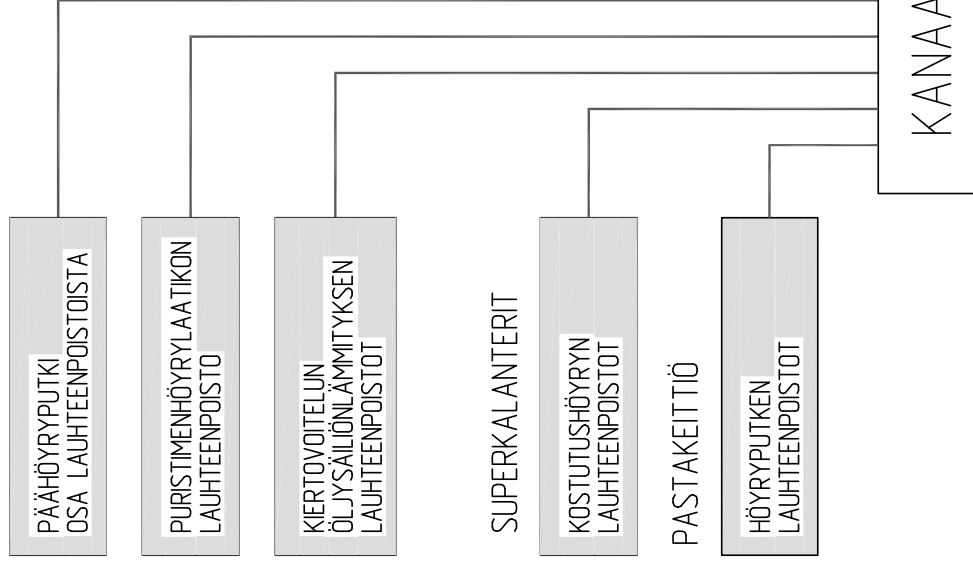
Elokuussa 2008 oli PK13-linjan kokonaishöyrynkulutus 20,5 kg/s ja lauhteen keräilyn
prosentuaalinen toteuma oli tällöin

LAUHDE	kg/s	%
palautus HVL:lle	17,32	84,42
höyryn jäähdytys	0,08	0,37
käyttö prosessiin	2,52	12,28
ajo kanaaliin	0,60	2,93



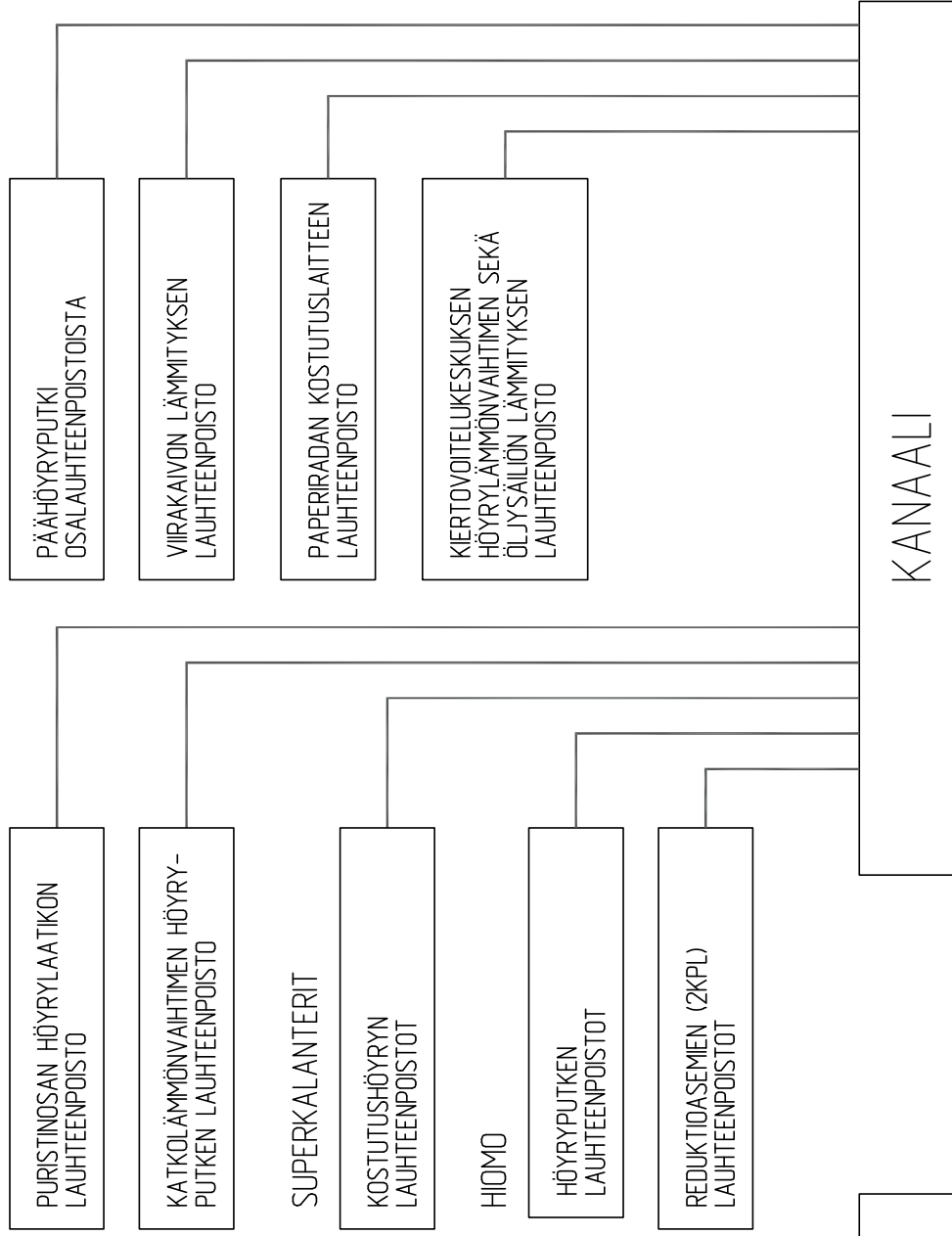
PK8

PAPERIKONE



PK13

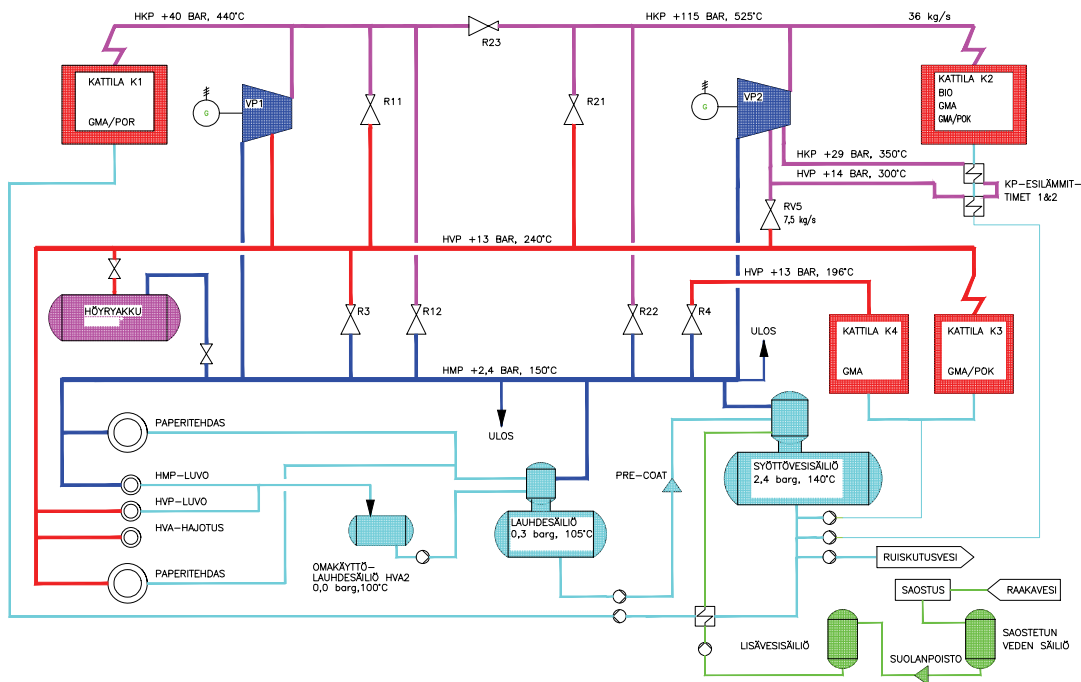
PAPERIKONE



3.2 Höyryn tuotanto

3.2.1 Höyryvoimalaitoskonsepti

Voimalaitoksella on käytössä kattilat K1, K2, K3 ja K4 sekä turbiinit VP1 ja VP2. Laitoksen höyryverkossa on 4 painetasoa: +113 bar, +32(40) bar, +12 bar ja +2,4 bar. Kuvassa 12 on esitetty voimalaitosprosessin höyry/lauhde-järjestelmän yleiskaavio.



Kuva 12 Voimalaitoksen yleiskaavio

3.2.2 Voimalaitoksen toiminnan yleiskuvaus

Lämpövoimalaitoksen pääkattila K2 on n. 80 MWth biopolttoaineille suunniteltu leijupeti-kattila, jonka pääpolttoaineita ovat kuori, ulkoinen bio-polttoaine ja turve. Lisäksi kattilaan syötetään kaikki tehtaan poltto- ja tuhkauskelpoiset jätteet ja sivutuotteet. Tuki- ja käynnistyspolttoaineena käytetään maakaasua tai kevyttä polttoöljyä. Kattila on varustettu ns. maakaasu-kuormapolttimilla.

Biopolttoainekattila K2 on rakennettu ns. peruskuormakattilaksi, mutta sitä on mahdollisuus käyttää myös säätöön. K2 tuottaa korkeapaineista +113 bar/525 °C höyryä vastapaineturbiinille VP2. Höyry paisuu turbiinin läpi matalapaineverkon paineeseen +2,4 bar. Lisäksi VP2:ssa on väliotot K2 syöttöveden höyryesilämmittimille paine-tasoilla +29 bar ja +14 bar.

Kattila K1 on 100 MWth maakaasukattila, jonka varapolttoaineena on raskas polttoöljy (POR). K1 tuottama +40 bar/440 °C höyry johdetaan vastapaineturbiiniin VP1, jossa se paisuu matalapaineverkon paineeseen +2,4 bar. Turbiinissa VP1 on väliotto väli-paineverkon painetasolla +12 bar.

Kattilat K3 ja K4 ovat molemmat maakaasukäyttöisiä 45 MWth välipainehöyrykattiloita, joista K3 tuottaa tulistettua välipainehöyryä +12 bar HVP-verkkoon ja K4 kylläistä väli-painehöyryä ja edelleen höyrymuuntoaseman kautta +2,4 bar HMP-verkkoon. Niiden nopean käynnistysvalmiuden ansiosta ne yhdessä höyryakun kanssa varmistavat pape-ritehtaan höyrynsaantia muiden kattiloiden toimintahäiriöiden aikana.

HMP-verkon höyry tuotetaan pääasiassa ns. vastapainehöyrynä. Tällöin pääkattiloilla tuotetaan korkeapaineista ja lämpötilaista HKP -höyryä, joka johdetaan höyryturbiineihin (HKP115 -> VP2 ja HKP40 -> VP1). Näissä höyry paisuu HMP -verkon painetasolle, josta eri kulutuskohteet ottavat höyryä lämmöntarpeensa mukaisesti. Höyryn tila-arvojen laskiessa turbiinissa sen sisältämä energia siirtyy turbiinisiivistön ja generaattorin väli-tyksellä sähköksi laitoksen sähköverkkoon. Osa turbiineihin johdetusta HKP -höyrystä otetaan väliottona tehtaan ja HVL:n kulutettavaksi kohteissa, joissa vaaditaan HMP -verkkoa korkeampaa lämpötilatasoa.

Voimalaitoksen lauhdejärjestelmän tarkoituksena on ottaa vastaan PTL:lta ja HVL:n omakäyttöistä palautuva lauhde ja johtaa se edelleen suodatuksen kautta syöttövesisäiliöön. Paperikoneilta (PK8, PK13) ja apuosastoilta lauhteet pumpataan omia linjojaan pitkin kaasunpoistimella varustettuun lauhdesäiliöön. Kaikissa lauhteenpalautuslinjoissa on lauhteen johtokykymittaus ja automaattiventtiilein toteutettu lauhteen kanaaliin ajomahdollisuus.

Lauhdesäiliöstä lauhde pumpataan puhdistuksen kautta syöttövesisäiliöön. Laitoksen tarvitsema lisävesi puhdistetaan jokivedestä vedenkäsittelylaitoksessa. Laitoksen kattilat ottavat syöttövetensä yhteisestä kaasunpoistimella varustetusta syöttövesisäiliöstä.

Lämpövoimalaitoksella on höyryakku, jolla pyritään varmistamaan paperikoneiden höyrynsaanti ja pienentämään höyryn paineen muutoksia höyryverkon nopeissa muutostilanteissa ja varakattiloiden käynnistymisen aikana häiriötilanteissa.

Laitoksen HKP -höyryverkot (+115/+40 bar) on yhdistetty keskenään sekä HVP- ja HMP -verkkoihin myös höyrymuuntolaittein, jotka toimivat turbiinien ohituksina. Lisäksi HVP -verkon ja HMP -verkon välillä on riittävästi reduktiokapasiteettia, jolla ylimääräinen välipainehöyry voidaan johtaa HMP -verkkoon tai tarvittaessa akkuun.

Normaalitilanteessa lämpövoimalaitoksella ovat käytössä K2 (biopolttoaine) ja K1 tai K3 (maakaasu), jolloin K2 ajaa pohjakuormaa ja K1/K3 toimii säätävänä kattilana.

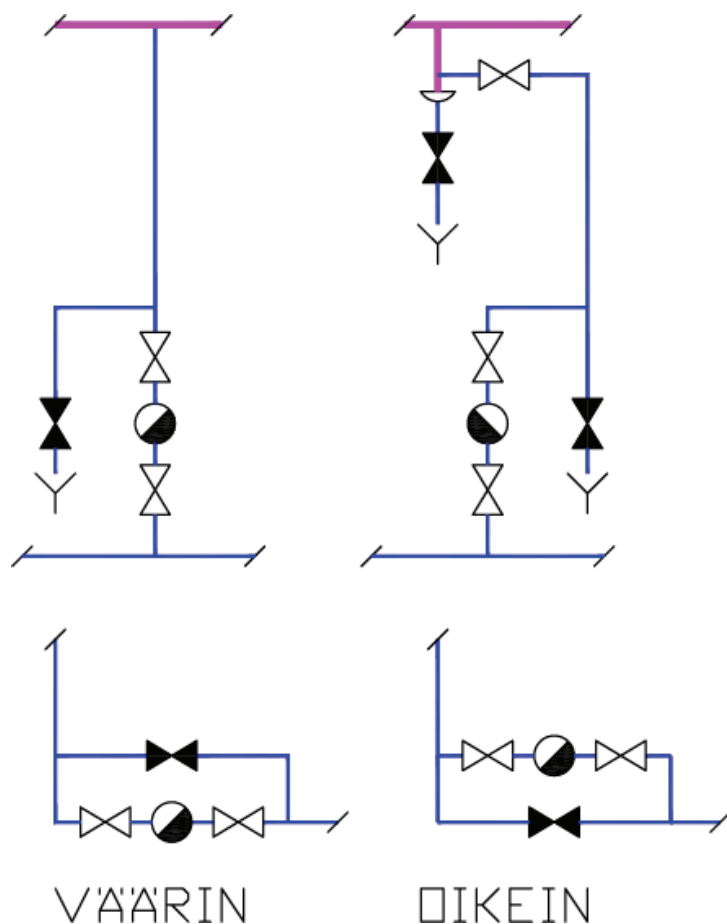
4.1 Kenttäselvitykset

Höyry- ja lauhdejärjestelmän kunto- ja toimintakartoituksen kenttäselvitystyö tehtiin PK13-linjan H&L-siirtojärjestelmille. Höyry- ja lauhdejärjestelmän kunto- ja toimintakartoitusta varten laadittiin höyryn siirron ja lauhteen palautuksen osastokohtaiset sekä painetasokohtaiset höyry- ja lauhdejärjestelmien linjakaaviot. Laadittujen H&L-linjakaavioiden pohjalta lähdettiin viemään läpi kenttäselvitystyötä.

Linjakaavioihin merkittiin voimalaitokselta lähtevien höyrynsiirtolinjojen kaikki haaralinjat kulutuskohteineen sekä lauhteenpoistot/-palautukset. Paperikoneen suuntaan tarkastelurajaksi oli määritelty päähöyryventtiilit. Lauhteen palautuksen osalta päälauhdesäiliöt sekä lauhteenpalautus voimalaitokselle kuuluivat tarkastelulaaajuuteen.

Kenttäselvitystyön yhteydessä tarkastettiin myös PK13-linjan H&L-siirtojärjestelmän lauhteenpoistinten putkistokytkenän oikeellisuus. Putkistoon väärin kytketyssä lauhteenpoistossa höyryputkistosta irronnut lika kulkeutuu lauhteen poistimeen ohituslinjan sijasta, aiheuttaen poistimien tukkeutumisia ja läpipuhalluksia. Yleissuositus lauhteenpoiston ohitukselle on, että likaa keräävä lämmitys-tyhjennys-/ohituslinja johdetaan aina kanaaliin lauhdesäiliöön johtamisen sijaan. Tällöin ohituslinjan vuoto näkyy eikä esim. päähöyrylinjan lämmityksen yhteydessä ohitusventtiilit unohdu auki.

Seuraavissa kuvissa on esitetty Väärin/Oikein kytketyn lauhteenpoiston periaatteelliset kaaviot sekä esimerkki valokuvat vastaavasti toteutetusta lauhteenpoistosta.



Kuva 13

Väärin / Oikein -kytketyn lauhteenpoiston kytkentäkaaviot



VÄÄRIN



OIKEIN

Kuva 14

Oikein/väärin toteutettu lauhteenpoisto

4.1.1 Lauhteenpoistinmittaukset

Lauhteenpoistimien kuntotarkastus suoritettiin laitetoimittajan toimesta, josta laitetoimittaja laati erillisen mittausraportin. Kenttäselvitystyön pohjalta laadittuun lauhteenpoistinten kuntotaulukkoon on koottu laitetoimittajaraportin mittaustulokset. Kuntotarkastettujen lauhteenpoistinten kokonaislukumäärä oli 121 kpl.

Laitetoimittajan raportissa tuotiin esiin mm. seuraavia lauhteenpoistoon liittyviä tietoja

- lauhteiden talteenotto
- lauhteenpoiston putkikytkennän oikeellisuus
- lauhteenpoistinten toimintakunto
- lauhteenpoistinten toimintaperiaatteen (tyypin) oikeellisuus
- lauhteenpoistinten vuotohäviöiden määrä.

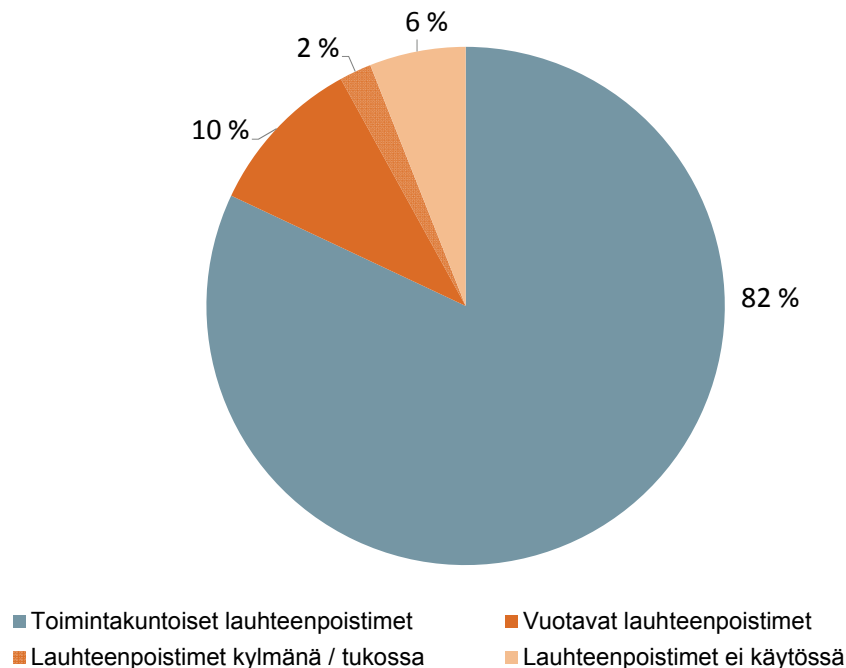
Tuotantolinja- ja painekohtaisista lauhteenpoistimien kuntotaulukoista koottiin yhteenvetotaulukko, jonka tulokset on esitetty taulukossa 11.

Merkittävää oli, että paperikoneelta löytyi myös huomattava määrä linjavesitysten ohitusventtiilejä auki (n.15 kpl). Kenttämittausten yhteydessä kaikki avoinna olevat ohitusventtiilit suljettiin ja havaitut vuodot ilmoitettiin kunnossapidolle.

PK13-linjan HVP- ja HMP- järjestelmän kuntoarvion perusteella saatiin seuraavat tulokset koskien yhteensä 121 kpl poistinta:

- | | |
|---|--------------|
| • lauhteet johdettu kanaaliin (2 kpl kulutuskohteita) | 41 kpl/ 34 % |
| • lauhteenpoiston putkisto kytketty vikaherkäksi | 52 kpl/ 43 % |
| • lauhteenpoistin epäkunnossa | 22 kpl/ 18 % |
| • lauhteenpoistimen tyyppi ei suositeltava | 31 kpl/ 26 % |

Lauhteenpoistinten toimintakuntokaaviossa on esitetty laitetoimittajaselvityksen mukaisesti toimivien, vuotavien ja viallisten poistimien osuudet koko tarkastelumäärästä.



Kuva 15 Lauhteenpoistinten toimintakuntokaavio

Miltei kaikki kanaaliin ajettavista lauhteista oli höyryputkien linjavesityksiä – oli vain 2 kpl prosessilämmityskohteita: PK13 kostutuslaite ja kiertovoitelulämmitys, joista lauhdetta ei likaantumisriskin vuoksi kerätty talteen.

Lauhteenpoistinten kuntotaulukon tulosten perusteella, miltei puolet tarkastetuista lauhteenpoistimista oli kytketty periaatteellisesti ”väärin”. Lauhteenpoistimen kytkentä on toteutettu siten, että höyryputkistosta ja -laitteilta irtoava lika kertyy poistimen ohituslinjan sijaan lauhteenpoistimeen, aiheuttaen herkemmin toimintahäiriöitä poistimella.

Lauhteenpoistimen kuntotarkastuksen yhteydessä kartoitettiin myös koko lauhteenpoistinryhmän toiminta. Osassa poistinryhmiä oli ohituslinjan sulkuventtiili osittain auki, vaikka itse poistin olikin kunnossa – ohituslinjan sulkuventtiili oli jäänyt ilmeisesti edellisen höyryverkon ylösajon jälkeen sulkematta. Avoinna olevat ohitusventtiilit suljettiin tarkastusten yhteydessä.

Lauhteenpoistimen oikean tyyppin suositukset vaihtelevat riippuen käyttäjien kokemuksista, konsultin näkemyksistä ja laitetoimittajien myyntivalikoimista.

Kenttäselvitystyön aikana paikannettiin myös joitakin vuotoja käsiventtiilien karatiivisteista sekä muutama putkirikko. Yhden putkirikon vuoto oli pistemäinen reikä poistimen jälkeisessä putkimutkassa (eroosiokuluminen) ja toisen säätöventtiilin laipasta ilmeisesti vesi-iskun aiheuttaman tiivisterikon vuoksi. Myös lauhteenpoistin saattoi olla viallinen ja erotettu pois käytöstä sulkuventtiilin avulla (venttiili kiinni, vaikka höyrylinjassa paine). Tällaisen lauhteenpoistimen kohdalla merkintä kuntotaulukoon oli ”ei kunnossa”, mutta poistimen vuotohöyry määrää ei laskettu.

Laitetoimittaja arvioi poistinkohtaisesti höyryvuodon määrän. Höyrylinjojen vuotavien

käsiventtiilien höyrymääriä ei laitetoimittajan puolelta arvioitu, vaan tämän vuotomäärä arvion laati katselmuksen tekijä. Höyryvuodon teoreettiseksi kokonaismääräksi (=potentiaali) saatiin laitetoimittajaraportin perusteella 700–800 kg/h, arvioksi todellisesta lauhteenpoistinten vuotomäärästä oli saatu ~300 kg/h roskan aiheuttaman läpipuhaluksen/vallitsevan paine-eron ollessa yleensä vain osittaista.

Lauhteenpoistimien laitetoimittajan raportin ja kenttäarvioinnin perusteella lauhteenpoiston vuotohäviönä on käytetty arvoa 300 kg/h, josta 40 % saadaan talteen ja loput 60 % johdetaan kanaaliin.

4.1.2 Lämpökameramittaukset

Lauhteenpoistimien kuntoarviointia varten suoritettiin ”koe” mielessä muutamien ennalta valittujen poistimien lämpökamerakuvaus. Tarkoituksena oli selvittää lämpökameran soveltuvuutta lauhteenpoistimien vuotohäviöiden kartoituksessa.

Lämpökamerakuvaus perustuu kappaleiden emissiivisyyteen. Emissiivisyys on kappaleen lähettämän säteilyn määrä verrattuna täysin mustan kappaleen säteilyyn. Esim. puhtaan ja kiiltävän kappaleen emissiivisyys on aina sama kuin sen ympäristön, huolimatta mikä kohteen todellinen lämpötila on. Näin ollen lämpökamerakuvaus ei esim. sovellu lämpöeristetyn kiiltäväpeltisen putkiston tai eristeen sisällä olevien kohteiden lämpötilojen mittaamiseen.

Periaatteellisesti lämpökuvaukset ei näin ollen sovellu täysin poissulkevasti uimurityyppisen poistimen toiminnan varmentamiseen, koska sen toimintaperiaate on mekaaninen. Toki se useimmiten toimii kohteessa ja tilanteessa, jossa poistimen yli tulisi vallita myös paine-/lämpötilaero, joka lämpökuvauksella on myös havaittavissa.

Lämpökamerakuvauksen avulla pystyttiin suhteellisen varmasti ja helposti havaitsemaan vuotava lauhteenpoistin tai muuten epäkunnossa oleva poistinryhmät (esim. ohitusventtiili auki/viollinen). Tosin kuvattava kohde tuli olla eristämätön (ei kiiltävä), jotta kuvaustulos oli luotettava ja helposti tulkittava. Samoin oikean lämpötilakuvan muodostamiseksi kohteesta, tuli kohde kuvata riittävän läheltä.

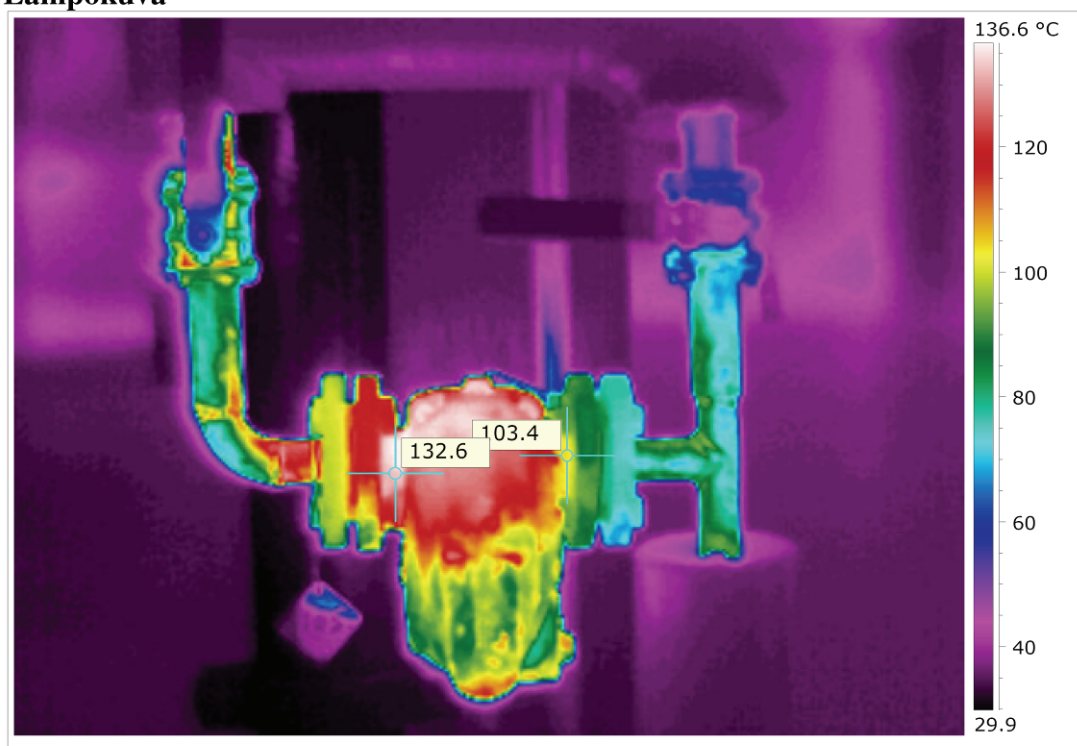
Lämpökuvauksen avulla arvioitiin muutamissa kohteissa (3 kpl) olevan vuoto, toisin kuin laitetoimittajamittauksessa oli ultraäänellä mitattu. Samoin löytyi yksi poistin, joka oli ultraäänimittausten perusteella vuotava poistin, mutta lämpökuvauksen perusteella toimiva. Mittausajankohtien välillä on toki voinut poistimia vikaantua ja vuotavia korjattu.

Lämpökuvauksen avulla löytyy visuaalisesti nopeammin ”epäilyttävä” vuotava poistin kuin perinteisesti mitaten. Tosin lämpökamerakuvauksen mittaustuloksen (lämpökuvan) oikea tulkinta vaatii poistimen toimintaympäristön tarkkaa tuntemusta ja aluksi myös vertailevaa mittausta ultraäänimittauksen kanssa. Varsinainen poistimen toiminnan analysointi (vuotohäviöiden määrittäminen jne.) lämpökamerakuvien perusteella vaatii kuitenkin aina H&L-ammattilaisen, joka tuntee kaikkien poistimien sisäosat ja toimintaperiaatteet.

Lämpökuvaukset oli tämän selvityksen yhteydessä 1. kokeilu sen soveltuvuudesta poistinten kuntokartoituksessa eikä selvitystyö välttämättä edellytä sen käyttöä – toki sen käyttö vaikutti mielenkiintoiselta antaen myös lisäarvoa havainnoille.

Seuraavilla sivuilla muutamia lämpökamerakuvia vapaasti tulkittavissa.

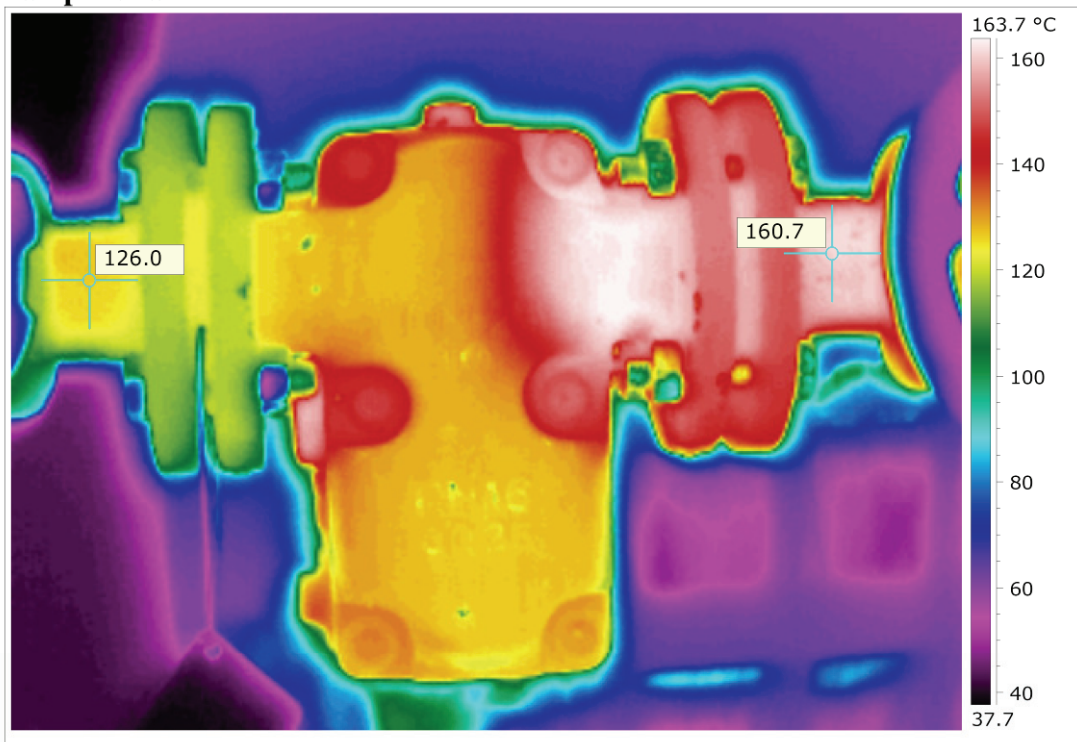
Lämpökuva



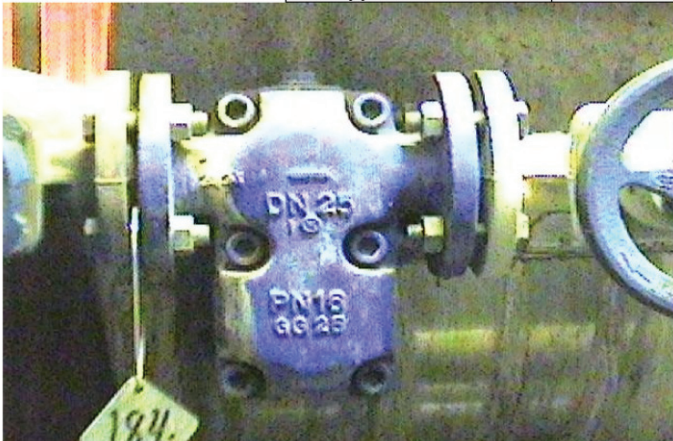
Emissiivisyys	0.92
Heijastuva lämpötila	21.0 °C
Etäisyys	3.0 m



Lämpökuva



Emissiivisyys	0.92
Heijastuva lämpötila	21.0 °C
Etäisyys	3.0 m



4.1.3 Putkiston mekaaninen kunto

HMP- ja HVP- putkistojen sekä näiden lauhdeputkistojen kuntoa arvioitiin kenttäselvitystyön yhteydessä PK13-linjan osalta, ja linjakaavioihin merkittiin eristämättömien putkiosuuksien pituudet putkiston lämpöhäviölaskentaa varten. Yleisarvio tehtaan höyryputkiston kunnosta oli hyvä. Raportin luvussa 5.2 H&L-siirtojärjestelmän lämpöhäviöt on käyty tarkemmin läpi H&L-putkiston eristysten lämpöhäviöitä.

Kenttäkartoituksen yhteydessä havaittiin 2 kpl putkirikosta johtuvia vuotoja ja useita venttiilien karatiivistevuotoja.

4.1.4 Vuotomäärän laskenta

Lauhteenpoistimien vuotohöyrymäärän laskennassa laitetoimittaja määrittä ensin vuoto-potentiaalin vallitsevan maksimipaine-eron ja täyden lauhteenpoistimen aukon perusteella omalla sovellusohjelmallaan. Tästä määrästä päädytään kokemusperäisen arvion tai paine-eron ja aukon alennuskertoimien avulla laskien vuototasolle ~25..50 % kokonaispotentiaalista.

Eri laitetoimittajilla viallisten lauhteenpoistinten vuodon laskentatavat eivät selkeästi täysin vastanneet toisiaan. Vuodon arvioinnin laskenta tulisikin yhdenmukaistaa tulosten yhdenmukaistamiseksi.

Alla on esitetty eräs teoreettisen vuotohäviövirtauksen laskennassa käytetty kaava.

Höyryn vuotovirtauksen laskentakaava:

$$m = 0.00751 E d^2 \sqrt{(\Delta P / v_g)}$$

missä;

$$E = 1/\sqrt{(1 - \beta^4)}, \text{ jossa } \beta = d/D$$

m = höyryvirtaus kg/h

dP = painehäviö

d = istukan halkaisija

D = putken sisähalkaisija

v_g = tilavuus m³/kg

Laitetoimittajamittausten yhteydessä tulisi mittajaan itse arvioida todellisen vuotohäviön suhde myöhemmin laskettavaan teoreettiseen arvoon nähden, jolloin saadaan paras inhimillinen arvio todellisesta säästöpotentiaalista.

Putkiston ja venttiilin karkea höyryvuotohäviö voidaan määrittää myös kuvan 18 häviökäyrästä avulla.

4.1.5 H&L-järjestelmän toiminnan muut epäkohdat

Selvitystyön yhteydessä ei tullut esiin muita epäkohtia.

4.2 Kuntokartoituksen yhteenveto

4.2.1 Yleistä

H&L-siirtojärjestelmän kuntokartoitustyön tavoitteena on selvittää ja tuoda esiin mm. seuraavia H&L-järjestelmän toimintaa liittyviä tietoja

Putkisto ja venttiilit

- höyry- ja lauhdeputkisto lämmöneristysten kunto (putkiston lämpöhäviöt)
- höyry- ja lauhdeputket ja niiden kytkentöjen oikeellisuus (vrt. PI-kaaviot)
- höyry- ja lauhdeputkiston vuotohäviöiden määrä
- H&L-järjestelmän käsi- ja automaattiventtiilien kunto ja vuotohäviöiden määrä.

Lauhteenpoistimet

- lauhdeiden talteenotto (säiliöön/kanaaliin)
- lauhteenpoiston putkikytkennän oikeellisuus
- lauhteenpoistinten toimintakunto ja vuotohäviöiden määrä
- lauhteenpoistinten toimintaperiaatteen (tyypin) oikeellisuus kohteeseen nähden.

Taulukko 11 PK13-linjan lauhteenpoistinten kuntokartoitusluettelo

Kohde	Poistin [kpl]	Lauhdekeräily		Putkikytkentä		Toimintakunto		Poistintyyppi		VUOTOMÄÄRÄ arvio (POT)
		Säiliö	Kanaali	OK	Ei-OK	OK	Ei-OK	OK	Ei-OK	
PK13-HMP	45	29	16	19	26	39	6	41	4	45 (150)
APU-HMP	24	22	2	7	17	21	3	7	17	15 (50)
PK13-HVP	52	29	23	43	9	39	13	42	10	220 (720)
YHTEENSÄ	121	80	41	69	52	99	22	90	31	280 (920)
		66 %	34 %	57 %	43 %	82 %	18 %	74 %	26 %	[kg/h]

4.2.2 Toimenpide-ehdotukset

Kenttäkartoitusten perusteella on noussut esiin seuraavia energiatehokkuuteen liittyviä asioita, joiden pohjalta on suositeltu toimenpiteitä (jotka on merkitty seuraavasti [TPE-00]) H&L-siirtojärjestelmän tehokkuuden parantamiseksi:

Vuotavien lauhteenpoistimien kunnostus/uusinta

Viallisten lauhteenpoistimien kunnostus ja tarvittaessa uusinta mikäli käyttökohteen tyyppi katsotaan vääräksi. Kylmien, ja ei käytössä olevien poistinten kunnostustarve 10 kpl selvitetään erikseen. Vuotavia poistimia löytyi 10 kpl ja niiden arvioituna kokonaishäviönä on käytetty 300 kg/h. **[TPE-01]**

Lauhteenpoistimien ohitusventtiilien sulkeminen

Avoimna olevat linjavesitysten ohitusventtiilit suljettiin kenttäselvitystyön yhteydessä. Avoimna olevia lauhteenpoistimien ohitusventtiilejä löytyi 15 kpl ja niiden arvioitu kokonaishäviö on 1050 kg/h (50..100 kg/h/venttiili). **[TPE-02]**

Lauhteenpoistimien uusinta

APU-osastolla kaukolämpösiirtimien termisesti apuohjattujen lauhteenpoistimien toimintakunto ja säätö/viritys on syytä tarkistaa 2-3 °C alijäähdyttäväksi tai tarvittaessa korvata riittävän kapasiteetin omaavilla uimuripoistimilla. Siirtimien todettiin olevan nyt selkeästi vesilastissa, koska lauhteenpoisto ei toiminut asianmukaisesti.

Venttiilivuotojen, putkistokytkentöjen ja putkistovuotojen korjaaminen

Lauhteenpoistinten kuntokartoituksessa havaitut vuotavat sulkuventtiilit sekä putkistot tulee korjata. Näiden vuotojen korjaamisesta saatavat kustannussäästöt on arvioitu olevan suuruusluokaltaan jopa 3-kertaiset lauhteenpoistinten vuotohäviökustannuksiin verrattuna. Höyryvuoto sulkuventtiilin akselitiivisteestä, 9 kpl - häviöt 10...20 kg/h/kohde
Höyryvuoto rikkikuluneesta putkesta, 2 kpl - häviöt 10...20 kg/h/kohde. **[TPE-04]**

Vesityslauhteiden palautusosuuden kasvattaminen

Höyrylinjojen vesitysten lauhteista kolmannes johdetaan nykyisin lattialle ja kanaaliin. Niiden talteen ottaminen ei ole kannattavaa, sillä lauhdemäärä on käynnin aikana lähes olematonta siirtohöyryjen ollessa tulistettuja. Käynnistyksen jälkeiset suuremmat lauhdemäärät sisältävät puolestaan yleensä putkistosta irronnutta kuonaa ja ovat muutoinkin happipitoisuudeltaan normaalia likaisempia, joten niiden ajo kanaaliin on perusteltua. Monasti uusissa laitoksissa ja putkisilloilla kaikki vesityslauhteet kerätään esteettisistä syistä, jotta kosteiden inerttikaasujen sumupisararat eivät näy ”päästöinä” ympäristöön.

Käytännössä linjavesityspoistimet toimivat tulistetun höyryn siirtolinjoissa lauhtumattomien kaasujen poistajina, joten niiden tulisi olla tyypiltään siihen soveltuvia termisiä poistimia ja niistä vapautuva ilma tulisi johtaa pois höyrykierrosta kanaaliin. Talteenottoa tärkeämpää olisi sijoittaa poistimet ja niiden lämmitysohitukset vikaherkkyyttä eliminoivasti ja käytön/huollon kannalta helppoon paikkaan.

Käyttöhenkilökunnan ohjeistaminen

Suosittelavaa olisi laatia käyttöhenkilökunnalle höyryjärjestelmän käynnistystä varten runkolinjakohtainen vesitysluettelo, jonka mukaisesti avataan startin yhteydessä oikeat linjavesitysten ohitusventtiilit ja jotka käynnistyksen jälkeen jälleen suljetaan.

Lauhteenpoistimien sijainnin löytämiseksi olisi edullista laatia linjakaavioesityksen lisäksi tehtaan pohjakuvan päälle piirretty H&L-verkostokaavio, johon on merkitty runkolinjojen lisäksi myös kaikki lauhteenpoistimet positioituina. Verkostokaavio toimisi karttana, jonka avulla olisi helppo löytää lauhteenpoistimet kentältä. Verkostokaavion ja osastokohtainen vesitysluettelon (ruksilista) avulla/opastuksella käyttöhenkilökunta tekisi linjavesitysten ohitusventtiilien avaamisen käynnistyksen yhteydessä ja sulkemisen käynnistyksen jälkeen. Suositeltavaa on myös henkilökunnan yleinen ja laitekohtainen H&L-koulutus esim. laitetoimittajien toimesta.

Lauhteenpoistimien säännöllinen kuntokartoitus

Yksittäisen lauhteenpoistimen toimimattomuuden havaitseminen virtausmittauksiin perustuvan tase seurannan avulla on vaikeaa jopa mahdotonta. Niiden toimintakunnon ylläpito edellyttää säännöllistä kuntokartoitusta.

Laitetoimittajan ultraäänimittausten todellinen kokonaiskustannus on ~3-5 k€, jolla selvitetään noin 100 lauhteenpoistinta. Työ sisältää päivän kenttämittaukset ja mittausraportin. Ultraäänimittaustyö vaatii vähintään 2 henkilön miehityksen – 1 henkilö mittausten tekoon ja toinen kirjaamaan mittaustulokset ylös. Lisäksi uusissa kohteissa on edullista laatia ennakosuunnitelma työn nopeuttamiseksi.

Kokemuksen mukaan on vuosittain mitatuissa ja huolletuissa kohteissa keskimäärin ollut 5 % vuotavia/tukkoisia lauhteenpoistimia. Tässä mittaustarkastelussa tulos oli 10 %. Työn kokonaiskesto on 2-3 vrk. Yleensä löydettyjen vuotohäviöiden takaisinmaksuaika on ~0,5 vuotta. Mikäli vuotoja ei löydy säännöllisin aikavälein tehtävässä tarkastuksessa, on tarkastusväliä syytä pidentää. **[TPE-06]**

Lämpökamerakuvausten todelliset kustannukset digiaikana ovat samaa luokkaa ultraäänimittausten kanssa sisältäen kameran vuokrauksen ja kuvausraportin. Nyt lämpökamerakuvausten suoritti kokenut lämpökuvausammattilainen, joka kuvasi kuitenkin ensimmäistä kertaa lauhteenpoistimia. Varsinaista poistimen toiminnan analysointia hän ei suorittanut.

Laitetoimittajan pintalämpötila- sekä ultraäänimittauksiin perustuva kuntokartoitusmenetelmä on kustannuksiltaan samaa luokkaa kuin lämpökamerakuvaus. Lämpökameramittausten avulla näyttäisi löytyvän visuaalisesti nopeammin ”epäilyttävä” poistin kuin perinteisesti mitaten. Tosin lämpökamerakuvausten mittaustuloksen (lämpökuvan) oikea tulkinta vaatii poistimen toimintaympäristön tarkkaa tuntemusta ja aluksi myös vertailevaa mittausta UÄ-mittauksen kanssa. Lämpökameramittaustulosten analysoinnin oikeellisuus vaikuttaa merkittävästi saavutettaviin kuntokartoitustuloksiin.

Jatkossa vaikuttaisi hedelmälliseltä, mikäli lämpökamerakuvausten ja sen raportoinnin suorittaisi H&L-ammattilainen, kuten lauhteenpoistinten toimittaja tai vastaava. Toimivan poistimen erottaa yleensä nopeasti kameralla (selkeä lämpötilaero poistimen yli) ja epäselvät kohteet voidaan varmistaa myös ultraäänimenetelmällä. Mahdolliset tulosten ristiriitaisuudet eliminoiduisivat ja kuntokartoituksen saanto paranisi sekä mittaustapa kehittyisi ja jopa nopeutuisi.

5.1 **Lähtökohdat**

PK13-tuotantolinjan H&L-järjestelmän tasetta on tarkasteltu kaikkien H&L-järjestelmässä olevien dataseurantaan liitettyjen mittausten avulla 08/2010 aikana. Kyseinen tarkasteluajanjakso valittiin, koska

- PK13-tuotantolinjan käyttöaste on ollut normaalilla tasaisella tasolla
- apuhöyryn kulutuskohteissa, joissa monissa ei ole lainkaan erillistä mittausta, on kesäajan kulutus vähäistä (~0).

Tasetarkastelun päätarkoituksena on ollut selvittää mittausten keskinäinen vastaavuus ja varmentaa lauhteen palautusmäärän oikeellisuutta. Kaikki H&L-järjestelmään liittyvät määrämittaukset on esitetty seuraavan sivun H&L-siirtojärjestelmän kaaviossa. Tasetarkastelussa on käytetty kuukauden keskiarvovirtauksia.



Höyry- ja lauhdetaseet

Välipainehöyryn osalta on päädytty seuraavaan virtaustaseeseen:

Taulukko 12 PK13-linjan välipainehöyrytase 08/2010

HVP-HÖYRY		VIRTAUSARVOT (keskiarvo 08/2010)			Ajanjakso: Elokuu 2010	
Selitys		piiri	arvo1	arvo2	laatu	Huomautus
HVP-höyryn toimitusmittaus HVA:lla		FI-22215	2,593		kg/s	
-- HVP-määrä, ei PK8 HVP-ryhmä	paine	PI-1122		12,73	barg	
	I-tila	TICA-1116		229	°C	
	HVP entalpia			2877	kJ/kg	
	HVP teho			7 461	kW	
Vähennetään PK8-linjan HVP-kulutukset						arvioitu
	PK8 SK-lämmityssiirin	N/A	0,20		kg/s	VLA-paluu ~100% PK8 kautta
	PK8 Pastakeittion tarpeet	?	0,60		kg/s	VLA-paluuu VLM-osuus -> PK13
PK13-linjan HVP-kulutus yhteensä			1,793		kg/s	
	HVP-teho			5 159	kW	
	APU-IV-patterit	N/A	0,00		kg/s	VLA-paluu ~75% JO kautta
	PH124 AHR-lämmityssiirin	FIQ-02251	0,00		kg/s	VLA-paluu ~100% JO kautta
	SK13# lämmityssiirin	FQR-540	0,70		kg/s	max. 4*1,8 t/h
	SK13# kostutushöyry, suora	FQR-540	1,00		kg/s	4*1-3 t/h
	HVP-hävikki		0,09		kg/s	LP-läpipuh. ja ohituksia kanaaliin
KULUTUS YHTEENSÄ			1,793		kg/s	

Havaintoja ja analysointia

- PK13-linjan välipainehöyryn tehontarve on ollut kesällä noin 5 MW
- PK8-linjan ottamassa välipainehöyrymäärässä eikä osassa PK13-linjan HVP- kulutuksia ole määramittauksia: yhteensä alustava HVP-mittausten lisätarve 4 kpl
- kokonaismittaukset ja osin arvioidut välipainehöyrymäärät vastaavat odotuksia
- HVP- häviö/tasevirhe on ~300 kg/h vastaa kenttäselvitystä
- vain SK-lämmitykset edellyttävät painetasoltaan välipainehöyryä, joten muut SK- prosessikohteet on siirrettävissä HMP- verkkoon: arviomäärä +1,1 kg/s jatk.
- myös APU- alueella on rakennuslämmityskohteita kytketty reduktioiden välityksellä HVP- verkkoon, virtaus yht.~+1,5 kg/s (ka. virtausarvio +0,5 kg/s)
- osalle PK8 HVP- kohteita soveltuisi myös matalapainehöyry pois lukien HVP- kuivatusryhmä, tärkkelyskeittimet ja SK- lämmitys
- PK13-linjan HVP- kulutuksen HMP- muutospotentialiksi on arvioitu +1,6 kg/s.

Matalapainehöyryn osalta on päädytty seuraavaan virtaustaseeseen:

Taulukko 13 **PK13-linjan matalapainehöyrytase 08/2010**

HMP-HÖYRY Selitys	VIRTAUSARVOT (keskiarvo 08/2010)				Ajanjakso: Elokuu 2010
	piiri	arvo1	arvo2	laatu	Huomautus
PK13-linjan HMP-höyry yhteensä		18,725		kg/s	
HMP teho			51 552	kW	
PK13 HMP-höyryn toimitusmittaus HVL:lla	FI-22216/17	18,716		kg/s	
paine	PI-1112		2,1	barg	
I-tila	TC-1110		146,9	°C	erillinen jäähdytys
entalpia			2 753	kJ/kg	
teho			51 527	kW	
APU-HMP-höyryn toimitusmittaus HVL:lla	FI-22213/14	0,009		kg/s	salilämmitystä
paine	PI-121		2,3	barg	HVL2-HMP-tukki
I-tila	TI-22284		147,5	°C	
entalpia			2 752	kJ/kg	
teho			25	kW	
PT:n HMP-mittaukset ja kulutuskohdet					
Vanha DN700-runkoputki, PK13	FIQ-6002	6,180		kg/s	
PK13 höyrylaatikko 1	FRQ-06161		0,56	kg/s	virhe, arvio ~0,6...1,0 kg/s
HMP->PK8 pastakeittiölle	FI-06262	0,049		kg/s	
PK13 apuhöyryt 1	FI-06003	0,103		kg/s	
PK13 IV-lämmitys	N/A	0,000		kg/s	arvioitu
DN600-runkoputki, PK13	FRQ-07458	11,584	9,95	kg/s	virhe, lask.arvo FI7463+FI7451
PK13-kuivatusosa 1	FRQ-07463		9,96	kg/s	sis. myös h-laatikon yms.
PK13 VLM-lämmityssiirrin	FIQ-07451		1,62	kg/s	
PK13 höyrylaatikko 2	FRQ-0716		0,03	kg/s	virhe, arvio ~0,6...1,0 kg/s
PH4-AHR-lämmityssiirrin	FI-02030	0,102		kg/s	VLA-paluu ~100% APU1-kautta
Kuorimon ylösajo-lämmönsiirrin	FI-13043	0,124		kg/s	VLA-paluu ~100% APU1-kautta
JAVE-VKL-lämmityssiirrin	FIQ-1331	0,193		kg/s	VLA-paluu ~100% APU1-kautta
Kuorimo/Hiomo VKL-lämmityssiirrin	FI-13041	0,173		kg/s	VLA-paluu ~100% APU1-kautta
PK13-linjan HMP-hävikki		0,217		kg/s	LP-läpipuh. ja ohituksia talteen
KULUTUS YHTEENSÄ		18,725		kg/s	

Havaintoja ja analysointia

- PK13- linjan HMP- tehontarve ollut kesällä noin 52 MW
- osassa PK13-linjan HMP- kulutuksista ei ole määramittausta: yhteensä alustavasti mittauksen lisätarve 3 kpl
- PK13-linjan alueelle johdetaan matalapainehöyryä neljää runkoputkea pitkin, joista monet apuhöyryt voidaan käsiventtiilein valita eri päärungoista ja lisäksi höyryä johdetaan myös PK8-linjalle - em. johdosta paperikonekohtaiset HVL- mittaukset eivät vastaa selkeästi ko. paperikoneelinjan kulutusta
- PK13 höyrylaatikkojen mittaukset on syytä tarkistaa (mit. 0,6..1,0 kg/s)
- PK13 kokonaishöyrymäärä näyttää +1,6 kg/s enemmän kuin kahden sitä seuraavan rinnakkaisen määramittauksen yhteissumma
- HVL:n PK13-linjan HMP- mittauksen yhteismäärä vastaa kuitenkin riittävällä tarkkuudella PTL:n PK13-linjan kokonaiskulutusta
- HMP- häviö/tasevirhe on ~780 kg/h, joka vastaa suuruusluokaltaan kunto-kartoituksen antamia arvioita (vuotavat poistimet + ohituksia auki).

Lauhteen palautuksen osalta on päädytty seuraavaan virtaustaseeseen:

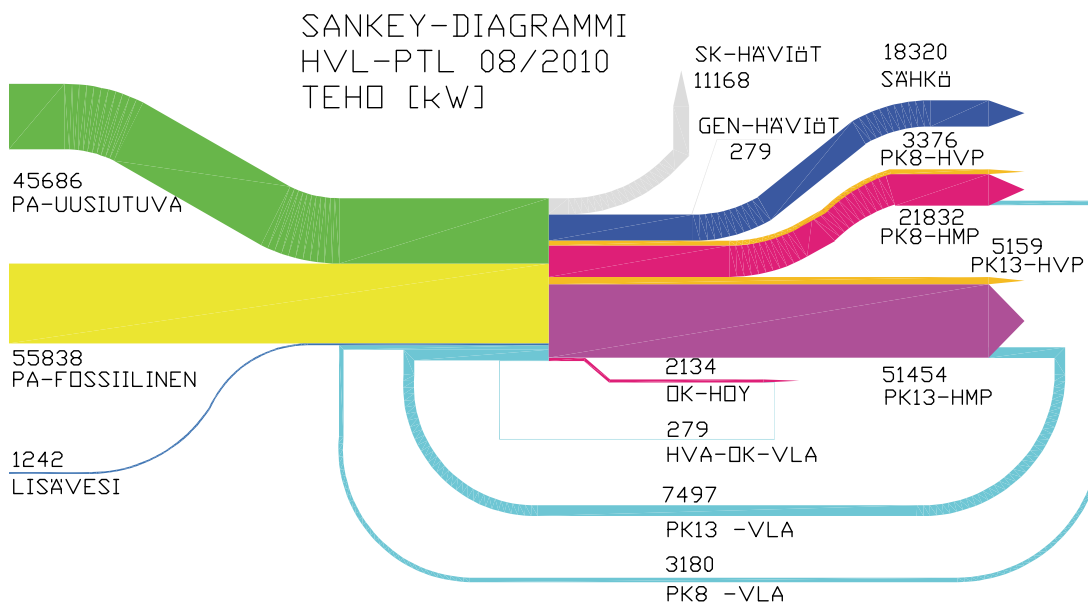
Taulukko 14 PK13-linjan lauhtetase 08/2010

VLA-PALAUTUS Selitys	VIRTAUSARVOT (keskiarvo 08/2010)				Ajanjakso: Elokuu 2010
	piiri	arvo1	arvo2	laatu	Huomautus
PK13-linjan VLA-palautus HVL:lle yhteensä		16,765		kg/s	
PK13 VLA-paluu toimitusmittaus HVL:lla	FI-22012/13	17,022		kg/s	sis. pastak. HVP-lauhteen
	FRQ-06004		16,92	kg/s	vertomittaus PT:lla
I-tila	TI-22265		107,7	°C	
entalpia			452	kJ/kg	lask. VLA-palautus PK13:ita
teho			7 694	kW	6,632 kg/s
APU1-VLA-paluu toimitusmittaus HVL:lla	FI-22009/11	0,043			VIRHETTÄ ?
I-tila	TI-22267		88,4	°C	
entalpia			370	kJ/kg	
teho			16	kW	
PK8 Pastakeittion tarpeet	0,5	-0,300		kg/s	vähennys PK13-määrästä
PK13-linjan HMP+HVP -kulutus yhteensä		20,518		kg/s	
LAUHTEENPALAUTUS-%		81,7 %		%	HVL-mukaan
VLA KULUTUS + HÄVIKKI		3,753		kg/s	
APU1-VLA-paluu mittausvirhe (kun pieni virtaus)		0,557		kg/s	arvioitu HMP-mukaan
SK13# kostutushöyry, suora		1,000		kg/s	arvioitu
SK13# kostutushöyry, jäähdytys-VLA		0,030		kg/s	arvioitu 3 %
SK# lämmityskierron täyttölauhde,		0,060		kg/s	arvioitu, telanvaihdon yhteydessä
HVP-hävikki		0,093		kg/s	yo. HVP-tasearvo
PK13 höyrylaatikko 1	FRQ-06161	0,750	0,56	kg/s	virhe, arvio ~0,6...1,0 kg/s
PK13 höyrylaatikko 2	FRQ-0716	0,750	0,03	kg/s	virhe, arvio ~0,6...1,0 kg/s
Höyrylaatikot, jäähdytys-VLA		0,045		kg/s	arvioitu 3 %
PK13-linjan HMP-hävikki		0,217		kg/s	yo. HMP-tasearvo
PK13 VIB-lämmitys		0,200		kg/s	arvio, lauhteet kanaaliin
PK13 kiertovoitelulämmitys		0,020		kg/s	arvio, lauhteet kanaaliin
höyrypostit, säiliöiden kostutus		0,020		kg/s	arvio, lauhteet kanaaliin
seisokkiajo viirakaivoon, tasevirhe, vuodot		0,011		kg/s	tasevirhe

Havaintoja ja analysointia

- HVL- mittausten mukainen lauhteen palautus on ollut ~82 %
- PK13-linjan lauhteen palautuksen lämpöteho on ollut kesällä noin 8 MW vastaten 14 % tulevan höyryn kokonaistehosta 57 MW
- PK13-linjan alueelta palautetaan lauhdetta neljää pääputkea pitkin, joissa kahdessa pääputkessa on myös PTL:n päässä Wedge- seurattu määramittaus: ne vastaavat ~3% tarkkuudella HVL:n toimitusmittauksia
- PK13 lauhteenpalautusmäärän mittausarvo on ~0,5 kg/s enemmän, kuin sinne höyrymittausten mukaan johdetaan (ristinajoja ?)
- APU – alueelta pieni kesäajan virtaus alittaa mittausalueen -> kalibrointi/lisämittaus
- pastakeittion lauhteen palautuksessa PK13 säiliöön ei ole määramittausta
- PK- höyrylaatikoiden kautta kulkeutuu todennäköisesti lauhdetta pois palautuksesta niiden näyttämää höyryvirtausta enemmän -> kalibrointi
- paperiradan kostutuslaitteen (VIB) lauhdetta ei oteta talteen: ellei kanaaliin ajolle ole perustetta on talteenotto suotavaa: yht.~0,2 kg/s **[TPE-05]**
- HVL:n PK13-linjan lauhemittausten yhteismäärä vastaa talviajossa riittäväällä tarkkuudella PTL:n PK13-linjan lauhteen kokonaispalautusta
- VLA- häviö/tasevirhe on <50 kg/h, kun edellä esitetyt mittausvirheet on korjattu.

HVL:N ja PTL:n kuukauden 08/2010 keskitehojen jakautuminen on esitetty seuraavassa Sankey-diagrammissa:



Kuva 17

Sankey-diagrammi HVL-PTL -keskitehot 08/2010

6 H&L – järjestelmän toiminta-katselmus

Toteutettuja julkisesti tuettuja energiatehokkuustoimenpiteitä on nähtävissä nettiosoitteessa: www.motiva.fi – toimenpidevinkiksi!

6.1 H&L-siirtojärjestelmän lämpöhäviöt

Höyryverkoston lämpöhäviöiden suuruutta on arvioitu siirtoputkiston määrän ja vallitsevien käyttölämpötilojen avulla. Lämpöhäviöille on haettu teoreettinen maksimimäärä tilanteesta, jolloin putkia ei olisi eristetty lainkaan, minimimäärä tilanteesta, kun ne on eristetty taulukon B.4 (SFS3977) mukaan. Todellinen lämpöhäviö on arvioitu lauhteenoistinten kuntokatselmuksen yhteydessä havainnoidun eristämistason pohjalta. Lauhdeputkistojen osalta on huomiotu 4 palautusputkea. Lämpöhäviöiden osalta on päädytty seuraavaan arvioon:

Taulukko 15 PK13-H&L-siirtoverkoston lämpöhäviöt

Putken koko	Putki pituus [m]	L-tila [°C]	Eristys B.4 [mm]	Eristys osuus [%]	Putken lämpöhäviöt [kW]		
					ei eristetty max	eristetty min	toteuma Arvio
DN700	600	145	140	100,0	615	41	41
DN600	130	145	120	100,0	117	11	11
DN500	75	145	120	99,7	58	5	6
DN400	15	145	120	100,0	10	1	1
DN350	30	145	100	100,0	17	2	2
DN300	40	145	100	91,8	21	2	4
DN250	70	145	100	100,0	32	4	4
DN200	300	200	120	100,0	173	18	18
DN200	105	145	100	99,8	39	5	5
DN150	25	200	100	100,0	11	1	1
DN150	300	175	100	99,0	115	14	15
DN150	681	145	100	99,4	204	25	26
DN150	450	105	80	97,8	72	12	13
DN125	500	200	100	99,0	196	26	27
DN125	60	175	100	100,0	20	3	3
DN125	230	145	80	99,7	59	9	9
DN125	300	105	80	96,7	41	7	8
DN100	390	145	80	93,3	84	12	17
DN100	350	105	80	97,1	41	7	8
DN80	50	175	80	100,0	11	2	2
DN80	20	145	80	99,5	3	1	1
DN65	60	145	80	95,0	9	2	2
DN50	80	200	80	100,0	15	3	3
DN50	5	175	80	80,0	1	0	0
DN50	120	145	80	97,8	15	3	3
DN40	10	145	80	95,0	1	0	0
DN32	15	145	60	90,0	1	0	0
DN25	40	145	60	98,0	3	1	1
DN20	20	145	60	90,0	1	0	0
Yhteensä					1 984	215	230
Vuosienergia					16 464	1 782	1 906
Lämpöhäviöt					3,36	0,36	0,39
Energiakustannus					412	45	48
Kustannusosuus					3,36	0,36	0,39

Arvio H&L-siirtoputkistojen lämpöhäviöistä on 230 kW, joka antaa häviöenergiaksi ~2000 MWh/a (~0,34 %) vastaten kustannusta 48 k€/a. Häviöt vastaavat höyrymäärän 360 kg/h lauhtumista.

Lämpöhäviöt ovat pieniä tässä kohteessa erityisesti siksi, että rungot ovat melko lyhyitä ja ne kulkevat maanalaisissa tunneleissa avoimien putkisiltojen sijaan.

Paperi Oy:n höyryn kulutus 2008 on ollut ~700 GWh/a, josta 70 % ~ 490 GWh/a kohdistuu PK13-linjan osalle. Energianhinnalla 25 €/MWh saadaan PK13-linjan höyrykustannukseksi 12,25 M€/a. Täydellisellä eristämällä saavutettava säästöpotentiaali on vain ~125 MWh/a, joka kustannussäästönä ~3 k€/a on lähes merkityksetön (0,03 %).

6.2 H&L-siirtojärjestelmän painehäviöt

Höyryverkon painehäviöiden suuruutta on arvioitu pääputkien virtausmäärän ja putkihalkaisijan perusteella. PK13 runkolinjojen tilanteet on esitetty ao. taulukossa:

Taulukko 16 PK13-höyryn runkoputkien painehäviöt

VUOSI 2008		HMP1-PK13	HMP2-PK13	HVP-PK13
Paine, keskiarvo	kPa,a	305	319	1289
Lämpötila, keskiarvo	°C	155	153	228
Putkikoko	DN	700	700	175
Virtausmäärä, keskiarvo	kg/s	8,48	11,21	2,91
Virtausnopeus	m/s	14,0	17,6	18,5
painehäviö	kPa	1,02	1,68	36,3
Virtausmäärä, maksimi	kg/s	12,15	17,25	4,36
Virtausnopeus	m/s	20,1	27,1	27,8
painehäviö	kPa	2,04	3,81	78,3
Tulistuksen poistoteho	kW	427	389	276

HMP- runkoputkien virtausnopeudet ovat maltillisella tasolla, 15 m/s, kun normaali mitoitussnopeus on 20...30 m/s. Näin ollen putkistojen painehäviöt muodostuvat pieniksi (< 1 %), joten potentiaalia parantaa energiatehokkuutta putkikokoja suurentamalla ei tässä tapauksessa ole nähtävissä.

HVP- runkoputken painehäviö on suurempi (< ~3 %), mutta se ei ole haitallista painetason ollessa nykyisiin tarpeisiin nähden riittävä (SK-lämmitys). Myöskään sähkönsähkön kehitystä ei voida HVL-lla lisätä, sillä turbiinin väliotto ei ole säädettävissä.

Painehäviöt ovat pieniä tässä kohteessa myös siksi, että rungot ovat melko lyhyitä HVL:n ja PTL:n läheisen sijainnin vuoksi ja höyryn kulutukset paperikoneen puristinosan kehittymisen myötä ovat laskeneet alkuperäisestä mitoituksesta.

Havaitaan myös, että jakeluputkistojen aiemmin arvioidut lämpöhäviöt 230 kW ovat alhaisemmat, kun tulistuksen poistoon tarvittava teho jopa kussakin linjassa erikseen. Tällöin höyry saapuu aina tulistettuna käyttökohteeseen ja linjavesitykset toimivat normaaliolosuhteissa kuivissa linjoissa lähinnä lauhtumattomien kaasujen poistona höyryn lauhtuessa vain vesityshaarassa seisovassa virtauksessa sen lämpöhäviöitä vastaavasti.

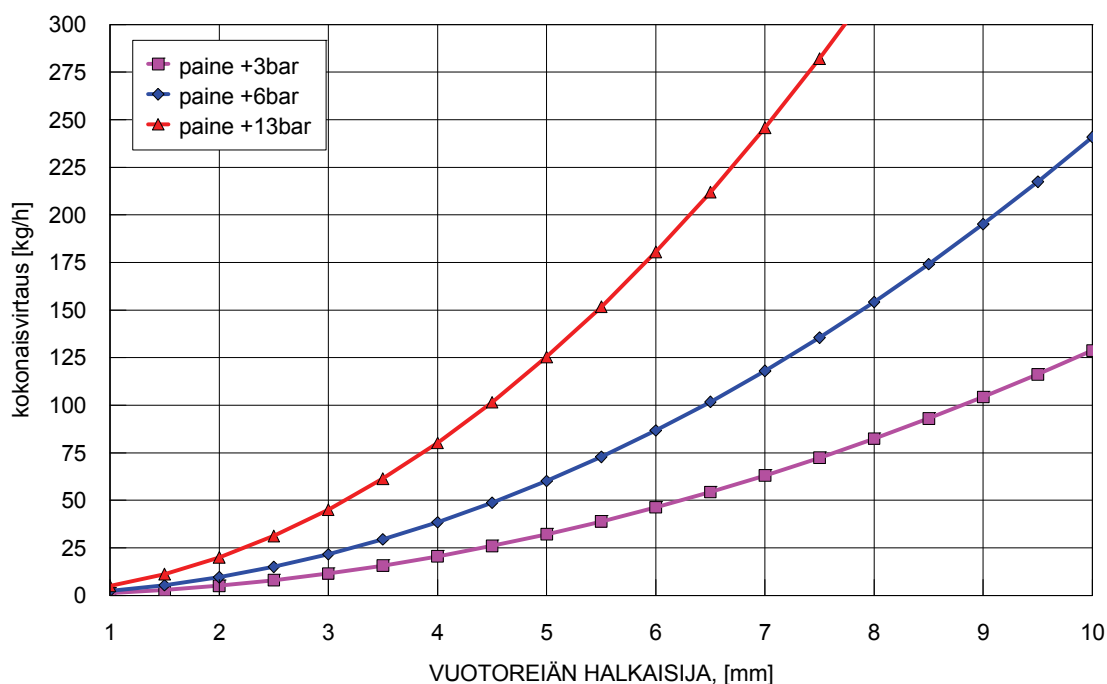
Höyrylinjavesitysten toiminnan parantaminen:

Koko PK13-linjan höyryverkoston vesityksistä, ~96 kpl, johdetaan nyt kanaaliin 50 kpl. Höyrynjakelun toimiessa kuivana ei niiden ottaminen talteen ole energiataloudellisesti kannattavaa.

Putkigeometrian lisätessä lauhteenpoistimen vikaherkkyttä on putkimuutos sen korjaamiseksi kuitenkin suotavaa. Samassa yhteydessä, ellei vesitystaskussa ole kanaalityhjennystä, on poistimen ohituslinja, jota käytetään vesityksenä putken lämmityksen yhteydessä, edullista johtaa kanaaliin. Tällöin sen auki unohtuminen lämmityksen jälkeen vähenee höyryvuodon visuaalisen havainnoinnin myötä.

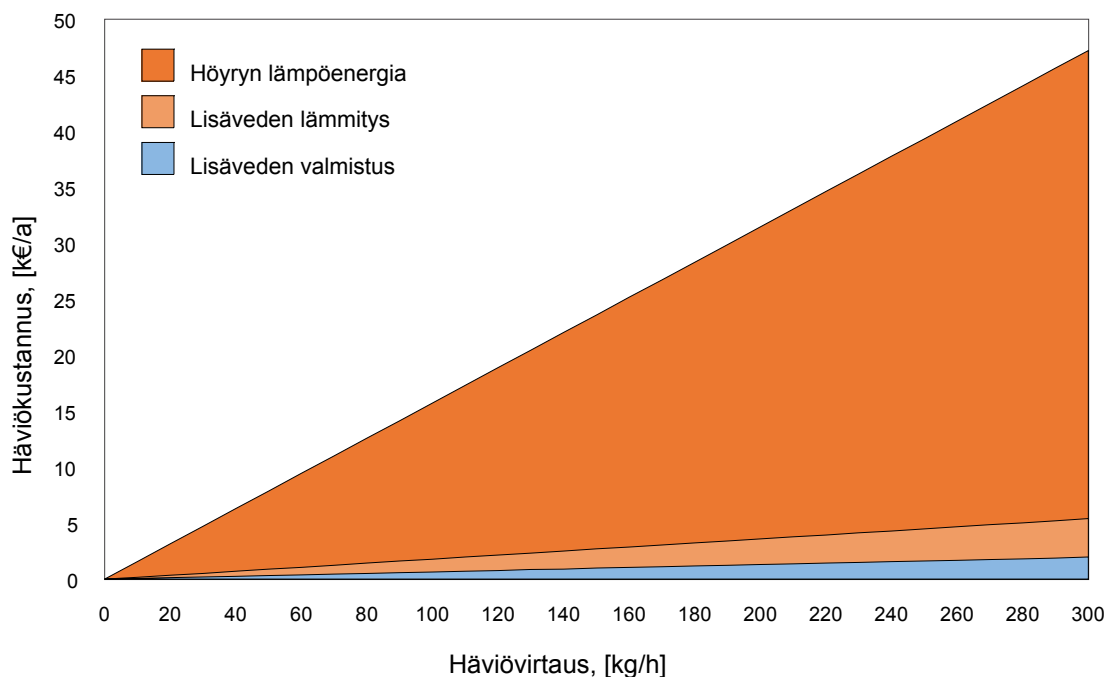
Välipainehöyrylinjojen vesitysten mahdollisessa talteenotossa on huomioitava talteenottosäiliön suojaus, sillä välipainehöyryn maksimipaine on usein lauhdesäiliön suunnittelu-painetta korkeampi. HVP-vesitysten ohituslinjat johdetaan em. syystä usein kanaaliin.

Kaikki mekaaniset vuodot on syytä korjata viivyttämättä, sillä viivyttely lisää aina vuodosta aiheutuvia häviökustannuksia korjauskustannusten pysyessä vähintäänkin muuttumattomina. Oheiseen diagrammiin on arvioitu höyryvuodon määrää vuotoreiän koon funktiona eri painetasoilla.



Kuva 18 Höyryvuodon määrä vuotoreiän koon ja paineen funktiona

Pelkät lauhdevuodon aiheuttamat kustannukset jakautuvat VIV- veden valmistuksen kemikaali yms. kustannuksiin sekä lisäveden lämmityksen kustannukseen. Matalapainehöyryvuodossa tulee lisäksi menetetyn HMP- lämmön kustannus. Kustannukset on arvioitu oheiseen diagrammiin vuodon määrän funktiona.



Kuva 19 H&L-vuodon vuosikustannus

Lauhteenpoistinten tyyppimuutokset

Lauhteenpoistinten päätyypit sulkeutumisperiaatteen mukaan jaoteltuna ovat:

Taulukko 17 Lauhteenpoistinten päätyypit

NIMITYS	SULKEUTUMISTAPA	HUOMAUTUS
Mekaaninen uimuri	Lauhdepinta	Uimuri
Terminen Bi-metalli	Alijäähdytys kyll. lämpötilaan nähden	Bi-teräspakka
Terminen kapseli	Alijäähdytys kyll. lämpötilaan nähden	Kalvokapseli
Termodynaaminen	Lauhteen höyrystyminen/ dyn. paine	Mekaaninen sulkulevy
Pressostaattinen	Vakiopaine/paine-ero	Starttivesitys
Termostaattinen	Vakiolämpötila	Jäätymissuoja

Suurille kulutuskohteille käytetään mekaanisia uimuripoistimia (1..N kpl) tai termisesti apuohjattuja ns. suurtehopoistimia, joiden kapasiteetti ja soveltuvuus on tarkasteltava aina tapauskohtaisesti. Myös poistintyyppien yhdistelmiä voidaan käyttää, mutta lauhteenpoistinten tyypin valinnassa on aina huomioitava niiden toimintaperiaatteen soveltuvuus käyttökohteiden asettamien toimintaedellytysten mukaiseksi. Erityisesti on huomioitava kohteen höyrynkulutuksen säätötapa (alipainetilanteet) sekä käytettävissä oleva paine-ero ja geodeettinen korkeusasema talteenottosäiliöön nähden.

Mikäli lauhteen talteenottolinjan korkeustasoa on tarvetta nostaa, on se vesitystapauksissa mahdollista, mikäli paisuntahöyryä muodostuu paine-erosta johtuen riittävästi. Tällöin putkinousu on tehtävä kerralla ja välittömästi lauhteenpoistimen jälkeen, jolloin muodostuva paisuntahöyry puhaltaa lauhteen mukanaan yläputkeen ennen kuin se ehtii kerrostua putken pohjalle aiheuttaen vesi-iskutilanteen. Poistimen tyypin valinnassa tulee tällöin huomioida sen alijäähdyttämisen alentava vaikutus paisuntahöyrymäärään.

Seuraavassa taulukossa on esitetty tyypillisimmät suositukset lauhteenpoistimen valinnalle käyttökohteittain:

Taulukko 18 Lauhteenpoistimen valintasuositus

KOHDE	LP-TYYPPI	SUOSITUS
Putkistovesitys	Terminen kapseli	HMP/HVP -jakelu
	Terminen Bi-metalli	HKP/HVP/HMP -jakelu
	Termodynaaminen	HMP/HVP/HKP -jakelu
	Mekaaninen uimuri	Kyll.HMP/HVP -höyryn jakelu
	Pressostaattinen	Autom. vesitys käynnistyksessä
	Termostaattinen	Autom. tyhjennys jäätymissuoja
Ilmalämmityspatterit	Mekaaninen uimuri	Kun TC-säätö, perusvalinta
Lämmönsiirtimet	Mekaaninen uimuri	Perusvalinta
	Terminen kapseli	Pienet tehot, kun alij. sallittu
	Suurtehopoistin	Tapauskohmainen tarkastelu
Erikoiskohteet	Valinta tapauskohtaisesti	Parh. soveltuva tyyppi

Tarkastelualueella havainnoitiin yhteensä 31 kpl tyypiltään ”ei suositeltavia” poistimia, joista suurin osa toimi kuitenkin kohteessa moitteetta. Monesti ”oikean” tyypin valinta perustuu henkilökohtaiseen kokemukseen/näkemykseen poistimen soveltuvuudesta vastaaviin kohteisiin. Yllä esitetyn yleisen valintaohjeen mukaisesti tarkastelualueella oli vain <5 kpl ehdottomasti ”väärän” tyyppisiä poistimia: mm. lämmönsiirtimien poistimina oli käytetty liikaa alijäähdyttävää termisesti apuohjattua poistinta, joka aiheutti vesilastin lämmönsiirtimessä. Ne tulee virittää/korjata 2–3 °C alijäähdytykselle tai vaihtaa uimuri-poistimiksi siirtimen oikean toiminnan varmistamiseksi. **[TPE-03]**

Kulutuskohteiden lauhteen talteenotto

Eri kulutuskohteiden lauhteet on pyrittävä ensisijaisesti ottamaan normaaliajossa talteen. Kuitenkin käyttökohteissa, joissa vauriotilanteessa on vaarana haitallisen aineen joutuminen lauhteenkeräilyyn, on lauhteet usein johdettu suoraan kanaaliin. Likaantumisriski aiheutuu useimmiten höyrysiirtimen mahdollisen vuodon johdosta, jolloin tätä likaantumisriskiä arvioitaessa on huomioitava vallitseva paine-ero.

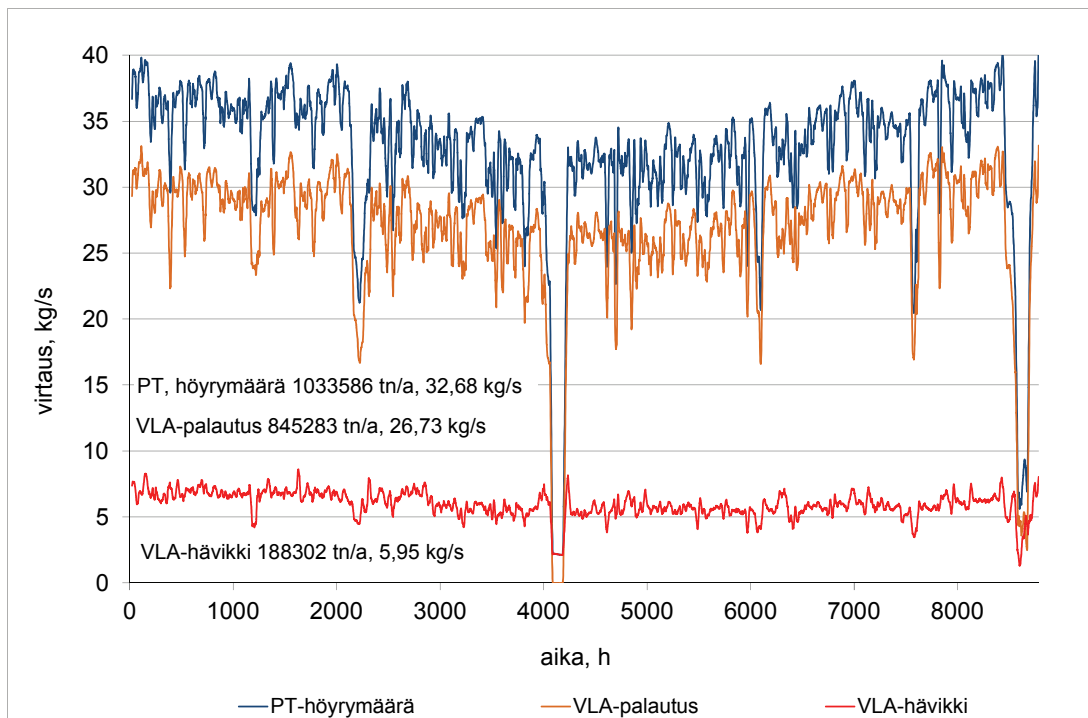
Likaantumisriskin ollessa todellinen on ulosajo usein perusteltua kulutusmäärän ollessa vähäinen. Suurissa kulutuskohteissa on yleensä edullista järjestää lauhteen puhtauden valvonta jatkuvalla mittauksella ja ohjata automaattisesti vain vauriotilanteen aiheuttama epäpuhtas lauhde kanaaliin. Tarkastelualueella on kaikissa lauhdepalautuslinjoissa (4 kpl) HVL:lla johtokykymittaus, joka ohjaa likaantuneen lauhteen automaattisesti ulos.

PK13 -H&L-järjestelmässä havainnoitiin vain 2 kpl kulutuskohteita (= VIB- kostutukset), joiden lauhde tulisi ottaa talteen. Saavutettava lisävesisäästö on 0,2 kg/s. Kiertovoitelun lämmityssiirtimien tehon ja käyttöajan ollessa pientä, ei niiden lauhteiden talteenotto ole perusteltua likaantumisriskin vuoksi. Viirakaivojen yms. muiden suorahöyrylämmitysten vuotuisen käyttötarpeen ollessa vähäistä, ei niiden muuttaminen välilliseksi lämmitykseksi ole perusteltua eikä usein edes teknisesti helposti toteutettavissa. **[TPE-05]**

Lauhdemittausten oikeellisuus

Lauhdehävikkiä H&L-järjestelmästä tarkasteltiin vuoden 2008 mittaustietojen perusteella. Alla esitetyssä diagrammissa nähdään, että keskimääräinen PTL:n lauhdehävikki on ollut ~6,0 kg/s, joka koostuu pääasiassa prosessin suora höyrykulutuksista kuten puristinosan höyrylaatikot ja radan kostutushöyryt. PK13-lauhdehävikiksi on kohdentunut 4,41 kg/s.

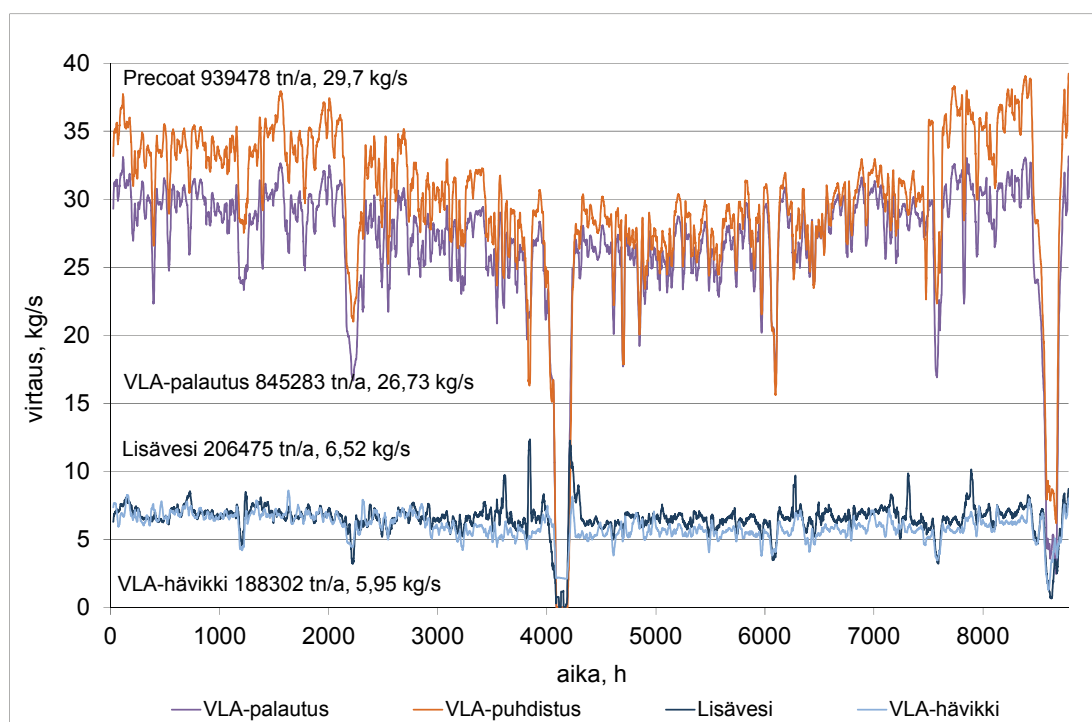
Kuvaaja näyttää lisäksi, että kesäseisokin aikana kulutettua höyryä ei olisi palautettu, jolloin lauhdehävikki on tasolla 2 kg/s. Suorahöyrykäyttöä ei kesäseisokin aikana ole kuitenkaan tiettävästi ollut, joten kyseinen ero johtunee pienten palautusvirtausten mittausten epätarkkuudesta. Tällöin mittaukset ovat näyttäneet nollaa, koska todellinen virtaus on ollut viritetyn mittausalueen 0-peiton alapuolella.



Kuva 20 PTL:n lauhdehävikki vuonna 2008

Pienten mittausten epäluotettavuutta tukevia havaintoja tehtiin myös elokuun 2010 tuotantotilanteen tasetarkastelussa. Tällöin APU -alueella kului PTL-höyrymittausten mukaan noin 0,6 kg/s höyryä, mutta vastaava HVL:n lauhteenpalautus indikoi ~0 virtauksen. Virhettä on voinut aiheuttaa myös palautuksen jaksottainen toiminta.

Lauhdehävikkiä tarkasteltiin lisäksi HVL:n omien mittausten perusteella vuoden 2008 mittautustietojen perusteella. Alla on vertailtu PTL- lauhteenpalautuksen ja vastaavan HVL:n lauhteen puhdistuksen (precoat) vastaavuutta - erotus on HVL:n OK- lauhdetta. Talviaikana on OK- lauhteen osuus lisääntynyt K2:n KP- esilämmittimien käytön myötä. Edelleen on vertailtu mitattua HVL:n lisävesimäärää ja mittauksista laskettua PTL- lauhdehävikkiä. Erotus on HVL:n omaa lauhdehävikkiä (ulospuhallus, nuohous yms.), joka on keskimäärin ollut ~0,6 kg/s. Myös näissä diagrammeista on nähtävissä kesäseisokin ~2 kg/s oleva lauhdehävikki, vaikka lisävetä ei juuri ole tarvittu.



Kuva 21 HVL:n lisävesimäärä vs. PTL:n lauhdehävikki

PK13-H&L-järjestelmää koskien suositellaan, että lauhteenpalautusten kapasiteetit ja toiminta järjestellään tarvetta vastaavaksi ja mittaukset kalibroidaan toiminta-alueeltaan vastaamaan toteutuneita palautusmääriä.

Likaisen lauhteen ulosajo

Suuren lauhdehävikin H&L-järjestelmän kierrosta aiheuttaa aina likaisen lauhteen ulosajo, joka havaitaan useimmiten ensiksi HVL:n johtokykymittauksista ja kohdentuu tällöin koko palautuslinjan kanaaliin ajoon kerralla. Tämän välttämiseksi on potentiaaliset likaantumiskohteet jo PTL:llä varustettava yksittäisillä laatumittauksilla, jotka voivat myös paremmin kohdentuvat mittaamaan juuri todennäköistä haitta-ainetta.

HVL:lla olevat likaisen lauhteen ulosajorajat tulee olla kattilana painetason suositusten mukaiset, esim. DENÅ antaa ~90 bar kattilalle: epäsuora johtokyky <40 mS/m, pH25 8,5–9,5, happi <0,01 mg/kg, rauta <0,02 mg/kg. Hylkyrajat tulee optimoida aiheutuvien lisävesikustannusten ja likaisen lauhteen puhdistuksen/kattilahaittojen suhteen. Tarpeeton lauhteen ulosajo alentaa energiatehokkuutta lisävesikustannusten vuoksi.

Eri kulutuskohteiden lauhteet kerätään talteen osastokohtaisiin palautussäiliöihin, joihin myös mahdollinen vesitysten paisunta- ja läpipuhallushöyry kulkeutuu. Paperikoneen PK13 päälauhdesäiliö on varustettu hönkälauhduttimella, joissa valmistetaan VLM- vettä konelinjan tarpeita varten. Säiliön paine hallitaan säätämällä lauhduttimelle johdettavaa vesivirtausta. Se määrittää samalla lauhteen palautuslämpötilan. APU- lauhdesäiliön 1 hönkä lauhdutetaan raakavedellä kanaaliin ja APU-lauhdesäiliön 2 hönkä lauhdutetaan raakavedellä kuorimon tarpeita varten.

Lauhteen palautuslämpötilat v. 2008 on esitetty ao. taulukossa:

Taulukko 19 **PK13-linjan lauhteen palautuslämpötilat v. 2008**

Piiri	Kohde	LT-keski	LT-max.	Huom.
TI-22233	HVL	100,0	108,0	Lauhdesäiliö, HVL-keräily
TI-22266	PK13A	97,5	104,3	LTO VLM-veteen
TI-22265	PK13B	103,3	112,9	LTO VLM-veteen
TI-22267	APU1	90,1	100,6	VRA-vesilauhdutin, kanaaliin
TI-22264	APU2	77,0	92,2	VRA-vesilauhdutin, kuorimolle

PK- konelinjat käyttävät normaaliajossa myös tuorehöyryä VLM- säiliön lämpötilan ylläpitämiseksi, joten lisälämpö ko. VLM- järjestelmiin on perusteltua. Lauhduttimen tuottaman kuumen veden lämpötilan on kuitenkin oltava aina VLM- säiliön lämpötilaa korkeampaa, jotta LTO toimisi energiatehokkaasti. Tällä säätötapa on energiatehokas vain, jos lauhduttimen lämpöpinta on riittävä kaikissa ajotilanteissa. Lauhduttimen kapasiteetin ollessa riittämätön kulkeutuisi liian viileää vettä suoraan VLM- säiliöön johtaen lisääntyvään tuorehöyryn käyttöön – pahimmassa tapauksessa jopa samanaikaiseen VLM- säiliön ylikäyttöön ja lisähöyrynkäyttöön.

Vaihtoehtoinen ja tapauskohtaisesti harkittava hönkälauhduttimen ajotapa on pitää poistuvan VLM-veden lämpötila aina VLM-järjestelmän edellyttämällä tasolla. Tällöin vain mikäli lauhduttimen kapasiteetti on riittämätön nousee päälauhdesäiliön paine ja lauhde palautetaan tällöin normaalia kuumempaa voimalaitokselle. Tämä on paperitehtaan kannalta energiataloudellisempaa, koska lauhteen palautuslämpötila huomioidaan tehtaan höyryenergian kulutuksessa. Tämä on jo hyvin yleinen tapa mm. sylinterikuivatusosan loppuhöyryn lauhduttimella. Lisäksi on edullista näyttää esim. vesipuolelta laskeutu hönkälauhduttimen teho DCS-näytöllä, joka indikoi vikatilanteet tehokkaasti.

APU-alueiden lauhdesäiliöiden lauhteen lämpötilat ovat selkeästi alle 100 °C, joten ne toimivat alipaineessa, mikä ei ole toivottua palautettavan lauhteen happipitoisuuden kannalta. Tämä aiheuttaa hapenpoistokemikaalien kulutuksen lisäystä HVL:lla. Lisäksi lauhteen palautus muuttuu pienillä kuormilla jaksottaiseksi, joka aiheuttaa epätarkkuutta palautusmäärän laskentaan. Mittausten toiminta-alueet on myös syytä tarkistaa, sillä

- APU1-pumppauskapasiteetti on ~18 l/s, kun max. 2008 virtaus on 2,3 l/s
- APU2-pumppauskapasiteetti on ~15 l/s, kun max. 2008 virtaus on 0,9 l/s

Paperikoneen PK13 lauhdejärjestelmän paisuntahöyryjen hyödyntämisessä ei ole muutostarvetta, mutta APU-alueiden lauhteenpalautuksen mitoitus tulisi tarkistaa tarvetta vastaavaksi ja samalla arvioida höngän LTO- mahdollisuudet.

6.5 Ulkopuolisen LTO- energian hyödyntäminen

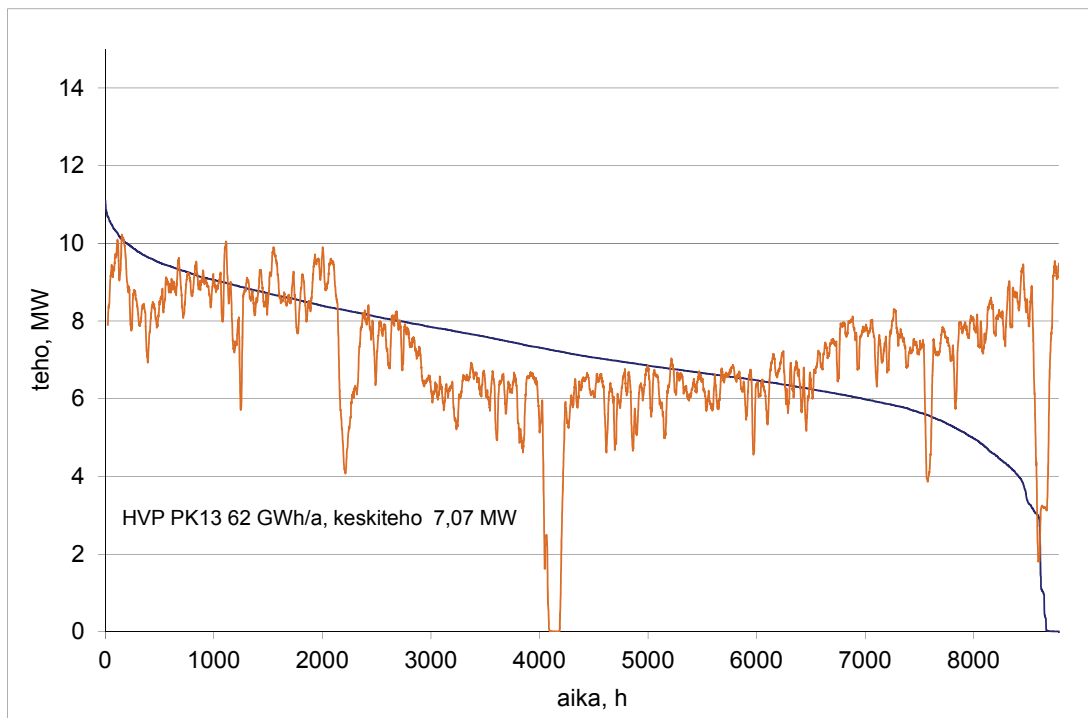
Usein prosessin ylimäärälämpöä otetaan talteen tehtaan lämmitysvesiverkostoihin, jotka on vain varmistettu höyryllä seisokkeja ja huippukuormaa varten. Näin on toimittu PK13 konesalien lämmitysten osalta, jossa LTO- lämpö saadaan huuuvan korvausilmasta salia lämmittävään glykolivesikiertoon (=AHR).

PTL:n alueelta on tehty erillinen kaukolämpöselvitys 2007, josta ilmenee, että PTL:n alueella on kokonaan tai osittain 12 lämmitysverkkoa: 7 kaukolämpö/alueämmitysverkkoa ja 4 AHR-verkkoa sekä lisäksi kaupungin KL-verkon kaukolämpökeskus. Tilojen lämmityksen lisäksi on ko. lämmitysverkostoihin liitetty myös muutamia prosessilämmityskohteita. Kaukolämpöverkkojen yhteisen tehon on arvioitu mittaus-ten perusteella olevan ~12 MW, kun ulkolämpötila on ollut -25 °C – installoitu tehon ollessa ~30 MW. KL-veden menolämpötila eri piireissä on tällöin vaihdellut välillä 60...90 °C. Selvityksessä on ehdotettu, että pääosasta verkkoja muodostetaan uusi yksi kaukolämpökeskus, jota lämmitetään matalapainehöyryllä PTL:n alueella.

Samalla alueella sijaitsee myös mm. hiomon prosessijäähdytystarpeita, jonka LTO-lämpöä hyödynnetään nyt PH4:n AHR-rakennuslämmitykseen talviaikana (2,1 MW). LTO-tehon käyttö on rajoitettua, koska em. lämmityskierrot ovat vanhoja ja ne on mitoitettu usein liian korkealle lämpötilatasolle (60/90 °C). Periaatteellinen tuorehöyryn säästöpotentiaali on kuitenkin olemassa kohdentuen talviajan kulutukseen.

PK13 – osalta on potentiaali nähtävissä selvimmin välipainehöyryn kulutuksen vuoden-ajan mukaisena vaihteluna ollen karkeasti noin 1 MW. Lämmitystehon huipunkäyttöajan 3000 h/a ja lämmön hinnan 25 €/MWh mukaan arvioituna saadaan vuosienergiaksi 3 GWh/a vastaten säästöpotentiaalia ~75 k€/a.

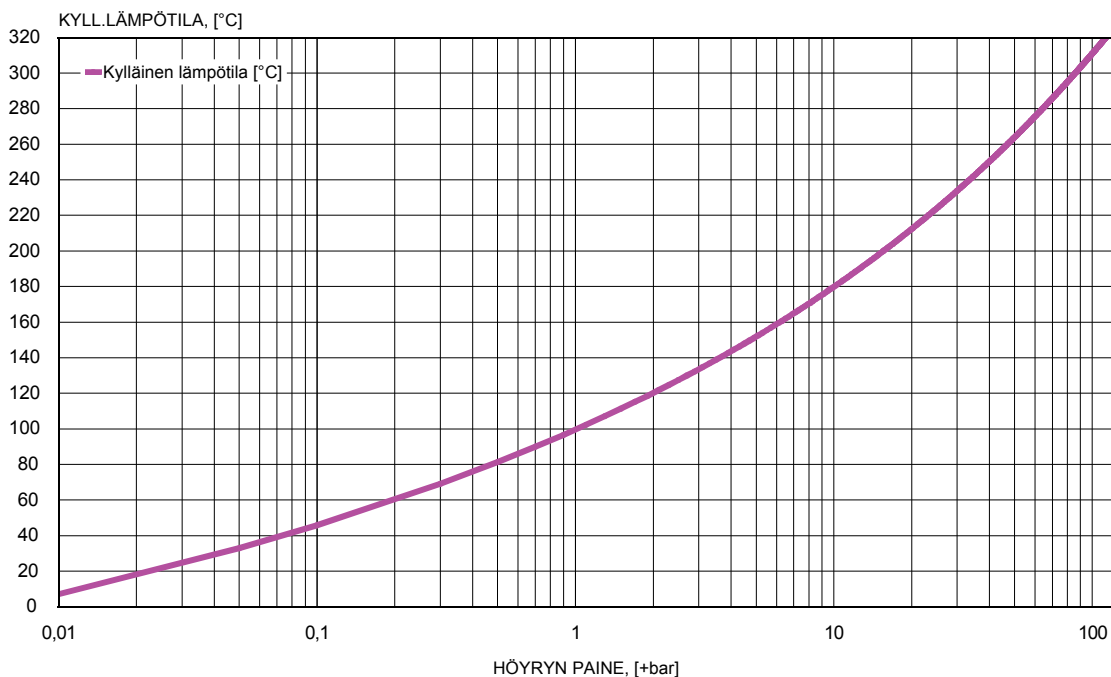
Mahdollisen uuden PTL:n KL-keskuksen mitoituksessa tulee huomioida myös tehokkaampi LTO-energian käyttö. Se edellyttää kuitenkin mittavia investointeja VKL- verkkojen lämmön kulutuskohteiden lämmönsiirtopintojen lisäämiseksi siten, että ne ovat riittävät esim. lämpötilatasolla 30/50 °C. Muutoksen kustannusarvio edellyttää lisäselvityksiä. Lisäksi nämä kohteet on pääosin kohdan 5.6 HVP- kulutuksia, jolloin tätä KL-ehdotusta ei ole päällekkäisyyden vuoksi huomioitu tässä katselmuksessa.



Kuva 22 PK13-linjan vuotuinen välipainehöyrytehovaihtelu v.2008

6.6 Kulutuskohteiden painetasojen optimointi

Höyryn käytössä sen painetaso määrittää saavutettavan lämpötilatason höyryn p,T- kyläisyyskäyrän mukaisesti. Kulutuskohteissa tulisi käyttää mahdollisimman alhaista painetasoa, jolloin laitoksen kokonaisenergiätehokkuus maksimoituu.



Kuva 23 Kylläinen höyryn lämpötila paineen funktiona

PK13- linjalle höyryä jaetaan HVL:lta kahdella eri painetasolla:

Matalapainehöyry +2,1 bar ($T''=134,7\text{ °C}$)

Välipainehöyry +12 bar ($T''=191,6\text{ °C}$)

Välipainehöyryn korvautuessa matalapainehöyryllä saavutetaan suurempi sähkön kehitys turbiinilla höyryn paisuessa vastapaineeseen asti. Täyttä hyötyä ei kuitenkaan saavuteta, koska osa välipainehöyrystä tehdään ohi turbiinien: höyryakulla, reduktioilla R11 ja R21 tai kattilalla K3, jolloin niiden osalta lisäsähköä ei synny. Tällä PK13-linjan tarkastelualueella on kohdan 5.1 taseiden perusteella alustavasti havaittu keskivirtausta +1,6 kg/s vastaava HVP->HMP -painetasomuutosten avulla saavutettava tehostuspotentiali. Se koostuu mm. superkalantereiden kustutushöyrystä ja joistakin rakennuslämmityskohteista APU-alueella. **[TPE-07]**

Turbiinin VP2 toimintaparametrien avulla on tarkasteltu 1,6 kg/s HVP->HMP – kulutusmuutoksen vaikutusta voimalaitoksen vuosienenergioihin. Tarkastelussa muutoksen on katsottu kohdistuvan pelkästään turbiinin VP2 osalle, jonka koko läpivirtaus myös lisääntyy HVP/HMP- lauhtumisen entalpiaeron suhteessa lisäten myös PA- kulutusta.

Sähkön kehitys lisääntyy	3670	MWh/a
Kustannusvaikutus	165	k€/a
PA- kulutus lisääntyy	1870	MWh/a
PA- kustannus	-37	k€/a
CO ₂ -kustannus	-11	k€/a
Kokonaisvaikutus	117	k€/a

6.7 Siirtoverkostojen painetasojen optimointi

HVL:lla höyryn kehitys PK13 -linjan käyttöön tapahtuu ao. painetasoilla (2008 ka.):

Matalapainehöyry	+240	kPa
Välipainehöyry	+1200	kPa

HVP- ja HMP-verkon painetasot määräytyvät korkeinta painetta vaativien kulutuskohteiden perusteella huomioiden turbiinien läpäisy ja sallitut toiminta-alueet. PTL:lla HMP-verkon minimipaineen sanelee paperikone PK8 ollen raskailla lajeilla kuivatusrajoitteinen ja HVP- verkon painetason samoin PK8:n HVP-ryhmä. PK13 -linjan suhteen höyryn painetasoja voitaisiin alentaa.

Etenkin matalapainehöyryn painetasoa laskettaessa saavutettaisiin suurempi sähkön kehitys turbiinilla, jolloin laitoksen energiatehokkuus paranisi. Turbiinin VP2 välioton paine ei ole säädettävissä, joten HVP- paineen alentamista ei PTL- tilanteessa ole tarkasteltu.

Voimalaitosmallin avulla on tarkasteltu HMP- painetason vaikutusta voimalaitoksen vuosienenergioihin. Referenssitilanteena on ollut vuoden 2008 PTL- kulutukset ja vuoden 2010 mukainen HVL- konsepti.

Tilanne	Sähkö GWh/a	VP1 GWh/a	VP2 GWh/a	PA GWh/a	K2 GWh/a	K1 GWh/a	Kustannus- ero k€/a
Ref. +2,4/+12 bar	170	7,2	162	1 043	910	133	
Kustannus k€/a	8 475			22 175	18 200	3 975	
HMP +2,2 bar	171	7,1	164	1 044	911	133	
Kustannus k€/a	95			41	18 220	3 996	54,0
HMP +1,9 bar	174	7,2	167	1 047	911	136	
Kustannus k€/a	235			128	18 226	4 077	107,0

Vastapainetason alentamista ei ole kuitenkaan huomioitu energiatehokkuutta parantavaksi toimenpiteeksi pelkän PK13-tarkastelualueen perusteella, koska käytännössä PK8 kuivatusosan tarpeet (HVP-ryhmä) sanelevat HMP- ja HVP-verkkojen painetasot. Vaikkakin PK8:n HVP-ryhmä ja PTL:n HVP-verkko(VP1) voitaneen helposti erottaa toisistaan ja muun HVP-verkon painetasoa tällöin laskea, jää turbiinin VP1 nykyisen pienen kuorman vuoksi lisäsähkön tuottopotentiaali pieneksi.

6.8 H&L-järjestelmän mittaukset ja toiminnan linjakohtainen seuranta

H&L-siirtojärjestelmän toiminnan seuraaminen virtaustaseen avulla edellyttää, että verkostossa on riittävästi mittauksia. Yksittäisen lauhteenpoistimen läpipuhallusta on siltikin mahdollonta havaita edes kaikki mittaukset sisältävän taseseurannan avulla. Toki lauhteenpoistimiakin on mahdollista varustaa poistinkohtaisella kunnonvalvonnalla.

Taseselvityksen yhteydessä havaittiin PK13-linjan H&L-järjestelmän osalta puutteellisuksia mittauksissa

- PK8-linjan ottamassa HVP- määrässä eikä osassa PK13-linjan HVP-kulutuksia ole virtausmittauksia: yhteensä alustava HVP- lisätarve on 4 kpl
- osassa PK13-linjan HMP- kulutuksista ei ole määrämittausta: yhteensä alustavasti HMP- lisätarve on 3 kpl
- pastakeittiön VLA- palautuksessa PK13 säiliöön ei ole määrämittausta.

Lisäksi osassa päämittausten takana olevissa suorahöyrykulutuksia ei ole mittauksia. Tarkempi mittausten lisäystarve tulisi selvittää halutun seurantarpeen perusteella tapauskohtaisesti putkireitit ja kytkentämahdollisuudet huomioiden.

H&L-siirtojärjestelmän toimintaa on syytä kuitenkin aina seurata myös virtaus- ja tehotaaseen avulla, joka toimii perustana energiatehokkuuden seurannalle. Seuranta tulee kohdistaa absoluuttisten arvojen lisäksi myös tuotantolinjoittain ominaiskulutuksiksi, jolloin energiakustannukset kohdistuvat suoraan linjan kannattavuuteen. Myös eri osaprosessien energiatehokkuutta kuvaavat mittaukset tulee mahdollisuuksien mukaan toteuttaa, koska ne usein kertovat syyt ominaiskulutuksen muutokseen. Tällainen kohde H&L-järjestelmässä on esim. päälauhdesäiliön hönkälauhdutin, jonka teho on mitattavissa luotettavasti vesipuolelta. Sen avulla on parhaat mahdollisuudet havaita myös yksittäisen talteen otetun vesityksen ohitusventtiiliin (~50 kW) auki jääminen. Sylinterikuivatusosan hönkälauhduttimet ovat jo usein varustettu em. tehomittauksella sen indikoidessa tehokkaasti H&L-järjestelmän kaskadien toimintaa.

H&L-järjestelmän tase seuranta tulisi olla reaaliaikaista, jolloin järjestelmä antaisi esim. hälytystiedon, mikäli seuranta-arvoissa tapahtuisi heilahduksia normaalitasoon verrattuna. Lisäksi on edullista laatia seurantatrendejä ja -raportteja, joissa ilmeneville muutoksille selvitetään aina syyt. Vain tällainen mahdollisimman yksityiskohtainen seuranta motivoi käyttäjiä ja johtaa energiatehokkuuden parantumiseen.

Toteutustapana voisi laatia nykyisten H&L-määrämittausten avulla ohjausjärjestelmään näyttökaavio, johon kaikki PK13-linjan mittaustiedot ja määritetyt ominaisluvut kerätään. Tällöin H&L-verkoston vikatilanteet, kuten verkoston vuodot ja ajovirheet, HVL vs. PTL mittauserot yms., paikantuisivat helpommin ja nopeammin. Kyseisen H&L-järjestelmän näyttökaavion avulla on helpompi muodostaa kokonaiskuva koko tehtaan H&L-verkoston lämmönkulutuksen jakautumista tehtaan eri osiin sekä optimoida lämmönkulutusta.

Tässä tarkastelutapauksessa suositellaan siis laadittavaksi PK13-linjan oma energiankulutuksen seurantarjestelmä, mutta vasta seurantarpeiden määrittämisen jälkeen nähdään tarkasti, mitkä lisämittaukset H&L-järjestelmään edellytetään: jotkut virtaukset voidaan saada esim. putkistojärjestelyillä tai nykyisillä mittauksilla siirtämällä. Tase seurannan ehdoton edellytys on, että kaikki siinä tarvittavat mittaukset ovat olemassa ja ne näyttävät luotettavaa arvoa. **[TPE-08]**

Toiminnan seurannaksi voidaan luokitella myös lauhteenpoistinten säännöllinen kunto-kartoitus. Kuntokartoitus voidaan suorittaa parhaiten kyseiseen tapaukseen soveltuvalla tavalla kuten ultraääni-, lämpökamera- tai lämpötilamittausten avulla. Tuloksena saatavan poistinten kuntoarvion perusteella voidaan kartoitusväliä myös harventaa, mikäli viallisia poistimia ei enää ilmene. Toiminnan parantuminen on toki myös suotavaa.

6.9 H&L-osaamisen tehostus ja toimintojen ohjeistus

H&L-siirtojärjestelmän toiminnan seuraaminen edellyttää termodynamiikan perusteiden hallintaa. Monilla tehtailla höyryn tuottaja ja höyryn kuluttaja ovat eri yhtiötä, jolloin energiatehokkuuden parantamisen toimenpiteet voivat lyhyellä tähtäimellä olla jopa ristiriitaisia. Samalla H&L-osaajat ovat useimmiten keskittyneet voimalaitosyhtiöön, jolloin H&L-järjestelmän käyttötoimet, kuten esim. seisokin jälkeinen ylösajo, edellyttää yhteistyötä eri toimialueiden välillä. Myös voimalaitosten nopea automatisointi on johtanut H&L-henkilökunnan (ylikonemestarit ...) vähentymiseen, mikä edelleen vaikeuttaa normaaliajasta poikkeavien toimenpiteiden suorittamista.

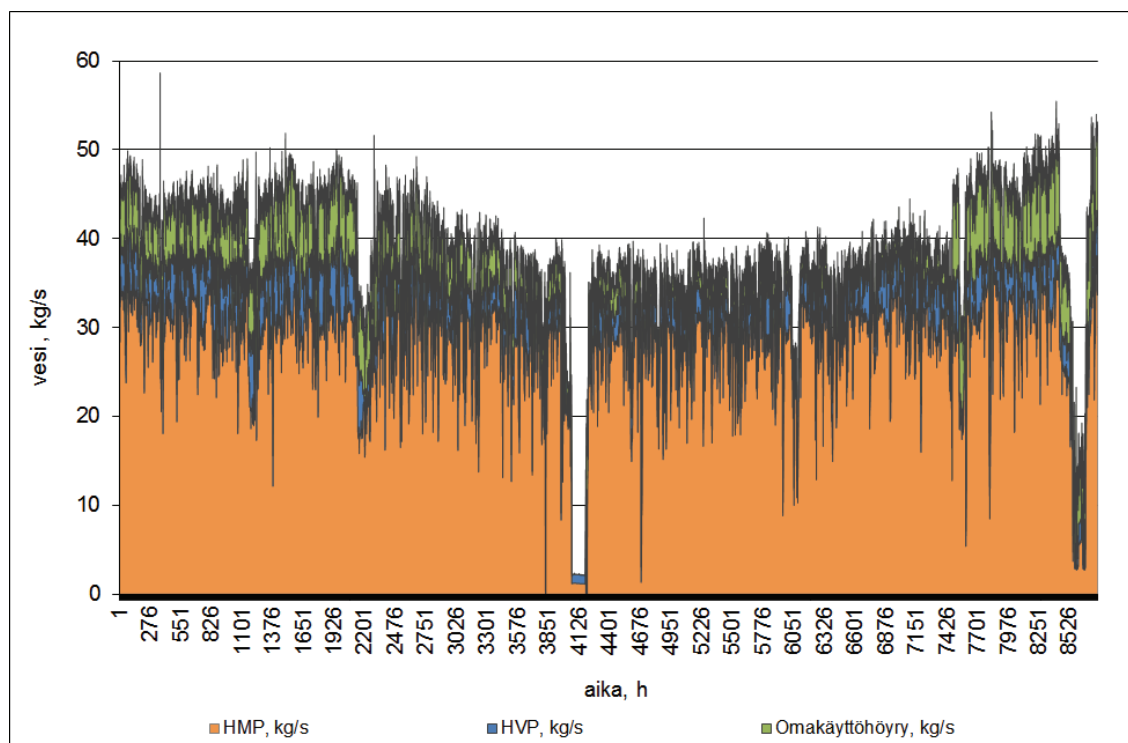
Laitosintegraatilla voi olla kuitenkin yhteinen kunnossapitoyhtiö/-organisaatio, jolloin sen H&L-osaaminen voi ulottua koko H&L-järjestelmän toiminta-alueelle. Tällöin putkilinjojen ylösajotoimet tulisi ulottaa kunnossapidon piiriin. Kokonaisvaltainen H&L-hallinta yksissä käsissä antaa paremmat mahdollisuudet H&L-järjestelmän energiatehokkuuden ylläpitoon ja parantamiseen.

Riippumatta vallitsevasta tilanteesta integraatissa on H&L-järjestelmään liittyvät perustoiminnot syytä ohjeistaa tarkasti, jotta vältetään pitkäkestoisilta ajovirheiltä, jotka ovat usein itse pääprosessiin vaikuttamattomia. Niistä aiheutuvat lisäkustannukset ovat entistä suuremmiksi nousseiden energiahintojen myötä aina merkittäviä.

Tässä selvityksessä on erityisesti noussut esiin H&L-järjestelmän ylös- ja alasajon ohjeistuksen tärkeys. Sen toteuttamiseksi suositellaan laadittavaksi positiokohtainen ”ruksilista” päähöyrylinjakohtaisesti, johon on koottu kaikki ko. päärunгон lämmityksen yhteydessä suoritettavat toimenpiteet. Laadinnan ensimmäinen edellytys on lauhteenpoistinten ja ohitusventtiileiden positiointi linjakaavioihin ja maastoon. Lämmitysohje sisältää siis ne toimet kirjattuna, jotka eläköitynyt ”ylikonemestari” on kävelyretkellään PTL:lla suorittanut saatuaan ensin omat kattilansa ajolle.

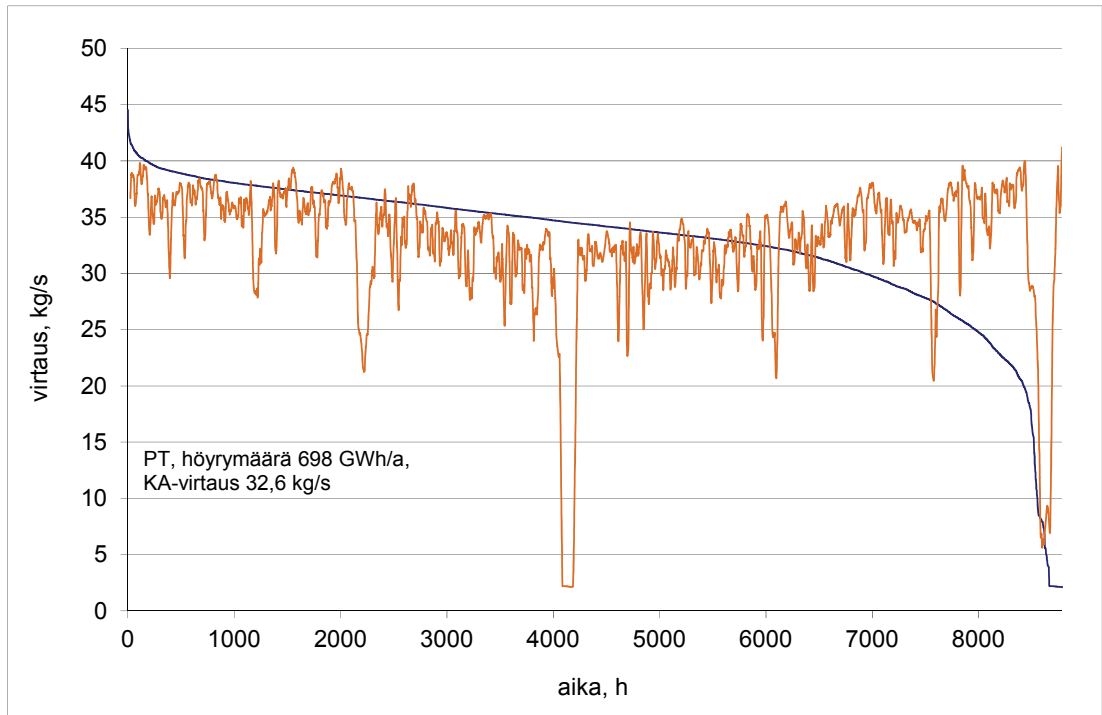
6.10 Voimalaitoksen yhteensopivuus tarkastelu

HVL:n toteutunut höyrykehityksen jakautuminen kulutuskohteen mukaan on kuvattu seuraavassa diagrammissa. Talviajan kasvava OK-kulutus johtuu K2 kp-esilämmittimistä.



Kuva 24 HVL:n höyryntuotannon jakautuminen v. 2008

Vastaava tehtaan höyrynkulutus ja sen pysyvyys on esitetty alla. Moderni voimalaitos pystyy hyvin vastaamaan PTL-kulutustarpeisiin höyryakun, reduktioiden ja nopeiden kaasukattiloiden sekä niitä ohjaavan höyryverkkojen hallintajärjestelmän avulla.



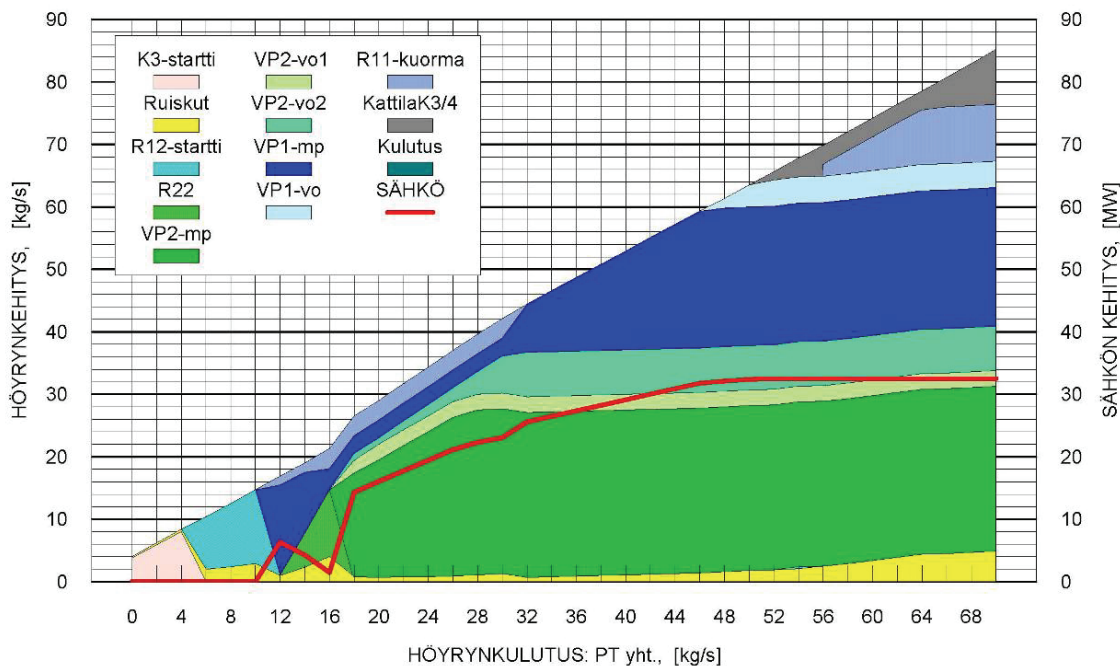
Kuva 25 PTL:n vuotuinen kokonaishöyrynkulutus v.2008

Paperitehtaan 2008 keskimääräinen höyrynkulutus on ollut ~33 kg/s ja maksimivirtaus ~43 kg/s laskettuna 24 h liukuvana keskiarvona. Lyhyet kulutusheilahtelut voidaan hoitaa yleensä HVP/HMP- verkkojen välissä sijaitsevalla höyryakulla.

Alla olevassa diagrammissa on esitetty voimalaitoksen höyryntuotannon perusajajärjestys PTL:n höyrynkulutuksen funktiona. Ajojärjestyksen tavoitteena on maksimoida energiatalous, jolloin yleensä ajetaan biokattilaa K2 pohjakuormana turbiinin VP2 kanssa ja sen lisäksi kaasukattilaa K1 turbiinin VP1 kanssa. Kattilan K1 minimitehotilanteessa on kattila K3 usein ajossa säädettävyyssyistä ja muulloinkin vallitsevasta sähkö/maakaasu - hintasuhteesta riippuen. Käynnistyksen ja huipputehon aikana ovat kattilat K3/4 myös ajossa.

Diagrammissa on lisäksi esitetty vastapainesähkön kehityksen suhde PTL:n höyryn kulutukseen. Nähdään, että maksimi sähköntuotanto 32 MW saavutetaan höyrykuormalla 46 kg/s. Sähköntuotannon taso 25 MW saavutetaan kuitenkin jo keskimääräisellä höyrykuormalla turbiinin VP2 korkeamman rakennusasteen vuoksi.

Tarkkoja vuoden 2008 polttoainekulutustietoja ei ole ollut käytettävissä, mutta CO₂-päästötietojen (fossiilinen/uusiutuva) perusteella arvioituna uusiutuvien polttoaineiden osuus polttoaine-energiasta on ollut ~45 % kokonaiskulutuksesta 3826 TJ/a. Maakaasua poltetaan kaasukattiloiden K1, K3 ja K4 lisäksi myös tuki- ja käynnistyspolttona biokattilassa K2.



Kuva 26 HVL:n höyryntuotuksen perusajotapa

Paperitehtaan 2008 keskipäivänsä ollessa ~33 kg/s on ajotilanne nykyisellään haasteellinen, sillä yhden PK:n seisokissa ottaa kattilan K1 ajossa pito (>minimikuorma) ison osan kattilan K2 kuormasta. Monesti on edullisempaa ajaa kattilalla K3 kattilan K1 sijasta, koska sen minimikuorma on pienempi. Tällöin kattilaa K2 voidaan pitää suuremmalla kuormalla. Maakaasun ja sähkön hintasuhde määrittelee lisäksi ajojärjestystä.

Turbiinin VP2 ominaissähkönkehitys on turbiinia VP1 merkittävästi parempi korkeamman tuorehöyryarvojen vuoksi. Laitoksen rakennusaste on parhaimmillaan ~0,265 ajettaessa juuri 2008 keskipäivänsä tasolla, mutta alenee siirryttäessä ajoalueella ylös- tai alaspäin.

Kattilalle K2 on ollut markkinoilta edullisesti saatavilla sen täyttä kuormaa vastaava PA- teho biopolttoainetta, joten on ollut energiatehokkainta maksimoida sen kuormitus. Kaasun kulutusosuuden pysyessä jatkossakin alhaisena, voidaan nykyistä kattilakonseptia pitää tällä kuormitustasolla onnistuneena – jopa siis CHP-kaasuturbiinilaitosta parempana. Ylikapasiteettia on toki reilusti paperikoneiden pysäytysten vuoksi, mutta se on vähentänyt lähinnä kallistuneen maakaasun käyttöä.

Vastapainesähkön rakennusasteella 0,265 saadaan PTL lämpökuormalla 700 GWh/a tuotettua noin 185 GWh/a sähköä, mikä kattiloiden ajopainetasot 40 bar ja 90 bar sekä apukattiloiden/reduktioiden ajoittainen käyttö huomioden hyvällä tasolla. Mikäli voitaisiin ajaa pelkästään pääkattilaa olisi teoreettinen rakennusaste ~0,32, jolloin sähkönkehityspotentiaali olisi 225 GWh/a (+21 %).

Modernin CHP-laitoksen rakennusasteella 0,45 saataisiin sähköenergiaksi 315 GWh/a (+70 %), mutta tällöin kaikki primäärienergia olisi maakaasua ja oma polttokelpoinen puujäte ja jätevesiliete jäisi hyödyntämättä.

7 Toimenpide-ehdotusten energiatehokkuustarkastelu

7.1 Laskentaperusteet

Taulukossa 21 on esitetty teollisuudessa yleisesti käytettyjä hintoja ja arvoja, joita on käytetty tämän raportin energiatehokkuuslaskelmissa. Hinnat tulee tarkistaa aina tapauskohtaisiksi, mikäli kohteen kustannustietoja on käytettävissä.

Taulukko 21 Energiatehokkuuslaskelmien kustannus- ja lähtötiedot

Laskennassa käytetyt hinnat ja lämpöarvot:		
• Prosessilämpö, HMP	25	€/MWh
• Prosessilämpö, HVP	28	€/MWh
• Sähkö	50	€/MWh
• Maakaasu-PA	30	€/MWh
• Bio-PA	20	€/MWh
• Lisävesivalmistus	2	€/m ³
• CO ₂ -päästöoikeus	15	€/tn
• Rakennusaste	0,25	Sä/Lä
• Hiilidioksidikerroin	500	kg/MWh,th
• H&L-jakelun vuotuinen käyttöaika	8000	h/a
• Välipainehöyryn entalpia	2880	kJ/kg
• Matalapainehöyryn entalpia	2750	kJ/kg
• Lauhteen entalpia	430	kJ/kg
• Sähkön ominaiskehitys, VP-turbiini, vo2	0,45	MW,e/kg,h
• Sähkön ominaiskehitys, VP-turbiini, mp	0,70	MW,e/kg,h

Kaikki raportissa esitetyt hinnat ovat arvon-lisäverottomia (ALV 0 %).

Polttoainesäästö lasketaan lämmön ja sähkön yhteismäärän muutoksen suuruisena polttoaine-energiana, joka kerrotaan kyseisen kattilan polttoaineen hinnalla vuosisäästökseksi – vähentyvät kattilahäviöt ovat varmuusmarginaalina.

VP- sähkön kehityksen aleneminen lasketaan lämmön säästön ja rakennusasteen perusteella ja kerrotaan sähkön hinnalla vuosimenetykseksi.

Prosessilämmön säästön perusteella määritetään CO₂-kertoimen avulla CO₂-päästöjen aleneminen, josta päästöoikeus hinnalla kertoen saadaan vuosisäästö.

7.2 Toimenpide-ehdotuserittelyt

Seuraavilla sivuilla on esitetty tässä tarkentavassa H&L-katselmuksessa havaitut energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet eriteltynä seuraavan jaottelun mukaisesti

- toimenpide-ehdotuksen nimitys
- toimenpide-ehdotuksen kuvaus
- energiatehokkuusmuutos: lämpö/ sähkö/ lisävesi/ CO₂-päästö
- muuttuvat kustannukset
- kiinteät kustannukset
- kannattavuus
- huomautukset.

Toimenpiteet on esitetty vapaassa järjestyksessä ja niiden kannattavuudessa on huomioitu myös muutokset CO₂-päästöissä. Toimenpiteet on pyritty tekemään itsenäisiksi ja riippumattomiksi toisistaan, jotta säästöpotentiaalien päällekkäisyyttä ei pääse syntymään.

TOIMENPIDE-ERITTELY		Päiväys	17.01.2011
Nimitys	Vuotavien lauhteenpoistimien korjaus/uusinta	TP-ehdotus	TPE-01
		Liittyy	Kohta 4.2.2
		Laatinut	CTSE/KJM
Kuvaus	Korjataan/uusitaan kaikki laitetoimittajien tekemässä kuntokartoitustyössä löydetty vuotavat poistimet		
	vuotavien poistimien lukumäärä	10 kpl	
	vuotoarvio a'	30 kg/h	
	lauhteiden talteenotto nykyisin	40 %	
	höyrysäästö	100 %	
Energiatehokkuus			
	Höyrysäästö	1 547 MWh/a	
	Lauhesäästö	172 MWh/a	
	Lämpöenergian säästö yhteensä	1 719 MWh/a	
	CO2-päästöjen alenema	859 tn,CO2/a	
	VP-sähkön kehityksen muutos	-430 MWh/a	
	Lisävesisäästö	1 440 m3/a	
Muuttuvat kustannukset			
	Lämpösäästö (PA)	42 967 €/a	
	Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	-21 483 €/a	
	Lisävesisäästö	2 880 €/a	
	CO2-säästö	12 890 €/a	
	Muut vuosisäästöt/-kulut	0 €/a	
	Yhteensä	37 253 €/a	
Kiinteät kustannukset			
	Toimenpiteen alustava kustannusarvio	5 000 €	
	- uudet poistimet, 10 kpl	2 000 €	
	- uudet poistimet, 10 kpl, asennus	1 000 €	
	- suunnittelu ja tarvekartoitus	2 000 €	
Kannattavuus			
	Suora-TMA	0,13 a	
		1,61 kk	
Huomautus	Kylmien ja ei käytössä olevien poistinten 10 kpl kunnostustarve selvítettävä erikseen.		

TOIMENPIDE-ERITTELY		Päiväys	17.01.2011
Nimitys	Höyryvesitysten ohitusten sulkemisen ohjeistus	TP-ehdotus	TPE-02
		Liittyy	Kohta 4.2.2
		Laatinut	CTSE/KJM
Kuvaus	Laaditaan höyryrunkolinjakohmainen(5 kpl) lämmitysohjeistus, jota noudattamalla ohitukset sulkeutuvat lämmityksen jälkeen, kenttäselvityksen mukaan 15 kpl osin auki		
	arvio avoimista ohituksista	15 kpl	
	vuotoarvio a'	70 kg/h	
	lauhteiden talteenotto nykyisin	100 %	
	höyrysäästö	100 %	
Energiatehokkuus			
	Höyrysäästö	5 413 MWh/a	
	Lauhdessästö	0 MWh/a	
	Lämpöenergian säästö yhteensä	5 413 MWh/a	
	CO2-päästöjen alenema	2 707 tn,CO2/a	
	VP-sähkön kehityksen muutos	-1 353 MWh/a	
	Lisävesisäästö	0 m3/a	
Muuttuvat kustannukset			
	Lämpösäästö (PA)	135 333 €/a	
	Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	-67 667 €/a	
	Lisävesisäästö	0 €/a	
	CO2-säästö	40 600 €/a	
	Muut vuosisäästöt/-kulut (sulkemiset)	-1 500 €/a	
	Yhteensä	106 767 €/a	
Kiinteät kustannukset			
	Toimenpiteen alustava kustannusarvio	10 000 €	
	- lämmitysohjeistus suunnittelu ja laadinta	10 000 €	
	-	0 €	
	-	0 €	
Kannattavuus			
	Suora-TMA	0,09 a	
		1,12 kk	
Huomautus			

TOIMENPIDE-ERITTELY		Päiväys	17.01.2011
Nimitys	Lauhtenpoistintyyppien vaihto sopiviksi	TP-ehdotus	TPE-03
		Liittyy	Kohta 6.3
		Laatinut	CTSE/KJM
Kuvaus	Uusitaan siirtimien vääräntyyppiset poistimet toimiviksi		
	arvio poistinmäärästä	5 kpl	
	vuotoarvio a'	0 kg/h	
	lauhteiden talteenotto nykyisin	100 %	
	höyrysäästö	100 %	
Energiatehokkuus			
	Höyrysäästö	0 MWh/a	
	Lauhdeseäästö	0 MWh/a	
	Lämpöenergian säästö yhteensä	0 MWh/a	
	CO2-päästöjen alenema	0 tn,CO2/a	
	VP-sähkön kehityksen muutos	0 MWh/a	
	Lisävesisäästö	0 m3/a	
Muuttuvat kustannukset			
	Lämpösäästö (PA)	0 €/a	
	Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	0 €/a	
	Lisävesisäästö	0 €/a	
	CO2-säästö	0 €/a	
	Muut vuosisäästöt/-kulut (huolto halpenee)	2 000 €/a	
	Yhteensä	2 000 €/a	
Kiinteät kustannukset			
	Toimenpiteen alustava kustannusarvio	3 000 €	
	- uudet poistimet, 5 kpl	1 500 €	
	- uudet poistimet, 5 kpl, asennus	500 €	
	- suunnittelu ja tarvekartoitus	1 000 €	
Kannattavuus			
	Suora-TMA	1,50 a	
		18,00 kk	
Huomautus	Välttämätön siirtimien kapasiteetin ja toiminnan varmistamiseksi!		

TOIMENPIDE-ERITTELY		Päiväys	17.01.2011
Nimitys	Putkiston ja venttiilien H&L-vuotojen korjaus	TP-ehdotus	TPE-04
		Liittyy	Kohta 4.2.2
		Laatinut	CTSE/KJM
Kuvaus	Korjataan kaikki kuntokartoitustyössä löydetty putkistovuodot havaitut höyryvuodot putkistosta/venttiilikarasta 11 kpl vuotoarvio a' 15 kg/h lauhteiden talteenotto nykyisin 0 % höyrysäästö 100 %		
Energiatehokkuus	Höyrysäästö 851 MWh/a Lauhdeseäästö 158 MWh/a Lämpöenergian säästö yhteensä 1 008 MWh/a CO2-päästöjen alenema 504 tn,CO2/a VP-sähkön kehityksen muutos -252 MWh/a Lisävesisäästö 1 320 m3/a		
Muuttuvat kustannukset	Lämpösäästö (PA) 25 208 €/a Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys -12 604 €/a Lisävesisäästö 2 640 €/a CO2-säästö 7 563 €/a Muut vuosisäästöt/-kulut 0 €/a Yhteensä 22 807 €/a		
Kiinteät kustannukset	Toimenpiteen alustava kustannusarvio 5 500 € - korjaustyöt, 11 kohdetta a' 1 h + kulut 5 500 € - 0 € - 0 €		
Kannattavuus	Suora-TMA 0,24 a 2,89 kk		
Huomautus	Kuuluu vuosisopimukseen ?		

TOIMENPIDE-ERITTELY				Päiväys	17.01.2011
Nimitys	PK13 VIB-kostutuslauhteiden talteenotto	TP-ehdotus	TPE-05		
		Liittyy	Kohta 5.2/6.3		
		Laatinut	CTSE/KJM		
Kuvaus	Putkitetaan VIB-höyrynkehittimien lauhteet lähimpään keruulauhdeputkeen/säiliöön.				
		arvio lukumäärästä	2 kpl		
		vuotoarvio a'	360 kg/h		
	lauhteiden talteenotto nykyisin	0 %			
		höyrysäästö	0 %		
Energiatehokkuus					
		Höyrysäästö	0 MWh/a		
		Lauhdesäästö	688 MWh/a		
	Lämpöenergian säästö yhteensä	688	MWh/a		
	CO2-päästöjen alenema	344	tn,CO2/a		
	VP-sähkön kehityksen muutos	-172	MWh/a		
	Lisävesisäästö	5 760	m3/a		
Muuttuvat kustannukset					
	Lämpösäästö (PA)	17 200	€/a		
	Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	-8 600	€/a		
	Lisävesisäästö	11 520	€/a		
	CO2-säästö	5 160	€/a		
	Muut vuosisäästöt/-kulut	0	€/a		
	Yhteensä	25 280	€/a		
Kiinteät kustannukset					
	Toimenpiteen alustava kustannusarvio	15 000	€		
	- lauhdeputkiston suunnittelu ja toteutus	15 000	€		
	-	0	€		
Kannattavuus					
	Suora-TMA	0,59	a		
		7,12	kk		
Huomautus					

TOIMENPIDE-ERITTELY		Päiväys	17.01.2011
Nimitys	TP-ehdotus	TPE-06	
Lauhteepoiston säännöllinen kuntokartoitus	Liittyy	Kohta 4.2.2	
	Laatinut	CTSE/KJM	
Kuvaus	Suoritetaan lauhteenpoiston kuntokartoitus kerta/ 1 a		
	vuotavien poistimien lukumäärä	5 kpl	
	vuotoarvio a'	25 kg/h	
	lauhteiden talteenotto nykyisin	66 %	
	höyrysäästö	100 %	
Energiatehokkuus	Höyrysäästö	644 MWh/a	
	Lauhdeseäästö	41 MWh/a	
Lämpöenergian säästö yhteensä	685	MWh/a	
CO2-päästöjen alenema	343	tn,CO2/a	
VP-sähkön kehityksen muutos	-171	MWh/a	
Lisävesisäästö	340	m3/a	
Muuttuvat kustannukset	Lämpösäästö (PA)	17 126	€/a
	Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	-8 563	€/a
	Lisävesisäästö	680	€/a
	CO2-säästö	5 138	€/a
	Muut vuosisäästöt/-kulut	0	€/a
	Yhteensä	14 381	€/a
Kiinteät kustannukset	Toimenpiteen alustava kustannusarvio	5 000	€
	- kuntokartoitustyö	5 000	€
	-	0	€
	-	0	€
Kannattavuus	Suora-TMA	0,35	a
		4,17	kk
Huomautus	Jos vuotavia poistimia löytyy PK13-alueelta alle 2 kpl, harvennetaan kartoitusväliä.		

TOIMENPIDE-ERITTELY		Päiväys	17.01.2011												
Nimitys	HVP-kulutuksen muutos HMP-kulutukseksi	TP-ehdotus	TPE-07												
		Liittyy	Kohta 6.6												
		Laatinut	CTSE/KJM												
Kuvaus	Vaihdetaan sellaisia HVP-kulutuskontteita HMP-syötölle, joissa HMP-painetaso on riittävä <table border="0"> <tr> <td>Nyky-HVP-virtaus</td> <td>5760 kg/h</td> </tr> <tr> <td>Uusi HMP-virtausarvio</td> <td>6083 kg/h</td> </tr> <tr> <td>lauhteiden talteenotto nykyisin</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>höyrysäästö</td> <td>100 %</td> </tr> </table>			Nyky-HVP-virtaus	5760 kg/h	Uusi HMP-virtausarvio	6083 kg/h	lauhteiden talteenotto nykyisin	100 %	höyrysäästö	100 %				
Nyky-HVP-virtaus	5760 kg/h														
Uusi HMP-virtausarvio	6083 kg/h														
lauhteiden talteenotto nykyisin	100 %														
höyrysäästö	100 %														
Energiatehokkuus	<table border="0"> <tr> <td>Höyrysäästö</td> <td>-1 664 MWh/a</td> </tr> <tr> <td>Lauhdeseäästö</td> <td>0 MWh/a</td> </tr> </table> <table border="0"> <tr> <td>Lämpöenergian säästö yhteensä (~PA-energia*0,89)</td> <td>-1 664 MWh/a</td> </tr> <tr> <td>CO2-päästöjen alenema</td> <td>-832 tn,CO2/a</td> </tr> <tr> <td>VP-sähkön kehityksen muutos (VP2-lisäsähkö)</td> <td>3 702 MWh/a</td> </tr> <tr> <td>Lisävesisäästö</td> <td>0 m3/a</td> </tr> </table>			Höyrysäästö	-1 664 MWh/a	Lauhdeseäästö	0 MWh/a	Lämpöenergian säästö yhteensä (~PA-energia*0,89)	-1 664 MWh/a	CO2-päästöjen alenema	-832 tn,CO2/a	VP-sähkön kehityksen muutos (VP2-lisäsähkö)	3 702 MWh/a	Lisävesisäästö	0 m3/a
Höyrysäästö	-1 664 MWh/a														
Lauhdeseäästö	0 MWh/a														
Lämpöenergian säästö yhteensä (~PA-energia*0,89)	-1 664 MWh/a														
CO2-päästöjen alenema	-832 tn,CO2/a														
VP-sähkön kehityksen muutos (VP2-lisäsähkö)	3 702 MWh/a														
Lisävesisäästö	0 m3/a														
Muuttuvat kustannukset	<table border="0"> <tr> <td>Lämpösäästö (PA-kustannuslisäys)</td> <td>-37 393 €/a</td> </tr> <tr> <td>Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys</td> <td>185 103 €/a</td> </tr> <tr> <td>Lisävesisäästö</td> <td>0 €/a</td> </tr> <tr> <td>CO2-säästö</td> <td>-12 480 €/a</td> </tr> <tr> <td>Muut vuosisäästöt/-kulut</td> <td>0 €/a</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>135 230 €/a</td> </tr> </table>			Lämpösäästö (PA-kustannuslisäys)	-37 393 €/a	Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	185 103 €/a	Lisävesisäästö	0 €/a	CO2-säästö	-12 480 €/a	Muut vuosisäästöt/-kulut	0 €/a	Yhteensä	135 230 €/a
Lämpösäästö (PA-kustannuslisäys)	-37 393 €/a														
Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	185 103 €/a														
Lisävesisäästö	0 €/a														
CO2-säästö	-12 480 €/a														
Muut vuosisäästöt/-kulut	0 €/a														
Yhteensä	135 230 €/a														
Kiinteät kustannukset	<table border="0"> <tr> <td>Toimenpiteen alustava kustannusarvio</td> <td>25 000 €</td> </tr> <tr> <td>- höyryputkistomuutosten suunnittelu ja toteutus</td> <td>25 000 €</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>0 €</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>0 €</td> </tr> </table>			Toimenpiteen alustava kustannusarvio	25 000 €	- höyryputkistomuutosten suunnittelu ja toteutus	25 000 €	-	0 €	-	0 €				
Toimenpiteen alustava kustannusarvio	25 000 €														
- höyryputkistomuutosten suunnittelu ja toteutus	25 000 €														
-	0 €														
-	0 €														
Kannattavuus	<table border="0"> <tr> <td>Suora-TMA</td> <td>0,18 a</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2,22 kk</td> </tr> </table>			Suora-TMA	0,18 a		2,22 kk								
Suora-TMA	0,18 a														
	2,22 kk														
Huomautus															

TOIMENPIDE-ERITTELY			Päiväys	17.01.2011
Nimitys	H&L-energiatohokkuuden aktiivinen seuranta	TP-ehdotus	TPE-08	
		Liittyy	Kohta 6.8	
		Laatinut	CTSE/KJM	
Kuvaus	Laaditaan DCS-järjestelmään energiatohokkuuden seurantasiivu ja lisätään tarvittavat mittaukset 8 kpl			
	arvio avoimista ohituksista	1 kpl		
	vuotoarvio a'	250 kg/h		
	lauhteiden talteenotto nykyisin	100 %		
	höyrystäästö	100 %		
Energiatohokkuus				
	Höyrystäästö	1 289 MWh/a		
	Lauhtesäästö	0 MWh/a		
	Lämpöenergian säästö yhteensä	1 289	MWh/a	
	CO2-päästöjen alenema	644	tn,CO2/a	
	VP-sähkön kehityksen muutos	-322	MWh/a	
	Lisävesisäästö	0	m3/a	
Muuttuvat kustannukset				
	Lämpösäästö (PA)	32 222	€/a	
	Sähkösäästö/ VP-sähkön menetys	-16 111	€/a	
	Lisävesisäästö	0	€/a	
	CO2-säästö	9 667	€/a	
	Muut vuosisäästöt/-kulut	0	€/a	
	Yhteensä	25 778	€/a	
Kiinteät kustannukset				
	Toimenpiteen alustava kustannusarvio	55 000	€	
	- seurantasiivun suunnittelu ja laadinta	5 000	€	
	- lisämittaukset ja kalibroinnit	50 000	€	
	-	0	€	
Kannattavuus				
	Suora-TMA	2,13	a	
		25,60	kk	
Huomautus				
Seurannalla oletettu havaittavan vuotuinen 250 kg/h ajovirhe				

7.3 Toimenpiteiden yhteenveto ja kokonaispotentialiaali

Tässä H&L-katselmuksessa havaitut energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet ja niiden kokonaispotentialiaali on esitetty kohdan 1 taulukossa 2.

PK13-tuotantolinjan lämpöenergian kulutus oli 491 GWh/a referenssivuonna 2008 ja sen kustannukset 12 275 k€/a. Tässä energiakatselmuksessa havaittujen H&L-siirtojärjestelmän energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden yhteiseksi lämmönsäästökseen on saatu 9 138 MWh/a vastaten ~1,86 % säästöä lämmön kokonaiskulutuksesta.

Lisäksi energiakatselmuksessa ehdotetuilla toimenpiteillä saavutetaan yhteisesti:

Sähkönkehityspotentialin kasvu	970 MWh/a
Lisäveden säästömahdollisuus	8 860 m ³ /a
CO ₂ -päästöjen vähentymispotentialiaali	4 570 t/a

Energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden kustannusvaikutukseksi on arvioitu:

Lämmönsäästö	233 k€/a
Sähkönkehityksen kasvu	48 k€/a
Lisäveden säästö	18 k€/a
CO ₂ -päästöjen vähentymispotentialiaali	68 k€/a
YHTEENSÄ	368 k€/a

Havaituilla H&L-siirtojärjestelmän energiatehokkuutta parantavilla toimenpiteillä saavutettava kustannusten säästövaikutus 368 k€/a vastaa ~3,0 % säästöä lämmön kokonaiskustannuksesta.

PK13 -linjan H&L-siirtojärjestelmän energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden yhteiseksi kustannuksiksi on alustavasti arvioitu 123,5 k€, joiden antama keskimääräinen TMA on ~0,34 vuotta. Toimenpiteiden toteutusjärjestyksessä on syytä suosia yksittäisiä toimenpiteitä, joilla on parhaat kannattavuudet.

7.4 Katsaus pääprosessin H&L-energiatehokkuuteen

Paperikonelinjalla ylivoimaisesti suurin kulutuskohde on kuivatusosa, jossa paperirata kuivataan puristimen jälkeisestä 40–50 % KA-pitoisuudesta loppukosteuteen 3–8 %. Sylinterikuivauksessa paperi kuivuu sylinterin ulkopinnalla höyryn lauhtuessa sylinterin sisäpintaan. Höyry ja lauhde liitetään pyörivään sylinteriin kytkimen avulla, jonka kautta lauhde puhalletaan läpipuhallushöyryn avulla keräilysäiliöön.

Sylinterit ryhmitellään yleensä kuivaukseen nähden vastakkaiseen suuntaa paineen suhteen laskeviin höyryryhmiin, jotka on H&L-puolelta kytketty kaskadiin. Tuorehöyry tuodaan viimeiseen pääryhmään, josta läpipuhallus- ja paisuntahöyryt johdetaan kasdadiportaassa olevaan alemmpipaineiseen ryhmään. Yleensä vain viimeisen höyryryhmän poistohöyryt kulkeutuvat hönkälauhduttimelle, jossa valmistetaan lämmintä vettä koneen tarpeisiin. Hönkälauhduttimen ottama lämpöteho kuvaa yleensä hyvin koneen H&L-järjestelmän energiatehokkuutta.

Nykyisin sylinterit pyritään varustamaan lämpölistoilla ja pienen läpipuhallustarpeen vaativilla seisovilla sifoneilla pyörivien sifonien sijaan, jolloin kaskadijärjestely on matalalla-kin vastapainetasolla ongelmaton.

Tyypillisiä sylinterikuivatuksen energiatehokkuutta ja kuivatuskapasiteettia lisääviä toimenpiteitä ovat

- puristimen toiminnan tehostus (höyrylaatikko, prosessilämpötila)
- kosteusprofiilin hallinta ylikuivauksen välttämiseksi (puristin, höyrylaatikko)
- höyryryhmät pienemmiksi alaryhmiksi kapasiteetin maksimoimiseksi
- hönkähöyryjen energiatehokas käyttö kaskadi ryhmien koon optimoinnilla
- läpipuhallushöyryn rajoitus ja tasapainotus reikälevyillä ryhmän sisällä
- ryhmien paine-eron säätö lauhdelinjaan paisuntahöyryn maksimoimiseksi
- loppuhöngän minimointi hönkäryhmän sisäisellä kaskadilla vähentäen samalla tarttumisongelmaa 1. sylinteriin
- lauhteen palautuslämpötilan optimointi pitämällä päälauhdesäiliön paine sopivalla tasolla HVL:n tarpeet huomioiden
- viileiden lauhteiden johtaminen pumpun imuputkeen säiliön sijaan
- hönkälauhduttimen lämpötehon mittaus vesipuolelta ja sen seuranta.

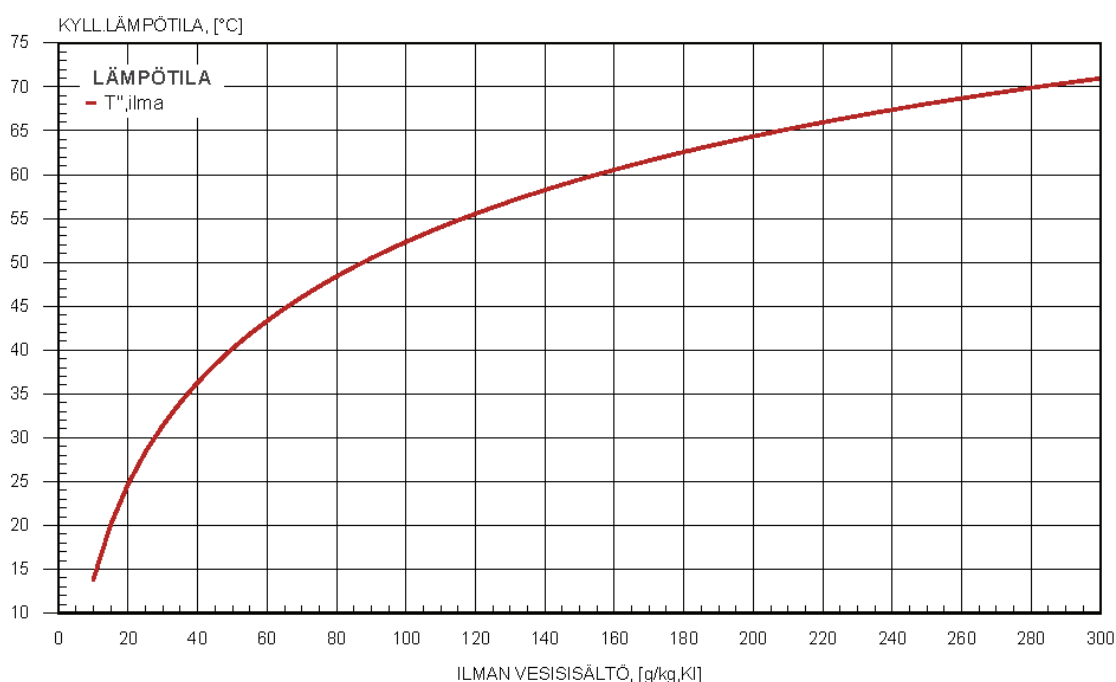
Kuivatusosalla havaittujen säästötoimenpiteiden vaikutukset koneen H&L-järjestelmän toimintaan on syytä aina simuloida koneen tasemallin avulla eri lajeilla koko kapasiteettialueella ja erityisesti myös katkotilanteessa. Näin varmistetaan laitteiden kapasiteetit, eri lajien ajoikkunat ja H&L-järjestelmän dynaaminen toiminta kaikissa ennakoitavissa ajotilanteissa. Katselmuksen kustannus on tasolla ~10 k€, ja toimenpiteiden TMA < 2 a.

Kuivatusosalla haihtunut vesi sitoutuu kuivatusilmaan, joka johdetaan pois huuvasta LTO-kennojen läpi ulkoilmaan. Lämpöä otetaan talteen yleensä ensin kuivan lämmönsiirron alueella korvausilmaan ja sen jälkeen lämpimään prosessiveteen ja lopuksi rakennusta lämmittävään AHR-veteen.

Tyypillisesti LTO:sta löytyy energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, koska

- tavoitellut LTO- kohteiden lämpötilatasot eivät ole vastavirtaan suhteessa poistoilman virtaukseen: viileä AHR- kenno on ennen kuumaa VLM-kennoa
- kuivausilmavirta on ylisuuri, jolloin poistoilman kastepiste laskee alentaen saavutettavaa lämpötehoa ja lämpötilatasoa LTO-kennoilla
- LTO- kennojen kondenssi-/pesuvesiä ei ole puhdistettu VLM-järjestelmään
- huuvan ilmavirtaa ei säädetä kuivatustarpeen mukaan (TAMU- ohjaukset)
- LTO- kennojen vesipuolen kytkennät ja ohjaukset estävät 100 % LTO-potentiaalin saavuttamisen
- LTO:lle johdettavaa lisävettä ei ole esilämmitetty prosessin poistovesillä.

Tarkastelukohteen paperikoneella poistoilman määrä oli 75 kg/s, lämpötila ~75 °C ja poistoilman kosteus tasolla 110 g/kg, KI. Oheisesta kuvasta nähdään, että märkä lämmönsiirto alkaa vasta ilman jäähtyessä tasolle 54 °C ja jos asteisuus lämpöpinnan yli on esim 6 °C on saavutettavissa oleva LTO-veden lämpötila max. 48 °C. Mikäli LTO-veden tavoite on 52 °C joudutaan loput 4 °C lämmittämään höyryllä (60 l/s – 1 MW). Nostettaessa huuvin poistoilman vesisisältö tasolle 140 g/kg, KI alkaa märkä lämmönsiirto ilman jäähtyessä tasolle 58 °C, jolloin samalla asteisuudella on saavutettavissa LTO-veden lämpötila 52 °C, jolloin saadaan höyryn säästöä 1 MW edellyttäen riittävää ilmamäärää. Vesisisällön nosto toki pienentää ilmamäärää, mutta alentaa myös puhaltimien tehoja. Huuvin ilman vesisisältö tulisi olla aina tasolla, jolla haluttu LTO-veden lämpötila on saavutettavissa huomioiden toki huuvin eristysten kunnon asettamat rajoitteet tiputtamisen välttämiseksi (uudet huuvat 160 g/kg, KI → T” = 60 °C).



Kuva 27 Ilman kylläinen lämpötila vesisisällön funktiona

Tyypillisesti paperikoneen H&L + LTO -järjestelmien simulointiin perustuvalla tarkalla katselmuksella havaitaan useita energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, joiden kokonaisvaikutus on usein 2...5 % tasolla, tapauksesta riippuen jopa enemmänkin. Toki katselmuksen kohteeksi ajautuvat usein juuri ne tapaukset, joissa on tullut esiin ajettavuus-/energiatehokkuusongelmia H&L-järjestelmään liittyen.

Tavoiteltavaa kaikessa ajon aikaisessa LTO-järjestelmän käytössä ja mitoituksessa on, että haluttu lämpötilataso saavutetaan LTO:n määrää – ei lisähöyryä – säätämällä. Tällöin saavutaan kohteessa ympärivuotinen usein 10–20 % lämpösäästö, jonka vaikutus koko toiminnan energiatehokkuuteen on aina merkittävä.

8 Jatkotoimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi

8.1 Tehostamissuunnitelma

Toteutetaan kaikki toimenpide-ehdotukset aloittaen kuitenkin ensin energiatehokkuuden seurannan luomisesta, vaikkakin sen suora kannattavuus on heikoin esitetyistä. Se on kuitenkin tarpeellinen muiden toimenpiteiden vaikutusten todentamisessa ja seurannassa. Myös seurannan tarvitsemat lisämittaukset on tällöin toteutettava ensivaiheessa.

Vuotavien lauhteenpoistimien korjaus/uusinta	0,21
Höyryvesitysten ohitusventtiilien sulkeminen	0,15
Lauhteenpoistintyyppien vaihto sopiviksi	1,50
Putkiston ja venttiilien H&L-vuotojen korjaus	0,36
PK13 VIB-kostutuslauhteiden talteenotto	0,75
Lauhteenpoiston säännöllinen kuntokartoitus	0,54
HVP-kulutuksen muutos HMP-kulutukseksi	0,17
H&L-energiatehokkuuden aktiivinen seuranta	3,4

Kuntokartoitetaan vastaavasti myös ensitilassa PK8-tuotantolinjan H&L-toiminta. Samalla lisätään säännöllinen vuotokartoitus ja vuotojen korjaus ennakoivan kunnossapidon huolto-ohjelmaan koko tehdasta koskien.

Lisäksi laaditaan yksityiskohtainen päähöyryputkien ylösajo-ohje vesityspoistimien ja niiden ohitusten suhteen. Ohitusventtiilien käyttö lämmityksen yhteydessä ohjeistetaan, jolloin vesityslinjojen ohitusventtiilit avataan ennen lämmityksen aloittamista ja suljetaan päähöyryputkien lämmityksen päättyessä. Listan avulla todennäköisyys avoimeksi jääneistä vesityslinjojen ohitusventtiileistä poistuu.

8.2 Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi

Energiatehokkuuden seuranta toteutetaan mittauksia lisäten toimenpide-ehdotusten mukaisesti samalla hyödyntäen nykyistä Wedge-seurantaa ominaiskulutusten trendiseurantana luodun DCS- sivun LIVE- arvoista.

Seurannan tulokset raportoidaan vuosineljänneksittäin ja esitetään vastaavassa energiakatselmuksessa. Energiakatselmuksessa todetaan tapahtuneet muutokset ja esitetään perustelut tapahtuneelle kehitykselle.

Henkilöstölle tiedotetaan aktiivisesta energiatehokkuuden seurannan aloittamisesta ja seurannan työkalut koulutetaan asianomaiselle henkilöstölle. Heitä koulutetaan H&L-aiheeseen liittyen, jotta he tiedostavat myös kaikki energiatehokkuuteen vaikuttavat prosessiseikat ja motivoituvat energiatehokkuuden parantamisen merkityksestä koko laitoksen kannattavuuteen. Koulutus voi sisältää myös esimerkkilaskelmia H&L-järjestelmän toimintaan liittyen sekä energiatehokkuuden huomioivia hankintaohjeita laitehankintoja varten. Koulutuksen tulisi antaa myös yleiskäsitys tehtaan henkilökunnalle, miten mahdolliset muutokset tehtaan höyry-lauhdesiirtoverkostossa ja prosessissa vaikuttavat voimalaitoksella.

Lisäksi laaditaan tehdaskohtainen H&L-järjestelmän käytön ja kunnossapidon ohjeistus tehtaan henkilökunnan ja/tai höyry-lauhdesiirtoverkon kunnossapidon palveluntarjoajalle. Ohjeistus antaa suositukset höyry-lauhdesiirtojärjestelmään liittyvien toimenpiteiden tarpeesta ja mm. minimivaatimuksista kiinteille tehdasmittauksille, joilla H&L-järjestelmän energiatehokkuuden tilaa voidaan luotettavasti todentaa.

Ohjeistus antaa henkilökunnalle myös yleiset suositukset, kuinka höyry-lauhdesiirtojärjestelmän vastuut tulisi selkeästi jakaa tehtaan, voimalaitoksen ja mahdollisen palveluntarjoajan välillä.



Urho Kekkosen katu 4-6 A
PL 489
00101 Helsinki

Puhelin 0424 2811
Faksi 0424 281 299
www.motiva.fi