

Joonas Hytönen

VOIMALAITOKSEN ENERGIATASEEN ANALYSOINTI

Energiatekniikan koulutusohjelma

2010

TIIVISTELMÄ

VOIMALAITOKSEN ENERGIATASEEN ANALYSOINTI

Joonas Hytönen
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Tekniikan Porin yksikkö
Tekniikantie 2
28600 PORI
Toimeksiantaja: Pori Energia Oy
Joulukuu 2009
Opinnäytetyön valvoja: Lehtori, TkL Pekka Zenger
Opinnäytetyön ohjaaja: Kehitysinsinööri, DI Eero Niemitalo
Sivumäärä: 78
Liitteitä: 3

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksen energiatase. Opinnäytetyössä laadittiin yksityiskohtainen tarkastelu voimalaitoksen energiantuotannosta ja häviöistä. Työn avulla tunnistetaan ne tekijät, joilla hyötysuhdetta voidaan mahdollisesti nostaa.

Työ aloitettiin tutustumalla osatekijöihin, jotka muodostavat voimalaitoksen energiataseen. Tämän jälkeen määriteltiin näiden osatekijöiden energiavirrat. Tarkastelu voimalaitoksen energiantuotannosta ja lämpöhäviöistä laadittiin energiatilastojen ja prosessimittausten perusteella. Taustatietona opinnäytetyössä on esitetty Pori Energian yrityskuvaus, Aittaluodon voimalaitoksen toiminta, energiataseen yleinen määrittelmä ja laskentaperusteet, CHP-laitoksen prosessikuvaus sekä CHP-laitoksen energiatilaston tunnusluvut.

Aittaluodon laitoksen energiatase määritettiin 1.11.2009-31.12.2009 väliseltä ajalta. Laitoksen vuotuiseksi energiahyötysuhteeksi saatiin 77 %. Työssä esitettiin Aittaluodon voimalaitoksen päätase. Päätasetta selvennettiin jakamalla se pienemmiksi osataseiksi, joista esitettiin kustakin tarvittavat laskelmat ja energiavirrat. Näiden osataseiden kautta pystyttiin löytämään suurimmat häviöt ja mittaamattomat energiavirrat. Työssä laadittiin myös sankey -diagrammi kuvaamaan energiavirtoja tarkastelujakson aikana. Työssä havaittuja merkittävimpiä häviöitä sekä ratkaisuja niihin esiteltiin työn lopussa.

ABSTRACT

ANALYSIS OF A POWER PLANT'S ENERGY BALANCE

Joonas Hytönen
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Energy Technology
Technology Pori
Tekniikantie 2
28600 PORI
December 2009
Supervisor: Pekka Zenger
Number of pages: 78
Appendices: 3

The purpose of this thesis was to calculate the energy balance of a power plant of Pori Energia. This was made by studying in detail the power plant's power production and losses. The purpose was to find different ways how to improve the power plant's efficiency.

The work of this theses was started by studying factors that make up the energybalance of a power plant. After this the energy flows of these factors were studied. The survey of power production and heat losses was based on energy statistics and different measurements. Information of Pori Energia, Aittaluoto power plant, its energy balance and combined heat and power unit were used as background information.

The energy balance was analysed under period 1 November – 31 December 2009. The annual energy efficiency was 77 %. The main balance of Aittaluoto power plant is presented in this thesis. The main balance was divided to part balances and each part balance was analysed by presenting the most important calculations and flows. This way the biggest losses and unmeasured flows were found. A Sankey diagram describes the energy flows under the period. The most significant losses are presented at the end of this thesis.

Key words: powerplant, energybalance, efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	PORI ENERGIA OY	6
	2.1 Yrityskuvaus.....	6
	2.2 Aittaluodon voimalaitos	7
	2.2.1 Kattilat.....	8
	2.2.2 Polttoaineet.....	9
	2.2.3 Polttoaineiden analysointi.....	10
3	VOIMALAITOKSEN ENERGIATASE	11
	3.1 Energiataseen määritelmä.....	11
	3.2 DIN1942-standardi	12
	3.3 CHP-laitoksen prosessikuvaus.....	12
	3.4 CHP-laitoksen energiatalouden tunnusluvut	13
4	AITTALUODON VOIMALAITOKSEN ENERGIATASEEN MÄÄRITYS..	15
	4.1 Laitoksen energiataseen kuvaus	15
	4.2 Sankey-diagrammi.....	18
	4.3 Laitoksen energiataseen ja sen tekijöiden määrittely	18
	4.3.1 Laitokselle toimitettu sähköenergia.....	19
	4.3.2 Laitokselle toimitettu polttoaine-energia.....	20
	4.3.3 Jokiveden tuoma energia	21
	4.3.4 Kattilahuoneeseen tuotu palamisilma.....	21
	4.3.5 Häviöt.....	22
	4.3.6 Kaukolämpöteho.....	22
	4.3.7 Vesituotteet.....	23
	4.3.8 Höyrytuotteista asiakkaille jäävä nettoenergia	25
	4.3.9 Toimitettu sähköenergia	27
	4.4 Laitoksen energiataase osaprosessikohtaisesti.....	27
	4.4.1 RT-kattilan energiataase.....	28
	4.4.2 Polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin energiataase.....	33
	4.4.3 Syöttövesijärjestelmän energiataase	34
	4.4.4 Turbogeneraattori 5 energiataase.....	40
	4.4.5 Veden käsittelyn energiataase	43

4.4.6 Turbogeneraattori 4 energiatase.....	49
4.4.7 Apukattilan energiatase	52
4.4.8 Korkeapainehöyry energiatase.....	56
4.4.9 3.5 bar höyryverkon energiatase.....	59
4.4.10 Kaukolämpö järjestelmän energiatase	65
4.5 Laitoksen vuotuinen energiahyötysuhde	68
4.6 Virhelähteet	70
4.7 Yhteenveto merkittävimmistä häviöistä	72
5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	73
LÄHTEET	75
LIITTEET.....	76

1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön tarkoituksena on laatia Aittaluodon voimalaitokselle yksityiskohtainen tarkastelu energiantuotannosta ja häviöistä valitun tarkastelujakson aikana. Työn avulla on tarkoitus tunnistaa ne tekijät, joilla laitoksen tällä hetkellä alhaista hyötysuhdetta voidaan mahdollisesti nostaa.

2 PORI ENERGIA OY

2.1 Yrityskuvaus

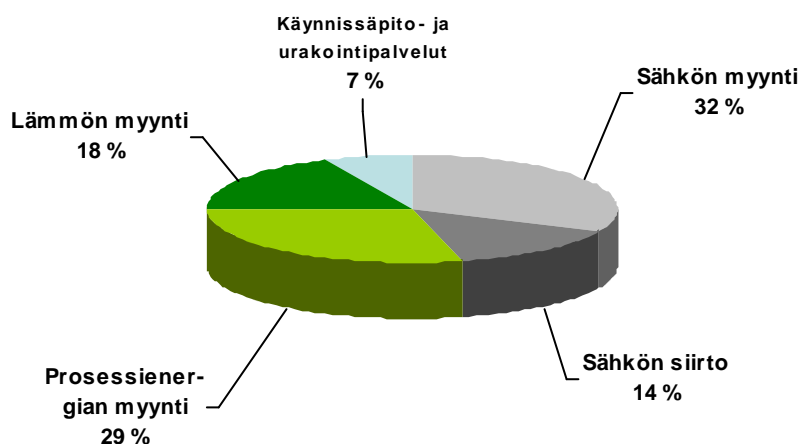
Pori Energia Oy on Porin kaupungin omistama yritys, joka on perustettu vuonna 2006. Pori Energia Oy syntyi, kun Porin Lämpövoima Oy osti Porin Kaupungin energialaitoksen osakekannan ja laitoksen nimeksi muutettiin Pori Energia Oy. Pori Energian merkittävimmät tuotteet ovat sähkö, kaukolämpö, teollisuuden energiapalvelut sekä urakointi- ja kunnossapitopalvelut. Tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy vastaa sähkön siirrosta ja jakelusta Porin alueella yhteisyritys Dalkia AB:n kanssa Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy vastaa energiapalveluiden tarjoamisesta teollisuusasiakkaille.

Pori Energia Oy:n voimalaitokset sijaitsevat Aittaluodossa ja Harjavallan suurteollisuuspuistossa. Lisäksi yritys hallinnoi Porin kaupungin tuotanto-osuutta Pohjolan Voiman omistamassa Porin Prosessivoima Oy:n voimalaitoksessa. Pori Energialla on lisäksi osakkuuksia ja tuotanto-osuuksia useista energia-alan yrityksistä. Lähes kaikki lämpöenergia ja suurin osa hankitusta sähköstä tulevatkin laitoksilta, joissa Pori Energia hallinnoi Porin kaupungin tuotanto-osuuksia. Porin kaupunki on uskonut

näitä tuotanto-osuuksia omistamansa osakeyhtiön Porin Energian hallintaan muun muassa Pohjolan voimasta ja Länsi-Suomen voimasta. Energiantuotanto tapahtuu voimalaitoksissa pääosin sähkön ja lämmön yhteistuotantona, jossa polttoaineen sisältämä energia saadaan hyvällä hyötysuhteella muutettua lämmöksi ja sähköksi. /9/

Vuonna 2008 Pori Energia tuotti energiaa noin 1375 GWh:a ja se myytiin teollisuuden sekä yksityistalouksien käyttöön. Energia tuotettiin pääosin Pihlavan, Kaanaan ja Aittaluodon laitoksilla. Tuotto koostuu kaukolämmöstä (726 GWh) ja vastapainetuotantona tuotetusta sähköstä (234 GWh). Lisäksi tuotettiin 474 GWh eri paineluokkaisia prosessihöyryjä teollisuudelle. /10,9/

Pori Energian liikevaihto oli vuonna 2008 121,6 milj. euroa. Liikevaihto on kasvanut viimeisen 10 vuoden aikana yli 60 milj. euroa. Vuoden 2008 liikevoitto oli 7,3 milj. euroa ja tilikauden tulos 0,8 milj. euroa. Kuvassa 1 on kuvattu liikevaihdon jakaantuminen vuonna 2008. /10,9/



Kuva 1. Pori Energian liikevaihdon jakaantuminen vuonna 2008/10/

2.2 Aittaluodon voimalaitos

Aittaluodon voimalaitos sijaitsee keskellä Porin kaupunkia Aittaluodon teollisuusalueella. Voimalaitos tuottaa noin 563 GWh energiaa vuodessa. Aittaluodon voimalaitoksella energiaa tuotetaan kahdella kiinteän polttoaineen leijupetikattilalla sekä

öljykäyttöisellä apukattilalla. Aittaluodon voimalaitoksen merkittävimpiä asiakkaita ovat Corenson hylsykartonkitehdas Aittaluodossa, UPM:n Seikun saha sekä tietenkin porilaiset kaukolämmön kuluttajat. /9/

2.2.1 Kattilat

RT-kattila on otettu käyttöön vuonna 1981 arinakattilaksi ja se on muutettu leijukerroskattilaksi vuonna 1996. RT-kattila on käytössä suuren lämpökuorman aikana, lähinnä talvisin. RT-kattilan tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1./12/

Taulukko 1. RT-kattilan tekniset tiedot /12/

Valmistaja	Oy W.Rosenlew AB, Pori
Leijukerrosmuutos	Kvaerner Pulping Oy, Tampere
Tuorehöyryn paine	113 Bar
Höyryn kehitys	44 kg/s
Tuorehöyryn lämpötila	525 °C
Leijukerroksen lämpötila	700-950 °C
Kattilateho	116 MW

R-kattila on otettu käyttöön arinakattilaksi vuonna 1968, mutta se on muutettu leijukerroskattilaksi vuonna 1994. R-kattilan käyttö ajoittuu lähinnä kesäaikaan sen RT-kattilaa parempien osakuorma-ajo-ominaisuuksien vuoksi. R-kattilan tekniset tiedot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. R-kattilan tekniset tiedot

Valmistaja	Oy W.Rosenlew AB, Pori
Leijukerrosmuutos	Kvaerner Pulping Oy, Tampere
Tuorehöyryn paine	112 bar
Höyryn kehitys	32 kg/s
Tuorehöyryn lämpötila	525 °C
Leijukerroksen lämpötila	700-950 °C
Kattilateho	90 MW

KPA Unicon Oy:n vuonna 2006 toimittama 46 MW öljykattilaa käytetään tilanteissa, joissa kiinteällä polttoaineella tuotettua energiaa ei ole saatavilla tai se ei riitä katta-

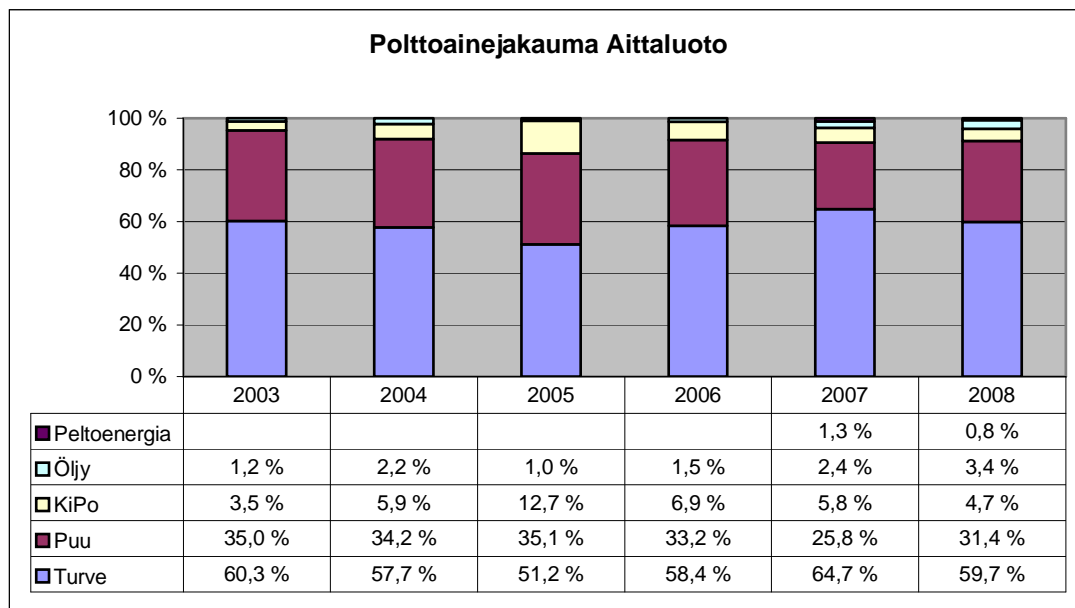
maan kaikkea energiankulutusta. Apukattila hyödyntää suurimmalta osin laitoksen samoja apujärjestelmiä kuin kiinteän polttoaineen kattilatkin, esimerkiksi syöttövesi- ja lauhdejärjestelmiä. Apukattilan tekniset tiedot on esitetty taulukossa 3. /16/

Taulukko 3. Apukattilan tekniset tiedot

Polttoaine	
Tyyppi	Teboil 420 /16/
Tehollinen lämpöarvo	41 MJ/kg
Tiheys (15 °C)	987 kg/m ³
Palamisilma	
Lämpötila	+25 °C
Suhteellinen kosteus	50 %
Höyry	
Lämpötila	220 °C
Paine	16 bar
Kattila teho	46MW

2.2.2 Polttoaineet

Aittaluodon voimalaitoksen pääpolttoaineet ovat puu ja turve. Raskasta polttoöljyä käytetään vain kattilaa ylös ajettaessa tai jos kiinteän polttoaineen käyttö ei jostain häiriöstä johtuen ole mahdollista tai lämmön tarve ylittää kiinteällä polttoaineella tuotetun tehon. Polttoaineena käytettävä jyrshinturve toimitetaan Aittaluotoon pääosin Satakunnasta ja Etelä-Pohjanmaalta Vapo Oy:n toimesta. Suurin osa puupolttoaineesta tulee Seikun sahalta kuljetinta pitkin. Puupolttoaine on sahan purua sekä puunkuorta. Loppuosa puupolttoaineesta koostuu muun muassa kierrätyspuusta, kannoista, metsä-hakkeesta sekä erilaisista sahausjätteistä, jotka tuodaan autoilla eri toimittajien toimesta Aittaluotoon. Lisäksi pieni osa polttoaineesta on peltopolttoaineita kuten viljaa tai ruokohelppiä. Kuvassa 2 on esitetty Aittaluodon polttoainejakauma. /8,9/

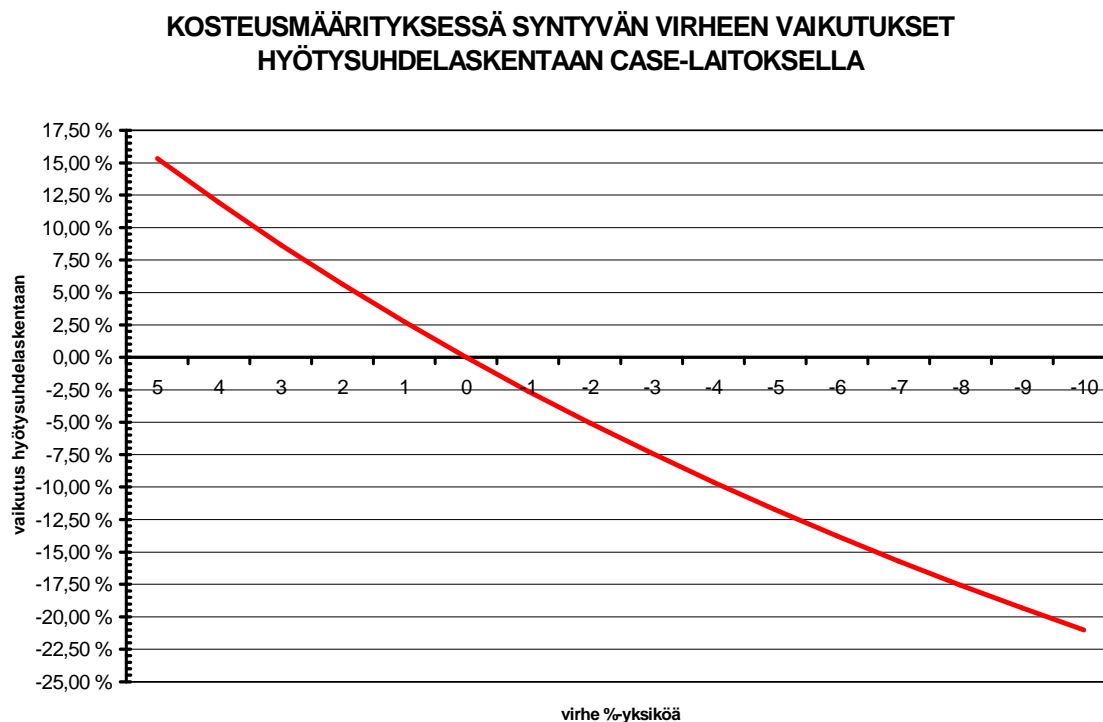


Kuva 2. Aittaluodon polttoainejakauma

2.2.3 Polttoaineiden analysointi

Polttoaineen energiasisältöön vaikuttavia tekijöitä ovat sen lämpöarvo, kosteus ja tuhkapitoisuus. Lämpöarvo ja kosteus ovat polttoaineesta yleisesti mitattavia asioita. Kosteusnäyte otetaan jokaisesta laitokselle tulevasta kuormasta. Polttoainenäyte punnitaan mittauslaitoksella, jonka jälkeen se laitetaan vuorokaudeksi 105 asteiseen uuniin. Uunista poisoton jälkeen näyte punnitaan uudestaan ja massan erotus on polttoaineen vesimäärä. Lämpöarvonäyte otetaan vain tietyistä polttoaineista ja se lähetetään noin kerran kuukaudessa Enas Oy:lle analysoitavaksi. Muille polttoaineille on määritetty kiinteä lämpöarvo. Lämpöarvo ilmoittaa polttoaineen täydellisessä palamisessa vapautuvan lämpöenergian.

Mittauksissa tapahtuvat epätarkkuudet vaikuttavat suoraan polttoaineen käsittelyyn ja koko laitoksen energiataseeseen. Säännölliset epätarkkuudet aiheuttavat suuria heit-toja energiataseessa, koska toimitetun polttoaineen määrä on suuri. Jo muutaman prosentin säännöllinen heitto polttoaineen kosteudessa tekee merkittävän muutoksen koko laitoksen hyötysuhteeseen, kuten kuvasta 3. käy ilmi./10,11/



Kuva 3. Polttoaineen kosteuden vaikutus hyötysuhteeseen /6/

3 VOIMALAITOKSEN ENERGIATASE

3.1 Energiataseen määritelmä

Voimalaitoksen Energiatase määritellään kuvaamaan laitoksella siirtyviä energiavirtoja. Energiataseeseen vaikuttavat kaikki voimalaitoksen laitteet ja osat, jotka osallistuvat lopputuotteen valmistukseen.

Työn ja lämmön lisäksi energiataaseeseen voivat vaikuttaa myös muut energiamuodot. Kun laaditaan energiataasetta, tarkastellaan ainoastaan kontrollipintaa, koska sillä, miten taserajojen sisäpuolella työtä tai lämpöä siirtyy ei ole merkitystä taseen kannalta. Systemissä tapahtuvia häviöitä voidaan määrittää laskennallisesti vertaamalla häviöitä sisältävää prosessia häviöttömään prosessiin. Jos häviöt halutaan yksilöidä paremmin, on systeemi tutkittava tarkasti prosessikohtaisesti. Energiataaseessa

otetaan huomioon energian säilyvyysperiaate sellaisena, kuin se lausutaan I pääsääntöön avulla. Energiataseen yleinen yhtälö on kuvattu sivulla 16./5/

3.2 DIN1942-standardi

Euroopassa kattilan hyötysuhteen määrittämisessä noudatetaan yleisesti saksalaista DIN 1942-standardia. Amerikassa käytössä oleva standardi poikkeaa eurooppalaisesta lähinnä hyötysuhtemäärittämisessä käytetyn polttoaineen lämpöarvon osalta.

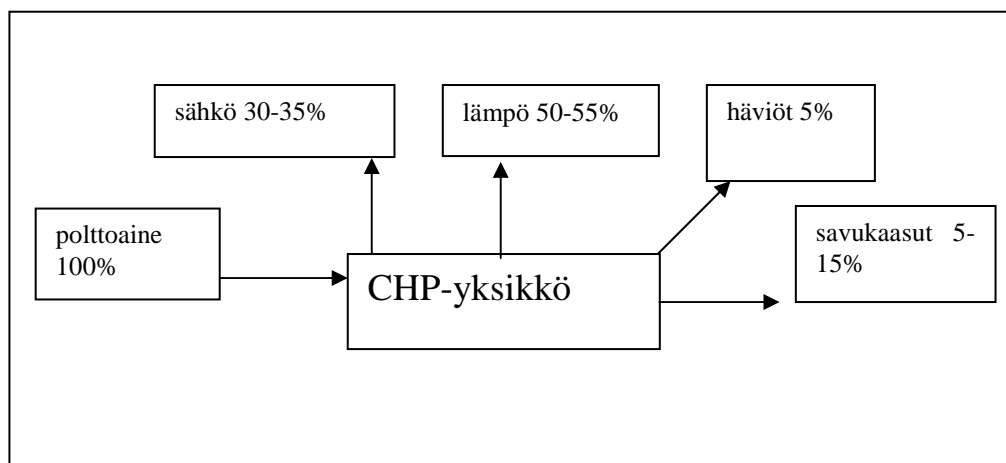
3.3 CHP-laitoksen prosessikuvaus

Kirjainyhdistelmä CHP on lyhennelmä englannin kielen sanoista combined, heat and power. Suomeksi se tarkoittaa yhdistettyä sähkön ja lämmöntuotantoa. CHP-laitos on yhdistetty sähkön- ja kaukolämmön/prosessilämmön tuotantolaitos, jossa on vastapaineturbiini. CHP-laitoksilla lämmöntuotanto on yleensä se, jonka mukaan toimitaan. Sähköä tuotetaan vain sen verran kuin lämmöntuotanto antaa mahdollisuuden. CHP-laitoksilla on yleensä myös mahdollisuus maksimoida sähköntuotanto lämpökuormasta riippumatta niin sanotusti apujäähdyttämällä. Apujäähdytyksellä tarkoitetaan turbiinin jälkeisen höyryn lauhduttamista lämmönsiirtimellä. Tällaisissa sovelluksissa jäähdytysvesivarastona käytetään usein jotakin luontaista vesivarastoa kuten jokea, järveä tai merta.

CHP-laitoksessa on mahdollista syöttää sähköä sähköverkkoon, mikä mahdollistaa sen, että tuotanto voi olla kaukana sähkön kuluttajista. Kaukolämmön kuluttajien tulisi kuitenkin sijaita kohtuullisen etäisyyden päässä tuotannosta, koska kaukolämmön siirrossa syntyvät vastukset ja häviöt ovat pitkällä siirtomatkoilla häiritsevän suuret. Prosessihöyrylinjojen tulisi olla vielä huomattavasti kaukolämpölinjoja lyhyempiä suurempien lämpötilojen ja paineiden takia. CHP-laitokset sijaitsevatkin usein teollisuuden välittömässä läheisyydessä. /4,1/

3.4 CHP-laitoksen energiatalouden tunnusluvut

CHP-laitoksen sähköntuotannon hyötysuhde on vain noin 30–35%. Sähkön- ja lämmöntuotannon yhteishyötysuhde on huomattavasti suurempi, noin 80–85 %. Kuvassa 2 on esitetty CHP-yksikön tehon jakautuminen. /1/



Kuva 4. CHP-yksikön tehon jakautuminen

Merkittävimmät CHP-voimalaitoksen energiatehokkuuteen ja käyttötalouteen vaikuttavat häviöt ovat:

1. Kattilahäviöt
2. Turbiini-generaattorin häviöt
3. Omakäyttösähkönkulutus
4. Höyry- ja lämpöverkon lämpöhäviöt ja omakäyttölämmönkulutus

Kattilahäviöistä merkittävimmät ovat savukaasuhäviöt, joihin vaikuttavat ensisijaisesti kattilasta poistuvan savukaasun loppulämpötila ja määrä. Muita merkittäviä kattilahäviöitä ovat säteily- ja tuhkahäviöt. Aittaluodon voimalaitoksella käytettävän kiinteän polttoaineen kattilahiötysuhteen takuuarvo on 89 %. Kattilahiötysuhde kuvaa sitä tehoa, joka saadaan polttoainetehosta talteen voimalaitoksen vesihöyry-

piiriin. Leijupetikattilan tyypilliseksi hyötysuhteeksi ilmoitetaan kirjallisuudessa 85%. /1/

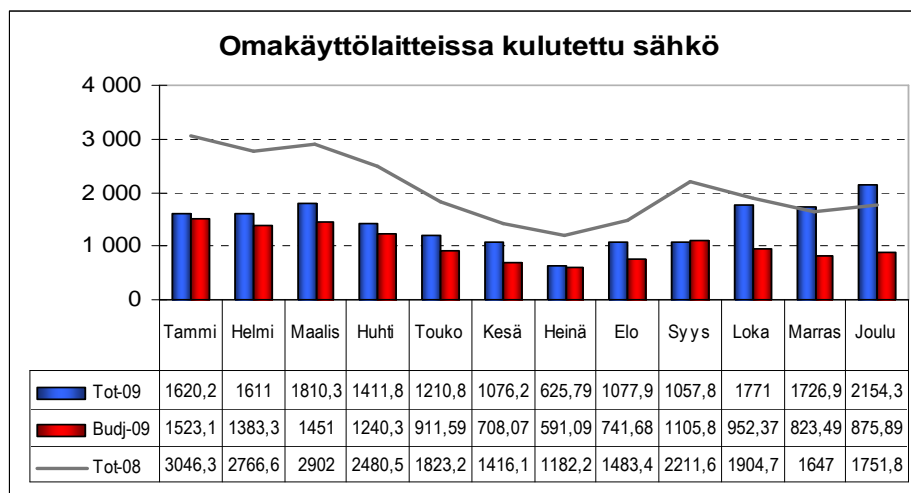
Turbiinin häviöt jaetaan kahteen pääryhmään: sisäisiin häviöihin ja ulkoisiin häviöihin. Sisäisiä häviöitä ovat suutinhäviöt, siivistöhäviöt, poistumis- eli ulosvirtaushäviöt, pyöräkitkahäviöt, tuuletus- eli ventilaatiohäviö sekä vuoto- eli rakohäviöt. Siivistöhäviöt koostuvat kitkahäviöstä, syyshäviöstä, pyörrehäviöstä ja suunnanmuutoshäviöstä, joka on kaikkein suurin siivistöhäviöistä. Ulkoisiksi häviöiksi luokitellaan mekaaniset häviöt, kuten laakeri- ja tiivistekitka, säteily- ja johtumishäviöt sekä tiivistepesähäviöt. /4/

Generaattorihäviöt ovat erittäin pieni osa koko laitoksen häviöistä. Höyryturbiinien yhteydessä käytetään yleensä nopeasti pyöriviä tähtigeneraattoreita. Nopeasti pyörivien generaattorien hyötysuhde on yleensä jopa 98 %. /4,1/

Omakäyttösähkön määrä Aittaluodon tyypisellä laitoksella kaukolämpötilastojen perusteella on noin 3,15% nettolämmön tuotannosta.

Omakäyttösähkö tarkastelujakson aikana Aittaluodon voimalaitoksella oli 3881 MWh, joka on noin 3,6 % nettolämmön tuotannosta. Omakäyttösähkön määrä on lähes suoraan verrannollinen laitoksella tuotetun energian määrään, kuten taulukosta 4 käy ilmi. Talvella suuren kattilakuorman aikaan on myös omakäyttösähkön osuus suuri. /15/

Taulukko 4. Omakäyttölaitteissa kulutettu sähköenergia tuotantotilastoista



4 AITTALUODON VOIMALAITOKSEN ENERGIATASEEN MÄÄRITYS

Laitoksen energiatase tehdään yleisen energiataseen periaatteen mukaisesti. Periaate on esitetty sivulla 18. Taserajauksena pidetään koko laitokseen tulevia ja lähteviä energiavirtoja. Voimalaitoksen energiatase laadittiin käsittämään koko voimalaitosprosessi. Tarkastelujaksona käytettiin aikaväliä 1.11–31.12.2009.

Kokonaistase jaettiin seuraaviin osakokonaisuuksiin: RT-kattila, polttoaineenkäsittely, syöttövesijärjestelmä, TG5, vedenkäsittely, TG4, apukattila, korkeapainehöyryverkko, 3,5 bar höyryverkko, 15 bar höyryverkko ja kaukolämpöjärjestelmä. Kustakin osakokonaisuudesta tunnistettiin sisään ja ulos menevät energiavirrat. Tällä tähdättiin siihen, että erilaiset häviöt voitiin tunnistaa ja niiden perusteella määrittää hyötysuhdetta parantavia tekijöitä.

Energiavirtojen suuruudet laskettiin niiltä osin kuin se oli mahdollista niiden merkittävyyden arvioimiseksi. Osalle energiavirroista ei voitu määrittää suuruusluokkaa. Näiden virtojen osalta merkittävyyttä arvioitiin kokemusperäisesti./5,7,8/

4.1 Laitoksen energiataseen kuvaus

Laitos kuvataan tulevien ja lähtevien tehojen summana kuvan 5 mukaisesti. Laitoksen energiataseeseen pyritään huomioimaan kaikki laitokselta lähtevät energiavirrat, olivatpa ne osa myyntiä tai häviötä sekä kaikki laitokselle tulevat energiavirrat. Energiataseen yleisen yhtälön perusteella voidaan määrittää laitoksen energiataseen yhtälö.

Energiataseen yleinen yhtälö:

$$\sum \Delta P + \sum \Delta Q = \sum \dot{m}(\Delta h + \frac{1}{2}\rho v^2 + g\Delta z)$$

ΔP = Sähkö ja mekaanisen energiantehon muutos (KW)

ΔQ = Lämpöenergian tehon muutos (KW)

\dot{m} = Systemin läpikulkeva massavirtaus (kg/s)

Δh = Massavirtauksen ominaisenergian muutos (kJ/kg)

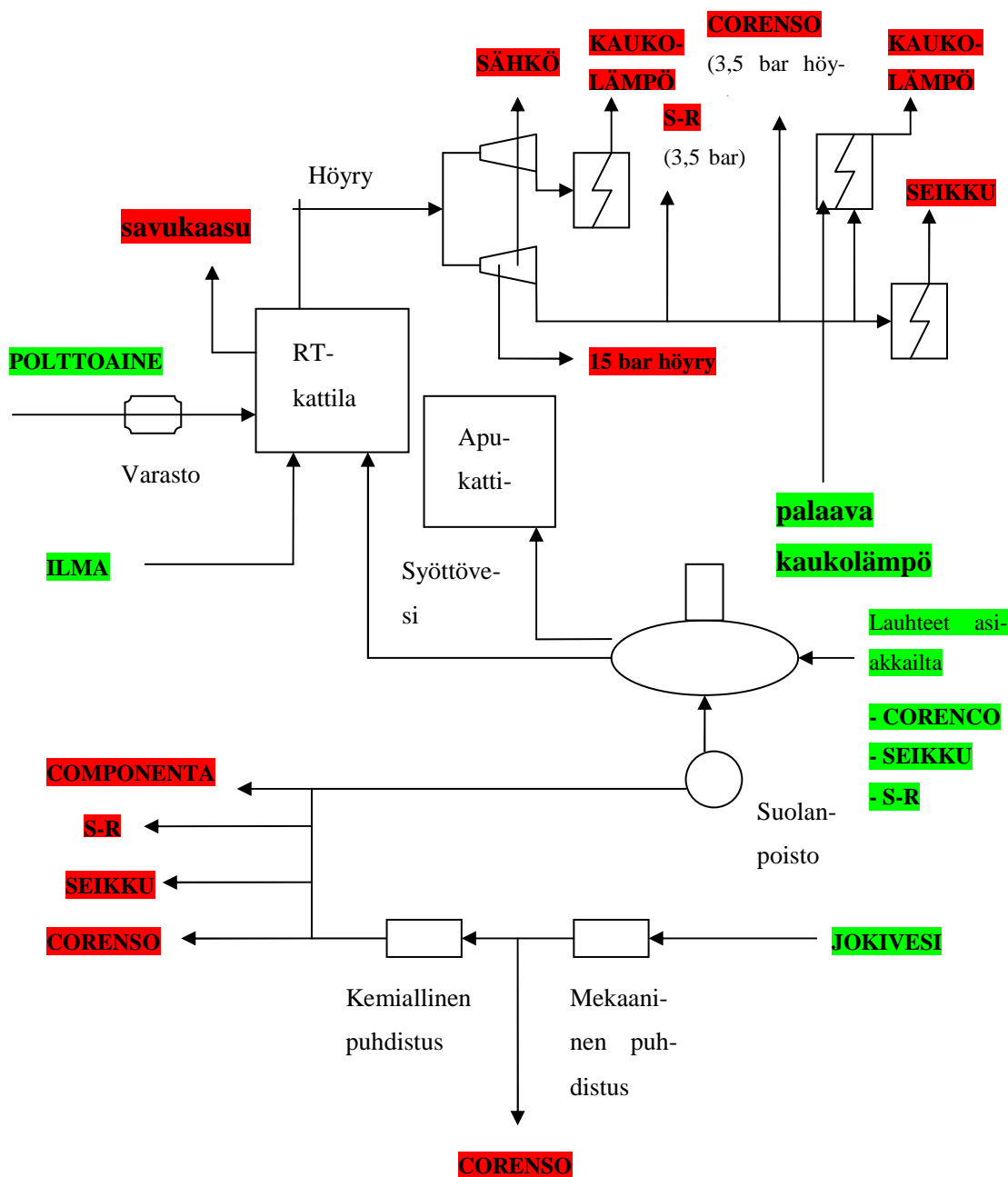
ρ = Massavirtauksen tiheys (kg/m³)

Δv = Massavirtauksen nopeus (m/s)

Δz = Massavirtauksen korkeus (m)

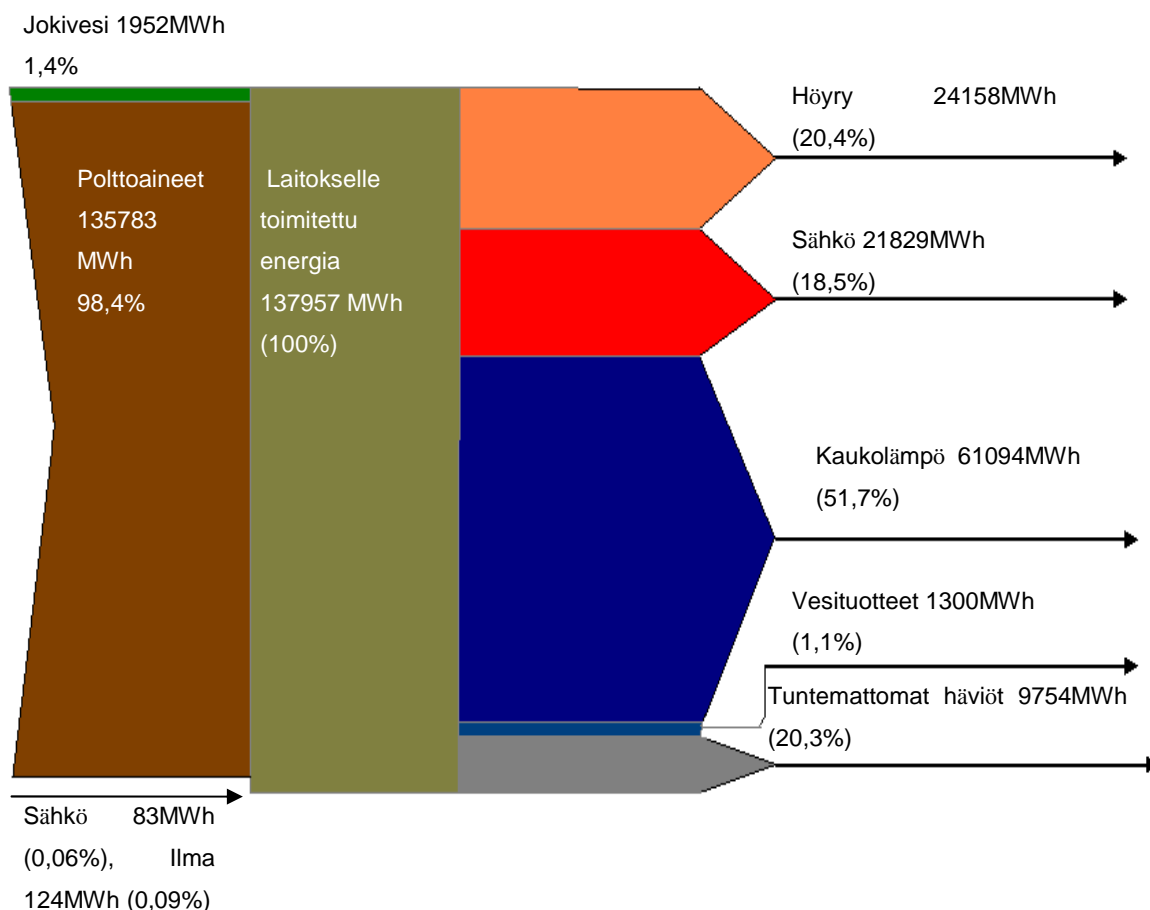
\sum = Systemiin tulevien ja lähtevien tehojen summa

Kuva 5. Laitokselle tulevat energiavirrat (vihreällä) ja laitokselta lähtevät energiavirrat (punaisella).



4.2 Sankey-diagrammi

Laitoksen energiataseesta laadittiin sankey-diagrammi perinteisen periaatteen mukaisesti siten, että tulevien ja lähtevien kuvausnuolien leveydet ovat suhteessa energiamääriin. Diagrammi laadittiin kuvaamaan laitokselle tulevia ja laitokselta lähteviä energiavirtoja seuraavan kappaleen (4.3) periaatteilla ja lukuarvoilla.



4.3 Laitoksen energiataseen ja sen tekijöiden määrittäminen

Tässä kappaleessa eritellään ja analysoidaan energiataseen eri tekijät ja niiden määrät tarkastelujakson aikana. Kuvassa 5 on esitetty laitokselle tulevat ja laitokselta lähtevät energiavirrat.

Laitoksen energiataseen yhtälö laaditaan yleisen energiataseen yhtälön mukaan. Laitoksen taseesta on jätetty pois systeemin yksinkertaistamiseksi potentiaali- ja kineettisen energian termit.

$$Q_{sä} + Q_{po} + Q_{ve} + Q_{il} - Q_{hä} - \Delta Q_{kl} - Q_{ve} - \Delta Q_{hö} - Q_{sä(tuot)} = 0$$

jossa,

$Q_{sä}$ = laitokselle tarkastelujakson aikana toimitettu sähköenergia (MWh)

Q_{po} = laitokselle tarkastelujakson aikana toimitettu polttoaine-energia (MWh)

Q_{ve} = laitokselle pumpatun jokiveden tuoma energia (MWh)

Q_{il} = kattilahuoneeseen tuotu palamisilmaenergia (MWh)

$Q_{hä}$ = laitokselta poistuvat määrittämättömät energiavirrat eli häviöt (MWh)

ΔQ_{kl} = laitokselle palaavan ja laitokselta lähtevän kaukolämpötehon erotus (MWh)

Q_{ve} = laitokselta toimitetut vesituotteiden energia (mekaanisesti puhdistettu vesi, kemiallisesti puhdistettu vesi ja suolavapaa vesi) (MWh)

$\Delta Q_{hö}$ = laitokselta toimitetun höyryenergian ja palaavan lauhde-energian erotus (MWh)

$Q_{sä(tuot)}$ = verkkoon toimitettu sähköenergia (MWh)

Energiataseyhtälöstä voidaan ratkaista laitoksen häviöt laskemalla yhteen muut termit ja sijoittamalla ne yhtälöön. Yhtälöön sijoitetut energiamäärät on laskettu kappaaleessa 4.2. Alla olevan yhtälön perusteella laitoksen häviöiksi tarkastelujakson aikana saadaan 29561MWh.

$$Q_{sä} + Q_{po} + Q_{ve} + Q_{il} - \Delta Q_{kl} - Q_{ve} - \Delta Q_{hö} - Q_{sä(tuot)} = Q_{hä}$$

$$Q_{hä} = 83\text{MWh} + 135783\text{MWh} + 1952\text{MWh} + 124\text{MWh} - 61094\text{MWh} - Q_{ve} - \Delta Q_{hö} - 21829\text{MWh} = 29561\text{MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

4.3.1 Laitokselle toimitettu sähköenergia

Voimalaitoksen omakäyttölaitteille joudutaan ostamaan sähköä verkosta tilanteissa, joissa laitoksen omat turbiinit eivät ole käytössä. Tarkastelujakson aikana laitokselle

sähköverkosta toimitettu sähköenergian määrä selvitettiin laitoksen osto- ja myyntitilastojen perusteella. Tiedot on esitetty kokonaisuudessaan taulukossa 5.

$P_{sä}$ = laitoksen energiatietojen perusteella laitokselle tarkastelujakson aikana toimitettu sähköenergia (MWh)

$$P_{sä} = 83 \text{ MWh}$$

Taulukko 5. Aittaluodon voimalaitoksen sähkön osto- ja myynti tiedot

sähkö MWh	tam.	hel.	maa.	huh.	tou.	kes.	hei.	elo.	syy.	lok.	mar.	jou.
TG4 gen.	0	0	3 860	7 260	5 595	3 594	2 344	4 116	4 646	6 279	3 928	4 272
TG5 gen	13 866	11 872	8 281	493	0	0	0	0	0	5 816	6 160	11 350
TG4 vp	0	0	3 285	5 843	4 214	2 385	1 558	2 832	3 358	5 208	3 212	3 636
TG5 vp	12 166	10 199	7 000	404	0	0	0	0	0	5 012	5 075	9 754
Ostettu omakäyttö	0	4	0	12	71	94	400	70	16	120	0	83
AJ-sähkö	0	0	0	29	71	63	42	135	112	1	0	0
Sähkö myyt. vesien valm.	79	62	45	65	100	70	118	71	118	103	74	79

4.3.2 Laitokselle toimitettu polttoaine-energia

Laitokselle toimitetun polttoaineen massa saadaan polttoainekuormien Seikun sahan autovaa'alla tapahtuvien punnitusten ja kerran kuukaudessa tehtävien varaston muutos arvioiden perusteella. Käytetty polttoaine-energia taas saadaan saapuvista polttoainekuormista otettavien näytteiden ja polttoainemassojen perusteella. Laitoksella tarkastelujakson aikana käytetyn polttoaineen energia saatiin laitoksen tuotantotilastot taulukosta. Taulukossa 6 näkyy prosentteina kunkin polttoaineen osuus kaikesta käytetystä polttoaineesta. /8,11,6/

Q_{po} = laitoksella tarkastelujakson aikana käytetty polttoaine-energia (MWh) tuotantotilastoista

$$Q_{po} = 135783 \text{ MW}$$

Taulukko 6. Käytetyt polttoainesuhteet tuotantotilastoista

vuosi		2009
Energia yhteensä [GWh]		646
Turve		61,3 %
Puu polttoaine, muu		25,7 %
Metsähake		6,4 %
Öljy		4,7 %
KiPo		0,0 %
Peltoenergia		1,8 %

4.3.3 Jokiveden tuoma energia

Laitokselle pumpataan Kokemäenjoesta raakavesi. Jokivettä käytetään laitoksella jäähdytyksen lisäksi kaikkien vesituotteiden raaka-aineena. Laitokselle pumpatun jokiveden tuoma energiamäärä laskettiin seuraavan kaavan avulla:

$$Q_{ve} = C_{H_2O} * t_{jv} * q_{jv}$$

jossa,

Q_{ve} = laitokselle pumpatun jokiveden tuottama energia (kW)

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti (4,2kJ/kgC°) (vakio)

t_{jv} = tulevan veden lämpötila (C°), mittaus: VF08T001:av

q_{jv} = tuleva vesi (kg/s), määrämittaus: UZ01F001:av

$$Q_{ve} = 1952 MWh$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tunti-arvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

4.3.4 Kattilahuoneeseen tuotu palamisilma

Ulkoa tuotu ilma korvaa kattilaan puhalletun palamisilman kattilahuoneessa. Ulkoa tuotu ilma estää alipaineen syntymistä kattilahuoneeseen. Ilmaa on oletettu tulevan kattilahuoneeseen saman verran kuin kattilahuoneesta syötetään palamisilmaa kattilaan.

$$Q_{il} = t_u * C_{il} * (q_{RTsk} + q_{As})$$

Q_{il} = kattilahuoneeseen tuotu palamisilma (kJ)

t_u = ulkolämpötila (C°), mittausta: TI-5801:av_H

C_{il} = ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgC°)

q_{RTsk} = RT-kattilan palamisilman virtaus (kg/s) leijuilman (kg/s) mittausta: FI-5561:av ja sekundääri-ilma (kg/s) mittausta: FI-5014:av

q_{As} = apukattilan palamisilman virtaus, mittausta: 3NG01F001:av

$$Q_{il} = t_u * 1,1 \text{ kJ} / \text{kgC}^\circ * (q_{RTsk} + q_{As}) = 124 \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tunti-arvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

4.3.5 Häviöt

Häviöt pitää sisällään kaikki ne energiavirrat, jotka eivät päädy hyötykäyttöön laitoksella tai myyntiin asiakkaille. Näiden energiavirtojen jakautumista on esitetty tarkemmin alla olevissa osatasekappaleissa, (kappaleet 4.3.1 - 4.3.9).

$Q_{hä}$ = Laitokselta poistuvat määrittämättömät energiavirrat. Ne Pitävät sisällään kaikki ne energiavirrat, jotka eivät päädy hyötykäyttöön laitoksella tai asiakkaille.

4.3.6 Kaukolämpöteho

Kaukolämpöteho määritetään laitokselta tarkastelujakson aikana Porin kaukolämpöverkkoon ja Seikun sahan lämmityspiiriin toimitetun kaukolämpöveden ja laitokselle palaavan kaukolämpöveden energioiden erotuksen perusteella. Laitokselle tuleva kaukolämpöteho laskettiin tuotantotilastojen perusteella. Toimitettu kaukolämpöenergia lasketaan ja tilastoidaan kuukausittain perustuen energiamääramittauksiin.

ΔQ_{kl} = laitokselle palaavan ja laitokselta lähtevän kaukolämpötehon erotus (laskettu laitoksen tuotantotilastojen perusteella)

$$\Delta Q_{kl} = 61094 \text{ MWh}$$

4.3.7 Vesituotteet

Vesituotteet käsittävät kaikki laitokselta asiakkaille myydyt vedet. Kaikki laitokselta myydyt vesituotteet ovat jalostettu joko jokivedestä tai kaupungin raakavedestä. Mekaanisesti puhdistettu vesi on myytävistä vesituotteista ainut, jonka valmistukseen ei ole käytetty lämpöenergiaa. Myytyjen vesituotteiden toimitusmäärät on saatu laskutustiedoista.

Q_{ve} = laitokselta toimitettujen vesituotteiden energia, (mekaanisesti puhdistettu vesi, kemiallisesti puhdistettu vesi sekä suolavapaa vesi).

$$= Q_{co} + Q_{S-R} + Q_{kC} + Q_{cm} + Q_{cs} + Q_{se} \text{ (MWh)}$$

Kemiallinen vesi Corensolle

$$Q_{CO} = t_v * C_{H_2O} * q_v$$

Q_{CO} = Corensolle toimitetun kemiallisen veden energia (MWh)

q_v = Corensolle toimitetun kemiallisen veden määrä (m^3), tiedot laskutustiedoista

t_v = veden lämpötila manuaalimittarista ($^{\circ}C$)

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti [$4,2 \text{ kJ/kg}^{\circ}C$] (vakio)

$$Q_{co} = 21C^{\circ} * 4,2 \text{ kJ} / \text{kg}^{\circ}C * q_v \text{ kg} = Q_{co} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Kemiallinen vesi Sampo-Rosenleville

$$Q_{S-R} = t_v * C_{H_2O} * q_v$$

Q_{S-R} = Sampo-Rosenleville toimitetun kemiallisen veden energia (MWh)

q_v = Sampo-Rosenleville toimitetun kemiallisen veden määrä (m^3), tiedot laskutustiedoista

t_v = veden lämpötila manuaalimittarista ($^{\circ}C$)

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$$Q_{S-R} = q_v * 4.2 \text{kJ/kg}^\circ\text{C} * 21^\circ\text{C} = Q_{S-R} \text{ MWh}$$

Lämmön toimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energia asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Kemiallinen vesi Componentalle

$$Q_{kc} = t_v * c_p * q_v$$

Q_{kc} = Componentalle toimitetun kemiallisesti puhdistetun veden energia (MWh)

q_v = kemiallinen vesimäärä (m3) Componentalle: (laskutustiedoista)

t_v = veden lämpötila manuaalimittarista (°C)

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$$Q_{kc} = q_v * 4.2 \text{kJ/kg}^\circ\text{C} * 21^\circ\text{C} = Q_{kc} \text{ MWh}$$

Lämmön toimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Mekaanisesti puhdistettu vesi Corensolle

$$t_{vm} * c_p * q_{vm} = Q_{cm}$$

Q_{cm} = Corensolle toimitettu mekaanisesti puhdistetun veden energia (MWh)

q_{vm} = mekaaninen vesimäärä (kg/s) Corensolle: UZ51F001:av

t_{vm} = mekaanisen veden lämpötila (°C): VF08T001:av

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kgC] (vakio)

$$Q_{cm} = q_{vm} * t_{vm} * c_p = Q_{cm} \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen

Syöttövesi Corensolle

$$Q_{cs} = Q_{mar} + Q_{jou}$$

Q_{mar} = Corenson syöttöveden lämpöenergia marraskuussa (MWh)

Q_{jou} = Corenson syöttöveden lämpöenergia joulukuussa (MWh)

$$Q_{CS} = Q_{mar} \text{ MWh} + Q_{jou} \text{ MWh} = Q_{CS} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energia määrät on jätetty kirjaamatta.

Seikun lämmityspiirin lisävesi

$$Q_{se} = t_{se} * c_p * q_{se}$$

t_{se} = seikun lämmityspiirin lämpötila paikallismittarista (°C)

Q_{se} = seikun lämmityspiiriin syötetyn lisäveden energia (MWh)

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

q_{se} = lisäveden määrä (m3) tuotantotilastoista

$$Q_{se} = q_{se} * 4.2\text{kJ/kg}^\circ\text{C} * 100^\circ\text{C} = Q_{se} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Toimitettujen vesituotteiden energiamäärä yhteensä $Q_{ve} = Q_{ve}$ MWh.

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

4.3.8 Höyrytuotteista asiakkaille jäävä nettoenergia

Höyrytuotteina asiakkaille jäävä energia määritettiin toimitetun höyryn ja palaavan lauhde-energian erotuksena. Tiedot perustuvat energiamäärämittauksiin, jotka tilastoidaan kuukausittain laskutusta varten.

$\Delta Q_{hö}$ = laitokselta asiakkaille toimitetun höyryenergian ja palaavan lauhde-energian erotus

$$\Delta Q_{hö} = Q_{co} + Q_{koff} + Q_{S-R}$$

Laitokselta Corensolle toimitettu höyryenergia:

$$Q_{co} = Q_{15} + Q_{3,5}$$

Q_{co} = laitokselta Corensolle toimitettu höyry energia (MWh)

$Q_{3,5}$ = 3,5 bar höyry laskutustiedoista (MWh)

Q_{15} = 15 bar höyry laskutustiedoista (MWh)

$$Q_{co} = Q_{3,5} \text{ MWh} + Q_{15} \text{ MWh} = Q_{co} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energia määrät on jätetty kirjaamatta.

Koffin ja Satamaidon käyttämä höyryenergia:

$$Q_{koff} = Q_{mar} + Q_{jou}$$

Q_{koff} = kaupunkihöyryenergia (Koff ja Satamaito) (MWh)

Q_{mar} = marraskuussa toimitettu höyryenergia laskutustiedoista (MWh)

Q_{jou} = joulukuussa toimitettu höyryenergia laskutustiedoista (MWh)

$$Q_{koff} = Q_{mar} \text{ MWh} + Q_{jou} \text{ MWh} = Q_{koff} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energia määrät on jätetty kirjaamatta

Sampo-Rosenlewille jäänyt energia

$$Q_{S-R} = Q_{mar} + Q_{jou}$$

Q_{S-R} = Sampo-Rosenlewille jäänyt energia (MWh)

Q_{mar} = marraskuussa toimitettu höyryenergia (tiedot laskutustietotaulukosta) (MWh)

Q_{jou} = joulukuussa toimitettu höyryenergia (tiedot laskutustietotaulukosta) (MWh)

$$Q_{S-R} = Q_{mar} \text{ MWh} + Q_{jou} \text{ MWh} = Q_{S-R} \text{ MWh}$$

Toimitettu höyryenergia yhteensä $\Delta Q_{hö} = Q_{hö} \text{ MWh}$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta

4.3.9 Toimitettu sähköenergia

Toimitettu sähköenergia määritettiin verkkoon syötetyn sähköenergian ja myytävien vesien valmistukseen käytetyn sähköenergian summana. Sähköenergiat saatiin tuotantotilastoista.

$$Q_{sä} = Q_{ve} + Q_{mv}$$

$Q_{sä}$ = verkkoon toimitettu sähköenergia (MWh)

Q_{ve} = verkkoon syötetty sähköenergia tuotantotilastoista (MWh)

Q_{mv} = myytyjen vesien valmistuksessa käytetty sähköenergia tuotantotilastoista (MWh)

$$Q_{sä} = 21676 \text{ MWh} + 153 \text{ MWh} = 21829 \text{ MWh}$$

4.4 Laitoksen energiatase osaprosessikohtaisesti

Laitos jaettiin yhdeksään osaprosessiin, joiden energiataseita tarkasteltiin vastaavalla tavalla kuin koko laitoksen tasetta. Tarkisteltavat osaprosessit ovat:

- RT-kattila
- Syöttövesijärjestelmä
- TG5
- Vedenkäsittelyjärjestelmä
- TG4
- 3,5 bar höyryverkko
- Apukattila
- Korkeapaine höyryverkko
- Kaukolämpöjärjestelmä

4.4.1 RT-kattilan energiatase

Yhtälö:

$$Q_{po} + Q_{il} + Q_{sy} + Q_{sä} + Q_{hi} + Q_{hh} - Q_{tu} - Q_{hö} - Q_{up} - Q_{sk} - Q_{nä} - Q_{tun} = 0$$

Q_{po} = kattilalle syötetty polttoaine-energia (MWh)

Q_{il} = kaikki kattilalle syötetyt ilmaenergiat yhteensä (leiju, sekundääri, tertiääri) (MWh)

Q_{sy} = kattilaan syötetty syöttövesienergia (MWh)

$Q_{sä}$ = kattilalla käytetty sähköenergia (pumput, puhaltimet ja paineilman tuotto) (MWh)

Q_{hi} = kattilaan syötetyn petihiekan lämpöenergia (MWh)

Q_{hh} = öljynpolton yhteydessä käytetty hajoitushöyryenergia (MWh)

Q_{tu} = kattilasta poistettu tuhkaenergia (pohja sekä lento tuhka) (MWh)

$Q_{hö}$ = kattilalta lähtevä korkeapainehöyry (MWh)

Q_{up} = lieriöstä pois lähtevä ulospuhallus (MWh)

Q_{sk} = kattilalta poistuva savukaasuvirta (MWh)

$Q_{nä}$ = jatkuvan näytteenoton veden energia (MWh)

Q_{tun} = kattilalta poistuvat tunnistamattomat energia virrat

$$Q_{tun} + Q_{nä} = Q_{po} + Q_{il} + Q_{sy} + Q_{sä} + Q_{hi} + Q_{hh} - Q_{tu} - Q_{hö} - Q_{up} - Q_{sk}$$

RT-kattilan energiataseen yhtälöstä voidaan ratkaista kattilasta poistuvat tuntemattomat energiavirrat laskemalla yhtälön muut termit ja sijoittamalla ne yhtälöön. Yhtälöön sijoitetut energiamäärät on laskettu kappaleessa 4.3.1.1. Alla olevan yhtälön perusteella kattilalta poistuviksi näytevesienergioiksi ja tuntemattomiksi energiavirroiksi saadaan 177,5MWh

$$Q_{tun} + Q_{nä} = 129433\text{MWh} + 2664,8 \text{ MWh} + 27158 \text{ MWh} + 584\text{MWh} + 2,5 \text{ MWh} - 373,4 \text{ MWh} - 145992,9 \text{ MWh} - 1362,2 \text{ MWh} - 11937,4 \text{ MWh} = 177,5\text{MWh}$$

Tuntemattomat häviöt 177,5 MWh vaikuttaa liian pieneltä, koska laskennassa ei mukana esimerkiksi säteily ja johtumishäviöitä. Kattilahyötysuhteeksi tulee yllämainituilla arvoilla 91,3% luku vaikuttaa liian suurelta, koska kattilan takuuarvo on 89% (takuu arvo kappaleesta 3.4).

Kattila hyötysuhde: $\eta = Q_{hö} / Q_{te}$

$Q_{hö}$ = kattilalta lähtevä korkeapainehöyry (MWh)

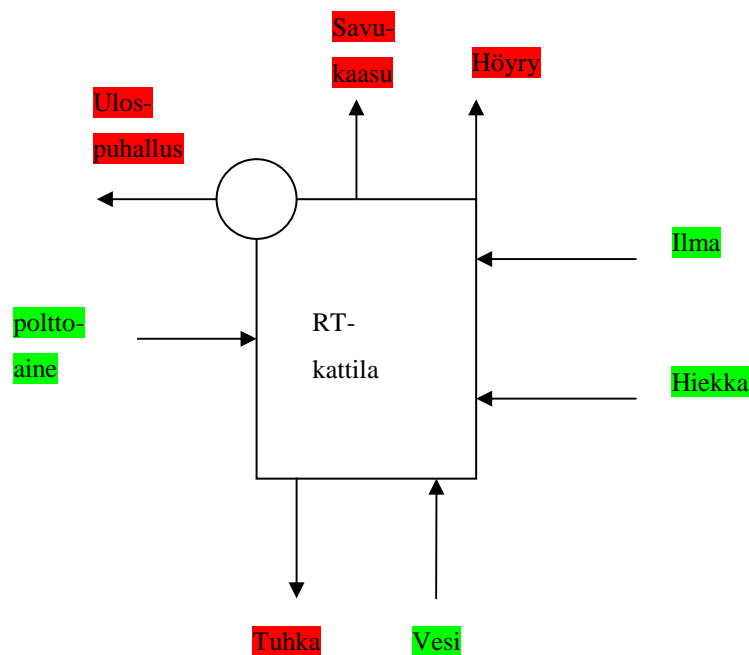
145992,9MWh (Kappaleesta 4.3.1.1)

Q_{te} = kattilalle tulevat energiat yhteensä

159842,3 MWh (Kappaleesta 4.3.1.1)

$\eta = 145992,9 \text{ MWh} / 159842,3 \text{ MWh} = 0,913 = 91,3\%$

$\eta = 91,3\%$



4.4.1.1 RT-kattilan energiataseen yhtälön tekijöiden määrittäminen

Tässä kappaleessa analysoidaan taseeseen vaikuttavat tekijät ja niiden määrät tarkastelujaksolla.

Kattilasta poistuvat tunnistamattomat energiavirrat

Q_{tu} = Kattilalta poistuvat määrittämättömät energia virrat pitävät sisällään kaikki ne energiavirrat, joita ei pystytty tunnistamaan tai joiden suuruutta ei kyetty selvittämään.

Kattilalle syötetty polttoaine

$$Q_{po} = Q_{to} - Q_{ap}$$

Q_{po} = kattilalle syötetty polttoaine-energia (MWh)

Q_{to} = laitokselle toimitettu polttoaine-energia tuotantotilastoista (MWh)

Q_{ap} = apukattilalla käytetty polttoaine (MWh), tiedot kappaleesta 4.3.7.1

$$Q_{po} = 135783\text{MWh} - 6350\text{MWh} = 129433\text{MWh}$$

(RT-kattilalle syötetty polttoaine)

Kattilalle syötetyt ilmat

$$Q_{il} = (q_{le} + q_{se}) * C_{il} * t_{pi}$$

Q_{il} = kaikki kattilalle syötetyt ilmaenergiat laskettuna yhteensä (leiju-, sekundääri-, tertiääri- ja vuotoilma)

q_{le} = RT-kattilaan syötetty leijuilma (kg/s) (mittaus: FI-5561:av)

q_{se} = RT-kattilaan syötetty sekundääri ilma (kg/s) (mittaus: FI-5014:av)

C_{il} = ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C)

t_{pi} = palamisilman lämpötila, (°C) (mittaus: FI-5014:av)

$$Q_{il} = 2664,8 \text{ MWh}$$

RT-kattilaan syötetty syöttövesienergia

Q_{sy} = RT-kattilaan syötetty syöttövesi (MWh), arvo (teholaskennasta tuntiarvojen perusteella. RL10Q901)

$$Q_{sy} = 27158 \text{ MWh}$$

Kattilalla käytetty sähköenergia

$$Q_{sä} = Q_{hö} * k$$

$Q_{sä}$ = kattilalla käytetty sähköenergia (pumput, puhaltimet, paineilman tuotto)

k = RT-kattilan takuuarvojen mukaan kattilan omakäyttösähkön kerroin kattilan lämpötehosta on 0,004

$Q_{hö}$ = RT-kattilan lämpöenergia tarkastelujakson aikana

$$Q_{hö} = q_{hö} * h$$

h = energiasisältö noin 3430kJ/kg (luettu hs-käyrältä)

$q_{hö}$ = höyryn virtaus: Fi-5094 (kg/s)

$$Q_{sä} = 42688\text{kg} * 3420\text{kJ/kg} = \text{kJ} = 145992,9\text{MWh}$$

$$Q_{sä} = 145992,9\text{MWh} * 0,004 = 584\text{MWh}$$

Kattilaan syötetty petihiekkaenergia

$$- Q_{hi} = m_{hi} * t_{hi} * C_{hi}$$

Q_{hi} = kattilaan syötetty petihiekkaenergia (MWh)

m_{hi} = laitokselle toimitettu petihiekkaenergia (kg), (tiedot vaakatiedoista)

t_{hi} = hiekan lämpötila (°C), (arvioitu kattilahuoneen lämpötilan pohjalta)

C_{hi} = hiekan ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg°C), (tieto tekniikan kaavastot – kirjasta)

$$Q_{hi} = 566700\text{kg} * 0,84\text{kJ/kg } ^\circ\text{C} * 20 ^\circ\text{C} = 9520560 \text{ MWh} = 2,5 \text{ MWh}$$

Öljyn hajoitushöyry

Q_{hh} = öljynpolton yhteydessä käytetty hajoitushöyry (MWh)

(3,5 bar höyrylle ei määrämittausta, mutta energiavirtana melko mitätön)

Kattilalta poistettu tuhka

$$Q_{tu} = m_{tu} * t_{tu} * C_{hi}$$

Q_{tu} = kattilasta poistettu tuhka (pohja- ja lentotuhka) (MWh)

m_{tu} = poistetun tuhkan massa (kg), (tieto vaakatiedoista)

t_{tu} = tuhkan lämpötila kattilan petilämpötilojen mukaan ($^{\circ}\text{C}$)

C_{hi} = hiekan ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$), (tieto tekniikan kaavastot - kirjasta)

$$Q_{tu} = 2286000\text{kg} * 0,84\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C} * 700^{\circ}\text{C} = 1536192000\text{kJ} = 373,4\text{MWh}$$

Kattilalta lähtevä korkeapainehöyry

$Q_{hö}$ = kattilalta lähtevä korkeapainehöyry (MWh)

$$Q_{hö} = q_{hö} * h$$

h = energiasisältö n.3430kJ/kg (luettu hs-käyrältä)

$q_{hö}$ = höyryn virtaus:Fi-5094

$$Q_{hö} = 42688\text{kg} * 3420\text{kJ/kg} = 145992,9\text{MWh}$$

Ulospuhallus

$$Q_{up} = h * q_{up}$$

Q_{up} = lieeriöstä pois lähtevä ulospuhallus (MWh)

q_{up} = ulospuhallus virtausmittaus:RR01F001 (kg)

h = ulospuhallushöyryn energiasisältö hs (käyrältä (KJ/kg))

$$Q_{up} = 2780 \text{ kJ/kg} * 490 \text{ kg} = 1362,2 \text{ MWh}$$

Kattilalta poistuva savukaasuvirta:

$$Q_{sk} = q_{sk} * C_{il} * t_{sk}$$

Q_{sk} = kattilalta poistuva savukaasuvirta (MWh)

q_{sk} = RT-kattilan savukaasuvirtaus, (mittaus: NR25F001)

t_{sk} = savukaasun lämpötila, (mittaus: NR25T001)

$$Q_{sk} = q_{sk} * 1,1\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C} * t_{sk} = 11937,4 \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tunti-arvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

Jatkuva näytteenotto

$Q_{nä}$ = jatkuva näytteenotto

Ei mittausta

4.4.2 Polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin energiatase

$$Q_{sä} + Q_{pa1} + \Delta Q_{pv} - Q_{vh} - Q_{pa2} = 0$$

Ei niin hyviä mittauksia, että laskentoja kannattaisi tehdä.

Polttoainevirtaus varastoinnista kattilalle on niin epätarkka, ettei sen laskenta ole perusteltua. Lisäksi polttoaineesta otetaan näyte vain laitokselle toimitettaessa. Näistä johtuen kattilalle todellisuudessa syötetyn polttoaine-energian määrää on mahdoton määrittää tarkasti. Polttoaineaumassa tapahtuvien kuiva-ainetappioiden määrää on vaikea arvioida. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan hakkeen kuiva-ainetappiot ovat tuulettamattomassa aumassa ensimmäisen 1-2 kuukauden aikana 2-5 % kuukaudessa ja sen jälkeen noin 1 % kuukaudessa. Polttoainetyypillä ja säätiloilla on myös merkitystä polttoaineen kuiva-ainetappioiden muutosnopeuteen. /2,3/

Esimerkkilasku 1 polttoaine pankalla tapahtuvista häviöistä:

- arvioitu keskimääräinen polttoaine-energia pankalla = 12000MWh
- arvioitu kuukaudessa tapahtuviksi häviöiksi yllä olevan perusteella 2%
- $12000\text{MWh} \cdot 0,02 = 240\text{MWh}$
- 12000MWh varastotilanteella kuukaudessa häviöitä syntyy 240MWh

Aittaluodossa polttoaineen varastointiaika venyy välillä niin pitkäksi (jopa yli vuoden), että varastoinnin aikaiset häviöt kasvavat oletettavasti huomattavan suuriksi. Polttoaineen varastointia vähentämällä saataisiin nostettua laitoksen hyötysuhdetta.

4.4.2.1 Polttoaineketjun energiataseeseen vaikuttavien tekijöiden erittely

$Q_{sä}$ = polttoineen käsittelyjärjestelmässä käytetty sähköenergia (MWh)

Q_{pa1} = laitokselle toimitettu polttoaine-energia (MWh)

ΔQ_{pv} = polttoainevaraston muutos tarkastelujakson aikana (MWh)

Q_{pa2} = kattilalle syötetty polttoaine (MWh)

Q_{vh} = polttoaineen varastoinnin aikaiset häviöt (MWh)

4.4.3 Syöttövesijärjestelmän energiatase

$$Q_{li} + Q_{la} + Q_{la5} + Q_{hö3,5} + Q_{jup} + Q_{sä} + Q_{bo} + Q_{hö15} + Q_{mpes} - Q_{sh} - Q_{nä} - Q_{cs} - Q_{sl} - Q_{lm} - Q_{sv} - Q_{tum} = 0$$

Q_{li} = suolavapaa lisävesi (MWh)

Q_{la} = lauhde omalauhdesäiliöltä sekä suoraan höyryasiakkailta (MWh)

Q_{la5} = kaukolämmön vaihtimien 5 ja 6 lauhde (MWh)

$Q_{hö3,5}$ = 3,5 bar lämmityshöyry päälauhde sekä syöttövesisäiliöille (MWh)

Q_{jup} = jatkuvan ulospuhallus, säiliön hönkä (MWh)

$Q_{sä}$ = syöttövesijärjestelmässä käytetty sähköenergia (MWh)

Q_{bo} = syöttövesisäiliöön syötetty boilex (MWh)

$Q_{hö15}$ = 15 bar höyry kp esilämmittimelle (MWh)

Q_{mpes} = höyry matalapaine-esilämmittimelle (MWh)

Q_{sh} = syöttövesisäiliön hönkä kattolle menevä (MWh)

$Q_{nä}$ = jatkuva näytteenotto (MWh)

Q_{cs} = Corenson hajukaasukattilan syöttövesi (MWh)

Q_{sl} = Seikun sahan kierron lisävesi (MWh)

Q_{lm} = lauhteen myynti (MWh)

Q_{sy} = syöttövesi kattiloille (MWh)

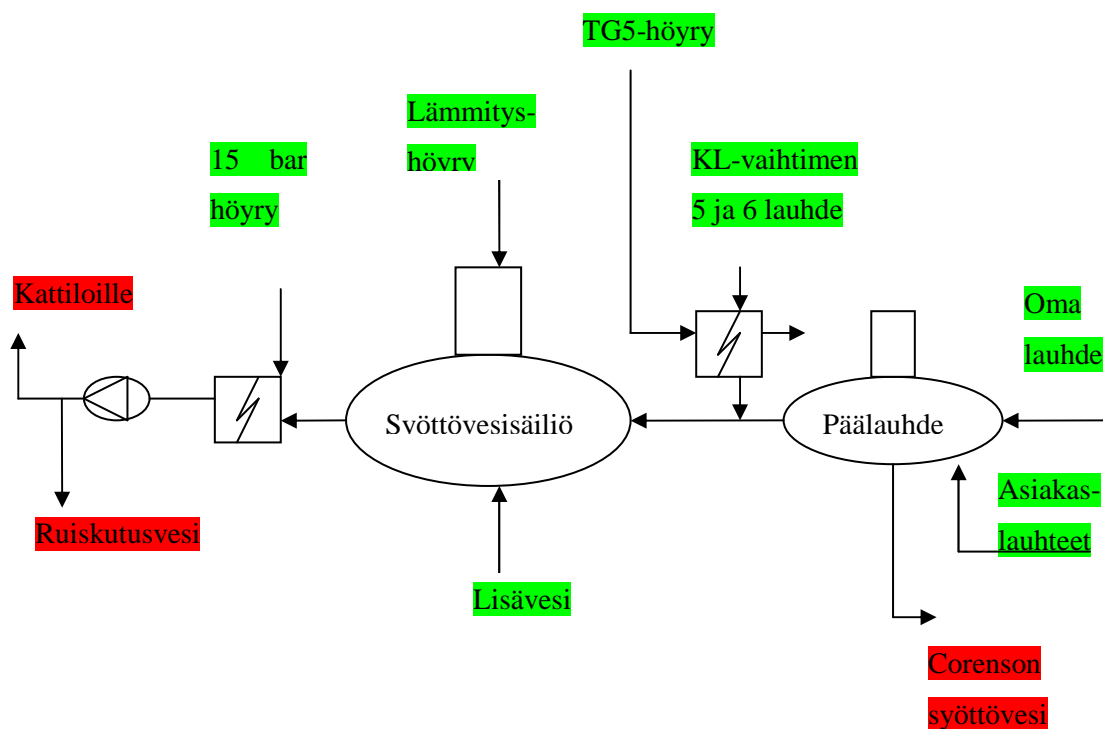
Q_{tum} = tuntemattomat häviöt (MWh)

$$Q_{jup} + Q_{sä} + Q_{bo} + Q_{sh} + Q_{nä} + Q_{lm} = Q_{tum} + Q_{li} + Q_{la} + Q_{la5} + Q_{hö3,5} + Q_{hö15} + Q_{mpes} - Q_{cs} - Q_{sl} - Q_{sv}$$

Syöttövesijärjestelmän energiataseen yhtälöstä voidaan ratkaista kattilasta poistuvat tuntemattomat energiavirrat laskemalla yhtälön muut termit ja sijoittamalla ne yhtälöön. Yhtälöön sijoitetut energiamäärät on laskettu kappaleessa 4.4.3.1. Alla olevan yhtälön perusteella järjestelmästä poistuviksi tuntemattomiksi energiavirroiksi saadaan 878MWh.

$$Q_{jup} + Q_{sä} + Q_{bo} + Q_{sh} + Q_{nä} + Q_{lm} = 413 \text{ MWh} + Q_{la} \text{ MWh} + 6917,7 \text{ MWh} + 14795 \text{ MWh} + 773,3 \text{ MWh} + 2177 \text{ MWh} - Q_{cs} \text{ MW} - Q_{sl} \text{ MWh} - 28998 \text{ MWh} = 878 \text{ MWh}$$

Lämmön-toimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.



4.4.3.1 Syöttövesijärjestelmän energiataseen tekijöiden määrittäminen

Suolavapaa lisävesi

$$Q_{li} = q_{sv} * t_{sv} * C_{H_2O}$$

Q_{li} = suolavapaa lisävesi

q_{sv} = suolavapaan veden virtaus: Sarja4:UA10F001 ja Sarja5:UA25F001

t_{sv} = suolavapaan veden lämpötila: UA02T001:av

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti (4,2kJ/kgC°) (vakio)

$$Q_{li} = q_{sv} * 21C * 4,2kj / kgC = 413 \text{ MWh}$$

Q_{la} = lauhde omalauhdesäiliöltä sekä suoraan höyryasiakkailta.

$$Q_{la} = Q_{sr} + Q_{co} + Q_{ha} + Q_{se} + Q_{om}$$

Q_{sr} = S-R lauhde-energia mittaus 2RM01Q901:count (MWh)

Q_{co} = Corenso lauhde-energia mittaus: 2RM02Q901:count (MWh)

Q_{ha} = haihduttamo lauhde-energia mittaus: 2RM03Q901:count (MWh)

Q_{se} = Seikku lauhde-energia mittaus: 2RM04T001: (MWh)

q_{ol} = omalauhdevirtaus: RN20F001 (kg/s)

t_{ol} = omalauhdelämpötila: (Ei keruussa olevaa mittausta, mutta arvioitu 100°C pää lauhteen paikallismittauksen perusteella).

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti (4,2kJ/kgC°) (vakio)

Q_{sr} = S-R lauhde Q_{sr} MWh

Q_{co} = Corenso lauhde Q_{co} MWh

Q_{ha} = Haihduttamo Q_{ha} MWh

Q_{se} = Seikku lauhde Q_{se} MWh

$$\text{Omalauhde } q_{ol} * C_{H_2O} * t_{ol} = Q_{ol}$$

Q_{ol} = omalauhde Q_{ol} MWh (mukana vielä jonkin verran kaupunki (Koff) lauhdetta)

$$Q_{la} = Q_{la} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Klv 5 ja 6 lauhde

$$Q_{la5} = q_l * t_l * C_{H_2O}$$

Q_{la5} = lauhde kaukolämmönvaihtimilta 5 ja 6

q_l = Lauhteen virtaus, mittaus: RM10F001

t_l = Lauhteen lämpötila (°C), mittaus: RM10T001

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 (kJ/kg°C°) (vakio)

$$Q_{la5} = q_l * t_l * 4,2 \text{ kJ} / \text{kg} \text{C}^\circ = 6917,7 \text{ MWh}$$

Lauhde ja syöttövesisäiliön lämmityshöyry

$Q_{hö3,5}$ = 3,5 bar lämmitys höyry päälauhde sekä syöttövesi säiliöille

Päälauhdesäiliöille menevästä höyryvirtauksesta ei löytynyt historiaa (virtaus oletettavasti 0 kg/s)

$$Q_{hö3,5} = h * q_{hö}$$

h = höyryn energiasältö 2800 kJ/kg°C (hs-käyrältä)

$q_{hö}$ = höyryn virtaus: FIQ-3422 (kg/s)

$$Q_{hö3,5} = 19022142 \text{ kg} * 2800 \text{ kJ} / \text{kg} = 14795 \text{ MWh}$$

Ulospuhallus-säiliön hönkä

Q_{jup} = jatkuvan ulospuhallus säiliön hönkä

Osa höngän lämmöstä otetaan talteen lisäveden lämmitykseen.

Siitä ei ole mittaustietoa.

Syöttövesijärjestelmässä käytetty sähköenergia

$Q_{sä}$ = Syöttövesijärjestelmässä käytetty sähköenergia (MWh)

Siitä ei ole mittaustietoa.

Boilex

Q_{bo} = syöttövesisäiliöön syötetty boilex

Vaikutus energiataseeseen on todella pieni.

KP-esilämmittimen höyry

$$Q_{hö15} = q_{hö15} * h$$

$Q_{hö15}$ = 15bar höyry kp esilämmittimelle

$q_{hö15}$ = höyryn virtaus (kg/s) mittaus FIQ-5284:av

h = 15 bar höyryn energiasisältö 2840kJ/kgC (luettu hs-käyrältä)

Höyryn virtaus (kg/s) (mittaus FIQ-5284:av)

$$Q_{hö15} = q_{hö15} * 2840 \text{ kJ / kg} = 773 \text{ MWh}$$

Esilämmitin on käytössä vain pienen hetken. Mittaukseen on jäänyt alkuarvoja tai höyryventtiileissä on vuotoa, koska virtausta on havaittu koko tarkastelujakson ajan. Tulos ei tästä syystä ole kovin luotettava.

Höyry matalapaine-esilämmittimelle

Q_{mpes} = höyry tg 5:ltä matalapaine-esilämmittimelle,

energianmittaus: RH22Q902 (MWh)

$$Q_{mpes} = 2177,0 \text{ MWh}$$

Syöttövesisäiliön hönkä

Q_{sh} = syöttövesisäiliöstä katolle menevä hönkä (MWh)

Osa höngän energiasta otetaan talteen lisäveden lämmitykseen.

Näytteenotto

$Q_{nä}$ = jatkuva näytteen otto (MWh)

Ei mittausta; vaikea arvioida sen vaikutusta taseeseen.

Corenson hajukaasukattilan syöttövesi (MWh)

Q_{cs} = Corenson hajukaasukattilan syöttövesi tuotantotilastoista

$Q_{cs} = Q_{cs}$ MWh

Lämmötoimitussopimusten salassapitopykälkien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Seikun kierron lisävesi

$$Q_{sl} = m_{vesi} * t_{vesi} C_{H_2O}$$

Q_{sl} = Seikun kierron lisävesi (MWh)

m_{vesi} = vesimäärä laskutustiedoista (kg)

t_{vesi} = lämpötila päälauhdesäiliön manuaalimittarista

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgC°) (vakio)

Tarkastelujaksolla Seikun lämmityspiiriin lisättiin 10m³ vettä

$$Q_{sl} = m_{vesi} \text{ kg} * 100 \text{ C}^\circ * 4,2 \text{ kJ/kgC}^\circ = 4200000 \text{ kJ} = Q_{sl} \text{ MWh}$$

Lämmötoimitussopimusten salassapitopykälkien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Myyty lauhde

Q_{lm} = Veikko Lehti Oy:lle myyty lauhde

Ei tietoa tarkasta määrästä.

Syöttövedet

RTsyöttövesi

$$Q_{RT} = t_{sv,rt} * q_{sv,rt} * C_{H_2O}$$

Q_{RT} = RT-kattilan syöttövesi (MWh)

$q_{sv,rt}$ = syöttöveden virtaus, (mittaus: FIRQ-5069:av) (kg)

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgC°) (vakio)

$$Q_{RT} = t_{sv,rt} * q_{sv,rt} * 4,2 \text{ kJ / kgC}^\circ = 27158 \text{ MWh}$$

Apukattilan syöttövesi

$$Q_{AK} = t_{sv,ak} * q_{sv,ak} * C_{H_2O}$$

$t_{sv}ak$ = apukattilan syöttövesilämpö, mittaus: 3RL04T002 (°C)

$q_{sv}ak$ = apukattilan syöttövesivirtaus, mittaus: 3RL04F001 (kg)

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 (kJ/kg°C) (vakio)

$$Q_{AK} = t_{sv}ak * q_{sv}ak * 4,2kJ / kgC^{\circ} = 1839,5 \text{ MWh}$$

$$Q_{SV} = Q_{RT} + Q_{AK}$$

Q_{SV} = Syöttövesi kattiloille yhteensä

$$Q_{SV} = 27158 \text{ MWh} + 1839,5 \text{ MWh} = 28998 \text{ MWh}$$

Tunnistamattomat häviöt

$$Q_{tun} = \text{tuntemattomat häviöt}$$

4.4.4 Turbogeneraattori 5 energiatase

$$Q_{hö(kp)} + Q_{sä} - Q_{jv} - Q_{sä(tuot)} - Q_{vh} - Q_{ve} - Q_{hö(mp)} - Q_{tun} = 0$$

jossa,

$Q_{hö(kp)}$ = turbiinille tuleva korkeapainehöyry (MWh)

$Q_{sä}$ = TG5:lle tuotu sähköenergia (MWh)

Q_{jv} = öljyn jäähditys veden ΔQ (MWh)

$Q_{sä(tuot)}$ = tuotettu sähköteho (MWh)

Q_{vh} = vuotohöyrylauhduttimelle lähtevä höyry (MWh)

Q_{ve} = vesitykset (MWh)

$Q_{hö(mp)}$ = matalapainehöyryturbiinilta mp-esilämmittimelle, KL-vaitimelle 5 ja 6 (MWh)

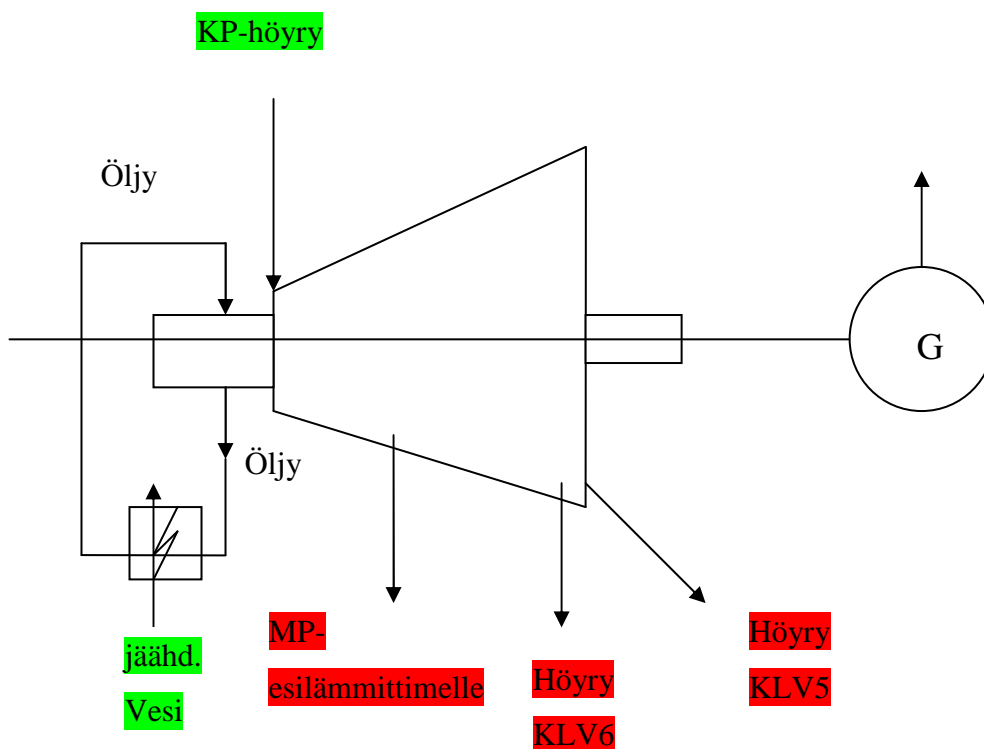
Q_{tun} = tuntemattomat häviöt (MWh)

$$Q_{hö(kp)} + Q_{sä} - Q_{sä(tuot)} - Q_{hö(mp)} = Q_{tun} + Q_{jv} + Q_{vh} + Q_{ve}$$

TG5 energiataseen yhtälöstä voidaan ratkaista turbiinilta poistuvat tuntemattomat energiavirrat laskemalla yhtälön muut termit ja sijoittamalla ne yhtälöön. Yhtälöön sijoitetut energiamäärät on laskettu kappaleessa 4.4.4.1. Alla olevan yhtälön perusteella järjestelmästä poistuviksi tuntemattomiksi energiavirroiksi Q_{tun} saadaan 1146,8MWh

$$Q_{tun} = 72272,3 \text{ MWh} - 17510 \text{ MWh} - 53615,5 \text{ MWh} = 1146,8 \text{ MWh}$$

Tuntemattomat häviöt TG5:llä ovat noin 1146,8MWh (n. 2 %)



4.4.4.1 TG5 energiataseen määrittäminen

Korkeapainehöyry

$Q_{hö(kp)}$ = turbiinille tuleva korkeapainehöyry (MWh)

Höyryn energiamittari: RA40Q902 (MWh)

$Q_{hö(kp)} = 72272,3 \text{ MWh}$

Omakäyttösähkö

$Q_{sä} =$ TG5:lle tuotu sähköenergia (MWh)

Ei mittausta.

Jäähdytysvesi

$Q_{jv} =$ Öljyn jäähdytys vesi (MWh)

Ei mittausta.

Tuotettu sähkö

$Q_{sä(tuot)} =$ Tuotettu sähköenergia (MWh)

Generaattorilta saatu sähkö energia (MWh) tuotantotilastoista

$Q_{sä(tuot)} = 17510$ MW

Vuotohörylauhdutin (Stobudako)

$Q_{vh} =$ vuotohöry, lauhduttimelle lähtävä höyry

Ei mittausta.

Vesitykset

$Q_{ve} =$ vesitykset

(jatkuvat lauhteen poistajat sekä lämmityksen aikaiset suorat vesitykset)

Ei mittausta.

Matalapainehöyryt esilämmittimelle sekä kaukolämmön siirtimille

$Q_{hö(mp)} =$ matalapainehöyry turbiinilta mp-esilämmittimelle, KL-vaitimelle 5 ja 6

Matalapaine-esilämmitin

Energialaskuri: RH22Q902 (MWh)

$Q_{mp} =$ Mp esilämmittimelle lähtävä höyry = 2177,0MWh

$Q_{pl} = q_{la} * h$

$Q_{pl} =$ TG5 päälauhde 51438,5 MWh

$q_{la} =$ lauhteen määrä:RM10F001 (kg)

$h =$ lauteen energiasisältö Jaakko Pöyry Oy mittausraportin pohjalta.

$$Q_{hö(mp)} = Q_{pl} + Q_{mp}$$

$Q_{hö(mp)}$ = matalapainehöyry turbiinilta yht. 53615,5MWh

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

Tunnistamattomat häviöt

$$Q_{tun} = \text{tuntemattomat häviöt (MWh)}$$

4.4.5 Veden käsittelyn energiatase

$$Q_{rv} + Q_{sä} + \Delta Q_{kl} + Q_{ke} + Q_{kv} + Q_{jv(sis)} - Q_{jv} - Q_{aj} - Q_{lv} - Q_{co} - Q_{vm} - Q_{eh} - Q_{se} - Q_{sr} - Q_{ckv} - Q_{tun} = 0$$

jossa,

Q_{rv} = raakavesi Kokemäenjoesta (MWh)

$Q_{sä}$ = vedenkäsittelyyn käytetty sähköenergia (MWh)

Q_{kl} = veden lämmittämiseen käytetty kaukolämpöenergia (MWh)

Q_{ke} = veden käsittelyyn käytetyt kemikaalit (NaOH, NaClO, Pac) (MWh)

Q_{kv} = kaupungin vesiverkosta otettu vesi (MWh)

$Q_{jv(sis)}$ = sisäinen jäähdytysvesi mekaanisen veden ja jokiveden lämmitykseen (MWh)

Q_{jv} = sisäisen jäähdytysveden jäähdytyksessä lämmennyt jokivesi (MWh)

Q_{aj} = apujäähdytys vesi (MWh)

Q_{lv} = vedenkäsittelyn läpikäynyt suolavapaa vesi lisävesisäiliöön (MWh)

Q_{co} = vesi Corensolle (MWh)

Q_{vm} = myyty suolavapaa vesi (MWh)

Q_{eh} = suolanpoistolinjojen elvytyksestä aiheutuneet häviöt esim. kaukolämpö (MWh)

Q_{se} = Seikulle toimitettu kemiallisesti puhdistettu vesi (MWh)

Q_{S-R} = Sampo-Rosenleville toimitetun kemiallisen veden energia (MWh)

Q_{kc} = Componentalle toimitetun kemiallisesti puhdistetun veden energia (MWh)

Q_{tun} = tuntemattomat häviöt (MWh)

Vedenkäsittelyjärjestelmän energiataseen yhtälöstä voidaan ratkaista kattilasta poistuvat tuntemattomat energiavirrat laskemalla yhtälön muut termit ja sijoittamalla ne yhtälöön. Yhtälöön sijoitetut energiamäärät on laskettu kappaleessa 4.4.5.1. Alla olevan yhtälön perusteella järjestelmästä poistuviksi tuntemattomiksi energiavirroiksi saadaan 1714,9MWh.

$$Q_{rv} + \Delta Q_{kl} + Q_{kv} - Q_{lv} - Q_{co} - Q_{sr} - Q_{Ckv} = Q_{se} + Q_{eh} + Q_{vm} + Q_{aj} + Q_{jv} + Q_{jv(sis)} - Q_{sä} - Q_{ke}$$

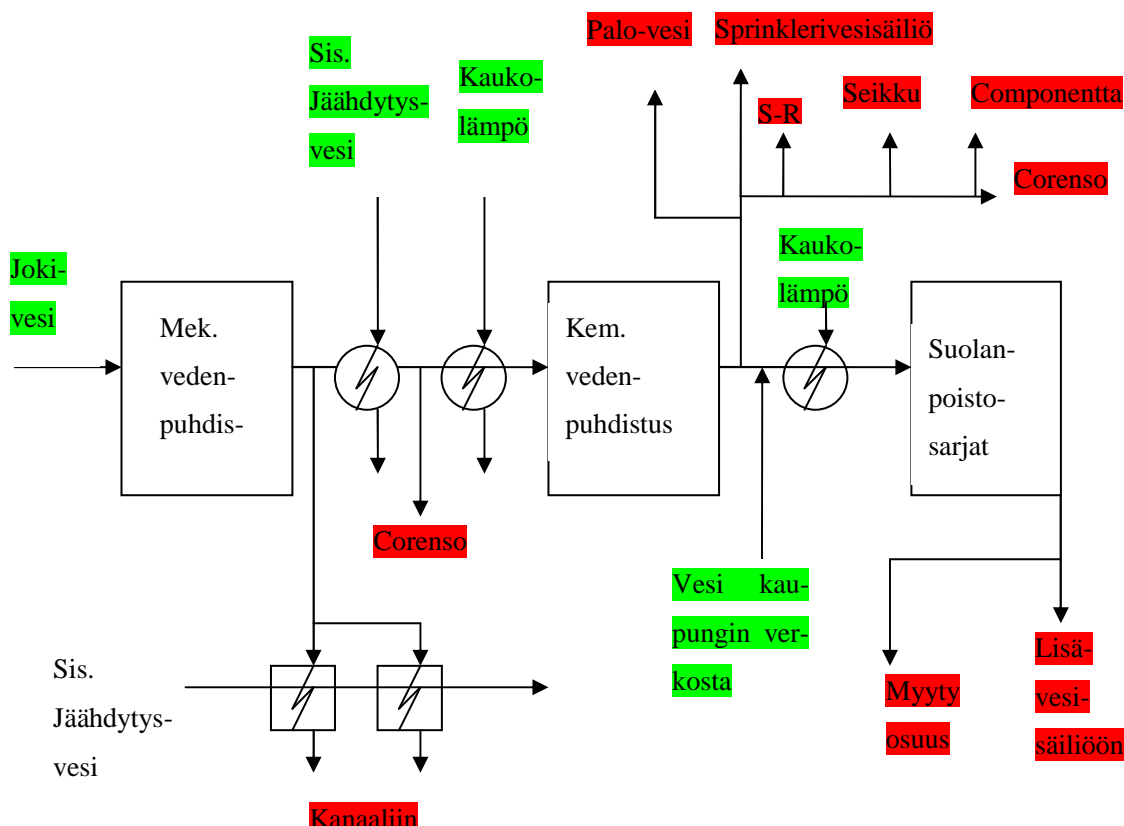
$$Q_{tun} = 1952 \text{ MWh} + 1316 + 4,6 \text{ MWh} - Q_{cov} \text{ MWh} - Q_{S-R} \text{ MWh} - Q_{kc} \text{ MWh}$$

$$= Q_{tun} \text{ MWh}$$

Tunnetut häviöt, joita ei kyetty määrittämään sekä tuntemattomat häviöt ovat n.52%. Suuri osa energiavirroista ei ole mittauksen piirissä. Siten tulos ei ole kovin vertailukelpoinen.

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

4.4.5.1 Veden käsittelyn energiataseen tekijöiden määrittäminen



Jokivesi laitokselle

$$Q_{rv} = C_p * t_{jv} * q_{jv}$$

Q_{rv} = raakavesi Kokemäenjoesta (MWh)

t_{jv} = tulevan veden lämpötila mittaus: VF08T001:av (°C)

q_{jv} = tulevan veden määrämittaus: UZ01F001:av (kg)

C_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$Q_{rv} = 1952\text{MWh}$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

Vedenkäsittelyn omakäyttösähkö

$Q_{sä}$ = vedenkäsittelyyn käytetty sähköenergia (MWh)

Ei mittausta.

Vedenkäsittelyn omakäyttölämpö

$$Q_{kl} = q_{mek} * C_p * (t_{kem} - t_{jok})$$

t_{jok} = jokiveden lämpötila mittaus: VF08T001:av (°C)

t_{kem} = kemialliseen puhdistukseen menevän veden lämpötila UD01T001 (°C)

q_{mek} = veden virtaus kemialliseen veden puhdistukseen. UD01F001 (kg)

Q_{kl} = veden lämmittämiseen käytetty kaukolämpöenergia (MWh)

$Q_k = 1316 \text{ MWh}$

Tuloksessa mukana kaukolämmön osuus sekä sisäisen jäähditysveden tuoma lämpö. Sisäisen jäähditysveden osuus on suurempi kuin kaukolämmön.

Käytetyt kemikaalit

Q_{ke} = veden käsittelyyn käytetyt kemikaalit (NaOH, NaClO, Pac)

Vaikutus energiataseeseen on häviävän pieni.

Vesi kaupungin verkosta

Q_{kv} = kaupungin vesiverkosta otettu vesi.

$$Q_{kv} = C_p * t_v * V$$

V = kaupungin veden määrä energiatiedoista (MWh)

t = veden lämpötila manuaalimittareista (°C)

C_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$Q_{kv} = 986800 \text{ kg} * 4^\circ\text{C} * 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 4,6 \text{ MWh}$

Jäähdytysvesilämmön siirtimet

$Q_{jv(sis)}$ = sisäinen jäähditysvesi mekaanisen veden ja jokiveden lämmitykseen (MWh)

Mittaus ei seurannassa.

Jokivesi kanaaliin

Q_{jv} = sisäisen jäähditysveden jäähdityksessä lämmennyt joki vesi (MWh).

Ei mittausta

Apujäähdytys

Q_{aj} = apujäähdytysvesi (MWh)

Ei apujäähdytystä tarkastelujakson aikana.

Suolavapaa vesi

Q_{lv} = vedenkäsittelyn läpikäynyt suolavapaa vesi lisävesisäiliöön (MWh)

$$Q_{lv} = q_{sv} * t_{sv} * C_p$$

q_{sv} = Suolavapaan veden virtaus: Sarja4:UA10F001 ja Sarja5:UA25F001 (kg)

t_{sv} = Suolavapaan veden lämpötila: UA02T001:av (°C)

C_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$Q_{lv} = 413\text{MWh}$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

Vesi Corensolle

Kemiallinen vesi Corensolle

$$Q_{COk} = t_v * C_{H_2O} * q_v$$

Q_{COk} = Corensolle toimitetun kemiallisen veden energia (MWh)

q_v = Corensolle toimitetun kemiallisen veden määrä (m³), tiedot laskutustiedoista

t_v = veden lämpötila manuaalimittarista (°C)

C_{H_2O} = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$$Q_{COk} = 21\text{C}^\circ * 4,2\text{kJ} / \text{kgC}^\circ * q_v, \text{kg} = Q_{co} \text{MWh}$$

Mekaanisesti puhdistettu vesi Corensolle

$$Q_{cm} = t_{vm} * c_p * q_{vm}$$

Q_{cm} = Corensolle toimitettu mekaanisesti puhdistettu vesi (MWh)

q_{vm} = mek. vesimäärä (kg) Corensolle: UZ51F001:av

t_{vm} = mekaanisen veden lämpötila (°C): VF08T001:av

c_p = vedenominäislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$$Q_{cm} = Q_{cm} \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittauksen perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen

$$Q_{cov} \text{ Vesi Corensolle yht. MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energia määrät on jätetty kirjaamatta.

Suolavapaan veden myynti

$$Q_{vm} = \text{myyty suolavapaa vesi}$$

Ei löytynyt tilastoa.

Elvytyshäviöt

$$Q_{eh} = \text{suolanpoisto linjojen elvytyksestä aiheutuneet häviöt esim. kaukolämpö}$$

Ei mittausta.

Kemiallinen vesi seikulle

$$Q_{se} = \text{Seikulle toimitettu kemiallisesti puhdistettu vesi}$$

Ei virtausta tarkastelujakson aikana.

Kemiallinen vesi Sampo-Rosenleville

$$Q_{S-R} = t_v * C_{H_2O} * q_v$$

$$Q_{S-R} = \text{Sampo-Rosenleville toimitetun kemiallisen veden energia (MWh)}$$

q_v = Sampo-Rosenleville toimitetun kemiallisen veden määrä (m^3), tiedot laskutustiedoista

$$t_v = \text{veden lämpötila manuaalimittarista (C°)}$$

$$C_{H_2O} = \text{vedenominäislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)}$$

$$Q_{S-R} = q_v \text{ kg} * 4.2 \text{ kJ/kg°C} * 21 \text{ °C} = Q_{S-R} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Kemiallinen vesi Componentalle

$$Q_{kc} = t_v * c_p * q_v$$

Q_{kc} = Componentalle toimitetun kemiallisesti puhdistetun veden energia (MWh)

q_v = kem. vesimäärä (m³) Componentalle: (Laskutustiedoista)

t_v = Veden lämpötila manuaalimittarista (°C)

c_p = Vedenominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kg°C] (vakio)

$$Q_{kc} = q_v \text{ kg} * 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 21^\circ\text{C} = Q_{kc} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

4.4.6 Turbogeneraattori 4 energiatase

$$Q_{hö(kp)} + Q_{sä} - Q_{vh} - Q_{sä(tuot)} - Q_{jv} - Q_{hö15} - Q_{hö3,5} - Q_{hä} = 0$$

$Q_{hö(kp)}$ = turbiinille tuleva korkeapainehöyry (MWh)

$Q_{sä}$ = TG4:lle tuotu sähköenergia (MWh)

Q_{jv} = öljyn jäähdytysveden ΔQ (MWh)

Q_{vh} = vuotohöyrylauhduttimelle lähtevä höyry (MWh)

$Q_{sä(tuot)}$ = tuotettu sähköenergia (MWh)

$Q_{hö15}$ = välioton kautta otettu 15 bar höyry (MWh)

$Q_{hö3,5}$ = turbiinin perältä lähtevä 3,5 bar höyry (MWh)

$Q_{hä}$ = tuntemattomat häviöt (MWh)

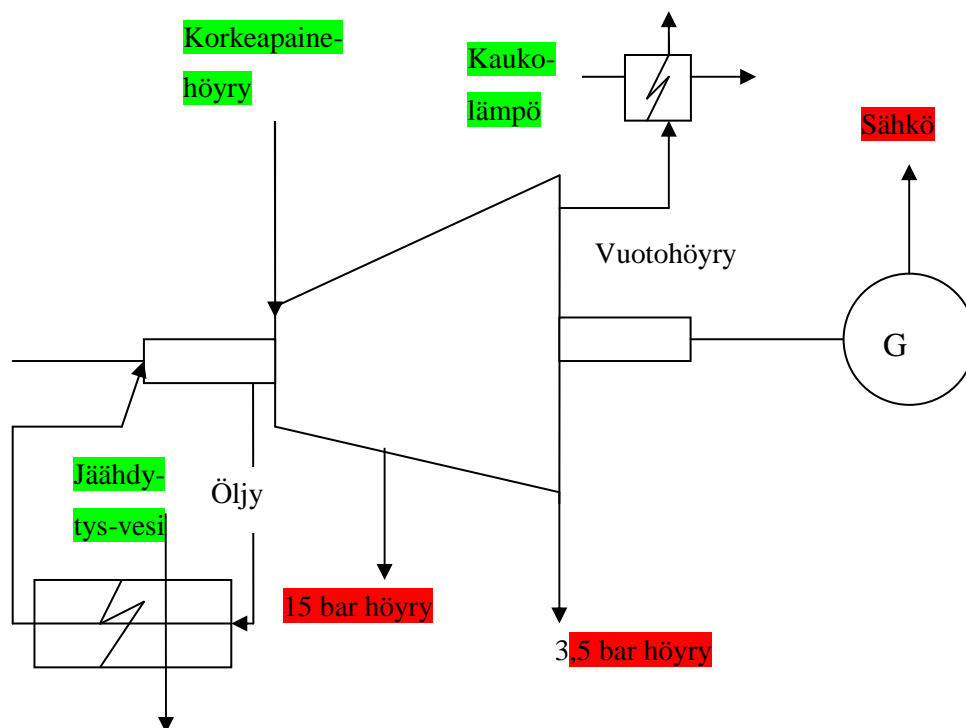
TG4 energiataseen yhtälöstä voidaan ratkaista turbiinilta poistuvat tuntemattomat energiavirrat laskemalla yhtälön muut termit ja sijoittamalla ne yhtälöön. Yhtälöön sijoitetut energiamäärät on laskettu kappaleessa 4.4.6.1. Alla olevan yhtälön perusteella järjestelmästä poistuviksi tuntemattomiksi energiavirroiksi $Q_{hä}$ saadaan 1033,4 MWh.

$$Q_{hö(kp)} + Q_{sä} - Q_{vh} - Q_{sä(tuot)} - Q_{jv} - Q_{hö15} - Q_{hö3,5} - Q_{hä} = Q_{vh} + Q_{jv} + Q_{hä} - Q_{vh}$$

$$Q_{hä} = 64076,4\text{MWh} - 8200\text{MWh} - 10090,9\text{MWh} - 44753,0\text{MWh}$$

$$= 1033,4 \text{ MWh}$$

Tuntemattomat häviöt TG4:llä noin 1033,4 MWh (n 2 %)



4.4.6.1 TG4 energiataseen tekijöiden määrittäminen

Höyry turbiinille

$$Q_{hö(kp)} = q_{KPhö} * h$$

$Q_{hö(kp)}$ = turbiinille tuleva korkeapaine höyry (MWh)

$q_{KPhö}$ = korkeapainehöyry turbiinille: FRQ-3401:av

h = korkeapaine höyryn energia sisältö hs-käyrältä

$$Q_{hö(kp)} = 18846\text{kg} * 3400\text{kJ/kg} = 64076,4\text{MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tunti-arvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

TG4 omakäyttösähkö

$$Q_{sä} = \text{TG4:lle tuotu sähköenergia (MWh)}$$

Ei mittausta.

Öljyn häädytin

$$Q_{jv} = \text{öljyn jäädytysveden } \Delta Q \text{ (MWh)}$$

Ei virtaus mittausta.

TG4 stobudako

$$Q_{vh} = \text{vuotohöyrylauhduttimelle lähtevän höyryn energia (MWh)}$$

Ei virtaus mittausta.

Tuotettu sähkö

$$Q_{sä(tuot)} = \text{tuotettu sähköteho laitoksen tuotantotilastoista (MWh)}$$

$$Q_{sä(tuot)} = 8200 \text{ MWh}$$

15 bar väilottohöyry

$$Q_{hö15} = (q_{KPhö} - q_{3,5hö}) * h$$

$$Q_{hö15} = \text{välioton kautta otettu 15 bar höyry (MWh)}$$

$$q_{KPhö} = \text{korkeapainehöyry turbiinille: FRQ-3401:av (kg)}$$

$$q_{3,5hö} = \text{3,5bar höyry turbiiniin perästä: FRQ-3419:av (kg)}$$

$$h = \text{15bar höyryn energiasisältö hs-käyrältä (kJ/kg)}$$

$$Q_{hö15} = 3143,5 \text{ kg} * 3210 \text{ kJ/kg} = 10090,9 \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen

Väliotto höyryn virtauksesta ei ole käyttökelpoista mittausta. Siksi on käytetty turbiinille tulevan ja perältä lähtevän virtauksen erotusta. Tällä laskentatavalla välioton virtaus on kuitenkin hieman todellista suurempi ja turbiinin häviöt todellisia pienemmät.

Turbiinin perähöyry 3,5bar

$$Q_{h\bar{3},5} = q_{3,5h\bar{}} * h$$

$Q_{h\bar{3},5}$ = turbiinin perältä lähtevä 3,5 bar höyry (MWh)

$q_{3,5h\bar{}}$ = 3,5 bar höyry turbiiniin perästä. FRQ-3419:av (kg)

h = 3,5 bar höyryn energiasisältö hs-käyrältä (kJ/kg)

$$Q_{h\bar{3},5} = 15702 * 2850kJ / kg = 44753MWh$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen

Tuntemattomat häviöt

$$Q_{hä} = \text{tuntemattomat häviöt}$$

4.4.7 Apukattilan energiatase

$$Q_{lh} + Q_{po} + Q_{il} + Q_{sy} + Q_{sä} + Q_{ha} + Q_{ru} - Q_{hö} - Q_{up} - Q_{sk} - Q_{hä} = 0$$

jossa,

Q_{lh} = 3,5 bar kattilan seisonta ajan lämmityshöyry (MWh)

Q_{po} = kattilalle syötetty polttoaine-energia (MWh)

Q_{il} = kattilalle syötetty ilma (MWh)

Q_{sy} = kattilaan syötetty syöttövesi (MWh)

$Q_{sä}$ = kattilalla käytetty sähköenergia (pumput, puhaltimet, paineilman tuotto)
(MWh)

$Q_{hö}$ = kattilalta lähtevä 15 bar höyry (MWh)

Q_{up} = lieriöstä pois lähtevä ulospuhallus (MWh)

Q_{sk} = kattilalta poistuva savukaasuvirta (MWh)

Q_{ha} = polttoaineen syötön yhteydessä kattilalle tuleva hajoitusaine (höyry tai ilma)
(MWh)

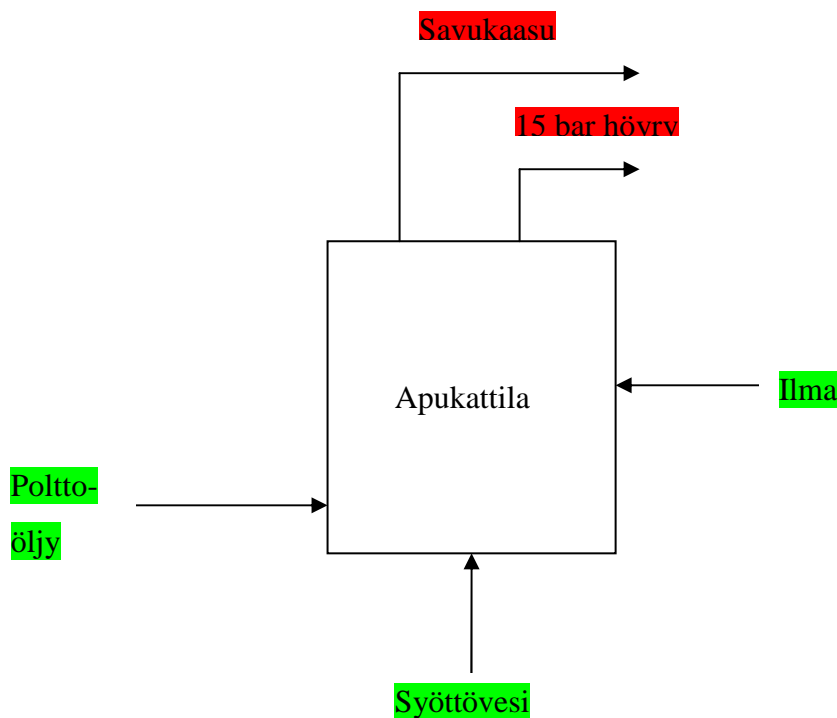
$Q_{hä}$ = tuntemattomat häviöt (MWh)

$$Q_{po} + Q_{il} + Q_{sy} + Q_{sä} + Q_{ha} - Q_{hö} - Q_{up} - Q_{sk} = Q_{hä} + Q_{lh} + Q_{sä}$$

Apukattilan energiataseen yhtälöstä voidaan ratkaista kattilasta poistuvat tuntemattomat energiavirrat laskemalla yhtälön muut termit ja sijoittamalla ne yhtälöön. Yhtälöön sijoitetut energiamäärät on laskettu kappaleessa 4.4.7.1. Alla olevan yhtälön perusteella kattilalta poistuviksi tuntemattomiksi energiavirroiksi $Q_{hä}$ saadaan 455MWh.

$$Q_{hä} = 6350\text{MWh} + 69 \text{ MWh} + 1839,5\text{MWh} - 7411\text{MWh} - 392\text{MWh} = 455 \text{ MWh.}$$

(n.6%)



4.4.7.1 Apukattilan energiataseen tekijöiden määrittäminen

Kattilan seisontalämmitys

Q_{lh} = kattilalle tuleva lämmityshöyry (ylläpitolämmitys) (MWh)

Ei virtaus mittausta.

Apukattilalla käytetty raskaspolttoöljy

Q_{po} = kattilalle syötetty polttoaine-energia (MWh)

Apukattilalle syötetyn öljyn energiamäärä mittausta 3PE11F001Q:count (MW)

Apukattilalla käytetyn polttoöljyn energia on 6350 MWh.

Palamisilma kattilalle

Q_{il} = kattilalle syötetty ilma

$$Q_{il} = t * C_p * q_{il}$$

t = lämpötila paikallismittarista ($^{\circ}\text{C}$)

q_{il} = ilmavirta kattilaan 3NG01F001:av (kg)

C_{il} = ilman ominaislämpökapasiteetti 4,2 (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$) (vakio)

$$Q_{il} = 23\text{C} * 1,2\text{kJ} / \text{kg}^{\circ}\text{C} * 2521000\text{kg} = 69\text{MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

Syöttövesi apukattilalle

$$Q_{sy} = q_{sy} * C_p * t_{sy}$$

Q_{sy} = kattilaan syötetty syöttövesi

q_{sy} = syöttöveden virtaus (kg) mittausta: 3RL04F001:av

t_{sy} = Syöttöveden lämpötila ($^{\circ}\text{C}$) mittausta: 3RL04T002:av

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kgC] (vakio)

$$Q_{sy} = 1839,5 \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

Apukattilan omakäytösähkö

$Q_{sä}$ = kattilalla käytetty sähköenergia (pumput, puhaltimet, paineilman tuotto)

Ei mittausta

$Q_{hö}$ = Kattilalta lähtevä 15 bar höyry

$$Q_{hö} = h * q_{hö}$$

h = höyryn energiasisältö (hs-käyrältä) (kJ/kg)

$q_{hö}$ = höyryn virtaus (kg/s) mittausta: (3RF01F001)

$$Q_{hö} = 7411\text{MWh}$$

Ulospuhallus

Q_{up} = lieriöstä pois lähtevä ulospuhallus

Ei mittausta

Savukaasu

$$Q_{sk} = q_{sk} * c_{il} * t_{sk}$$

q_{sk} = savukaasu virtaus (kg/s) mittausta: (3NG01F001:av)

t_{sk} = savukaasun lämpötila mittausta (C°)

Q_{sk} = kattilalta poistuva savukaasu virta

C_{il} = ilman ominaislämpökapasiteetti (pätee myös kuivaan savukaasuun)

(kJ/kg°C) (vakio)

$$Q_{sk} = 392 \text{ MWh}$$

Hajoitushöyry

Q_{ha} = polttoaineen syötön yhteydessä kattilalle tuleva hajoitusaine (höyry tai ilma)

Ei mittausta; vaikutus pieni.

Tuntemattomat häviöt

$Q_{hä}$ = tuntemattomat häviöt

4.4.8 Korkeapainehöyryn energiatase

$$Q_{kph} + Q_{rv} - Q_{ht} - Q_{hö3,5} - Q_{hö15} - Q_{bw} - Q_{ve} = 0$$

Q_{kph} = korkeapainehöyry kattilalta (MWh)

Q_{rv} = ruiskutusvesi (MWh)

Q_{ht} = korkeapainehöyry turbiinille (MWh)

$Q_{hö3,5}$ = höyry 3,5 bar reduktioilta (MWh)

$Q_{h\bar{1}5}$ = höyry 15 bar reduktiolta (MWh)

Q_{bw} = korkeapainehöyry BW turbiinille (MWh)

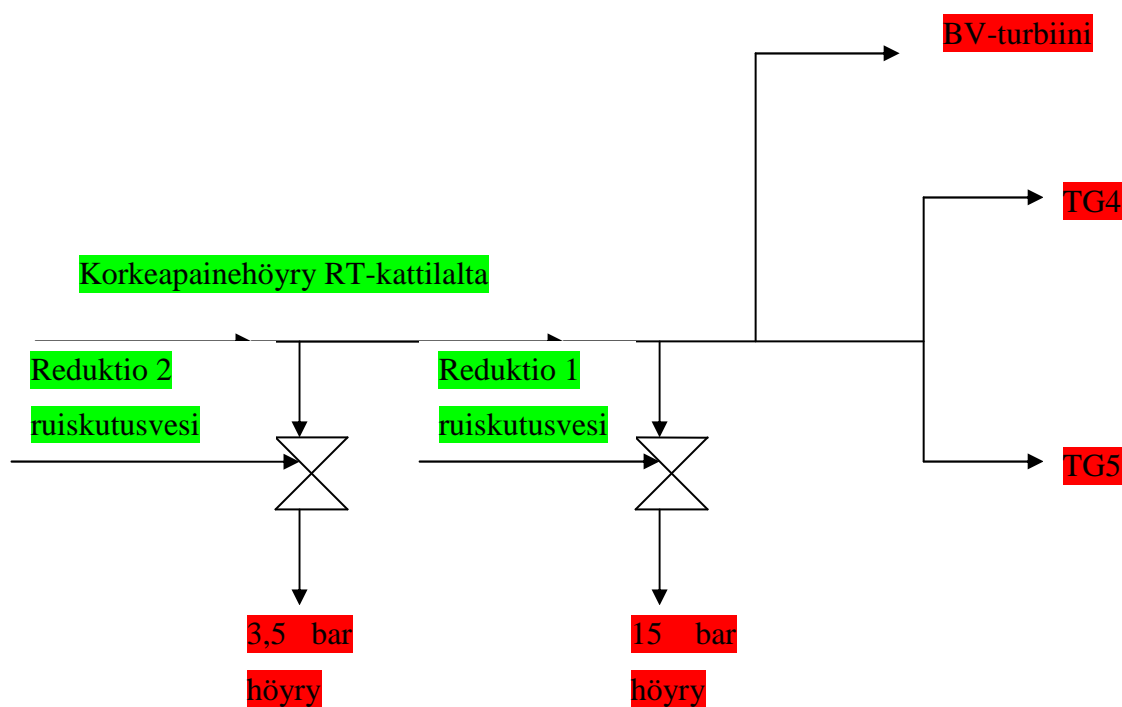
Q_{ve} = vesityksien kautta poistuva höyry/lauhde (MWh)

Q_{tu} = tuntemattomat häviöt (MWh)

$$Q_{kph} + Q_{rv} - Q_{ht} - Q_{h\bar{3},5} - Q_{h\bar{1}5} = Q_{tu} + Q_{ve} + Q_{BW}$$

$$Q_{tu} = 145992,9\text{MWh} + 607\text{MWh} - 136348,7\text{MWh} - 2593\text{MWh}$$

$$= 7658,2\text{MWh} \quad (\text{n.5\%})$$



4.4.8.1 Laitoksen korkeapainehöyryosan energiataseen tekijöiden määrittäminen

Höyry RT-kattilalta

$$Q_{h\bar{o}} = q_{h\bar{o}} * h$$

Q_{kph} = korkeapainehöyry kattilalta

h = energiasisältö on noin 3430kJ/kg luettu (hs-käyrältä)

$q_{hö}$ = höyryn virtaus: (Fi-5094) (KG)

$$Q_{hö} = 42688\text{kg} * 3420\text{kJ/kg} = 145992,9\text{MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen

Reduktioiden ruiskutusvesi

$$Q_{RV} = (q_{r1} + q_{r2}) * C_{H_2O} * t_{rv}$$

Q_{RV} = ruiskutusvesi

q_{r1} = R1 vesimäärä, mittaus: (2RJ13F001:av) (kg)

q_{r2} = R2 vesimäärä, (mittaus: 2RJ12F001:av) (kg)

t_{rv} = veden lämpötila (°C), (mittaus: TI-5069:av)

$$Q_{RV} = (q_{r1} + q_{r2}) * 4,2\text{kJ} / \text{kgC}^\circ * t_{rv} = 607 \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

Turbiineille tuleva höyry

$$Q_{ht(TG4)} = q_{KPhö} * h$$

$Q_{ht(TG4)}$ = höyry TG4:lle

$q_{KPhö}$ = korkeapainehöyry turbiinille: (FRQ-3401:av) (kg)

h = Korkeapaine höyryn energia sisältö (hs-käyrältä). (kJ/kg)

$$Q_{ht(TG4)} = 64076,4\text{MW}$$

TG5 turbiinille tuleva korkeapainehöyry

Höyryn energia mittari: RA40Q902

TG5 korkeapaine höyry 72272,3 MWh

Korkeapainehöyry turbiineille yhteensä 136348,7MWh

Höyry reduktiolta R2

$Q_{h\ddot{o}3,5}$ = höyry 3,5 bar reduktiolta (MWh)

Virtausmittauksen mukaan 0 kg tarkastelujakson aikana.

Höyry reduktiolta R1

$$Q_{h\ddot{o}15} = h * q_{h\ddot{o}15}$$

$Q_{h\ddot{o}15}$ = höyry 15 bar reduktiolta

$q_{h\ddot{o}15}$ = höyryn virtaus reduktiolta (FRQ-3402:av) (kg)

h = höyryn entalpia h_s -käyrältä (2800kj/kg)

$Q_{h\ddot{o}15} = 2593\text{MWh}$

Höyry BV turbiinille

Q_{bw} = Korkeapaine höyry BV turbiinille

Ei virtausta

Vesitykset ja lauhteenpoistajat

Q_{ve} = Vesityksien kautta poistuva höyry/lauhde

Ei mittausta.

Tuntemattomat häviöt

Q_{tu} = tuntemattomat häviöt

4.4.9 3.5 bar höyryverkon energiatase

$$Q_{h\ddot{o}r} + Q_{h\ddot{o}t} + Q_{h\ddot{o}a} - Q_{lu} - Q_{pv} - Q_{la} - Q_{sy} - Q_{s-r} - Q_{se2} - Q_{se3} - Q_{kl7} - Q_{ss} - Q_{\ddot{o}v} - Q_{co} - Q_{\ddot{o}l} - Q_{kl8} - Q_{la} - Q_{ak} - Q_{tu} = 0$$

$Q_{h\ddot{o}r}$ = reduktiolta 2. tuleva höyry (MWh)

$Q_{h\ddot{o}t}$ = TG4:ltä tuleva höyry (MWh)

$Q_{h\ddot{o}a}$ = apukattilan reduktioasemalta tuleva höyry (MWh)

Q_{lu} = RT höyryluvolle lähtevä höyry (MWh)

Q_{pv} = palovesisäiliön lämmitys (MWh)

Q_{la} = päälauhdesäiliöön menevä höyry (MWh)

Q_{sy} = syöttövesisäiliön lämmityshöyry (MWh)

Q_{s-r} = Sampo-Rosenlewille lähtevä höyry (MWh)

Q_{se2} = Seikun lämmön vaihtimelle 2 menevä höyry (MWh)

Q_{se3} = Seikun lämmön vaihtimelle 3 menevä höyry (MWh)

Q_{kl7} = kaukolämmön vaihtimelle 7 menevä höyry (MWh)

Q_{ss} = polttoainesilojen (tasaus ja karkeajae) sammutushöyry (MWh)

$Q_{\ddot{o}v}$ = öljyvaraston pattereiden lämmityshöyry (MWh)

Q_{co} = Corensolle lähtevä höyry (MWh)

$Q_{\ddot{o}l}$ = öljyn lämmityshöyry (MWh)

Q_{kl8} = kaukolämmön vaihtimelle 8 lähtevä höyry (MWh)

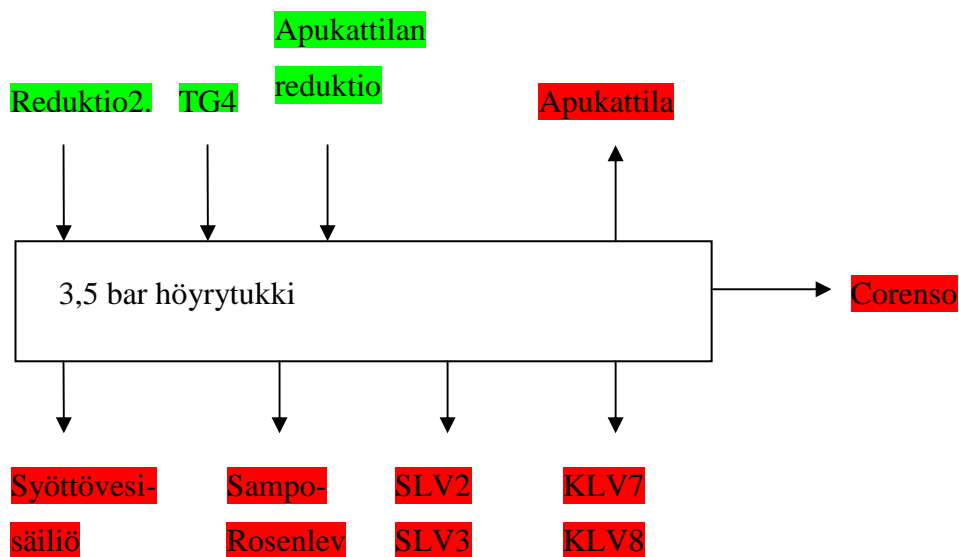
Q_{la} = lauhteen poistajien kautta poistuva höyry/lauhde (MWh)

Q_{tu} = tuntemattomat häviöt (MWh)

$$\begin{aligned} Q_{tu} &= Q_{h\ddot{o}r} + 44753,0\text{MWh} + 5182,5\text{MWh} - Q_{lu} - Q_{pv} - Q_{la} - 14795\text{MWh} - Q_{s-r} \text{MWh} \\ &- Q_{se2}\text{MWh} - Q_{se3} - 16167,5\text{MWh} - Q_{ss} - Q_{\ddot{o}v} - Q_{co} \text{MWh} - Q_{\ddot{o}l} - Q_{kl8} - Q_{la} - Q_{ap} - Q_{tu} \\ &= -1235\text{MWh} \end{aligned}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Tukille tulevat mittaukset epätarkempia kuin tukilta lähtevät asiakkaiden laskutus mittaukset, joita kalibroidaan säännöllisesti. Tämä aiheuttaa negatiivisen taseen.



4.4.9.1 3,5 bar höyryverkon energiataseen tekijöiden määrittäminen

Höyry reductiolta 2.

$$Q_{\text{hör}} = \text{reductiolta 2 tuleva höyry (MWh)}$$

Mittauksen mukaan ei virtausta.

TG4 perähöyry

$$Q_{\text{hö}} = q_{3,5\text{hö}} * h$$

$$Q_{\text{hö}} = \text{TG4:ltä tuleva höyry (MWh)}$$

$$q_{3,5\text{hö}} = \text{3,5bar höyry virtaus (kg) turbiiniin perästä mittaus. (FRQ-3419:av)}$$

$$h = \text{3,5bar höyryn energiasisältö (hs-käyrältä)} = 2850\text{kJ/kg}$$

$$Q_{\text{hö}} = 44753,0 \text{ MWh}$$

Apukattilalta lähtevä 3,5 bar höyry

$$Q_{\text{höa}} = q_{\text{ap}} * h$$

$$Q_{\text{höa}} = \text{apukattilan reductioasemalta tuleva höyry (MWh)}$$

$$q_{\text{ap}} = \text{höyryn virtaus 3RG01F001:av (kg)}$$

$$h = \text{energiasisältö hs-käyrältä}$$

$$Q_{\text{höa}} = 5182,5 \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen.

RT-kattilan höyryluvo

Q_{lu} = RT höyryluvolle lähtevä höyry

Ei mittausta.

Spriglerivesisäiliön lämmitys

Q_{pv} = palovesi säiliön lämmitys (MWh)

Mittausta ei löytynyt.

Päälauhdesäiliön lämmitys

Q_{la} = päälauhdesäiliöön menevä höyry (MWh)

Ei virtausta

Syöttövesisäiliön lämmitys

$$Q_{sy} = q_{hö} * h$$

Q_{sy} = syöttövesisäiliön lämmitys höyry

h = höyryn energiasisältö hs käyrältä (2800kJ/kg)

$q_{hö}$ = höyryn virtaus mittausta: FIQ-3422 (kg)

Q_{sy} = 14795 MWh

3,5 bar höyry Sampo-Rosenlewille

$$Q_{S-R} = Q_{mar} + Q_{jou}$$

Q_{S-R} = Sampo-Rosenlewille lähtevä höyry (MWh)

Q_{mar} = Marraskuussa toimitettu höyryenergia = Q_{mar} MWh

Q_{jou} = Joulukuussa toimitettu höyryenergia = Q_{jou} MWh

Toimitetut höyrytehot saatiin laskutustiedot taulukosta

Sampo Rosenlewille jäänyt energia = Q_{mar} MWh + Q_{jou} MWh = Q_{jou} MWh

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

SLV2 höyry

$$Q_{se2} = q_{se2} * h$$

h = höyryn energiasisältö hs käyrältä = 2800kJ/kg

Q_{se2} = Seikun lämmönvaihtimelle 2 menevä höyrymittaus: (FI-4038:av) (MWh)

Virtaus haettu lauhdemittauksen kautta, koska höyryvirtaus ei ole keruussa.

$$Q_{se2} = Q_{se2} \text{ MWh}$$

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia

Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

SLV3 höyry

Q_{se3} = Seikun lämmönvaihtimelle 3 menevä höyry (MWh)

Mittaus näyttää tasaisesti noin 0,5 kg/s (joko mittaus heittää tai venttiilit vuotavat).

Vaihdin ei käytössä jakson aikana.

KL7 7 höyry

$$Q_{kl7} = q_{hö} * h$$

Q_{kl7} = kaukolämmönvaihtimelle 7 menevä höyry (MWh)

$q_{hö}$ = höyry klv 7:lle (FI-4043:av) (kg)

h = höyryn energiasisältö hs käyrältä = (2800kJ/kg)

$$Q_{kl7} = 16167,5 \text{ MWh}$$

Energiamäärät laskettiin prosessitietojärjestelmästä saatujen mittausten perusteella tuntitasolla ja summaamalla näin saadut tuntiarvot tarkastelujakson ajalta yhteen

Sammutushöyry

Q_{ss} = polttoainesiilojen (tasaus ja karkeajae) sammutushöyry (MWh)

Ei mittausta

Öljyvaraston lämmitys

$Q_{öv}$ = öljyvaraston pattereiden lämmityshöyry (MWh)

Ei mittausta

3,5 bar höyry Corensolle

Q_{co} = Corensolle lähtevä höyry (MWh)

laskutustiedot taulukosta

$Q_{co} = Q_{co}$ MWh

Lämmöntoimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.

Öljyn lämmitys

$Q_{öl}$ = öljyn lämmityshöyry (MWh)

Ei mittausta

KLV8 höyry

Q_{k18} = kaukolämmön vaihtimelle 8 lähtevä höyry (MWh)

Ei virtausta

Lauhteenpoistajat

Q_{la} = lauhteen poistajien kautta poistuva höyry/lauhde (MWh)

Ei mittausta

Apukattilan käyttövalmiina pito

Q_{ap} = apukattilan lämmityshöyry. (MWh)

Ei mittausta.

Tuntemattomat häviöt

Q_{tu} = tuntemattomat häviöt (MWh)

4.4.10 Kaukolämpöjärjestelmän energiatase

$$Q_{h\ddot{o}3,5} + Q_{tg5} + Q_{sk} + Q_{vh} - Q_{ok} - Q_{klv} - Q_{tu}$$

$Q_{h\ddot{o}3,5}$ = kaukolämmön siirtimille tuleva 3,5 bar höyry (MWh)

Q_{tg5} = TG5:ltä tuleva matalapainehöyry kaukolämmön siirtimille 5 ja 6 (MWh)

Q_{sk} = savukaasu Ekolla savukaasusta kaukolämpöön siirtynyt energia (MWh)

Q_{vh} = vuotohöyry lauhduttimella kaukolämpöön siirtyvä energia (Stobudako) (MWh)

Q_{ok} = omakäyttö kaukolämpö (MWh)

Q_{klv} = laitokselta lähtevän ja laitoksellepalaavan kaukolämpöveden energioiden erotus (MWh)

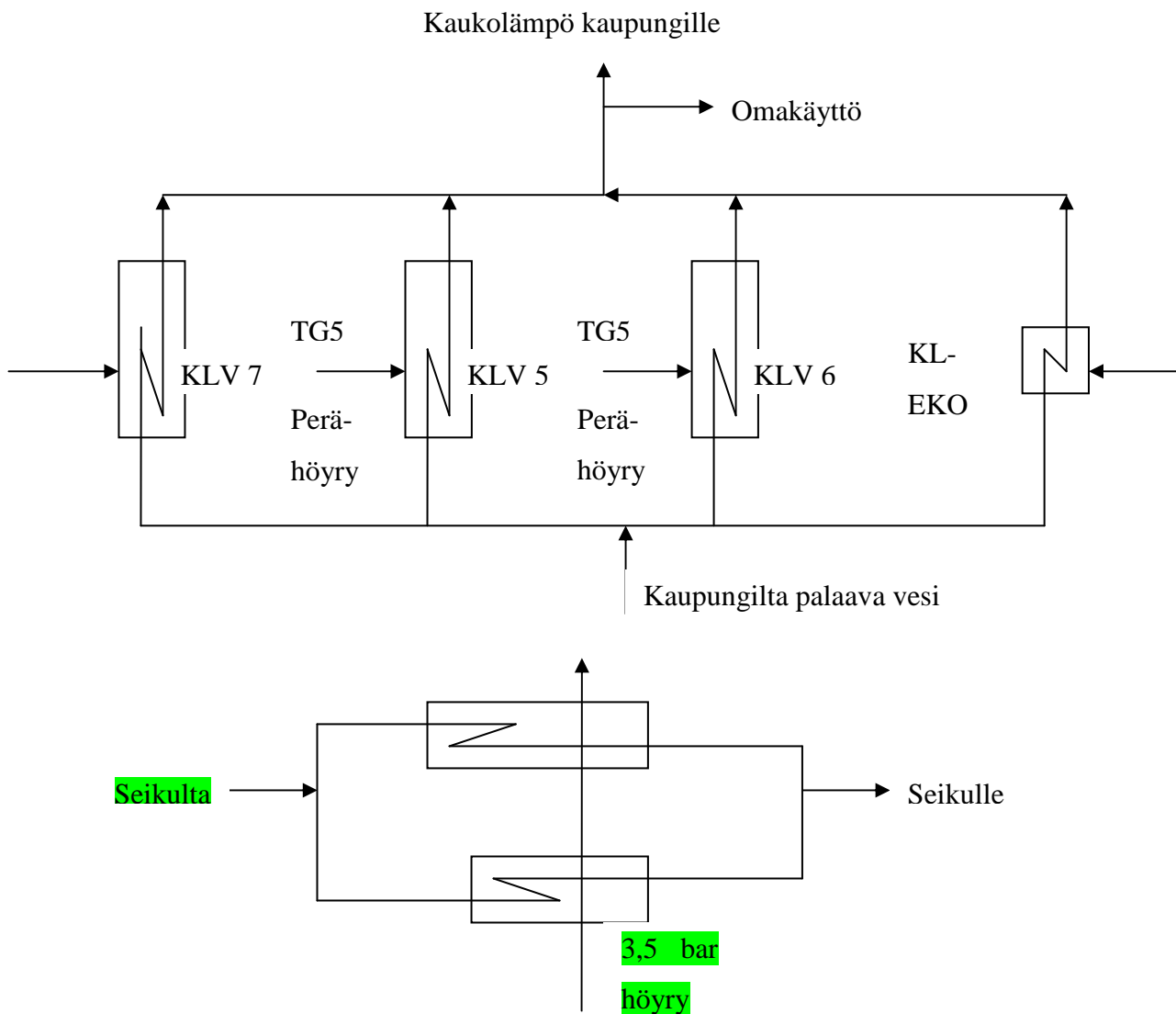
Q_{tu} = tuntemattomat häviöt (MWh)

$$Q_{h\ddot{o}3,5} + Q_{tg5} + Q_{sk} - Q_{ok} - Q_{klv} = Q_{tu} - Q_{vh}$$

$$Q_{tu} = Q_{h\ddot{o}3,5} \text{ MWh} + 44520,8 \text{ MWh} + Q_{sk} \text{ MWh} - 1500 \text{ MWh} - 61094 \text{ MWh}$$

$$= Q_{tu} \text{ MWh}$$

Lämmön-toimitussopimusten salassapitopykälien takia Pori Energian asiakkailleen toimittamat energiamäärät on jätetty kirjaamatta.



4.4.10.1 Kaukolämpöjärjestelmän energiataseen tekijöiden määrittäminen

3,5 bar höyry lämmönsiirtimille

Q_{kl7} = höyry kaukolämmön vaihtimelle 7 kappaleesta 4.3.9.1

$Q_{kl7} = 16167,5 \text{ MWh}$

Q_{slv2} = seikun lämmön vaihtimelle 2 tuleva höyry, kappaleesta 4.3.9.1

$Q_{slv2} = Q_{slv2} \text{ MWh}$

$Q_{hö3,5} = Q_{slv2} + Q_{kl7} - Q_{la}$

$Q_{hö3,5}$ = lämmön siirtimille tuleva 3,5 bar höyry yhteensä = $Q_{hö3,5} \text{ MWh}$

$$Q_{la} = \text{lämmönsiirtimiltä poistuva lauhde} = 3189 \text{ MWh}$$

$$Q_{hö3,5kok} = Q_{hö3,5} \text{ MWh} - 3189 \text{ MWh} = Q_{hö3,5kok} \text{ MWh}$$

TG5:ltä tuleva matalapainehöyry kaukolämmön siirtimille 5 ja 6

$$Q_{tg5} = q_{la} * h$$

Q_{tg5} = TG5:ltä tuleva matalapaine höyry kaukolämmön siirtimille 5 ja 6 (MWh)

h = lauhteen energiasisältö 2400kJ/kg

q_{la} = lauhteen määrä, (mittaus RM10F001) (kg)

$$Q_{tg5} = 51438,5 \text{ MWh}$$

Lauhteen energiasisältö Jaakko Pöyry Oy mittausraportin pohjalta

$$Q_{la} = q_l * t_l * C_p$$

$$Q_{la} = 6917,7 \text{ MWh}$$

q_l = lauhteen virtaus: RM10F001

t_l = lauhteen lämpötila RM10T001

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2kJ/kgC] (vakio)

$$Q_{la} = 6917,7 \text{ MWh}$$

$$Q_{hö} - Q_{la} = (51438,5 - 6917,7) \text{ MWh}$$

$$Q_{tg5} = 44520,8 \text{ MWh}$$

RT-kattilan savukaasu eko

Q_{sk} = savukaasu ekolla savukaasusta veteen siirtynyt energia (MWh)

Kaukolämpöön 1300MWh (laskutustiedoista)

Seikun kiertoon MWh (laskutustiedoista)

$$Q_{sk} = Q_{sk} \text{ MWh}$$

Vuotohöyrylauhduttimet

Q_{vh} = vuotohöyrylauhduttimella kaukolämpöön siirtyvä energia (Stobudako)

Ei mittausta

Omakäyttölämpö

Q_{ok} = omakäyttökaukolämpö (laskutustiedoista) (MWh)

$$Q_{ok} = 1500 \text{ MWh}$$

Kaukolämpöteho

Q_{klv} = laitokselta lähtevän ja laitokselle palaavan kaukolämpötehon erotus (laskutustiedoista) (sisältää Seikun lämmityspiirin)

$$Q_{klv} = 61094 \text{ MWh}$$

Tuntemattomat häviöt

Q_{tu} = tuntemattomat häviöt (MWh)

4.5 Laitoksen vuotuinen energiahyötysuhde

Tässä tapauksessa eräänä tunnuslukuna voidaan pitää niin sanottua vuotuista energiahyötysuhdetta.

Kaava 3.

$$\eta_{vuosienergia} = \frac{Q_{sä} + Q_{kl} + Q_{hö}}{Q_{po}}$$

$Q_{sä}$ = laitoksen energiatietojen perusteella laitokselta vuoden aikana sähköverkkoon tuotettu sähköenergia = 85595 MWh

ΔQ_{kl} = laitokselle palaavan ja laitokselta lähtevän kaukolämpö tehon vuotuinen erotus = 259092 MWh

Taulukko 7. Aittaluodon voimalaitoksella tuotettu lämpöenergia v. 2009

LÄMPÖENERGIA		Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
KL-lv7	MWh	605	625	4 657	1537	1193	7915	4835	1063	6340	7496	4 750	7235
KL-TG5	MWh	32 307	2807	2051	542	0	0	0	0	0	1385	15503	2694
KL-Seikku	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Höyry 15 bar	MWh	6 267	4 776	3 619	5355	7 226	4675	6346	4088	6963	7387	5 743	5955
Höyry 3,5 bar	MWh	8 028	6442	4 972	5901	6 037	3419	4660	2480	5620	7966	5 762	6567
Apujäähdytys	MWh	1	0	0	914	560	409	1 352	856	51	3	0	0

$$\Delta Q_{\text{hö}} = \text{laitokselta toimitetun höyry energian ja palaavan lauhde energian erotus} \\ = 136254 \text{ MWh}$$

$$Q_{\text{po}} = \text{laitokselle vuoden aikana toimitettu polttoaine-energia} = 631531 \text{ MWh}$$

Tarkastelussa käytettiin vuoden 2009 tuotanto tilastoja.

Vuoden 2009 arvot sijoitettuna kaavaan 3.

$$\eta_{\text{vuosienergia}} = \frac{(85595 + 259092 + 136254) \text{ MWh}}{631531 \text{ MWh}} = 0,77$$

Vuoden 2009 vuotuiseksi energiahyötysuhteeksi saadaan siten 77%

Saattua energia hyötysuhdetta voidaan pitää melko alhaisena verrattuna samankaltaisten laitosten yleiseen energia hyötysuhteeseen.

Taulukko 8. Tuotantotilastoissa ilmoitettu energiahyötysuhde ilman apujäähdytystä ja apujäähdytyksen kanssa.

		tam	hel	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok	mar	jou	yht
Hyötysuhde	Tot-08	80,0 %	77,5 %	74,6 %	82,0 %	78,8 %	78,1 %	62,1 %	94,9 %	67,1 %	60,5 %	74,2 %	64,2 %	74,8 %
	Budj-09	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %	74,5 %
	Tot-09	85,8 %	72,4 %	79,4 %	81,3 %	87,4 %	85,4 %	57,5 %	75,9 %	82,0 %	76,6 %	83,0 %	80,9 %	79,2 %
Apujäähd.-mukana	Tot-09	85,8 %	72,4 %	79,4 %	83,2 %	88,9 %	87,0 %	61,7 %	78,5 %	82,2 %	76,6 %	83,0 %	80,9 %	79,8 %

4.6 Virhelähteet

Luultavasti suurin yksittäinen virhe tulee kattilalle syötettävän polttoaineen kohdalla, koska selvityksissä käytetään laitokselle saapuvan polttoaineen arvoja. Ne poikkeavat todellisista arvoista ja vääristävät tunnuslukulaskelmia.

Omakäyttösähköstä - ja -lämmöstä ei ole saatavilla osaprosessikohtaista mittausta. Omakäyttösähkö ja lämpö saattavat olla melko merkittäviä energiavirtoja tietyillä tasealueilla.

Vesi- ja höyryverkossa suurimmat epätarkkuudet tulevat mittauksettomista kuluttajista. Esimerkiksi 3,5 bar:n höyryverkossa mittauksettomien kuluttajien määrä on huomattavan suuri. Tukeille tulevan höyryn mittaukset ovat epätarkkoja verrattuna laskutuskäytössä oleviin mittauksiin. Tämä aiheuttaa virhettä taselaskentaan.

Apukattilan kohdalla merkittävimpiä epätarkkuustekijöitä ovat kattilalle tulevan lämmityshöyryn määrä ja katkonainen kattilan käyttö, koska ylös- ja alasajossa tulee häviötä, joita ei normaaliajossa tule.

Höyryverkoissa häviöitä ja mittausepätarkkuutta tulee nopeasti jo pienestäkin vuodosta tai toimintakatkoksesta, koska liikkuvat energiavirrat ovat suuria.

Höyryn entalpian määrittämisessä tulee melkoisesti virhettä, koska entalpia muuttuu ja laskennassa on käytetty vain yhtä arvoa.

Kaikista ruiskutusvesistä ei ole käytettävissä virtaustietoa. Tämä tekee epätarkkuutta muutamisiin osataseisiin kuten esimerkiksi TG4:ään. TG4:llä ruiskutusvesi vääristää myös väliottohöyryn virtausmäärämittausta, koska mittaus on vasta jälkijähdyttäjän 1 jälkeen. Näin ollen jäähdyttämättömän väliottohöyryn virtaustietoa ei ole saatavilla. Taseiden laskennassa on käytetty laitoksen olemassa olevia mittauksia. Laitosmittausten epätarkkuudesta johtuen osa taseista jäi negatiivisiksi. Taulukossa 9 on esitetty yhteenveto laitoksen häviöistä./1 /

4.7 Yhteenveto merkittävimmistä häviöistä

Päätaseen kappaleessa 4.3 on saatu koko laitoksen häviöiksi 21% laitokselle tulevas- ta energiasta. Näiden häviöiden jakautumista vedetään yhteen tässä kappaleessa ja taulukossa 9.

Yllä olevien laskelmien mukaan suurimmat häviöt laitoksella syntyvät kiinteän polt- toaineen kattilalla. Taulukosta 9 näkyy myös, että 10 % laitoksella tarkastelujakson aikana käytetystä energiasta päätyy häviöiksi kattilalla. Häviöiden suuruus ei ole mi- kään yllätys, kun niitä verrataan kattilan hyötysuhteen takuuarvoon, joka on 89 %. Kattila häviöistä suurin on savukaasuhäviö. Savukaasuhäviöiden osuus tarkastelujak- son aikana RT-kattilalle tulleesta polttoaineesta on 7,5 %. Muut kattilahäviöt koostu- vat muun muassa tuhka- säteily- ja johtumishäviöistä.

Apukattilan häviöt ovat melko suuret suhteessa kattilalle tuotuun energiamäärään. Apukattilan hyötysuhteeksi tarkastelujaksolla saatiin 90 %, joka on hieman alhainen verraten takuuhyötysuhteeseen 94%. Apukattilalla tunnetuista häviöistä suurin on myös savukaasuhäviö. Muita maininnan arvoisa häviöitä apukattilalla ovat ylläpito- lämmityksestä aiheutuvat häviöt sekä kattilan useista ylös- ja alasajoista johtuvat hä- viöt. Kattilan lämpimänä pidossa käytetään 3,5 bar:n höyryä. Tämä höyryvirta näkyy tuntemattomana häviönä myös 3,5 bar höyryverkon taseessa.

Turbiinihäviöitä ei kyetty erottelemaan käytettävissä olleilla mittauksilla. Turbiinien häviöt olivat melko odotetun suuruiset. TG4 turbiinin häviöiden määrää laskennassa pienentää laskentaan soveltuvan välipainehöyryn virtausmittauksen puute. Tur- biinihäviöiden määrää tarkastelujaksolla nostivat turbiinien ylös- ja alasajo kahteen kertaan.

Syöttövesijärjestelmän häviöiden osuus laitoksen häviöistä oli suhteessa melko suuri. Suurehkot häviöt selittyvät pitkälti epätarkoilla mittauksilla ja mittausten puutteella esim. tulistimien jäähditys ruiskuilla.

Vedenkäsittelyssä liikkuvat energiamäärät ovat selvästi lasketuista osataseista pie- nimmät. Vedenkäsittelyyn suurimman tuntemattoman häviön oletettavasti tekee si- säisen jäähditysveden jäähdytykseen käytetty jokivesi, joka menee ilman mittausta kanaaliin.

Korkeapainehöyryverkon häviöt ovat huomattavan suuret kuten taulukosta 9 näkyy. Ne ovat lähes 24 % laitoksen häviöistä. Osittain korkeat häviöt selittyvät turbiinien

ylösajoilla, joita tarkastelujaksoon osui TG4:llä kolme ja TG5:llä yksi. Turbiinien ylösajossa hukataan korkeapaine- ja 3,5 bar:n höyryä höyrylinjojen ja turbiinin lämmityksessä. Lämmityksen aikana joudutaan pitämään suorja vesityksiä reilusti auki, jotta turbiiniin ei pääse jäämään lauhdetta. Tarkastelujaksolla ajettiin myös RT-kattila kertaalleen ylös ja alas. Ylös- ja alasajon aikana höyryä ei voida syöttää turbiineille, vaan se joudutaan puhaltamaan katolle. Tämä aiheuttaa myös tuntemattoman häviön. Laitoksen höyryverkossa syntyy jatkuvasti tunnistamaton määrä häviötä lähinnä lauhteenpoistajien ja vesitysten kautta. Korkeapainehöyryverkossa energiavirrat ovat niin suuria, että pienetkin vuodot muodostavat huomattavia häviöitä.

3,5 bar höyryverkon laitosmittauksissa on niin paljon eroavuutta laitokselta lähtevän 3,5 bar höyryn asiakasmittauksiin, että luotettavan taseen laskeminen on mahdotonta. Kaukolämpöjärjestelmän häviöt ovat 8,9 % laitoksen häviöistä. Kaukolämpöjärjestelmästä ei kyetty määrittämään häviöiksi laskettavia energiavirtoja.

Myydyt vesituotteet muodostavat 1,1% koko laitoksen häviöistä. Osa myytyjen vesituotteiden energiasta on jokiveden tuomaa energiaa ja osa on kaukolämmöllä tuotettua.

Polttoainenkäsittelyjärjestelmässä syntyvien häviöiden määrää ei ole kyetty luotettavasti määrittämään. Esimerkki häviöiden suuruudesta ja tarkempi selostus on polttoainenkäsittelyjärjestelmästä kappaleessa 4.4.2.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksen energiatase. Opinnäytetyössä laadittiin yksityiskohtainen tarkastelu voimalaitoksen energiantuotannosta ja häviöistä. Työn avulla tunnistetaan ne tekijät, joilla hyötysuhdetta voidaan mahdollisesti nostaa.. Häviöiden pienentämiseksi voidaan arvioida tehtäväksi seuraavia toimenpiteitä.

Tarkastelujaksolla suurimmat tunnistetut häviöt, savukaasuhäviöt olivat 7,5 % RT-kattilalle tulleesta energiasta. RT-kattilan savukaasuista saatiin energiaa talteen savukaasu eko:lla tarkastelujakson aikana 1800 MWh. RT-kattilan savukaasujen loppulämpötila oli koko tarkastelujakson ajan melko lähellä happokastepistettä eli lämpöti-

lan vähennyspotentiaalia ei ole kovin paljon. Toinen keino vähentää savukaasuhäviöitä olisi vähentää savukaasun virtausta kuitenkin niin, että kattilan happimäärä pysyy riittävänä puhtaalle palamiselle.

Apukattilalla ylläpitolämmitys aiheuttaa huomattavan häviön, jota ei kuitenkaan kyetty määrittämään. Ylläpitolämmityksen aiheuttamaa häviötä voitaisiin vähentää minimoimalla apukattilan läpi kulkeva ilmavirta seisonta-aikana.

Höyryverkon häviöiden ja vuotojen määrittäminen ja korjausehdotus voisi olla hyödyllinen omana työnään. Höyryverkon häviöistä hyvä esimerkki on R-kattilan ollessa käytössä venttiilin RA01S103 kautta RT kattilalle vuotava korkeapainehöyry. Tämän vuodon aiheuttama häviö on huomattava, koska korkeapainehöyryn energiasisältö on suuri. Kuukausittain suoritettavan lauhteenpoistajien tarkastuksen yhteyteen voisi liittää osaksi ennakkohuoltotoimia ja höyryverkon yleisen tarkastuksen, jossa voitaisiin tarkistaa pintapuolisesti höyryverkon yleisiä vuotokohteita.

Veden käsittelyn häviöitä kyettäisiin vähentämään huomattavasti, jos kanaaliin ajettavalle lämmenteelle jäähdytysvedelle löydettäisiin jotain hyötykäyttöä etenkin talvisin. Jäähdytysvettä käytetään tällä hetkellä kaukolämmön ohella flotaatioon tulevan veden lämmitykseen. Jäähdytysvedessä on kuitenkin vielä tämän lisäksi lämmitysenergiapotentiaalia.

Laskuttamattomista energiavirroista merkittävimmät tasetarkastelussa vastaan tulleet lienevät sprinkleri-veisisäiliön lämmitys sekä asiakkaille toimitettu kemiallisesti puhdistettu vesi. Sprinkleri-veisisäiliö lämmitetään 3,5 bar:n höyryllä. Höyrylinjassa ei ole virtausmittausta. Kemiallisesti puhdistettu vesi lämmitetään omakäyttökaukolämmöllä ja lämmenteellä jäähdytysvedellä n. 20 °C:een. Kemiallisesti puhdistetun veden energiavirta tarkastelujakson aikana on esimerkiksi Corensolle oli noin 500 MWh. Jokiveden lämmön ollessa noin 2 °C piti vettä lämmittää 18 °C:een.

Polttoaineen varastoinnissa syntyviä häviöitä ei kyetty luotettavasti laskemaan. Esimerkkilaskussa 1 kuitenkin arvioitiin polttoainepankalla keskimäärin kuukaudessa tapahtuviksi häviöiksi yli 200 MWh. Näitä häviöitä voitaisiin pienentää vähentämällä polttoaineen varastointia pankalla. Varastoa voitaisiin yrittää vähentää vaihtelemalla nykyistä enemmän käytettävää polttoainesuhdetta sen mukaan kuinka paljon puuta on varastossa. Näin saataisiin puun varastointiaikaa lyhennettyä.

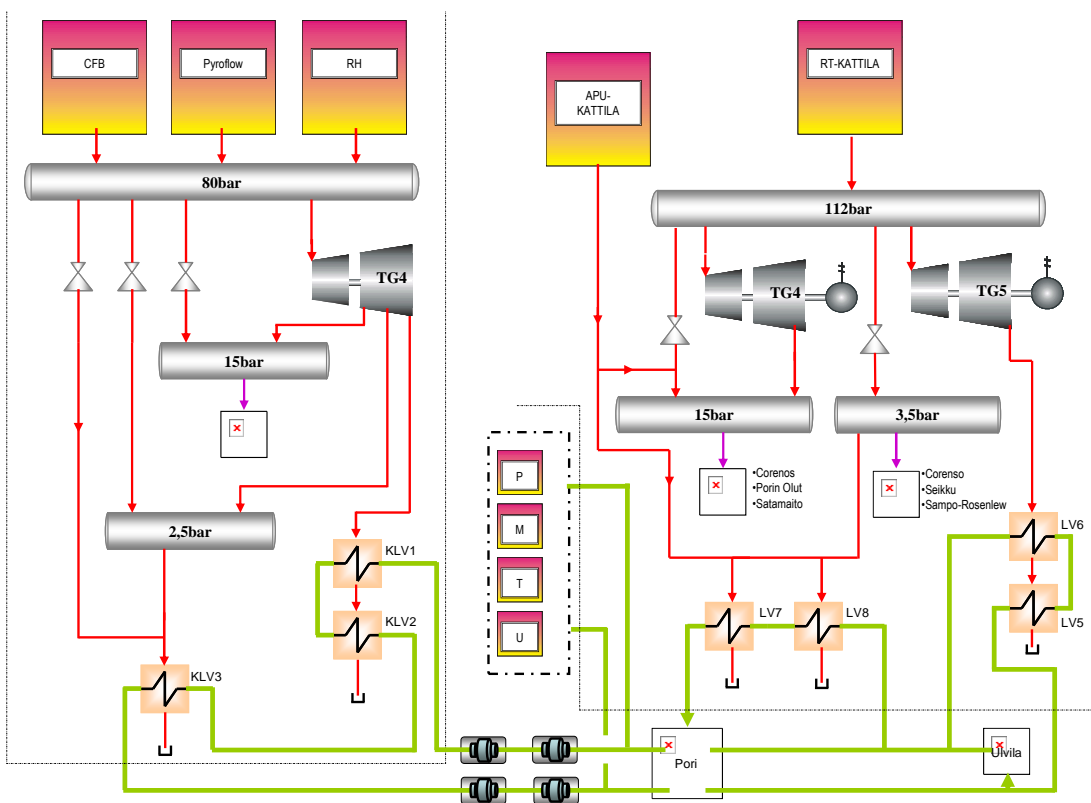
LÄHTEET

- /1/ Huhtinen Markku, Kettunen Arto, Nurminen Pasi, Pakkanen Heikki. Höyrykattilatekniikka. Edita. Opetushallitus. Helsinki. 2000.
- /2/ Fagnäs, L, Kuoppamäki, R, Impola, R, Puupolttolaitteiden muutokset kuivauksessa ja varastoinnissa. VTT prosessit.
- /3/ Turo Haikonen. Tutkimus biopolttolaitteiden aumakuivauksesta. KTM.
- /4/ Huhtinen, M, Korhonen, R, Pimiä, T, Urpalainen S, Voimalaitostekniikka. Otava. Opetushallitus. Keuruu. 2008.
- /5/ Fagerholm Nils-Erik. Termodynamiikka. Otatieto. Tampere. 1994.
- /6/ Koskinen Juha. Kiinteänpolttolaitteen laadunhallinnan vaikutukset voimalaitoksen käyttötalouteen. power point, esitys.
- /7/ Mycommunity prosessitietojen keruujärjestelmä
- /8/ Vuorinen Tiia. Pori Energia Oy vuoden 2009 tuotantotilastot. Pori Energian verkkoasema h.
- /9/ Pori Energia Oy 2010. Kotisivut <URL:http://www.porienergia.fi>
- /10/ Pori Energia Oy intranet <URL:http://www.porienergiaintra.sofis.fi>
- /11/ Keskustelut Aittaluodon käyttöhenkilökunnan kanssa
- /12/ RT-kattilan muutoksiansio
- /13/ Turbiinirevisiomappi
- /14/ Teboil Raskas polttoöljy 420
[URL:http://www.teboil.fi/Produkt.asp?path=1;1510;1508;4349;4591](http://www.teboil.fi/Produkt.asp?path=1;1510;1508;4349;4591)
- /15/ Energia teollisuus ry:n tilastot. Kaukolämmön käyttötaloudelliset tunnusluvut 2008.

Liitteet

- Liite 1 Aittaluodon voimalaitosalue
- Liite 2 Pori Energian tuotanto Aittaluodossa ja Kaanaassa
- Liite 3 Aittaluodon voimalaitoksen energiatase sankey-diagrammi (s.18)

Liite2 Pori Energian tuotanto Kaanaassa ja Aittaluodossa



Liite 3 Aittaluodon voimalaitoksen energiatase sankey-diagrammi (s.18))

