

**Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen
ja yhdenmukaistaminen**



**Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin
kehittäminen ja yhdenmukaistaminen**

**Anssi Seppälä
Petri Trygg**

**Enease Oy
Tietäjäntie 2
02130 Espoo**

www.enease.fi

(09) 454 00550

2011

Sisällysluettelo

SISÄLLYSLUETTELO 2

ESIPUHE 3

TIIVISTELMÄ 4

1 VERKOSTOHÄVIÖIDEN KÄSITTELY ENERGIA TEHO KUUSOPIMUKSESSA 5

- 1.1 SÄÄSTÖN MÄÄRITTÄMISTAPOJA 7
- 1.2 ONGELMAN MÄÄRITTELY 8

2 HÄVIÖSÄÄSTÖN LASKENTA 8

- 2.1 VERKON MUUTOSTOIMENPITEIDEN TUOTTAMAN HÄVIÖSÄÄSTÖN ARVIOINTI 8
- 2.2 HÄVIÖSÄÄSTÖJEN AJALLINEN KESTO 9
- 2.3 INVESTOINNIN ARVO 10

3 ENERGIA TEHO KUUSTOIMENPITEIDEN RAPORTOINTIMENETELMÄT 11

- 3.1 VERKOSTOLASKENTAAN PERUSTUVA MENETELMÄ 11
- 3.2 MATERIAALIMUUTOKSIIN PERUSTUVA MENETELMÄ 12
- 3.3 MITTAUKSIIN PERUSTUVA MENETELMÄ 12

4 VERKOSTOLASKENTAAN PERUSTUVAN MENETELMÄN KEHITTÄMINEN 13

- 4.1 HÄVIÖSÄÄSTÖJEN KOKOAMINEN SUUNNITTELUSTA 13
- 4.2 HÄVIÖIDEN KÄSITTELY VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄSSÄ 13

5 MATERIAALIMUUTOKSIIN PERUSTUVAN MENETELMÄN KEHITTÄMINEN 16

- 5.1 MATERIAALILAJIN KUORMITUKSEN ELI KESKIMÄÄRÄISEN TEHON NELIÖN MÄÄRITTÄMINEN 17
- 5.2 MATERIAALILAJIN HÄVIÖKERTOIMEN MÄÄRITTÄMINEN 18

6 MITTAUKSIIN PERUSTUVAN MENETELMÄN KEHITTÄMINEN 20

7 JATKOTOIMENPITEET JA -TUTKIMUSEHDOTUKSET 21

- 7.1 VERKKOTIETOJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMINEN 21
- 7.2 MATERIAALIMUUTOSMENETELMÄN KEHITTÄMINEN 21
- 7.3 ETÄLUETTAVIEN MITTARIEN HÄVIÖSÄÄSTÖN LASKENTA 21
- 7.4 ENERGIAN KÄYTÖN JA TUOTANNON MUUTOSTEN VAIKUTUS 22
- 7.5 KATSELMOINNIN KEHITTÄMINEN 22
- 7.6 TIEDOTTAMINEN JA KOULUTUS 22

8 YHTEENVETO 23

LIITTEET

Esipuhe

Energian säästön ja energiatehokkuuden edistäminen on Euroopan Unionin laajuinen hanke, joka koskettaa myös jakeluverkkoyhtiöitä. Energiatehokkuussopimukseen liittyneiden yhtiöiden tulee pyrkiä parantamaan energiatehokkuutta sekä raportoida nämä toimenpiteet ja saavutetut häviösäästöt. Sopimus kattaa kahdeksan vuoden jakson 2008 – 2016. Energiasäästöjen laskenta ja raportointi on työlästä ja tehokkaiden menetelmien kehittämiseksi on ilmeinen tarve.

Tämän työn taustaksi selvitettiin energiatehokkuusraportoinnin käytännöt eri verkkoyhtiöissä vierailemalla ja haastatteleamalla yhtiöiden edustajia ja verkkotietojärjestelmien kehittäjiä. Lisäksi selvitettiin energiatehokkuussopimuksen velvoitteita ja laskentaohjeita. Näiden tietojen perusteella kehitettiin yhteisesti sovellettavia laskentasääntöjä ja määritelmiä energiatehokkuusraportointiin.

Tietojärjestelmätoimittajien kanssa kehitettiin verkkotietojärjestelmään liitettävä raportointimalli (Liite 1). Raportin toteuttaminen tämän ehdotuksen perusteella tapahtuu sähköyhtiöiden ja tietojärjestelmätoimittajien yhteistyönä.

Työn on rahoittanut ST - pooli ja ohjausryhmän kokoonpano oli:

Eero Paananen (pj), Savon Voima Verkko Oy
Pirjo Heine, Helen Sähköverkko Oy
Antti Jukarainen, HeadPower Oy
Esko Nummi, Sallila Sähkönsiirto Oy
Matti Halkilahti, Vattenfall Verkko Oy
Pertti Koski, Motiva Oy
Sirpa Leino, Energiateollisuus ry

Työn ovat tehneet TkT Anssi Seppälä ja DI Petri Trygg Enease Oy:stä. Tekijät kiittävät ST – poolia rahoituksesta ja ohjausryhmää tuesta ja ohjauksesta.

Espoossa 30.12.2011

Anssi Seppälä ja Petri Trygg

Tiivistelmä

Tässä raportissa kuvataan jakeluverkkoyhtiöiden verkostohäviöiden säästöjen laskentamenetelmien kehittäminen ja yhtenäistäminen energiatehokkuustoimenpiteiden seurannan ja häviöiden laskennan tehostamiseksi. Raportti keskittyy sähkönjakeluverkon rakentamisesta ja saneeraamisesta syntyvien häviöenergian säästöjen laskentaan ja raportointiin.

Verkkoyhtiöiden sovellettaviksi esitellään kaksi vaihtoehtoista menetelmää, joilla jakeluverkon rakentamisprosessista saadaan kohtuullisella työllä raportit siirrettäväksi energiatehokkuusraportointiin. Ensimmäinen menetelmä perustuu verkotietojärjestelmässä suunnitteluvaiheessa talletettavaan laskelmiin ja raportteihin. Toinen menetelmä perustuu verkon materiaaliuutostietoihin.

Tietojärjestelmätoimittajille on työn aikana esitetty verkostolaskentamenetelmän toteuttamiseksi määrittely, joka on liitteessä 1. Toteutusta varten tulee verkkoyhtiöiden olla yhteydessä järjestelmätoimittajaansa.

Energiatehokkuusraportoinnin helpottamiseksi esitetään lisäksi seuraavat yksityiskohtaisemmat suositukset:

1. Verkon osien pitoaikana häviösäästöjen laskennassa käytetään 30 vuotta. Näin helpotetaan raportointia merkittävästi pysyen kuitenkin riittävässä tarkkuudessa ja totuudenmukaisuudessa
2. Verkon rakentamis- ja vahvistustoimenpiteiden häviösäästöjä kootaan ja lasketaan yhteen. Samanlaiset ja pienet toimenpiteet yhdistetään, ja suuremmat raportoidaan erikseen. Yksittäiset toimenpidetiedot säilytetään yhteisessä raportointikauden loppuun.
3. Uusien etäluettavien energiamittarien häviösäästöt raportoidaan silloin kun niillä korvataan mittareita, joilla on suurempi energiankulutus.

Jatkotoimenpiteeksi ehdotetaan verkkoyhtiöiden yhteistoimintaa menetelmien hankkimiseksi tietojärjestelmiin.

Jatkotutkimushankkeeksi ehdotetaan mm. häviöiden hankinnan kehittämistä etäluennan avulla.

1 Verkostohäviöiden käsittely energiatehokkuussopimuksessa

Energiatehokkuussopimuksen piirissä on 47 jakeluyhtiötä kattaen 87 % Suomen sähkönjakelusta. Sopimuksen tavoitteena on saavuttaa vuosien 2008 – 2016 aikana häviöiden pieneneminen 150 GWh. Tämän todentamiseksi yhtiöiden on raportoitava seurantajärjestelmään kaikki ne toimenpiteet, joilla verkon energiatehokkuutta parannetaan.

[<http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/sopimusalat/energia-ala/energiapalvelut/>]

[http://www.motiva.fi/julkaisut/energiatehokkuussopimukset_2008-2016/energiantuotanto_ ja_ energiapalvelut/energiatehokkuussopimukset_ energiantuotannon_ ja_ energiapalvelujen_ toimenpideohjelman_ vuosiraportti_ 2010.2877.shtml]

Toimenpiteiden raportoinnissa eritellään säästöt sähkön, lämmön ja polttoaineiden kulutuksissa. Yrityksen vastuulla on omalta kohdaltaan määritellä ja tunnistaa energiatehokkuuden kannalta merkittävimmät toimenpiteet.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöt koostuvat verkon vahvistuksessa asennettavista pienempihäviöisistä komponenteista. Ongelma on siinä, että näiden häviömuutosten kerääminen jälkikäteen on erittäin työlästä, varsinkin kun verkon rakennuskohteita voi olla satoja tai jopa tuhansia.

Toinen ongelma on eri yhtiöiden erilaiset raportointikäytännöt, joita tulisi yhtenäistää. Tällöin järjestelmäkehitykselle saadaan mahdollisimman laaja ja yhtenäinen asiakaspohja.

Energiatehokkuussopimuksessa energiansäästötoimien energian säästöksi lasketaan vuotuinen energiasäästö rakentamisvuodesta alkaen tietylle pitoajalle (Kuva 1). Suunnitelmien, selvitysten, analyysien tai katselmusten tuloksena tehostamistoimenpiteet luetteloidaan ja niistä esitetään suunniteltu toteuttamivuosi sekä arvio vuotuisesta säästövaikutuksesta. Tiedot tarkennetaan siinä vaiheessa, kun toimenpide on tulossa toteutusvaiheeseen ja lopulliset tiedot päivitetään toimenpiteen toteuttamisen jälkeen. Yhtiö raportoi vuotuisen säästön sopimuksen edellyttämään raportointijärjestelmään.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Energiansäästötoimi 6							35	35	35	105
Energiansäästötoimi 5						25	25	25	25	100
Energiansäästötoimi 4		15	15	15						45
Energiansäästötoimi 3	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
Energiansäästötoimi 2	30	30	30	30	30	30	30	30		240
Energiansäästötoimi 1	10	10								20
	60	75	65	65	50	75	110	110	80	690

20 (vuotuinen säästövaikutus MWh/a)

Kuva 1. Energiasäästötoimien raportointiperiaate. Taulukossa esitetään kunkin toimenpiteen vaikutuksen ajoittuminen ja saavutettavat vuotuiset energiasäästöt.

Energiasäästöinvestoinnit jaetaan kolmeen ryhmään:

- varsinaiset energiasäästöinvestoinnit ES
- muut investoinnit joka säästää energiaa MI
- ympäristöinvestointi joka vaikuttaa energiankäyttöön (YM)

Varsinaiset energiasäästöinvestoinnit (tunnus ES) tehdään nimenomaan energiasäästön perusteella. Muut investoinnit (tunnus MI tai YM) tehdään muista syistä, mutta ne tuottavat ”sivutuotteena” energiasäästöä.

Energiatehokkuustoimia on raportoitu seuraavista verkkoyhtiön toiminnoista

- verkon suunnittelu,
- verkon komponenttivalinnat,
- verkon käyttötoiminta,
- verkon asiakastoiminnot,
- kiinteistöjen energiankulutus ja
- kuljetusten energiankäyttö.

Tässä raportissa keskitytään verkon suunnittelu- ja komponenttivalintoihin. Tämän lisäksi myös muiden toimenpiteiden raportointi on edelleen relevanttia ja yhtä suotavaa.

Energiatehokkuussopimuksen raportoinnista saatujen tietojen mukaan energiatehokkuustoimenpiteet jakautuvat verkkoyhtiöissä siten, että muut investoinnit eli käytännössä verkon parantaminen muodostaa valtaosan säästöistä, ja puhtaasti energiatehokkuussyistä tehdyt energiatehokkuus- ja ympäristöinvestoinnit ovat pienet. [Motiva: Energiantuotannon ja energiapalvelujen toimenpideohjelmien vuosiraportti 2010]

Sähköverkoissa on rakenteiden pitoajat pitkiä noin 30 vuotta, joten säästövaikutukset ulottuvat vuoden 2016 jakson ohi. Vuoden 2016 jälkeen tulevista energian-

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

tehokkuus sopimuksista ei ole vielä tietoa, mutta on syytä olettaa niiden jatkuvan ja vaatimusten jopa kiristyvän. Toivottavaa on, että verkoston vahvistamisen tuottamat säästöt voidaan huomioda vielä tulevissakin energiatehokkuussopimuksissa tai muissa vastaavissa velvoitejärjestelmissä.

1.1 Säästön määrittämistapoja

Tämän kappaleen sisältö on lainattu Motivan materiaaleista taustatiedoksi tähän raporttiin. Säästöjen laskentaa on tarkemmin ohjeistettu lähteessä:

[\[http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/midcom-serveattachmentguid-1e01d745155d25e1d7411e0938291036ac02f932f93/energiansaastotoimet_energiatehokkuussopimuksissa-saastolaskennan_yleisia_pelisaantoja-pdf\]](http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/midcom-serveattachmentguid-1e01d745155d25e1d7411e0938291036ac02f932f93/energiansaastotoimet_energiatehokkuussopimuksissa-saastolaskennan_yleisia_pelisaantoja-pdf)

- **Mittaaminen**

- o Yksinkertaisimmillaan säästövaikutus on määriteltävissä kun energiaa kuluttavaan järjestelmään asennetaan energiamittaus ja mittarilukemiin perustuva säästövaikutus normitetaan säätiedoilla ja/tai tuotannon määrällä. Kyseessä voi olla ennen ja jälkeen -tilanteiden energiankulutuksen mittaus tai suoraan mitattu säästön määrä. Yksinkertaisena esimerkkinä on lämmöntalteenoton lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään, jolloin energiasäästö voidaan mitata glykolipiiriin asennetulla lämpömäärämittarilla.

- **Tapauskohtaiseen yksikkösäästöön perustuva tarkastelu**

- o Etenkin teollisuudessa on yleistä, että säästövaikutus määritellään kokemusperäisesti, mittaamalla tai laskemalla säästövaikutus tuotannolliselle tai toiminnalliselle yksikölle (energiansäästö per tuotettu kpl). Kokonaissäästön laskemiseksi arvioidaan tuotettujen yksiköiden määrä.

- **Ominaiskulutuksen muutos**

- o Käytettäessä ominaiskulutuksen muutosta säästövaikutuksen laskennan perusteena tulee kyseessä olla jokin mittauksiin perustuva tai selkeästi laskennallisesti osoitettu käyttöasteella normitettu tai käyttöasteesta riippumaton prosessin, osaprosessin, järjestelmän tai laitteen ominaiskulutuksen muutos. Tarkastelu ei voi perustua koko kiinteistön tai tuotantolaitoksen ominaiskulutuksen muutokseen, koska tällöin tilanteeseen vaikuttavia muuttujia on liikaa.

- **Laskennallinen tarkastelu**

- o Useimmiten säästövaikutus määritellään laskennallisesti tunnettuun laskentakaavaan perustuen. Laskenta voi tuottaa joko suoraan säästövaikutuksen tai sitten lasketaan energian kulutus ennen toimenpidettä ja sen jälkeen. Säästön laskenta voi olla myös osittain mittauksiin perustuva, jolloin mitataan jotakin toimenpiteeseen liittyvää suuretta, jonka mitatun muutoksen perusteella voidaan laskea säästövaikutus (muuttunut lämpötila, teho, paine, ilmavirta, yms.).

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Peruskaavat tietyille energiansäästön tyyppitoimille on määritelty tämän ohjeen liitteessä olevassa taulukossa

1.2 Ongelman määrittely

Tämän työn lähtökohtana on energiatehokkuussopimuksen veloitteen täyttämiseen liittyvä ongelma: Säästötoimenpiteiden kirjaaminen ja kerääminen on yhtiöissä enimmäkseen käsityötä ja aiheuttaa työkustannuksia. Lisäksi menetelmät vaihtelevat yhtiöstä toiseen. Merkittävä osa verkkoon tehdyistä toimenpiteistä jää käytännössä raportoimatta.

Ratkaisuksi on kehitettävä nykyisiin tietojärjestelmiin soveltuva automatisoitu häviöiden käsittely- ja raportointimenetelmä. Menetelmän tulisi olla mahdollisimman tehokas ja sellainen, että sen voi helposti liittää eri yhtiöiden olemassa oleviin tietojärjestelmiin.

2 Häviösäästön laskenta

Verkon rakentaminen ja vahvistaminen vaikuttavat häviöihin. Häviöiden tarkka laskenta tai mittaaminen on käytännössä mahdotonta, mutta häviösäästön vähimmäismäärä voidaan kuitenkin kohtuullisella tarkkuudella ja työllä arvioida siten, että häviösäästö voidaan edelleen siirtää energiatehokkuusraportointiin.

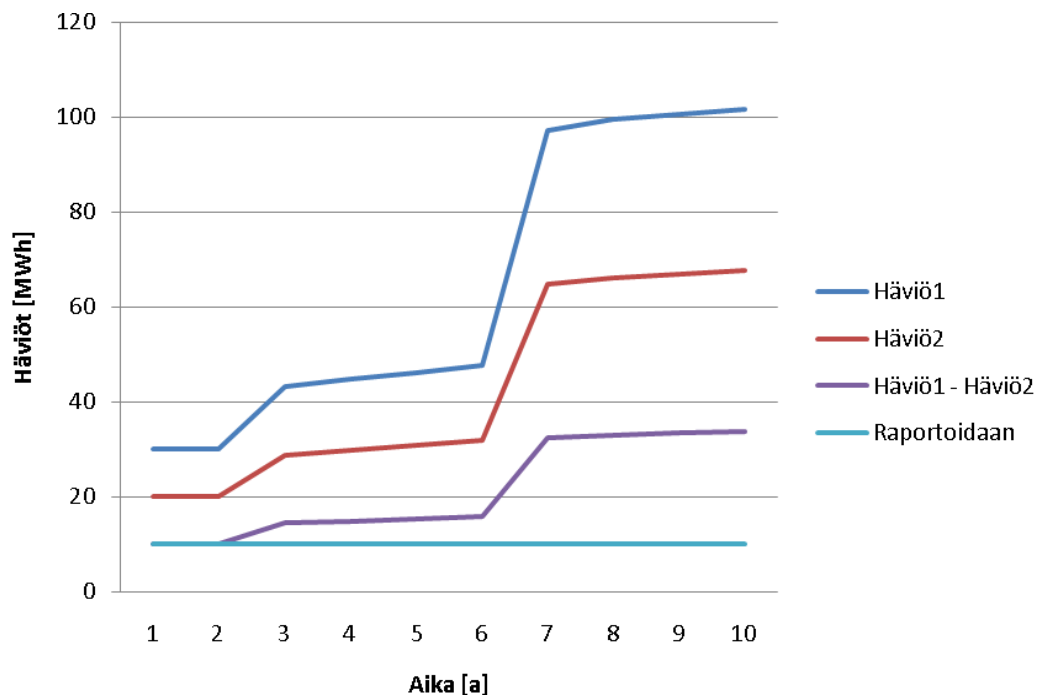
2.1 Verkon muutostoimenpiteiden tuottaman häviösäästön arviointi

Verkko kehittyy koko ajan. Uusia johtoja ja liittymiä kytetään, mikä kasvattaa verkon kuormaa ja häviöitä laskentahetkestä.

Uudet verkon laajennukset ja liittymät eivät lisää energiatehokkuutta, ellei rakentamisessa ole käytetty poikkeuksellista menetelmää tai komponenttia häviöiden pienentämiseksi (esim. standardimuuntajia pienempihäviöiset häviösarjan 2 muuntajat).

Verkon vahvistuksen tuottamaa häviöiden energiatehokkuutta ja verkon siirron kasvua voidaan hahmottaa kuvan 2 mukaisesti:

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen



Kuva 2 Häviöiden kasvu (johtuen kuormituksen ja liittymien kasvusta) ja raportoitava energiatehokkuus 30 vuoden ajalle on 10 MWh/a.

Kuvassa 2 vuotena 1 tehdään verkostovahvistus, joka pienentää vuotuisia häviöitä n. 10 MWh. Kun verrataan häviöiden kasvua ilman vahvistusta (Häviö 1) ja vahvistuksen kanssa (Häviö 2), nähdään todellisten häviöiden erotuksen olevan joka tapauksessa suurempi kuin muutosajankohdan häviö. Laskennallisesti tätä eroa on vaikea tarkentaa, ja tässä kuvassa erot ovat korostetun suuria havainnollisuuden vuoksi.

Energiatehokkuusraportointia varten on tämän perusteella investointiajankohdan häviösäästö riittävä arvio säästön vähimmäismäärästä, jonka voimassaoloaikana voidaan käyttää verkkosaneerauksen pitoaikaa.

Jakeluverkolla on häviöiden minimoinnin kanssa ristiriitaisia vaatimuksia. Esimerkiksi käyttövarmuusvaatimukset pakottavat johtoreitin siirtoon teiden varsille. Tästä seuraa joissakin tapauksissa johdon pidentymistä ja täten häviöiden kasvua. Toinen esimerkki on pienten muuntamoiden yhdistäminen. Näitä ”negatiivisia säästöjä” ei tule kuitenkaan raportoida, mikä saattaa vaikeuttaa automaattista raportointia. Todennäköisesti näiden lukumäärä on kuitenkin pieni suhteessa kaikkiin toimenpiteisiin.

2.2 Häviösäästöjen ajallinen kesto

Häviösäästöjen osalta tulee raportoida säästön voimassaoloaika. Verkostoinvestointien elinkaari on pääsääntöisesti useita kymmeniä vuosia. Aika on merkittävästi pidempi kuin esimerkiksi teollisuuden investointien elinkaari.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Energiamarkkinavirasto on raportoinut pitoaikoja verkon eri komponenteille (20...45 v). Näitä pitoaikoja voidaan pitää lähtökohtana myös häviösäästön raportointiin. Selkeyden ja laskennan yksinkertaisuuden vuoksi on tässä yhteydessä tehty johtopäätös, että energiatehokkuusraportoinnissa voidaan verkon vahvistustoimenpiteille käyttää yhtä 30 vuoden pitoaikaa.

[Sähkön jakeluverkkotoiminnan ja suurjännitteisen jakeluverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden valvontamenetelmien suuntaviivat vuosille 2012 – 2015, EMV 29.2.2011]

Soveltamalla kaikille verkoston rakentamistoimenpiteille samaa 30 vuoden pitoaika helpotetaan vuoden aikana tehtyjen saneeraus- ja rakentamistoimenpiteiden tuottamien häviösäästöjen yhteenlaskua, ja ne voidaan vuosittain raportoida yhtenä summana. Sekä ES- että MI-investoinneilla saavutettaville häviösäästöille käytetään 30 vuoden pitoaikaa.

2.3 Investoinnin arvo

Raportoinnin yhteydessä investoinnin arvo tulee kertoa sekä ES- että MI-investoinneille. Investoinnin arvon määrittäminen on erilainen ES- ja MI-investoinneille.

Energiatehokkuustoimenpiteelle (ES-investointi) raportoidaan investoinnin arvo kokonaisuudessaan.

Verkon häviösäästöt syntyvät pääosin muista kuin energiatehokkuussyistä tehdystä investoinnista (MI-investointi). Näiden investointien arvoksi tulee raportoida verkkoinvestoinnin sijaan häviösäästön kahdeksan vuoden rahallinen arvo. Tällöin energian hintana käytetään raportointivuoden Suomen alueen keskihintaa, joka kerrotaan vuotuisella häviöenergian säästöllä ja luvulla 8.

[Energiateollisuus ry: OHJEITA yrityskohtaisen suunnitelman laatimiseksi 20090401.pdf, Liite 8 Toimenpiteen luokittelu takaisinmaksuaika ja elinikä.pdf]

3 Energiatehokkuustoimenpiteiden raportointimenetelmät

Verkkoyhtiöissä verkon suunnittelua, rakentamista ja dokumentointia tehdään verkkotietojärjestelmillä. Haastattelututkimuksella selvitettiin, että energiatehokkuustoimenpiteiden raportointi liittyy verkon rakentamisen prosesseihin hyvinkin vaihtelevalla tavalla eri yhtiöissä.

Pääpiirteissään menetelmät ovat:

1. Verkostolaskentaan perustuva menetelmä
2. Materiaalimuutoksiin perustuva menetelmä
3. Mittauksiin perustuva menetelmä

3.1 Verkostolaskentaan perustuva menetelmä

Verkostolaskennalla voidaan laskea asiakkaiden vuosienergian ja profiilin tai tuntienenergiamittauksen perusteella häviöenergia koko verkossa tai halutuissa osissa.

Keskijännite- ja pienjänniteverkkojen suunnitteluohjelmistoilla on mahdollista toistaa häviölaskenta alkuperäisellä ja suunnitelman mukaisella uudella verkolla. Näiden laskelmien erotuksesta saadaan esimerkiksi pienempihäviöisen muuntajan vaihdon tai johtovaihdon avulla saavutettu häviösäästö.

Verkostolaskennan avulla on mahdollista laskea häviöitä seuraavilla tasoilla:

- 110 kV alueverkot
- 110/20 kV syöttömuuntajien häviöt
- 20 kV johtojen häviöt
- 20/0,4kV jakelumuuntajien häviöt
- 0,4 kV johtojen häviöt

Verkostolaskennan häviöön aiheuttaa eniten epävarmuutta kuormitustieto, joka nykyisin perustuu asiakkaiden vuosienergiaan ja tyyppikäyriin. Energiatehokkuuden kannalta kuormitustiedon tuntiprofiilin epätarkkuudella ei ole suurta merkitystä, koska laskelmissa kuormitustieto on sama ja tuloksena käytetään häviöenergian erotusta eri laskelmien välillä.

Tulevaisuudessa verkostolaskentaa on mahdollista tarkentaa tuntimittausten avulla, mutta häviösäästöjen kokonaismäärän tarkkuuteen vaikutus on kuitenkin pieni.

Verkostolaskentamenetelmän etuja on parempi tarkkuus. Heikkoutena on nykyisten verkkotietojärjestelmien tuen puute energiatehokkuusraportoinnille.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

3.2 Materiaalimuutoksiin perustuva menetelmä

Materiaalimuutoksiin perustuvassa menetelmässä arvioidaan verkon komponentin vaihdon vaikutusta häviöenergiaan. Eri komponenteille arvioidaan keskimääräiset kuormitukset, joiden avulla lasketaan komponenttien vuotuiset häviöenergiat.

Menetelmän etu on työnohjausjärjestelmien kautta helposti koottavat lähtötiedot, joka mahdollistaa kohtuullisella työllä energiatehokkuusraportoinnin verkostolaskennan vaihtoehtona. Haittapuolena ovat epätarkkuus ja menetelmän vaatimat verkkokohtaiset komponenttilajien kuormituslaskelmat. Epätarkkuutta tuottavat kuormituksen arvioinnissa ja korvaavien ja korvattavien materiaalien kohdistamisessa tehtävät yleistykset.

3.3 Mittauksiin perustuva menetelmä

Mittauksiin perustuvassa menetelmässä häviöenergia saadaan mittaamalla verkon osaan syötetyn ja ulos otetun energian erotus. Tämä menetelmä on kokeiluasteella verkoissa, joilla on käytettävissä etäluettavat energiamittaukset.

Koko jakeluverkon häviöiden muutoksia voidaan myös mittaamalla seurata.

Ongelmana mittaukseen perustuvassa osaverkon tai koko verkon häviölaskennassa on se, että se tuottaa tietoa historiasta, jolloin häviömuutoksia tuottaneet toimenpiteet jäävät yksilöimättä. Menetelmää tulee vielä tutkia ja kehittää, joten siitä ei ole ratkaisuksi energiatehokkuusraportointiin tässä vaiheessa.

4 Verkostolaskentaan perustuvan menetelmän kehittäminen

4.1 Häviösäästöjen kokoaminen suunnittelusta

Verkostosuunnittelussa yksittäisten töiden ja suunnitelmien määrä voi nousta useaan sataan vuodessa verkon koon mukaan. Jokaisesta toteutetusta suunnitelmasta on suunnitteluohjelmasta mahdollista saada uuden ja vanhan verkon häviö tai suoraan häviösäästö.

Verkkoyhtiöiden haastatteluissa esiin tullut mielipide on, että verkkotietojärjestelmä on ensisijainen kohde, jossa verkon rakentamisen ja saneeraamisen vaikutukset häviöihin lasketaan. Keskeisenä ongelmana on, että nykyisissä järjestelmissä ei ole suunnitelmille koontitaulua, josta voisi hakea valitulle ajalle kuten kalenterivuodelle tehdyt suunnitelmat ja niistä seuranneet häviöiden muutokset.

Raportointia varten kunkin rakennustoimenpiteen aiheuttama säästö **tulee tallentaa VTJ:n tietokantaan**, mistä tehdään vuosittain yhteenveto.

Osa suunnitelmista toteutuu toisin tai osittain tai kokonaisuudessaan vasta vuosien kuluessa. Energiatohokkuusraportointi tulee tapahtua vasta verkon dokumentoinnin yhteydessä. Suunnittelun toteuma on siis yksi tallennettava tieto.

Tätä raportointia varten on tehty ehdotus, joka on ollut tietojärjestelmätoimittajilla lausunnolla ja ehdotus on tämän raportin liitteenä 1.

4.2 Häviöiden käsittely verkkotietojärjestelmässä

Verkon suunnittelutoiminnossa suunnitellaan verkosto-osia. Jokaisesta suunnitelmasta tuotetaan muutoslaskelma, jossa verrataan häviöiden muutosta alkupe-
räiseen tilanteeseen.

Suunnitelmia on valmiiksi laskettuna odottamassa toteutumistaan. Osassa suunnitelmista rakennetaan vanha verkko uusilla komponenteilla, osassa verkkoa laajennetaan lisäosilla ja osassa tehdään kokonaan uutta verkkoa eri sijaintiin.

Lopulliseen raportointiin yhdistetään tietoja seuraavilla periaatteilla:

1. Suurimmat yksittäiset säästökohteet tulee listata omaksi rivikseen.
2. Pienet kohteet lasketaan yhteen yhdeksi rivitiedoksi

Raportoinnista vastaavan henkilön siis tulee poimia erikseen merkittävät toimenpiteet ja ilmoittaa ne erikseen. Loput kohteet lasketaan yhteen ja ilmoitetaan yhdellä rivillä. Tällöinkin on suotavaa, että raportin otsikkotietoon lisätään tieto millaisesta joukosta kohteita summa muodostuu.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Taulukko 1. Häviöiden käsittelytavat eri rakentamistavoilla

Rakentamistapa	Ehdotettu häviösäästö
Saneerataan vanha verkko uusilla komponenteilla	verkostolaskennan perusteella häviösäästö vuosittain verkon pitoajalle
Vanha verkko uusilla komponenteilla ja laajennus	Vanhalle verkolle kuten edellä. Laajennukselle häviösäästö nolla, paitsi jos ei ole erityisesti häviösyistä valittu pienempihäviöisiä komponentteja.
Uusi verkko eri sijaintiin	häviösäästö nolla, paitsi, jos ei ole erityisesti häviösyistä valittu pienempihäviöisiä komponentteja

SUUNNITELMIEN KOOSTERAPORTTI - Energiansäästöinvestoinnit (ES)					
TUNNISTE	NIMI/OSOITE	SUUNNITELTU TOTEUTUSV.	HÄVIÖMUUTOS (MWh/a)	INVESTOINTI (€)	TOTEUTUS VUOSI
122334	Nimi1, Osoite1	2012	-6	5000	2012
123445	Nimi2, Osoite2	2012	-5	3000	2012
123445	Nimi3, Osoite3	2013	-2	2000	2013
VUOSITTAINEN YHTEENVETO HÄVIÖSÄÄSTÖISTÄ – Energiansäästöinvestoinnit (ES)					
Vuosi	Häviösäästö (MWh/a)	Investointi (€)			
2012	11	8000			
2013	2	2000			

Kuva 3 Ehdotus VTJ:n koontitaulukoksi energiansäästötoimien (ES) raportointiin. Vuosittaisen yhteenvedon rivit siirretään Motivan raportointityökaluun. Häviösäästö ilmoitetaan positiivisena lukuna.

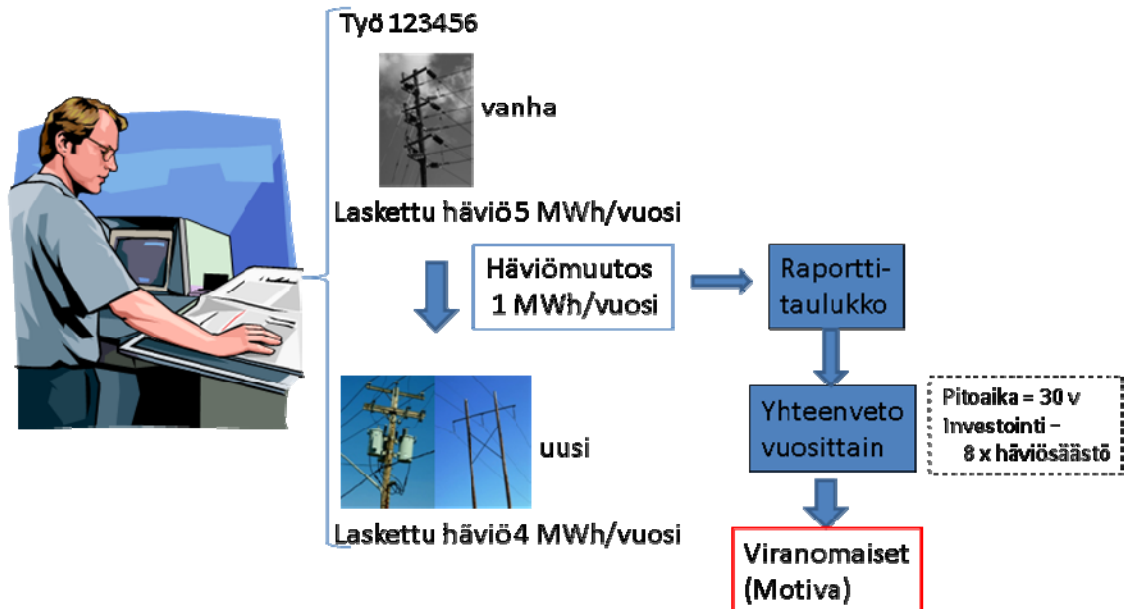
Varsinaisten energiansäästöinvestointien (ES) vuosittaiset yhteenvetotiedot ovat sellaisenaan vietävissä sopimusten edellyttämään raportointiin. Investoinnin arvoksi kirjataan investoinnin todellinen arvo ja häviösäästön pitoajaksi 30 vuotta.

SUUNNITELMIEN KOOSTERAPORTTI - Muut Investoinnit (MI)				
TUNNISTE	NIMI/OSOITE	SUUNNITELTU TOTEUTUSV.	HÄVIÖMUUTOS (MWh/a)	TOTEUTUS VUOSI
122334	Nimi1, Osoite1	2011	-10	2011
123445	Nimi2, Osoite2	2011	-5	2011
134555	Nimi3, Osoite3	2012	-20	2012
154333	Nimi4, Osoite4	2012	-10	2012
167111	Nimi5, Osoite5	2013	-5	2014
VUOSITTAINEN YHTEENVETO HÄVIÖSÄÄSTÖISTÄ – Muut Investoinnit (MI)				
Toteutusvuosi	Häviösäästö (MWh/a)			
2011	15			
2012	35			
2013	0			
2014	5			

Kuva 4. Ehdotus VTJ:n koontitaulukoksi energiansäästötoimien (MI) raportointiin. Vuosittaisen yhteenvedon rivit siirretään Motivan raportointityökaluun.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Muiden investointien (MI) häviösäästöille on laskettava raportointiin laskennallinen investointisumma, joka on siis 8 vuoden energiansäästön arvo. Häviösäästön pitoaika on 30 vuotta.



Kuva 5. Verkostolaskentamenetelmässä suunnittelija kirjaa saneerauskohteessa vanhan verkon johtohäviön ja uusitun verkon johtohäviön. Erotus viedään järjestelmän raporttitaulukkoon. Yhteenveto viedään viranomaisraportointiin, ja samalla lisätään pitoajaksi 30 vuotta ja investoinniksi häviösäästöenergian arvo kertaa 8. (MI-investointi)

Taulukoiden sisältöä on kuvattu tarkemmin liitteessä 1.

5 Materiaalimuutoksiin perustuvan menetelmän kehittäminen

Materiaalimuutosmenetelmä on verkostolaskentamenetelmää yksinkertaisempi ja karkeampi tapa selvittää verkkosaneerauksen häviövaikutusta. Menetelmässä on useita verkkokohtaisia arvioitavia suureita..

Verkkokohtaisesti arvioitavia tai määritettäviä suureita ovat

- verkon keskimääräinen tehon neliö materiaalilajeittain
- uuden ja korvatus materiaalin vastaavuus
- verkon laajennusten materiaalin erottaminen saneerauksesta
- uusien ja korvattavien materiaalilajien häviökertoimet

Tässä menetelmässä verkkoon asennettaviin ja poistuviin materiaaleihin liitetään häviötieto. Häviö arvioidaan materiaalin kuormituksen keskitehon P neliön P^2 arvon ja materiaalikohtaisen häviökertoimen avulla.

Johdon vuotuinen W_{ah} häviöenergia lasketaan yhtälöllä:

$$W_{ah} = k_h \times l \times E(P^2) \times 8760$$

missä

W_{ah} = vuotuinen häviöenergia [Wh]

k_h = johtolajin häviökerroin [W/km,kW²]

l = johtolajin pituus [km]

$E(P^2)$ = tehon neliön keskiarvo [kW²]

Johtolajin vaihdossa häviökerroin muuttuu ja johtolajin vaihtumisesta syntyvä säästö häviöenergiassa on

$$\Delta W_{ah} = (k_{h2} - k_{h1}) \times l \times E(P^2) \times 8760$$

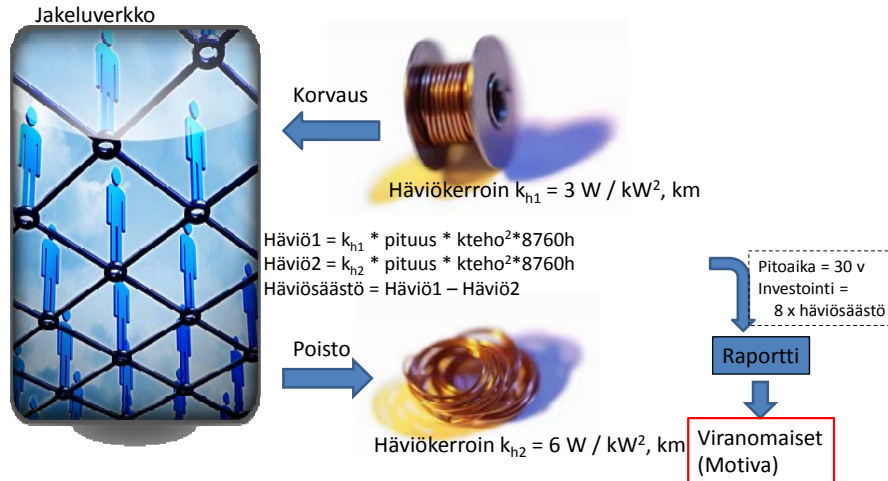
missä

k_{h1} = vanhan johtolajin häviökerroin [W/km,kW²]

k_{h2} = uuden johtolajin häviökerroin [W/km,kW²]

Materiaalimuutoksiin perustuva laskenta voidaan toteuttaa yksinkertaisesti taulukkolaskentana sen jälkeen, kun kuormitustiedot ja häviökertoimet on selvitetty.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen



Kuva 6. Materiaalimuutoksiin perustuva menetelmä.

5.1 Materiaalilajin kuormituksen eli keskimääräisen tehon neliön määrittäminen

Tehon arviointi verkon kuormitustiedoista ja laskenta materiaaalilajeittain on verkko-kohtaisesti tehtävä tutkimus. Teho vaihtelee verkossa satunnaisesti. Jos tehon tuntimittausarvot on käytettävissä tehon neliön keskiarvo $E(P^2)$ lasketaan yhtälöllä:

$$E(P^2) = \frac{1}{8760} \sum P^2$$

Tehon neliön keskiarvo voidaan laskea myös tilastollisesti tehon vuotuisesta keskiarvosta $E(P)$ ja varianssista $\text{Var}(P)$:

$$E(P^2) = (E(P))^2 + \text{Var}(P)$$

Jos voidaan arvioida ainoastaan keskiteho esim. siirretyn vuosienergian W_a perusteella

$$E(P) = \frac{1}{8760} W_a$$

voidaan laskennassa käyttää tehon neliölle varovaisena arviona

$$E(P^2) \approx (E(P))^2$$

koska em. yhtälöstä seuraa

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

$$R(P^2) \geq (R(P))^2$$

Eli keskitehoa käyttämällä ei ainakaan yliarvioida häviösäästö määrää, ja saadaan kuitenkin jonkinlainen arvio energiatehokkuusraportointiin.

5.2 Materiaalilajin häviökertoimen määrittäminen

Häviökerroin voidaan laskea johtimen ominaisresistanssin ρ , nimellisjännitteen U ja arvioidun tehokertoimen $\cos \sigma$ avulla

$$k_t \left[\frac{W}{km \cdot kW^2} \right] = \frac{\rho \left[\frac{\Omega}{km} \right]}{U[kV]^2 \times (\cos[\varphi])^2}$$

Esimerkiksi johtolajilla AMKA 3 x 16 +25 (ominaisresistanssi on 2,064 Ω/km (+40 °C)) ja kuormituksen tehokertoimella 1 on häviökerroin k_h

$$k_t = \frac{2,064}{0,4^2 \times 1^2} = 12,9 \frac{W}{(kW)^2 \cdot km}$$

Häviötehokertoimia 20 kV johdoille löytyy esim. verkostosuosituksesta SA 5:94. Pj-johdoille ei löydy kertoimia. Ne voidaan määrittää johtojen resistanssiarvojen perusteella, joita löytyy mm. verkostosuosituksesta SA 2:08.

Pienjännitejohtojen häviökertoimia (lähde Savon Voima Verkko Oy):

		Pienjännitejohtojen tehokertoimia W/(kW) ² , km				
		resistanssi ρ [Ωkm (+40 °C)]	cosφ			
			1,00	0,98	0,95	0,90
AMKA 3 x 16 + 25		2,064	12,900	13,432	14,294	15,926
AMKA 3 x 25 + 35		1,297	8,106	8,440	8,982	10,008
AMKA 3 x 35 + 50		0,938	5,863	6,104	6,496	7,238
AMKA 3 x 50 + 70		0,693	4,331	4,510	4,799	5,347
AMKA 3 x 70 + 95		0,479	2,994	3,117	3,317	3,696
AMKA 3 x 120 +95		0,273	1,706	1,777	1,891	2,106
4 x Sw		1,470	9,188	9,566	10,180	11,343
4 x Sp		0,917	5,731	5,968	6,350	7,076
4 x Rv		0,580	3,625	3,774	4,017	4,475
4 x Cu10		1,789	11,181	11,642	12,389	13,804
4 x Cu16		1,112	6,950	7,237	7,701	8,580
4 x Cu25		0,729	4,556	4,744	5,048	5,625
4 x Cu35		0,525	3,281	3,417	3,636	4,051
4 x Cu50		0,364	2,275	2,369	2,521	2,809
AX25		1,298	8,113	8,447	8,989	10,015
AX35		0,939	5,869	6,111	6,503	7,245
AX50		0,694	4,338	4,516	4,806	5,355
AX95		0,348	2,175	2,265	2,410	2,685
AX150		0,226	1,413	1,471	1,565	1,744

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Keskijännitejohtojen tehokertoimia (lähde Savon Voima Verkko Oy):

		20 kV johtojen tehokertoimia kW/(MW) ² , km				
		resistanssi < 10 km (+20 °C)	cosφ			
			1,00	0,98	0,95	0,90
Fersemal		1,556	3,890	4,050	4,310	4,802
Bantam		4,310	10,775	11,219	11,939	13,302
Swan		1,350	3,375	3,514	3,740	4,167
Sparrow		0,847	2,118	2,205	2,346	2,614
Raven		0,535	1,338	1,393	1,482	1,651
Pigeon		0,337	0,843	0,877	0,934	1,040
Al132		0,218	0,545	0,567	0,604	0,673
PAS70		0,493	1,233	1,283	1,366	1,522
PAS95		0,363	0,908	0,945	1,006	1,120
PAS150		0,236	0,590	0,614	0,654	0,728
AHX70		0,450	1,125	1,171	1,247	1,389
AHX95		0,330	0,825	0,859	0,914	1,019
AHX150		0,220	0,550	0,573	0,609	0,679

Esimerkkitapauksena käsitellään vielä tarkemmin vuotuinen 0,4 kV avojohtojen korvaaminen AMKA-johdoilla. Oletetaan johtoa vaihdetuksi vuoden aikana 28,3 km pituudella. Oletetaan lisäksi, että johtolajin keskiteho on $P = 8,6$ kW ja tehokerroin $\cos \varphi = 0,98$, ja tehon varianssia ei tiedetä. Oletetaan lisäksi, että poistettu avojohto on Sparrow-johdinta ($k_{h1} = 5,968$ W / kW², km), ja korvaava johto on AX95 ($k_{h2} = 2,265$ W / kW², km). Näillä oletuksilla vuotuinen häviösäästö on

$$\begin{aligned}
 \Delta W_{\text{aht}} &= (k_{h2} - k_{h1}) \times l \times E(P^2) \times 8760 \\
 &= (2,265 - 5,968) \times 28,3 \times 8,6^2 \times 8760 \\
 &= (2,265 - 5,968) \times 28,3 \times 8,6^2 \times 8760 \\
 &= -68 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}
 \end{aligned}$$

Eli tämä materiaalimuutos tuotti vähintään 68 MWh vuotuisen säästön.

6 Mittauksiin perustuvan menetelmän kehittäminen

Mittauksin voidaan häviöenergia todeta hyvinkin tarkasti: verkkoon syötetystä energiasta vähennetään verkosta otettu energia ja erotus on häviöenergia. Tuntienergiamittareilla voidaan häviöenergia laskea tunti tunnilta.

Energiatehokkuusraportointia varten tarvitaan tietoa toimenpiteistä ja niiden vaikutuksesta häviöenergiaan. Mittauksilla tämän tiedon hankkiminen edellyttää, että verkossa tapahtuneen muutoksen jälkeen kuormitukset pysyvät samanlaisina, eikä verkkoon kytketä uusia kuluttajia. Tällöin saadaan mitattu tieto häviöenergian muutoksesta, mutta mitatun tiedon lisäarvo verkostolaskentamenetelmään verrattuna on vähäinen verrattuna työmäärään.

Verkostolaskennassa voidaan kuormitustietona soveltaa käyttöpaikoilta mitattuja tuntienergiasarjoja. Tuntimittausten käyttö verkostolaskennassa parantaa laskennan tarkkuutta keskimäärin ja edelleen myös häviöenergian laskentaa. Tämä kehitys on jo käynnissä verkkoyhtiöissä, joten tähän ei tässä tutkimuksessa enempää puututa.

7 Jatkotoimenpiteet ja -tutkimusehdotukset

7.1 Verkkotietojärjestelmien kehittäminen

Verkostolaskentamenetelmän sovellusten kehittämisessä tulee verkkoyhtiöiden ja verkkotietojärjestelmätoimittajien tehdä yhteistyötä, jotta tämä ominaisuus saataisiin toteutettua yhtiöiden järjestelmissä yhdenmukaisesti.

Tietojärjestelmätoimittajilta saatiin esitettyyn raportointimalliin myönteiset kommentit, mutta toteuttamisen suhteen vastaukset olivat erilaisia:

- verkkoyhtiöiden odotetaan ottavan yhteyttä, jotta hankkeesta käynnistetään projekti
- raportointi on otettu versiokehitysohjelmaan ja valmistunee 2013 jos verkkoyhtiöt priorisoivat riittävästi
- raportointi ei edellyttää tuotekehitystä, mutta edellyttää asiakaskohtaisen konsultoinnin.

On siis tärkeää, että kaikki verkkoyhtiöt ovat yhteydessä omaan toimittajaansa.

7.2 Materiaalimuutosmenetelmän kehittäminen

Materiaalimuutosmenetelmä edellyttää paljon verkkokohtaista arviointia. Kuitenkin samantyyppisten verkkoalueiden yhtiöt voisivat miettiä näitä arviointeja yhteistyössä ja siten säästää aikaa. Yhteistyötä voisi tehdä mm.

- häviöparametrien laskennassa
- kuormituslaskennassa

7.3 Etäluettavien mittarien häviösäästön laskenta

Uusien etäluettavien mittareiden energiankulutus on pienempi verrattuna vanhoihin induktiomittareihin. Mittarityypistä riippuen ero vaihtelee 0,3 W...2 W. Toisaalta staattisiin mittareihin verrattuna etäluettavien mittarien kulutus voi olla jopa suurempi.

Säästön määrä riippuu siis hyvin paljon verkkoyhtiön mittarikannasta ja edellyttää yhtiökohtaisen laskelman.

Säästön pitoajasta on ollut alalla sellainen käsitys, että mittareiden yleistyttyä 2014 ei tämä säästö olisi raportoitavissa. Etäluentasäädökset ovat tulleet kuitenkin sopimusaikana, joten tälle sopimuskaudelle raportointi on perusteltua. Suomi on kuitenkin vuoden 2014 jälkeenkin asiassa hyvin edistyksellinen EU-tasolla. Tämä puoltaisi säästöjen huomioimisen mahdollisesti ainakin vuoteen 2020 asti.

Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

7.4 Energian käytön ja tuotannon muutosten vaikutus

Energian käytön ja tuotannon muutosten vaikutusta tulisi tutkia. Tällaisia muutoksia on esimerkiksi kysynnän jouston, lämpöpumppujen ja hajautetun tuotannon lisääntyminen. Tärkeintä olisi aluksi selvittää mitä suuruusluokkaa vaikutus häviöihin on.

7.5 Katselmoinnin kehittäminen

Verkkoyhtiöiden tulisi kehittää yhtenäinen katselmointimenettely esimerkiksi sähköasemien energiatehokkuuden katselmointiin.

7.6 Tiedottaminen ja koulutus

Tiedottamisella ja koulutuksella on tärkeä merkitys energiatehokkuuden parantamisessa ja samoin tämän työn tulosten hyödyntämistä verkkoyhtiöissä. Tietoa tullaan tekijöiden puolesta viemään Energiateollisuuden toimikunnille ja koulutusta tarjotaan alan koulutustilaisuuksiin.

8 Yhteenveto

Tässä raportissa on käsitelty verkostohäviöiden säästöjen laskentaa ja esitetty menetelmät, jotka yhtenäistäisivät verkkoyhtiöissä käytössä olevia menetelmiä ja tehostaisivat energiatehokkuusraportointia.

Ehdotettu ensisijainen menetelmä on verkostolaskentamenetelmä. Sen, etuna on menetelmän integroituminen olemassa olevaan järjestelmään ja valmiiden tietojen hyödyntäminen

Verkostolaskentamenetelmän vaihtoehdoksi on esitelty laskennaltaan yksinkertaisempi materiaaliuutosmenetelmä, Se edellyttää kuitenkin runsaasti verkko- ja tapauskohtaista arviointia.

Raportin liitteessä on verkkotietojärjestelmille suunnattu kuvaus verkostolaskentamenetelmän kehittämisestä osaksi verkkotietojärjestelmää. Ehdotus on esitelty kaikille verkkotietojärjestelmien toimittajille ja se on näiden puolesta todettu toteuttamiskelpoiseksi.

Energiatehokkuusraportoinnin helpottamiseksi esitetään lisäksi seuraavat yksityiskohtaisemmat suositukset:

1. Verkon osien pitoaikana häviösäästöjen laskennassa käytetään 30 vuotta. Näin helpotetaan raportointia merkittävästi pysyen kuitenkin riittävässä tarkkuudessa ja totuudenmukaisuudessa
2. Verkon rakentamisen ja saneerauksen häviösäästöt viedään vuosittain yhteenlaskettuna yhtenä toimenpiteenä energiatehokkuusraportointijärjestelmään. Yksittäiset toimenpidetiedot säilytetään yhtiössä raportointikauden loppuun.
3. Etäluettavat energiamittarit voivat tuottaa häviöiden säästöjä. Tämä tulisi olla mahdollista raportoida säästökseen myös vuodesta 2014 eteenpäin, poiketen alalla aikaisemmin olleesta tiedosta.

Lopuksi on ehdotettu jatkotutkimushankkeita häviöenergian hankintaan liittyvien kysymysten ratkaisemiseksi.

Liite 1 Verkostohäviöiden laskennan kehittäminen ja yhdenmukaistaminen– ehdotus verkkotietojärjestelmien energiatehokkuusraportoinnin kehittämiseksi ver 1

Liite 2 Häviöiden hankinta ja profiilit

Liite 1 Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Verkostohäviöiden laskennan kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

– ehdotus verkkotietojärjestelmien energiatehokkuusraportoinnin kehittämiseksi

Tämän on ehdotus raportista, jonka avulla verkkotietojärjestelmistä kerätään jakeluverkon häviötehokkuustoimenpiteet häviötehokkuussopimusten edellyttämään kansalliseen raportointiin.

Raporttimalli on kehitetty osana ST-poolin rahoittamaa tutkimusta,

Pyydämme tietojärjestelmätoimittajia kommentoimaan tämän ehdotuksen toteutusmahdollisuuksia ja aikataulua. Kommentit pyydetään viimeistään 11.10.2011.

Lisätietoja antavat:

Anssi Seppälä, 0400 780077, anssi.seppala@enease.fi

Petri Trygg, 0505498941, petri.trygg@powerq.fi

Enease Oy

1. Verkostohäviöiden käsittely energiatehokkuussopimuksessa

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Energiansäästötoimi 6							35	35	35	105
Energiansäästötoimi 5						25	25	25	25	100
Energiansäästötoimi 4		15	15	15						45
Energiansäästötoimi 3	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
Energiansäästötoimi 2	30	30	30	30	30	30	30	30		240
Energiansäästötoimi 1	10	10								20
	60	75	65	65	50	75	110	110	80	690

20 (vuotuinen säästövaikutus MWh/a)

Kuva 1. Energiasäästötoimien raportointiperiaate. Taulukossa kunkin toimenpiteen ajoittuminen ja saavutettavat vuotuiset energiasäästöt.

Energiatehokkuussopimus velvoittaa jakeluverkonhaltijat raportoimaan energiatehokkuustoimenpiteitä. Kuvassa 1 on esitelty raportoinnin periaate. Verkonhaltija kirjaa vuosittain tekemänsä energiasäästötoimet, niiden kustannukset ja toimenpiteen kestoajan Motivan ylläpitämään portaaliin.

Energiatehokkuustoimia on kahta lajia:

- Varsinaiset energiasäästötoimenpiteet (ES)
- Muusta syystä toteutuneet energiasäästöt (MI)

Pääasiallisesti jakeluverkoston energiasäästöt kertyvät muusta kuin energiatehokkuussyistä.

Ongelma on se, että jakeluverkossa häviösäästöjä tuottavat toimenpiteet jäävät valtaosalta kirjaamatta energiatehokkuussopimukseen, koska toteutetuista verkostosuunnitelmista ja niistä kertyneistä häviösäästöistä ei saada raporttia tietojärjestelmistä, ja tietojen käsin kerääminen on liian työlästä.

ST-poolin tutkimuksessa useimmilla verkkoyhtiöillä jo käytössä olevat verkkotietojärjestelmät arvioidaan parhaaksi työkaluksi verkonrakennuksesta syntyvien häviösäästöjen laskentaan ja raportointiin.

Liite 1 Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Ratkaisuksi ehdotetaan verkkotietojärjestelmiin lisättävä koontitaulua, johon verkostomuutosten häviösäästöt kirjataan. Taulusta haetaan ja summataan esim. kalenterivuodelle toteutetut suunnitelmat ja niistä seuranneet häviöiden säästöt.

2. Ehdotus verkkotietojärjestelmän raportiksi

Tavoitteena on raportti, joka voidaan kohtuullisella työllä lisätä verkkotietojärjestelmän suunnittelutoimintoihin häiritsemättä muuta toiminnallisuutta.

Raportteja on kaksi:

- Häviösäästöraportti verkostoinvestoinneista, jotka on tehty häviötehokkuussyistä (ES)
- Häviösäästöraportti verkostoinvestoinneista, jotka on tehty muusta kuin häviötehokkuussyistä (MI)

Raporttien tavoite on vähentää verkonhaltijan työmäärää verkonrakennuksen energiansäästötoimenpiteiden raportoinnissa viranomaisille.

Häviösäästöraportti verkostoinvestoinneista, jotka on tehty häviötehokkuussyistä (ES)

Jokaisesta verkon muutossuunnitelmasta, joka on tehty energiatehokkuussyistä tallennetaan jatkokäsittelyä varten seuraavat tiedot:

- Suunnitelman tunniste
- Kohteen nimi ja/tai osoite
- Suunniteltu toteutusvuosi
- Vuotuinen häviömuutos (MWh/a)
- Investoinnin arvo (€)
- Toteutusvuosi, jonka perusteella muutos kirjataan

Edellä mainitut tiedot tulisi tallentaa, ja niistä luodaan koontitaulukko halutulle ajalle (kalenterivuodelle).

- Toteutusvuosi
- Vuotuinen häviömuutos yhteensä (MWh/a)
- Investointien arvo yhteensä (€)

Liite 1 Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Tähän raporttiin kirjataan kaikki verkon rakentamisessa syntyvät häviösäästöt, jotka on tehty häviötehokkuuden parantamiseksi. Esimerkiksi pienihäviöisen muuntajan valinta. Investointikustannuksena käytetään pienihäviöisen ja standardimuuntajan välistä hintaeroa.

SUUNNITELMIEN KOOSTERAPORTTI - Energiansäästöinvestoinnit (ES)					
TUNNISTE	NIMI/OSOITE	SUUNNITeltu TOTEUTUSV.	HÄVIÖMUUTOS (MWh/a)	INVESTOINTI (€)	TOTEUTUS VUOSI
122334	Nimi1, Osoite1	2012	-6	5000	2012
123445	Nimi2, Osoite2	2012	-5	3000	2012
123445	Nimi3, Osoite3	2013	-2	2000	2013
VUOSITTAINEN YHTEENVETO HÄVIÖSÄÄSTÖISTÄ – Energiansäästöinvestoinnit (ES)					
Vuosi	Häviösäästö (MWh/a)	Investointi (€)			
2012	-11	8000			
2013	-2	2000			

Kuva 2. Ehdotus VTJ:n koontitaulukoksi energiansäästötoimien (ES) raportointiin.- Vuosittaisen yhteenvedon rivit siirretään Motivan raportointityökaluun.

Häviösäästöraportti verkostoinvestoinneista, jotka on tehty muusta kuin häviötehokkuussyistä (MI)

Tähän raporttiin tulee kirjataan automaattisesti kaikki verkostossa tehtyjen muutostöiden aiheuttamat vuotuiset häviösäästöt. Investointisummaa ei tarvita vaan se lasketaan raportointiin erikseen.

Jokaisesta verkon muutossuunnitelmasta tallennetaan jatkokäsittelyä varten seuraavat tiedot:

- Suunnitelman tunniste
- Kohteen nimi ja/tai osoite
- Suunniteltu toteutusvuosi
- Vuotuinen häviömuutos (MWh/a)
- Toteutusvuosi, jonka perusteella muutos kirjataan

Edellä mainitut tiedot tulisi tallentaa, ja niistä luodaan koontitaulukko halutulle ajalle (kalenterivuodelle).

- Toteutusvuosi
- Vuotuinen häviömuutos yhteensä (MWh/a)

Liite 1 Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Tähän raporttiin kirjataan kaikista verkon rakentamishankkeista syntyvät häviösäästöt. Esimerkiksi muuntopiirin saneerauksessa häviömuutokseksi lasketaan alkuperäisen verkon ja uuden verkon verkostolaskennassa lasketun vuotuisen häviön erotus. Investoinnin arvoa ei tarvita vaan se lasketaan Motivan järjestelmään kirjattaessa yhteisesti kaikille MI-häviösäästöille.

Vain häviöitä pienentävät muutokset kirjataan tai häviöitä kasvattavat muutokset kirjataan nolllaksi.

SUUNNITELMIEN KOOSTERAPORTTI - Muut Investoinnit (MI)				
TUNNISTE	NIMI/OSOITE	SUUNNITeltu TOTEUTUSV.	HÄVIÖMUUTOS (MWh/a)	TOTEUTUS VUOSI
122334	Nimi1, Osoite1	2011	-10	2011
123445	Nimi2, Osoite2	2011	-5	2011
134555	Nimi3, Osoite3	2012	-20	2012
154333	Nimi4, Osoite4	2012	-10	2012
167111	Nimi5, Osoite5	2013	-5	2014
VUOSITTAINEN YHTEEENVETO HÄVIÖSÄÄSTÖISTÄ – Muut Investoinnit (MI)				
Toteutus-vuosi	Häviösäästö (MWh/a)			
2011	-15			
2012	-35			
2013	0			
2014	-5			

Kuva 3. Ehdotus VTJ:n koontitaulukoksi energiansäästötoimien (MI) raportointiin.- Vuosittaisen yhteenvedon rivit siirretään Motivan raportointityökaluun.

3. Häviömuutoksen laskentaperiaate

Häviömuutos lasketaan kussakin verkon muutoksessa uuden verkon häviöt vähennettynä alkuperäisen verkon häviöillä. Laskennassa käytetään kunkin verkkotietojärjestelmän häviöiden laskentaperiaatetta:

- Verkon osan muutoksen häviömuutos = Vanhan verkon osan häviö – Uuden verkon osan häviö
 - o lasketaan molemmat häviöt rakentamishetken kulutuksilla ja käyttöpaikoilla
- Uuden verkon häviömuutos, pääsääntö = 0
- Poikkeus: Kun käytetään pienihäviöisiä komponentteja häviöiden pienentämiseksi, kirjataan tästä energiasäästöimenpide (ES):
 - o Uuden verkon rakentamisen vuotuinen häviömuutos = Standardikomponenteilla toteutettu – Pienihäviöisillä komponenteilla toteutettu

4. Häviöinvestoinnin arvon laskentaperiaate

Verkonrakentamisen yhteydessä (MI-investointi) syntyville häviösäästölle lasketaan investointiarvo laskemalla yhteen säästettyjen häviöiden arvo 8 vuoden ajalta, eli:

$$\text{Investointiarvo} = 8 \times \text{häviösäästö/vuosi [MWh]} \times \text{häviöhinta [€/MWh]}$$

Tämä laskelma tehdään kaikille MI-hankkeille yhteisesti vuosittain ja viedään kansalliseen raportointiin.

LIITE 2. Häviöiden hankinta ja profiilit

1 Häviösähkön hankinnan kehittäminen ja energiatehokkuus

Häviösähkön arviointi tai mittaaminen on verkkoyhtiölle tärkeää, koska häviöenergian hankintakustannus on suurin yksittäinen kustannuserä jakeluverkkotoiminnassa.

Mittaustiedon puuttuessa on koko verkon häviösähkön määrää arvioitu verkostolaskennan avulla. Menettely ei ole luotettava, koska verkossa tapahtuu jatkuvasti muutoksia ja kuormitukset vaihtelevat satunnaisesti. Etäluettavien mittausten lisääntymisen myötä tulee häviösähkön hankinta perustumaan koko verkon siirron ja kulutuksen väliseen erotukseen.

Energiatehokkuustoimenpiteillä ja häviösähkön hankinnan välillä ei ole käytännössä yhteyttä. Häviösähkön hankinnan tulisi perustua mahdollisimman tarkasti todettuun verkon kokonaishäviöön. Tästä energiatehokkuustoimenpiteiden häviömäärä on hyvin pieni osa, joka hukkuu kokonaishäviön vaihteluun ja epätarkkuuteen.

Sähkömarkkinoiden kannalta häviöiden tarkka määrittäminen on tärkeää, koska virhe häviöiden määrässä välittyy suoraan toimitusvelvolliselle myyjälle ylimääräisenä voittona tai tappiona.

Välipäätelmä on, että häviösähkön hankintaa kannattaa kehittää omana prosessinaan. Tätä kautta saadaan nopeimmin tuloksia käytäntöön.

Samalla kun verkon kokonaishäviön määrittäminen kehitetään tarkemmaksi mittauksen perusteella, kannattaa tehdä tutkimusta myös siitä, miten verkostolaskennan häviölaskenta saadaan tarkennettua vastaamaan mitattuja häviöitä.

2 Häviösähkön tuntiprofiilin määrittäminen mittauksen perusteella

Energiamarkkinavirasto on linjannut häviösähkön hankintaa siten, että häviösähkön hankinnan perusteena tulee olla tuntiprofiili. Häviöiden tuntiprofiilin perusteella voidaan määrittää häviöenergialle markkinahinta.

Jos verkon kaikki käyttöpaikat on tuntimitattu, voidaan häviön tuntiprofiili määrittää vähentämällä verkkoon syötetystä tuntienergiasta mitattujen tuntienergioiden summa.

Liite 2 Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Kaikkien käyttöpaikkojen tuntienergian mittaaminen ei ole pakollista, joten verkoissa, joissa kaikista käyttöpaikoista ei ole käytettävissä tuntienergiamittausta, ei häviöprofiilin laskeminen suoraan tuntimittauksista ole mahdollinen. Tätä varten on kehitettävä menettely ja pelisäännöt, joilla verkot voivat toteuttaa kustannustehokkaan menettelyn häviösähkön tuntiprofiilin määrittämiseen ja hankintaan.

Erityisesti niiden verkkoyhtiöiden, joilla on kattava käyttöpaikkojen tuntimittaus, tulee kehittää tuntimittaukseen perustuvaa menetelmää.

3 Häviösähkön tuntiprofiilin määrittäminen häviöfunktiolla osittain tuntimitatuissa verkoissa

Koska häviön tuntiprofiilia ei voida määrittää suoraan mittausten perusteella, on tehokkainta soveltaa arviointimenetelmää, jolla häviön tuntienergia lasketaan verkkoon syötetystä tuntienergiasta. Tätä menettelyä on kuvattu tarkemmin CIRED 2011raportissa: *Real Time Purchase and Settlement of Distribution Losses* [1]

Useissa verkoissa on sovellettu häviöfunktiota:

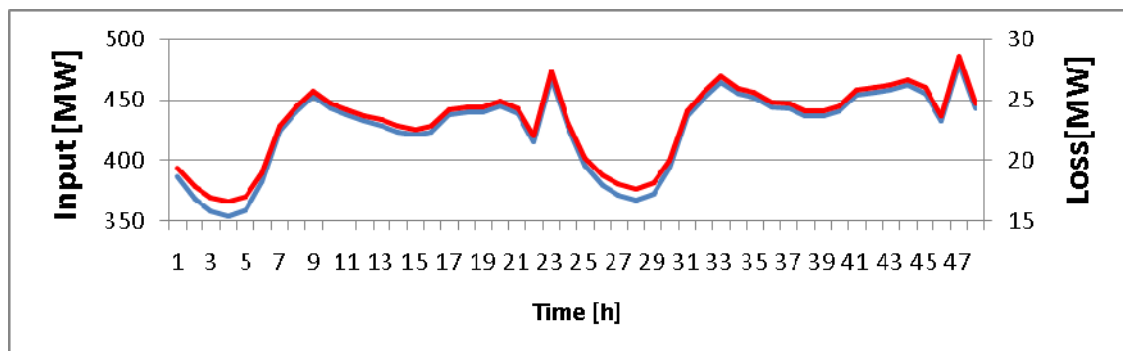
$$P_L(t) = P_0 + k \cdot P(t)^k, \text{ missä}$$

$P_L(t)$ = häviö tunnilla t

P_0 = verkon tyhjäkäyntihäviö

$P(t)$ = verkkoon syötetty teho tunnilla t

Kerroin k määritetään siten, että vuotuinen häviöenergia vastaa todettua tai arvioitua häviöenergiaa.



Kuva 1. Häviöenergia (punainen) (Loss) laskettuna häviöfunktiolla verkkoon syötetystä energiasta (Input).

Liite 2 Sähkönjakeluverkon häviösäästöjen laskennan ja raportoinnin kehittäminen ja yhdenmukaistaminen

Häviöfunktioilla voidaan helposti muodostaa häviöille tuntisarja ja tehdä tarvittavat kaupalliset laskelmat. Tärkeämpi ratkaistava on miten häviöenergian oikea määrä selvitetään.

Tarkka häviöenergia saadaan keräämällä tuntimittausten lisäksi kaikkien muiden energiamittausten ja käyttöpaikkojen käyttötiedot ja verrataan tätä tietoa verkkoon syötettyyn energiaan.

Häviöenergian mittauksen tarkkuus riippuu energiamittausten tarkkuudesta ja luentavälistä. Jos kaikki mittarit luetaan perinteisellä menetelmällä kiertävästi vuosittain, voidaan häviöenergia laskea kohtuullisella tarkkuudella useamman vuoden jaksolle. Etäluennan myötä luentatiheys kasvaa ja jo kuukausiluennalla voidaan häviöenergia laskea tarkkaan vuositasolla, koska käyttöpaikoista saadaan energiakulutus kalenterivuodelta.

Käytännössä ei useinkaan ole käytettävissä täydellistä synkronista mittausaineistoa vaan energiamittaukset ovat asynkroninen sekoitus tuntienenergia-, kuukausi- ja vuosiluentaa, jolloin on kehitettävä menetelmä, jossa laskennan virhe on hallinnassa.

Tarkka häviöenergia on käytännössä laskettavissa jälkikäteen viiveellä, joka riippuu mittausten synkronoinnista ja edellytetystä tarkkuudesta.

Häviöfunktioilla laskettuun häviöön liittyvä epätarkkuutta, joka voidaan tasoittaa jälkikäteen kun verkon mittaukset on luettu ja tarkka kokonaishäviömäärä on tiedossa. Tällöin kuitenkin käsitellään huomattavasti pienempää energiamäärää, ja tasoitusmenettelyllä lähinnä varmistetaan, että häviöfunktio on laskettu oikein ja tarvittaessa korjataan häviöfunktioita samalla kun lopullinen häviölaskelma tehdään myyjän kanssa.

Häviöiden hankinnan tulisi olla yhtenäinen menettely, jonk kehittämiseksi ehdotetaan seuraavia osa-alueita:

- Häviöiden käsittely sähkökaupassa ja taseselvityksessä: Jotta häviösähkö voidaan hankkia ja käsitellä markkinoilla kuten tuntimitattu energia, on verkkoyhtiöitä ohjeistettava siten, että häviöiden hankinta tapahtuu kaikille osapuolille oikeudenmukaisella tavalla.
- Häviöenergian tarkka määrittäminen osittain etäluetussa jakeluverkossa.
- Häviöiden tasoitusmenettely: Koska todellinen häviöenergia voidaan selvittää tarkasti vasta jälkikäteen, on sovittava menettely ja aikataulu lopullisen häviöenergian määrittämisestä ja tasoituslaskennasta.

Lähde:

- [1] A. Seppälä, J-H Etula, S. Forsman, J Högberg, 2011, "Real Time Purchase and Settlement of Distribution Losses", CIRED 2011, Frankfurt