

Alueellisen sähkönkulutusanalyysin ja -ennusteprosessin toiminnallinen kuvaus

Raportti

1.6.2012

**Markku Hyvärinen, Pirjo Heine, Stefan Forsström, Mikko Tella, Juho
Uurasjärvi, Matti Koivisto, Merkebu Degefa, Matti Lehtonen, Janne Mörsky**

Helen Sähköverkko Oy

Vantaan Energia Sähköverkot Oy

Elenia Verkko Oy

Aalto - yliopisto, sähkötekniikan korkeakoulu

Tekla Oyj



sgem

Smart Grids and Energy Markets

Tekijät: Markku Hyvärinen, Pirjo Heine, Stefan Forsström, Mikko Tella, Juho Uurasjärvi, Matti Koivisto, Merkebu Degefa, Matti Lehtonen, Janne Mörsky

Raportin nimi: Alueellisen sähkönkulutusanalyysin ja -ennusteprosessin toiminnallinen kuvaus

Päivämäärä: 1.6.2012

Kieli: suomi

Sivumäärä: 5+36 s

Helen Sähköverkko Oy, Vantaan Energia Sähköverkot Oy, Elenia Verkko Oy, Aalto -yliopisto sähkötekniikan korkeakoulu, Tekla Oyj

Raportissa kuvataan toiminnallisesti kuormitusanalyysin ja -ennustamisen eri osatehtäviä. Yhdistämällä näihin osatehtäviin samanaikaisesti tutkimuksen kohteena olevat tuntimittaustiedon tilastomatemaattiset käsittelymenetelmät hahmotetaan eri toimintalohkot lopullista analyysi- ja ennustetyökalua varten. Tärkeimmät kehittämisen osa-alueet ovat olleet

- tarkastelualueiden määrittelyt
- kuormitusmallien kehittäminen
- skenaariointimallin kehittäminen

Näiden osa-alueiden mallinnus on ollut tärkeätä toteuttaa ennen kuin varsinaista tietoteknistä toteutusratkaisua lähdetään toteuttamaan. Raportissa kuvatun määrittelyn pohjalta suunnitellaan demonstraatio, jonka avulla testataan tämän kuvauksen toimivuus ja kehitetään kuvausta tarpeen mukaan. Demonstraation tulisi olla toiminnassa vuoden 2014 loppuun mennessä.

Avainsanat: AMR, sähkönkulutus, kuormitusanalyysi, kuormitusennuste

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	ii
Sisällysluettelo	iii
1 Johdanto.....	1
2 Toiminnallisten osatehtävien määrittäminen	2
3 Tarkastelualueiden muodostaminen	4
3.1 Pienalueiden muodostaminen	4
3.2 Aluetietokohteen määrittely ja sen muodostaminen	6
3.2.1 Aluetietokohteen yleiskuvaus	6
3.2.2 Aluetietokohteen ominaisuudet	7
3.3 Aluetietokohteen muodostuksen ongelmat.....	9
3.4 Alueiden käsittelystä ja hallinnoinnista.....	12
3.5 Päämuuntajan syöttämät alueet.....	12
4 Kulutus- ja kuormitusanalyysi.....	14
4.1 Nykyinen mitattu kulutus	14
4.2 Nykyinen verkon kuormitus (mittauksista laskettu)	15
4.3 Kulutusmuutokset	15
5 Kuormitusmallien muodostaminen.....	17
5.1 Klusterointi (pääkomponenttianalyysi & K-means)	17
5.2 Kuormitusmalli klustereittain (regressioanalyysi)	18
5.3 Regressiomallin suhde SLY-malleihin.....	20
5.4 Kuormitusmallien segmentointi.....	22
5.5 Kuormitusmallien tallentaminen ja hallinnointi	23
5.6 Ajatuksia kuormituskäyräeditorista	24
6 Alueittaiset skenaariot	26
6.1 Alueittaiset kulutusennusteet ja osaskenaariot	26
6.2 Aluetietokohteen rakennus- ja kulutustiedot sekä rakentamisen varannot...	28
6.3 Aikatason ennuste	29
6.4 Skenaario tulevaisuuden rakentaminen	31
6.5 Skenaario lämmitystapamuutokset ja tulevaisuuden lämmitystavat.....	33
6.6 Tulevaisuuden sähkönkäytön muutosten mallinnus tyypikäyräeditorilla ..	34
6.7 Muita skenaariointityökalun vaatimuksia.....	34

7	Verkon kuormitusennuste	35
8	Yhteenvedo.....	36
	Viitteet.....	36

1 Johdanto

SGEM-ohjelman yhtenä tutkimusalueena on (Suomen) ensimmäisen sukupolven etäluentamittareiden tuottaman tiedon hyödyntäminen sähköverkkojen hallinnassa. Ohjelman ensimmäisellä rahoitusjaksolla Helen Sähköverkko, Vantaan Energia Sähköverkot, Tekla ja Aalto-yliopisto aloittivat tutkimuksen (1FP Task 1.4), jossa selvitetään tuntimittaustietojen hyödyntämistä kuormitusanalyysissä. Tuolloin tehtävä sijoitettiin SGEM-ohjelman demonstraatioiden joukkoon. Tarkoituksenahan oli demonstroida jo asennettujen mittareiden tuottaman tiedon käyttöä. Tehtävä oli kuitenkin jo tuolloin hyvin tutkimuspainotteinen. Demonstraatioiden rakentaminen on kuitenkin siinä mielessä tärkeää, että niiden avulla varmistetaan tutkimustulosten soveltuvuus käytäntöön.

Ensimmäisellä ja toisella rahoitusjaksolla tehtiin tärkeää pohjatyötä tuntimittaustietojen ja taustatietojen linkittämiseksi. Toinen, teoreettisempi tutkimuskohde oli kuormituskäyrien tilastomatemattinen analysointi ja ryhmittely pelkän mittaustiedon ja lämpötilatiedon avulla (ilman taustatietoa asiakkaista). Kummallakin tutkimusosa-alueella saatiin hyviä tuloksia jatkotyötä varten.

Tämän raportin tarkoituksen on kuvata toiminnallisesti kuormitusanalyysin ja –ennustamisen osatehtävät. Yhdistämällä näihin tuntimittaustiedon käsittelymenetelmät saadaan hahmotettua toimintalohkot lopullista analyysi- ja ennustetyökalua varten. Jatkokehitystyötä voidaan myös tehdä näissä hahmotelluissa osalohkoissa nähden kuitenkin koko huomioitava kokonaisuus.

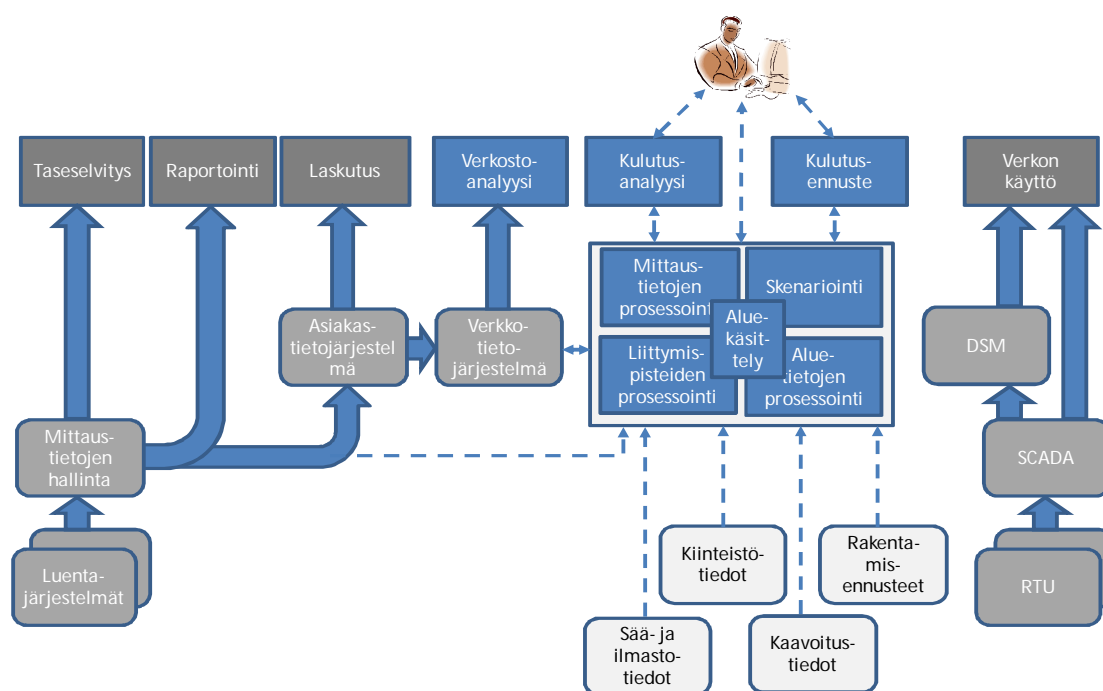
Muissa Task'in 6.11 osatehtävissä tutkitaan mm. hajautettujen resurssien (DR, DG, ES, EV) vaikutuksia kuormien mallintamiseen ja skenaariointiin.

2 Toiminnallisten osatehtävien määrittäminen

Tavoitteena on selvittää ne osatehtävät ja –toiminnot, joiden avulla voidaan

- määrittää mitatusta tuntitiedosta (AMR-data) nykyinen sähkönkulutus liittymittäin, alueittain ja käyttäjäryhmittäin
- määrittää ns. ominaiskulutukset
- havaita kulutuksessa ja ominaiskulutuksissa tapahtuneet muutokset
- laskea AMR-datasta verkoston nykyinen kuormitusilanne
- laskea ennustamista varten tarvittavat kuormituskäyrämallit
- laskea alueittaiset kulutusennusteet ja luoda näille erilaisia skenaarioita
- määrittää verkon kuormitusilanne ennustetuilla kuormilla ja ennustetun kuormitusilanteen pohjalta määrittää verkon rakentamistarpeet eri aikajäniteillä

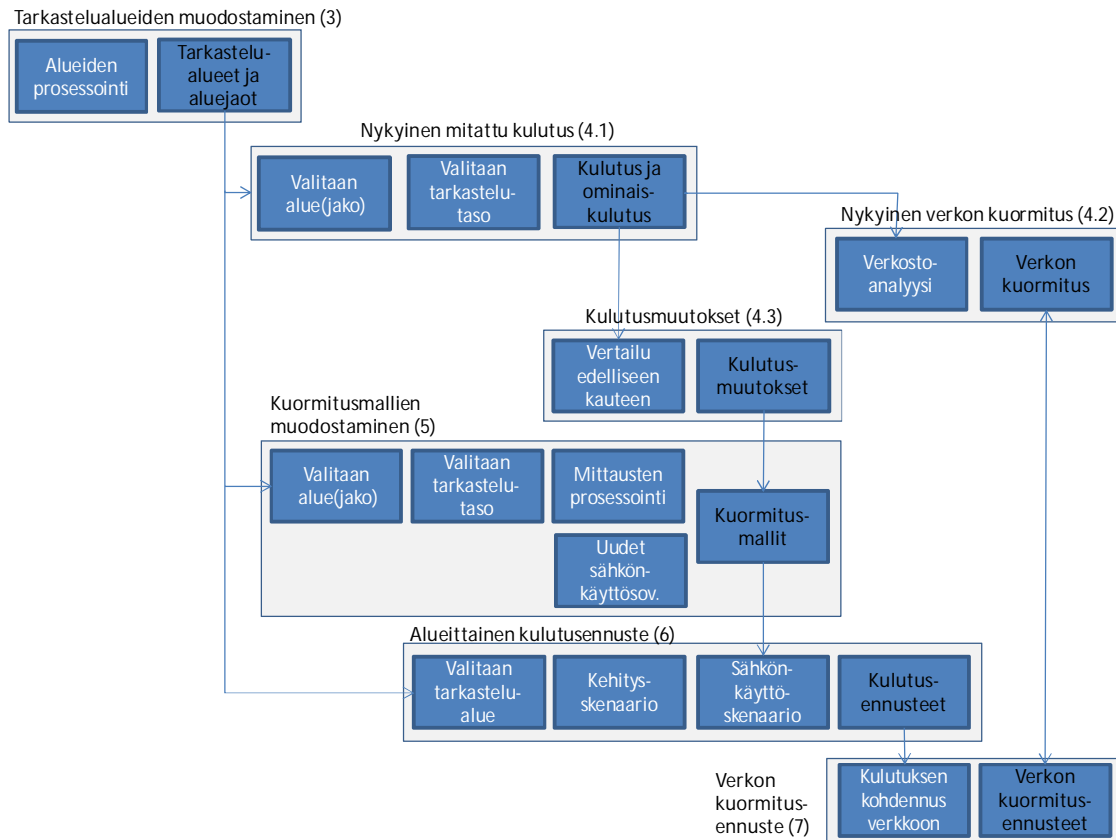
Kuvassa 2.1 on asemoitu näitä toiminnallisuuksia AMR-dataa hyödyntävien sovellusten ja toimintojen kannalta.



Kuva 2.1. Kehitettävän toiminnallisuuden aseointi

Kuvassa 2.2. on pyritty erittelemään tehtävien kulku ja niihin liittyvät karkeat osatehtävät ja tietojen prosessoinnit. Käyttäjä tekee eri osakokonaisuuksia osin ajallisesti toisista osakokonaisuuksista riippumatta. ”Edellisen vaiheen” tuottama lähtötieto täytyy

tietenkkin olla käytettävissä. Osa toiminnallisuuksista haluttaneen toimivan automaattisesti, esimerkiksi kulutusmuutosten seuranta kuukausittain tms.



Kuva 2.2. Toiminnallisuuden alustava jako osakokonaisuuksiin ja osatehtäviin.

Tähän saakka SGEM WP 6.11:ssa on työstyetty lähinnä osakokonaisuutta 5, joka tähtää tuntimittaustietoa analysoimalla muodostamaan kuormitusennusteen edellyttämiä kuormitusmalleja eli tyypikuormituskäyriä.

Seuraavassa vaiheessa tärkeimmät kehittämisen osa-alueet ovat

- tarkastelualueiden määrittelyt
- kuormitusmallien kehittäminen
- skenaariointimallin kehittäminen

Nämä osa-alueet on mallinnettava ennen kuin voidaan lähteä syvällisemmin pohtimaan tietoteknistä toteutusratkaisua. Osa-alueita on kuvattu tarkemmin seuraavissa luvuissa. Lukujen numerot on esitetty myös kuvassa 2.2.

3 Tarkastelualueiden muodostaminen

Sähköverkkojen yleissuunnittelu, kuormitusennusteiden tekeminen ja kulutusmuutosten analysointi on aina ollut hyvin työlästä. Tietoja on haettu useista eri järjestelmistä ja niiden yhdistäminen on ollut hankalaa. Seuraavassa on tutkittu, kuinka aluejaottelun avulla voidaan yhdistää ja laskea eri aineistoissa olevaa tietoa verkkotietojärjestelmää hyväksi käyttäen.

3.1 Pienalueiden muodostaminen

Pienalueet muodostetaan kaupungin tai kunnan kiinteistömateriaalin perusteella. Lyhykäisyydessään pienalueen kuvaus voisi olla seuraavanlainen:

”Pienin mahdollinen maanomistuksen yksikkö, joka on merkitty kiinteistönä valtakunnalliseen maankäyttökisteriin. Tällöin kiinteistöihin kuuluvat mm. tilat, tontit ja yleiset alueet.”

Pienalue on siis pienin mahdollinen alue eli kiinteistö. Sitä siis käytetään perusosana muodostettaessa suurempia aluekokonaisuuksia. Kiinteistöllä on järjestelmässä oma erikoisasemansa, jonka takia sille myös määritellään ominaisuudet tarkimmalla mahdollisella tasolla. Puhuttaessa kiinteistön ominaisuuksista ja tiedoista voidaan käyttää nimitystä kiinteistötietokohde. Kiinteistö erotetaan myöhemmin määriteltävästä aluekohteesta, joka on yleisempi käsite.

Kiinteistötietokohteen sisältö on esitetty taulukossa 1. Suurin osa tiedoista on välttämättömiä, jotta tietojen siirto pienaluetasolta ylöspäin aluetasolle on mahdollista. Huomioitavaa on kuitenkin se, että suurin osa kiinteistötiedoista löytyy useasta eri järjestelmästä.

Tärkein kiinteistön määrittävä tekijä on kiinteistötunnus, joka on valtakunnallisesti yksilöivä tieto. Eri lähteistä kerättävä tieto yhdistetään juuri kiinteistötunnuksen avulla. Muita tärkeitä tietoja ovat kiinteistön pinta-ala, tehokkuus, käytetty rakennusoikeus ja kiinteistön käyttötarkoitus.

Taulukko 1. Kiinteistöietokohteen tietosisällön määrittely.

Nro.	Tarvittava tieto	Selite
1	Kiinteistötunnus	Kiinteistön yksilöivä tieto
2	Liittymätunnus	Kiinteistöön kuuluvat liittymät, voi olla useita.
3	Pinta-ala	Tarvitaan kokonaisrakennusoikeuden määrittämiseen
4	Tehokkuus	Tarvitaan kokonaisrakennusoikeuden määrittämiseen
5	Kokonaisrakennusoikeus	"= <i>Pinta-ala</i> * <i>tehokkuus</i> "
6	Jäljellä oleva rakennusoikeus	"= <i>Kokonaisrakennusoikeus</i> - <i>Käytetty rakennusoikeus</i> "
7	Käytetty rakennusoikeus	Kuntarekisteristä
8	Käyttötyyppi	Kiinteistön käyttötarkoitus
9	Rakennusvuosi	Huomioitu, ei voida kiinteistölle määrittää yksiselitteisesti
10	Rakennukset	Kuntarekisteristä
11	Kiinteistölaji	Voi olla mm. tontti, maarek. kiinteistö tai vuokra-alue.
12	Lääni	
13	Kunta	
14	Kylä	
15	Osoite	
16	Lämmitystapa	Kuntarekisteristä (voi olla eri rakennuksille)
17	Kiinteistön olotila	

Pienalueeseen ei liitetä mitään ennustetta rakentamisesta vaan sen käsittely on aluetietokohteella. Pienalueen kokonaisrakennusoikeus saadaan laskennallisesti kiinteistön pinta-alan ja tehokkuuskertoimen avulla. Kun kokonaisrakennusoikeudesta vähennetään olemassaolevan rakennuskannan pinta-ala, saadaan käyttämätön rakennusoikeus. Tiedot saadaan kuntarekisteristä tai vastaavasta järjestelmästä.

Pienalueen ollessa kiinteistö, liittyy siihen pääsääntöisesti sähkön käytön osalta liittymä ja edelleen yksi tai useampia sähkökäyttöpaikkoja. Tämä linkitys pienalueen ja sähköliittymän välillä on yksi tärkeimmistä toteutettavista asioista. Alueen eri käyttäjäryhmien toteutuneita ominaiskuluksia ei voida muuten skenaariotyökalulla määrittää.

Kuvassa 3.1 on esitetty, kuinka tarkasti asemakaavoitetulla alueella kiinteistöt sijoittuvat asemakaava-alueiden sisälle. Huomioitavaa on myös se, että tiealueet ovat omina pienalueina. Tällöin ne tulevat automaattisesti aluetason laskentaan mukaan, jos niillä on omaa kulutusta.



Kuva 3.1 Esimerkki kiinteistöjen ja asemakaava-alueiden jakautumisesta kohdealueella, kun ne on siirretty verkkotietojärjestelmään.

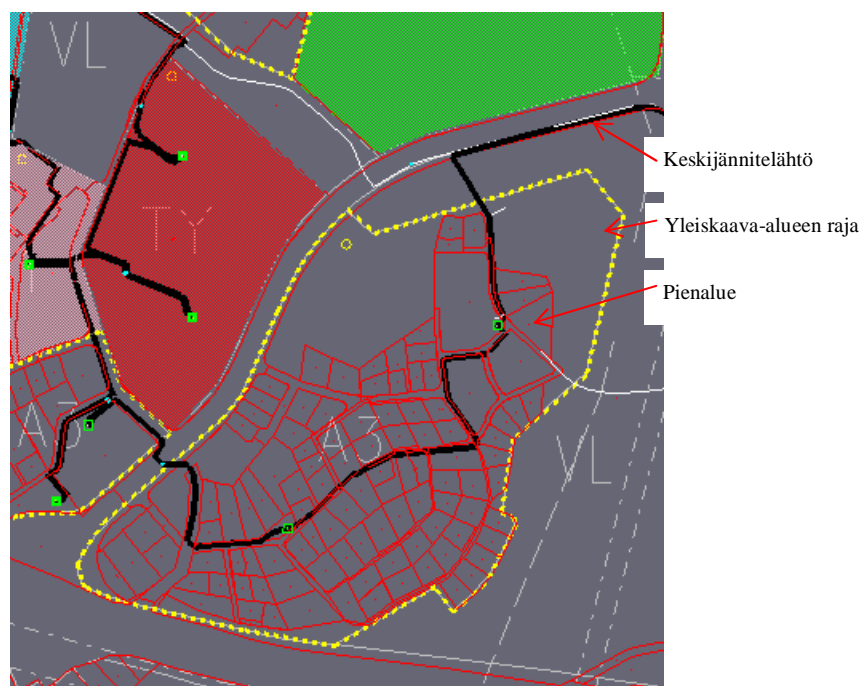
3.2 Aluetietokohteen määrittely ja sen muodostaminen

On tarve luoda sekä pysyviä että vaihtuvia aluejakoja. Pysyviä aluejakoja tarvitaan, koska halutaan seurata kehitystä pitkällä aikavälillä ja vakiona pysyvä alue muodostaa kiinnekohdan myös kuukausiseurannalle. Ennalta määritellyjä pysyviä alueita ovat esimerkiksi kaupunginosa-alueet (kaupungilta saatava lähtö- ja taustatieto tällä jaolla) ja kiinteä ruutujako. Myös sähköasemien jakelualueet muodostavat varsin pysyvän, hitaasti kehittyvän aluejaon.

3.2.1 Aluetietokohteen yleiskuvaus

Aluetietokohteiden muodostamisen ideana on saada aikaiseksi suurempia, selkeämpiä ja hallittavampia alueita, joita voidaan käyttää verkon tulevaisuuden kehityksen tarkasteluun. Ideana on siis määritellä kohde, jonka ominaisuudet ovat tässä määritelty, mutta varsinainen alueen käyttötarkoitus riippuu yrityksen ja käyttäjän tarpeista. Yleensä samakin yritys tarvitsee useampia aluejakoja eri tarpeisiin. Esimerkkejä aluejaoista ovat asema- ja yleiskaava, kaupunginosa, kaupunginosa-alue, kaupungin määrittelemä pienalue, karttalehtijako tai joku muu ruutujako. Aluejako voidaan siis tehdä täysin

vapaasti tarpeen mukaan. Määritellyt ominaisuudet ovat kuitenkin kaikille kohteille samat. Vantaan Energia Sähköverkkojen tapauksessa ensimmäiseksi aluetasoksi on päätetty määritellä yleiskaava ja seuraavaksi tasoksi kaupunginosat. Helsen Sähköverkossa ensimmäinen aluetaso on Vantaan tapaan yleiskaava ja seuraavana tasona kaupunginosa-alueet.



Kuva 3.2 Esimerkki, jossa kiinteistön tiedot on niputettu yleiskaava-alueelle. Tässä huomioidaan mahdolliset erot ja summaukset tehdään ”järkevästi”.

3.2.2 Aluetietokohteen ominaisuudet

Aluetietokohteen ensimmäisen kerroksen informaation lähtökohtana toimii pääsääntöisesti pienalue, joka tässä mallissa on kiinteistö. Tietyissä tapauksissa informaation lähtökohtana voi myös toimia yleiskaava-alue tai näiden yhdistelmä. Tiedot voidaan määrittää tarvittaessa myös itse, jos niitä ei ole muualta saatavissa. Aluetietokohde sisältää kaiken informaation nykyisestä ja tulevasta rakentamisesta sekä muusta sähkönkäyttöön vaikuttavista tekijöistä, mitä pien- tai yleiskaava-alueilta sille saadaan summattua. Aluetietokohteen tulevaa rakentamista ja sähkönkäyttöä kuvaavia toiminnallisuuksia käsitellään tarkemmin kappaleessa 6.

Taulukossa 2 on havainnollistettu aluetietokohteelle tarvittavia tietoja. Tiedot kumuloituvat aluetietokohteen sisällä olevilta pienalueilta aina ylöspäin aluetasolle.

Taulukko 2. Aluetietokohteen tietosisällön määrittely.

Tarvittava tieto	Selite
Alueid	Aluekohteen yksilöivä id
Laji	Aluekohteen laji (kaupunginosa/oma-alue)
Käyttötarkoitus	Voidaanko määrittää?
Pinta-ala	Aluekohteen pinta-ala
Tehokkuus	Keskimääräinen tehokkuus kiinteistöjen perusteella
Kiinteistöt	Aluekohteen sisällä olevat kiinteistöt listamuodossa omalla välilehdellä
Rakennusoikeudet ja energiat	<i>Näissä kohteissa arvot käyttötarkoituksen mukaan omalla välilehdellä.</i>
Ominaiskulutus	Toteutunut kulutus / käytetty rakennusoikeus
Lämmitysmuodot	Lämmitysmuodot asumiselle nykytilanne ja tuleva omalla välilehdellä

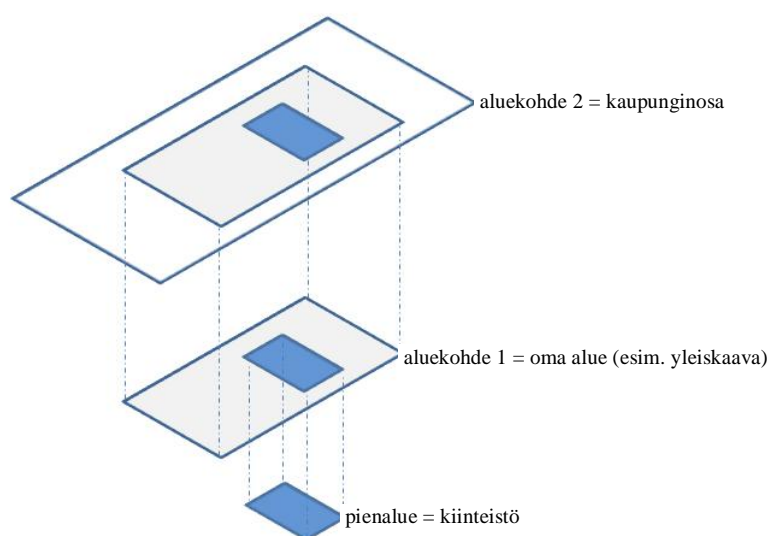
Myös sähkön käytön osalta tiedot kumuloituvat pienalueilta aluetasolle. Kun pienalueiden ja sähköliittymien välillä on linkitys, voidaan aluetietokohteessa määrittää käyttäjäryhmittäin rakennusalat, rakentamisen varannot, toteutuneet vuosienergiat ja laskea näistä toteutuneet ominaiskulutukset (Taulukko 3). Käyttämättömän rakennusalan vuosienergia lasketaan toteutuneen ominaiskulutuksen pohjalta. Tällöin ominaiskulutus sisältää alueen lämmitystapajakauman sekä muut muutokset kulutuksessa.

Kaikki tiedot on summattu ja jaoteltu yleiskaavan mukaisen käyttötarkoituksen perusteella omille riveilleen. Aluetietokohteen käyttötarkoitus aiheuttaa kuitenkin tässä ongelmia, sillä yleiskaava-alueen ja asemakaava-alueen (pienalue) käyttötarkoitukset eivät ole samoja. Riippumatta siitä kumman alueen käyttötarkoitusta käytetään, niin joka tapauksessa tarvitaan ristiinviittaustaulukko, jossa voidaan määrittää, minne mikin käyttötarkoitus kuuluu. Esimerkkinä voidaan pitää Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n kiinteistörajamateriaalia, missä on yhteensä 90 erilaista pienalueen käyttötarkoitusta.

Taulukko 3. Aluetietokohteen kulutustietojen ja rakennusalojen yhteys. Ongelmana on määrittää, kuinka ja millä perusteella tiedot jaotellaan taulukossa.

Käyttötarkoitus	Käytetty rakennusala	Todellinen vuosienergia	Ominaiskulutus	Käyttämätön rakennusala	Laskennallinen vuosienergia käyttämättömälle rakennusosalalle	Yleiskaava-varanto	Laskennallinen vuosienergia yleiskaava-varannolle
	[k-m2]	[kWh]	[kWh\k-m2]	[k-m2]	[kWh]	[k-m2]	[kWh]
Asuminen							
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	13 969	2 150 220	154	3 254	500 882	8 650	1 331 477
Maatalous							
Julkinen							
Palvelu							
Teollisuus							

Aluetietokohteelle voidaan tarpeen mukaan muodostaa useita eri tasoja. Mikäli käyttäjä haluaa luoda oman aluekohteen (*aluekohde 1*), niin tälle voidaan lukea tiedot suoraan pienalueelta, muusta lähteestä tai tiedot voidaan syöttää tarvittaessa käsin. Tämä uusi aluekohde on hierarkiassa pienaluetta ylempänä, jolloin tiedot seuraavalle ylemmälle aluetasolle luetaan nyt tältä uudelta aluetasolta. Alla olevassa esimerkissä (kuva 3.3) tiedot siirtyvät aluekohde 1:ltä kaupunginosa-alueelle. Tällä tavoin voidaan ottaa huomioon esimerkiksi yleiskaava- tai muut uudet kaava-alueet.

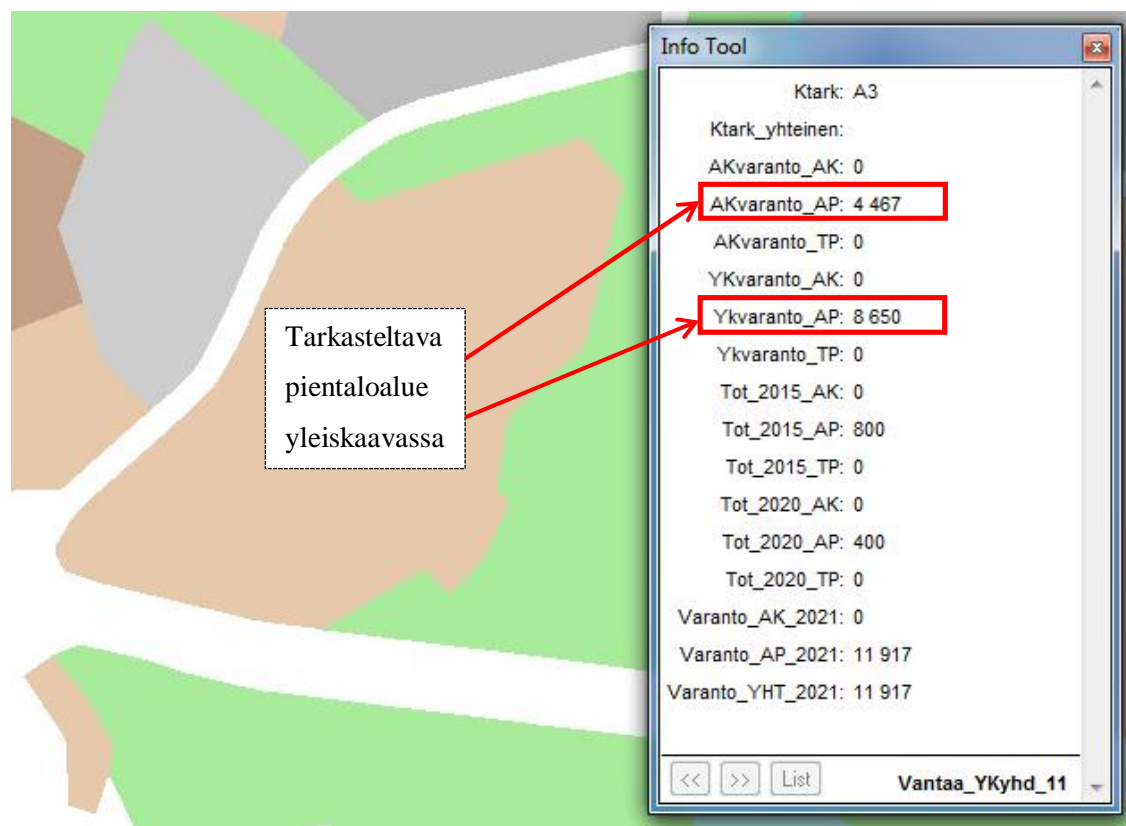


Kuva 3.3 Kiinteistö- ja aluetasojen määrittely ja hierarkia.

3.3 Aluetietokohteen muodostuksen ongelmat

Koska pienaluekohteella (kiinteistö) ja aluetietokohteella voi olla lähtökohtaisesti samansisältöistä informaatiota, täytyy tämän tiedon järkevästä käsittelystä pystyä huolehtimaan aluetietokohteita muodostettaessa. Esimerkkinä tästä voisi olla yleiskaava-alue, jolle tieto saadaan suoraan yleiskaavamateriaalista sekä summaamalla pienalueiden eli kiinteistöjen tietoja. Näiden erojen vertailu ja järkevän summa-alueen muodostaminen on eräs keskeisistä tehtävistä, kun uutta aluetietokohdetasoa muodostetaan. Seuraavassa on esimerkin avulla vertailtu yleis- ja asemakaavan sekä kiinteistötietojen eroja.

Yleiskaava-alueen tiedot saadaan Vantaan kaupungin yleiskaavasuunnitelmasta, joka on MapInfo-muodossa. Sieltä löytyy tietoa myös asemakaava- ja yleiskaavavarannoista sekä arvio alueen rakentumisesta.

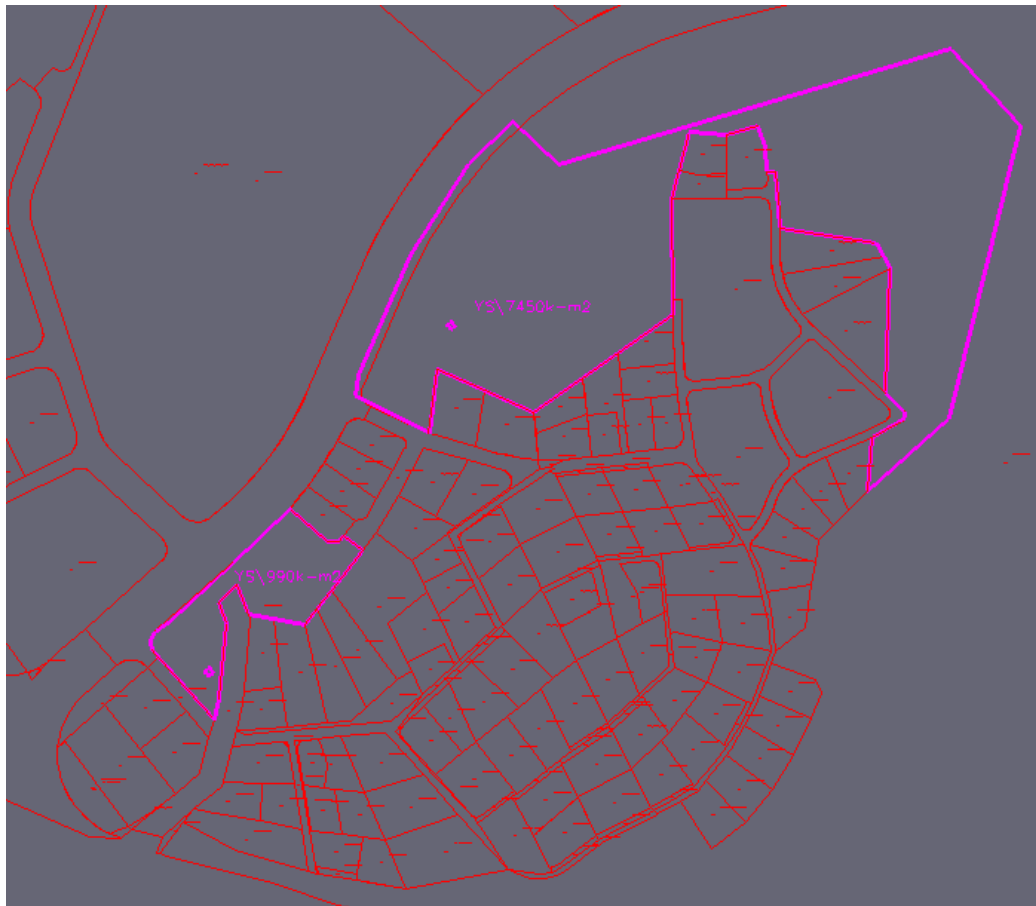


Kuva 3.4 Yleiskaava-alueen tiedot kaupungin MapInfo-järjestelmässä.

Yleiskaavan tietoja voidaan verrata esimerkiksi SeutuCD:n tai kuntarekisterin kiinteistökohtaiseen aineistoon. Taulukon 3 mukaan alueen rakennusoikeutta on jäljellä 3254 k-m². Tämä on kuitenkin pienempi kuin yleiskaava-aineistossa oleva (Kuvassa 3.4 asemakaavavarantoa kuvaa termi AKvaranto_AP = 4 467 k-m²). Tässä pitää kuitenkin huomioida että taulukon 3 materiaalista puuttuu osa tarkastelualueen kiinteistöistä. Lisäksi ajankohta, jolloin yleiskaava-aineisto on päivitetty, vaikuttaa.

Periaatteena voisi kuitenkin olla, että kiinteistötiedoista (asema-kaavatiedoista) laskettu rakennusoikeusvaranto on oikea ja yleiskaavamateriaalissa oleva on vain suuntaa antava. Yleiskaavamateriaalista käytetään näin ollen vain yleiskaavavarantotieto, tässä YKvaranto_AP = 8650 k-m².

Yleiskaavavarannoksi on määritetty 8650 k-m². Tämä pitää melko hyvin paikkaansa verrattaessa asemakaavoitetun ja yleiskaavoitetun alueen pinta-alaa. Alla olevassa kuvassa rakennusoikeus on laskettu jo rakennetun alueen keskimääräisellä tehokkuudella 0.15. Tällä on saatu rakennusoikeudeksi yleiskaava-alueella 8440 k-m². Kuvassa olevat rakentamattomat yleiskaava-alueet on korostettu.



Kuva 3.5 Rakentamattomien yleiskaava-alueiden sijainti sekä arvioitu rakennusoikeus.

Yhteenvedona voidaan todeta, että eri lähteistä haetussa materiaaleissa on eroja. Tärkeintä on kuitenkin tunnistaa, mistä erot johtuvat ja valita varsinaisessa ennusteessa käytettäville aluetietokohteille halutut tiedot. Tämä tulee tehdä tapauskohtaisesti jokaisessa ympäristössä erikseen. Sinällään informaatiolähteiden tietojen mahdolliset eroavuudet eivät kuitenkaan vaikuta itse mallin määrittelyyn.

3.4 Alueiden käsittelystä ja hallinnoinnista

Kiinteä aluejako ei välttämättä sovellu kaikenlaisien ennusteiden ja suunnittelun tekemiseen. Varsinkin lyhyemmän ajan ennusteita tehtäessä täytyy olla mahdollisuus muokata tarkasteltavia alueita halutun kaltaiseksi. Tarvitaan siis graafisia työkaluja, joilla voidaan tehdä mm. ”jaa”- ja ”yhdistä”-toiminnallisuuksia. Nämä toiminnallisuudet täytyy pystyä kohdistamaan aluetietokohteille. Toiminnallisuuden tulee maantieteellisen rajauksen lisäksi tukea vahvasti alueiden taustatietojen jakamista ja yhdistämistä. Oletuksena voitaisiin käyttää esimerkiksi pinta-alojen painoja, jonka jälkeen käsin tietojen muuttaminen on helpompaa. Koska kiinteiden aluetietokohteiden tiedot voivat muuttua esim. automaattisten päivitysten yhteydessä, voisi käsin editoitujen kohteiden ajan tasalla pysymistä helpottaa indikaatio taustatietojen muuttumisesta.

Tulevaisuuden ennusteita tehtäessä on tärkeää, että useiden eri skenaarioiden tekeminen on helppoa ja joustavaa. Jotta tilanne pysyisi hallittavana, on katsottu, että tarvitaan yksi perustilannetta kuvaava ”master-aineisto” eli tilanne, jonka pohjalta eri skenaarioiden luonti aloitetaan. Master-aineistoon voisi päivittyä mm. kiinteistö tiedot ja mahdolliset yleiskaavatiedot automaattisesti. Aineiston tulisi myös sisältää jonkinlaisen perustilannetta kuvaavan ennusteen. Luotavat skenaariot ovat master-aineiston pohjalta tehtyjä versioita erityyppisistä tulevaisuuden kehityspoluista. Skenaarioilla voidaan kuvata mm. erityyppistä rakentamista, poikkeavan aikataulun rakentamista, sähkökäytön muutoksia (mm. lämmitystavat, sähköautot ja hajautettu tuotanto) ja mitä tahansa muutosta, mikä vaikuttaa tulevaisuuden sähkökäyttöön.

3.5 Päämuuntajan syöttämät alueet

Päämuuntajan syöttämiä monikulmioalueita tulisi voida käyttää arvioimaan päämuuntajan kuormitusta suunnitteluajankohdalla.

Päämuuntajan syöttämä alue tulisi voida luoda automaattisesti massalaskennan yhteydessä. Esim. säteisverkon maasulkulaskenta voisi muodostaa alueen, jossa on päämuuntajan syöttämät kiinteistöt.

Maasulkulaskenta voisi ladata PJ-liittymät ja kiinteistöt muistiin. PJ-liittymästä on ID-linkki jakelumuuntajaan, joka on laskettavan päämuuntajan syöttämässä verkossa. PJ-liittymästä tulisi olla ID-linkki kiinteistöön. Päämuuntajan syöttämän alueen rajat noudattaisivat uloimpien kiinteistöjen rajoja.

Rajoja tulisi voida editoida pitämään sisällään myös tulevaisuudessa kaavoitettavat kiinteistöt.

Lisäksi tulisi pohtia, onko tarvetta vastaavalle toiminnallisuudelle jakelumuuntajatasolla.

4 Kulutus- ja kuormitusanalyysi

Kuormitusanalyysin perustoimintona tulee olla nykyisen sähkönkulutuksen ja verkon kuormituksen määrittäminen hyödyntäen verkosta saatavaa mittaustietoa. Mittauksia on käytettävissä lähivuosina kattavasti sähköasemilta ja jokaisesta käyttöpaikasta. Jakelumuuntamoilta kerätyn mittaustiedon määrä tulee myös kasvamaan. Kun tähän vielä lisätään verkkotietojärjestelmällä lasketut tiedot, voidaan näin kattavan tiedon avulla verkon kuormitustilanne määrittää hyvinkin tarkasti. Lisäksi on mahdollista valvoa verkon kytkentätilaa ja mittausten oikeellisuutta, koska mitattuja ja laskettuja tietoja voidaan vertailla. Myös verkon häviöiden määrittäminen tarkentuu.

Perustoimintoihin kuuluu myös kulutusmuutosten havaitseminen ja kohdentaminen eri alueille ja käyttäjäryhmille. Kulutuksen kehitystä on tarve seurata korjaamattomina energialukemina sekä lämpötila- ja kalenterikorjattuina energialukemina. Lisäksi ns. ominaiskulutuksia tulee seurata, jotta energiatehokkuuden kehittymisestä saadaan myös todennettua tietoa.

Koska analysoidaan vain olemassa olevaa kulutusta, perusanalyysit alueittain ja käyttäjäryhmittäin on suhteellisen helppo automatisoida ja näin toteuttaa ”jatkuva” (esimerkiksi kuukausittainen) seuranta. Seuranta-alueet ja –ryhmät säilyvät myös stabiileina – näinhän tuleekin olla, jotta pidemmän ajan trendejä voidaan seurata.

4.1 Nykyinen mitattu kulutus

Kuten edellä todettiin, peruskuormitusanalyysissä on tarkoituksenmukaista käyttää vakioituja tarkastelualueita ja –ryhmiä. Näiden määrittämiseen käytettävää työkalua voidaan käyttää luonnollisesti myös tapauskohtaisten analyysien muodostamiseen.

Tarkastelua varten:

- valitaan tarkastelualue tai haluttu (yleensä ennalta määritelty) aluejako
- haetaan alueen käyttöpaikkojen tai liittymien (jos ne on valmiiksi summattu) tiedot ja tarvittavat taustatiedot
- valitaan tarkastelutaso: käyttäjäryhmittäin, liittymittäin, liittymätyypeittäin, tms.

Valinnan jälkeen voidaan raporttipohjat tallentaa vakioraportteiksi ja määrittää niiden mahdollinen automaattinen toistaminen kulutuksen seurantaan varten.

Koska käyttöpaikoittainen kuormituskäyrätieto löytyy valmiiksi kannasta, ei lisäprosessointia siis välttämättä tarvita. Usein on kuitenkin tarve normeerata arvot. Tämä on joka tapauksessa tehtävä muutosten arviointia varten, jotta esimerkiksi lämpötilan ja kalenterin vaikutus voidaan eliminoida/huomioida.

Oma osatehtävänsä on ominaiskulutusten (per capita, per kerrosala, per kuutio,...) määrittely. Tässä tarvitaan myös taustatietoa kulutuskohteista. Analyysissä on huomioitava, että taustatieto ja mittautustieto ovat samalta ajanhetkeltä. Joskus ominaiskulutusanalyysiä voi olla tarve tehdä jälkikäteen, mikäli taustatiedot päivittyvät viipeellä.

4.2 Nykyinen verkon kuormitus (mittauksista laskettu)

Mitattu kulutus kohdentuu automaattisesti verkolle olettaen, että topologia vastaa todellisuutta (mikä tietenkin on oletettua).

Mitattu kulutus tulee voida kohdentaa sellaisenaan ("raakadatana") ja lisäksi normeerattuna ja mitoitusarvoihin (lämpötila) korjattuna. Näin voidaan arvioida verkon kestoisuutta mitoitusilanteessa.

4.3 Kulutusmuutokset

Kulutuksen muutoksia on tyypillisesti tarve seurata kuukausittain. Jo kuukauden aikana voi tapahtua merkittäviä muutoksia esim. suhdannesyistä. Riittävän tiheän ja analyttisen seurannan avulla voidaan paremmin selittää muutoksia (millä alueilla, missä käyttäjäryhmissä, dominoiko jokin suuri teollisuuslaitos, jne.).

5 Kuormitusmallien muodostaminen

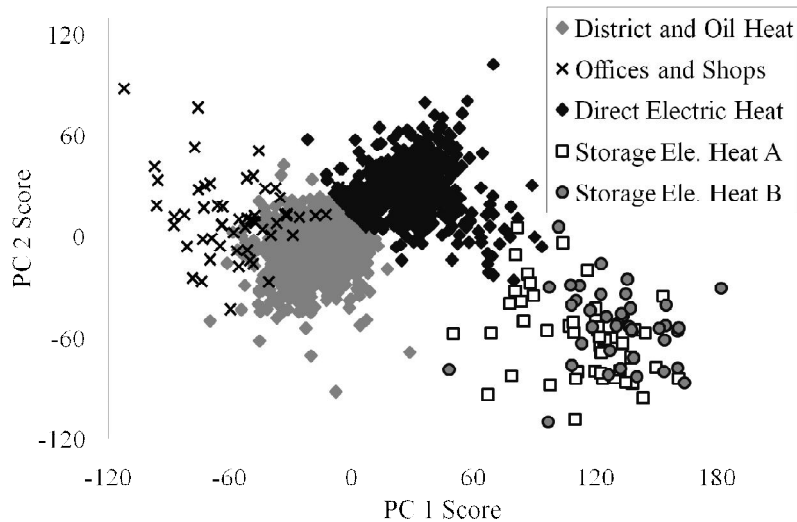
Tulevaisuuden kulutuksia ja kuormituksia ei voida perustaa suoraan mitattuun tietoon, vaan mittaustiedot on ensinnä normeerattava (kalenteri, lämpötila) ja toisaalta yksittäisten käyttöpaikkojen laajaa hajontaa sisältävistä käyristä on muodostettava keskivertomalleja, joita voidaan soveltaa laajaan asiakasjoukkoon. Tällainen lähestymistapa sopii, kun tarkasteltava alue on riittävän laaja ja asiakkaiden määrä suuri. Lähempänä liittymispistettä on tarve huomioida hajonnat, jotka nekin on siis hallittava.

5.1 Klusterointi (pääkomponenttianalyysi & K-means)

Tuntimitatun sähkönkulutusdatan avulla asiakkaat voidaan klusteroida (ryhmitellä) käyttäen matemaattisia menetelmiä. Esim. vuoden mittaisessa aikasarjassa on $24 \cdot 365 = 8760$ mittausta (eli dimensio on 8760). Näillä kaikilla arvoilla on merkitystä asiakkaan profiilin kannalta, mutta dimensio kannattaa käytännössä pienentää klusterointia varten.

Pääkomponenttianalyysi (Principal Component Analysis) on laskennallisesti tehokas tapa pienentää dimensiota. Esimerkkidatana käytettiin Lauttasaaren ja Pakilan 1824 liittymän tunneittaista dataa ajalta 1.1.2010-31.1.2011. Tälle datalle löydettiin neljä klusteroinnin kannalta relevanttia pääkomponenttia, eli dimensio pieneni n. 9000:sta neljään. Pääkomponentit painottivat lämmitystarvetta, sekä viikko- ja päivärakennetta eri tavalla. Tämä mahdollistaa klusteroinnin pääkomponenttien avulla.

Pääkomponenttianalyysin tulosten avulla asiakkaat voidaan ryhmitellä esim. käyttämällä K-means klusterointia. Kuvasta 5.1 nähdään, että klustereiden muodostuminen ensimmäisten kahden pääkomponentin perusteella näkyy ilman matemaattista analyysiäkin. Tämä graafinen esitystapa on pääkomponenttianalyysin vahvuus klusteroinnin pohjana. K-means (tai joku toinen klusterointimenetelmä) tarvitaan, koska käytössä on neljä pääkomponenttia (4-dimensioinen tilanne).



Kuva 5.1. Pakilan ja Lauttasaaren esimerkkidatasta (1824 liittymää) tehdyn pääkomponenttianalyysin 1. ja 2. komponentti (väritys K-means klusteroinnin mukaan). Tulkinta (ryhmien nimet) tehty pääkomponenttien kertoimien ja ryhmäprofiilien avulla.

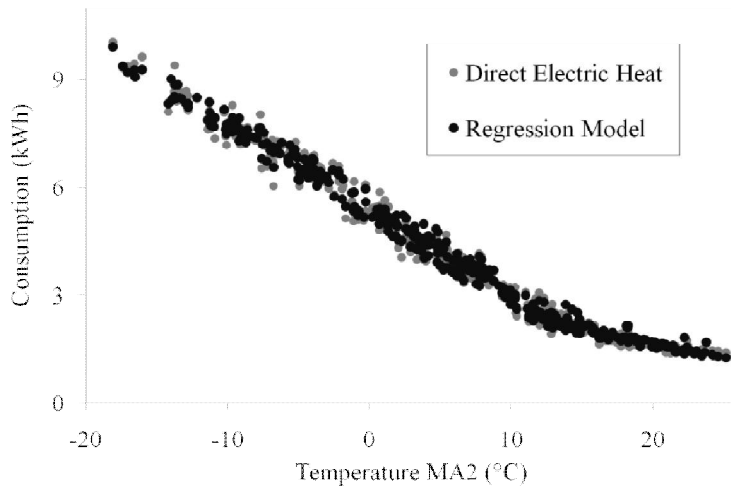
5.2 Kuormitusmalli klustereittain (regressioanalyysi)

Lineaarinen regressiomalli on yksinkertainen tapa ennustaa sähkönkulutusta. Analyysi tarvitsee lähtökohdaksi aikasarjan. Esimerkkeinä käsiteltiin edellisen kappaleen mukaisista ryhmistä suora sähkölämmitys ja öljy-/kaukolämmitys. Analyysi voidaan tehdä tunneittaiselle datalle, mutta tässä esitetään tulokset päiväkeskiarvoille (aikasarjan pituus siis 365).

Lämpötila on tärkeä selittävä tekijä sähkönkulutusta selitettäessä (tässä käytettiin lämpötilan kahden päivän liukuvaa keskiarvoa). Esim. kaukolämpöasiakkailta kuitenkin myös valoisuus vaikuttaa kulutukseen. Tässä on käytetty päivänpituutta selittämään valoisuuden muutosta vuoden aikana. Lisäksi mallin tulee huomioida viikkorakenne (tunneittaisen mallin myös päivärakenne), sekä erikoispäivät kuten jouluaatto ja juhannus.

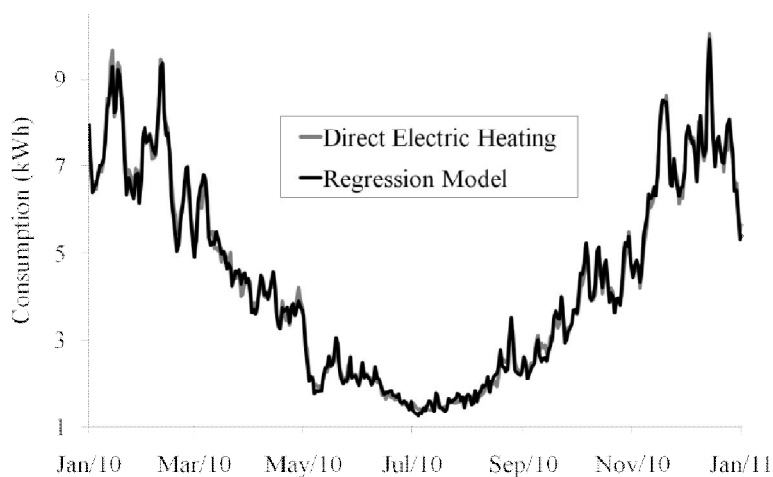
Kuvassa 5.2 on esitetty suoran sähkölämmittäjän riippuvuus lämpötilasta. Riippuvuus näyttää hyvin lineaariselta noin 12°C asti, mutta sitä lämpimämpinä päivinä lämpötilalla näyttää olevan pienempi vaikutus sähkönkulutukseen. Myös päivänpituuden vaikutus

sähkönkulutukseen on mallinnettu lineaarisena, mutta 14 tunnin päivänpituuden jälkeen kulmakerroin muuttuu.



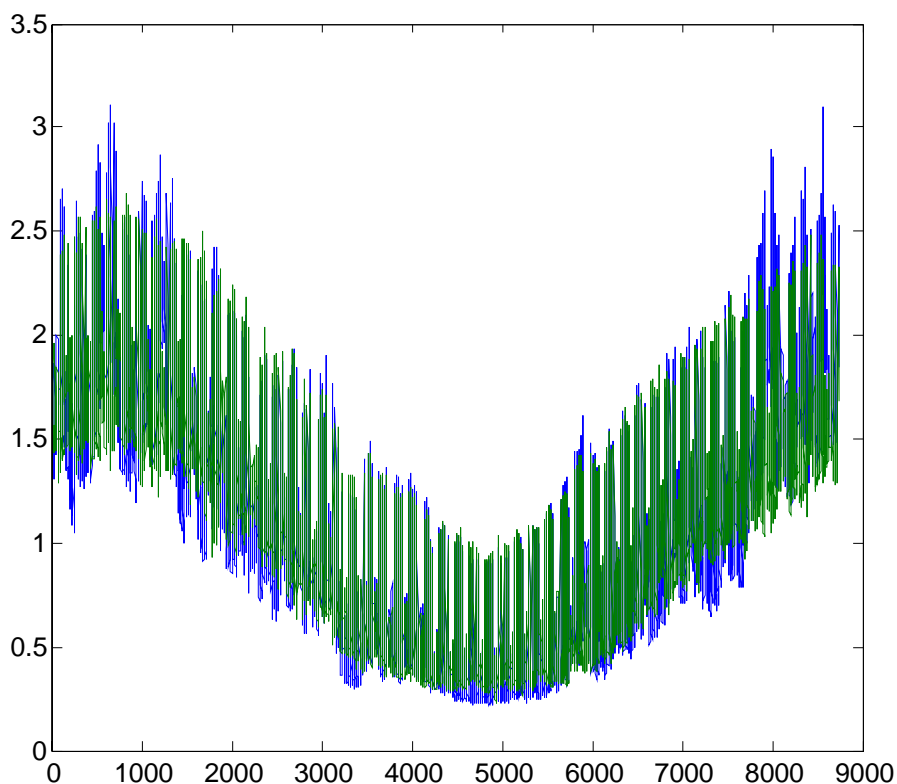
Kuva 5.2. Keskimääräisen suoran sähkölämmittäjän (liittymä) sähkönkulutuksen riippuvuus ulkolämpötilasta. Kulmakerroin näyttää muuttuvan n. 12°C kohdalla.

Kuvassa 5.3 on esitetty keskimääräisen suoran sähkölämmittäjän alkuperäinen aikasarja sekä mallien sovite. Sähkölämmittäjän tapauksessa lämpötila on tärkein selittävä tekijä. Öjy-/kaukolämmittäjän mallissa sekä lämpötila että päivänpituus ovat tärkeitä selittäjiä.



Kuva 5.3. Keskimääräisen suoran sähkölämmittäjän mitattu päivittäinen sähkönkulutus (päiväkeskiarvo) ja mallin antama sovite (mallissa 14 muuttujaa, $R^2=0.99$)

5.3 Regressiomallin suhde SLY-malleihin

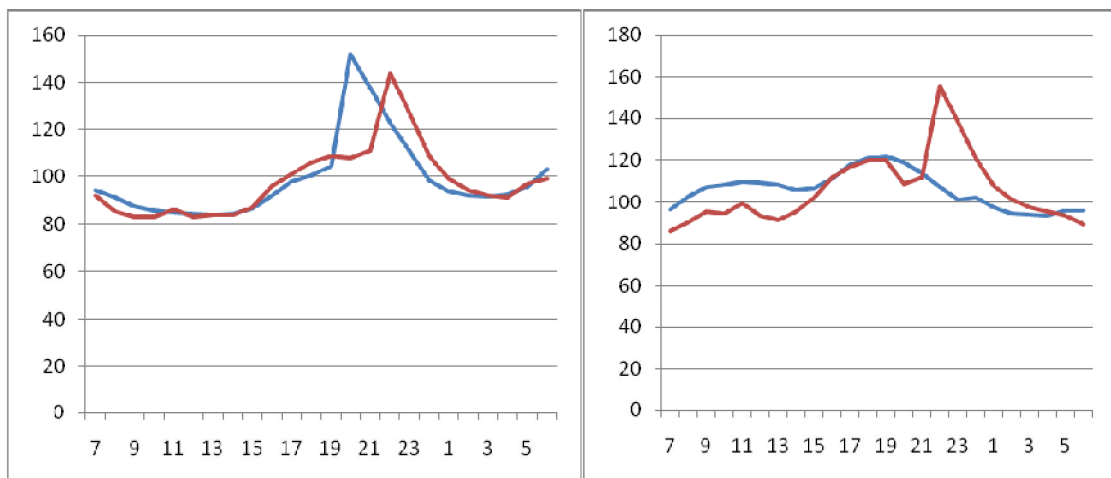
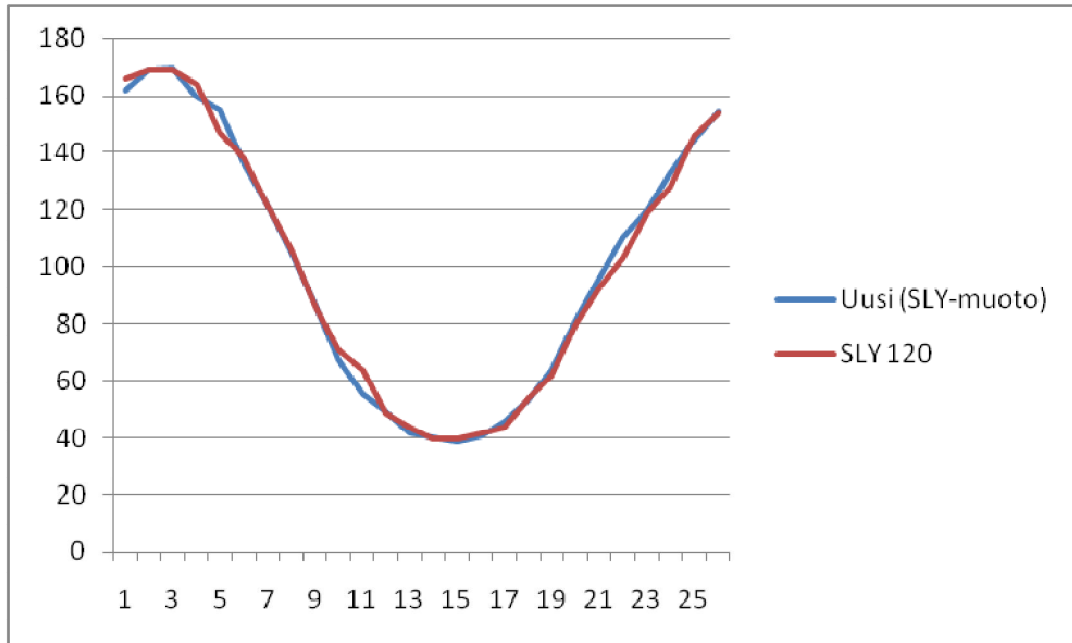


Kuva 5.1. Sinisellä mitattu keskimääräisen suoran sähkölämmittäjän vuosikulutus tunneittaisina arvoina (skaalattuna niin että tuntikeskiarvo on 1). Vihreällä sama sarja regressiomallista saatujen lämpötilakertoimien avulla normalisoituna normaalilämpötilaan (Helenin määrittelemä). Käytetty kahta lämpötilakerrointa, lämpötilalle alle 12 °C ja lämpötilalle yli 12 °C. Aika-akseli kulkee vuoden läpi alkaen 1. tammikuuta klo. 00:00.

Kuvassa 5.4 on esitetty edellisten kappaleiden mukaisesti klusteroidun keskimääräisen suoran sähkölämmittäjän alkuperäinen mittaussarja skaalattuna tuntikeskiarvoon 1, sekä sama sarja normalisoituna normaalilämpötilaan (26 arvoa jotka vastaavat SLY-sarjan 26 2-viikkoajaksoa; Helenin määrittelemät). Normalisoinnissa on käytetty kahta kerrointa, toinen lämpötilalle alle 12 °C ja toinen lämpötilalle yli 12 °C. Kaikille päivän tunneille ja kaikille viikonpäiville ja päivätyypeille käytetään samoja lämpötilakertoimia (tehty vastaamaan SLY-mallia; ei regressiomallin rajoite).

Edellä esitetyn mukainen aikasarja voidaan jakaa SLY-mallin mukaisesti 26 2-viikkojaksoon ja näiden sisällä arki-, aatto- ja pyhäpäiviin sekä niiden 24-

tuntirakenteeseen. Kuvassa 5.5 on esitetty 2-viikkojaksojen indeksit (ulkoiset indeksit) sekä osa sisäisistä indekseistä ja verrattu niitä SLY-ryhmään nro. 120 (Okt, sl suora, käyttövesivaraaja 300 l; saatu Heleniltä).



Kuva 5.2. Yllä on esitetty edellisten kappaleiden mukaisesti klusteroidun ja analysoidun suoran sähkölämmittäjän malli SLY-muodossa. Vertailuksi lisätty SLY-malli nro. 120. Ensimmäisessä kuvassa on esitetty kaikki 26 kpl ulkoiset indeksit. Alemmissa kuvissa on esitetty ulkoiseen indeksiin 2 liittyviä sisäisiä indeksejä (vasemmalla arki- ja oikealla lauantapäivä). Ulkoiset indeksit ovat lähes identtiset, mutta sisäisten indeksien eroista voi nähdä lämmityksen kytkeytymiseen liittyvät erot (sopimuksesta riippuen yö sähkö alkaa eri kellonaikaan ja eri viikonpäivinä).

Uuden mallin lämpötilakertoimet ovat $-4,64/100$ (alle 12 astetta) ja $-1,48/100$ (yli 12 °C). SLY-mallin nro. 120 lämpötilakerroin on $-3,83/100$ (saatu Heleniltä).

Regressiomalliin tai SLY-malliin liittyvät hajonnat tulee tutkia vertaamalla mallin sopivuutta ryhmään (klusteriin) liittyviin yksittäisiin asiakkaisiin tai liittymiin. Jos virhe on normaalijakautunut, voidaan määrittää helposti luottamustasot. Tässä raportissa ei ole tutkittu mallien hajontoja.

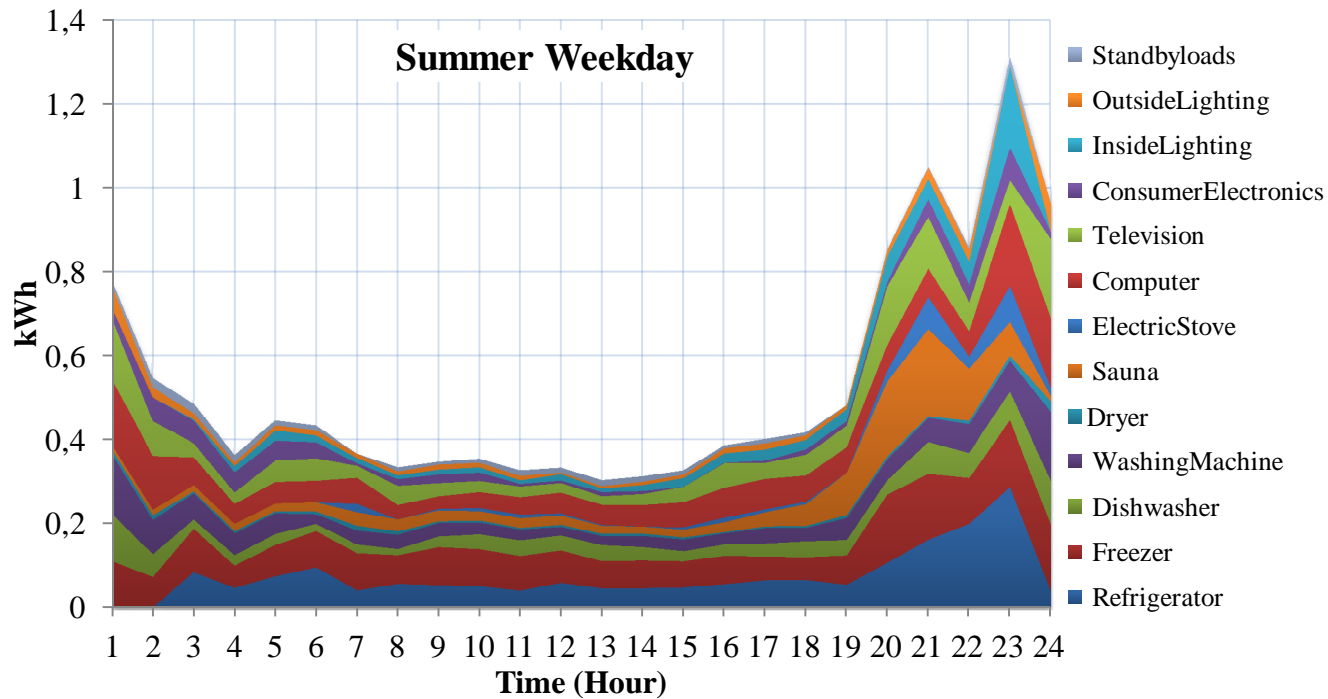
5.4 Kuormitusmallien segmentointi

Mitattu AMR-käyrä kertoo kohteen sähköenergian kokonaiskulutuksen. Se, miten kulutus jakaantuu mittauspisteen takana eri laiteryhmiin, voidaan arvioida tyyppikäyrän tai kuormitusmallin segmentoinnilla (kuva 5.6). Segmentointi antaa työkaluja tulevaisuuden kuormitusmuutosten mallintamiseen, esim. muodostamalla tulevaisuuden kuormitusmalli modifioimalla nyt analyysin tuloksena saatua valaistuksen osuutta tulevaisuuden valaistuskehityksen mukaisesti.

Kuva 5.6 esittää esimerkkituloksen segmentoinnista. Ehdollinen kysynnän analysointi tehtiin 1630 kotitaloudelle Kajaanin alueelta. Data kerättiin asiakkaille lähetetyllä kyselyllä. Sen lisäksi käytössä olivat vuoden mittaiset tunneittaiset kulutusmittaukset (kWh) kultakin asiakkaalta.

Kyselyn perusteella voitiin muodostaa 93 muuttujaa, joita käytettiin selittävinä tekijöinä regressiomallissa. Osa muuttujista muodostettiin yhdistämällä alkuperäisiä muuttujia loogiseksi kokonaisuuksiksi. Lisäksi päivittäiset keskiarvolämpötilat on yhdistetty analyysiin ”heating degree days” ja ”cooling degree days” määrittelyiden avulla. Ne vaikuttavat lämmitys- ja jäähdytysmuuttujiin.

Selitettävä muuttuja on mitattu tunneittainen AMR kulutus ajalta 1.7.2008 00:00-30.6.2009 23:00. Regressiomalli on tehty kullekin tunnille erikseen, ja tärkeimmät selittäjät on valittu tilastollisen merkitsevyyden mukaan (”stepwise multiple regression”).



Kuva 5.6. Kesän arkipäivänä (keskimääräinen päivä ajalta 1.6. – 15.9.) käytetyn energian jakautuminen eri laitteille ilman lämmitystä, jäähdytystä tai vakio-osaa (b_0). Tulokset on saatu monen muuttujan regressioanalyysistä.

5.5 Kuormitusmallien tallentaminen ja hallinnointi

Kuhunkin ryhmään (klusteriin) liittyvä informaatio voidaan tallentaa eri tavoin. Nykyiset SLY-mallit tallennetaan indekseinä, jotka kuvaavat käytännössä keskiarvoja määritellyssä normaalilämpötilassa. Lisäksi tallennetaan vähintään yksi lämpötilakerroin, sekä luottamusvälejä varten hajonnat tunneittain (jolloin ne kuvaavat yksittäisen ryhmään kuuluvan aikasarjan eroa suhteessa ryhmän keskiarvoaikasarjaan). Jos SLY-ryhmästä tallennetaan 26 2-viikkojaksolle kolmelle päivätyypille (arki, aatto ja pyhä) 24 arvoa, saadaan $26 \cdot 3 \cdot 24 = 1872$ arvoa. Hajontaa varten tarvitaan $24 \cdot 365 = 8760$ arvoa.

Kappaleissa 5.2 ja 5.3 esitetty regressiomalli määräytyy täysin kertoimiensa mukaan. Päivittäistä mallia varten tarvitaan tyydyttävän tarkkuuden saavuttamiseksi n. 15-20 kerrointa. Tunneittainen malli tarvitsee huomattavasti enemmän kertoimia, maksimissaan 24 kertaa päivittäisen mallin verran. Näistä voidaan arvioida tarvittavien

kertoimien määräksi n. $20 \cdot 24 = 480$. Tämä riippuu klusterin tyypistä ja halutusta tarkkuudesta. Kertoimet sisältävät lämpötilakertoimet. Hajonnan määrittelyä ei ole käsitelty tässä raportissa. Jos se tehdään vanhaan tapaan, tarvitaan 8760 arvoa.

SLY-sarjoja ja regressionalleja voidaan käyttää rinnakkain, koska niistä voidaan kummastakin piirtää tunneittainen sarja halutulle vuodelle määritellyllä lämpötilalla. Ainakin aluksi voidaan suositella myös toteutuneiden tunneittaisten aikasarjojen tallentamista ainakin tärkeimmille ryhmille.

Kuormitusmallit ovat tyyppikäyriä. Kuormitusmalleja voidaan tehdä koko verkkoyhtiön datasta tai alueittain, kunhan datapohja on riittävän laaja. Lisäksi alalla voi olla yhteisiä, kansallisia käyriä. Kuormitusmallit tuleekin tallentaa tyyppikäyräkirjastoon, josta skenaarioiden tekijä voi valita kulloiseenkin tarkoitukseen sopivan tyyppikäyrän. Myös kuormituskäyrien segmentointi voidaan tehdä tyyppikäyräkirjastosta kulloinkin sopiva tyyppikäyrä lähtötiedoksi ottaen.

5.6 Ajatuksia kuormituskäyräeditorista

Kuormituskäyräeditorilla voidaan tehdä uusia SLY-käyriä editoimalla graafisesti joko sisäisiä tai ulkoisia indeksejä. Graafinen editointi on haastavaa, jos ei tiedetä, mitä indeksiä tulee muuttaa, jotta editoidulle käyrälle saataisiin haluttu arvo. Tästä syystä kuormituskäyräeditorilla ei editoida varsinaista kuormituskäyrää (sisäisten ja ulkoisten indeksien tulo), vaan sisäistä tai ulkoista indeksiä erikseen.

Kuormituskäyräeditorissa olisi hyvä nähdä sisäisen ja ulkoisen indeksin lisäksi myös näiden tulo, ts. kuormituskäyrä, halutulta aikaväliltä.

Kuormituskäyräeditorilla olisi hyvä saada SLY-käyrät tuntimittaustiedoista.

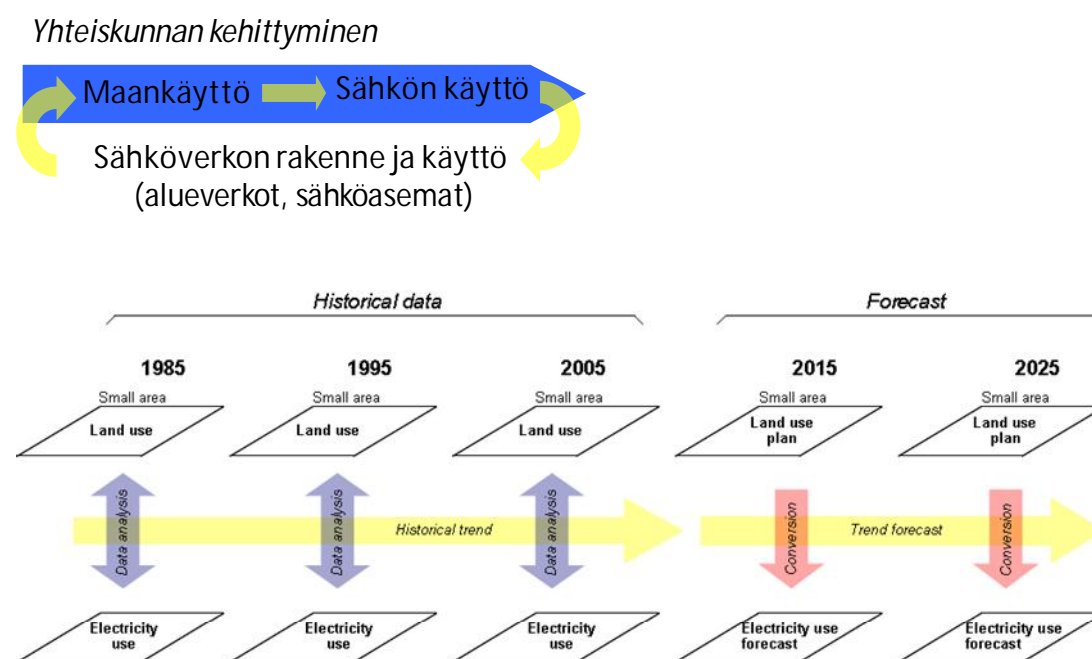
Lisäksi 15-20 kertoimesta muodostuvan regressiomallin graafisessa muokkaamisessa on se ongelma, että muutettavan tuntikeskitehon lisäksi muuttuu moni muukin tuntikeskiteho - osa haluamatta. Se, minkä tuntien tehot muuttuvat ja miten paljon, ei ole regressiomallia käytettäessä yhtä selkeästi valittavissa kuin SLY-mallin tapauksessa.

Vuotta kuvaavista 8760 tuntikeskitehosta voi halutessaan editoida haluamansa kuormituskäyrän, mutta se on työlästä ja lopputuloksen tallentaminen vie paljon muistia.

6 Alueittaiset skenaariot

6.1 Alueittaiset kulutusennusteet ja osaskenaariot

Pitkän aikajänteen sähkön käytön kulutusennusteilla mallinnetaan yhteiskunnan ja edelleen tulevaisuuden sähkön käytön kehittymistä. Yhteiskunnallinen kehitys sisältää tärkeänä tulevaisuuden suunnitelmat alueiden rakentumisesta ja käyttötarkoitusten muuttumisesta (Kuva 6.1). Maankäytön lisäksi skenaarioihin mallinnetaan erilaiset sähkön käytön muutokset.



Kuva 6.1. Alueittaisissa kulutusennusteissa tulevaisuuden maankäytön mallinnus sähkön käytön kulutusennusteiksi. (Post graduate course in spatial load forecasting, Markku Hyvärinen, 20.3.2006, Helsinki University School of Technology)

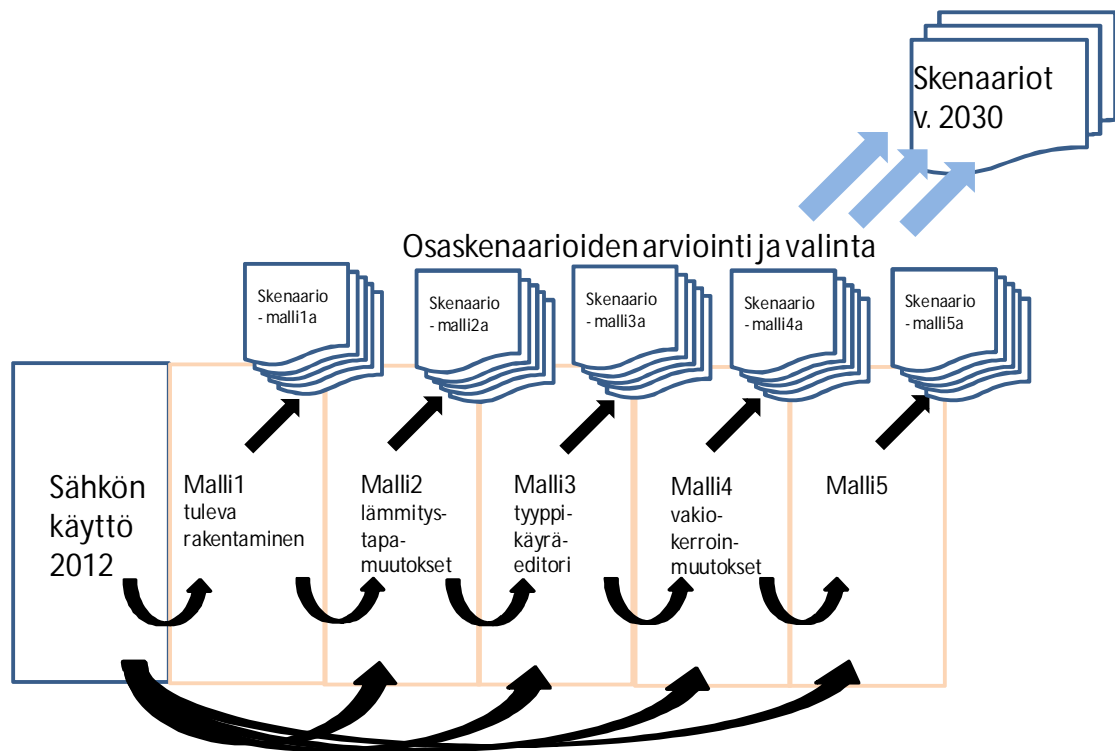
Alueelliset sähkön käytön kulutusskenaariot ovat lähtötieto alueverkon (sähköasemat ja siirtojohdot) kehitysohjelmalle. Alueverkon pitkän tähtäimen kehittämisen keskeisiä kysymyksiä ovat, milloin ja minne tarvitaan uusia sähköasemia ja sähköasemille alueverkon yhteyksiä. Alueverkon skenaariointi ja yleissuunnittelu etenevät edelleen alueiden keskijänniteverkon kehittämisen suunnitelmiksi. Alue- ja keskijänniteverkon pitkän tähtäimen kehittämisen skenaariointit ovat toistensa kanssa polveilevia tehtäviä.

Pitkän tähtäimen skenaarioita tarvitaan, koska erityisesti alueverkkojen ja sähköasemien rakentaminen vaatii pitkäjänteistä maankäytön edunvalvontaa ja koska suunnitelmien ja toteuttamisen aikajänteet ovat pitkiä.

Skenaarioita tehdään yleensä koko alueelle. Ennusteita voidaan tietysti rakentaa myös osakokonaisuus kerrallaan (pienempiä alueita, aluetietokohteita). Vaikka kuormitusennuste tehdään kerralla koko verkkoyhtiön alueelle, on skenaarioita pystyttävä työstämään ja arvioimaan pienemmissä kokonaisuuksissa. Työstämisen kokonaisuus ja aluerajaus on aluetietokohde, jonka muodostaminen ja määrittely esitettiin kappaleessa 3. Skenaarioon valittu aluetietokohde sisältää tiedon mm. nykyisestä rakennuskannasta ja maankäytön käyttötarkoituksista sekä tulevaisuuden rakentamisen potentiaaleista.

Kulutusennusteissa lähtökohta on valitun aluetietokohteen toteutunut kulutus. Tämän analysointi on esitetty kappaleessa 5. Analysointi tuottaa tietoa toteutuneista sähkön kulutuksen määristä, tyypeistä, lämpötilariippuvuuksista ja ominaiskulutuksista. Analysointi tuottaa normeeratut tyyppikäyrät.

Skenaariot rakentuvat osaskenaarioista. Osaskenaariot voivat olla erillisiä tai ne voivat seurata toinen toisiaan erilaisissa yhdistelmissä. Näiden hallinnointi on tärkeää, jotta läpinäkyvyys ja jäljitettävyyys ovat mahdollisia. Tärkeimpiä osaskenaarioita on mallintaa tuleva rakentaminen ja lämmitystapamuutokset sekä mahdollistaa osaskenaarioiden muodostaminen muokkaamalla tyyppikäyriä tai tekemällä vakiokerroinmuutoksia. Osaskenaarioita arvioidaan ja työstetään edelleen esitettäväksi kokonaisuuksiksi. Erilaisia vaihtoehtoisia skenaarioita on voitava tallentaa oletettuine lähtötietoineen ja saavutettuine tuloksineen työkansioihin. Skenaarioihin kuuluu oleellisena sekä lähtötietona ja että tuloksena toteutusvuosi.



Kuva 6.2. Osaskenaarioiden hallinnointi.

6.2 Aluetietokohteen rakennus- ja kulutustiedot sekä rakentamisen varannot

Aluetietokohteen toteutunut kulutus analysointineen muodostaa skenaarion lähtökohdan. Aluetietokohteelle voidaan lukea rakennusala- ja kulutustiedot pienalueilta tai käyttäjän itse luomilta aluetietokohteilta. Pienalueilta saadaan käytetty ja käyttämätön rakennusoikeus sekä olemassa olevat kulutustiedot lukuhetkellä olevalle rakennusalalle. Rakentamisen varantoa on myös karkeammissa kokonaisuuksissa esim. yleiskaavoissa kaupunginosittain tai kaupunginosa-alueittain. Lisäksi käyttäjä voi antaa omia arvioita tulevaisuuden rakentamisen varannoista. Analysointiosiossa voidaan olemassa olevan rakennuskannan ja siihen liittyvä sähkönkulutuksen perusteella laskea keskimääräinen kulutus rakennusalalle (kWh/k-m²). Näitä olemassa olevaan tilanteeseen liittyviä asioita on käsitelty tarkemmin kappaleessa 3.

Taulukossa 5 on esitetty aluetietokohteen kulutustietojen ja rakennusalojen yhteys sekä rakentamisen varantoja.

Taulukko 5. Aluetietokohteen kulutustietojen ja rakennusalojen yhteys.

Käyttötarkoitus	Käytetty rakennusala [k-m ²]	Todellinen vuosienergia [kWh]	Ominaiskulutus [kWh/k-m ²]	Käyttämätön rakennusala [k-m ²]	Laskennallinen vuosienergia käyttämättömälle rakennusosalalle [kWh]	Yleiskaava-varanto [k-m ²]	Laskennallinen vuosienergia yleiskaava-varannolle [kWh]
Asuminen							
A1	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0
A3	13 969	2 150 220	154	3 254	500 882	8 650	1 331 477
Maatalous							
Julkinen							
Palvelu							
Teollisuus							

6.3 Aikatason ennuste

Aikatason ennusteella tarkoitetaan tässä ennustetta tulevien vuosien rakentamisesta. Tarkemmin sanottuna siis ennustetaan, kuinka paljon erityyppistä rakentamista tulevina vuosina tullaan toteuttamaan ja miten tämän rakennuskannan sähkönkäyttö tulee kehittymään. Sähkönkäytön muutokset vaikuttavat myös jo olemassa olevan kulutuksen rakenteeseen. Vantaalla ennusteena on perinteisesti käytetty kaupungilta saatavaa kaupunginosakohtaista ennustetta. Tässä ennusteessa saadaan kaupunginosakohtaisesti tietoa vuositasolla seuraavan 10 vuoden rakentamisesta. Rakentaminen on jaettu tyypeittäin omakotitalo-, rivitalo- ja kerrostalorakentamiseen. Tämän jälkeen on jäljellä olevasta varannosta laskettu ennusteet seuraavalle 20 vuodelle viiden vuoden jaksotuksella. Varsinaiseen sähkönkäyttöön (esim. sähkö- tai kaukolämpö) tämä kaupungilta saatu ennuste ei ota millään tavalla kantaa vaan se lisätään malliin erikseen. Tämän lisäksi on laskettu lopullisen (yleiskaava)varannon mukainen tilanne. Toimitilarakentamisen osalta on käytetty saman vuosirakenteen omaavaa itse laadittua ennustetta. Tässä ehdotetaan nyt, että aluetietokohteen tulisi sisältää tämän tyyppinen rakenne ennustetietojen käsittelyä varten. Se, millä jaolla rakentaminen tyypitetään ja miten vuosirakenne määritellään, tulee olla vapaasti käyttäjän määriteltävissä. Ennusteosion käyttötarkoitusluokitus saattaa olla syytä kytkeä (ristiviitata) jollain tavalla

Koska tuleva rakentaminen täytyy jollain tavalla yhdistää kyseisellä alueella tapahtuvaan tulevaisuuden sähkönkäyttöön, on taulukossa 8 esitetty malli, jossa jokaista yleiskaavaluokkaa vastaa jokin tulevaisuuden sähkönkäyttöskenaario. Jokainen käyttötarkoituserä tietyille tulevaisuuden tilalle (vuodelle) määriteltynä sisältää kaikki ne sähkönkäyttöön liittyvät elementit ja muutokset, joita kyseisen (yleiskaava)luokan voidaan parhaan tietämyksen mukaan odottaa sisältävän. Luokat kasataan eri peruselementeistä, joita voivat olla mm sähkölämmitys, kaukolämmitys, maalämpö, sähköautot ja pientuotanto. Näiden kuormituskäyrien määrittelyyn voidaan käyttää kuormituskäyräeditoria, jonka kehittäminen on myös eräs osa tätä hanketta. Muodostettavia skenaarioita varten voidaan tietyt kuormitustyyppit (peruselementit) automaattisesti linkittää esimerkiksi käyttämällä prosentteihin perustuvia ennusteita lämmitystavan ja muun sähkökäytön muutoksista tulevaisuudessa. Näin saadaan ainakin alkutilanne muodostettua skenaarion pohjaksi. Tämän jälkeen ennustetta voidaan lähteä hienosäätämään lisätietojen perusteella. Prosenttiennustetta käsitellään kappaleessa 6.5.

Taulukko 8. Esimerkki: Skenaariossa esitetty yleiskaavaluokkiin liittyvät vastaavat kuormitustyyppit.

(Jokaiselle) käyttötarkoitustyyppille määritellään oma kuormitustyyppinsä tarpeen mukaan eri skenaarioita varten

Käyttötarkoitus	Kuormitustyyppi
A1 (2020)	100
A2 (2020)	101
A3 (2020)	102
C (2020)	103
Toimitilat (P/PY/T...) (2020)	104

Linkki kuormituskäyriin, joissa määritellään kuormituksen rakenne (sähkölämmitys, kaukolämmitys, sähköautot, pientuotanto...)

6.4 Skenaario tulevaisuuden rakentaminen

Tärkeimpiä skenaarioita on tulevaisuuden rakentamisen mallintaminen. Esimerkiksi rakentamisen tuottama sähkön käytön skenaario luodaan seuraavasti:

1. Valitaan aluetietokohde.
2. Määritetään aluetietokohteen kiinteistötiedoista toteutunut rakennuskanta kiinteistöittäin. Lisäksi kiinteistö- ja varantotiedoista määritetään rakentamisen potentiaali.

3. Määritetään aluetietokohteeseen kuuluvat liittymät ja näihin kuuluvat kiinteistöt. Edelleen liittymistä määritetään sähkökäyttöpaikat ja vastaavat AMR-sarjat. Määritetään ominaiskulutukset.
4. Analysointi tuottaa aluetietokohteen normeeratun summakäyrän ja eri käyttäjäryhmien tyyppikäyrät ominaiskulutuksineen ja lämpötilariippuvuuksineen.
5. Skenaariossa toteutuneeseen normeerattuun summakäyrään lisätään erikseen esim. asunnoille ja toimitiloille tulevaisuuden rakentaminen kertaa ominaiskulutus.

Tuleva rakentaminen –skenaariotyökalussa käyttäjän tulee pystyä muuttamaan tulevaisuuden rakentamisen ennustetta. Aluetietokohde sisältää tiedon asemakaava- ja yleiskaavavarannosta sekä mahdollisesti käyttäjän erikseen määrittämästä varannosta. Käyttäjän pitää pystyä muuttamaan esim. aluetietokohteen tehokkuuslukua tai antamaan omia rakentamisen ennusteita esim. taulukkomuodossa.

Taulukko 9. Skenaario Tuleva rakentaminen taulukkotieto

Tarkasteluvuosi 2030

Esimerkkialuetietokohde

	Asunnot	Toimitilat	Muut	Yht.
- vuosi 2012: rakennuskanta (k-m ²)	350 000	470 000		820 000
- poistuva rakennuskanta (k-m ²)	20 000	27 000		47 000
- asemakaavavaranto (k-m ²)	35 000	20 000		55 000
- yleiskaavavaranto (k-m ²)	100 000	250 000		350 000
- toteutunut summatuntikäyrä - energia (GWh)	17,5	47	5,6	70,1
- normeerattu summatuntikäyrä - energia (GWh)	17	46,9	5,6	69,5
- toteutunut tuntikäyrä, ominaiskulutus (kWh/k-m ²)	50	100		
- toteutunut normeerattu tuntikäyrä, ominaiskulutus (kWh/k-m ²)	48,57	99,79		

Skenaario 2030

Huomioitu poistuva rakennuskanta, asemakaavavarannosta 100%, yleiskaavavarannosta 50%,

laskettu vuoden 2012 normeeratulla ominaiskulutuksella. Kulutus "Muut" pysyy ennallaan.

	Asunnot	Toimitilat	Muut	Yht.
- vuosi 2030: rakennuskanta (k-m ²)	415 000	588 000		1 003 000
- laskennan normeerattu ominaiskulutus (kWh/k-m ²)	48,57	99,79		148,36
- normeerattu summatuntikäyrä 2030 - energia (GWh)	20,16	58,68	5,6	84,44

6.5 Skenaario lämmitystapamuutokset ja tulevaisuuden lämmitystavat

Skenaario lämmitystapamuutoksista ja tulevaisuuden uudisrakentamisen lämmitystavoista on tärkeä yksittäinen skenaario lämmityksen edustaessa merkittävää osaa energian käytöstä. Skenaario lämmitystapamuutoksista vaatii tiedon nykyisistä lämmitystavoista. Tarkasteltaessa aluetietokohdetta saadaan nykyhetken analysoinnin tuloksena nykyiset lämmitystapojen luku- ja energiamäärät sekä prosenttiosuudet. Lämmitystapamuutoksen ennusteessa näitä nykyisiä suhteita muutetaan antamalla uudet lukumäärät tai prosenttiosuudet taulukossa tai liukukytkimillä (Taulukko 10). Tämä muutostieto voidaan mallintaa ja prosessoida vaihtamalla alueelta uusien prosenttiosuuksien mukaisesti satunnaisesti valitut nykyiset tietyn tyyppiset lämmitystavan kohteet uudentyyppisiksi lämmityskohteiksi. Muutoskohteista poistetaan nykyinen tuntikäyrä ja se korvataan analysoinnin tuottamilla uusilla kohteeseen sopivilla skaalatuilla tyyppikäyrillä.

Taulukko 10. Nykyiset ja tulevaisuuden lämmitystapojen prosenttiosuudet sähkökäyttöpaikkojen lukumääristä.

	2012	2030
kauko- ja öljylämmitys	60 %	40 %
sähkölämmitys, varaava	15 %	12 %
sähkölämmitys, suora	15 %	14 %
maalämpö	5 %	30 %
muu	5 %	4 %

Uudisrakentamisen lämmitystaparatkaisujen mallinnuksessa lähtötietoina ovat rakentamisennusteen mukaiset aluetietokohteen vuosittaiset tulevat kerrosneliömetrit tietyille talo- ja asiakastyypeille. Analysoinnin tuloksena on saatu määriteltyä nykyisin toteutuneet ominaiskulutukset ja tyyppikäyrät tietyille talo- ja asiakastyypeille. Mallinnuksessa kerrotaan, miten rakentaminen toteutuu tulevina vuosina (rakentamisen ennuste) ja miten monta kerrosneliometriä oletetaan lämmitettävän milläkin lämmitysratkaisulla kussakin asiakasryhmässä. Tästä päästään mallintamaan uudisrakentamisen skenaariot eri lämmitystavoilla.

6.6 Tulevaisuuden sähkönkäytön muutosten mallinnus tyypikäyräeditorilla

Tulevaisuuden sähkön käytön muutoksia voidaan mallintaa muokkaamalla analysoinnin tuottamia tyypikäyriä tai luomalla uusia tyypikäyriä. Skenaariointityökalusta tulee löytyä tyypikäyrille kirjasto ja käyrien hallintaan tyypikäyräeditori. Tyypikäyräkirjastoon talletetaan aluetietokohteen analysoinnin tyypikäyrät. Lisäksi tyypikäyräkirjastoon voidaan tallentaa koko verkkoyhtiön datasta analysoidut tyypikäyrät tai esimerkiksi alan yhteiset tyypikäyrät. Tulevaisuuden skenaariointia varten käyttäjän pitää pystyä modifioimaan tyypikäyriä. Jos halutaan mallintaa tyypikäyrän muutoksia esim. valaistuksen osalta, on tällöin skenaariointityökalussa oltava tyypikäyrät segmentoituina ja työkalu niiden muuttamiseen. Uusia sähkönkäytön tapoja voidaan mallintaa luomalla niille kokonaan uusia tyypikäyriä (esim. sähköautot).

6.7 Muita skenaariointityökalun vaatimuksia

Tärkeitä osaskenaarioita ovat tulevaisuuden rakentamisen mallinnus, lämmitystapojen mallinnus sekä tyypikäyräeditorin avulla tehtävä sähkön käytön mallinnus. Näiden lisäksi skenaariointityökalun tulee tarjota esim. mahdollisuutta vakiokertoimien käyttöön

- muuttaa vakiokertoimella suhdetta ominaiskulutus / asiakasryhmä. Nykyinen ominaiskulutus / asiakasryhmä on saatu analysoinnin tuloksena.
- antaa alueelle tai asiakasryhmälle vakiona pysyvän kuormituksen kasvuprosentin
- antaa alueelle pistemäinen iso kuorma

Kaikkiin tulevaisuuden muutoksiin tulee liittää lähtötietona toteutusvuosi, jolloin skenaarioita voidaan tarkastella tietyinä tulevaisuuden ajanhetkenä. Erilaisia vaihtoehtoisia skenaarioita on voitava tallentaa oletettuine lähtötietoineen ja saavutettuine tuloksineen työkansioihin.

7 Verkon kuormitusennuste

Verkon rakentamistarpeen määrittämiseksi on ennustettu kulutus kohdennettava olemassa olevaan verkkoon.

Pitkän jänteen suunnittelua varten oleellisinta on kohdentaa alueellisesti ennustetut kuormat ko. aluetta syöttävälle sähköasemalle. Tällöin ei välttämättä tarvita verkon rakenne- tai topologiatietoja, vaan alueellinen käsittely on riittävää. Toiminnallisuus, jossa tarkastellaan sähköasemien nykyisten jakelualueiden kuormituksen kehittymistä kuormitusennusteskenaarioiden pohjalta, tulisikin olla vakiotoiminto.

Puhuttaessa lyhyemmän tähtäyksen ennusteista ja/tai pienemmistä alueista, on tarve tarkemmin kohdistaa uusi tai muuttunut kulutus verkolle. Nykyisten liittymien kulutus kohdentuu luonnollisesti automaattisesti niitä syöttäville verkonosille. Uusi ennustettu kulutus on kohdennettava nykyiseen verkkoon, so. pj-runkojohtoon, muuntamoon, kj-johtoon, sähköasemaan riippuen kohdennettavan alueen ja kuorman suuruudesta.

Kohdennuksen jälkeen lasketaan komponenttien kuormitus(aste). Laskennan perusteella nähdään mahdolliset pullonkaulat tai verkon ylikuormittumiset, jännitteenalenemat tms.

Mikäli uuden alueen tiedot ovat niin tarkat, että alueelle voidaan suunnitella sähköverkko, voidaan myös kulutusennuste laatia liittymispisteittäin. Mikäli suunnitteluovellukseen sisältyy automaattinen verkon suunnittelualgoritmi, voidaan verkko muodostaa sitä käyttäen, kun liittymispisteet on ensin määritelty algoritmin pohjatiedoksi.

8 Yhteenveto

Tässä raportissa on kuvattu toiminnallisesti kuormitusanalyysin ja –ennustamisen eri osatehtäviä. Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa on pohdittava, mitkä ovat ne työkalut ja ohjelmistomoduulit, joilla kuvatut toiminnallisuudet on järkevintä toteuttaa. Tämä analyysi voisi pohjautua tiedonsiirto- ja käsittelytarpeisiin prosessin eri osatehtävien kohdalla. Työkaluvaihtoehtoja mietittäessä on syytä pitää kriteerinä sitä, että jatkossa olisi toisaalta mahdollisimman joustavaa yhdistellä erilaisia tietoaaineistoja ja toisaalta tietyt toistuvat toiminnot ja analyysit syntyisivät mahdollisimman automaattisesti.

Raportissa kuvatun määrittelyn pohjalta suunnitellaan demonstraatio, jonka avulla testataan tämän kuvauksen toimivuus ja kehitetään kuvausta tarpeen mukaan. Demonstraation tulisi olla toiminnassa vuoden 2014 loppuun mennessä.

Viitteet

Kaartio, Timo. 2010. Alueellisen sähkönkuorman ennustamisen kehittäminen. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu, sähkötekniikan laitos. 8 + 107 s

Koivisto, Matti. 2010. Tuntimittausdatan käyttö sähkökuorman ennustamisessa. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu, sähkötekniikan laitos. 87 s

Rimali, Ville. 2011. Etäluettavan energiamittaus tiedon hyödyntäminen alueellisissa kuormitusennusteissa. Aalto-yliopisto, sähkötekniikan korkeakoulu. 11 + 103 s.

Rimali, Ville; Heine, Pirjo; Hyvärinen, Markku; Koivisto, Matti; Lehtonen, Matti. 2011. Development of spatial load forecasting utilizing AMR measurements. Helen Electricity Network Ltd., Aalto University, Cleen Ltd.: SGEM research project 2011. 63 s.