



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

ENERGIAPOSITIIVISEN ASUINALUEEN ICT-TEKNIikka

Tietojärjestelmämalli

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Tapio Hirvonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala

HIRVONEN, TAPIO: Energiapositiivisen asuinalueen ICT-tekniikka
Tietojärjestelmämalli

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 63 sivua

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena oli tutkia energiapositiivisen asuinalueen vaihtoehtoisia energianhallintamuotoja tietoliikenteen ja ohjelmistotekniikan näkökulmasta sekä tehdä valintasuositus alueellisen energianhuollon tietojärjestelmärakenteesta. Tutkimuksessa hyödynnettiin Euroopan unionin Framework Program 7:n ICT- ja energianohjauksen aineistoa sekä otettiin huomioon Suomen hallituksen vuoden 2013 energiapoliittisen ohjelman vaikutukset alueellisessa energiavirtojen ohjauksessa sekä tietojärjestelmämallissa.

Maaliskuussa 2007 Eurooppa-neuvosto määrittä yhteisiksi strategisiksi tavoitteiksi vähentää päästöjä 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta ja parantaa energiatehokkuutta 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi tavoitteena on lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä siten, että niiden osuus energian loppukäytöstä olisi 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Rakennuksiin ja asumiseen liittyvä energiatehokkuus ja hiilidioksidipäästöt ovat merkittäviä ja Eurooppa-neuvoston mukaan ensiarvoisia kehittämisen kohteita. Neuvosto suuntaa resursseja energiatehokkuuden tutkimuksen ohella myös energiantuotantomuotojen monimuotoisuuteen sekä uusiutuvan lähienergian osuuden kasvattamiseen kokonaisenergiankulutuksesta.

Tutkimustyössä vertailuvaihtoehtoina olivat alueelliseen energiaverkon hallintaan sopivat tietojärjestelmämallit: kiinteistökohtainen sopimusmalli, jossa on useita eri energiantoimittajia; kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli sekä alueellisen energiaoperaattorin hallinnoima järjestelmä. Valintakriteereissä toteutuivat EU:n ja Suomen hallituksen energiapoliittisten ohjelmien tavoitteet. Parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui alueellisen energiaoperaattorin hallinnoima tietojärjestelmämalli.

Kuluttajien odotetaan tulevaisuudessa olevan entistä aktiivisempia toimijoita energiamarkkinoilla. Älykkään energiaverkon ratkaisut mahdollistavat energiankäytön tarkan mittauksen ja ohjauksen sekä lisäävät kuluttajien kiinnostusta omatoimista energiantuotantoa kohtaan. Älykkäällä energiaverkolla voi myös olla tärkeä rooli kulutushuippujen tasaamisessa. Tulevaisuudessa kysynnän sovittaminen tarjonnan mukaan tulee entistä tärkeämmäksi, kun uusiutuvan energian osuus energiantuotannossa kasvaa.

Asiasanat: energiapositiivinen, asuinalue, ICT-tekniikka, NEMS-operaattori, energiaoperaattori, energiakaupankäynti, Prosumer, loppukäyttäjän ohjaus

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

HIRVONEN, TAPIO:

ICT technology in an energy positive
neighborhood
Data Communications Model

Bachelor's Thesis in Telecommunications, 63 pages
Spring 2014

ABSTRACT

The overall aim of this study was to study options of managing energy flows in an energy positive neighborhood from the perspectives of data communication and software technology. Another objective was to make a recommendation for data infrastructure for energy management. In this study the European Union Framework Program 7 research and development for ICT- and energy management was considered. The study uses the material of the European Union Framework Program 7 dealing with research and development of ICT and energy management. The aims of the energy program 2013 of the Finnish government were also taken into account when creating a model for the regional energy distribution system and in its data communications model.

In March 2007, the European Council set the common strategic targets of reducing emissions by 20 per cent from 1990 levels and improving energy efficiency by 20 per cent by the year 2020. A further target is to increase the use of renewable energy sources, so that their share of energy end-use would be 20 per cent by the year 2020. Energy efficiency and reducing carbon emissions in buildings and housing in general were seen as extremely important development issues. The Council is providing resources to research of energy efficiency and diversity of energy supplies as well as increasing the share of nearby supplied renewable energy.

In this research, the data communications model options for management of areal energy network were: building level model with several energy suppliers; building-level model utilizing an energy operator; regional level energy operator model. The criteria covered the aims of the European Council and energy political program aims of the Finnish government. The model for regional level energy operator was selected as the best.

In the future, the consumers are expected to have a more active role in energy markets. Intelligent energy network solutions enable accurate measurement and prioritizing of energy routing as well as increasing the interest in self-supplying energy. There might be a significant role for intelligent energy networks in controlling peak demand. In the future, balancing the use on energy with the supply is seen to be more and more important as the share of renewable energy increases.

Key words: energy positive, living environment, ICT technology, NEMS operator, energy operator, energy trade, Prosumer, end user collaboration

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ENERGIAPOSITIVINEN ASUINALUE	2
2.1.1	Alueellisesti rajatun energiaverkon käsite	2
2.2	Uusiutuva energia	4
2.3	Energiatehokkaat rakennustyypit	4
2.4	Energian tuottajat ja kuluttajat	6
2.5	Energy Prosumer – paikallinen energian tuottaja ja kuluttaja	9
2.6	Energian tuotannon ja toimitusketjun yleismalli	9
2.7	Energiavarastot	10
2.8	Kuorman ohjaus, load balancing ja load shifting	11
2.9	Energiavirtojen ohjauksen tarkkailu	14
2.10	Alueellisen energiaverkon toimintatasot	15
2.11	ICT-järjestelmät loppukäyttäjän ohjaukseen	16
2.12	Loppukäyttäjän toimien vaikutus energiavirtojen hallintaan	18
2.13	Hälytykset ja niiden perusteella tapahtuva toiminnan ohjaus	20
2.14	Kiinteistökohtaisen ohjausjärjestelmän konfigurointimäärittely	21
3	ENERGIANTUOTANNON JAKELUTEKNIIKAN VAIHTOEHTOJEN ESITTELY	23
3.1	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energiatoimittajat	23
3.2	Kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli	26
3.3	Alueellinen energiaoperaattori, aluetason energianhallinta	28
3.4	NEMS-operattorin toimintamalli	31
3.5	Kriteeristö	34
3.6	Vaihtoehtoverailu	40
3.7	Suosittelun energianhallintamalli energiapositiiviselle asuinalueelle	51
3.8	Perustelut suositellulle mallille	52
4	ALUEELLISEN ENERGIAOPERAATTORIN HALLINNOIMIEN JÄRJESTELMIEN KEHITYS	54
4.1	Alueelliseen energiaoperaattorin hallintamalliin kohdistuva tutkimus- ja kehitystyö	54
4.2	Kaupalliset mahdollisuudet	55

4.3	Alueellisesti hallitun ICT-järjestelmän automatisointi	56
4.4	Energiaverkon toimijoiden tietoliikennetkaisu- ja ratkaisujen määrittely	57
5	YHTEENVETO	62
	LÄHTEET	64
	LIITTEET	67

LYHENNELUETTELO

ACS	Automation Control Systems, automaattinen ohjausjärjestelmä
BEMS	Building Energy Management System, kiinteistön energianhallintajärjestelmä
DSS	Distributed System Service, palvelunjakelutekniikka
EEPOS	Energy management and decision support systems for Energy Positive neighbourhoods, energiapositiivisen alueen energianhallinta- ja energiaratkaisujen järjestelmä
ESCO	Energy Saving Contract, energiansäästösopimus
ICT	Information and Communication Technology, tieto- ja viestintäteknologia
IT	Information Technology, informaatioteknologia, jossa tietokoneilla ja tietoliikennelaitteilla kerätään ja jalostetaan tietoa
NAG	Neighbourhood Area Grid, alueellinen energiaverkko
NEMS	Neighbourhood energy management system, alueellinen energiaoperaattori
Prosumer	Energy Producer and Consumer, toimija, joka yhtäaikaisesti tuottaa ja kuluttaa energiaa
SaaS	Software as a Service, ohjelmisto myydään kokonaishallintapalveluna
SmartGrid	Älykäs sähköverkko, joka käyttää ICT-tekniikkaa kerätäkseen informaation verkon käytöstä
TEN-E	Trans European Network – Energy, Euroopan laajuinen energiaverkko

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia erilaisia energiapositiivisen alueen energianhallintomuotoja sekä tehdä valintasuositus siitä millaista hallintoa energiapositiivisella asuinalueella tulisi soveltaa.

Työssä esitellään erilaisten ICT-järjestelmien (information and communication technology) valintaperusteita sekä valintaan vaikuttavia kriteereitä alueelle asennettavissa laitteissa ja ohjelmistoissa. Määrittelyvaiheessa otetaan huomioon alueelle sijoittuvat toimijat, esimerkiksi asukkaat, taloyhtiöt, tuotantolaitokset, energiakaupankäyntiin erikoistuneet yritykset, alueen energiavarojen haltijat. Näiden keskinäisen yhteistyön muodot käsitellään ja kriteeristö taloudelliselle kannattavuudelle alustetaan.

Kohderyhmänä työlle ovat SmartGrid (älykäs sähköverkko) -verkoista kiinnostuneet tahot sekä energiapositiivisen asuinalueen liiketoimintaan tähtäävät toimijat. Tämän työn kirjoitusvaiheessa energiapositiivisia asuinalueita energiaomavaraisella konseptilla ei ole rakennettu. Työn on tarkoitus hyödyntää niin ”vihreästä asumisesta” kiinnostuneita henkilöitä ja perheitä, kuin viranomaisia, jotka ovat tekemisissä energiaomavaraisen asuinalueen kaavoitusten ja reunaehtojen asettamisessa (normaali kaavoitustoimi). Lainsäädäntö ei kaikissa Euroopan maissa vielä mahdollista kaikkia tässä työssä esitettyjä toimintavaihtoehtoja, mutta Euroopan unionin lainsäädäntöä muutetaan parast’aikaa velvoittamaan maat hyväksymään tässä esitetyt toimintaperiaatteet.

2 ENERGIAPOSITIIVINEN ASUINALUE

Energiapositiivisella alueella tarkoitetaan aluetta, jossa tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä enemmän energiaa kuin mitä kulutetaan yhden vuoden aikana. Alueen energiankulutukseen lasketaan koko alueen kulutus rakennusten lämmityksestä ja kotitalouksien sähkönkäytöstä katuvalaistukseen. Uusiutuvaksi energiaksi luetaan esimerkiksi aurinkoenergia, tuulienergia, vesienenergia, erilaiset biopolttoaineet ja lämpöpumput. Biopolttoaineet tulee toimittaa 100 kilometrin säteeltä alueesta. (Porvoo 2013.)

Energiapositiiviselle asuinalueelle sijoittamalla voidaan Sitran (2013a) mukaan saavuttaa seuraavia etuja:

- Paikallisten energiahuoltomiesten tarve lisääntyy. Tämä tuo mahdollisuuden paikalliseen tuotekehitykseen.
- Sähkön siirtämisen tarve vähenee. Säästetään siirtokustannukset.
- Talouksien riippumattomuus sähköverkoista kasvaa.
- Pystytään luomaan energiantuotantomalleja, jotka sopivat pohjolaan vrt. globaalit hiili-, tuuli-, aurinko- ja ydinvoimalat.
- Vähentää öljyriippuvuutta ja hiilidioksidipäästöjä.
- Asukkaiden päästessä itse tarkkailemaan energiantuotantoa ja kulutusta vaikuttaa se positiivisella tavalla kulutustottumuksiin.

2.1.1 Alueellisesti rajatun energiaverkon käsite

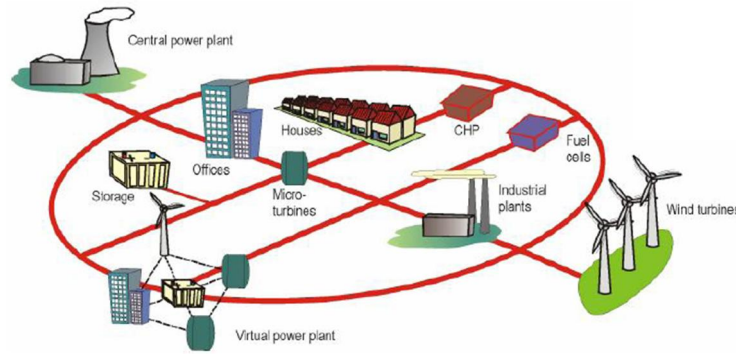
Raklin (2012) mukaan energian tuottajat, jakelijat ja verkkoyhtiöt hallinnoivat olemassa olevia verkkoja ja myyvät niiden kautta energiaa. Lähienergiaverkot voivat kytkeytyä yhteen laajempien verkkojen kanssa, kuten kuviossa 1 esitetään. Energiantuottaja ja -myyjä ovat myös potentiaalisia lähienergian ostajia sekä lähienergiaverkon perustajia, rakennuttajia, omistajia tai osa-omistajia. Kiinteistönomistajat ja käyttäjät toimivat energian tuottajina ja ostajina sekä mahdollisina alueellisen verkon perustajina, rakennuttajina, omistajina tai osaomistajina. Alueellisten energiaratkaisujen hyödyntämisen kannalta potentiaalinen toimija perinteisen kolmikannan keskiössä on lähienergiayhtiö tai manageri, joka vastaa lähienergiaverkon hallinnoinnista ja ylläpidosta sekä energiamuotojen ohjauksesta ja optimoinnista. Lähienergiayhtiö tai manageri on

potentiaalinen lähienergiaverkon perustaja, rakennuttaja, omistaja tai osakas, tai vaihtoehtoisesti pelkästään liiketoimintaa harjoittava yritys.

Alueellisesti tuotetut energiaratkaisut vaativat energiaratkaisuihin liittyvää erityisosaamista. Näitä ovat muun muassa automaatio, mittaus ja laskutus, jotka voi tuottaa joko lähienergiayhtiö tai manageri, tai näihin toimintoihin erikoistuneet palveluntarjoajat, muun muassa erilaisia teknologioita yhdistävät toimijat. Tavoitteena on, että kiinteistön omistajat voivat saada lähienergiaan liittyvät palvelut tarpeidensa mukaan joko kokonaispalveluna tai osina. Muita alueellisesti tuotettujen energiaratkaisujen sidosryhmiä ovat yksityiset maanomistajat, rakentajat esimerkiksi rakennusurakoitsijat sekä kuntatekniikan toimijat, muun muassa vesi-, viemäri-, jäte-, sähkö-, teletekniikka, joiden kanssa tulisi selvittää lähienergian, muun infrastruktuurin ja yhteistoiminnan synergiat. (Rakli 2012.)

Tavoitteena ovat alueellisesti yhteensopivat tekniset järjestelmät, jotka mahdollistavat hallinnan, ylläpidon tehokkuuden ja liittymisen helppouden sekä kehittämisen tulevaisuudessa. Keskeinen kysymys näiden kehittämisessä on eri toimijoiden välinen omistuksen, hallinnan, palveluiden ja teknisten rajapintojen hallinta. Alueellisiin energiaratkaisuihin liittyvän tekniikan omistamisessa on selvitettävä rajapinnat valtakunnan verkon, alueellisen verkon ja kiinteistökohtaisten järjestelmien välillä (tuotanto – jakelu – käyttö).

Kiinteistökohtainen tekniikka on yleensä kiinteistön omistuksessa ja hallinnassa, kun taas alueellinen verkko, muu tekniikka ja palvelut ovat puolestaan joko alueellisen energiaoperaattorin tai yksittäisten energiantuotantomuotojen operaattorien omistuksessa ja hallinnassa. Tekniikan sijoittamisoikeudet kiinteistölle on myös selkeytettävä, esimerkiksi polttokennot, lämpöpumput sekä selvitettävä synergiat muiden verkkojen kanssa (esimerkiksi vesi, sähkö, teletekniikka). Mahdollisuutena on esimerkiksi laskutuksen, automaation, ohjauksen ja mittauksen sijoittaminen teletekniikan väylään ohjelmistopohjaisesti kiinteistöille sekä etävalvontaan. (Rakli 2012.)



KUVIO 1. Alueellisesti rajattu energiaverkko (Smartgrid 2013)

2.2 Uusiutuva energia

Energiapositiivisella asuinalueella tuotetaan uusiutuvaa energiaa. Uusiutuvilla energiavaroilla tarkoitetaan energiavaroja, joita syntyy koko ajan lisää. Kaikki biopolttoaineet, kuten puu, biokaasu ja kasveista saatavat polttoaineet, edustavat uusiutuvaa energiaa. Biopolttoaineissa energia on sitoutunut biomassaansa, kun taas suoraan uusiutuvaa energiaa hyödyntävät aurinko- ja tuulivoima. (Energiaverkko 2003.)

Vielä nykyään uusiutuvat energiavarat eivät pysty kattamaan koko maailman energiatarvetta; ne soveltuvatkin tätä nykyä parhaiten pienimuotoiseen ja hajautettuun energiantuotantoon. On kuitenkin selvää, että Suomen on siirryttävä käyttämään paljon suuremmissa määrin uusiutuvia energialähteitä, sillä uusiutumattomat energiavarat ehtyvät tulevaisuudessa. Suomessa on erinomaiset edellytykset uusiutuvien energiavarojen käyttöön, sillä kansallamme on muun muassa suuret metsävarat. (Energiaverkko 2003.)

2.3 Energiatehokkaat rakennustyypit

Energiatehokkaita rakennustyyppijä ovat Teknologiateollisuuden (2010) mukaan: matalaenergiatalo, passiivitalo, nollaenergiatalo sekä plus-talo. Seuraavissa kappaleissa on avattu näiden rakennustyyppien käsitteet.

Matalaenergiatalo määritellään yleisesti siten, että sen energiankulutus on enintään puolet voimassa olevien rakentamismääräysten mukaan toteutetun

rakennuksen energiankulutuksesta. Tämän määritelmän ongelmana on se, että rakentamismääräykset muuttuvat. Joissakin määritelmissä on annettu myös lukuarvo, esimerkiksi 50 kWh/m²/vuosi. Joissain määritelmissä puhutaan luokista, esimerkiksi "Matalaenergiatalo 50", jolla myös tarkoitetaan kulutusta 50 kWh/m²/vuosi. (Teknologiateollisuus 2010.)

Passiivitalon alkuperäinen saksalainen määritelmä antaa myös lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukselle enimmäisarvon 15 kWh/m²/vuosi. Suomen olosuhteissa tutkijat ovat maantieteellisen sijainnin vuoksi päätyneet lukuun 20 - 30 kWh/m²/vuosi. Passiivitalo kuluttaa täten 70 - 80 % vähemmän lämmitysenergiaa kuin rakennusmääräysten mukaan tehty talo. Passiivitaloja voidaan myös luokitella tavoitteena olevan kulutustason mukaan, esimerkiksi "Passiivitalo 25", tarkoittaen lämmitysenergiankulutusta 25 kWh/m²/vuosi. Passiivitalon energialaskelmissa ei ole mukana lämmin käyttövesi eikä kiinteistösähkö, jolloin käytetään primäärienergia-käsitettä. (Teknologiateollisuus 2010.)

Toistaiseksi vain vapaaehtois pohjalta on otettu käyttöön kunnianhimoisempi nollaenergiatalo-käsite. Tälle käsitteelle ei ole toistaiseksi yksikäsitteistä määritelmää. Eräs ehdotus määritelmäksi on "rakennus, jonka primäärienergian vuotuinen kulutus on yhtä suuri tai pienempi kuin uusiutuvista energialähteistä peräisin olevan energian tuotanto paikan päällä". (Teknologiateollisuus 2010.)

Energiapositiivinen talo, eli Plus-talo, käyttää uusiutuvia energialähteitä siten, että niiden energiantuotanto on vuositasolla suurempi kuin rakennuksen kokonaisenergian tarve (primäärienergialla ilmaistuna). Uudet rakentamismääräykset ohjaavat rakentamista tähän suuntaan. (Teknologiateollisuus 2010.)

Kaikissa edellä mainituissa käsitteissä päähuomio kiinnittyy koko rakennuksen energiankulutukseen sen sijaan, että puhuttaisiin yksittäisten rakennusosien tai taloteknisten laitteiden suoritusarvoista. Näin ollen korostuu myös konseptien tavoitteellisuus ja se, että samaan lopputulokseen voidaan päästä lukuisilla teknisillä ratkaisulla ja niiden yhdistelmillä. Vaihtoehtoisillekin ratkaisuille tarvitaan vertailupohjaa: jos esimerkiksi halutaan selvittää ohuemalla

lämmöneristyksellä, tulee se kompensoida esimerkiksi korkeammalla ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhteella. (Teknologiateollisuus 2010.)

Energiätehokkuus ei ole sama kuin minimoitu energiankulutus. Usein kuitenkin rakennusten energiatehokkuuksien vertailussa katsotaan vain energiankulutusta ja helposti unohtuu, että rakennuksessa tulee myös ylläpitää haluttu sisäympäristön taso. Passiivitalo-nimitys luo helposti mielikuvaa myös passiivisesta talotekniikasta. Suomen olosuhteissa totuus on kuitenkin aivan päinvastainen: vain aktiivisella, muuttuvien tarpeiden mukaan toimivalla ja ohjautuvalla talotekniikalla pystytään hyvä sisäympäristö ylläpitämään energiatehokkaasti. (Teknologiateollisuus 2010.)

2.4 Energian tuottajat ja kuluttajat

Pyrkimällä energiaomavaraisuuteen tai energiapositiivisuuteen on energiavirtojen managerin toteutettava yhteistyökumppanien kanssa etukäteen suunniteltua strategiaa alueen energiatarpeen täyttämistä. Energiantarpeet saadaan jo suunnitteluvaiheessa selville kiinteistöjen toiminnan luonteen mukaisin ennustein. Täten eri energiamuotojen kulutusta voidaan ennustaa kohtuullisen tarkasti. Suunnittelusta saatujen ennusteiden pohjalta laaditaan suunnitelmat eri energiamuotojen, kuten sähkön, lämmityksen tarve, joka täytetään soveltuvilla energiantuotantolaitoksilla. Laskelmiin otetaan mukaan sekä kiinteistöihin sijoitetut että erilliset tuotantolaitokset. Muun muassa kiinteistöissä saatetaan kerätä lämpöenergiaa aurinkokeräimillä sekä samanaikaisesti täydentää rakennusten lämmitysenergiantarvetta alueellisella biovoimalaitoksella. (EEPOS 2013a.)

Osa paikallisen energiantuotannon yksiköistä saattaa tuottaa pelkkää lämpöä, osa sähköä, osa taas kykenee lämmön ja sähkön yhteistuotantoon. Erityisesti lämmöntuotannon osalta Suomessa on tärkeä tunnistaa, edellyttääkö esimerkiksi lämmitysratkaisu kaukolämpöön liittymistä, onko mahdollisuutta rakentaa alueellinen järjestelmä tai ovatko kiinteistökohtaiset ratkaisut järkevämpiä. Monet tuotantoteknologioista ovat nykypäivänä kaupallisesti kypsiä ja niistä on olemassa runsaasti valmiita sovelluksia. (EEPOS 2013a.)



KUVIO 2. Paikallista energiantuotantoa Freiburgissa (Freiburg 2013)

Kuviossa 2 on osoitettu, että paikallista energiantuotantoa voidaan harjoittaa missä tahansa alueen kiinteistössä juuri kyseiseen kiinteistöön soveltuvin tavoin. Energiantuotannon kokonaisuutta alueella tulee hallita, muutoin ei pystytä osoittamaan, että koko asuinalue on energiataseeltaan positiivinen. Energian kokonaisuuden hallinta tarkoittaa, että energiaoperaattorit suunnittelevat yhteistyötahojensa kanssa alustavan energiantuotantosuunnitelman, jota täydennetään uusien kiinteistöjen rakentamisen yhteydessä. Alueen kiinteistövarannon muuttuessa ajoittain (purkaminen, uudistaminen, uudistuotanto) päivitetään myös energian tuotannon ja kulutuksen suunnitelmat. (EEPOS 2013a.)

Mikäli yksittäinen kiinteistö, esimerkiksi pientalo, haluaa investoida energiantuotantoon myöhemmässä vaiheessa, kannattaa tuotantojärjestelmä kytkeä operaattorin järjestelmiin, jotta alueen kaikki energiantuotanto, kulutuksen tavoin, on IT (informaatioteknologia) -järjestelmillä seurattavissa ja ennustettavissa. Tällöin energiaoperaattori onnistuu energianhankintojen ennusteissaan ja energian kulutuksen säätöarvojen asetannassa. (EEPOS 2013a.)

Eräs tyypillisimmistä 2010-luvun tekniikoista on maalämmön ja -kylmän tuotanto. Maalämmön talteenotto ja siitä hyödynnettäväksi tarkoitettun energian käyttö on yleistynyt erityisesti erilaisten yhteisten tilojen, kuten jäähallien, koulujen, palvelutalojen sekä muiden julkisten rakennusten lämmitys- ja jäähdytystarpeisiin. (EEPOS 2013a.)

Energiapositiivisella asuinalueella tulee olla paikallisia energiantuotantolaitoksia. Ilman tätä funktiota alue ei voi olla energiapositiivinen. Pelkillä kiinteistöihin sijoitetuilla energiantuotantojärjestelmillä ei pystytä tuottamaan riittävästi energiaa kokonaisen asuinalueen energiankulutuksen tarpeisiin, erityisesti koska alueellinen energiavirtojen hallinta vaatii myös huippukulutuksen kattamista. Huippukulutus tarkoittaa hetkiä, jolloin kulutusarvot ovat korkeimmillaan, tyypillisesti aamulla perheiden aamutoimien aikaan sekä talvella pakkaskausien lisätessä lämmöntuotantarvetta. (EEPOS 2013a.)

Alueellisen operaattorin ICT-järjestelmien on tarjottava näiden tapausten varalta jo etukäteen suunnitellusti energiareсурseja alueen energiankulutuspiikkien leikkaamiseksi ja tarvittaessa lisäenergian hankkimiseksi kohtuulliseen hintaan. Tyypillisimmillään tämä tarkoittaa energiavarastojen ”lataamista” halvemmän energiakustannuksen aikaan ja vastaavasti varastojen purkua huippukulutuksen leikkaamiseksi. Kuviossa 3 on esitetty eräs keino kulutuspiikkien leikkaamiseksi. (EEPOS 2013a.)



KUVIO 3. Nastolaan Taivaanrannan alueelle suunniteltu aurinkoenergian ja maalämmön tuotantolaitos (Taivaanranta 2013)

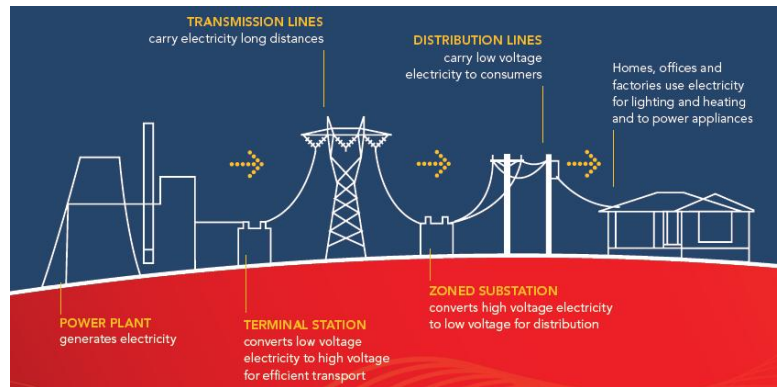
2.5 Energy Prosumer – paikallinen energian tuottaja ja kuluttaja

Prosumer-nimitystä (ERPO = energy producer & consumer) käytetään kansainvälisesti paikallisesta toimijasta, joka samanaikaisesti sekä tuottaa että kuluttaa energiaa. Kyseinen toimija voi olla esimerkiksi kiinteistöyhtiö, jolla on omaa energiantuotantoa, tyyppiesimerkkinä pientalo, jonka lämmitys on toteutettu maalämmöllä ja osa käyttöenergiasta tuotetaan aurinkopaneeleilla. (EEPOS 2013b.)

Prosumerilla on usein käytössään IT-pohjaisia energianhallintavälineitä ja energiaratkaisuja, joiden avulla asukkaat voivat seurata omaa energiankulutustaan reaaliaikaisesti. Samalla asukkaat saavat tietoa siitä, miten omaa energiankulutusta kannattaa ajoittaa ja säätää energian hinnan perusteella. Asukkaat säästävät energialaskuissaan, ja energiankäytöstä aiheutuvat päästöt vähenevät. (Porvoo 2013.)

2.6 Energian tuotannon ja toimitusketjun yleismalli

Kuviossa 4 esitetään pelkistetyksi energian ohjautuminen tuotantolaitokselta käyttökohteeseen. Kuviossa 4 on kuvattu sähköverkon perusrakenteet, mutta ne pätevät minkä tahansa energian tuotantoon, niin paikallisesti kuin etäisesti tuotettuina. Energian siirto tapahtuu siirtoväylää pitkin. Sähkön osalta siirtoväylä on sähkökaapeli, esimerkiksi lämpöenergian siirtoväylänä käytetään putkistoa. Siirto pitkien matkojen päästä tapahtuu käyttäen erilaisia välitasemia. Näitä välitasemia, kuten siirtoa itsessään, ohjataan ICT-teknisin menetelmin. Kuviossa 4 ei ole tätä ohjausjärjestelmää piirretty. (Aemo 2012.)



KUVIO 4. Energian infrastruktuuriesimerkki (Aemo 2012)

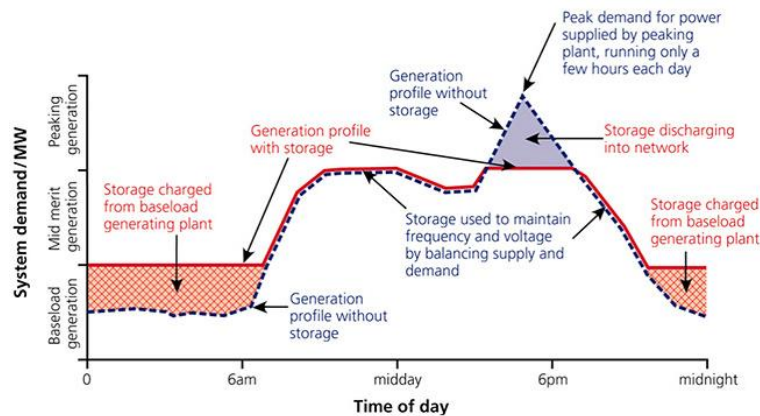
2.7 Energiavarastot

Energiavarastoja voidaan pitää modernin äly sähköverkon vaihtelujen ja kapasiteetinhallinnan strategisena työkaluna. Äly sähköverkon evoluutio on riippuvainen kustannustehokkaasta energian varastoinnista, erityisesti alkuvaiheessa, kun muita jakelu- ja kysynnänhallintaratkaisuja kehitetään, toteutetaan ja otetaan käyttöön. Äly sähköverkon energian varastointisovellukset voidaan jakaa kolmeen luokkaan toiminnan perusteella: tuotanto, siirto ja jakelu sekä loppukäyttäjä. Jatkuvasti vaihtelevan energiatuotannon, kuten tuuli- ja aurinkoenergiatuotannon käyttö voi lisätä energiavarastojen tarvetta erityisesti heikoilla verkkoalueilla. Hajautetussa energiatuotannossa toteutettu energian varastointi voi lisätä kokonaisenergiatehokkuutta ja parantaa äly sähköverkon suorituskykyä ja hallittavuutta. Loppukäyttäjätasolla uudentyypisillä asiakassovelluksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia sähköverkkoon. Plusenergiatalot, loppukäyttäjätason aurinko- ja tuulisähkötuotanto sekä erityisesti sähkö- ja hybridautot voivat muuttaa loppukäyttäjän roolia sähkön tuottajaksi, ja niiden vaikutukset energijärjestelmiin voivat olla merkittävät. (Cleen 2013.)

Interaktiivinen asiakas, jolla on energiavarastoja, hajautettua energiatuotantoa ja kysyntäjoustomahdollisuus, on merkittävä tekijä äly sähköverkkoympäristössä. Interaktiivinen asiakas on aktiivinen resurssi, joka mahdollistaa sähköverkkotehojen dynaamisen lyhyen ja pitkän tähtäimen hallinnan. Sähköverkkoa ja keskitettyä sähköntuotantokapasiteettia voidaan käyttää parhaalla hyötysuhteella. Sähkön käyttö voi jatkua keskeytyksettä myös verkon vikatilanteissa. (Cleen 2011.)

2.8 Kuorman ohjaus, load balancing ja load shifting

Jokaisen yksittäisen kiinteistöyhtiön ja yksittäistaloudenkin energiankäyttö vaihtelee ajallisesti, vuorokauden- ja vuodenaikasta riippuen. Tällä yksittäisten asiakkaiden ajallisesti vaihtelevalla energiankäytöllä on huipputehon kannalta olennainen vaikutus. Alueellinen energiantuotanto ei ole välttämättä kaikilta osin mitoitettu kestävästi kaikkien asiakkaiden huippukuormaa samanaikaisesti. Pitkän aikavälin suunnittelun kannalta on otettava huomioon kuormitusten suuruuden lisäksi myös ajalliset muutokset asiakkaiden kulutuskäyttäytymisessä. Asiakasryhmäkohtaisten kuormitusten huippujen ajankohdat määräävät osaltaan verkon osan huipputehon. (PDEnergy 2012.)



KUVIO 5. Kuorman tasaus ja -leikkaus (PDEnergy 2012)

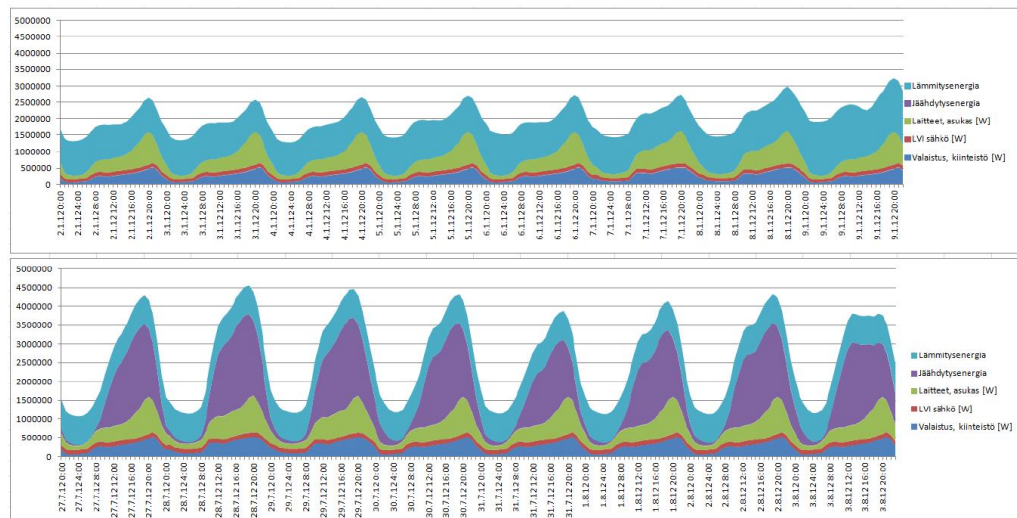
Sähkökuormien hintaohjauksella, esimerkkinä kuvio 5, tarkoitetaan sitä, että sähkön käyttäjä itse ohjaa omia kuormiaan sähkön muuttuvan hinnan perusteella. Täten hintaohjaus poikkeaa niin sanotusta suorasta kuormien ohjauksesta, jossa sähköyhtiö suoraan ohjaa asiakkaansa kuormia riippumatta siitä, miten asiakkaan sähköntarve vaihtelee. Hintaohjaus soveltuu hyvin myös tapauksiin, joissa sähköyhtiön asiakkaalla on omaa sähkön tuotantoa. Tässä projektissa tarkasteltiin sellaista hintaohjausta, jossa jokaiselle tunnille on oma hintansa, joka on määräytynyt sähkön spot-markkinoilla tarkasteluhetkeä edeltävänä päivänä. Asiakkaalle hinta on suoraan spot-markkinahinta lisättynä pienellä myyjän marginaalilla. Lisäksi asiakas maksaa erillisen verkkotariffin mukaisen hinnan sähkön siirrosta. Hintaohjausta kannattaa toki soveltaa myös spot-markkinoita nopeammilla ja hitaammilla sähkömarkkinoilla. (VTT 2007.)

Hintaohjaukseksi voidaan joskus laskea myös niin sanottu aikaohjaus, joka perustuu kelloon eikä välitä kulutushetkeä koskevia sähkömarkkinoiden todellisia hintavaihteluita asiakkaalle. Päivittäin määräytyvien spot-markkinahintojen etuna on se, että ne ovat periaatteessa neutraalisti muodostuvia referenssihintoja ja siten soveltuvat hyvin sopimusten ja tariffien pohjaksi. Koska tuntikohtainen spot-hinta määräytyy edellisenä päivänä, jää sähkön käyttäjälle noin vuorokausi aikaa reagoida. (VTT 2007.)

Alueellisen energiaoperaattorin intressinä on ohjata sähkönkäyttöä stabiiliuden varmistamiseksi hintakriteerein ja sähkömarkkinoiden mahdollisissa häiriötilanteissa. Sähkölämmityskuormat edustavat merkityksellistä osaa sähkönkäytöstä, joten niillä voi olla suuri merkitys stabiiliuden hallinnassa. Tätä varten tarvitaan tehon ohjausvasteelta nopeutta, ennustettavuutta ja luotettavuutta. Tyypillisesti hyvin suunniteltu alueellinen energianhallinta täyttää nämä vaatimukset, mutta tietoliikennetkaisu ja ulkoiset elementit, kuten kylmä ja pimeä, voivat rajoittaa kuormanohjauksen käytettävyyttä stabiiliuden hallintaan. (Skanska 2012.)

Energian välittäjä (myy ja ostaa alueelta) saa energiaennusteet ja laatii tarvekartoituksen (sopimuksen mukaisesti) sekä hallinnoi energian ostamisen ja myynnin tapahtumia alueen ulkopuolelle. Energian välittäjä tekee tiivistä yhteistyötä alueen sisällä ja ulkopuolella toimien operaattoreiden välillä. (Skanska 2012.)

Energiaoperaattorilla on suora rajapinta energiamarkkinoihin ja alueen energiankäytön ennusteisiin satunnaistekijöiden vaikutusten pienentämiseksi. Operaattori tarvitsee ohjattavia resursseja kulutuksen ja markkinahintojen yllättäviin vaihteluihin liittyvien riskien hallitsemiseksi, samoin kuin oman alueensa energiantuotannon ennustamiseksi. Kuorman ohjauksella energiaoperaattori ja yksittäinen kiinteistö (mikäli on automatisoitu tähän toimintoon) voi siirtää hankintaansa kalliin hinnan ajalta halvan hinnan ajalle turvautuen energiantuotannon varastointiin. Lisäksi kuorman ohjaus vaikuttaa sähkömarkkinoiden hintahuippuja pienentävästi. Tämä välillinen hyöty voi olla suurempi kuin suoraan saatu hyöty. (Skanska 2012.)



KUVIO 6. Esimerkki yhden asuinkiinteistön kuormituksesta viikon ajalta (Skanska 2012)

Yksittäisen kiinteistön ja koko asuinalueen yhtenä energiansäästötoimenpiteenä on kuorman leikkaus. Tämä tarkoittaa sitä, että pakotetuin tai vapaaehtoisin toimin energiakuormaa kulutuspiikissä rajoitetaan. Esimerkiksi sähköautojen latausta ei sallita suorittaa aamun tunteina, kun sähkönkäyttö muutoinkin on kulutushuipussaan kuvion 6 mukaisesti. (Emcweb 2013.)

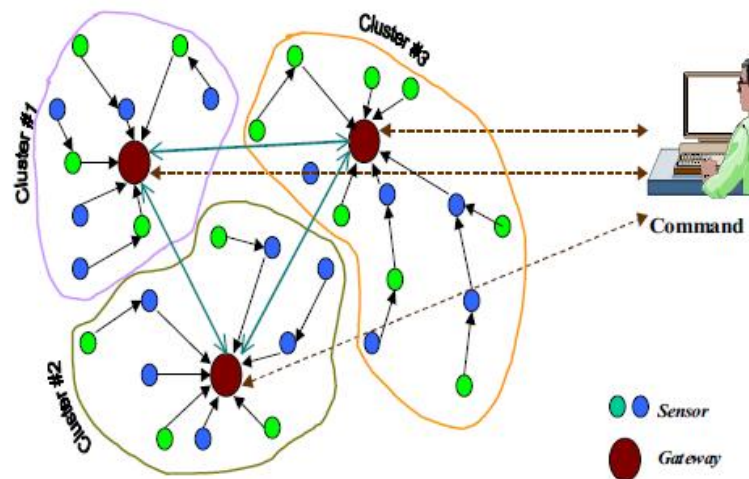
Kulutuksen leikkaamisen ohella voidaan kulutuksen huippua siirtää. Esimerkiksi sen sijaan, että yksittäinen asukas aamulla laittaisi kaiken muun kulutuksen ohella pesukoneen ja astianpesukoneen käyntiin, hän siirtää näiden ei-kriittisten sähkölaitteiden käyttöä pois kulutushiippuajankohdasta. Tämä saadaan aikaan esimerkiksi ohjaamalla käyttäjän kulutusta erilaisia ”rangaistus”- tai hyötymenetelmin, joista yksi on sähkön hinnan määrittäminen kulutushuipun ajankohtana huomattavasti korkeammaksi kuin alhaisen kulutuksen aikana. (Emcweb 2013.)

Kulutuksen säätäminen on eräs mahdollisuus tuotannon ja kulutuksen tasaamiseen. Tällaista säätöä on vähäisessä määrin aina tehtykin muun muassa teollisuuslaitoksissa. Kun ohjaustekniikat ovat kehittyneet, voitaisiin esimerkiksi tuulivoimasta sähkönsä saavien suurten markettien pakastealaiden sähkökatkaista varttitunniksi verkosta tulevalla ohjausimpulssilla, mikäli tuulivoimaloiden teho äkillisesti pienenee. Näin marketti minimoi kalliin sähkön hankintaa. (Stek 2009.)

Myös sähköautojen yleistyminen antaa mahdollisuuksia kulutuksen säätöön. Sähköauton akut pitää toisinaan ladata mahdollisimman nopeasti, mutta toisinaan taas lataamisella ei ole suurtakaan kiirettä. Jos jälkimmäisessä tapauksessa lataus voidaan keskeyttää määräajaksi ja jos ladattavia akkuja on paljon, saadaan aikaan merkittävä säästövara, jolla on vaikutusta energiasta maksettuun hintaan. Auton omistajat voisivat päivittäin valita, lataavatko akut nopeasti normaalihintaisella sähköllä vai hitaammin ja halvemmalla. (Stek 2009.)

2.9 Energiavirtojen ohjauksen tarkkailu

Älykkäät sähkömittarit ovat hyvä lähtökohta energiatehokkuuden parantamiseen. Niiden tuottaman tiedon hyödyntäminen on kuitenkin vasta alussa, mikä tarkoittaa lupaavia näkymiä paitsi energiatehokkuudelle, myös uudelle liiketoiminnalle. Markkinoilla on jo tällä hetkellä laitteita, jotka näyttävät sähkönkulutuksen muutokset reaaliajassa. Tarkka mittarointi yleistyy tulevaisuudessa, ja se laajenee myös lämmön ja veden kulutukseen. (Sitra 2013b.)



KUVIO 7. Periaatemalli IT-perustaiseen monitorointiin (UMD 2007)

Sensoreiden verkolla operaattori valvoo erilaisia toimintoja, kuten energiavirtojen kulkua, säätötilan muutoksia ja ennusteita sekä esimerkiksi yksittäisen kotitalouden sähkönkulutuksen käyttäytymistä. Erilaisiin algoritmeihin perustuvilla automatisoiduilla toiminnoilla on suuri merkitys kokonaisen asuinalueen

hallinnassa. Sensorit on verkotettu alueen mukaisiin ja saman toiminnon kattaviin kokonaisuuksiin, joista hälytykset, raportit ja toiminnan seurannan mahdollistamat ohjausvaihtoehdot ja -ehdotukset saadaan automatisoituihin ja osin manuaalisiin päätepisteisiin, lähinnä valvomoon. (UMD 2007.)

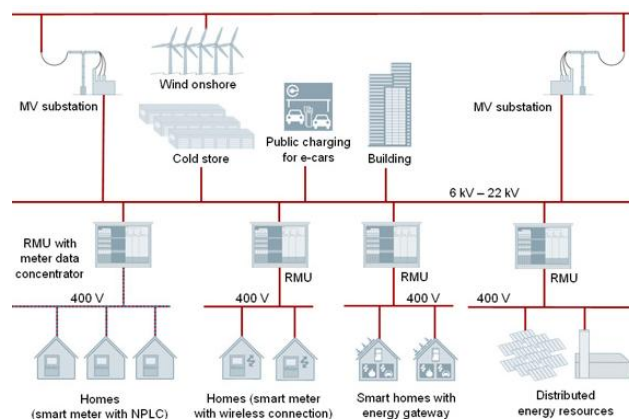
Kuviossa 7 merkitty gateway tarkoittaa sensoreiden paikallista päätepistettä. Nämä päätelaitteet on usein varustettu ohjelmoitavilla logiikoilla, jotka pystyvät paikalliseen päätöksentekoon. Esimerkiksi: sunnuntaina gateway-laite voi päättää yhden rakennuksen aurinkokennoakuston lataamistarpeesta odotettavissa olevan maanantai-aamun lisäkuorman johdosta. Sillä on itsellään taikka aluekeskukselta saatu kulutusennuste, jossa järjestelmä huomaa odotettavissa olevan kuormapiikin. Kyseisenä sunnuntaina paistaa aurinko, joten gateway päättää akuston lataamisesta, vaikka sunnuntaina kirkonmenojen jälkeen rakennuksen pitää ostaa energiaa kiinteistön ulkopuolelta (esimerkiksi alueella toimivalta tuulivoimalalta). Tapeen vaatiessa alueella toimiva kiinteistö voi ostaa sähköä edullisen markkinahinnan aikana samaan aikaan kun itse tuottaa säästöön sähköä koko päivän. Tämä on kustannustehokkaampaa kuin käyttää koko sunnuntaituotanto sunnuntaina ja siirtyä ostoenergiaan maanantaiaamuna. (UMD 2007.)

Sensoreiden sijoittelu ja hallinnointi on yksi energiapositiivisen asuinalueen kriittisistä toiminnoista, koska ne tuottavat mittaustietoa, jonka perusteella muut ICT-järjestelmät ohjaavat osin automaattisesti, osin käsikäyttöisesti, alueen energialiikennettä. Järjestelmää suunniteltaessa on otettava tulevaisuuden skaalautuvuus huomioon esimerkiksi laitevalinnoissa. Sensorit voi olla ohjelmoitu antamaan mittaamaansa tietoa reaaliaikaisesti, tietyin väliajoin, taikka vain siinä tapauksessa, että raja-arvot ylittyvät. Raja-arvoilla toimivat sensorit voivat olla esimerkiksi kiinteistön lämmitykseen käytetyn biokaasun kulutuksen kasvua rekisteröiviä sensoreita, joita Suomen olosuhteissa tarvitaan lähinnä talviaikaan; kesäisin sen sijaan sensorit eivät normaalitilanteessa reagoi. (UMD 2007.)

2.10 Alueellisen energiaverkon toimintatasot

Kuvio 8 kuvastaa asuinalueen energianhallinnan tasoja. Alimpana on kenttätaso, jossa sijaitsevat mittalaitteet, anturit ja peruseräraportointi sekä yksinkertaisimmat

säätimet kiinteistöissä. Kenttätasolla tapahtuu esimerkiksi yksittäisen huoneiston ohjaus. Keskitaso kuvastaa esimerkiksi rivitaloyhtiön, johon kuuluu useita rivitaloja, hallintatasoa. Tällä tasolla ohjataan lähinnä koko alueen tasolta tulevien määräysten toteutusta. Samoin raportointi tapahtuu molempiin suuntiin. Mikäli kysymys on paikallisesta energiantuotantolaitoksesta (esimerkiksi maalämpövoimala), ei alueellinen energiaoperaattori ohjaa itse tuotantolaitteistoja, vaan näiden ohjaus tapahtuu tuotantolaitoksen omien ohjausmenetelmien mukaisesti. Samoin yksittäisen huoneiston ollessa kyseessä alueellinen operaattori voi lähinnä tehdä pyyntöjä BEMS-tasolle (Building Energy Management System), josta niiden ohjaus huoneistoon tapahtuu BEMS-tasoon säädettyjen raja-arvojen puitteissa. Tyypillisesti: vaikka ulkona on pakkasta ja sähkönkulutus on suurta, ei huonekohtaista lämmitykseen käytettävän sähkön määrää silti alenneta niin, että lämpötila laskisi alle 20,5 asteen (joka oli esimerkissä käyttäjän asettama raja-arvo). (EEPOS 2013a.)



KUVIO 8. Alueelliset toimintatasot (Siemens 2013)

2.11 ICT-järjestelmät loppukäyttäjän ohjaukseen

Energiankulutuksesta tietämätön henkilö tai kiinteistö kuluttaa usein turhaan liikaa energiaa. ICT-tekniikoilla tiedot esittämällä saadaan käyttäjälle reaaliaikaiset, päivittäiset tai kausittaiset tiedot energiankulutuksesta, esimerkkinä kuvio 9. Tällöin energiankulutusta valvova taho (esimerkiksi asukas itse) voi omatoimisesti säätötoimenpiteitä toteuttamalla säästää energiaa. Monitorointi ja raportointi käyttäjälle, esimerkiksi kiinteistössä olevalla laitteella tai tietokoneeseen tulevalla ohjelmistolla, auttaa käyttäjää identifioimaan turhaan

käyttämänsä energian ja osoittaa omien säästötoimien tehokkuuden. Tämän tyyppisellä ohjelmistolla saadaan yksittäisiä huoneistoja mukaan kuormanohjaukseen, jossa koko asuinalue voi toteuttaa aikarajoituksiin perustuvia säästötoimenpiteitä. (Schneider 2013.)

Visuaalisen palautteen avulla voit näyttää käyttäjille, että heidän ohjauksensa sovelluksessa on tunnistettu, tulkittu ja käsitelty. Visuaalinen palaute voi auttaa käyttäjiä ja kannustaa ohjaukseen. Se ilmaisee, että ohjaus on onnistunut ja saa käyttäjän tuntemaan, että hän pystyy hallitsemaan sovellusta. Lisäksi visuaalinen palaute ilmaisee järjestelmän tilan ja vähentää virheitä. (Microsoft 2013.)

Aktiivisen käyttäjäohjauksen mahdollisuuksia Caverion (2012) mukaan ovat:

- huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus
- huonekohtaisesti säädettävä lämpötila
- lattialämmitys, energiamuotona kaukolämpö
- jäähdytys huonekohtaisesti aktiivijäähdytyspalkeilla, energiamuotona merivesi
- tekniikan etävalvonta ympäri vuorokauden
- ilmanvaihtokoneissa tavallista parempi hyötysuhde
- kotona/poissa -kytkimen käytöllä pienempi energiankulutus



KUVIO 9. Kulutusmonitorointi (Schneider 2013)

Loppukäyttäjälle suunnatun informaatio- ja raportointityökalun laatijan tulee toteuttaa laite- ja ohjelmistoyhteistyötä alueellisen energiaoperaattorin kanssa. Päähuomio alueellisen operaattorin näkökulmasta tällaisen työkalun tekemisessä on loppukäyttäjän mukaanotto ja motivointi energiansäästöön ja kulutushuippujen

leikkaamiseen. Samoin käyttäjää osallistetaan huomioimaan energiavarojen tilanne koko asuinalueella ja oma kulutuskäyttäytyminen niiden ylläpitämiseksi. Riittävän monen käyttäjän yhteisvaikutus aiheuttaa kerrannaisvaikutuksen koko kiinteistöön ja asuinalueelle. (EEPOS 2013a.)

2.12 Loppukäyttäjän toimien vaikutus energiavirtojen hallintaan

Sähkölämmitteisessä omakotitalossa sähkönkulutusta voidaan leikata 30–40 prosenttia vain elintapoja muuttamalla, ilman isoja investointeja. Pienillä teoilla voi siis saada aikaan suuria säästöjä. Olennaista on esimerkiksi välttää yllilämmittämistä ja tilkitä ilmapuodot. Elintavat vaikuttavat energiankulutukseen enemmän kuin talon ikä, talotyyppi ja asukkaiden lukumäärä. Suuri haaste kotien energiansäästölle on, että sähkö ja lämpö ovat näkymättömiä tuotteita. Enemmistö suomalaisista ei tiedä, paljonko sähköä kotona kuluu. Asian hahmottamista auttavat älykkäät sähkömittarit ja muu nykyaikainen IT-järjestelmillä (information technology) toteutettava seuranta. Niiden tietoja käytetään energiaoperaattorin raportointipalveluissa. Asiakas näkee nettisivuilta oman energiankulutuksen ja voi suunnitella kulutusennustettaan tutkiessaan itsenäisiä toimia energian säästämiseksi. Toisaalta alueen operaattori säätää yksittäisen kiinteistön asetusarvoja asiakkaan sallimissa rajoissa. (Sitra 2013b.)

Novedan (2012a) mukaan tutkimukset osoittavat, että loppukäyttäjä säästää eniten energiaa silloin, kun tietää, paljonko sitä kuluttaa. Kuviossa 10 on esimerkki tällaisesta monitoroinnista. Koko aluetta ajatellen yksittäisten käyttäjien kulutus vaikuttaa paitsi kulutushuippuihin, myös koko asuinalueen energiankulutuksen tasoon.



KUVIO 10. Loppukäyttäjän energiankulutuksen monitorointi (Noveda 2012a)

Rakennusten energiatehokas käyttö vaatii myös rakennusten käyttäjiltä sitoutumista energiansäästöön. Energiansäästö edellyttää tehokasta kulutus- ja olosuhdeseurantaa: kun tiedetään rakennuksen energiankulutuksen taso, voidaan koko asuinalueella ohjata energiankulutusennusteita käyttäen. Huoneisto- ja kiinteistökohtaisesta kulutusseurannasta nähdään miten paljon ja mihin aikaan rakennus kuluttaa energiaa. Kulutusseurannan tietoja hyödyntämällä voidaan todentaa tavoitteiden toteutuminen ja löytää ratkaisuja energiatehokkuuden edistämiseksi käytön aikana. (Helsinki 2012.)

Energiansäästö tulee huomioida koko rakennuksen elinkaaren ajan aina tilaajalta rakentajalle ja käyttäjille saakka. Paras lopputulos saavutetaan, kun asetetaan tiukat energiatehokkuustavoitteet, ohjataan ja valvotaan toteutusta, analysoidaan tarkasti rakennuksen energiankäyttö sekä opastetaan käyttäjät oikeille toimintatavoille. Rakennuksen käyttäjien tulee sitoutua energiatehokkaaseen toimintatapaan: tehokkainkaan matalaenergiatalo ei saavuta tavoitteitaan, jos rakennuksen ylläpito ja energiankulutuksen seuranta laiminlyödään. Tämä vaatii tiivistä yhteistyötä koko prosessin ajan. (Helsinki 2012.)

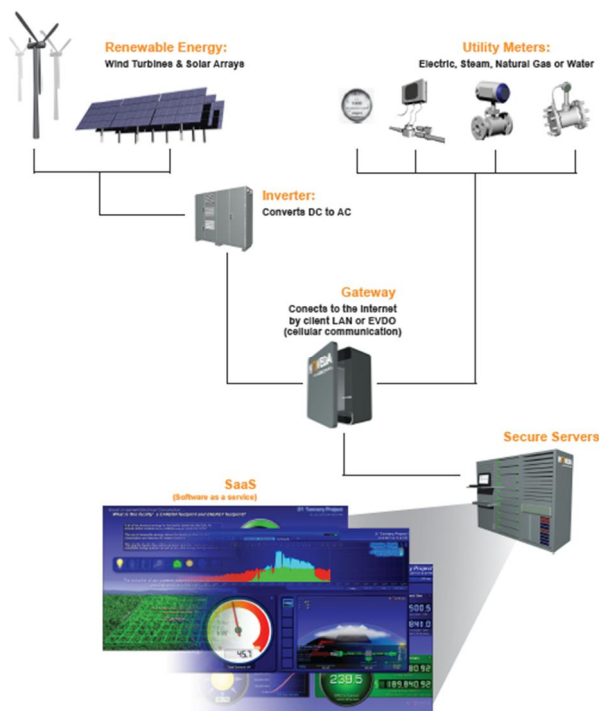
Onnistunut energiahallinta edellyttää Taloyhtio.netin (2011) mukaan, että kiinteistön käyttäjät ja huoltohenkilökunta tietävät kiinteistön kulutus- ja kustannustasot sekä omat vaikutusmahdollisuutensa niihin. Kysymys on viestinnästä. Asukkaiden, kiinteistön muiden käyttäjien sekä kiinteistöhuoltohenkilöstön kulutustottumukset ja motivointi vaikuttavat keskeisesti niin energian- ja vedenkulutukseen kuin energianhallinnan ja säästötoimenpiteiden onnistumiseen.

Energian- ja vedensäästöön tähtäävällä viestinnällä on kolme tavoitetta, joista jokaisen tulisi sisältyä kaikkeen viestintään:

- motivointi
- vaikutusmahdollisuuksien havainnollistaminen
- tulosten seuranta ja palautteen antaminen

2.13 Hälytykset ja niiden perusteella tapahtuva toiminnan ohjaus

Kuviossa 11 on esitetty tietoliikennemalli hälytysten ohjaamiseksi. Mikäli energiantuotannossa tapahtuu odottamaton toimenpide, esimerkiksi tuulimyllyn toiminta lakkaa liian tuulen takia, lähtee järjestelmän mukaisesti hälytys paikallista energiantuotantoa ohjaavalle järjestelmälle (tässä gateway). Loppukäyttäjällä on sopimus hälytyksiä valvovan tahon kanssa. Tyypillisesti tämä toiminto on erillinen jokaisella erillisellä energiantuotantomuodolla, esimerkiksi jos kiinteistöön ostetaan kaukokylmää ja sähköenergiaa, valvovat nämä toimittajat itse omia järjestelmiään. (Noveda 2012b.)

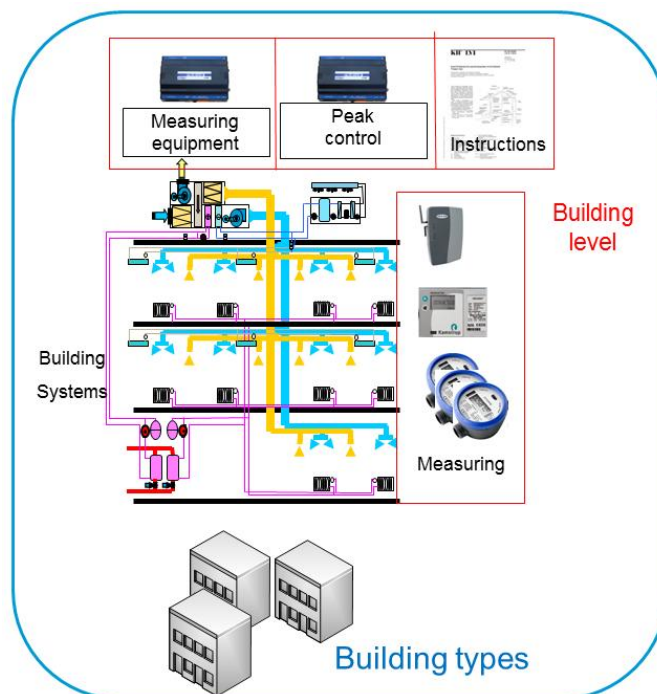


KUVIO 11. Hälytyksiin perustuva toiminnan ohjaus (Noveda 2012b)

2.14 Kiinteistökohtaisen ohjausjärjestelmän konfigurointimäärittely

Järjestelmän konfigurointimäärittelyn perusta on kiinteistötaso. Alkamalla konfigurointimäärittely kiinteistötasolta saadaan esiin peruseriaatteet käyttäjäkohtaisesta hallinnoinnista, ts. mitä asetusarvoja käyttäjä pystyy itse säätämään ja mistä hän saa informaatiota kyetäkseen arvioimaan omaa energiankulutuskäyttäytymistään. (EEPOS 2013a.)

Kuviossa 12 on määritetty kiinteistötason BEMS-järjestelmä. Ylimpänä kuviossa on kuvattuna hallintalaitteisto, jossa mittalaitteita ja kulutushuippuja valvomaan ja säätämään on määritelty erilliset laitteet. Näitä laitteita monitoroi ja ohjaa alueellisen energiaoperaattorin järjestelmä, joka antaa ohjaussignaaleja toimintatasojen muuttamiseksi. Ohjaussignaalit eivät voi ylittää tai alittaa määritettyjä raja-arvoja, jotka sijaitsevat instructions-osuudessa. Ohjeistuksen järjestelmälle saatetaan suurempaan kiinteistöön asettaa oma fyysinen laite, pienemmissä tämä toiminto voi olla osana muuta laitteistoa. Nämä rakennuksen ohjausjärjestelmälaitteet ohjaavat taloteknisiä järjestelmiä ja hyödyntävät mittaustuloksia. (EEPOS 2013b.)



KUVIO 12. Laitesijoittelu ja mittaaminen kiinteistötasolla (EEPOS 2013b)

BEMS-järjestelmässä pyritään siihen, että kaikkea ohjaustietoa ei tarvita alueelliselta operaattorilta, vaan rakennuksen oma järjestelmä pystyy päättämään toimintatasot ja tekemään omia ohjaustoimia. Järjestelmän on kuitenkin oltava tiiviissä yhteistyössä aluetasoiseen energiaohjaukseen esimerkiksi koko alueen energiavarastojen tilannetietoihin sekä energian hintaennusteisiin. (EEPOS 2013b.)

3 ENERGIANTUOTANNON JAKELUTEKNIIKAN VAIHTOEHTOJEN ESITTELY

Erilaisia energiapositiivisen asuinalueen energiatekniikkaan soveltuvia jakeluteknisiä vaihtoehtoja on useita. Tässä opinnäytetyössä valittiin vertailuun kolme vaihtoehtoa, joita voidaan pitää perusvaihtoehtoina aluekohtaisessa energianhallinnassa:

- kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energiantoimittajat
- kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli
- alueellinen energiaoperaattori, aluetason energianhallinta.

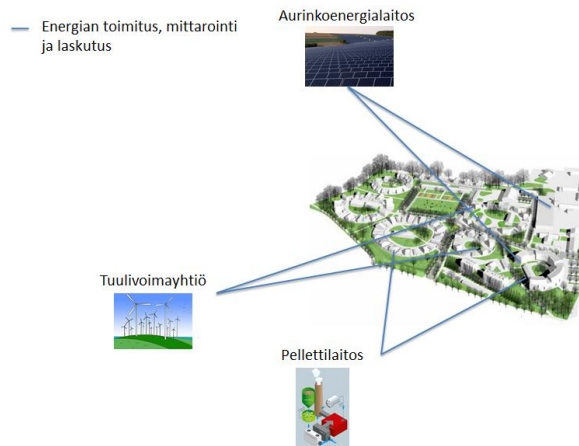
Seuraavassa vertaillaan näiden kolmen vaihtoehtoisen energiantoimitustavan suurimpia eroavaisuuksia käyttäjän ja aluekohtaisen hallinnan kannalta. Kriteeristö suositeltavaan hallintamalliin esitellään sopimusmallien tutkinnan jälkeen. Kriteeristön perusteella suositellaan energiapositiiviseksi aluemalliksi vertailun sopivinta sopimusmallia.

Vertailussa esitetään kuvio, joka muuttuu esitellyn sopimusmallin mukaisesti. Huomattavaa on, että kuvion energiantuotantolaitokset sijaitsevat todellisuudessa alueen sisällä, koska energiapositiivisen asuinalueen määritelmässä uusiutuva energia tulee tuottaa (pääsääntöisesti) alueella. Täten esimerkiksi aurinkoenergialaitoksen tuottama sähkö toimitetaan alueen sisältä alueella sijaitseviin kiinteistöihin. Kuviossa aurinkoenergialaitos on selkeyden vuoksi sijoitettu alueen kuvan ulkopuolelle, jotta energian toimitusten ja laskutuksen toimitustapa (viivat) voidaan esittää selkeästi.

3.1 Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energiantoimittajat

Kiinteistökohtainen sopimusmalli sopimusmalli on tyypillinen yksittäistalojen malli. Siinä yksittäinen taloyhtiö tekee energiatoimitussopimuksen energiantoimittajan kanssa, esimerkiksi sähköyhtiön kanssa. Sähkön toimituksen osalta Suomessa toimitussopimukseen sisältyy kaksi osiota: sähkön siirtosopimus ja sähköenergian toimitussopimus. Lasku tulee käytännössä kuitenkin vain yhdeltä toimittajalta: siltä joka mittarointia hallinnoi ja kykenee täten määrittämään siirtomaksun sekä energian hinnan.

Usein taloyhtiöön toimitetaan eri energiamuotoja. Tunnetuimpia näistä ovat sähkö, lämpö, kylmä, kaasu. Energiasopimukset tehdään usein eri toimittajien kanssa, koska Suomessa harva energiayhtiö toimittaa useita erilaisia energiamuotoja. Yksittäinen taloyhtiö saattaa liittyä alueelliseen kaukolämpöön, hankkia jäähdytysenergian toimituksen sekä sähkötoimituksen näihin erikoistuneilta energiayhtiöiltä. Tällöin taloyhtiö saa kokonaisenergiankulutuksensa selville yhdistämällä eri energiantoimittajien laskutustiedot.



KUVIO 13. Yksittäiset energiasopimukset jakelutekniikoille.

Taloyhtiöillä on ostoenergian lisäksi myös omaa energiantuotantoa, kuten kuviossa 13. Tätä tuotantoa valvomaan taloyhtiö usein ostaa hallintalaitteiston tai tekee huoltosopimuksen alalla toimivan huoltoyrityksen kanssa. Oma tuotettu energia lasketaan mukaan kiinteistön energiataseeseen positiivisena kulutuksena. Kiinteistön pyrkiessä positiiviseen energiataseeseen lasketaan kokonaisenergiankulutus ja tuotettu vuotuinen oma energia vähennetään ostoenergian määrästä. Mikäli ostoenergia on alle puolet kiinteistön energiankulutukseen käytetystä energiamäärästä, on kiinteistö energiapositiivinen.

Esimerkkilaskelma:

Ostettu energia	23000 kWh
Itse tuotettu energia	27000 kWh
Kokonaisenergiankulutus	50000 kWh

Verrattaessa esimerkin ostettua energiaa itse tuotettuun, nähdään itse tuotetun energian olevan yli 50 % kiinteistön kokonaisenergiankulutuksesta, joten kiinteistön energiatase on positiivinen.

Kaikki eri energiantuotanto- ja kulutusmuodot tulee kiinteistön osalta laskea samalla tavoin ja kokonaislaskelmasta nähdään kiinteistön energiatase.

Kiinteistöyhtiön tulee siis arvottaa eri energiankulutusmuotojen laskelmat (sähkön kWh, lämpöenergian m³, kaasun kg jne.) yhtenäisiksi. Voihan olla, että kiinteistö tuottaa reilusti enemmän sähköenergiaa, kuin sitä ostaa; toisaalta taas kiinteistö saattaa käyttää lämmitykseen maalämpöä tuottamatta sitä itse ollenkaan. Tällöin sähkön ja maalämmön kulutukset tulee (etukäteen määritetyin laskelmin) yhdistää, jotta voidaan tutkia kiinteistön energiatase.

Yksittäisten taloyhtiöiden sopiessa energiatoimituksista on otettava huomioon koko asuinalueen energiataselaskelmat. Koska tarkoitus on tarkastella alueellista energiatasetta, tulee jollain keinolla saattaa kaikkien alueen kiinteistöjen energiataselaskelmat yhteismitallisiksi, jotta voidaan laskea koko alueen energiatase. Kokonaislaskenta voidaan toteuttaa monilla eri tavoin. Laskennan menetelmistä tulee tehdä yhteinen päätös alueen kiinteistöyhtiöiden kesken.

Esimerkkejä kokonaislaskennan toteuttamismallista:

- Energiataselaskennat toimitetaan kiinteistökohtaisesti alueen yhteisesti sovituille taholle, joka suorittaa kokonaislaskennan.
- Energiataselaskennat toimitetaan kiinteistökohtaisesti konsultille, joka suorittaa laskennan.
- Alueellinen huolto-yhtiö kerää energiataselaskelmat.

On tärkeää, että energiatasetta tarkastellaan pitkin vuotta, jotta ostoenergian määrän suhde oman tuotannon määrään saadaan pysymään alle puolessa. Mikäli tase näyttää kesken vuotuista tarkastelujaksoa ostoenergian ylittävän tuotannon, tulee toteuttaa toimenpiteitä koko alueen osalta taseen loppusumman saamiseksi positiiviseksi. Koko alueen tulee osoittaa vuoden tarkastelujaksolla positiivista energiatasetta. Tässä sopimusmallissa muutostoimenpiteiden toteutus saattaa olla ongelmallista, koska millään taholla ei ole toimivaltaa kiinteistöyhtiön

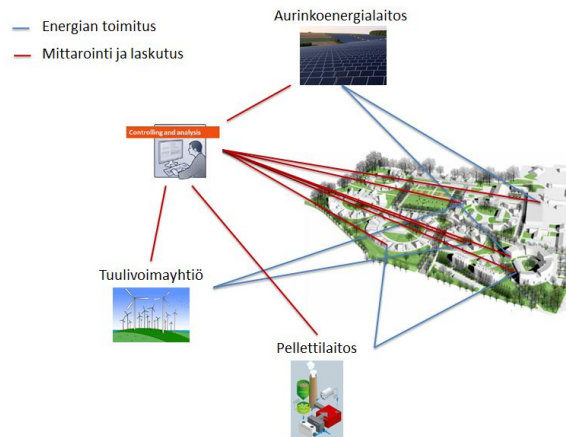
energiankulutuksesta päättämiseksi. Alueen toimijoiden tulee olla erittäin yhteistyökykyisiä ja näkemyksissään samansuuntaisia.

Alueella tarvitaan itse tuotetun energian lisäksi myös alueen ulkopuolelta ostettua energiaa. Tällöin joudutaan tilanteeseen, jossa esimerkiksi kaksi alueella toimivaa sähköyhtiötä sekä yksi ulkopuolinen sähköyhtiö toimittavat samaan kiinteistöön sähköä. Sähkösovimuksenhan voi yksittäinen talous tehdä minkä tahansa operaattorin kanssa, joko alueella toimivan, tai alueen ulkopuolisen yhtiön. Tilanne saattaa olla energiankulutuksen seurannan kannalta ongelmallinen, mikäli kullakin sähkötoimittajalla ei ole omaa laitteistoa mittaamassa samaan kiinteistöön ohjatun sähkön määrää. Kaikkien kolmen sähköyhtiön tulee saada mittarointi ja laskutus luotettavaksi. Ongelman ratkaisemiseksi saatetaan tehdä koko alueen tasoiset yhteiset toimintamallit, joihin jokaisen kiinteistöyhtiön tulee sopeutua. Negatiivisena huomiona tällöin on, että tämäntyyppisellä ongelmanratkaisulla puututaan tässä mallissa oleelliseen loppukäyttäjän vapauteen valita energiatoimittaja.

3.2 Kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli

Suomessa kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli on käytössä pienimuotoisesti joillakin rajatuilla asuinalueilla. Toimintamalli on usein rakennettu jonkin yksittäisen energiatoimituksen tai vaikkapa tietoliikenneyhteyksien toteuttamiseksi. Rajatulla asuinalueella esimerkiksi yksi toimija saattaa hankkia nopean tietoliikenneyhteyden omaan kiinteistöönsä ja jakaa sitä langattomasti lähialueen talouksiin. Samoin joidenkin energiatoimitusten osalta malli on pienessä mittakaavassa Suomessakin käytössä.

Toimitus yhden operaattorin kautta useisiin talouksiin on toteutettavissa minkä tahansa energiamuodon osalta. Tällöin energiamuodosta riippuen itse energian toimitus usein tulee energialaitokselta, laskutuksen ohjautuessa operaattorin kautta. Esimerkiksi sähkö voidaan toimittaa kiinteistöihin usean toimijan välittämänä, kun taas sähkön käytön mittarointi toteutetaan keskusoperaattorin laittein ja operaattorin seuraamana.



KUVIO 14. Energietietomallin mukainen jakelutekniikka.

Energiaoperaattorin malli voidaan toteuttaa joko niin, että alueen kiinteistöyhtiöt sopivat yrityksen, joka hoitaa operaattorin toimia alueella, taikka palvelu ostetaan kilpailutuksen menettelyin määräajaksi. Kuviossa 14 energiaoperaattori hallinnoi mittarointia ja laskutusta. Määräaikaisen operaattorin mallissa laitteistot usein ovat alueen kiinteistöjen omistuksessa ja mittarointiin ja seurantaan käytettävät ohjelmistot toimivat SaaS-periaatteella (Software as Service) kiinteällä kausimaksulla.

Suomessa on yrityksiä, jotka toimivat tällä sopimusmallilla, esimerkiksi Fatman Oy tarjoaa ohjelmistojaan ja konsultointipalveluja kummallakin tässä esitetyn operaattorimallin mukaisesti. Samoin Caverion-konserni on tehnyt ESCO-sopimuksia (Energy Saving Contract) kaupunkien kanssa, jossa energian toimitus- ja laskutusmallit ohjautuvat tämän toimintamallin mukaisesti. Tätä toimintamallia harkitaan usein uudistuotantoalueille, kuten Helsinkiin parast'aikaa rakennettavalle Jätkäsaaren alueelle.

Mikäli kaikki alueen kiinteistöyhtiöt käyttävät samaa energiaoperaattoria, voi operaattorin laskelmista saada selville alueen energiataseen. Oikeanlaisin tietoliikenneyhteyksin ja ohjelmin toteutettu mittarointi ja raportointi on nykymenetelmin toteutettavissa ja tässä mallissa sisällytetty energiaoperaattorin sopimukseen.

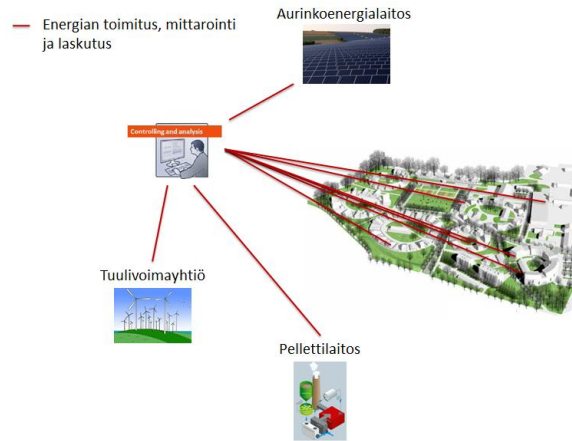
Käyttäjien energiankäyttötapojen muutokset on mahdollista toteuttaa energiaoperaattorin toimenpiteillä. Tosin myöskään tässä mallissa

energiaoperaattorilla ei ole päätäntävaltaa kiinteistöyhtiön päätöksiin, mutta operaattori voi suositella tietynlaisia toimintatapoja. Esimerkiksi operaattorin huomattaessa lämmitykseen käytetyn energiataseen hälyttävästä tilasta, voi operaattori vaikkapa järjestää kiinteistökohtaisen kilpailun, jossa tavoite on hetkellinen tai pysyvämpi lämmitysenergian säästö.

3.3 Alueellinen energiaoperaattori, aluetason energianhallinta

Tässä kuvattua mallia ei ole maailmalla laajasti vielä käytössä. Alueellisia yksittäisten energiamuotojen toimituksiin keskittyviä operaattoreita on jonkin verran olemassa ympäri maailmaa, mutta kokonaisenergiatoimitusmalli yksittäiselle asuinalueelle on vasta kehitteillä. Suurissa teollistuneissa maissa tai alueilla, kuten Euroopassa, USA:ssa, Australiassa ja Brasiliassa, kyseistä mallia on tutkittu ja toimintatapoja määritetty kansallisten tutkimusohjelmien rahoittamissa tutkimushankkeissa. Odotettavissa on siis tämän mallin rantautuminen erityisesti uusien asuinalueiden rakentamisen yhteydessä.

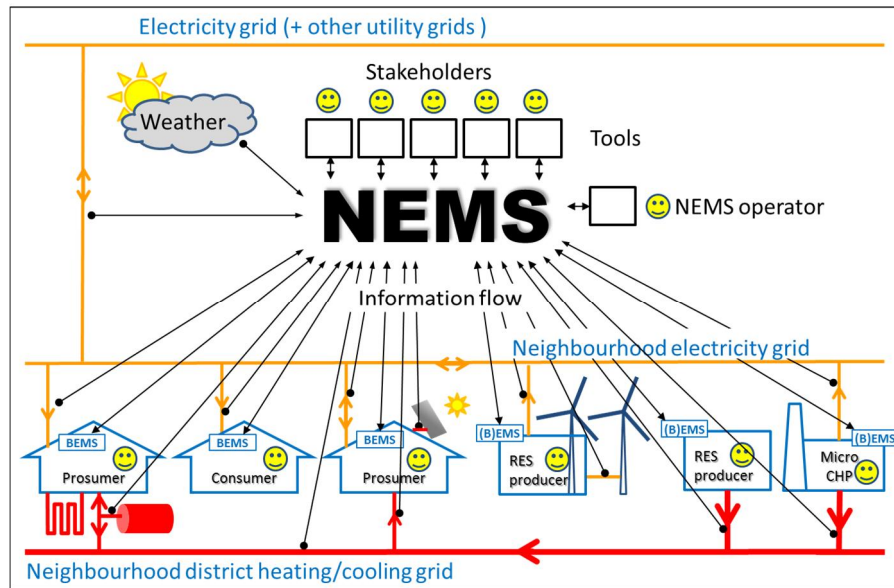
Alueellisen energiaoperaattorin mallissa energiaoperaattorilla on tietoliikenne- ja energiayhteydet kaikkiin alueen kiinteistöihin ja yhteisiin tiloihin, myös esimerkiksi katuvalaistuksen ohjaus tapahtuu energiaoperaattorin ohjelmistoilla. Alueen sisäinen ja ulkoinen energiantuotanto ohjautuu täysin energiaoperaattorin kautta, joka myös solmii sopimukset energiayhtiöiden kanssa. Lisäksi paikallisten Prosumereiden energiantuotantoa ohjataan operaattorin toimesta. Operaattori saattaa huomioida sääennusteen mukaisesti ylihuomista pakkasyötä varten tarpeen täyttää lämmitysenergian varastoja, jolloin se ohjaa sopivaksi katsomiaan tuotantolaitoksia ja yksittäisiä kiinteistöjä tuottamaan ylimääräistä lämpöenergiaa varastointia varten. Pakkasyön koittaessa energiaa tuotetaan kaikissa alueen tuotantolaitoksissa. Määrä kuitenkin ei välttämättä riitä kattamaan kulutusta. Sen sijaan, että alueen ulkopuolelta ostetaan lämpöenergiaa, käytetään etukäteen varastoitua lämpöenergiaa kattamaan pakkasyön ylimääräinen lämpöenergiatarve.



KUVIO 15. Alueellisesti hallittu energian kokonaisjaketietä.

Koko alueen energiataase on kaiken aikaa aktiivisesti seurannassa energiaoperaattorin ohjelmistoilla, kuten on kuvattuna kusiossa 15. Operaattori tarkkailee aktiivisesti kaikkea energian tuotantoa ja kulutusta sekä energiavarastojen tilannetta. Online-seurannalla energiaoperaattori pystyy toimimaan energiataaseen pitämiseksi positiivisena. energiaoperaattori myös hallitsee yksittäisten kiinteistöjen energiantuotantoa ja kulutusta. Mikäli operaattori havaitsee pysyvää tarvetta kasvattaa jotain energiamuotoa, esimerkiksi sähköenergiaa, se omilla aktiivisilla toimenpiteillään järjestää alueelle uutta sähköenergiantuotantoa.

Kuviossa 15 punainen linja kuvaa alueen sisäistä energiaverkkoa, tässä viilennykseen ja lämmitykseen käytettyä putkistoa. Vasemmassa reunassa olevaan kiinteistöön on merkitty lämmitysenergian paikallinen tuotanto: maalämpö ja siitä tuotetun energian varastointilaitteistot. Toisena oikealla oleva kiinteistö on merkintöjen mukaisesti alueellinen lämmön ja viilennyksen tuotantolaitos. Harmaalla väritetty aurinkoenergian tuotantolaitos (kolmas kiinteistö vasemmalta) on liitetty alueelliseen lämmöntuotantoon ja on siis aurinkokeräin. Sinisellä on kuvattu muita paikallisia energiantuotantomuotoja, tässä tuulivoimaa. Tuulivoiman kaltaiset sähköä tuottavat laitokset on kytketty alueelliseen sähköverkkoon, josta on yhteys myös valtakunnalliseen verkkoon. Kolme oikeanpuoleista kiinteistöä ovat tuotantolaitoksia, joista oikeanpuoleisin tuottaa tässä kuviossa sekä lämmitys- ja jäähdytysenergiaa että sähköä.



KUVIO 16. Energiapositiivisen asuinalueen energiavirtojen kuvaus.

Kuviossa 16 määritetty NEMS (Neighbourhood Energy Management System) tarkoittaa alueellisen energian hallinnointia, josta huolehtii NEMS-operaattori. NEMS-järjestelmä on kytketty ICT-tekniikoita hyväksikäyttäen alueen kiinteistöihin ja energiantuotantolaitoksiin, joita NEMS-operaattori hallinnoi. Stakeholders kuvaa eri sidosryhmien vaikutusta alueellisen energian hallinnointiin. Esimerkkejä näistä ovat rahoittajat ja IT-järjestelmiä ja ohjelmistoja tuottavat yritykset. Kuviossa pilvet ja aurinko kuvaavat olosuhdetietoja, joita ICT-järjestelmän ja sen hallinnointiin luotujen ohjelmistojen tulee huomioida säädettäessä yksittäisen kiinteistön ja koko alueen energian ohjausta.

Kuvioon 16 merkitty BEMS kuvaa kiinteistössä toimivaa paikallista IT-järjestelmiin ja automaatioon perustuvaa ohjauskeskusta, joka pystyy kiinteistön tasolla ohjaamaan energianhallintaa ja on lisäksi yhteydessä alueellisen energianhallinnan ohjelmistoihin. Tuotantolaitokset on kuviossa eriytetty valtakunnan verkon sähkön käytöstä. Sen sijaan asuin- ja liikekiinteistöt (Prosumer) on kytketty tuottamaan energiaa sekä alueelliseen että alueen ulkopuoliseen verkkoon.

3.4 NEMS-operattorin toimintamalli

NEMS operator on englanninkielinen nimitys alueellista energiantuotantoa sekä energiavirtojen liikettä hallinnoivalle toimijalle. NEMS-operaattori operoi alueella tuotetun ja alueelle ostetun energian hallinnoijana. Osa energiapositiivisen asuinalueen kiinteistöistä tuottaa vain vähän tai ei ollenkaan energiaa ja nojaa energiankulutuksessa alueen muihin kiinteistöihin. Kun yksittäinen talous kuluttaa energiaa, tulee kulutus ensisijaisesti kattaa rakennuksen tuotannolla. Kiinteistön kokonaiskulutuksen ylittäessä oman energiantuotannon NEMS-operaattorin toimilla ohjataan energiaa kiinteistön tarpeita varten.

Merkittävässä roolissa NEMS-operaattorin toimintakenttää on hallinnoida energiatasetta kaikilla alueen tasoilla. Yksittäisen energian kuluttajan ja tuottajan (esimerkiksi yksittäinen talous) energiataseen hallinta, raportointi ja ohjaustoimet on alun perin pitänyt suunnitella järkeväksi kokonaisuudeksi ja äärimmäisen varmatoimiseksi. NEMS operaattori hallinnoi energiatasetta kaikissa alueen kiinteistöissä mahdollistaen kuorman ohjauksen toimenpiteet, energiakapankäynnin ja energialaskutuksen loppukäyttäjältä. Samoin NEMS-operaattori hallinnoi alueen energian myymistä ja lisäenergian hankkimista koko alueelle, eli toimii kansallisessa energiakentässä.

NEMS-operaattori toimii kiinteässä yhteistyössä myös alueen ulkopuolisten energiatoimijoiden kanssa, joista yksi merkittävä on energiakauppias (Energy broker). Energiakauppias määrittelee energian hintaa ja suorittaa esimerkiksi sähköpörssissä osto- ja myyntitoimenpiteitä. Energiakauppias voi toimia myös energiapositiivisen alueen sisällä määritelleen esimerkiksi kaupankäyntiin liittyviä hintoja ja kulutustottumuksia yhdessä NEMS-operaattorin kanssa.

Rakennusten väliset ja koko alueen tietoliikenteen ja energiaverkkojen liittymärajoitukset, jotka toteutetaan ICT-ratkaisuin, mahdollistavat uudentyyppisten palvelujen ja bisnesmallien kehittämisen. NEMS-operaattori ei pelkästään hallinnoi tietoliikenne- ja energiaverkkoa, vaan kannustaa omalta osaltaan erilaisin toimin energiansäätöihin kiinteistöissä.

Operaattori optimoi ja koordinoi alueen energiankulutusta loppukäyttäjistä koko alueen energiankäytön tasolle. Toiminto edellyttää monitorointia ja mittaamista sekä luotettavaa valvontaa.

Alueellinen energiaoperaattori pyrkii hallinnoimaan ja säätämään ICT-asetuksia löytääkseen optimaaliset säätöarvot yksittäiselle taloyhtiölle huomioiden asiakkaan etukäteen asettamat säätämisen raja-arvot ja asiakkaan muut odotukset. Oleellinen informaatio arvojen säätämiseksi ovat lähiajan ennusteet, esimerkiksi sää-, kulutus- ja käyttäjäennusteet. Käyttäjäennuste tarkoittaa yksittäisen huoneiston kulutusennustetta, vaikkapa tarvetta viilentää runsasikkunaista kulmahuoneistoa kesäkuumalla auringonpaisteisella ilmalla.

Operaattori saattaa hyödyntää myös mahdollisuutta tasata eri käyttötarkoitukseen rakennettujen kiinteistöjen kulutushuippujen leikkaamista siirtämällä kuormaa kiinteistöstä toiseen, vaikkapa talvella päivisin energiaoperaattori voi ohjata kiinteistöjen lämmitykseen käytettävää maalämpöä alueella toimivan uimahallin veden lämmitykseen, vaihtaen ohjauksen pääasiallisesti asuinhuoneistojen lämmitykseen illan saapuessa.

Alueellinen energiaoperaattori päättää toiminnon päälle kytkemisestä ACS:ltä (Automation Control Systems) saamansa informaation perusteella. Resurssien aktivointi voidaan suorittaa joko signaalilähettimillä, taikka aikamääritteisin aktivointitoimin, esimerkiksi energiatariffin muutosten johdosta (yö- ja päivä sähkö). Pitkälle viedyillä ICT-ratkaisuilla operaattori voi vähentää manuaalisen työn määrää automatiikan tehdessä ratkaisuja etukäteen määritetyissä rajoissa ohjaten energiakuormia ja niiden säätöjä.

Erityisesti toimintaa aloittaessa operaattorin kannattaa ajaa aluetta käsisääteisesti melko runsaasti, jotta riittävä määrä kokemuksesta tietoa saadaan kerättyä ennusteiden pohjaksi. Myöhemmässä vaiheessa tarvitaan samoin manuaalisen ohjauksen vaihtoehtoa, jolla saadaan vähintäänkin poikkeustilanteissa toiminnan tasoa rajoitettua. Samoin viranomaistaholta saattaa tulla määräyksiä, joita operaattorin tulee pystyä noudattamaan.

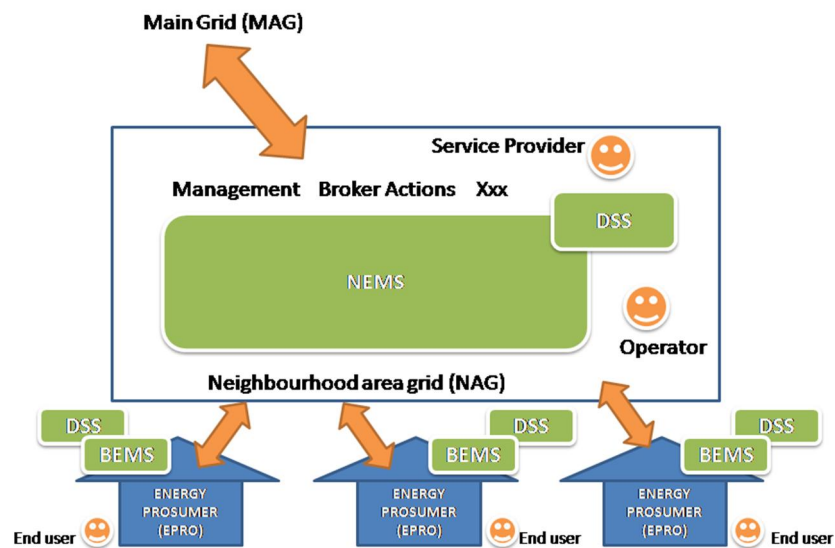
Asuinalueelle voi olla sijoittunut monta energiantuotantolaitosta, joiden tuotantoa alueellinen energiaoperaattori hallinnoi ja ohjaa sinne, missä automatiikka

ilmoittaa suurimman tämänhetkisen tarpeen olevan. Eri rakennukset voivat ilmaista halukkuutta ostaa tai myydä energiaa tietyinä ajankohtana.

Ostohalukkuuteen voidaan määrittää priorisointeja, jolloin koko alueen kannalta voidaan optimoida energiantasausta ja sitä kautta ostoenergian määrää. Energian hinnoittelusta ja energiakaupankäynnistä vastaa energiakauppias. Alueellisella energiaoperaattorilla tulee olla järjestelmässään nähtävissä koko alueen energiantuotantokapasiteetti, jota on voitava hallinnoida ympäri vuorokauden.

Alueellisen energianhallintajärjestelmän toimivuuden kannalta on oleellista, että NEMS-operaattorilla on toimivat ajantasaiset ICT-järjestelmät, joilla se ohjaa kaikkien alueen kiinteistöjen energiankulutuksen ja -tuotannon kapasiteettia reaaliaikaisesti. Energian tuottajille ja kuluttajille tämä tarkoittaa, että NEMS-operaattori edustaa heitä (kiinteistöjä) suhteessa toisiinsa ja valtakunnallisen tason energian ostojen ja myynnin suhteen. Kuviossa 17 alueellisen energiaverkon (NAG = Neighbourhood Area Grid) hallinnointia ohjaa NEMS-operaattori käyttäen järjestelmän monitorointia sekä ennusteita energian ostamiseksi ja myymiseksi valtakunnan verkkoon, hallinnoimansa alueen ulkopuolelle. ICT-järjestelmillä automatisoidut DSS (distributed system service) -toiminnot yksinkertaistavat NEMS-operaattorin toimintamallia suhteessa yksittäisiin energian tuottajiin ja kuluttajiin.

Kuviossa 17 Energy Prosumer (ERPO) on kiinteistöyhtiö, jolla on omaa tuotantokapasiteettia, jonka se ensisijaisesti hyödyntää itse, mutta ylituotantotilanteissa voi joko varastoida tai myydä kiinteistöstä alueen hyödyksi. Mikäli koko alueella energiantuotantomuoto, esimerkiksi sähköntuotanto, hetkellisesti ylittää kulutuksen ja varastot ovat täynnä, ohjataan ylijäämäsähkö markkinahintaisena ulos alueelta. Kiinteistön energiankäyttöä ohjaa BEMS, jonka kanssa NEMS-operaattori kommunikoi käyttäen DSS-palvelua.



KUVIO 17. Energiapositiivisen asuinalueen päätoimijoiden väliset tietojärjestelmäsuhteet.

Näiden kolmen energiapositiivisen asuinalueen päätoimijan lisäksi alueella on joukko muita toimijoita, joiden panostus energiavirtojen määriin ja liikkumiseen on oleellisen tärkeä, mainittakoon näistä esimerkiksi energian myyjät ja ostajat, IT- ja automaatiotoimittajat, järjestelmä ja IT-kehittäjät, talotekniikka- ja palveluyritykset sekä koko toiminnan mahdollistama kaavoitus (viranomaistaho).

3.5 Kriteeristö

Valittaessa energiapositiiviselle asuinalueelle sopivaa energiantoimitusratkaisua tulee miettiä valintaan vaikuttavat kriteerit. Näiden kriteerien pohjalta tehdään päätös toimintamallista. Uudella asuinalueella päätöksen tekijä on investori, joka sijoittaa alueen rakennuskantaan. Olemassa olevan asuinalueen muutos energiapositiiviseksi ja sitä tukevan energiantoimitusratkaisun valinta on monimutkaisempi: tässä tapauksessa on huomioitava omistajat, kiinteistöyhtiöt, energiatoimittajat, vanhat sopimukset sekä kumppanuussuhteet ja sidosryhmät.

Seuraavana on esitelty kriteeristö, jonka perusteella sekä uuden että olemassa olevan energiapositiivisen asuinalueen energiantoimitusratkaisu ja sitä seuraava tietoliikennetarkaisumalli voidaan valita. Lopulliseen valintaan vaikuttavat

kriteerien painotusarvot. Eri painotuksilla saadaan kunkin päätoimijan, esimerkiksi investoinnin, liiketoimintaa parhaiten tukeva ratkaisu selville.

Kriteeristö energijakelun valintaan:

- aluekohtainen energiataseen laskelma saatavilla
- energian kokonaishallinnointi
- yksittäisen kiinteistön energiavirtojen ohjausmahdollisuus ja sen varmuus
- kokonaisenergiankulutuksen tarkkailun helppous kiinteistötasolla
- kokonaisenergiankulutuksen tarkkailun helppous aluetasolla
- hälytysten järjestettävyyden ja käyttökelpoisuus
- ylijäämäenergian myyntimahdollisuudet
- käyttäjän vaikutusmahdollisuus omaan energiankulutukseensa
- käyttäjän tai kiinteistön vaikutusmahdollisuus oman kiinteistön energiantuotantolaitteistojen valintaan
- energian varastointi
- energiavarastojen tilan tarkkailumahdollisuus
- julkisten tilojen energiansäästömahdollisuus (koulut, urheilukeskus, liikekeskus)
- alueen energiantuotantomuotojen ennusteperusteinen ohjausmahdollisuus, esimerkiksi sääennusteet
- mahdollisuus kulutuksen ohjaukseen halvan energian ajankohtaan (kuormanohjaus)
- tietosuojauksen tarve
- järjestelmän muokattavuus energiantuotannossa
- järjestelmän muokattavuus ICT-teknisesti
- uusiutuvan energiantuotannon edistäminen
- rahoitusmalli
- toimittajan intressit kestävän liiketoiminnan mahdollistamiseksi
- mahdollisuus vaikuttaa positiivisin toimenpitein yksittäisten käyttäjien energiankulutusprofiiliin.

Kriteeristöissä on otettu huomioon energialähteiden monimuotoisuus, energiavirtojen ohjauksen toimenpiteet sekä käyttäjän vaikutusmahdollisuudet ja hallituksen energiapoliittinen ohjelma vuodelta 2013. Suomen energiapoliittikalla on kolme peruslähtökohtaa: energia, talous ja ympäristö. Keskeisellä sijalla ovat energian saatavuuden turvaaminen, energian kilpailukykyinen hinta ja EU:ssa yhteisesti asetettujen energia- ja ilmastotavoitteiden toteuttaminen. Myös muiden kestävän kehityksen ja ympäristötavoitteiden integrointi energiatalouteen on toimintaperiaate, joka kriteeristöissä on huomioitu.

1. Aluekohtainen energiataseen laskelma saatavilla

Jotta voidaan todeta alueen olevan energiataseeltaan positiivinen, tulee sen energiatasetta pystyä tarkastelemaan. Tarkastelun helppous loppukäyttäjälle ja koko yhteisölle on yksi peruste pistemäärän arvioimiseksi.

2. Energian kokonaishallinnointi

Tässä kohdassa arvioidaan energianhallinnon helppoutta koko aluetasolla. Samalla arvioidaan, kuinka helposti ja nopeasti energiaa voidaan ICT-järjestelmillä ohjata sitä tarvitseville kiinteistöille.

3. Yksittäisen kiinteistön energiavirtojen ohjausmahdollisuus ja sen varmuus

Arvioidaan, onko mahdollista ohjata kiinteistön energiavirtoja muutoin kuin päällä tai pois päältä-menetelmällä. ICT-järjestelmillä toteutettujen automatisointien mahdollisuus ja helppous ovat perusteita pistemäärän arvioimiseksi.

4. Kokonaisenergiankulutuksen tarkkailun helppous kiinteistötasolla

Tutkitaan, miten helppoa on tarkkailla ja raportoida kiinteistökohtaista kokonaisenergiakulutusta. Kiinteistökohtaisen tarkkailun mahdollisuus helpottaa käyttäjien energiankulutusprofiilien muutostarpeiden selvitystä sekä auttaa koko alueen energiataseen laskennassa. Tässä kohdin otetaan huomioon myös muiden kuin asuinkiinteistöjen tarkkailu.

5. Kokonaisenergiankulutuksen tarkkailun helppous aluetasolla

Koska tutkimustyössä keskitytään alueen energianhallintaan ICT-teknisin keinoin, on aluetasoisesti oltava mahdollista tarkkailla energiankulutusta. Pisteytysperusteet ovat tarkkailun helppous ja sen teknisen toteutuksen mahdollisuus eri vaihtoehdoissa.

6. Hälytysten järjestettävyys ja käyttökelpoisuus

Tutkitaan, onko mahdollista ja tarkoituksenmukaista järjestää hälytyksiä. Samoin selvitetään miten järkevästi niistä saadaan hyötyä loppukäyttäjälle sekä aluetasoisesti energian ohjauksessa.

7. Ylijäämäenergian myynti on mahdollista

Määritetään pisteytysarvo ylijäämäenergian myynnin helppoudessa. Mikäli energian myyntiä voidaan harjoittaa käyttäjän siihen puuttumatta, määritetään suurin pistemäärä.

8. Käyttäjä voi vaikuttaa omaan energiankulutukseensa aktiivisen seurannan avulla

Jotta energiapositiivisuus koko asuinalueella toteutuisi, tulee käyttäjillä olla mahdollisuus seurata oman energiankulutuskäyttäytymisensä vaikutuksia kulutukseen välittömästi tai hyvin pienellä viiveellä. Seuranta on järjestettävä ICT-toiminnoin mahdollisimman yksinkertaiseksi ja mahdollisuuksien mukaan monilla tavoin seurattavaksi. Esimerkiksi asunnossa voisi olla kiinteä seurantalaitte, tai seurannan voisi toteuttaa esimerkiksi televisiosta, kannettavasta laitteesta tai älypuhelimella.

9. Käyttäjällä tai kiinteistöllä on mahdollisuus vaikuttaa oman kiinteistön energiantuotantolaitteistojen valintaan

Alueellinen energianhallinta on ollut toistaiseksi voimakkaasti viranomaissäädeltä. Tällöin käyttäjillä ei välttämättä ole ollut mahdollisuutta vaikuttaa energiantuotantomuotojen valintaan. Energiapositiivisen asuinalueen idea on ohjata ICT-tekniisesti kaikkea energiantuotantoa, jolloin energiamuotojen valinta on suuressa määrin asukkaiden (kiinteistöyhtiöiden) valittavissa.

10. Energian varastointi

Energiapositiivisella asuinalueella tulee olla energiavarastoja, jotta ylijäämäenergiaa ei tarvitse myydä alueelta ulos, vaan on varastoitavissa huippukäyttöä varten. Tällöin kulutushuipun aikana, jolloin energia on

markkinoilla kallista, ei alueelle tarvitse ostaa energiaa. Pisteytys määräytyy energiavarastojen käytön helppouden perusteella.

11. Energiavarastojen tilan tarkkailu mahdollista

Jotta energian varastointi toimii ja on järkevää, tulee energiavarastojen varastointiastetta pystyä kontrolloimaan yksiselitteisesti ja helposti. Pisteytys määritetään sen perusteella, kuinka yksinkertaista ja helppoa koko alueen kiinteistöjen on ohjata ja käyttää energiavarastoja sekä tarkkailla niiden tilaa.

12. Julkisten tilojen energiansäästömahdollisuus (koulut, urheilukeskus, liikekeskus jne.)

Paitsi asuinkiinteistöjä, tulee alueella pystyä ohjaamaan myös julkisten tilojen energiankäyttöä. Energiankäytön ohjauksessa tulee toteutua samat menetelmät ja edut kuin yksittäisten kiinteistöjen ohjauksessa.

13. Alueen energiantuotantomuotojen ennusteperusteinen ohjaus, esimerkiksi sääennusteiden perusteella

Tässä kohdassa tutkitaan vaihtoehtojen mahdollisuutta ohjata ennusteperusteisesti alueen eri energialähteitä. ICT-teknisesti pystytään nykypäivänä ohjaamaan energian varastointia, käyttöennusteita ja energiakuormitusta joustavasti. Tämä joustavuus tulee toteutua energiapositiivisen asuinalueen energiankäytön ohjauksessa. Ohjaukseen käytettävät ohjelmisto- ja tietoliikennetekniset ratkaisut ohjaavat parhaassa tapauksessa käyttö- ja ympäristöennusteiden yhteisvaikutuksesta niin kiinteistöjen energiantuotantoa ja varastointia, kuin käyttäjien kulutustakin.

14. Mahdollisuus ohjata kulutusta halvan energian ajankohtaan (kuormanohjaus)

Arvioidaan mahdollisuutta koko alueen tasolla ohjata kulutusta halvan energian ajankohtaan. Pisteytys määritetään kuormanohjauksen automatisointitasojen mahdollisuuksien perusteella. Suuret pisteet annetaan mahdollisuudelle toteuttaa kuormanohjaus automatisoidusti yhden huoneiston, kiinteistön ja alueen kiinteistöjen tasolla, eli kokonaisuohjauksena koko asuinalueella.

15. Tietosuojauksen tarve

Tietosuojaus on kustannustekijä. Mikäli tarvetta erityisiin tietosuojauksiin ei toimintamallissa ole, voidaan alueelliset ratkaisut toteuttaa kustannustehokkaammin. Tässä kohdin suuret kustannukset ja järjestelmän vaatima monimuotoisuus alentavat pistemäärää.

16. Järjestelmän muokattavuus energiantuotannossa

Energiantuotanto kehittyy ajan myötä. Näin ollen asuinalueen energiantuotantomuotojen muunneltavuus aluetasolla edistää energiankäytön tehokkuutta ja energiataseen ohjausta positiiviseksi. Tässä kohdin arvioidaan, kuinka helppoja muutokset energijärjestelmiin on toteuttaa.

17. Järjestelmän muokattavuus ICT-teknisesti

Energiatekniikkaa ohjataan tietoliikenne- ja ohjelmateknisesti. Uusia energianhallintoihin liittyviä ICT-ratkaisuja kehitetään kaiken aikaa, jolloin olemassa oleviin järjestelmiin on voitava integroida uusia ratkaisuja. Pisteytyksessä arvioidaan uusimpien tekniikoiden käyttöönoton helppous.

18. Uusiutuvan energiantuotannon edistäminen

Tutkitaan eri vaihtoehdot uusiutuvien energiantuotantomuotojen käyttöönottoa ja kehittämistä sekä testausta edistäjinä. Pisteytyksen perusteena on alueellisten kehittämisohjelmien käynnistämisen yksinkertaisuus.

19. Rahoitusmalli

Eri vaihtoehtojen rahoitusmallien joustavuus arvioidaan pisteytyksessä. Tutkitaan myös mahdollisuus saada tutkimusrahoitusta. Mitä joustavammat rahoitusmallit, sitä enemmän vaihtoehto saa pisteitä.

20. Toimittajan intressit kestävä liiketoiminnan mahdollistamiseksi

Tietoliikenne- ja energiantoimittajat saattavat helposti tyytyä ensimmäisenä valittuihin ratkaisuihin ja ovat haluttomia uudistamaan järjestelmiä ja lisäämään kilpailua erilaisia ratkaisumalleja suosiviksi. Tämä on usein vastoin alueen

käyttäjien intressejä, joiden etuna on saada uusista ratkaisuista helppokäyttöisyyttä lisääviä sekä käyttökustannuksiltaan huokeita. Tutkitaan, miten eri vaihtoehdot toteuttavat loppukäyttäjän sananvaltaa kilpailua ja uusia liiketoimintoja edistäviksi ratkaisumalleiksi.

21. Mahdollisuus vaikuttaa positiivisin toimenpitein yksittäisten käyttäjien energiankulutusprofiiliin

Yksittäistä energiankäyttäjää tulee ohjata niin, että kulutustottumukset edistävät alueen energiatasapainon positiivisuutta. Ilman tätä mahdollisuutta energiapositiivisuus ei ole helposti saavutettavissa. Pisteytyksessä arvioidaan, miten vaihtoehdossa toteutuu vaikutusmahdollisuus (jopa pakkotoimet) yksittäisen energiankuluttajan kulutusvalintoihin ja -tottumuksiin.

3.6 Vaihtoehtoverailu

Kullekin määritetylle kriteerille annetaan pisteytys taulukossa 1 sen mukaan, kuinka hyvin kriteeri vaihtoehdossa täyttyy. Kunkin kriteerin kohdalla tutkitaan miltä osin kriteeri täyttyy. Pisteytys on esitetty taulukoituna ja perustuu kriteeristön täyttymiseen. Pisteitä vaihtoehdoille annetaan 0 - 3.

- 0 = kriteeri ei täyty
- 1 = kriteeri täyttyy vähäisessä määrin, asia on toteutettavissa
- 2 = kriteeri / asia voidaan toteuttaa kohtuullisin ponnistuksin
- 3 = kriteeri toteutuu helposti, ilman suuria vaikeuksia ja kustannuksia.

TAULUKKO 1. Vaihtoehtojen vertailu

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
1. Aluekohtainen energiataaseen laskelma saatavilla.	Vaikea toteuttaa, koska vaatii eri energiatoimittajien asuntokohtaisten laskelmien	Vaikea toteuttaa, koska energiatoimittaja ei toimita kaikkea energiaa, vaan	Mahdollista ja asukkaille automaattista. Energiaoperaattori näkee

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
	koostamista sekä kiinteistökohtaisten laskelmien yhdistämistä.	kiinteistöt tuottavat sitä myös itse.	järjestelmästään online-tilanteen energian kokonaiskäytöstä.
2. Energian kokonais-hallinnointi.	Ei toteutettavissa	Toteutettavissa ostetun energian osalta helposti, itse tuotetun energian osalta haasteellisempi, eli kokonaishallinnointi vaatii ajantasaista yhteyttä kiinteistöihin ja alueen energiantuotantolaitoksiin.	Toteutettavissa nykyisillä ICT-järjestelmillä. Seuranta ajantasaisesti toteutettavissa.
3. Yksittäisen kiinteistön energiavirtojen ohjausmahdollisuus ja sen varmuus.	Eri toimittajat ohjaavat energialiikennettä. Kiinteistöllä on oltava oma huoltoliike tähän toimintoon.	Kiinteistöllä on oltava oma huoltoliike tähän toimintoon.	Alueen operaattori ohjaa järjestelmillään kiinteistöjen energiankäyttöä ja energialähteiden valintaa. Lähitulevaisuuden ohjaus mahdollista halvan energian

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
			lähteisiin ja alueella sijaitseviin varastoihin.
4. Kokonais-energiankulutuksen tarkkailun helppous kiinteistötasolla.	Oma tarkkailu, mahdollisuus käyttää eri operaattoreiden järjestelmiä. Seuranta usein jälkikäteistä.	Energiaoperaattori näkee järjestelmistään kokonaiskulutuksen. Seuranta usein käyttäjille jälkikäteistä.	Oma ja alueen operaattorin tarkkailu. Alueen energiaoperaattori tuottaa tarkkailu-dataa automaattisesti. Energiaoperaattori kehottaa oma-aloitteisesti toimenpiteisiin energialaskun pienentämiseksi. Online-seuranta.
5. Kokonais-energiankulutuksen tarkkailun helppous aluetasolla.	Seuranta usein jälkikäteistä ja aluetasolla vaikeasti toteutettavissa, koska vaatii eri lähteistä ja toimittajilta tulevien energiavirtojen tarkkailun yhdistämistä.	Eri lähteistä tuleva data on koostettava yhteen. Toimintoon tarvitaan käyttäjän puuttumista, ei automaattinen. Seuranta jälkikäteistä.	Alueen energiaoperaattori tuottaa tarkkailu-dataa automaattisesti. Energiaoperaattori kehottaa oma-aloitteisesti toimenpiteisiin energialaskun pienentämiseksi. Online-seuranta.

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
6. Hälytysten järjestettävyys ja käyttökelpoisuus.	Toimintahäiriöt usein itse havaittava, esimerkiksi lämmityshäiriö tulee esille kun on kylmä. Eri energiamuotojen operaattoreiden välillä ei ole tiedonjakoa. Korjaukset manuaalisia.	Operaattori saa järjestelmästä hälytykset. Käyttäjille automaattinen, korjaukset mahdollisuus järjestää ennen kuin käyttäjä huomaa häiriön.	Alueen operaattori havainnoi mittalaitteillaan viat ennen kuin ne vaikuttavat asumismukavuuteen. Automaattiset korjaustoimenpiteet.
7. Ylijäämä-energian myynti on mahdollista.	Mahdollista sillä rajauksella, että energiayhtiö sitä on valmis vastaanottamaan. Ei varastointimahdollisuutta oman kiinteistön ulkopuolella.	Energiaoperaattori voidaan velvoittaa hallinnoimaan ylijäämäenergian kaupankäyntiä. Vaatii suuria investointeja, joihin alueen kaikkien kiinteistöjen on suostuttava.	Mahdollista. Jos oman energiavaraston kapasiteetti ylittyy, hoituu varastointi alueen muihin energiavarastoihin automaattisesti operaattorin ohjausjärjestelmän avulla.

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori alueen energianhallinta
8. Käyttäjä voi vaikuttaa omaan energiankulutukseensa aktiivisen seurannan avulla.	Mahdollista. Kukaan ei muistuta käyttäjää omaseurannasta. Kiinteistökohtainen seuranta samoin kustannuksin kuin muissa vaihtoehdoissa.	Mahdollista. Operaattorilta tulee informaatiota kulutuksen poikkeamista, usein jälkikäteen.	Mahdollista. Operaattorilta tulee informaatiota kulutuksen poikkeamista ajantasaisesti.
9. Käyttäjällä tai kiinteistöllä on mahdollisuus vaikuttaa oman kiinteistön energiantuotanto-laitteistojen valintaan.	Mahdollista sillä rajauksella, että energiayhtiöllä on tuki valittujen energiantuotanto muotojen hallinnointiin.	Vapaa valinta. Rakennuksen BEMS ohjaa rakennuksen sisäistä energiantuotantoa ja energian ylijäämän myyntiä	Vapaa valinta. Rakennuksen BEMS ohjaa rakennuksen sisäistä energiantuotantoa ja energian ylijäämän myyntiä ja alueen operaattori varastointia.
10. Energian varastointi.	Käytännössä mahdollista vain kiinteistön omiin varastoihin.	Mahdollisuus ohjata ylijäämäenergia alueen varastoihin. Toteutettavissa erillisellä	Automaattinen alueen energia-operaattorin hallinnoima järjestelmä.

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
		sopimuksella alueen operaattorin kanssa. Alueen kaikkien kiinteistöjen on osallistuttava järjestelmään.	
11. Energiavarastojen tilan tarkkailu mahdollista.	Vain omassa hallinnassa olevien energiavarastojen tarkkailumahdollisuus.	Yksittäinen kiinteistö ei saa tietoa energiavarastojen tilasta.	Kiinteistö tietää ajantasaisesti koko alueen energiavarastojen tilan.
12. Julkisten tilojen energiansäätömahdollisuus (koulut, urheilukeskus, liikekeskus jne.)	Ei mahdollista.	Mahdollista tehdä erillinen sopimus alueen operaattorin kanssa, Aluekohtainen tiedon koostaminen työlästä (osin manuaalista).	Energiaoperaattori ohjaa näitä kuten mitä tahansa alueen kiinteistöjä. Toiminto automaattista.
13. Alueen energiantuotanto -muotojen	Ei toteutettavissa.	Vaikea toteuttaa, koska alueen operaattori ei	Automaattisesti toteutettavissa ja oleellinen osa

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
ennusteperusteinen ohjaus, esimerkiksi sääennusteiden perusteella.		ohjaa kaikkea alueella käytettyä energiaa eikä täten myöskään energiantuotantoa.	alueen energia-operaattorin toimintamallia.
14. Mahdollisuus ohjata kulutusta halvan energian ajankohtaan (kuorman-ohjaus).	Toteutettavissa käytännössä vain asuntokohtaisesti käyttäjän omilla toimenpiteillä.	Toteutettavissa. Alueen operaattori ohjaa kulutusta. Käyttäjän toimilla suuri vaikutus, johon alueen operaattorilla vain vähän vaikutusmahdollisuutta.	Automaattisesti toteutettavissa ja oleellinen osa alueen energia-operaattorin toimintamallia.
15. Tietosuojauksen tarve.	Ei suurta tarvetta tietosuojalle. Eri operaattorit hallinnoivat omia järjestelmiään kiinteistössä.	Tietosuojaukselle on tarve. Vaatii sekä operaattorin että käyttäjien omien järjestelmien suojausta.	Tietosuojaukselle on tarve. Koko alueen ohjausjärjestelmän tulee olla suojattu tietoturvaloukkauksilta. Yksittäisellä käyttäjällä on osittainen vastuu oman kiinteistönsä energianohjauksen suojaamisesta.

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energiantoimittajat	Kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
16. Järjestelmän muokattavuus energiantuotannossa.	Yksittäisellä käyttäjällä ei juurikaan mahdollisuuksia vaikuttaa, paitsi omalla kustannuksellaan, jolloin tulee rakentaa myös uusi ohjausjärjestelmä.	Muokattavissa niiltä osin kuin alueellinen energiaoperaattori hallinnoi järjestelmiä. Kiinteistön omat järjestelmät jäävät kiinteistön omalle vastuulle.	Täysin muokattavissa. Energiaoperaattori tarkkailee alueen järjestelmiä ja tekee muutoksia ilman, että käyttäjien on tarve osallistua päätöksiin ja kustannuksiin (paitsi suurissa investoinneissa).
17. Järjestelmän muokattavuus ICT-teknisesti.	Muokattavissa käyttäjien omalla kustannuksella. Käytännössä tarkoittaa järjestelmän osittaista uusimista.	Alueen operaattorin tulee hyväksyttää kaikki muutokset ja niiden kustannukset käyttäjillä. Tämä saattaa olla hankalaa, koska vaatii yhteispäätöksiä.	Skaalattavissa. Järjestelmien lisäys ja muutos kustannusvaikutuksiltaan käyttäjälle pieni. Energiaoperaattori esittää automaattisesti muutostarpeita mittausdatan analysointiin perustuen.

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energiantoimittajat	Kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
18. Uusiutuvan energiantuotannon edistäminen.	Käyttäjien valittavissa. Koko kiinteistön käyttäjien tulee suostua muutosten kustannukseen.	Käyttäjien valittavissa. Koko kiinteistön käyttäjien tulee suostua muutosten kustannukseen.	Energiaoperaattori voi ottaa uusia energiantuotantolaitoksia ja energiamuotoja. Ei riippuvainen suuressa määrin kuluttajien päätöksestä.
19. Rahoitusmalli.	Yksinkertainen, helppokäyttöinen. Ei suurta tarvetta isojen kustannuksen kattamiseen lainarahalla.	Kiinteistö päättää rahoitusmallista. Usein muutokset hankalia.	Käyttäjältä vaaditaan aktiivisuutta edullisen rahoitusaseman toteutumiseksi. Rahoitus sovitaan erillisen rahoittajan kanssa alussa, muutosneuvottelut jäävät energiaoperaattorin hoidettaviksi, jolloin käyttäjältä ei tarvita päätöksiä.

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
20. Toimittajan intressit kestävän liiketoiminnan mahdollistamiseksi.	Toimittaja myy järjestelmän ja mahdollisesti huolehtii raportoinnista. Toimittajalla ei suurta intressiä edistää liiketoiminnan kehittämistä, koska se aiheuttaa usein kilpailutusta.	Energiantoimittajalla ei suurta intressiä edistää liiketoiminnan kehittämistä, koska se aiheuttaa usein kilpailutusta.	Energiaoperaattorilla on intressi saada järjestelmä mahdollisimman automaattiseksi ja toiminnan laatu tasaiseksi. Operaattorin tuotto kasvaa, mikäli saa järjestelmän tekemään itse (automaattisesti) päätökset. Edistää täten uusien ratkaisujen etsimistä. Energian säästökohteiden löytyminen edistää myös operaattorin liiketoiminnan tuottoa.
21. Mahdollisuus vaikuttaa positiivisin toimenpitein yksittäisten	Loppukäyttäjän omasta halusta kiinni.	Energiaoperaattorilla on mahdollisuus osoittaa käyttäjälle	Automaattisesti toteutettavissa. Oleellinen osa alueen energia-operaattorin

(jatkuu)

Taulukko 1. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
käyttäjien energiankulutus-profiiliin.		(jälkikäteen raportoiden) tapoja energialaskun pienentämiseksi.	toimintamallia. Operaattori ohjaa aktiivisesti käyttäjää. Muutokset ovat välittömästi käyttäjän ja operaattorin nähtävissä.

Taulukossa 2 esitetään yhteispisteet. Pisteet ovat taulukon 1 mukaisten selvitysten perusteella annettu kullekin kysymykselle.

TAULUKKO 2. Vaihtoehtojen numeroarviointi

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori aluetason energianhallinta
1.	1	2	3
2.	0	1	3
3.	1	2	3
4.	1	1	3
5.	1	1	3
6.	2	3	3
7.	1	2	3
8.	3	3	3
9.	2	2	2
10.	1	1	3
11.	1	1	3
12.	0	3	3
13.	0	2	3
14.	2	3	3
15.	3	2	1
16.	1	2	3

(jatkuu)

Taulukko 2. (jatkuu)

Kriteeri	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori alueen energianhallinta
17.	3	2	3
18.	2	2	3
19.	3	2	2
20.	1	1	3
21.	1	3	3

Taulukkoon 3 on koostettu yhteispisteet. Yhteispisteiden perusteella voidaan tehdä valinta alueellisesti suositeltavasta sopimusmallista.

TAULUKKO 3. Vaihtoehtojen yhteispisteet

	Kiinteistökohtainen sopimusmalli, eri energian-toimittajat	Kiinteistökohtainen energia-operaattoria hyödyntävä sopimusmalli	Alueellinen energiaoperaattori alueen energianhallinta
Yhteispisteet	29	41	59

3.7 Suositeltu energianhallintamalli energiapositiiviselle asuinalueelle

Suosittelen energianhallintamalliksi yhden alueellisen operaattorin (NEMS-operaattori) hallinnoimaa mallia. Kriteeristön mukaisessa pisteytyksessä tämä vaihtoehto sai 59/63 pistettä.

Heikoimmat arvosanat tämä toimintamalli sai rahoituksen järjestämisen monimutkaisuudesta, tietosuojauksen kustannuksista ja yksittäisen käyttäjän vaikutusmahdollisuuksista kiinteistön energiantuotantotavan valintaan.

Parhaimmat arviot alueellisen energiaoperaattorin malli sai energian hallittavuudesta ja käyttäjän ohjauksesta sekä mahdollisuudesta vaikuttaa käyttäjän energiankulutustottumuksiin.

3.8 Perustelut suositellulle mallille

Suunnitteluvaiheessa alueen kokonaisnäkemys otetaan huomioon vain keskitetysti rakennetussa järjestelmässä. Tällöin alueellisen energiaoperaattorin hallinnoima malli on käyttökelpoisempi, koska tässä mallissa suunnittelu alkaa normaalin kaupunkisuunnitteluprosessin mukaisesti suunnittelemalla alueen kokonaiskäyttö ja kapasiteetti. Yksittäisjärjestelmä rakentuu osa kerrallaan, jolloin etukäteen on vaikea nähdä kokonaisuutta. Suunnittelun pohjana käytetään alueellisen operaattorin tapauksessa kokonaisenergiasuunnitelmaa, jonka kehittämisessä energiaoperaattori on mukana. Täten operaattori voi ottaa huomioon skaalautuvuuden ja uudistuvat energiamuodot sekä huolto- ja korjaustoiminnan. Tämä nimenomaan siinä tapauksessa, että energiaoperaattori osallistuu alueen rakentamiseen, kuten valitussa vaihtoehdossa. Tämä ei toteudu vaihtoehdolla 2 (Kiinteistökohtainen energiaoperaattoria hyödyntävä sopimusmalli). ICT-suunnittelu tulee energiapositiivisessa alueessa olla kokonaisuutena hallittua ja tämä toteutuu parhaiten yhden pääoperaattorin mallilla.

Rakentamisvaiheessa alueen energiaoperaattori toimii aktiivisesti alueelle suunnitellun energiakapasiteetin aikaansaamiseksi sekä energiavarastojen riittävyyden takaamiseksi. Nämä toiminnot käytännössä puuttuvat yksittäishallitusta järjestelmästä, jolloin alueellisen kuormanohjauksen hyöty jää saamatta ja vaikuttaa energiakustannuksiin merkittävästi. Samoin kiinteistökohtaisessa energiaoperaattoria hyödyntävässä sopimusmallissa operaattori otetaan toiminnassa huomioon vasta kiinteistöyhtiöiden jo toimiessa alueella. ICT-ohjausten kokonaissuunnittelu on mahdollista vain yhden pääoperaattorin mallissa.

Käytön aikana alueellinen energiaoperaattori hallinnoi keskitetysti järjestelmää. Käyttäjänohjaus toimii automaattisten ICT-järjestelmien avulla. Vikatilanteet huomataan usein ennen kuin niillä on vaikutusta loppukäyttäjän energiaolosuhteisiin. Ennusteet tulevasta koko alueen energiankulutuksesta yhdessä energiavarastoinnin kanssa vähentävät ostoenergian tarvetta ja näin alentavat asumiskustannuksia.

Järjestelmän uusinnan tullessa ajankohtaiseksi loppukäyttäjällä on mahdollisuus joko maksaa kausimaksuja taikka ostaa jokin järjestelmä omalla investoinnilla. Järjestelmän hallinnointi on kuitenkin aina alueellisella operaattorilla. Omassa omistuksessa olevien laitteistojen hankinnassa on mahdollisuus käyttää rahoitusmekanismeja. Investointikuluista asennus-, huolto- ja vikahälytysten kustannukset kohdistuvat operaattorin laitteistoihin, jolloin operaattori pystyy hallinnoimaan myös laiterajapintaa. Täten alueellisen energiaoperaattorin hallitsema järjestelmä on helpommin ja loppukäyttäjän kannalta edullisemmin uusittavissa ja skaalattavissa.

4 ALUEELLISEN ENERGIAOPERAATTORIN HALLINNOIMIEN JÄRJESTELMIEN KEHITYS

Tässä tutkimusosiossa luodaan katsaus alueellisen energiaoperaattorin hallinnoimien järjestelmien liiketoimintamalleihin, järjestelmäkehitykseen sekä yhteiskunnan tarjoamiin tutkimus- ja kehityshankkeisiin. Ilman näitä näkökohtia on vaikea nähdä kyseisten järjestelmien yleistyvän.

Osiossa tutkitaan myös Euroopan laajuisia tulevaisuuden näkymiä mallin käyttöönoton edistämiseksi. Energiankäyttö ja sen ohjaustoimet eivät ole vain kansallinen valinta, vaan EU:n energiapolitiittisen ohjelman mukaisesti energian hallittavuuteen tähdätään yhtenäistämällä toimintamalleja koko unionin alueella.

4.1 Alueelliseen energiaoperaattorin hallintamalliin kohdistuva tutkimus- ja kehitystyö

Euroopan Unioni on rahoittanut useita tutkimushankkeita alueellisten energiapositiivisten järjestelmien rakentamiseksi ja määrittämiseksi. Tässä opinnäytetyössä on käytetty tietolähteenä muun muassa EEPOS-hanketta EU Framework Program 7:ssä. Vuonna 2014 EU:ssa toteutetaan 10 miljardin euron rahoituskokonaisuus samaan aihealueeseen liittyen. Hankekokonaisuus tunnetaan nimellä EU Horizon 2020. Tutkimustyön rahoitus EU-ohjelmissa muodostuu niin, että voittoa tuottamattomat ja PK-yritykset saavat rahoitusta noin 80 %, suuryritykset noin 70 % hankekuluistaan.

Kansallinen ja kansainvälinen tutkimustyö energiatehokkuuden osalta kohdistuu tässä työssä valittuun toimintamalliin ja sen edelleen kehittämiseen. Valtiot, Suomi mukaan lukien, ovat lainsäädännöllisin keinoin mahdollistaneet alueelliseen energianhallintaan liittyviä ratkaisuja luoden esimerkiksi paikallista energiakauppaa koskevaa lainsäädäntöä. ICT-tekniset säädökset ovat jo aiemminkin mahdollistaneet työssä kuvatuslaisen toimintamallin kaupallistamisen. Myös tietotekniset laitteistot ja ohjelmistot ovat kehittyneet mallia tukeviksi vuosien aikana.

4.2 Kaupalliset mahdollisuudet

Suomessa joulukuussa 2013 uutisoitiin maan kattavimman sähkönsiirtoverkon myynnistä osin ulkomaiseen omistukseen. Sähköverkon omistaja Fortum totesi valtakunnallisen sähkönsiirtoverkon ylläpidon kannattavuuden olevan yritykselle tulevaisuudessa liian pieni. Eräs merkittävä tekijä tässä Fortumin arviossa lienee Euroopan union tavoite lähitulevaisuudessa tuottaa pääosa energiasta käytön lähellä. Tällöin valtakunnallisten energiaverkkojen käyttöaste vähenee ja sen johdosta tuotto-odotukset heikkenevät. Suomen hallitus linjasi vuonna 2008 omia tavoitteitaan tähän EU-strategiaan nähden ja maakunnat ovat johtaneet siitä omat tavoitteensa. Esimerkiksi Kanta-Häme on päätenyt tavoitteeseen: 70 % maakunnan energialähteistä on vuonna 2035 alueellisesti tuotettua uusiutuvaa energiaa.

Tekesin Fiksu kaupunki -ohjelmassa 2013 - 2017 haetaan ja käynnistetään 3 - 6 pilottihanketta eri puolilla Suomea. Nämä hankkeet voivat liittyä esimerkiksi lähien energiaan, avoimeen dataan perustuviin älykkäisiin ratkaisuihin tai hiilijalanjäljen pienentämiseen. Tekesin Groove-ohjelma tukee uusiutuviin energioihin liittyvien ratkaisujen kehittämistä ja apua pk-yritysten kansainvälistymiseen, kohdemaina Saksa, Kiina ja Brasilia.

Suomeen on jo nousemassa useita ekologisesti kestäviä, hiilineutraaleja asuinalueita ja kaupunginosia. Esimerkiksi Tampereelle Näsijärven rannalle on suunnitteilla Nurmi-Sorilan kaupunginosa, jossa kasvihuonekaasupäästöt saavat olla korkeintaan 20 prosenttia tamperelaisten vuoden 1990 keskimääräisiin päästöihin verrattuna. Tämä vaatii paitsi energianerokasta tekniikkaa, myös tavoitteita tukevia viisaita ICT-tekniikoita ja ohjelmistoja.

Tässä esitettyjen tavoitteiden johdosta voidaan todeta kaupallisten mahdollisuuksien näyttävän hyviltä alueellisen energiaoperaattorin toimintamallille. Alkuvaiheessa alueelliset energiaoperaattorit saavat myös investointi- ja tutkimustukea, joten liiketoiminnan kannattavuudelle luodaan valtiovallan toimesta hyvä pohja.

4.3 Alueellisesti hallitun ICT-järjestelmän automatisointi

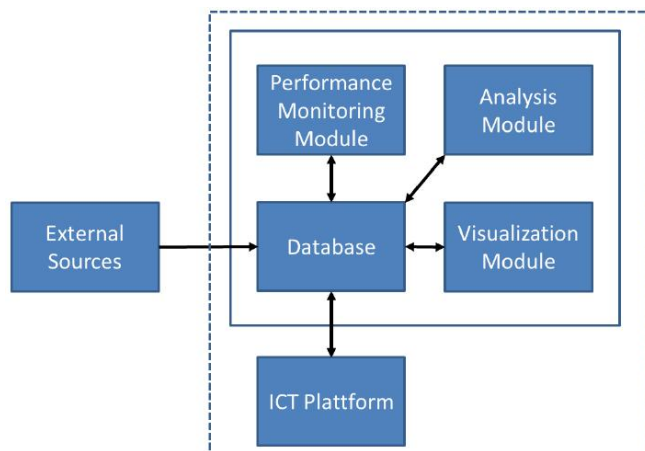
Yhden pääoperaattorin hallinnoima alueellinen ICT-järjestelmä kannattaa automatisoida alimmasta tasosta (kiinteistötasosta) lähtien. Pyrittäessä energiapositiivisuuteen kiinteistöä tulee ohjata käyttäjän etukäteen määrittelemien arvojen automaattisesti, ilman käyttäjän taikka operaattorin päivittäistä myötävaikutusta. Tällöin alueen energiaoperaattorin tulee suunnitella ja ohjata energiavirtoja ICT-tekniikkaa hyväksikäyttäen alueen kokonaistaloudellista hyötyä ajatellen.

ICT-järjestelmän automatisoinnin peruspilareita on kiinteistökohtainen toiminnan ohjaus. Energiapositiivisella alueella se tarkoittaa alueen operaattorin kykyä tutkia yksittäisen kiinteistön energiankulutusta (ehkä jopa yksittäisen asuinhuoneiston), tehden säätöjä, joilla voidaan toteuttaa yhtäläisesti kiinteistön tai asunnon haltijan tavoitetaso ja koko kiinteistölle määritetty tavoitetaso.

Alueellinen operaattori saa järjestelmästä tiedon kiinteistön eri energialähteiden kulutuksesta ja toimii etukäteen määritettyjen säätöjen mukaisesti tuottaen esimerkiksi kyseiselle kiinteistölle soveltuvan maalämpö-sähköenergiaratkaisun. Tietoliikennejärjestelmä raportoi energiakulutuksen ohella kiinteistön ennusteen mukaisen energiatarpeen, josta alueen energiaoperaattori automatisoiduin toiminnoin tukee. Mahdollinen kiinteistön energiatuotannon ylittävä käyttö katetaan alueen muista energiantuotanolaitoksista. Koko alueen energiantuotannon ylittävä energiantarve kustannetaan lisämaksuin alueen ulkopuolisen energiantuottajan kanssa sovituin hinnoin.

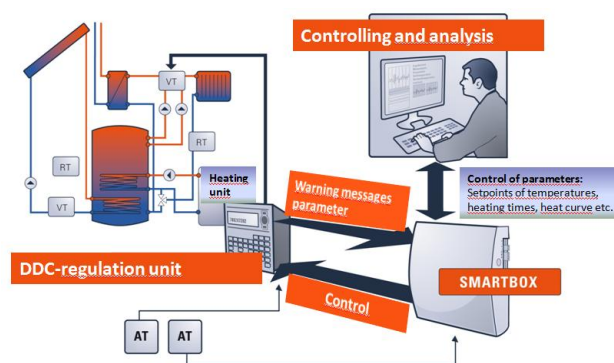
Toisella tasolla alueellisessa energianhallinnassa on määritettävä datan siirto- ja varastointimenetelmät. Kuviossa 18 on kuvattuna järjestelmä, jossa kaikki energianhallintaan liittyvät laitteet ja ohjelmistot ovat toistensa suorituksesta riippuvaisia. Laitteet myös jossain määrin muodostavat oman käsityksensä mittaamastaan ja välittämästään tiedosta. Jotta kokonaisnäkemys energianhallintaan liittyvästä tiedosta säilyy, on tiedon tallennuspaikan oltava koko alueen yhteinen. Toki se voidaan ICT-menetelmin monistaa ja varmentaa. Järjestelmän hyötynä on, että ainoastaan database-moduuli on kytkettynä

ulkopuolisiin järjestelmiin. Täten alueen sisäinen energianhallinta on turvallisempi sekä helpommin hallittavissa ja ohjattavissa.



KUVIO 18. Mittarointimenetelmän jaottelu.

Kuvoissa 19 on esitetty aurinkokennon tuotantoon liittyvä laitteisto sekä siihen ohjauksellisesti kytkettävät järjestelmät. Automatisointi edistää henkilöstön puuttumista yksittäisen aurinkopaneelikennoston energiantuotantoon. Tällaisia tuotantolaitoksia energiapositiivisella alueella voi olla hyvinkin runsaasti, jolloin on pakollista suunnitella niiden sekä yksittäisen rakennuksen että koko alueen kattava ohjausautomaatiikka.



KUVIO 19. Aurinkokeräinjärjestelmän automatisointimäärittely.

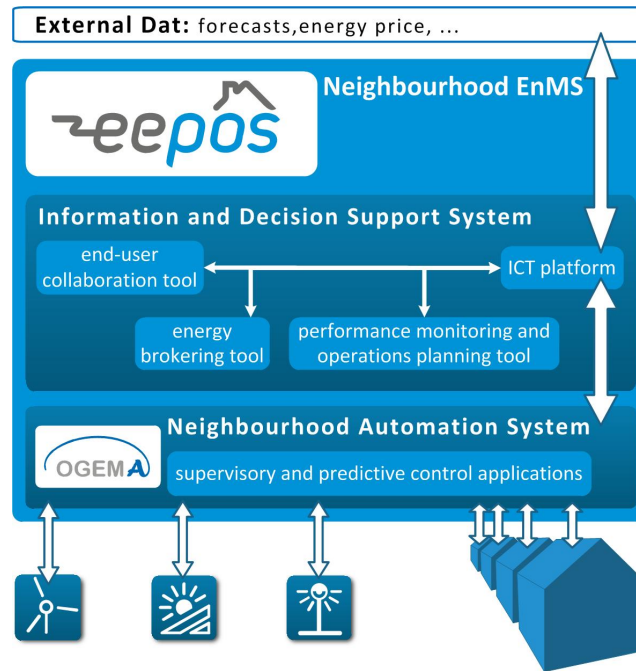
4.4 Energiaverkon toimijoiden tietoliikennetkaisuun määrittely

Tutkimuksessa kartoitettiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja alueen toimijoiden tietoliikenteen toteuttamiseksi. Tutkimuksen pääpaino tietoliikennetkaisuun suhteen oli löytää energiavirtojen hallintaan soveltuvia ratkaisumalleja.

Rakennusten, yritysten, tuotantolaitosten ja yksittäisten asukkaiden yksittäiskäyttöön ja liiketoimintaan käytettävät internetyhteydet on toteutettavissa kyseisen käyttäjän omien valintojen mukaisesti. Tällaisia alueen energiavirtojen ohjaukseen vaikuttamattomia tietoliikenneyhteyksiä ei ole järkevä yhdistää alueen eri operaattorien yhteyksiin, joilla ohjataan alueen energiavirtojen toimintaa. Internetyhteydet voisi sisällyttää myös alueen muuhun tietoliikenteeseen, mutta tällöin alueella tulee käytännössä olla oma internetliikennettä operoiva toimija. Kustannusteknisesti tällainen toiminta saattaa olla järkevää, mutta juuri tällä hetkellä markkinoilla on erityyppisiä sisältöpalveluja kytketty eri operaattoreiden verkkoon, jolloin yhteisen operaattorin nähdään rajoittavan loppukäyttäjien viihde- ja hyötypalvelujen käyttöä.

Perusratkaisuna alueellisessa tietoliikenneverkostossa on valinta fyysisen toteutuksen (physical layer) vaihtoehtojen välillä. Tässä ratkaisussa päätetään, mitkä toiminnot tulevat toteutettavaksi kiinteillä yhteyksillä, mitkä langattomasti. Ratkaisuvaihtoehtoja punnittaessa on muistettava, ettei energiapositiivinen alue rajoitu pelkästään paikalliseen asuinalueeseen, vaan määritelmän mukaisesti esimerkiksi alle 100 km:n etäisyydellä toimivasta biovoimalaitoksesta hankittu energia luetaan mukaan energiapositiivisen alueen energiaratkaisuun.

Kuvion 20 mukaisesti alueellisessa energiaratkaisussa pääpaino on energiavirtojen hallinnoinnissa ja energiantuotannon, -varastoinnin hallinnassa sekä rakennusten ohjauksessa. Kuvion EEPOS-järjestelmässä on valittu Ogema-ohjelmisto alueen automaattisten ohjustoimintojen hallintatyökaluksi. Kaupallisia yleisesti saatavilla olevia sovelluksia ei markkinoilla vielä ole kehitetty, vaan muutama tähän toimintoon tarkoitettu ohjelmisto on äskettäin määritelty ja aina räätälöitävä alueen operaattorin tarpeiden mukaisesti.



KUVIO 20. Alueellisen ICT-ohjausjärjestelmän kuvaus.

Kuviossa 20 on esitetty kaikki perusmäärittelyn alaiset toiminnot alueellista energianhallintaohjelmistoa suunniteltaessa. Ohjaustoimintojen tulee ottaa huomioon alueen ulkopuolelta saatava ohjausdata, tässä esimerkissä alueen ulkopuolinen energia hintatietoineen ja -ennusteineen sekä ennakoivat säätiedot, joita tarvitaan alueen energiantuotannon ja -varastoinnin ohjauksessa.

Kuvion 20 keskeisissä osissa on määritelty ne toiminnot, jotka liittyvät ICT-alustaan. Siihen oleellisena osana kuuluvat alueen energiavirtojen seuranta, tilan muutokset sekä ennusteiden mukaisten toimien toteuttaminen. Esimerkiksi jos odotettavissa on pakkasyö, varastoidaan lämmitysenergiaa edellisenä päivänä alueen lämpöverkkoon tavallista enemmän. Myös käyttäjän ohjaustoiminnot määritetään ja niitä tarkkaillaan ICT-alustaan rakennetuilla ohjelmistoilla. End user collaboration tool mahdollistaa käyttäjille annettavan informaation omasta energiakäyttäytymisestään sekä suositusten perusteella energiakustannusten sääntämiseksi käyttäjäkohtaisesti. Tyypillisesti esimerkiksi voidaan seinässä olevan paneelin avulla kertoa käyttäjälle, että vähentämällä ilmavirtauksia käytävätiloissa, voidaan asunnon lämpöä nostaa 0,5 asteella, jolloin 21 asteen ylläpitolämpötilaan ei tarvita niin paljon ostoenergiaa kuin tällä hetkellä käyttäjä kuluttaa. Energy brokering tool on räätälöity työkalu alueen sisäiseen

energianohjaukseen ja kaupankäyntiin. Samalla työkalulla voidaan ostaa ja myydä energiaa alueen ulkopuolelle.

Kuvion 20 alaosan määrittelyissä automaatiotoiminnot valvovat kiinteistöjen energiankulutusta ja tekevät säätöarvoja käyttäjän etukäteen antamien rajojen puitteissa. Esimerkiksi käyttäjä on saattanut määrittellä sisäilmastoluokitukseksi S2, jolloin lämmitystä ja ilmanvaihtoa ohjataan kyseisessä kiinteistössä energiaa säästävasti, mutta S2-määritysten puitteissa. Automaatiotoiminnoilla säädetään myös paikallista energiantuotantoa. Esimerkiksi voimakkaalla tuulella ohjataan tuulimyllyjen pyörimisnopeuksia pienemmiksi, niin että tuulimyllyjen moottorit eivät vaurioidu. Nämä automaatiotoiminnot on tiiviisti liitetty myös kuvion keskellä esitettyihin ennusteisiin, energiakaupankäyntiin sekä käyttäjien itsesäätömekanismiin.

Tekniset tietoliikennetkaisu ratkaisut kaikkien edelläkuvattujen toimintojen mahdollistamiseksi fyysisellä tasolla ovat olemassa. Suurin huomio kohdistuu ohjelmistojen valinnan aiheuttamiin rajauksiin fyysisissä ratkaisuissa. Esimerkiksi dataliikenne saattaa vaatia eri ohjelmissa toimiakseen erilaisia fyysisiä ratkaisuja taikka verkkotason (network layer) määrittelyä. Alueen tietoliikennetkaisu suunniteltaessa tulee siis jo etukäteen työryhmällä harkita, millainen fyysinen ratkaisumalli alueelle luodaan. Fyysinen ratkaisu riippuu suuresti alueelle valituista ohjelmistoista ja sidosryhmistä (operaattorit).

Tietoliikennetkaisu valinta tulee tehdä keskitetysti kuullen tietoliikenneoperaattorien vaatimuksia. Eri operaattoreilla on omien ohjelmistojensa valintamahdollisuus tehdyn tietoliikennetkaisu pohjalta.

Fyysisen tietoliikennetkaisu määrittelyssä on hyvä noudattaa mallia:

- alueen energiaoperaattorin kokoama työryhmä tietoliikennetkaisu määrittelyä varten
- alueen sisällä toimivien operaattoreiden ja ohjelmistotoimittajien kutsuminen mukaan työryhmään
- edustaja alueen ulkopuolisille energiatarjoajille (esimerkiksi valtakunnallinen energiantoimittaja ja lähellä sijaitsevan biovoimalaitoksen edustus)

- energiaoperaattorin ohjaama tietoliikennetkaisu
- kuvauksen mukainen fyysisen tason ratkaisu
- verkkotason (network-layer) ratkaisu
- vaatimukset ohjelmistojen rajapinnoille
- määrittelyt sallituista ohjelmistorajapinnoista alueelle sijoitettaville laitteille ja ohjelmille
- järjestelmän teknisen toimivuuden ja toimintojen riittävyyden määrittely ja kelpuutusprosessi
- testaustoimintojen (fyysinen ja ohjelmisto) kriteeristön määrittely
- energiaoperaattorin ohjaama ”helpdesk” verkkoratkaisujen ohjaukseen ja tulkinnalle (operaattori voi ottaa yhteyttä vahvistaakseen omien ratkaisujensa soveltuvuuden alueen toimintoihin)
- rajapintamäärittelyjen auditointimenettely (käytetään tarvittaessa)
- järjestelmärakentamisen aikataulut
- testaustoimintojen aikataulut.

5 YHTEENVETO

EU on asettanut tavoitteekseen vähentää vuoteen 2020 mennessä yhteisön kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosentilla (vertailuvuotena 1990) sekä lisätä uusiutuvalla energialla tuotetun energian osuus 20 prosenttiin energian loppukäytöstä laskettuna. Myös energiatehokkuuden lisäämiselle on asetettu tavoite, jonka mukaan yhteisön energiankulutusta vähennetään 20 prosenttia perusuran (ei erityistoimenpiteitä) mukaisesta kehityksestä. Näiden lisäksi uusiutuvaa energiaa koskeva direktiivi velvoittaa EU:ta lisäämään uusiutuvien energialähteiden osuus käytetystä energiasta 20 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä.

EU edistää parhaita käytänteitä tukemalla infrastruktuurin kehittämistä ja myös antamalla rakentamiseen liittyviä normeja. Nykyisten energiaverkoston kestävyysparantaminen edellyttää, että arvioitaessa kriittisen infrastruktuurien haavoittuvuutta äärimmäisille sääoloille ja muille poikkeustilanteille, sovelletaan yhteistä ja koordinoitua lähestymistapaa. Tällöin on strategisesti järkevää perustaa verkostoja ja varavoimaa sekä toteuttaa energiavarmuutta ylläpitäviä strategisia valintoja. EU:n rahoitusta saavissa infrastruktuurihankkeissa on otettava huomioon ilmastokestävyys (climate-proofing). Nämä tavoitteet voidaan sisällyttää TEN-E (Euroopan laajuinen energiaverkko) -suuntaviivoihin ja EU:n koheesiopolitiikkaan. Jatkossa EU:n laajuisesti tutkitaan mahdollisuutta edellyttää julkisilta ja yksityisiltä investoinneilta ilmastovaikutusten arviointia. Samoin tutkitaan mahdollisuuksia sisällyttää kestävyyskriteerit, myös ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen, yhdenmukaisiin rakentamisstandardeihin, laajentamalla esimerkiksi nykyisiä Eurocodes-standardeja.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia energiapositiivisella alueella mahdollisia tietojärjestelmämalleja sekä tehdä tutkimuksen perusteella suositus siitä, miten nimenomaan energiavirtojen ohjaukseen tarkoitettu tietojärjestelmämalli tulisi toteuttaa. Työssä löydettiin alueellisen energiaoperaattorin malli, jolla nimenomaisesti alueellinen energiavirtojen ohjaus ja valvonta voidaan toteuttaa. Vaihtoehtoisissa tavoissa todettiin alueellinen hallinta ongelmalliseksi sekä alueellinen kokonaisohjaus erittäin haastavaksi toteuttaa.

Tutkimustyössä esitettiin EU:n laajuisten tutkimus- ja tuotekehitysohjelmien alueelliseen energianhallintaan parhaiten sopivia tietojärjestelmämalleja sekä ratkaisuja, joita on kehitetty kansainvälisissä tutkimuslaitosten, yliopistojen ja rakentamisen- sekä IT-alan yritysten yhteistyöhankkeissa. Toistaiseksi esitetyn tietojärjestelmämallin mukaisia energiapositiivisia (asuin)alueita ei ole Eurooppaan rakennettu. Teoriaosuudessa esitetyt ICT-järjestelmät ovat olemassa, joskin kaiken aikaa kehittymässä alueellisen hallinnointimenetelmien osalta. Käytännön rakentamistyössä suunnittelijoiden, kaavoittajan ja muiden osapuolten tehtävänä on yhdistää nykyiset teknologiat ja tietojärjestelmämallit kokonaisen alueen energianhallintaan soveltuvaksi järjestelmäksi.

Työssä kuvatulla tietojärjestelmämallilla on Euroopassa ja maailmanlaajuisesti hyvät toteutumismahdollisuudet. Useat tutkimukset osoittavat rakentamiseen liittyvässä energianhallinnassa olevan potentiaalia Kioton ilmastosopimuksen tavoitteiden saavuttamisen edistämiseksi. Tietojärjestelmämallit, joita parhaillaan tutkimus- ja tuotekehitystoiminnassa tutkitaan, osoittavat esitetyn mallin kaltaisen alueellisen hallinnoinnin suuntaavan rakentamisen- ja energianhallintaa vallallaolevien tavoitteiden mukaisesti.

Innovatiiviset mallit tietojärjestelmien rakenteiksi ovat pelkkää teoriaa niin kauan, kunnes niiden pohjalta rakennettu järjestelmä on kaupallinen menestys. EU:n panostaessa työssä löydetyn kaltaisen tietojärjestelmämallin kehittämiseen on todennäköistä, että rakentamisen, energiasektorin sekä IT:n kaupalliset toimijat omalta osaltaan panostavat mallin mukaisten ohjelmistojen ja infrastruktuurin kehittämiseen. Täten tässä kuvatun teoreettisen mallin käytännön toteutuslaitteistot ja -järjestelmät tulevat testatuiksi ja mahdollisuus järjestelmän kaupallistamiseksi luodaan. EU jatkaa voimakasta rahallista ja poliittista panostustaan alueellisen rakentamisena ja tietojärjestelmämallin kehitystoimintaan Horizon 2020 -ohjelman puitteissa.

LÄHTEET

- Aemo. 2012. Overview of the National Electricity Market. [Viitattu 30.11.2013]. Saatavissa: <http://www.aemo.com.au/About-the-Industry>
- Caverion. 2012. Referenssit. [Viitattu 26.10.2013]. Saatavissa: <http://www.caverion.fi/fin/Referenssit/kiinteistotekniikka/single/2012/05/16/merenkulkijanranta>)
- Cleen. 2011. Ohjelmat. [Viitattu 25.11.2013]. Saatavissa: http://www.cleen.fi/fi/SitePages/ohjelman_kuvaus.aspx
- Cleen. 2013. Work Package 2. [Viitattu 30.11.2013]. Saatavissa: http://www.cleen.fi/fi/sgem/ohjelman_kuvaus
- EEPOS. 2013a. Overall architecture specification. [Viitattu 26.10.2013]. Saatavissa: <http://eepos-project.eu/publication/project-reports/#WP1>
- EEPOS. 2013b. Business models. [Viitattu 26.10.2013]. Saatavissa: <http://eepos-project.eu/publication/project-reports/>
- Emweb. 2013. Saving Energy Through Load Balancing and Scheduling. [Viitattu 26.11.2013]. Saatavissa: <http://ecmweb.com/power-quality/saving-energy-through-load-balancing-and-scheduling>
- Energiaverkko. 2003. Uusiutuvat ketjut. [Viitattu 12.12.2013]. Saatavissa: http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/uusiutuvat_ketjut.htm
- Freiburg. 2013. Freiburg's Sustainable Districts. [Viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://madisonfreiburg.org/green/vauban.htm>
- Helsinki. 2012. Energiatehokkaalla rakentamisella ja korjaamisella torjutaan ilmastonmuutosta. [Viitattu 30.11.2013]. Saatavissa: <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CEQQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.hel.fi%2Fwps%2Fwcm%2Fconnect%2F14dd3d0044a580ec94e9f60b00c4f747%2FEnergiatehokkuus.p>

[df%3FMOD%3DAJPERES&ei=S4KQUrGHM4qk4gTboIGoBA&usg=AFQjCNFDVsh3LHjt0g0PH5OuI8aA1qUdRQ&bvm=bv.56988011,d.bGE](http://www.microsoft.com/presspass/press/2013/q1/011311.mspx?mfr=1&ei=S4KQUrGHM4qk4gTboIGoBA&usg=AFQjCNFDVsh3LHjt0g0PH5OuI8aA1qUdRQ&bvm=bv.56988011,d.bGE)

Microsoft. 2013. Visuaalisen palautteen ohjeet. [Viitattu 3.11.2013]. Saatavissa: <http://msdn.microsoft.com/fi-fi/library/windows/apps/hh465342.aspx>

Noveda. 2012a. EnergyFlow Monitor. [Viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://www.noveda.com/solutions/energy-management/energyflow-monitor>

Noveda. 2012b. Portfolio Operator's Portal. [Viitattu 27.10.2013]. Saatavissa: <http://www.noveda.com/solutions/solar-pv-monitoring/portfolio-operators-portal>

PDEnergy. 2012. Grid Services. [Viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://www.pdenenergy.com/grid-services.php>

Porvoo. 2013. Energiatohokas IDEAS-projekti etenee. [Viitattu 27.10.2013]. Saatavissa: <http://www.porvoo.fi/fi/porvoo-tietoa/uutiset/?itemid=12649&a=viewItem>

Rakli. 2012. Alueellisesti tuotetut energiaratkaisut. [Viitattu 26.10.2013]. Saatavissa: www.rakli.fi/attachements/2012-08-27T15-10-0265.pdf

Schneider. 2013. Power Monitoring Expert Software. [Viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/product-launch/struxureware/power-monitoring-expert.page>

Siemens. 2013. Power for large areas. [Viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: <http://www.energy.siemens.com/hq/en/automation/power-transmission-distribution/network-communication/distribution-networks/>

Sitra. 2013a. Hankeidea: Paikallinen energiantuotanto. [Viitattu 27.10.2013]. Saatavissa: <http://www.sitra.fi/hankkeet/hankeidea-paikallinen-energiantuotanto>

Sitra. 2013b. Resurssiviisaus. [Viitattu 27.10.2013]. Saatavissa: www.sitra.fi/sites/default/files/u753/tietopaketti_kansilehdella.pdf

Skanska. 2012. Uusia aurinkoenergiakohteita suomeen. [Viitattu 29.10.2013]. Saatavissa: www.tekes.fi/Global/Nyt/Uutiset/210612_PellervoMatilainen.pdf

Smartgrid. 2013. Strategic Research Agenda 2035. [Viitattu 10.12.2013].

Saatavissa: <http://www.smartgrids.eu/node/28>

Stek. 2009. Kulutuksen ja tuotannon tasaaminen. [Viitattu 26.11.2013].

Saatavissa:

http://www.stek.fi/energia_ja_ymparisto/sahkon_tuotanto_ja_ymparisto/fi_FI/kulutuksen_ja_tuotannon_tasaaminen/

Taivaanranta. 2013. Nastolan uusi asuinalue lämpimää auringolla ja maalämmöllä.

[Viitattu 28.10.2013]. Saatavissa:

<http://www.ess.fi/uutiset/kotimaa/2013/04/08/nastolan-uusi-asuinalue-lampiaa-auringolla-ja-maalammolla>

Taloyhtio.net. 2011. Käyttäjien ja henkilökunnan motivointi. [Viitattu

26.10.2013]. Saatavissa: <http://www.taloyhtio.net/hoku/energia/motivointi/>

Teknolohiateollisuus 2010. Matalaenergia- ja passiivitalo. [Viitattu 27.10.2013].

Saatavissa:

http://www.teknolohiateollisuus.fi/file/8893/29_matalaen_passiivi_070710.pdf

UMD. 2007. Performance evaluation of an energy-aware routing protocol for sensor networks. [Viitattu 2.11.2013]. Saatavissa:

www.cs.umd.edu/~moustafa/papers/icwn2002.pdf

VTT. 2007. Markkinahintasiinaaleihin perustuva pienkuluttajien sähkönkäytön ohjaus. [Viitattu 27.10.2013]. Saatavissa:

www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2362.pdf

Osterwalder A. & Pigneur Y. 2009. Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. [Viitattu 26.10.2013] Saatavissa:

<http://www.businessmodelgeneration.com/>

LIITTEET