

Kaavoitus

Bioenergia
Aurinkoenergia
Tuulivoima

Selvitys hajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla

Loppuraportti
12/2010

1	Johdanto	5
2	Hajautettu energiantuotanto	6
	2.1 Hajautettu energiantuotanto lyhyesti	6
	2.2 Hajautetun energiantuotannon kehitys Suomessa	8
	2.3 Muutamia esimerkkejä maailmalta	10
3	Hajautetun energiantuotannon teknologiat	12
	3.1 Lämpöpumput	12
	3.2 Aurinkosähkö	15
	3.3 Aurinkolämpö	17
	3.4 Tuulivoima	19
	3.5 Pienvesivoima	23
	3.6 Bioenergia	26
4	Esimerkkikohteet	30
	4.1 Porvoon Skaftkärr	30
	4.2 Vaasan asuntomessualue	33
	4.3 Kempeleen ekokortteli	36
	4.4 Ruotsin Växjö	40
5	Alueellisen hajautetun energiantuotannon parhaat käytännöt	44
	5.1 Teknologian ja toteutustavan valinta	44
	5.2 Kaavoitus ja suunnittelu	45
	5.3 Kytkeminen kunnallisiin ilmasto- ja elinkeinotavoitteisiin	47
	5.4 Uuden teknologian kehittäminen ja testaaminen	48
	5.5 Alueen vetovoiman lisääminen	49
6	Johtopäätökset ja suositukset	50
	Lähteet 52	
	Liite 1. Kotimaisia asuinalueita	55
	Liite 2. Ulkomaisia asuinalueita	58

Alkusanat

Energia- ja ympäristöratkaisulla on kasvava merkitys aluesuunnittelussa. Päätöksillä on kauaskantoiset vaikutukset, koska investoinnit tehdään useimmiten vuosikymmeniksi. Kiinnostus hajautettuun ja paikalliseen energiantuotantoon on kasvanut uusien - usein uusiutuvaan energiaan perustuvien - ratkaisuiden myötä. Myös fossiilisten polttoaineiden hinnannousu on vaikuttanut eri vaihtoehtojen kysyntään. Energia- ja ympäristöratkaisulla voi olla laajempikin vaikutus alueen kehitykseen. Paikallisten energianlähteiden hyödyntäminen luo uutta yritystoimintaa alueelle. Monesti paikallisuus on parasta myös ympäristölle ja parantaa energian saatavuutta. Nämä tekijät ja asuinalueen erityispiirteet muodostavat yhdessä laajemman arvioitavan kokonaisuuden.

Tämä raportti tarkastelee erilaisia hajautettuun ja paikalliseen energiantuotantoon perustuvia vaihtoehtoja. Se pyrkii tarjoamaan kunnille apua aluesuunnitteluun esimerkkialueiden kokemusten ja teknisten ratkaisuiden kuvausten avulla. Työ- ja elinkeinoministeriö on rahoittanut työn ja sen on tilannut Motiva. Raportin on laatinut Gaia Consulting Oy:n asiantuntijat Aki Pesola, Hannu Hoviniemi, Iivo Vehviläinen ja Juha Vanhanen. Motivassa työn ohjauksesta on vastannut Timo Määttä ja Olli Laitinen.

Helsingissä joulukuussa 2010

Energiaratkaisut ovat Suomessa painottuneet teollisuuden kasvun ja kaupungistumisen aikana suuriin keskitettyihin tuotantoratkaisuihin. Esimerkkejä ovat ydinvoima, teollisuuden suuret yhteistuotantolaitokset ja kaupunkien kaukolämpövoimalat. Pienissä yksiköissä lähellä kulutusta tuotetulle *hajautetulle energialle* ei juuri ole ollut tarvetta eikä kysyntää.

Viime vuosina ilmastonmuutos ja energiaomavaraisuuden korostaminen ovat nostaneet energiahuollon perusteet uudelleen harkittavaksi. Monet keskitetyt ratkaisut nojaavat vahvasti fossiilisiin polttoaineisiin. Siirtyminen hiiliniukkaan yhteiskuntaan edellyttää fossiilisten polttoaineiden päästöjen merkittävää vähentämistä. Toisaalta huoltovarmuuden parantamisen näkökulmasta tuontipolttoaineiden käyttöä on pyritty vähentämään. Molemmat näkökulmat luovat uutta kysyntää paikallisille uusiutuville energialähteille.

Monet muut maat ovat samojen maailmanlaajuisten haasteiden edessä. Eräs merkittävä tekijä uusien energiaratkaisujen nousun taustalla on voimakas kansainvälinen teknologiakehitys. Uusiutuvat energianlähteet ovat yksi maailman nopeimmin kasvavista liiketoimintasektoreista. Lisäksi teknologinen kehitys energian mittaroinnissa, talotekniikassa, kodinkoneissa ja muissa laitteissa sekä kulkuvälineissä mahdollistaa uudentyyppisiä sovelluksia.

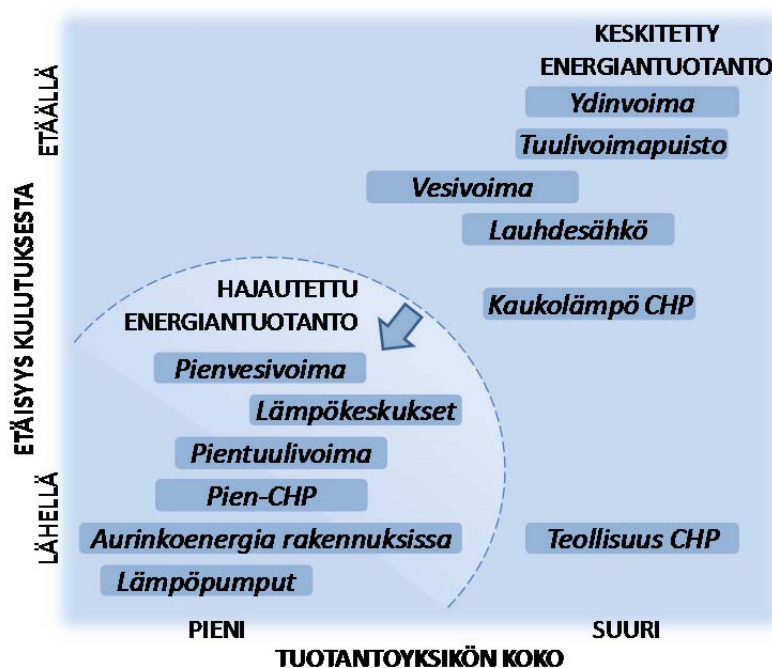
Uusiutuvan energiantuotannon ohella toinen merkittävä tekijä energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiseksi on energiatehokkuus. Rakennusten energiatehokkuusnormien tuleva uudistus tulee lisäämään kysyntää hajautetulle energiantuotannolle. Vuoden 2012 voimaan astuvan nk. kokonaisenergiatarkastelun taustalla ovat ilmastokysymykset ja energiaomavaraisuuden parantaminen. Kokonaisenergiatarkastelussa pyritään vähentämään rakennuksiin niiden ulkopuolelta ostetun energian määrää. Keinoina rakennusten ostoenergian vähentämiseen ovat energiatehokkuus ja paikalliset uusiutuvat energialähteet.

Uusiutuvat energialähteet ja hajautetut tuotantojärjestelmät tarjoavat mahdollisuuksia paikalliseen päästövapaaseen tuotantoon. Tässä raportissa on esitelty näitä mahdollisuuksia sekä hajautettujen energiantuotantoteknologioiden nykytilaa ja soveltuvuutta suomalaisten asuinalueiden energianhuollon toteuttamiseen. Erityisesti hajautettuja ja paikallisia energiaratkaisuja kuvataan tässä raportissa kuntien päätöksenteon, asukkaiden ja elinkeinoelämän kannalta.

Selvityksen toteutuksesta on vastannut Gaia Consulting Oy:n ja hankkeen työtä ovat ohjanneet Timo Määttä ja Olli Laitinen Motiva Oy:stä. Selvitys on toteutettu syksyn 2010 aikana. Selvityksen luvussa 2 määritellään hajautetun energiantuotannon peruskäsitteet, kuvataan hajautetun energiantuotannon kehitys Suomessa sekä nostetaan esille muutama esimerkki maailmalta. Luvussa 3 kuvataan eri teknologioita, niiden taloudellisia vaikutuksia, lainsäädännön ja säädösten tilaa sekä ympäristövaikutuksia. Luvussa 4 tarkastellaan tarkemmin case-muodossa kolmea suomalaista ja yhtä ruotsalaista edelläkävijämallia hajautetun energiantuotannon hyödyntämiseksi. Lisää kohteita on lueteltuna liitteissä 1 ja 2. Luvussa 5 esitellään hajautetun energiantuotannon parhaita käytäntöjä, joita Suomen kunnissa voitaisiin hyödyntää. Luvussa 6 on esitetty selvityksen johtopäätökset ja suositukset jatkotoimiksi.

2.1 Hajautettu energiantuotanto lyhyesti

Hajautetulla energiantuotannolla tarkoitetaan tuotantomallia, jossa sähkö-, lämpö- tai jäähdytysenergia tuotetaan lähellä loppukulutuspiistettä. Hajautetulle energiantuotannolle on ominaista suhteellisen pienet energiantuotantoyksiköt tai -ratkaisut (ks. kuva 2.1). Esimerkkejä teknisesti kehittyneistä ratkaisuista ovat pienen kokoluokan biopolttoainekattilat (biokaasu, hake), lämpöpumppuratkaisut, erilaiset aurinkoenergian sovellukset (sähkö tuottavat aurinkopaneelit ja lämpöä tuottavat keräinsovellukset) tai tuulivoima. Hajautettu energiantuotanto ei välttämättä tarkoita *uusiutuvien energiamuotojen* hyödyntämistä. Käytännössä hajautettujen energiaratkaisujen kansainvälinen kehitystyö on pitkälti keskittynyt uusiutuviin energialähteisiin, koska yhtenä keskeisenä ajurina on ilmastonmuutoksen torjunta.



Kuva 2.1. Hajautetun energiantuotannon määrittely.

Keskitettyssä energiantuotannossa sähköä ja lämpöä tuotetaan suuren kokoluokan voimaloissa, joista energia siirretään kulutuspiisteeseen energiaverkkojen avulla. Keskitetyksi energiaratkaisuksi luokitellaan esimerkiksi suuren kokoluokan kaukolämpölaitos, ydinvoimala ja useasta yksiköstä koostuva tuulivoimapuisto. Keskitetyllä energiantuotannolla saavutetaan suuruuden ekonomian tuomia hyötyjä. Keskitettyjen järjestelmien haasteina ovat siirtojärjestelmissä tapahtuva energiahävikki sekä suurten yksiköiden vaurioitumisen aiheuttama haavoittuvuusriski.

Hajautetun energiantuotannon termi liitetään usein *paikalliseen energiantuotantoon*, jossa lähtökohtana on paikallisten resurssien hyödyntäminen eri energiantuotannon sovelluksissa¹. Hajautetun energiantuotannon keskeiset teknologiavaihtoehdot on esitetty taulukossa 2.1. Pääjako voidaan tehdä polttoainetta energialähteenä käyttäviin ja kokonaan uusiutuviin energiantuotantomuotoihin. Taulukon viimeinen sarake tarkoittaa teknologiakohtaisia suuntia antavia kokonaiskustannuksia.

Taulukko 2.1. **Yhteenveto hajautetun energiantuotannon vaihtoehdoista.**²

Energialähde	Teknologia	Energiamuodot	Sovellukset	Valmiusaste	Kustannukset*
Polttoaineet	Lämpökeskukset	Lämpö	Aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia	€
	Kaasu- ja dieselmoottorit	Lämpö ja sähkö	Kiinteistö/aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia	€
	Mikroturbiinit	Lämpö ja sähkö	Kiinteistö/aluekohtainen	Kehittymässä / kaupallisia sovelluksia	€€
	Stirling-moottorit	Lämpö ja sähkö	Kiinteistökohtainen	Kehittymässä	€€€
	Polttokennot	Lämpö ja sähkö	Kiinteistö/aluekohtainen	Kehittymässä	€€€
Uusiutuvat	Höyrykoneet ja -turbiinit	Lämpö ja sähkö	Aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia	€
	Tuulivoima / pientuulivoima	Sähkö	Kiinteistö/aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia	€/€€€
	Pienvesivoima	Sähkö	Aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia	€€
	Aurinkosähkö	Sähkö	Kiinteistö/aluekohtainen	Kehittymässä / kaupallisia sovelluksia	€€€
	Aurinkolämpö	Lämpö	Kiinteistö/aluekohtainen	Kehittymässä / kaupallisia sovelluksia	€€
	Lämpöpumput	Lämpö	Kiinteistö/aluekohtainen	Kaupallisia sovelluksia	€/€€

*) € = edullinen, €€ = kohtuuhintainen, €€€ = kallis

Osa hajautetun energiantuotannon teknologioista tuottaa pelkkää lämpöä, osa sähköä ja osa kykenee lämmön ja sähkön yhteistuotantoon. Erityisesti lämmöntuotannon osalta on tärkeä tunnistaa edellyttääkö lämmitysratkaisu alueellisen järjestelmän rakentamista vai ovatko ratkaisut

¹ Paikallisiksi resursseiksi voidaan lukea primääriset energialähteet, tekniset järjestelmät sekä henkilöresurssit. Paikalliset primääriset energialähteet ovat pääasiassa uusiutuvia (aurion säteily, tuuli, virtaava vesi, puu ja geoterminen energia).

² Lähteet: EU DEEP projekti, www.eudeep.com sekä Gaian analyysi.

kiinteistökohtaisia. Monet tuotantoteknologioista ovat jo kaupallisesti kypsiä ja niistä on olemassa runsaasti valmiita sovelluksia. Osa teknologioista on edelleen kehitysvaiheessa³.

Hajautetun energiantuotannon kilpailukyvyssä on selkeitä eroja. Energiantuotannon kustannuksiin vaikuttavat käytetyn teknologian lisäksi myös polttoaineiden markkinahinnat sekä energiaverotus ja mahdolliset muut tuet. Hajautetun energiantuotannon taloudellinen kilpailukyky pohjautuu energiantuotantolaitteiden massatuotantoon. Suuret tuotantomäärät alentavat laitteiden tuotantokustannuksia ja markkinoilla tapahtuva kilpailu johtaa kustannustehokkaiden teknologioiden kehittymiseen.

Pienimuotoisten paikallisten energiaresurssien hallinta asettaa monia haasteita. Käyttäjiltä vaaditaan joissakin tapauksissa teknistä osaamista, joka keskitetyissä järjestelmissä hoidetaan ammattivoimin. Kokoluokkaeroista huolimatta hajautettu energiantuotanto edellyttää energijärjestelmien ja energialähteiden hallintaa samalla tavoin kuin keskitetyt ratkaisut. Monissa tapauksissa hajautettujen energijärjestelmien kokonaiskustannukset ovat korkeammat kuin vaihtoehdoisen keskitetyn sähköntuotannon. Kustannuskilpailukyvyyn parantamiseksi paikalliset resurssit tulee hyödyntää ja yksittäiset kohteet toteuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Myös käyttökustannukset pitää pystyä minimoimaan. Tämä voidaan toteuttaa kiinnittämällä huomiota erityisesti laitteiston toimintavarmuuteen sekä automaatioon.

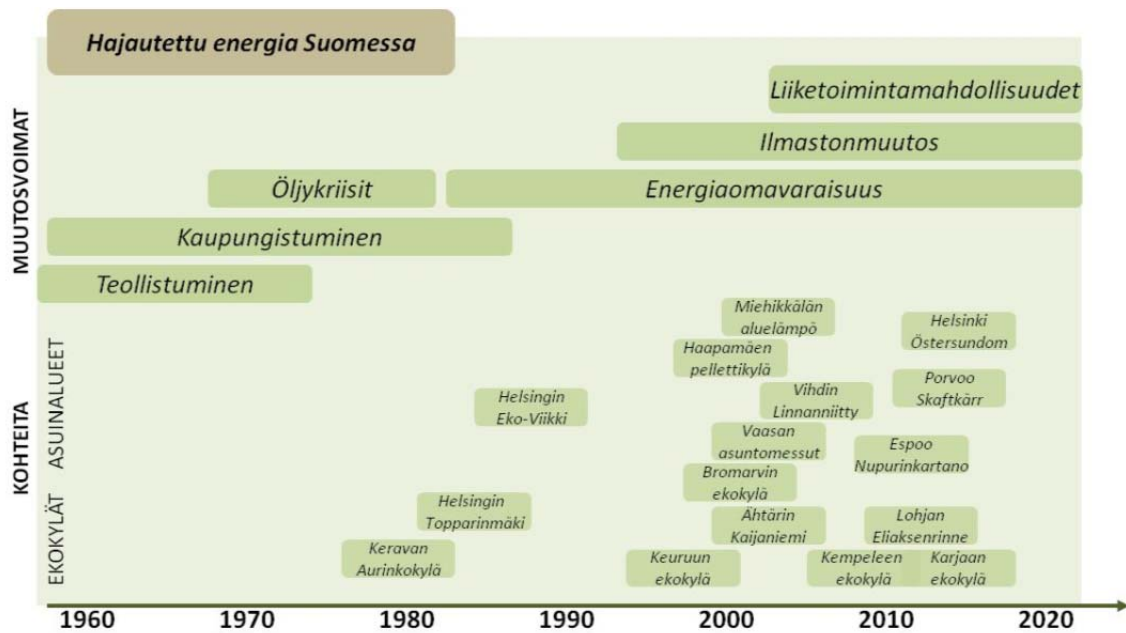
2.2 Hajautetun energiantuotannon kehitys Suomessa

Hajautetusti tai paikallisesti tuotetusta energiasta on sekä Suomessa että maailmalla useita esimerkkejä. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu etupäässä rajatuilla asuinalueilla tai kaupunginosissa kokeiltuja ratkaisuja. Yksittäisiä kiinteistökohtaisia esimerkkejä on tämän lisäksi tarjolla runsaasti. Selvityksen aikana esiin nousseita edistyksellisiä kotimaisia kohteita on esitelty liitteessä 1.

Hajautetun energiantuotannon historiaa ja kehitystä Suomessa on kuvattu tiivistetysti kuvassa 2.2. Ensimmäinen öljykriisi 1970-luvulla nosti esiin paikallisesti energiaomavaraisia yhteisöjä Suomessa. Toimintamuotoja oli kahdenlaisia. Toisaalta pienet yhteisöt tai ekokylät, joissa energiantuotanto oli vain pieni osa yhteisön ekologista elämäntapaa, ja toisaalta uusimman teknologian käyttö uudisrakentamisessa. Öljy-yhtiöiden etsiessä uusia teknologioita ja liiketoimintamahdollisuuksia yhtenä uutena alueena nousi esiin aurinkoenergian hyödyntäminen. Suomesakin panostettiin voimakkaasti aurinkoenergian kehittämiseen. Yksittäisten asuntojen lisäksi 1980-luvun vaihteessa toteutettiin myös joitakin asuinalueita, joissa koko alueen talojen energiaratkaisujen lähtökohtana oli aurinkolämmön ja jossain määrin myös aurinkosähkön hyödyntäminen (mm. Keravan Aurinkokylä ja Helsingin Torpparimäki). Myös maalämpöpumppujen asennus alkoi 1970-luvulla ja kasvoi vauhdikkaasti 1980-luvun puoliväliin asti, kokonaismäärän tosin vielä jäädessä pieneksi⁴.

³ Esitettyjen teknologioiden lisäksi tutkimusvaiheessa on lukuisia muita teknologioita.

⁴ Suomen lämpöpumppuyhdistys, Sulpu ry, www.sulpu.fi, www-sivut, viitattu 26.11.2010.



Kuva 2.2. Hajautetun energiantuotannon ajureita ja kehityskohteita Suomessa.

1980-luvun puolivälistä vuosituhannen vaihteeseen asti energiantuotanto ei ollut keskeisessä roolissa asuinrakentamisessa. Pääsyinä tähän olivat keskitetyn kaukolämmön vahva asema sekä edullisen sähkön saatavuus. Öljykriisin unohduttua energia oli halpaa ja ekologiset arvot eivät riittäneet energiankulutuksen kasvun hillitsemiseen. Poikkeuksen tekee Suomen kenties tunnetuin paikallisen energiantuotannon alue, 1990-luvun loppupuolella rakennettu Helsingin Viikki, jossa on käytössä laaja kirjo uusiutuvan energian teknologioita. Ratkaisut ovat lähinnä kiinteistökohtaisia: lämpöä tuotetaan pellettikattiloilla, aurinkokeräimillä ja maalämmöllä sekä Viikinmäen vedenpuhdistamon jätelietteestä syntyneellä biokaasulla. Sähköntuotannossa hyödynnetään pienessä mittakaavassa aurinkopaneeleita sekä Viikinmäen jätelietteistä tuotettua biokaasua.

2000-luvulle tultaessa ilmastonmuutoskeskustelu on tuonut energian säästön ja hiiliniukat energiantuotantoratkaisut rakentamisen keskipisteeseen. Kehitys on heilahtanut toiseen äärelähtään – ekologisuus on keskeinen arvo lähes kaikkien uusien asuinalueiden suunnittelussa. Energiantuotannon rooli ekologisuudessa ja sen toteutustapa vaihtelevat merkittävästi suunnitelmien välillä.

Joillakin asuinalueilla suunnitelmat ovat hyvin kunnianhimoisia. Korkeimmalle vuoden 2010 tilanteessa kurkotetaan ehkä Kempeleellä, jossa tavoitteena on täysin energiaomavarainen omakotialue, joka on irti valtakunnan sähköverkosta ja sekä lämpö että sähkö kaikille alueen kiinteistöille on tarkoitus tuottaa alueen pienimuotoisessa CHP-laitoksessa. Alue poikkeaa monesta muusta myös siinä, että se on jo rakenteilla. Suunnitteilla on myös lukuisia määriä asuinalueita/kaupunginosia, joissa lämpö tuotetaan paikallisesti jo etukäteen määritellyillä teknologioilla (esim. Vihdin ja Karjaan ekokylät sekä Oulunsalon Varjakan alue). Lisäksi suunnittelu- tai kaavoitusvaiheessa on useita kaupunginosia, joissa hajautettuja energianlähteitä suunnitellaan käytettävän, mutta laajuus ja muoto ovat vielä avoimia (esim. Helsingin Östersundom, Espoon Suurpelto ja Porvoon Skaftkärr).

Teknologiakohtainen tarkastelu osoittaa, että suomalaisissa hankkeissa sovelletaan lähes poikkeuksetta useampia energianlähteitä. Jos lämpö tuotetaan alueella keskitetysti, ratkaisu on useimmiten puuhakkeeseen ja/tai pelletteihin perustuva pieni lämpökeskus. Pienimmillään ratkaisut ovat muutaman rakennuksen laajuisia, esim. kyläkeskuksen kouluun rakennetulla keskuk-

sella katetaan koulun lisäksi vieressä olevan kunnantalon lämmöntarve. Suurimmillaan alueelliset usean megawatin laitokset ovat olennainen osa kokonaisen kaupungin kaukolämpöverkkoa.

Uusi teknologia-avaus on maa- ja sedimenttilämmön (järven/meren) hyödyntäminen, josta tunnetuin esimerkki on Vaasan vuoden 2008 asuntomessualue. Messualueen energiaratkaisu on muutenkin edistyskäsellinen hyödyntäen mm. polttokennoteknologiaa.

Keskitetyn lämmöntuotannon ohella suositaan usein kiinteistökohtaisia lämmitysratkaisuja. Merkittävin kehitys kiinteistökohtaisissa lämmitysjärjestelmissä on tapahtunut maa- ja ilmanlämpöpumpuissa. Maalämpöpumppujen määrä on tällä vuosituohannella yli kolminkertaistunut ja ilmanlämpöpumppujen määrä lähes satakertaistunut⁵. Monessa tapauksessa lämpö tulee kuitenkin pääasiassa kaukolämpöverkosta, jota täydennetään paikallisilla ratkaisulla (esimerkiksi Porvoon Skaftkärrin suunnitelmat kaukolämmön ja aurinkolämmön yhdistelmästä).

Sähköntuotannossa paikallisuus on pienemmässä roolissa. Muutamaa vielä suunnitteluasteella olevaa poikkeusta lukuun ottamatta kukin kiinteistönomistaja hankkii sähkön valtakunnan verkosta haluamaltaan toimittajalta. Aurinkosähkön ja pientuulivoiman investoinnit ja käyttö tapahtuvat Suomessa usein kiinteistökohtaisesti ja ovat sekä asennusten lukumäärän että tuotetun sähkön määrältään marginaalisia. Pienimuotoisen vesivoiman osalta tuotantomahdollisuuksia rajaa soveltuvien tuotantokohteiden suhteellisen pieni määrä. Kokonaisuudessaan paikallista sähköntuotannon kehittymistä hidastavat verkkoon liittämisen haasteet ja sähkön myymiseen liittyvät käytännön ongelmat.

Hajautettu ja paikallinen energiantuotanto nähdään monissa maissa yhä enemmän myös laajempuna teollisuuspoliittisena mahdollisuutena. Pienimuotoinen tuotanto jo sinänsä luo mahdollisuuksia uudenlaiseen energiayrittäjyyteen ja liitännäispalveluihin. Toimialan kehittyessä Suomessa ja maailmalla uusien teknologia- ja palveluinnovaatioiden luomat mahdollisuudet voivat nousta paikallisesti ja Suomenkin tasolla merkittäväksi työllistäjäksi ja jopa kilpailukykyteijäksi.

Paikallisen energiantuotannon kasvutrendiä ja uusien innovaatioiden syntymistä ja kaupallistamista tukevat omalta osaltaan lukuisat valtakunnalliset ja alueelliset tutkimusohjelmat ja hankkeet⁶, joissa tutkitaan ja kehitetään teknologioiden lisäksi toimintamalleja alueiden rakentamiseen kaavoituksesta itse toteutukseen.

2.3 Muutamia esimerkkejä maailmalta

Uusiutuvan paikallisen energiantuotannon kehittyneisyys ja painotukset vaihtelevat voimakkaasti eri puolilla maailmaa. Viime vuosina suunta on kuitenkin ollut globaalisti yhtenäisempi kuin koskaan – voimakkaasti kasvava. Parhaita vertailukohteita Suomelle ovat Pohjoismaat ja muut läntisen Pohjois-Euroopan valtiot. Läheisimpänä esimerkkinä voidaan käyttää Ruotsia, jossa jo kymmenillä kunnilla on tarkkaan dokumentoidut ja vuosittain seurattavat ilmasto- ja energiastrategiat. Osana energiastrategioita on asetettu tavoitteet paikallisen ja uusiutuvan energian käytön lisäämisestä ja toteutuksesta. Näin myös käytännön hankkeet ovat Suomen kuntia edellä.

⁵ Tiedot koottu Suomen Lämpöpumppuyhdistyksen tilastoista, www.sulpu.fi.

⁶ Esimerkiksi Tekesin Kestävä yhdyskunta ja Groove -ohjelmat, Sitran Energiaohjelma sekä SYKE:n koordinoima HINKU-hanke.

Ruotsista hajautetun energiantuotannon esimerkkejä löytyy kaupungeista ja maakunnista. Bo01 on osa Malmön vanhaa teollisuusaluetta Västra Hamnenia. Teollisuusalueen tilalle on rakennettu 2000-luvulla kokonaan uusi kaupunginosa, jossa kaikki lämpö ja sähkö tuotetaan uusiutuvista energianlähteistä paikallisesti: tuulesta, auringosta, maasta, merestä (sedimenttilämpö) ja biojätteestä. Tukholman kaupunginosa Hammarby Sjöstad on rakentunut vaihteittain kahdenkymmenen vuoden aikana olemassa olevan rakennuskannan sekaan.

Växjö puolestaan on Pohjoismaiden tunnetuin ekokaupunki, joka on jo 1980-luvulta lähtien panostanut kokonaisvaltaisesti ekologisuuteen. Energiaratkaisut ovat olleet aina keskeisessä osassa tavoitteissa ja tällä hetkellä jo noin 95 % lämmityksestä toteutetaan uusiutuvia energianlähteitä hyödyntäen. Myös koko alueen energiankäytöstä (sisältää kaiken energian käytön, mukaan lukien mm. liikenteen) reilusti yli puolet on uusiutuvista energianlähteistä⁷. Maakuntatasoisena esimerkkinä on Solar Region Skåne, joka edustaa tapaa, jolla yhdestä energiantuotantomuodosta voidaan rakentaa kaupungin tai maakunnan brändiä tukeva tekijä – eikä vain markkinoinnin keinoin, vaan tukeutuen tehtyihin merkittäviin panostuksiin teknologian levittämisessä.

Saksan Bioenergyvillage Juehnde ja Itävallan Güssing edustavat pienten suomalaiskuntien kokoisia (1 000–4 000 asukasta) yksiköitä, joissa paikallisesta uusiutuvasta energiantuotannosta on tehty alueelle merkittävä elinkeino. Molemmat kunnat esim. tuottavat energiaa reilusti yli oman tarpeensa. Lisäksi haasteellisista lähtökohdistakin ponnistaen⁸ on onnistuttu panostuksissa niin, että paikkakunnista on tullut merkittäviä alan kehityskeskuskeskuksia – ja jopa ekomatkaileukohteita. Suomessa on paljon kuntia, joilla on kaikki samat ulkoiset edellytykset onnistua, jos taitoa, taitoa ja pitkäjänteisyyttä löytyy.

Laajuudeltaan paikallisen energiantuotannon kasvua ja mahdollisuuksia kuvaa varmasti parhaiten kehitys Kiinassa. Länsimaisella rahalla ja markkinointikoneistoilla toteutettujen Eco City-hankkeiden varjoon on jäänyt Kiinan valtion omat mittavat panostukset Kiinan 900 miljoonan asukkaan maaseudun energiahuollon kehittämiseksi. Näissä panostuksissa merkittävässä asemassa on energiantuotanto paikallisesti kylätasolla⁹ paikallisista luonnonvaroista. Jo pilottivaiheessa uudet ratkaisut koskevat tuhansia ihmisiä; hankkeiden varsinaisessa toteutusvaiheessa osallistujamäärä on huomattavasti suurempi. Energiantuotannossa bioenergia on merkittävässä roolissa ja tarjoaa suomalaisillekin alan teknologiayrityksille erittäin suuren markkinapotentiaalin.

Kokonaisuutena voi todeta, että suomalaisilla toimijoilla on paljon opittavaa kansainvälisistä edelläkävijäkohteista. Perinteisen, vallitsevan ajattelumallin mukaan Suomi on teknologiassa vahva, mutta loppukäyttäjien tarpeiden tunnistaminen sekä uusien ratkaisujen ja toimintamallien kaupallistaminen jäävät usein puolitiehen¹⁰.

⁷ Municipality of Växjö, Planning Department, 2010. Fossil Fuel Free Växjö, white paper, 2010.

⁸ Waste-processing technologies transform the town of Güssing, 2010. <http://kn.theiet.org/magazine/issues/1012/waste-processing-1012.cfm>.

⁹ Kiinassa kylätaso vastaa yleisesti 200-5 000 asukkaan kokonaisuutta.

¹⁰ Yleisessä keskustelussa on usein argumentoitu, että Suomessa teknologiapanostukset kohdistuvat vahvasti innovaatioketjujen alkupäähän, jolloin teknologioiden laajamittainen käyttöönotto ei saa tarpeeksi tukea. Ks. esim. V. Puttonen ja H. Kähönen, Julkisen kasvurahoituksen ja yritystukijärjestelmän kehittäminen, Selvitysmiehen raportti, TEM 29/2010.

3.1 Lämpöpumput

3.1.1 Tekniikka

Lämpöpumppujen avulla tuotetaan uusiutuvaa lämpöenergiaa. Lämpöpumppua käytetään rakennusten huoneilman ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämpöpumppujen toimintaperiaate on samantapainen kuin kylmälaiteissa, jotka ottavat lämmön ruokatavaroista ja siirtävät sen kylmälaitteen ulkopuolelle. Lämpöpumppu toimii vastaavalla tavalla kerätessään maaperään, veteen tai ilmaan varastoitunutta lämpöä ja siirtäessään sitä sisälle rakennukseen. Lämpöpumppua pystytään käyttämään myös tilojen jäähdyttämiseen.

Erilaiset lämpöpumppuratkaisut ovat kasvattaneet 2000-luvulta lähtien suosiotaan vahvasti myös Suomessa¹¹. Tässä tarkastellaan kahta yleisintä lämpöpumpputekniikkaa, jotka ovat ilmalämpöpumppu sekä maalämpöpumppu. Maalämpöpumppulla tarkoitetaan tässä ratkaisua, joka pystyy hyödyntämään maa- ja kallioperään sekä vesistöihin varastoitunutta lämpöä. Näiden lisäksi markkinoilla on tarjolla myös ilma-vesilämpöpumppuja ja poistoilmalämpöpumppuja.

Lämpöpumppuilla pystytään korvaamaan perinteisestä kotitalouden lämmöntuotannosta 30–70 % uusiutuvalla energialla¹². Säästön määrä perinteisiin energiaratkaisuihin verrattuna riippuu käytetystä lämpöpumpputekniikasta, käytötavasta sekä rakennuksen lämmön tarpeesta ja ominaisuuksista.

Yleisin rakennuskohtainen ratkaisu on ilma-ilmalämpöpumppu, jossa pumppu siirtää lämpöä ulkoilmasta sisään rakennukseen. Ilmalämpöpumppua käytetään pelkästään tilojen lämmitykseen, mikä tarkoittaa, että lämmin käyttövesi tuotetaan erikseen, esimerkiksi sähköllä. Maalämpöpumppu siirtää maaperään, kallioon tai vesistöön varastoitunutta lämpöä rakennukseen. Lämpöpumppuratkaisuja on ryhdytty hyödyntämään pientalojen lisäksi kerrostalo- ja teollisuuskohteissa¹³. Tyypillisesti talon ja käyttöveden lämmitykseen kuluu sähköä vuodessa noin kolmannes siitä, mitä vastaavassa sähkölämmitteisessä talossa kulutetaan.¹⁴

3.1.2 Talous

Ilmalämpöpumpun hankintakustannukset asennustyö huomioiden olivat vuonna 2009 noin 1 200 – 3 500 euroa, pumpun koosta ja teknisistä ominaisuuksista riippuen¹⁵. Lämpöpumpun tuottamaa lämmitystehoa kohden Ilmalämpöpumppu on toiminta- ja huoltovarma rinnakkaislämmitystapa, jonka vuoksi käytönaikaiset ylläpito- ja huoltokustannukset jäävät vähäisiksi. Ilmalämpöpumpun avulla kyetään säästämään vuotuisissa energiakuluissa tapauskohtaisesti¹⁶ muuta-

¹¹ Suomen lämpöpumppuyhdistys, Sulpu ry, www.sulpu.fi, www-sivut, viitattu 1.11.2010.

¹² Energimyndigheten, Villavärmepumpar, 2006.

¹³ Ks. esim. Suomen lämpöpumppuyhdistys, Sulpu ry, www.sulpu.fi, www-sivut, viitattu 1.11.2010.

¹⁴ Motiva Oy, www.motiva.fi, www-sivut, viitattu 2.11.2010.

¹⁵ Kuluttajavirasto, Kuluttajaviraston hintavertailuja – Ilmalämpöpumput, huhtikuu 2009.

¹⁶ Tähän vaikuttaa lämmityskulut, jotka syntyisivät vertailtavan lämmitysjärjestelmän käytöstä, vertailtavan lämmitysmuodon yksikköhinnan (€/kWh) erotus sähkön yksikköhintaan (€/kWh) sekä pumpun COP-kerroin.

mia kymmeniä prosentteja. Säästö on pienempi kuin maalämpöjärjestelmän tapauksessa. Lämmityskaudella ilma on maata huonompi lämmön lähde ja ilmalämpöpumppua ei käytetä käyttöveden lämmittämiseen. Lisäksi huoneilmaa lämmitettäessä lämpö ei jakaannu rakennuksen sisällä yhtä tasaisesti kuin jos käytetään maalämpöä, jossa lämmönjako perustuu vesikiertoon.

Maalämpöpumpuille ovat ominaisia melko korkeat investointikustannukset. Takaisinmaksuaika on suoraan verrannollinen kulutuspisteen lämmöntarpeesta. Mitä enemmän kohteessa kuluu lämpöenergiaa, sitä nopeammin investointi maksaa itsensä takaisin. Investointikustannukset pienenevät suhteellisesti siirryttäessä suurempiin järjestelmiin. Suuremmat järjestelmät ovat esimerkiksi alueellisia porakaivoratkaisuja, joista saadaan kerättyä lämpöä useaan kulutuspisteeseen. Kuten ilmalämpöpumppu, on maalämpö toiminta- ja huoltovarma lämmitystapa, joten käytönaikaiset ylläpito- ja huoltokustannukset jäävät vähäisiksi. Maalämpöjärjestelmän avulla kyetään säästämään vuotuisissa energiakuluissa tapauskohtaisesti useita kymmeniä prosentteja¹⁷.

Lämpöpumpun asentamisen aiheuttamista kustannuksista voidaan tehdä kotitalousvähenys, jonka enimmäismäärä vuonna 2010 oli 3 000 euroa vuodessa henkilöä kohti. Kotitalousvähenys on 60 % tehdystä työn osuudesta, eli vähennysoikeus ei koske itse laitteiston hankintakustannuksia. Omavastuu vähennyistä haettaessa on 100 euroa henkilöä kohti.¹⁸

Pientalojen osalta lämpöpumppulaitteiston hankintakustannuksiin voidaan hakea myös tarveharkintaista energia-avustusta. Avustuksien enimmäismäärä vuonna 2010 oli 25 % kustannuksista, jotka kunta hyväksyy. Rahoituksen myöntää Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA.¹⁹ Vuoden 2011 alusta lähtien uusiutuvaa energiaa hyödyntävien lämmitystapojen käyttöönottoa avustetaan enintään 20 prosentin osuudella hyväksyttävistä kustannuksista, joita ovat muut kuin työkustannukset²⁰. Tarkempia tietoja avustuksista saa ARA:sta sen jälkeen, kun säännökset vuodenvaihteessa (2010–2011) on annettu.

Maalämpöinvestoinnille voidaan hakea työ- ja elinkeinoministeriön myöntämää energiatukea. Investointihankkeissa tuki on 15–30 % hankkeen sisällöstä riippuen. Tavallisesti investointihankkeissa käytetty tukitaso on 20 %. Energiatukea voidaan myöntää yrityksille ja yhteisöille ilman toimialarajoituksia. Tukea ei myönnetä asuinkiinteistöihin, maatiloille, yksityishenkilöille, uudisrakennuksille eikä alle 8 000 euron hankkeille.²¹ Myös ilmalämpöpumppuihin voidaan hakea TEM:n energiatukea (ei yksityishenkilöt). Tukea voi saada vain energiatehokkuussopimukseen liittynyt taho ja asennuskohteessa täytyy olla käytössä suora sähkölämmitys. Ohjeellinen tukitaso ilmalämpöpumppuhankintoihin on 25 %²².

Myönnetty tukimäärät muuttuvat usein vuosittain, minkä vuoksi investointien kannattavuuslaskelmia tehtäessä kannattaa ottaa selvää valtion, kuntien ja muiden organisaatioiden ajantasaisista tukikäytännöistä ja tukien suuruuksista.

¹⁷ Tähän vaikuttaa lämmityskulut, jotka syntyisivät vertailtavan lämmitysjärjestelmän käytöstä, vertailtavan lämmitysmuodon yksikköhinnan (€/kWh) erotus sähkön yksikköhintaan (€/kWh) sekä pumpun COP-kerroin.

¹⁸ Veronmaksajain keskusliitto ry, Kotitalousvähenys. www.veronmaksajat.fi/fi-FI/omatveroasiat/kotitalousvahennys, www-sivut, viitattu 2.11.2010.

¹⁹ Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA, Energia-avustukset, www.ara.fi, www-sivut, viitattu 1.11.2010.

²⁰ Lainmuutos liittyy valtion ensi vuoden talousarvioesitykseen, jossa on varattu 30 miljoonaa euroa uusiutuvaa energiaa hyödyntävien lämmitysjärjestelmien käyttöönoton tukemiseen. Lähde: Ympäristöministeriön tiedote: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=365622&lan=fi&clan=fi>.

²¹ Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiatuki. www.tem.fi/index.phtml?s=3091, www-sivut, viitattu 2.11.2010.

²² Energiatehokkuuden edistäminen EU:ssa ja kansallisesti. Pentti Puhakan (TEM) esitys, 2010.

3.1.3 Lainsäädäntö ja säädökset

Ilmalämpöpumpun asentamiseksi vaaditaan mahdollisen taloyhtiön lupa. Ennen ilmalämpöpumpun asennusta on varmistettava, että asennusliikkeellä on vaadittu kylmlaiteliikkeen pätevyys. Ilmalämpöpumpun asennuksessa tarvittavat mahdolliset sähkötyöt tulee teettää siihen oikeutetulla sähköurakoitsijalla. Kylmlaiteliikkeellä ei välttämättä ole sähköurakointioikeuksia, jolloin sähkötyöt on teetettävä pätevällä sähköurakoitsijalla. Turvatekniikan keskus (Tukes) pitää rekisteriä pätevistä kylmlaiteliikkeistä sekä sähköurakointioikeudet omaavista toiminnanharjoittajista.

Maalämpöön liittyy enemmän huomioitavia asioita. Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaan rakennuslupa tarvitaan rakennuksen rakentamisen lisäksi erilaisiin korjaus- ja muutostöihin. Toistaiseksi kuntien käytäntö vaihtelee sen suhteen, tarvitaanko lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen tai modifioimiseen rakennuslupa vai lain 126 §:n mukainen toimenpidelupa. Joissakin kunnissa lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen ei edellytetä kumpaakaan lupaa. Luvan tarve on syytä selvittää aina ennen lämpökaivon rakentamista. Suomen ympäristökeskuksen lämpökaivo-oppaassa²³ maalämmön rakentajalle suositellaan toimenpideluvan hakemista. Vuoden 2011 alusta suositus muuttuu määräykseksi. Luvanvaraisiksi muuttuvat myös pintamaahan asennettavat lämmönkeruuputkistot.

Maalämmön hyödyntämisellä on yhteys myös kiinteistönmuodostamislakiin (554/1995), ympäristönsuojelulakiin (86/2000), vesilakiin (264/1961), kemikaalilakiin (744/1989), terveydensuojelulakiin (763/1994), kuntien ympäristönsuojelumääräyksiin ja rakennusjärjestykseen, rakentamismääräyskokoelmaan sekä tarkastamiseen ja laadunvalvontaan liittyviin ohjeistuksiin. Näiden sisältämät velvoitteet ja ohjeistukset liittyvät pääasiassa pohjaveden laatuun, kemikaalivuotoihin (kylmäaineet), sisäilman laatuun (lämpötila ja kosteus), energiatehokkuuteen (pumpun tehomitoitus, hyötysuhde jne.) ja lämpökaivon sijoittamiseen. Kyseiset velvoitteet ja ohjeistukset eivät kuitenkaan aiheuta estettä maalämmön hyödyntämiselle, mikäli lämpöpumpun asennuksen tekee ammattilainen ja järjestelmän ylläpitoon kiinnitetään riittävää huomiota.

Tulevaisuudessa maalämpöpumppuasentajilta vaaditaan sertifikaatti ja sertifiointia varten järjestetään Suomessa jo koulutusta. Uusiutuviesta lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin (2009/28/EY) mukaan jäsenvaltioiden on varmistettava, että sertifiointijärjestelmät tai vastaavat hyväksymisjärjestelmät ovat julkisia viimeistään vuoden 2012 loppuun mennessä²⁴. Sertifioidun asentajan on mm. osattava valita ja mitoittaa komponentit oikein. Toistaiseksi mitoitusvastuu on ollut Suomessa maalämpöjärjestelmän suunnittelijalla.

3.1.4 Ympäristövaikutukset

Ilmalämpöpumpun käyttöön otosta ei synny merkittäviä ympäristövaikutuksia, sillä käyttöönotto ei aiheuta rakennus- tai maankäyttötoimintaa. Käytön aikaiset ympäristövaikutukset aiheutuvat järjestelmän sähkönkulutuksesta, joka taas on riippuvainen pumpun COP-kertoimesta²⁵ ja sähkön tuotantotavasta. Vuotuinen päästömäärä voidaan laskea jakamalla vuotuinen lämmöntarve (kWh) COP-kertoimella ja kertomalla tulos sähkönmyyjän ilmoittamalla päästökertoimella (gCO₂/kWh).

²³ Lämpökaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Suomen ympäristökeskus, 2009.

²⁴ Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että Suomessa vaadittaisiin sertifikaatti lämpöpumpun asentajille heti julkistamisen jälkeen.

²⁵ COP-kerroin määrittää lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian ja pumppaamisen kuluttaman sähköenergian välisen suhteen. Esimerkiksi jos lämpöpumppu tuottaa lämpöä 3 kW ja kuluttaa sähköä 1 kW on COP-kerroin 3.

Lämpöpumpuissa käytetään lämmönsiirtoon kylmäaineita, jotka luokitellaan kasvihuonekaasuiksi. Nykyään lämmönsiirtoon ei kuitenkaan käytetä otsonikatoa aiheuttavia CFC-yhdisteitä²⁶.

Maalämpöpumpun käyttöönotto vaatii aina maanmuokkausta asennuskohteessa. Lämmönkeruuputkisto voidaan asentaa joko vaakatasoon pintamaahan tai pystysuoraan tekemällä porakaivoja maaperään. Omakotitalolle riittää usein yksi porakaivo, kun taas suuremmissa kohteissa reikiä tehdään useampia. Porakaivon syvyys vaihtelee kohteen mukaan ollen tavallisesti 100 ja 250 metrin välillä. Porakaivojen keskinäinen etäisyys toisistaan tulee olla vähintään 15 metriä. Pintamaa-asennuksessa maalämpöä kerätään maahan noin metrin syvyyteen kaivetulla putkistolla, joka on asennettu vaakatasoon. Pintamaa-asennuksessa tarvitaan 200–400 metrin keruuputkistoa, joka mahtuu 300–1 000 m²:n pinta-alalle.

Maanmuokkaus ei kuitenkaan synnytä huomattavia ympäristöhaittoja, sillä porakaivot ja keruuputkistot asennetaan pääsääntöisesti jo kulutuskohteen rakennusvaiheessa muokatulle tontille. Suurin ympäristöriski maalämmön hyödyntämisessä on pohjaveden pilaantuminen, joka kuitenkin vältetään noudattamalla järjestelmän suunnittelijan tai toimittajan ohjeistuksia. Lämpökaivon poraaminen aiheuttaa luonnollisesti rakennuksenaikaisia pöly-, melu- ja tärinähaittoja.

3.2 Aurinkosähkö

3.2.1 Tekniikka

Aurinkosähköllä tuotetaan uusiutuvaa sähköenergiaa. Aurinkosähkön tuotannossa auringon säteiden sisältämä säteilyenergia muutetaan aurinkopaneelin avulla sähköenergiaksi. Usein aurinkosähköjärjestelmässä käytetään paneelien lisäksi akkuja tasaamaan aurinkoisen ajan tuotannon ja kysynnän välisiä ajallisia eroja. Lisäksi aurinkosähköjärjestelmän kytkeminen vaihtovirtaverkkoon edellyttää vaihtosuuntaajan käyttöä²⁷.

Aurinkoenergian saatavuus riippuu lähinnä paikallisesta leveysasteesta ja sääolosuhteista. Suomessa vuotuinen säteilyenergia vaakasuoralle pinnalla on Helsingissä keskimäärin 940 kWh/m², Jyväskylässä 880 kWh/m² ja Sodankylässä 790 kWh/m². Keski-Euroopassa se on noin 900–1 100 kWh/m². Optimaalisesti suunnatuilla paneeleilla voidaan Helsingissä kerätä säteilyä noin 1 160 kWh/m².²⁸

Aurinkosähköjärjestelmät koostuvat yleensä useista aurinkopaneeleista, jotka voidaan kytkeä rinnan ja sarjaan halutun jännite- ja tehotason saavuttamiseksi. Tyypillinen kesämökkijärjestelmän teho on 50–150 W ja pientalojärjestelmän 1–3 kW. Toimistorakennuksissa teho on yli 10 kW. Yhtä asennettua kilowattia kohden Suomen oloissa saadaan noin 1 000 kWh sähköenergiaa.

Aurinkosähköjärjestelmän tuottaman sähkön määrään vaikuttavat aurinkoenergian saatavuuden lisäksi järjestelmän laadulliset ominaisuudet. Kaupallisten aurinkosähköpaneelien hyötysuhde on tavallisesti noin 10–15 %. Aurinkosähkössä hyötysuhde vaikuttaa lähinnä tietyn tehon tuottamiseksi tarvittavaan pinta-alaan. Paremman hyötysuhteen paneeli voidaan sijoittaa pienempään tilaan kuin huonomman hyötysuhteen paneeli. Paneelien yleisin raaka aine on

²⁶ Motiva. Lämpöä ilmassa. Lämmitysjärjestelmät, ilmalämpöpumput.

²⁷ Vaihtosuuntaaja eli invertteri muuttaa esimerkiksi aurinkopaneelin tuottaman tasavirran vaihtovirraksi.

²⁸ Vartiainen Eero, 2000. Daylight modelling and optimization of solar facades. Helsinki University of Technology Publications in Engineering Physics, Report TTK-F-A803.

nykyään kiteinen pii. Piikenoilla saavutetaan parempi hyötysuhde kuin uudemmissa ohutkalvo- ja nanokideteknologioidella. Järjestelmän kokonaishyötysuhdetta pienentävät akkujen varastoinnin ja vaihtosuuntaajien hyötysuhde (noin 90 %), mikäli paneelien tuottamaa tasasähköä pitää varastoida tai muuttaa vaihtosähköksi.

Koska aurinkopaneeleissa ei ole liikkuvia osia, ne eivät vaadi juurikaan huoltoa eivätkä kulu helposti. Nykyään paneeleille luvataan jopa 25 vuoden tekninen takuu, mutta paneelien elinikä voi olla 30–50 vuotta. Kaupallisista aurinkosähköpaneeleista ei kuitenkaan ole vielä näin pitkiä kokemuksia. Teknologiasta riippuen aurinkopaneelien hyötysuhde kuitenkin heikkenee iän myötä jonkin verran.

Aurinkosähköä voidaan tuottaa suuremmissa yksiköissä hyödyntäen keskittävää tekniikkaa, jossa auringonsäteet heijastetaan kiiltävien pintojen avulla lämmittämään keräinputken sisällä kulkevaa väliainetta. Väliaine höyrystää kiertovettä, joka johdetaan höyryturbiiniin. Höyryturbiinilla korkeapaineisen vesihöyryn lämpöenergia muunnetaan mekaaniseksi energiaksi. Mekaaninen energia muunnetaan edelleen generaattorilla sähköenergiaksi. Toistaiseksi keskitetyn aurinkosähkön tuotanto ei kuitenkaan Suomen oloissa ole teknis-taloudellisesti kannattavaa.

3.2.2 Talous

Tehoiltaan 50–150 W:n aurinkosähköjärjestelmä kokonaiskustannukset ovat vuoden 2010 tilanteessa noin 1 000 – 2 000 euroa.²⁹ Tämän kokoisella järjestelmällä pystytään kattamaan perinteisen kesämökin valaistuksen ja laitteiden sähkönkulutus. Suurempitehoisissa järjestelmissä tuotetun energian yksikkökustannukset pienenevät. Omakotitalon kokoluokassa tehoiltaan 1,7 kW:n aurinkosähköjärjestelmän kustannukset asennus huomioiden olivat Suomessa vuoden 2010 keskivaiheilla noin 5 700 €/kWp³⁰. Tätä suurempia järjestelmiä on Suomessa toistaiseksi vain harvoissa kohteissa.

Teknologian kehittyminen alentaa aurinkosähkön kustannuksia teknologian yleistyessä ja aurinkosähkötuotannon lisääntyessä. Historiallisesti aurinkosähköpaneelien tuotannon kaksinkertaistuminen on johtanut kustannusten alentumiseen noin viidenneksellä.³¹ Aurinkosähkö on joillakin alueilla maailmassa jo kilpailukykyistä tavallisen sähkökäytön kanssa. Yhä useammalla alueella maailmassa saavutetaan kannattavan aurinkosähköntuotannon raja vuoteen 2020 mennessä.³²

Pientalojen osalta aurinkosähköjärjestelmän hankintakustannuksiin voidaan hakea tarveharkintaista energia-avustusta. Avustuksien enimmäismäärä vuonna 2010 oli 25 % kustannuksista, jotka kunta hyväksyy. Rahoituksen myöntää Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA.³³

Suuremmille aurinkosähköinvestoinneille voidaan hakea TEM:n myöntämää energiatukea. Investointihankkeissa ohjeellinen tukitaso on 30 %. Energiatukea voidaan myöntää yrityksille ja yhteisöille ilman toimialarajoituksia.³⁴

²⁹ Motiva Oy, www.motiva.fi. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

³⁰ Perustuen kaupallisesti saatavilla olevien valmiiden aurinkosähköjärjestelmien hintoihin.

³¹ European Photovoltaic Industry Association, Set for 2020 – Solar Photovoltaic Electricity: A mainstream power source in Europe by 2020, 2009.

³² Lorenz, P., et al., The economics of solar power, The McKinsey Quarterly, June 2008.

³³ Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA, Energia-avustukset, www.ara.fi, www-sivut, viitattu 1.11.2010.

³⁴ Energiatuehokkuuden edistäminen EU:ssa ja kansallisesti. Pentti Puhakan (TEM) esitys, 2010.

Suurempien aurinkosähköjärjestelmien tuotannon kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi se, voidaanko tuotettua aurinkosähköä myydä sähköverkkoon niinä hetkinä, jolloin oma paikallinen kulutus alittaa tuotannon. Toistaiseksi aurinkosähkön ostaminen perustuu vapaaehtoisein sopimuksiin sähkönjakeluyhtiön ja aurinkosähkön omistajan välillä. Aurinkosähkön lisäämistä uusiutuvaa sähköntuotantoa tukevaan syöttötariffijärjestelmään on harkittu, mutta toistaiseksi tästä ei ole tehty päätöksiä³⁵.

3.2.3 Lainsäädäntö ja säädökset

Aurinkosähköjärjestelmän asentamiseksi vaaditaan pelkästään taloyhtiön lupa, mikäli rakennuksen julkisivua ei ole suojeltu. Suojelluissa kohteissa julkisivun muokkaaminen edellyttää rakennusuojelulain mukaista menettelyä, jossa suojelumääräysten puitteissa harkitaan voidaanko aurinkosähköjärjestelmä sovittaa rakennushistorialliseen kokonaisuuteen.

Loma-asunnoissa aurinkosähköjärjestelmä koostuu yksinkertaisimmillaan aurinkopaneelista, akuista ja pienoisjännitteisestä 12 V:n tai 24 V:n tasasähköverkosta. Lisäksi voi olla televisiolle otettu invertterin kautta syöttö. Tällaisen järjestelmän asentamista varten ei tarvita ammattilaisita, sillä mahdolliset invertterit ovat pistorasiallisia kosketussuojattuja malleja.

Mikäli järjestelmästä syötetään pienoisjännitettä suurempaa jännitettä kiinteään verkkoon, asennusta koskevat normaalit sähköasennusvaatimukset, jolloin asennukset täytyy suorittaa sertifioitu sähköasentaja.

3.2.4 Ympäristövaikutukset

Aurinkosähkö ei tuota päästöjä käytön aikana. Sen pääasialliset ympäristövaikutukset syntyvät aurinkopaneelien tuotantovaiheessa. Esimerkiksi onnettomuustilanteissa voi haitallisia kemikaaleja päästä ympäristöön. Ympäristövaikutukset riippuvat paljolti aurinkokennoteknologiasta. Esimerkiksi monikiteisten piiksenojen valmistuksessa ympäristön kannalta huomioitavia aineita ovat mm. fluori, kloori, nitraatti, isopropanoli, SO₂, CO₂, hiukkaset ja erilaiset liuottimet.³⁶ Ilmaston taloudellinen hyöty syntyy korvattaessa aurinkosähköllä fossiililla polttoaineilla tuotettua sähköä.

3.3 Aurinkolämpö

3.3.1 Tekniikka

Aurinkolämmöllä tuotetaan uusiutuvaa lämpöenergiaa. Aurinkolämmön ensisijainen käyttökohde on pientalojen käyttöveden lämmitys, joskin sitä voidaan käyttää myös rakennusten huoneilman lämmittämiseen. Useimmiten aurinkolämpöjärjestelmät ovat talokohtaisia, mutta myös laajempia aluelämpöjärjestelmiä on toteutettu. Yksinkertaisimmillaan aurinkolämpöä hyödynnetään passiivisesti sijoittamalla lämmitettäviä kohteita aurinkoon. Aktiivisen aurinkolämpöjärjestelmän perusosat ovat aurinkokeräin, varaaja, pumppu ja ohjausyksikkö. Aurinkolämpö sopii erityisen hyvin vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään päälämmitysmuodon tueksi.

³⁵ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009. Syöttötariffiryhmän loppuraportti, ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffiksi.

³⁶ Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastonmuutoksen torjunnassa, 2001. Tekes-projekti 594/480/00.

Aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimellä, joka muuttaa auringon säteilyenergian lämpöenergiaksi. Keräin voi olla joko tasokeräin tai tyhjöputkikeräin. Yleisimmin käytetään nestekierrosta tasokeräintä, jossa pumpun avulla kierrätetään vesi-glykoliseosta. Tyhjöputkitekniikan avulla pystytään hyödyntämään auringon hajasäteilyä tehokkaammin kuin tasokeräimen avulla. Tyhjöputkikeräin voi tuottaa 30 % enemmän energiaa neliötä kohden kuin tasokeräin. Tyhjöputkikeräimillä päästään tyypillisesti myös korkeampiin lämpötiloihin.

Aurinkokeräimen lämmittämä neste kulkee kokoomaputkien kautta lämminvesivaraajaan. Varaajasta lämpö siirretään lämmönvaihtimen avulla lämpimään käyttöveteen ja/tai talon lämmitysjärjestelmään. Jos käyttövesi lämmitetään varaajassa lämmönsiirtimillä, käytetään paineistamatonta varaajaa. Jos käyttövesi otetaan suoraan varaajasta, käytetään paineistettua varaajaa.³⁷

Tavallisimmat aurinkokeräimet ovat pinta-alaltaan 1–2 m². Yhden neliömetrin keräin tuottaa energiaa yleensä 250–400 kWh vuodessa. Aurinkolämpökeräinjärjestelmien hyötysuhde vaihtelee 30–40 %:n välillä. Hyötysuhteeseen vaikuttaa keräimen ja ulkoilman lämpötila, hyötysuhde on sitä parempi mitä matalammassa lämpötilassa sitä käyttää. Hyötysuhdetta voidaan parantaa käyttämällä keräinmateriaalina nk. selektiivisiä pinnoitteita, jotka absorboivat hyvin auringon säteilyn aallonpituuksilla ja heijastavat huonosti lämpösäteilyä. Aurinkolämpöjärjestelmän elinikä on tavallisesti 20–30 vuotta.

3.3.2 Talous

Tyhjöputkikeräimet tuottavat tasokeräimiä enemmän energiaa, mutta ovat lähtökohtaisesti tasokeräinjärjestelmiä kalliimpia. Tavanomaisen pientalojärjestelmän keräinala on 8–12 neliometriä. Järjestelmä maksaa asennettuna 4 000–5 000 euroa. Yhteishankinnalla tai tekemällä esimerkiksi osa asennustyöstä itse, voidaan kustannusta alentaa.

Aurinkolämpöjärjestelmän huoltokustannukset aiheutuvat lähinnä lämmönsiirtonesteen vaihdosta, joka tulee suorittaa 3–7 vuoden välein.

Aurinkolämpöjärjestelmän asentamisen aiheuttamista kustannuksista voidaan tehdä kotitalousvähennys, jonka enimmäismäärä vuonna 2010 oli 3 000 euroa vuodessa henkilöä kohti. Kotitalousvähennys on 60 % tehdystä työn osuudesta, eli vähennysoikeus ei koske itse laitteiston hankintakustannuksia. Omavastuu vähennystä haettaessa on 100 euroa henkilöä kohti.³⁸

Pientalojen osalta aurinkolämpöjärjestelmän hankintakustannuksiin voidaan hakea myös tarveharkintaista energia-avustusta. Avustuksien enimmäismäärä vuonna 2010 oli 25 % kustannuksista, jotka kunta hyväksyy. Rahoituksen myöntää Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA.³⁹ Vuoden 2011 alusta lähtien uusiutuvaa energiaa hyödyntävien lämmitystapojen käyttöönottoa avustetaan enintään 20 prosentin osuudella hyväksyttävistä kustannuksista, joita ovat muut kuin työ- ja materiaalkustannukset⁴⁰. Tarkempia tietoja avustuksista saa ARA:sta sen jälkeen, kun säännökset vuodenvaihteessa (2010–2011) on annettu.

³⁷ Motiva Oy, www.motiva.fi. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

³⁸ Veronmaksajain keskusliitto ry, Kotitalousvähennys. www.veronmaksajat.fi/fi-FI/omatveroasiat/kotitalousvahennys, www-sivut, viitattu 2.11.2010.

³⁹ Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA, Energia-avustukset, www.ara.fi, www-sivut, viitattu 8.11.2010.

⁴⁰ Lainmuutos liittyy valtion ensi vuoden talousarvioesitykseen, jossa on varattu 30 miljoonaa euroa uusiutuvaa energiaa hyödyntävien lämmitysjärjestelmien käyttöönoton tukemiseen. Lähde: Ympäristöministeriön tiedote: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=365622&lan=fi&clan=fi>.

Suuremmille aurinkolämpöinvestoinneille voidaan hakea TEM:n myöntämää energiatukea. Investointihankkeissa ohjeellinen tukitaso on 25 %. Energiatukea voidaan myöntää yrityksille ja yhteisöille ilman toimialarajoituksia.⁴¹

3.3.3 Lainsäädäntö ja säädökset

Aurinkolämpöjärjestelmän asentamiseksi tarvitaan kunnan tai kaupungin lupa. Lupakäytännöt vaihtelevat ja niistä vastaa paikallinen rakennuslupaviranomainen.⁴² Rakennusluvan yhteydessä harkitaan aina myös rakennuksen suojeluun liittyviä kysymyksiä. Lisäksi edellytetään mahdollisen taloyhtiön lupaa. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus ja asentaminen tulee jättää ammattilaiselle, jolla on LVI ja sähköalan pätevyys.

3.3.4 Ympäristövaikutukset

Aurinkolämmön tuottamisesta ei aiheudu suoria päästöjä, mutta keräinten valmistus sitoo energiaa ja aiheuttaa siten välillisiä ympäristövaikutuksia. Ilmastotaloudellinen hyöty syntyy korvattaessa aurinkolämmöllä fossiililla polttoaineilla tuotettua lämpöä. Nykyisissä keräimissä käytetään lämmönsiirtonesteinä monopropyleeniglykolia, joka ei ole (pieninä määrinä) ympäristölle tai terveydelle haitallinen aine⁴³.

3.4 Tuulivoima

3.4.1 Tekniikka

Tuulivoimalla tuotetaan uusiutuvaa sähköenergiaa siirtämällä tuulen virtausenergiaa mekaaniseksi energiaksi ja edelleen sähkögeneraattorin avulla sähköksi.

Tuulen nopeus lähellä maan pintaa pienenee mm. kasvillisuuden ja rakennusten vaikutuksesta. Näin ollen tuulen nopeus kasvaa ylöspäin mentäessä ja kasvu on sitä voimakkaampaa mitä peitteisempää maasto on. Myös pinnanmuodot vaikuttavat tuulen nopeuteen, esim. mäen laella tuulen nopeus on lähellä maan pintaa suurempi kuin mäen alla. Suomen oloissa tuulivoimalan huipunkäyttöaika on rannikoilla ja saaristossa hyvissä kohteissa 1 800–2 500 tuntia vuodessa, tuntureilla ja merellä voidaan päästä hieman yli 3 000 tunnin vuositason.

Vuositasolla tuulivoimalan keskihyötysuhteen ratkaisee, kuinka hyvin voimala on optimoitu kyseiseen sijoituspaikkaan. Koska tuulivoimalan tuottama teho riippuu voimakkaasti tuulen nopeudesta, on voimalan tuotantoa arvioitaessa oleellista selvittää tuulen nopeuksien tilastollinen jakauma ja ajalliset vaihtelut kyseisessä kohteessa.

Nykyaikaiset 1–6 MW kaupalliset tuulivoimalaitokset ovat vaaka-akselisia, kolmelapaisia ja niiden roottori on torniin nähden tuulen yläpuolella. Tornin korkeus on yleensä 40–130 metriä ja

⁴¹ Energiatukien edistäminen EU:ssa ja kansallisesti. Pentti Puhakan (TEM) esitys, 2010.

⁴² T:mi Timo Jodat YMPÄRISTÖENERGIA, www.y-energia.com/aurinkolampo/aurinkolampo.html. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

⁴³ T:mi Timo Jodat YMPÄRISTÖENERGIA, www.y-energia.com/aurinkolampo/aurinkolampo.html. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

roottorin halkaisija 40–125 metriä. Myös pystyakselisia, esim. Darrieus-, Windside- ja Savonius-roottoreita on kokeiltu piensovelluksissa (alle 100 kW).

Pientuulivoimalat ovat teholtaan vähäisempiä kuin teolliseen tuotantoon käytetyt turbiinit. Pientuulivoimalat ovat teholtaan yleensä enintään 20 kW. Vähätehoisimpien vaaka-akselisten pienvoimaloiden tehoalue alkaa muutamasta kilowatista. Tornin korkeus on yleensä 5–45 metriä ja roottorin halkaisija 4–14 metriä. Pientuulivoimaa voidaan käyttää kohteissa, jotka eivät ole sähköverkon piirissä, mutta yhä useammin niitä asennetaan sähkönjakelun piirissä oleviin kohteisiin. Sähköä varastoidaan vaihtelevien tuuliolosuhteiden vuoksi akkuihin myöhemmin käytettäväksi.

Pienissä käyttökohteissa tuulivoima on vaihtoehto tai täydennys aurinkosähköjärjestelmään. Pientuulivoimala on investointina halvempi kuin samaa teholuokkaa oleva aurinkopaneelijärjestelmä. Aurinkopaneelin paras käyttöaika Suomessa on kesällä, kun auringonvaloa on runsaasti saatavilla. Tuulivoimala taas tuottaa sähköä ympäri vuorokauden, mikäli se on sijoitettu oikein. Pientuulivoimala alkaa tuottaa sähköä, kun tuulennopeus on noin 3 m/s. Vähäisimmillään pientuulivoimaa käytetään vapaa-ajan asuntojen valaistukseen ja viihde-elektroniikkalaitteisiin.⁴⁴

Kehitys on kulkenut jatkuvasti kohti suurempia yksikkökojoja, koska investointikustannukset tuotettua energiaa kohden pienenevät yksikkökoon kasvaessa. Lisää kustannussäästöjä saadaan rakentamalla useamman voimalan tuulipuistoja. Tuulivoimapuistojen tapauksessa ei kyse kuitenkaan enää ole hajautetusta energiantuotannosta. Tuulivoimalan suunniteltu käyttöikä on 20–30 vuotta.

3.4.2 Talous

Tuulivoiman rakentaminen on pääomavaltaista eli tuotantokustannukset muodostuvat pääosin investoinneista ja rahoituksen edullisuudesta. Maalle rakennettavan (*onshore*) 1 MW:n tuulivoimalan investointikustannukset olivat vuonna 2009 noin 1,3–1,5 miljoonaa euroa. 3 MW:n laitoksen investointikustannukset ovat optimiolosuhteissa kuivalla maalla noin 4,5 miljoonaa euroa. Merelle rakennettaessa (*offshore*) investointikustannukset ovat 20–50 % korkeammat. TEM:n syöttötariffiryhmä arvioi, että tuulivoiman investointikustannukset ovat noin 1 300 – 1 400 €/kW maalla ja 2 500 €/kW merellä. Pientuulivoimaloiden yksikkökustannukset ovat vielä tästä huomattavasti korkeammat. Investoinnin jälkeen tuulisuusoloilla on ratkaiseva vaikutus tuulivoiman tuotannon taloudellisuuteen.

Itse tuulivoimalaitosten osuus kokonaisinvestoinnista on kuivalla maalla tyypillisesti 65–80 %, merelle rakennettaessa noin puolet. Loppuosa koostuu maarakennustöiden (perustukset, tiet, nosto- ja asennusalueet) kustannuksista, sähkötöistä ja kaapeloinnista, sähköverkkoon liittämisen kustannuksista, suunnittelun ja valvonnan kustannuksista, asennus- ja käyttökustannuksista sekä vakuuttamisesta.⁴⁵

Suomessa tuulivoimahankkeelle voi hakea TEM:n energiatukea. Tuulivoimalle on maksettu energiatukea maksimissaan 40 % investointikustannuksista. Käytännössä osuus on ollut usein vähemmän, noin 30–35 %. Vuoden 2011 alusta alkaen tuulivoiman tukijärjestelmä muuttuu ja tuulivoimantuottajalle maksetaan takuuhintaa tuotetusta sähköstä (syöttötariffi), jonka tavoitehin-

⁴⁴ Suomen Tuulivoimayhdistys ry, www.tuulivoimayhdistys.fi. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

⁴⁵ Suomen Tuulivoimayhdistys ry, www.tuulivoimayhdistys.fi. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

ta on 83,5 €/MWh⁴⁶. Tariffia maksetaan 12 vuoden ajan tuulivoimalaitoksille tai -puistoille, joiden yhteenlaskettu nimellinen generaattoriteho on vähintään 0,5 MW. Tuulivoimalla tuotetulle sähkölle myönnetään myös vuoden 2011 loppuun saakka verotukea, joka on 6,9 €/MWh.^{47, 48}

Myös pientuulivoimainvestoinneille (nimellisteho 2-20 kW⁴⁹) voidaan hakea TEM:n energiatukea (ei yksityishenkilöt). Tukea voi saada vain energiatehokkuussopimukseen liittynyt taho ja pientuulivoimala täytyy olla suoraan kytketty rakennuksen tai rakennusryhmän sähköverkkoon tai lämmitysjärjestelmään. Ohjeellinen tukitaso pientuulivoimainvestointeihin on 25 %⁵⁰.

3.4.3 Lainsäädäntö ja säädökset

Suomessa saa rakentaa ainoastaan alueelle, jonka hallintaoikeus on rakennuttajalla. Tästä syystä tuulivoimahankkeen alkuvaiheessa tulee tehdä tarvittavat varaukset maa-alueista. Maa-alueen voi ostaa tai vuokrata. Myös valtion maille voi rakentaa tuulivoimaa. Valtion maa- ja merialueita hallinnoi Metsähallitus, jonka kanssa pitää neuvotella ja sopia valtion maille rakentamisesta. Lupaprosessin kulusta ja onnistumisen todennäköisyydestä on oltava mahdollisimman hyvä käsitys jo sijoituspaikkaa valittaessa ja maanhankintaneuvotteluja käytäessä. Merkittävät luontoarvot tulee ottaa huomioon suunnittelussa, jotta vältetään vastustukselta ja negatiiviselta uutisoinnilta sekä tämän vuoksi pitkittyviltä lupaprosesseilta. Samalla vältetään tuulivoiman yleisen julkisuuskuvan heikkenemiseltä, mikä taas edesauttaa muidenkin hankkeiden etenemistä.

Verkonhaltija on veloitettu liittämään verkkoon sähköntuottajan, jonka sähkölle on ostaja. Verkkoon liittynnästä tulee neuvotella sähköverkon haltijan kanssa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Suoraan jakeluverkkoon voidaan liittää vain suhteellisen pieniä tuulivoimalapuistoja, suurempien tuulipuistojen tekniset vaatimukset nousevat ja ne tulee liittää suoraan alue- tai kantaverkkoon. Selvitys verkkoon liittymisestä tulee tehdä ennen YVA-menettelyn aloittamista.

Ennen lopullista investointipäätöstä on syytä tehdä alueella 1–2 vuoden mittaiset tuulimittaukset, joilla varmistetaan alueen tuuliolosuhteet, keskituulennopeus, turbulentsisuus jne. Mittaus on tehtävä tuulivoimalan suunnitellulta napakorkeudelta. Mittausjakson tuloksia on jakson pituudesta riippumatta aina syytä verrata lähimmillä sääasemilla samalla jaksolla mitattuihin tuulennopeuksiin ja kyseisen sääasemien pitkän aikavälin keskiarvoihin, jotta eri vuosien väliset erot saataisiin eliminoitua.

Tuulivoimala ei toistaiseksi sisälly Suomen YVA-asetuksen hankeluetteloon. EY:n YVA-direktiivin muutoksen (direktiivi 97/11/EY) mukaan tuulivoimahankkeilta on edellytettävä YVA-menettelyä aina silloin, kun ne aiheuttavat todennäköisesti merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Kunnan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY-keskus) yhteysviranomaisen ratkaisee nykyisin tapauskohtaisesti YVA-menettelyn soveltamisen. Ympäristöministeriö on ehdottanut suurten tuulivoimahankkeiden lisäämistä YVA-asetuksen hankeluetteloon, jolloin kynnys ylittävät hankkeet tarvitsevat aina YVA-selvityksen. Ehdotuksen lausuntokierros

⁴⁶ Tariffina maksetaan tavoitehinnan ja toteutuneen sähkön markkinahinnan erotus. Nopean alkajan bonuksena tavoitehinta olisi vuoden 2015 loppuun saakka 105,30 €/MWh enintään kolmen vuoden ajan. Aikarajaa on ehdotettu (30/2010 vp) siirrettävän vuoden 2016 loppuun.

⁴⁷ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009. Syöttötariffityöryhmän loppuraportti, ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffiksi.

⁴⁸ Tuulivoimaopas, www.tuulivoimaopas.fi.

⁴⁹ Pääsääntöisesti asennettavan kokonaistehon tulisi olla enintään 50 kW.

⁵⁰ Energiatehokkuuden edistäminen EU:ssa ja kansallisesti. Pentti Puhakan (TEM) esitys, 2010.

toteutetaan alkuvuodesta 2011. Hankeluettelossa mainittua kokoluokkaa pienemmissä hankkeissa yhteysviranomaisten harkintavalta säilyy. Huolimatta siitä, mitä YVA-laki ja -asetus edellyttävät, on erillisen ympäristöselvityksen tekeminen osana tuulivoimahankkeen suunnitteluprosessia suositeltavaa riippumatta hankkeen koosta. Vähäisempiäkin ympäristöhaittoja aiheuttavia tuulivoimahankkeita koskee YVA-lain selvilläövelvollisuus. Tässä tapauksessa ympäristöselvitys, joka helpottaa yhteistyötä viranomaisten ja muiden alueen tahojen kanssa, voi olla suppeampi kuin YVA-selvitys. YVA-menettelyssä arvioidaan ainakin seuraavat asiat:

- Visuaaliset eli maisemalliset vaikutukset
- Käyntiääni (meluohjeartot)
- Vaikutukset eläimiin, pääasiassa lintuihin
- Mahdolliset vaikutukset viestintäyhteyksiin (mm. teleliikenne, tutkasignaalit)
- Erilaiset maankäyttövaikutukset
- Turvallisuus (esim. irtoilevat jäät)
- Rakentamisen aikaiset vaikutukset
- Merelle rakennettaessa veden alaiset vaikutukset (mm. sameneminen, virtausten muutokset, vedenalainen melu, kaapeleiden sähkömagneettiset kentät)

Myös ihmisiin kohdistuvat vaikutukset (IVA) on arvioitava YVA-menettelyn aikana. Selvityksien ajankohta kannattaa ottaa huomioon jo hankkeen suunnittelun alkuvaiheessa. Esimerkiksi muuttolintujen laskenta voidaan suorittaa vain niiden muuttoaikana. Mikäli päätöstä lykätään muuton ohi, seuraava mahdollisuus tutkimukseen on vasta vuoden päästä.

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999, MRL) kaava- ja lupajärjestelmä asettaa puitteet niin tuulivoimarakentamiselle kuin kaikelle muullekin rakentamiselle. Voimassa olevassa ympäristölainsäädännössä on ainoastaan kaksi nimenomaisesti tuulivoimalaa koskevaa säännöstä:

- Maankäyttö- ja rakennusasetuksen (895/1999, MRA) 62.1 §:n 4 kohdassa säädetään tuulivoimalan toimenpideluvanvaraisuudesta.
- Maankäyttö- ja rakennusasetuksen (895/1999, MRA) 64 §:ssä säädetään tuulivoimalan rakennus- ja toimenpidelupahakemukseen liitettävistä selvityksistä.

Mikäli hankkeelta edellytettävä YVA-selvitys ja kaavamuutos on hyväksytty, voi lähteä hakemaan tarvittavia lupia paikalliselta rakennusvalvontaviranomaiselta. Tarvittava lupa on joko rakennuslupa tai toimenpidelupa. Lisäksi, mikäli alueen lähellä on pysyvää tai loma-asutusta, voi tuulivoimarakentaminen edellyttää ympäristönsuojelulain nojalla myönnettävää ympäristölupaa. Ympäristölupa tarvitaan, jos tuulivoimalasta saattaa aiheutua naapurussuhdelaisissa tarkoitettua kohtuutonta rasisusta, kuten käyntiääntä tai pyörivien lapojen varjon vilkkumista. Lupa-asian käsittelee kunnan ELY-keskuksen yhteysviranomainen. Tuulivoimalan rakentaminen vesistöön edellyttää käytännössä aina vesilain mukaista lupaa. Myös maa-alueelle rakentaminen edellyttää vesilain mukaista lupaa, jos rakentamisella on vaikutuksia vesistöön. Lupa-asian käsittelee ELY-keskus. Monet vesiluvan vaatimista selvityksistä sisältyvät YVA-selvitykseen, jota käytetään lupahakemuksen liitteenä.⁵¹

Kunnan rakennusjärjestys määrittää millainen lupa pientuulivoimalan rakentamiseen vaaditaan. Lupamenettely vaihtelee kunnittain, joten suunnitteluvaiheessa tulee olla yhteydessä kunnan rakennusviranomaiseen.

⁵¹ Suomen Tuulivoimayhdistys ry, www.tuulivoimayhdistys.fi. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

3.4.4 Ympäristövaikutukset

Tuulivoiman ympäristövaikutukset voidaan jakaa rakentamisen aikaisiin, käytön aikaisiin ja käytön lopettamisesta aiheutuviin vaikutuksiin. Tuulivoiman elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt ovat noin 10 g/kWh ja ne muodostuvat lähinnä tuulivoiman rakentamisen, kasaamisen, kuljettamisen ja huollon aiheuttamista päästöistä. Itse tuulivoiman tuotanto on päästötöntä. Ympäristövaikutukset ja ennen kaikkea niiden merkittävyys riippuu monista tekijöistä, kuten hankkeen koosta ja toteutustavasta, sijoituspaikan olosuhteista ja alueen muista käyttömuodoista.⁵²

Tuulivoiman aiheuttamia negatiivisia ympäristövaikutuksia voidaan merkittävästi vähentää tuulivoimalaitosten sopivalla sijoittamisella. Suomen luonnonsuojeluliiton Ekoenergia-merkin kriteerit ovat hyvä lähtökohta sijoituspaikan valinnalle. Ekoenergia-merkki myönnetään tuulivoimalle sillä ehdolla, että voimala ei sijoitu luonnonsuojelualueille, valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaille maisema-alueille tai kulttuuriperintöalueille tai kansainvälisesti ja valtakunnallisesti tärkeille lintualueille.⁵³

3.5 Pienvesivoima

3.5.1 Tekniikka

Vesivoima tuottaa uusiutuvaa sähköenergiaa hyödyntämällä veden virtauksen sisältämää liikeenergiaa. Vesivoima voidaan jaotella suur-, pien- ja minivesivoimaan voimalan nimellistehon perusteella. Suurvesivoimalla tarkoitetaan nimellissähkötehoaan yli 10 MW:n, pienvesivoimalla 1-10 MW:n ja minivesivoimalla alle 1 MW:n tehoista vesivoimaa⁵⁴. Hajautetuksi energiantuotannoksi lasketaan yleensä alle 10 MW:n pien- ja minivesivoima. Laitosten käyttöikä on pitkä, tyypillisesti 60–100 vuotta.

Minivesivoimalaitoksia oli vuonna 2009 Suomessa 67 kpl ja pienvesivoimalaitoksia 83 kpl. Vesivoimalla tuotetusta energiasta minivesivoiman osuus on noin yksi prosentti ja pienvesivoiman osuus noin kahdeksan prosenttia. Vesivoimapotentiaalia oli Suomessa vuoden 2009 lopulla jäljellä suojelemattomissa vesistöissä arviolta 663 MW. Tästä pien- ja minivesivoimapotentiaalia on yhteensä noin 288 MW⁵⁵. Osa hyödyntämättömästä tuotantopotentiaalista saadaan käyttöön rakentamalla uusia voimaloita käytöstä poistettujen vesivoimalaitosten tilalle, nostamalla olemassa olevien laitosten tehoa sekä investoimalla kohteisiin, joissa on pato jo valmiina. Näissä paikoissa myös ympäristövaikutukset jäävät vähäisemmiksi kuin luonnontilaisissa koskissa. Myös vanhat myllyt ovat mahdollisia kohteita, mutta ne edellyttävät yleensä patoamista. Kannattaviksi arvioituja minivesivoimakohteita on kaikkiaan noin 350 kappaletta.⁵⁶

Vesivoimalan hyötysuhde riippuu osittain käytettävästä tekniikasta. 1970-luvulta lähtien pienvesivoimaloissa on pääsääntöisesti käytetty vaaka-akselista Kaplan-putkiturbiinia, jonka hyötysuhde on tyypillisesti yli 90 %, näin ollen päästään noin 80–85 %:n kokonaishyötysuhteeseen. Kaplan-turbiinin hyvä hyötysuhde perustuu hyvään säädettävyyteen. Potkuriturbiinin

⁵² Suomen Tuulivoimayhdistys ry, www.tuulivoimayhdistys.fi. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

⁵³ Suomen luonnonsuojeluliitto. Ekoenergia, www.ekoenergia.fi. www-sivut, viitattu 8.11.2010.

⁵⁴ Tämä kokoluokittelu perustuu Tilastokeskuksen käyttämään jaotteluun.

⁵⁵ Arviot käyttämättömän potentiaaloin hyödyntämisen kannattavuudesta vaihtelevat eri selvityksissä.

⁵⁶ Motiva Oy, www.motiva.fi. www-sivut, viitattu 9.11.2010.

säädettävyys on huono, kiinteäsiipisiä turbiineja käytettäessä voimalan säätö toteutetaan varustamalla voimala usealla erikokoisella turbiinilla ja yhdistelemällä niitä sopivasti. Potkuriturbiineilla hyötysuhde putoaa lähes lineaarisesti virtaaman pienentyessä.

Toinen tyyppi on nk. kompaktiturbiini, jossa turbiini, generaattori ja sulkulaite ovat integroitu asennusvalmiina yksikkönä, joka voidaan sijoittaa suoraan vesiteihin. Suuremmat yksiköt (yli 5 MW) ovat kompaktiturbiineissa monigeneraattoriturbiineja, joissa turbiini pyörittää useampaa generaattoria hammaspyörän välityksellä. Pien- ja minivesivoimalan tyypillinen teho on 20–10 000 kW.⁵⁷

3.5.2 Talous

Vesivoiman rakentaminen on pääomavaltaista, eli kuten tuulivoimassa, myös vesivoiman tuotantokustannukset muodostuvat pääosin investoinneista ja rahoituksen edullisuudesta. Rahoitusmahdollisuudet vaihtelevat suuresti riippuen siitä, onko toteuttaja voimayhtiö vai yksityinen pienvesivoimarakentaja. Ongelmana on, samoin kuin tuulivoimalla, että pienelle yritykselle on vaikeaa hankkia asiakkaita ja pienvesivoiman tuottajat joutuvat usein sopimaan järjestelyistä jonkin suuremman energiayhtiön kanssa.

Pien- ja minivesivoiman tyypilliset investoinnin kokonaiskustannukset⁵⁸ Suomessa ovat 2 500 – 6 000 €/kW (2008). Kustannuksiin vaikuttaa ratkaisevasti sijoituskohde eli ovatko pato ja kanavat valmiiksi rakennettu vai ei. Investoinnin kokonaisarvosta keskimäärin lähes 25 % muodostuu padosta ja kanavista. Koneasemat ja rakenteet muodostavat alle 15 % kokonaiskustannuksista. Mekaanisten laitteiden, generaattorin, sähköistyksen sekä automaation osuus kokonaiskustannuksista on noin 35 %. Tämän lisäksi tuottajalle syntyy kustannuksia mm. ympäristönsuojelusta, maakiinteistöistä ja mahdollisista muista korvauksista ja lisäkustannuksista. Alle 1 MW:n kokoisilla laitoksilla on käyttö ja kunnossapitokustannusten yhteisarvo 8–12 €/MWh, josta käyttökustannukset ovat 60 % ja kunnossapitokustannukset 40 %.^{59, 60} Ilmoitetut kustannukset ovat luonnollisesti arvioita, joten niissä esiintyy huomattavaa hajontaa.

Suomessa minivesivoimahankkeille voi hakea TEM:n energiatukea⁶¹. Minivesivoimalle on maksettu energiatukea maksimissaan 30 % investointikustannuksista. Lisäksi pienvesivoimalalla tuotetulle sähkölle myönnetään vuoden 2011 loppuun saakka verotukea, joka on 4,2 €/MWh.⁶² TEM on myös harkinnut pienvesivoiman lisäämistä syöttötariffijärjestelmään, mutta tästä ei ole tehty vielä ehdotusta⁶³.

3.5.3 Lainsäädäntö ja säädökset

⁵⁷ Vartiainen et al., 2002. Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt.

⁵⁸ Pato ja oheiskustannukset huomioitu.

⁵⁹ Vartiainen et al., 2002. Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt.

⁶⁰ Pienvesivoimayhdistys ry. Pienvesivoimalaopas, 2009.

⁶¹ Työ- ja elinkeinoministeriö valmistelee tuen myöntämisen linjauksiin muutosta, jolla tukea voitaisiin myöntää nykyisen maksimissaan 1 MW:n laitosten sijasta 10 MW:iin saakka. Työ- ja elinkeinoministeriö, 2010. Suomen kansallinen toimintasuunnitelma uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian edistämisestä direktiivin 2009/28/EY mukaisesti.

⁶² Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009. Syöttötariffityöryhmän loppuraportti, ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffiksi.

⁶³ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009. Syöttötariffityöryhmän loppuraportti, ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffiksi.

Vesivoimalaitosten rakentaminen edellyttää asianomaisen ympäristölupaviraston antamaa lupaa. Lupakäsittelyä tarvitaan myös vesistön virtaamaan vaikuttamiseen esimerkiksi perkaushankkeilla, merkittävimpiin tehonnostohankkeisiin sekä vesistön sääntelyn muutoksiin. 64

Vesivoiman rakentamiseen vaikuttava lainsäädäntö koostuu vesilaista (264/1961), ympäristönsuojelulaista (86/2000), luonnonsuojelulaista (1096/1996) sekä maankäyttö- ja rakennuslaista. Lisäksi patoturvallisuuslaki (494/2009) ja koskiensuojelulaki (35/1987) tulee ottaa huomioon hankevalmistelussa. Hallitus on antanut eduskunnalle esityksen vesilainsäädännön uudistamiseksi tammikuussa 2010⁶⁵.

Haettaessa lupaa vesivoimahankkeelle, on lupahakemusasiakirjoihin liitettävä YVA-lain (468/1994) mukainen arviointiselostus, jos voimalahanke kuuluu YVA-menettelyyn piiriin. YVA-menettely edeltää vesilain lupaprosessia ja sitä sovelletaan lähes kaikkiin uusiin vesivoiman rakennushankkeisiin.⁶⁶

3.5.4 Ympäristövaikutukset

Pienvesivoiman vaikutukset rajoittuvat lähivesistöön. Vesi ei vähene eikä pilaannu virratessaan voimalaitoksen läpi. Vesivoimasta ei myöskään aiheudu kiinteitä jätteitä eikä päästöjä ilmaan, veteen tai maaperään. Vesivoimalla on kyetty torjumaan tulvia tai ainakin vähentämään niiden aiheuttamia vahinkoja.⁶⁷ Pienvesivoiman ympäristövaikutuksista nostetaan kuitenkin usein esiin seuraavat asiat:

- Virtavesien luonne muuttuu ja sen mukaan biodiversiteetti alenee.
- Voimalaitos pienentää joen matkailullisia arvoja.
- Kalat eivät pääse voimalaitoksen ohi ylävirtaan, mikäli kalatie puuttuu ja alavirran-suuntainen vaellus turbiinien läpi sisältää kaloille suuria riskejä, mikäli turbiinit eivät ole kalaystävällisiä.
- Ympäristösuojellisen minimivirtaaman ylläpidon velvollisuuden puute (puuttuu vanhoista luvista).
- Turbiinien ja muiden laitteiden aiheuttamat meluhaitat.
-

Ammattitaitoisella vesivoimalan suunnittelulla ja toteutuksella yllä mainitut ympäristövaikutukset voidaan kuitenkin minimoida tehokkaasti. Vesivoiman ilmastotaloudellinen hyöty syntyy korvattaessa vesivoimasähköllä fossiilisilla polttoaineilla tuotettua sähköä.

⁶⁴ Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, 2005. Vesivoimatuotannon määrä ja lisäämismahdollisuudet Suomessa.

⁶⁵ Oikeusministeriö, www.om.fi. www-sivut, viitattu 9.11.2010.

⁶⁶ Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, 2005. Vesivoimatuotannon määrä ja lisäämismahdollisuudet Suomessa.

⁶⁷ Energiateollisuus ry, Vesivoima. www.energia.fi. www-sivut, viitattu 9.11.2010.

3.6.1 **Lämmön tuotanto**

3.6.1.1 **Tekniikka**

Bioenergiaa voidaan hyödyntää hajautetussa energiantuotannossa vapauttamalla biomateriaalin sitoutunut energia polttamalla. Syntynyt lämpö voidaan hyödyntää rakennusten lämmitysenergiana tai prosessien voimanlähteenä. Lämpö siirretään laitokselta kulutuspaikoihin lämpöverkossa, jonka pituutta/laajuutta rajoittaa kattilan lämpöteho.

Biomassalle soveltuvissa kattiloissa käytetään kolmea eri polttotapaa: arinapolttoa, kaasutuspolttoa ja leijupolttoa. Arinapoltto on yleisin polttotapa alle 10 MW_{th}:n kokoluokassa. Yli 10 MW_{th}:n tehoalueella uudet polttotekniikat, erityisesti leijupoltto, ovat syrjäyttäneet arinapolttotekniikan.

Arinapoltto edustaa perinteistä polttotekniikkaa. Polttoaine syötetään arinalla, jota pitkin se etenee palamisen edistyessä. Erilaisia arinatyyppejä ovat mm. kiinteä tasoarina, kiinteä viistoarina, mekaaninen viistoarina, ketjuarina sekä pyörivä arina⁶⁸. Arinoiden rakenteet riippuvat polttoaineesta ja kattilan koosta. Arinapolton haasteena ovat polttoaineen epäpuhtaudet, jotka heikentävät energiansaantia ja voivat vaurioittaa kattilaa.

Leijupoltto on syrjäyttänyt arinapolton suuremmissa, yli 10 MW_{th}:n yksiköissä. Leijupolttokattiloissa polttoaine saadaan leijumaan puhaltamalla ilmaa suurella nopeudella kattilan alaosaan. Kuuma ilma leijuttaa polttoainetta, jolloin se kuivuu ja hajoaa. Syntyy haihtuvia aineita sekä tuhkaa ja hiiltä, joka myös palaa loppuun leijuvassa tilassa. Kattilat jaetaan kerrosleiju- ja kierto-leijukattiloihin.⁶⁹

Kaasutuspoltto soveltuu esimerkiksi metsähakkeen ja palaturpeen käyttöön pääasiassa tehoalueella 1–15 MW_{th}. Kaasutuspoltoissa biomassaa muutetaan kaasuksi ennen polttamista kaasuttimen avulla. Prosessin toimivuuden kannalta biomassan tulee sisältää paljon haihtuvia aineosia. Kaasutuspoltto vaatii arinapolttoa vähemmän valvontaa.⁷⁰

Polttoaineena biomassakattiloissa voidaan käyttää hakkuutähteiden (hukkarunkopuu, latvusmassa, pieniläpimittainen kokopuu) lisäksi haketta, puun kuoria, sahanpurua, kutterilastua, pellettejä tai brikettejä sekä turvetta ja kierrätyspolttoainetta (seospolttoaineena). Puupolttoaineen haketus tapahtuu joko korjuupaikalla, tienvarsivarastolla tai käyttöpaikalla. Pelletit ja briketit valmistetaan yleensä sahanpurusta ja puusepänteollisuuden jätteistä. Näiden etuja ovat yhtenäisen laatu ja hyvä energiasisältö, mitkä helpottavat polttoaineen syöttöä ja palamisen säätöä.

Biomassakattiloiden huipunkäyttöaika vaihtelee paljon. Se voi olla pienkäytössä alle 1 000 tuntia, mutta kaukolämpövoimalassa 4 000 tuntia. Hyötysuhde voi isoissa kattiloissa (yli 15 MW_{th}) nousta yli 90 %:n, mikäli polttoaineena käytetään kuivaa haketta tai puupellettejä. Pienkäytössä hyvän puukattilan vuosihyötysuhde on yli 70 %.⁷¹ Biomassakattiloiden käyttöikä on tavallisesti 20–30 vuotta.

⁶⁸ Kutsutaan myös kekoarinaksi. Siinä arina on jaettu vyöhykkeisiin, joista esim. joka toinen pyörii. Ratkaisu soveltuu hyvin määrän kuoren, sahanpurun tai hakkeen (kosteus alle 65 %) polttoon.

⁶⁹ FINBIO - Suomen Bioenergiayhdistys ry. Bioenergia Suomessa. www.finbioenergy.fi. www-sivut, viitattu 9.11.2010.

⁷⁰ FINBIO - Suomen Bioenergiayhdistys ry. Bioenergia Suomessa. www.finbioenergy.fi. www-sivut, viitattu 9.11.2010.

⁷¹ Vartiainen et al., 2002. Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt.

3.6.1.2 Talous

Kattiloiden hinnat ovat pienessä kokoluokassa 50–100 €/kW_{th}, isossa kokoluokassa alle 50 €/kW_{th}. Tämän lisäksi tulee polttoaineen syöttöjärjestelmästä kustannuksia 100–150 €/kW_{th}. Käyttö- ja kunnossapitokustannuksia aiheuttavat mm. kattiloiden puhdistus, tuhkanpoisto ja nuohous. Tärkein biomassalla tuotetun lämmön hintaan vaikuttava tekijä on polttoaineen hinta, joka puolestaan riippuu korjuu-, kuljetus- ja käsittelykustannuksista. Polttoaineen hinta vaihtelee käyttökohteen ja polttoainetyypin mukaan. Pienkäytössä valmiiden puupellettien toimitushinnat olivat vuoden 2010 puolivälissä noin 5 c/kWh⁷². Kunta- ja yritysasiakkaille hinta on sopimuskohdainen. Puuhakkeen hinta vaihtelee kohteen ja markkinatilanteen mukaan. Hinnaltaan hake on pellettiä halvempaa, noin 2 c/kWh. Pienissä kohteissa hinta voi olla tätä suurempi, kun taas suurissa voimaloissa hinta on ollut tätä alhaisempi.

Puu- ja peltobiomassaan liittyvät hankkeet (mm. lämpölaitokset) saivat vuonna 2010 TEM:n energiatukea hanketyypistä riippuen yleensä 10–25 % (enimmäistaso 30 %). Lisäksi lämmöntuottajan ei tarvitse maksaa veroa uusiutuvista polttoaineista, kuten puuhakkeesta, biokaasusta, biomassasta, heinistä, jätteistä jne. Mikäli erillisessä lämpökeskuksessa käytetään useita polttoaineita, maksetaan veroa kaikista keskuksessa käytetyistä veronalaisista polttoaineista.⁷³ Sähköntuotannolle sekä CHP-tuotannolle suunnatut tukimuodot on esitetty edempänä alaluvussa 3.7. *Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto.*

3.6.1.3 Lainsäädäntö ja säädökset

Kiinteästi paikalleen rakennettu tuotantolaitos edellyttää rakennuslupaa. Rakennusluvan myöntää kunnan rakennusvalvontaviranomainen. Rakennuslupa on myönnettävä, jos hanke täyttää rakentamisesta annettujen säännösten ja määräysten asettamat tekniset, ympäristölliset ja oikeudelliset vaatimukset. Näitä arvioidaan rakennusluvan mahdollisesti edellyttämissä muissa selvityksissä ja luissa (esim. ympäristölupa ja/tai YVA). Lisäksi ennen toiminnan aloittamista voidaan edellyttää laitoshyväksyntää tai Tuoteturvallisuuskeskuksen (Tukes) hyväksyntää. Lupamenettelyssä tutkitaan, onko rakentaminen voimassa olevien maankäyttösuunnitelmien mukainen. Maankäyttöä määräävät maakuntakaava, yleiskaava, asemakaava ja kunnan oma rakennusjärjestys. Erityisesti maaseudulla tapahtuvassa rakentamisessa tulee usein esille naapurussuhdelain 17.1 §:n määräykset niin sanotusta immissiohaitasta. Rakentamien ei saa aiheuttaa kohtuutonta tai kiellettyä rasitusta naapurustolle.

Ympäristölupa tarvitaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan. Luvan saaneen toiminnan ympäristölupa tarkistetaan määräajoin tai toiminnan olennaisesti muuttuessa. Ympäristölupahakemuksessa on oltava tiedot hakijasta sekä lupaharkinnan kannalta tarpeelliset selvitykset muun muassa:

- toiminnasta ja tuotannosta
- laitoksen sijaintipaikasta ja sen ympäristöstä
- toiminnasta syntyvistä jätteistä
- toiminnassa muodostuvista päästöistä ja niiden vaikutuksista ympäristöön

⁷² Suomen Pellettienergiayhdistys ry, www.pellettienergia.fi. www-sivut, viitattu 9.11.2010.

⁷³ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009. Syöttötäriiffityöryhmän loppuraportti, ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötäriiffiksi.

- kemikaalien ja energian käytöstä
- riskeistä ja poikkeustilanteisiin varautumisesta
- parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta
- toiminnan tarkkailusta
- asianosaisista, joita on kuultava ympäristölupaharkinnassa.

Hakemuksesta on tarvittaessa käytävä ilmi, mihin aineistoon ja laskenta-, tutkimus- tai arviointimenetelmään annetut tiedot perustuvat. Hakemuksen laatijalta edellytetään myös riittävää asiantuntemusta. YVA-menettely vaaditaan yli 300 megawatin laitoksille.⁷⁴

Ympäristövaikutukset

Bioenergian hyödyntämisen ympäristövaikutukset syntyvät raaka-aineen tuotannosta, korjuusta, käsittelystä, kuljetuksista, tuotantoprosesseista ja lopputuotteen käytöstä. Ympäristövaikutuksia arvioitaessa onkin tärkeää tarkastella koko bioenergian toimitusketjua. Tässä tarkastelu rajataan kuitenkin pelkästään lopputuotteen käytöstä, eli lämpölaitoksella tapahtuvasta energiantuotannosta syntyviin ympäristövaikutuksiin.

Puuperäisten polttoaineiden käyttö aiheuttaa pienhiukkaspäästöjä, jolla on negatiivinen vaikutus ihmisen terveydelle. Poltossa vapautuu ilmakehään myös hiilidioksidia, mutta uusiutuvien polttoaineiden CO₂-päästöjä ei huomioida päästötaseessa. Ilmaan pääsee myös häkää (CO), typen oksideja (NO_x), rikkidioksidia (SO₂) sekä erilaisia myrkyllisiä yhdisteitä, jotka vaihtelevat käytettävän polttoaineen mukaan.

3.7 Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto

Hajautetussa energiantuotannossa voidaan pienessäkin kokoluokassa hyödyntää lämmön- ja sähkön yhteistuotantoa (*Combined Heat and Power* tai *CHP*). Soveltuvia teknologiavaihtoehtoja ovat esimerkiksi höyrykoneet, kaasu- ja dieselmoottorit, mikroturbiinit, polttokennot ja Stirlingmoottorit.

Höyrykone voi toimia joko mekaanisen männän liikuttamiseen perustuen tai yleisemmin vastapainevoimalaitoksena, jossa höyry pyörittää vastapaineturbiinia. Polttoaineessa höyrykoneessa voidaan käyttää lähes mitä tahansa palavaa materiaalia, kuten puuta, öljyä, hiiltä, maakaasua, biokaasua tai muita biopolttoaineita. Höyrykoneet soveltuvat parhaiten hajautetun energiantuotannon mittakaavassa melko suurten, lämpötehoiltaan useiden megawattien kohteisiin.

Kaasu- ja dieselmoottorit käyttävät energialähteinään nimensä mukaisesti joko kaasumaisia tai nestemäisiä polttoaineita. Kaasumoottoreiden polttoaineena voi olla esimerkiksi maakaasu, nestekaasu (*Liquid Petroleum Gas* tai *LPG*) tai biokaasu. Dieselmoottorin polttoaine voi puolestaan olla dieselöljyn lisäksi esimerkiksi polttoöljyä tai biodieseliä. Kaasumoottoreita voidaan käyttää muutamien kilowattien kokoluokasta ylöspäin. Kaupallisesti kaasumoottorit ovat pienen kokoluokan yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotannossa olleet hallitsevassa asemassa. Kaasumoottoreiden käyttämän kaasun tuotantoon ollaan kokeilemassa puun kaasutusta myös pienessä mittakaavassa.

Mikroturbiinissa hyödynnetään palavan kaasun virtausta, joka pyörittää turbiinia. Mikroturbiinin toimintaperiaate on sama kuin isompienkin kaasuturbiinien, mutta nimitystä käytetään

⁷⁴ Bioenergia-verkkopalvelu, www.bioenergia.fi. www-sivut, viitattu 9.11.2010.

yleensä teholtaan alle 500 kW kokoluokkaan. Mikroturbiinit soveltuvat sähkön tuotannon hyödyntämisen lisäksi pienten kohteiden lämmittämiseen sekä erityisesti korkeita lämpötiloja edellyttäviin sovelluskohteisiin.

Polttokennoissa polttoaineen kemiallinen energia muunnetaan sähköksi ja lämmöksi sähkökemiallisessa prosessissa. Polttokennojen energialähteenä voidaan käyttää esimerkiksi vetyä, maakaasua tai biokaasua. Polttokennojen tehot vaihtelevat hyvin pienistä sovelluksista muutamien megawattien kokoluokkaan. Polttokennot ovat tietyissä erityissovelluksissa jo kilpailukykyisiä vaihtoehtoja, mutta toistaiseksi niitä ei ole laajamittaisesti hyödynnetty bioenergiasonneissa.

Stirling-moottori muuttaa moottorin ulkopuolella tapahtuvassa poltossa syntyvän lämpöenergian moottorin sisäiseksi liike-energiaksi, jota voidaan edelleen hyödyntää sähkögeneraattorin pyörittämisessä. Teknologiasta ei vielä ole laajalti käytettäviä kaupallisia sovelluksia.

Metsähakkeella tuotetulle sähkölle maksetaan syöttötariffia vuoden 2011 alusta lähtien. Tuon määrä on 18 €/MWh päästöoikeuden hinnan ollessa 10 €/tCO₂. Mikäli päästöoikeuden hinta nousee tasolle 20 €/tCO₂, on tuki nykyistä sähköverolain mukaista verotukea (6,9 €/MWh) pienempi. Syöttötariffijärjestelmän ulkopuolelle jäävälle metsähakkeeseen perustuvalla sähkön tuotannolle maksetaan edelleen kiinteää tukea 6,9 euroa megawattitunnilta. Pienpuun energiatuon valmistelu on vielä kesken.

Syöttötariffijärjestelmään kuuluvan CHP-laitoksen puupolttoaineilla tuotetun sähkön tavoitehinta vuoden 2011 alusta lähtien on 83,50 €/MWh. CHP-tuotannossa puupolttoaineella tuotetulle sähkölle maksetaan syöttötariffin korotuksena lisäksi lämpöpreemiota 20 euroa megawattitunnilta⁷⁵.

Myös biokaasulla tuotetulle sähkölle maksetaan takuuhintaa vuoden 2011 alusta eteenpäin. CHP-tuotannossa biokaasusta tuotetulle sähkölle maksettaisiin syöttötariffin (tavoitehinta 83,5 €/MWh) lisäksi lämpöpreemiota 50 euroa megawattitunnilta. Syöttötariffijärjestelmän ulkopuolelle jäävälle biokaasusähkölle maksettaisiin edelleen kiinteää tukea 4,2 euroa megawattitunnilta. Kaatopaikkakaasun hyödyntämistä edistetään TEM:n energiatuella.⁷⁶

⁷⁵ Syöttötariffia maksettaisiin vain uusille voimalaitoksille. Syöttötariffin piirissä oleva voimalaitos ei voisi saada muita valtiontukia. Tavoitteena on suunnata tuki niin, että se olisi kannattavinta uusille laitoksille, joiden sähköteho on alle 3 MW ja polttoaineteho noin 20 MW.

⁷⁶ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2010. Suomen kansallinen toimintasuunnitelma uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian edistämisestä direktiivin 2009/28/EY mukaisesti.

4.1 **Porvoon Skaftkärr**

4.1.1 **Tausta ja tavoitteet**

Porvoon Skaftkärrin alueelle ollaan suunnittelemassa uudentyyppistä kaupunginosaa. Skaftkärr-hankkeen tavoitteena on rakentaa Porvooseen uusi energiatehokas 400 hehtaarin suuruinen, vähintään 6 000 asukkaan asuinalue.

Alueen suunnittelussa ja rakentamisessa pyritään ottamaan huomioon koko alueen energiaratkaisut ja kasvihuonekaasupäästöt. Alussa alueelle rakennetaan matalaenergiataloja – ja myöhemmin tulevaisuudessa mahdollisesti myös passiivitaloja.

Energjaratkaisujen suunnittelua varten alueelle tehdään energiakaava, jossa tuodaan energiatehokkuus mukaan kaavoitusprosessiin. Skaftkärrin alueen suunnittelu ja innovaatiotyö tehdään laajassa yhteistyössä viranomaisten, energiantuottajien, energiankäytön kehittäjien, rakennuttajien, laitevalmistajien ja muiden yritysten sekä tulevien asukkaiden kanssa.

Hankkeen Living Lab -osassa luodaan puitteet vuorovaikutukselle, kehitystyölle ja sähkön kulutuksen vähentämiseksi älykkäällä ja helppokäyttöisellä ohjausjärjestelmällä. Energia -osiossa luodaan energiayhtiöille sellaisia palveluliiketoimintamalleja, jotka tukevat energiatehokasta rakentamista.

Alueen rakentaminen alkaa näillä näkymin vuoden 2011 alussa.⁷⁷ Alueen infrastruktuurin ja rakennusten valmistumisen odotetaan kestävän noin 10 vuotta.⁷⁸ Hankkeessa kehitettyjen toimintatapojen ja saatujen kokemusten on tarkoitus hyödyttää myös laajemmin muiden suomalaisten asuinalueiden kehittämistä.

4.1.2 **Suunnittelu**

Alueelle tehtyjen esiselvitysten perusteella tiedetään, että maankäytöllä voidaan vaikuttaa huomattavasti Skaftkärrin energiatehokkuuteen ja syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin. Suurin vaikutus energian kulutukseen ja alueen hiilijalanjälkeen on liikenteellä. Liikenteeseen voidaan vaikuttaa ennen kaikkea alueen tiiveydellä, rakennusten, palveluiden ja työpaikkojen sijoituksella sekä tieverkon rakenteella. Tiiviillä kaupunkirakenteella tehostetaan jätehuoltoa sekä vähennetään teiden ja katujen sekä energian- ja vedensiirtoverkkojen pituutta. Näillä tekijöillä on suora yhteys sekä infrastruktuurin rakentamiskustannuksiin että rakentamisen aikaiseen materiaalien ja energian kulutukseen. Rakennusten energiatehokkuuteen maankäytön suunnittelulla on vain pieni vaikutus, mikäli eri rakennustyyppien ominaisenergiankulutuksissa ei ole suuria eroja.⁷⁹ Uusiutuvaa energiaa alueella tullaan hyödyntämään etenkin kaukolämmön muodossa, joka on pääosin tuotettu puupolttoaineilla.

⁷⁷ Skaftkärr-hanke, www.skaftkarr.fi, www-sivut, viitattu 15.11.2010.

⁷⁸ Haastattelu, Arto Varis, hankekoordinaattori, Posintra Oy, 24.11.2010.

⁷⁹ Skaftkärr, Energiatehokkuus kaavoituksessa. Loppuraportti, 2010.

Skaftkärr-hankkeessa tuotetaan tietoa suunnittelun vaikutuksista alueen energiatehokkuuteen. Alueelle on laadittu kaavarunko asemakaavoituksen pohjaksi⁸⁰. Alueelta on myös aiemmin tehty selvitys, joka osoittaa, että alueella ei ole sellaisia erityisiä luonto- tai kulttuuriarvoja, jotka asettaisivat reunaehdoja suunnittelulle. Hankkeen aikana on tarkasteltu vaihtoehtoisten maankäyttö-, liikenne- ja energiaratkaisujen toteuttamista ja vaikutuksia alueen hiilitaseeseen. Kaavarungon muodostamiseen vaikuttaa lisäksi joukkoliikenteen rakenne, tonttitarjonta, rakennustyypien valinta, rakentamistapa sekä alueen visuaalisuus.

4.1.3 Rakentaminen

Skaftkärr-hankkeen tärkeimmät sidosryhmät ovat Sitra, Porvoon kaupunki, Porvoon Energia Oy, Kehitysyhtiö Posintra Oy, Suomen ympäristöministeriö sekä Uudenmaan ELY-keskus. Sitra on rahoittanut Posintra Oy:n hallinnoimaa Skaftkärr-hanketta osana Energiaohjelmaa (2008–2012). Porvoon kaupunki ja Porvoon Energia Oy ovat sitoutuneet vahvasti sekä rahoitukseen että kehitystyöhön yhdessä energiankäytön kehittäjien, rakennuttajien, laitevalmistajien ja muiden yritysten sekä tulevien asukkaiden kanssa.⁸¹ Ympäristöministeriö osallistuu hankkeen ohjausryhmätyöskentelyyn.

Skaftkärrin alueelle tullaan rakentamaan matalaenergiatasoisia rakennuksia ja passiivenergiataloihin siirrytään todennäköisesti vaiheittain. Alueella tullaan ottamaan huomioon mahdollisuus hyödyntää rakennusten lämmittämisessä myös aurinkokeräimiä, lämmön talteenottoa ja mahdollisia muita ostoenergian määrää vähentäviä ratkaisuja. Porvoon kaukolämmöstä vuositasolla noin 70 % tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä ja jatkossa biopolttoaineiden osuuden on suunniteltu kasvavan. Tämän vuoksi ainakin ensimmäisinä valmistuvat Skaftkärrin alueet kaavoitetaan kaukolämmön piiriin⁸², joka on alueen hiilijalanjäljen kannalta suotuisaa.

Porvoon kaupunginvaltuusto on myöntänyt 42,5 miljoonan euron takauksen Tolkisten toisen biovoimalaitoksen toteuttamiselle. Hankkeen toteutuessa yli 90 % Porvoon kaukolämmöstä tuotetaan uusiutuvalla energialla. Porvoon Energia Oy tutkii myös mahdollisuutta rakentaa alueelle laajan mittakaavan aurinkokaukolämpöratkaisua⁸³, joka toteutuessaan voisi tyydyttää Skaftkärrin asuinalueen vuotuisen lämmöntarpeen päästöttömästi. Yhdessä uusi biovoimalaitos ja aurinkokaukolämpövoimala voisivat nostaa kaukolämmöntuotannon uusiutuvan energian osuuden Porvoossa jopa sataan prosenttiin.⁸⁴ Aurinkokaukolämpölaitoksen kannattavuuslaskelmissa on todettu, että TEM:n myöntämä energiatuki, joka olisi korkeintaan 40 % investointikustannuksista, ei takaa hankkeen kannattavuutta. Investointituen lisäksi tarvittaisiin esimerkiksi aurinkokaukolämpöön liittyjiltä korotettua liittymismaksua tai normaalia kaukolämpöä korkeampaa energiamaksua. Myös muiden rahoitusinstrumenttien hyödyntämistä tutkitaan.⁸⁵

⁸⁰ Alueen kaavarunko valmistui kesällä 2010. Kaavoituksessa päädyttiin melko tiiviiseen aluerakenteeseen, jolla odotetaan saavutettavan noin kolmanneksen vähennys kasvihuonekaasupäästöissä normaaliin Porvooseen kaavoitettuun asuinalueeseen verrattuna.

⁸¹ Porvoosta hiilivapaan asumisen kaupunki. Sitran tiedote, 11.11.2010.

⁸² Kaavarungossa ei ole tehty lopullista päätöstä koko Skaftkärrin alueen lämmitysmuodosta.

⁸³ Aurinkolämpövoimala voisi tuottaa alueen vuotuisen lämmöntarpeen verran energiaa kesäkuukausina. Aurinkolämmöllä tuotetaan siis energiaa Porvoon kaukolämpöverkkoon, tarkoituksena korvata Harabackan voimalaitoksen maakaasutuotantoa. Aurinkokaukolämpöratkaisussa lämpöä kyettäisiin myös varastoimaan maanpäällisen tai -alaisen vesisäiliön avulla.

⁸⁴ Porvoosta hiilivapaan asumisen kaupunki. Sitran tiedote, 11.11.2010.

⁸⁵ Haastattelu, Mikko Ruotsalainen, kehitysinsinööri, Porvoon Energia Oy, 24.11.2010.

Puupolttoaine nykyiselle Tolkkisten voimalaitokselle kerätään 50–100 kilometrin säteeltä. Mikäli uusia teknologioita, kuten edellä mainittu aurinkolämpöratkaisu, otetaan käyttöön, tullaan suunnitteluvaiheessa tarkastelemaan kotimaisten teknologiavalmistajien hyödyntämistä. Kokonaistarkastelussa suurin yksittäinen tekijä tulee kuitenkin olemaan ratkaisun kustannustehokkuus.⁸⁶

Porvoon Energia Oy tutkii myös erilaisten uusien liiketoimintakonseptien hyödyntämistä alueella. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi paikalliset lämpöverkkoratkaisut, joissa lämpöä tuotetaan maalämpöpumpuilla, puupohjaisilla polttoaineilla (hake, pelletti), aurinkokeräimillä ja biokaasulla. Myös pienempimuotoisia talomittakaavan ”energiapaketti”-ratkaisuja tarkastellaan. Näitä voivat olla esimerkiksi pientuulivoimalat, aurinkosähköpaneelit, biokaasu, laitteiston kytkentä ja asennus sekä älykkäät sähköverkkosovellukset. Myös yksittäisten rakennusten lämpöpumppu- ja bioenergiasovellusten mahdollisuuksia arvioidaan.⁸⁷

4.1.4 Asuminen

Skaftkärrin alueesta tehdyn selvitystyön mukaan kustannus- ja ympäristötehokkain⁸⁸ ratkaisu on rakentaa aluksi alueelle matalaenergiataloja. Passiivitalojen kustannustehokkuus ei ollut selvityksen mukaan riittävä, kun peilataan vaikutusta alueen hiilijalanjälkeen. Skaftkärr on suunniteltu pientalovaltaiseksi asuinalueeksi. Alueen valmistuttua noin 2/3 sen asukkaista tulee asumaan pientaloissa.⁸⁹

Skaftkärrin Omenatarhan alueelle on varattu tontti yhtiöomisteiselle ryhmärakennuttamishankkeelle. Hallitseva ratkaisu Skaftkärrissa tulee kuitenkin olemaan, että asukkaat rakennuttavat ja omistavat alueen tontit ja talot. Omenatarhan alueen omakotitalotonttien tarjouskilpailussa on ensimmäisenä Suomessa otettu energiatehokkuus huomioon pisteytyksessä, jonka perusteella tontit luovutetaan. Skaftkärr -hankeryhmä järjestää nk. asukasilloja, joissa annetaan neuvontaa ja opastusta energiatehokkuudesta jo ennen kuin tuleva asukas hakee rakennuslupaa (tai tekee tarjouta tontista), jolloin pyritään jo ennalta takaamaan energiatehokas rakentaminen.⁹⁰

Omenatarhan alueelle rakennetaan myös koetalo, jossa porvoollaiset yritykset voivat pilotoida uudenlaisia järjestelmiä ja palvelukonsepteja⁹¹. Vastuu koetalon rakentamisesta ja asukkaan löytämisestä on paikallisella rakentajalla. Koetalon energiankulutuksessa pyritään passiivitasoon, ja talossa tehdään mm. käytön aikaisia kosteus- ja hiilidioksidimittauksia.⁹²

4.1.5 Seuranta

Skaftkärriin kehitetään nk. Energia Living Lab -konseptia, jolla pyritään asuinalueen energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen. Reaaliaikaisella energiamittauksella tullaan kehittämään kohdistettua energianeuvontaa ja ohjaamaan asukkaita järkevämpään energiankäyttöön. Ener-

⁸⁶ Haastattelu, Mikko Ruotsalainen, kehitysinsinööri, Porvoon Energia Oy, 24.11.2010.

⁸⁷ Porvoon Energia Oy. Skaftkärr - energiaosio.

⁸⁸ Selvityksessä huomioitiin rakentamisen ja asumisen elinkaarikustannukset, säästöpotentiaali sekä vaikutus hiilijalanjälkeen.

⁸⁹ Haastattelu, Arto Varis, hankekoordinaattori, Posintra Oy, 24.11.2010.

⁹⁰ Haastattelu, Arto Varis, hankekoordinaattori, Posintra Oy, 24.11.2010.

⁹¹ Ainakin Ensto ja Porvoon Energia Oy tulevat pilotoimaan talonohjausjärjestelmiä sekä mm. kuorman ohjausta ja dynaamista hinnoittelua. Myös erilaisia talokohtaisia energiantuotantomuotoja voidaan pilotoida.

⁹² Haastattelu, Arto Varis, hankekoordinaattori, Posintra Oy, 24.11.2010.

gianeuvonnasta vastuussa olevaa tahoja ei ole vielä päätetty. Konseptiin kuuluu tiedonkeruualusta, joka sisältää alueen jokaisen rakennuksen rakennetekniset ja energiatekniset tiedot.⁹³ Living Labin avulla pyritään myös sitouttamaan osapuolia ja lisäämään yhteistyötä eri sidosryhmien, kuten yritysten, asukkaiden ja kuntien, välillä.

Lisäksi Skaftkärrin Omenatarhan alueella tullaan pilotoimaan uutta energiankulutuksen seurantamenetelmää, jossa seurattavat parametrit ovat sähkön, lämmön ja veden kulutus. Vapaaehtoisesti kokeiluun osallistuviin taloihin asennetaan mittauslaitteisto, jonka avulla asukas voi seurata oman taloutensa energiankäyttöä reaaliajassa. Omenatarhan alueelta tontin ostava tai vuokraava talous saa alennusta tontin hinnasta tai ensimmäisen vuoden vuokrasta, mikäli sitoutuu hankkimaan energiankulutuksen seurantalaitteet ja laajakaistayhteyden sekä luovuttamaan mittaus tiedot Skaftkärr-hankkeen käyttöön 2 vuoden ajan, jonka jälkeen laitteisto jää asukkaalle.⁹⁴ Mittarointi on tarkoitus laajentaa koko alueelle pilotoinnin jälkeen.

4.2 Vaasan asuntomessualue

4.2.1 Tausta ja tavoitteet

Energia on yksi merkittävimmistä toimialoista Vaasan alueella. Klusteri työllistää suoraan 6 000 ja välillisesti toiset 6 000 työntekijää kaupungissa ja sen ympäristökunnissa. Energiaklusterissa on sekä perinteisiä alan suuryrityksiä kuten ABB ja Wärtsilä sekä uusia, uusiutuvien energioiden hyödyntämisen innovaatioihin perustuvia yrityksiä, kuten Switch ja Mervento. Paikalliset korkeakoulut ja oppilaitokset ovat koonneet oman energiaosaamisensa Vaasan Energiainstituuttiin, joka tarjoaa alan tutkimus, konsultointi- ja täydennyskoulutuspalveluita. Vaasassa sijaitsee myös yksi valtakunnallisen Energiateknologian klusteriohjelman osaamiskeskuksista.

Asuntomessut järjestettiin Vaasan Suvilahdessa 2008. Messualueelle rakennettiin kaksi kerrostaloa, kuusi asunto-osakeyhtiömuotoista 2–6 perheen pientaloa sekä 19 omakotitaloa. Toinen messujen pääteemoista oli ekologisuus. Innovatiivisten energiaratkaisujen esittely nähtiin tässä yhtenä keskeisenä elementtinä. Käytännössä uusiutuvan energian hyödyntäminen toteutettiin yhtenä asuntomessujen kuudesta osaprojekteista. Projektissa ei ollut varsinaista tutkimusosaa eikä sen toteuttamiseen käytetty Vaasan kaupungin investointien lisäksi muuta julkista rahoitusta.

Tavoitteena oli, että asuntomessualue toimisi näyteikkunana Vaasan energiaklusterin kyvyttä tuottaa maailmanluokassakin merkittäviä innovaatioita. Kaikki alueella kulutettava sähkö ja lämpö pyrittiin tuottamaan paikallisesti, osittain hyödyntäen kokonaan uutta energianlähdettä ja osittain uusia energian tuotanto, keräys- ja jakeluteknologioita. Projektin oli erittäin kunnianhimoisen ja teknisesti edistyksellisen. Tehtyjen laskelmien mukaan alue tuottaisi 20 % sähköä ja 60 % lämpöä yli alueen oman tarpeen⁹⁵.

⁹³ Skaftkärr-hanke, www.skaftkarr.fi, www-sivut, viitattu 16.11.2010.

⁹⁴ Porvoosta hiilivapaan asumisen kaupunki. Sitran tiedote, 11.11.2010.

⁹⁵ Kim Westerlund ja Thomas Olofsson: Energy self-sufficient areas – case study on the Vaasa housing fair, 2008.

4.2.2 Suunnittelu

Energiahankkeen ja koko messujen suunnittelun lähtökohdat olivat aikataulullisesti haasteelliset. Alueen kaavoitus pääsi käyntiin vasta keväällä 2005, kolme vuotta ennen asuntomessuja. Väli-tömästi kaavoituksen alkuvaiheessa huomattiin, että asuntomessuille suunnitellulla alueella pesi liito-oravia. Alue päätettiin siirtää ulos merelle päin, merkittävässä määrin täyttömaalle. Kaava-ehdotuksesta valitettiin korkeimpaan hallinto-oikeuteen asti, jossa valitukset kaatuivat. Tästä huolimatta kaavoitus pystyttiin viemään läpi erittäin nopeasti ja kaava sai lainvoiman maaliskuus- sa 2006.

Kaavoitus ja koko messualueen rakentaminen toteutettiin huomattavasti kaupungin normaali- lista toimintatavasta poikkeavasti. Kaupunginhallitus nimitti messutoimikunnan, jolle annettiin laajat valtuudet messukokonaisuuden toteutuksessa. Messutoimikunnan alaisuudessa toimi messutoimisto, jota johti projektipäällikkö. Kaupungin luottamuselimet määrittivät messuille budjetin ja tavoitteet, jonka puitteissa messutoimikunta ja messutoimisto toteuttivat messut. Messutoimisto hoiti itsenäisesti kaikki käytännön toimenpiteet, kuten urakkahankinnat kilpailutuk- sineen. Myös koko kaavoitustyö hankittiin ulkopuolelta. Messutoimisto ja messutoimikunta rapor- toivat kaupunginhallitukselle ja kaupunginvaltuustolle projektin etenemisestä. Mikäli budjettiin tai tavoitteisiin tuli poikkeamia, näihin haettiin luottamuselimiltä lupa.⁹⁶

Energiaprojektissa toteutetut uusiutuvan energian ratkaisut valittiin kaavoitusprosessin ol- lessa jo pitkällä. Kaava mahdollisti suurimmalta osin valitut ratkaisut (muutamalle ratkaisulle haettiin poikkeuslupa) ja siinä oli varaus myös tuulivoiman toteutukselle. Tuulivoimaa ei kuiten- kaan toteutettu, koska teknologiatoimittajat eivät pystyneet messurakennuksen vaatimaan nope- aan aikatauluun⁹⁷. Kaava ei sisältänyt mitään erityisiä vaatimuksia energiaratkaisuiden tai raken- nusten energiatehokkuuden osalta.

4.2.3 Rakentaminen

Messualueen rakennettiin erittäin nopeasti. Kaavan vahvistamisesta alle kahden vuoden kuluttua koko alue oli valmis. Tontteja ostaneet yksityishenkilöt rakensivat alueelle omakotitaloja, pienta- lojen ja kerrostalojen rakentamisesta vastasivat rakennusliikkeet.

Energiaratkaisuksi valittiin usean innovatiivisen, jopa uraa uurtavan teknologian yhdistelmä. Omakotitalojen ja pientalojen lämpö tuotetaan hyödyntämällä merenpohjan sedimenttiin varastoi- tuvaa lämpöä. Lämmön keräämistä ja siirtämistä varten Mateve Oy kehitti kokonaan uuden matalalämpöverkkoteknologian. Lämpö hyödynnetään rakennuksissa tavallisten maa- lämpöpumppujen avulla. Sekä vedenpohjan sedimentin hyödyntämisellä että uudella lämmön keräys- ja siirtoteknologialla on arvioitu olevan merkittävää liiketoimintapotentiaalia. Yritys sai toteutukseen kauppa- ja teollisuusministeriöltä noin 30 % investointiavustuksen. Tämän noin 40 omakotitalon järjestelmän kaupallinen kustannus on arviolta 400 000 euroa, eli noin 10 000 €/kiinteistö. Lisäksi jokaiseen kiinteistön on hankittava 5 000 – 10 000 euron hintainen lämpö- pumppu. Järjestelmän huoltotarve on vähäinen, käsittäen lähinnä siirtojärjestelmän nesteen määrän ja paineen tarkastuksen kerran kuukaudessa⁹⁸.

Alueen energiantuotannon ja -jakelun keskus on New Energy House, jossa tuotetaan koko alueen tarvitsema sähkö. Sähkön raaka-aineena on läheiseltä suljetulta kaatopaikalta alueelle

⁹⁶ Haastattelu, Keijo Ullakko, projektipäällikkö, Vaasan Asuntomessut, 24.11.2010.

⁹⁷ Haastattelu, Keijo Ullakko, projektipäällikkö, Vaasan Asuntomessut, 24.11.2010.

⁹⁸ Haastattelu, Mauri Lieskoski, toimitusjohtaja, Mateve Oy, 24.11.2010.

johdettu kaatopaikkakaasu (biokaasu). Biokaasu muunnetaan sähköksi kahta eri teknologiaa hyväksi käyttäen: polttokennoteknologiaa ja kaasuturbiineja. Polttokennoratkaisu on Wärtsilä Oyj:n toteuttama maailman ensimmäinen biokaasua hyödyntävä kiinteän oksidin polttokenno (SOFC). Kaasuturbiinit toimitti Sarlin Oy. Prosesseissa tuotettu sähkö ohjataan valtakunnan sähköverkkoon, jota kautta sillä pystytään kattamaan koko messualueen sähkönkulutus. Molemmilla prosesseilla syntyy sivutuotteena lämpöä, jolla lämmitetään alueen kaksi kerrostaloa. Käytännössä lämpö ohjataan kaukolämpöverkkoon, johon kyseiset talot on kytketty. Myös pientalo- ja omakotitaloalueelle rakennettiin kaukolämpöputkisto (jota ei siis tällä hetkellä hyödynnetä).

Koska kyseessä oli nopeasti rakennettu messualue, ei energiantuotannon investointien ja tulojen saannin välille joskus jäävä aikaviive ollut suuri ongelma. Lisäksi mukaan tulivat omilla merkittävillä panostuksillaan paikalliset energiaklusterin yritykset, jotka näkivät alueen hyvänä pilotti- ja referenssikohteena. Energiantuotanto on järjestetty niin, että Vaasan kaupunki perusti sedimenttilämmön tuotantoa varten oman yhtiön, Vaasan Ekolämpö Oy:n (jossa on osakkaina myös Vaasan Sähkö Oy sekä KWH Pipe Oy). Yhtiö vastaa sedimenttilämpöjärjestelmästä asukkaiden tontille asti, josta eteenpäin olevat laitteet asukkaan hankkimat ja vastuulla.

New Energy House on Wärtsilä Oyj:n omistuksessa. Yhtiö investoi rakennukseen ja polttokennojärjestelmään ja käyttää niitä omana kehitysympäristönään. Järjestelmän tuottaman sähkön ja lämmön he myyvät Vaasan Sähkö Oy:lle. Kaasuturbiinit ja kaasunkeräysjärjestelmä ovat Sarlin Oy:n omistuksessa. Yritys myy niillä tuotetun lämmön ja sähkön myös Vaasan Sähkö Oy:lle. Sarlin oli aiemmin toimittanut kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmän ja kaasu poltettiin kaatopaikalla soihdussa. Nyt aiemmin hukkaan menneestä kaasusta tuotetaan merkittävä määrä energiaa.

4.2.4 Asuminen

Tontit myytiin rakentajille suunnittelukilpailun perusteella. Ostajaehdokkaiden piti esittää talon alustavat piirustukset sekä yhteistyökumppanit (suunnittelijat ja talotehtaat). Ostajien valinnassa erityisenä kriteerinä oli, että mahdollisimman moni suunnittelija ja talotehdas pääsisi mukaan. Valinnassa olivat mukana myös messuorganisaation laaturyhmä sekä arkkitehti, joka katsoi, että katunäkymät muotoutuvat visuaalisesti miellyttäväiksi, vaikka talot olivatkin eri valmistajilta. Talojen energiatehokkuudella tai muilla ekologisilla näkökulmilla ei ollut merkitystä ostajien valinnassa.

Omakoti- ja pientaloasukkaat saivat vapaasti valita haluamansa energiantuotantomuodot. Heidän ei ollut pakko liittyä alueelle rakennettuun sedimenttilämpöverkkoon. Tästä huolimatta, ja vaikka kyseessä oli aiemmin kaupallisesti testaamaton teknologia, 19/20 omakotitaloa ja 23/28 pientaloasuntoa liittyi järjestelmään. Ratkaisutoimittajan vakuuttavan esittelyn ja yleisen ekologisen ajattelun nousun lisäksi laajaa hyväksyntää autoivat osaltaan energiayhtiöiden juuri tuolloin julkaisemat suuret hinnankorotukset ja niistä syntynyt julkinen keskustelu⁹⁹. Asukkaat saavat myös milloin tahansa erota verkosta.

Liittyessään matalalämpöverkkoon asukkaat maksoivat 1 500 euron liittymismaksun. Lämmön käytöstä asukkaat maksavat kiinteän 2,5 €/m² vuosimaksun. Kiinteään maksuun päädyttiin osittain, koska lämmöntuotannon kustannukset eivät käytännössä riipu käytetyn lämmön määrästä, eikä lämmön riittävyys ole ongelma. Toisaalta järjestelyllä välttyttiin monimutkaisilta mitta-

⁹⁹ Haastattelu, Pertti Reinikainen, toimitusjohtaja, Vaasan Ekolämpö Oy, 24.11.2010.

us- ja laskutusjärjestelyiltä. Kiinteä maksu ei tietysti ole omiaan kannustamaan energiansäästöön. Taloihin onkin rakennettu ekologisuuden kannalta periaatteellisesti kyseenalaisia ratkaisuja, kuten lämmitettäviä autotallinluiskia ja ulkouima-allas. Samalla uusiutuvan energian määrällä voitaisiin säästeliäästi käytettynä lämmittää vielä nykyistäkin laajempi alue.

Messuorganisaatio järjesti alueen rakennusaikana pientalojen rakentajille säännöllisen taapamismahdollisuuden kaupungin rakennusvalvonnan kanssa sekä monipuolista koulutusta.

4.2.5 **Seuranta**

Projektin onnistuminen erittäin suuren aikapaineen alla on merkittävä aikaansaannos. Projektin onnistumisen kannalta kriittinen tekijä oli, että kaupunki teki rohkean ja edistyksellisen päätöksen ulkoistaa messujen toteuttaminen erilliselle projektiorganisaatiolle, johon se myös luotti. Sen sijaan, että jokainen yksittäinen päätös (kuten urakoitsijoiden valinta) ja projektin vaihe olisi viety kunnallisen byrokratian läpi, organisaatio pystyi tekemään nopeita päätöksiä toimivaltansa puitteissa. Messutoimisto oli myös ulkoisille toimijoille helpompi taho lähestyä kuin kaupungin organisaatio. Tämä auttoi järjestäjiä kokoamaan yhteenliittymiä eri kokonaisuuksien toteuttamiseen¹⁰⁰. Kaupungin johdon kannalta malli on myös hyvä. Kontrolli projektin laatuun ja etenemisen säilyy, kun annettuja tavoitteita ja budjettia seurataan. Kaupungin johto voi siis keskittyä päätöksenteossa suurempiin kokonaisuuksiin.

Projekti loppui, kun messutoimisto suljettiin, eikä tehtyjen ratkaisujen toimivuutta ja tuloksia seurata julkisesti. Mukana olevat yritykset luonnollisesti seuraavat teknologioiden toimintaa osana omaa tuotekehitysprosessia. Wärtsilän mukaan polttokennojärjestelmä toimii luotettavasti¹⁰¹.

Palaute matalalämpöverkon käyttäjiltä on ollut etupäässä erittäin positiivista ja järjestelmä on toiminut hyvin. Uuden teknologian käyttöönotossa on luonnollisesti aina haasteita ja ongelmatilanteita. Vaasan Ekolämpö on tutkinut sen tietoon saatetut ongelmat ja kaikissa tapauksessa syynä on ollut asukkaan talokohtaisessa toteutuksessa tapahtunut rakennus- tai muu toteutusvirhe¹⁰². Yksi matalalämpöasiakas on pitänyt säännöllistä päiväkirjaa järjestelmän toiminnasta ja päiväkirja osoittaa itse järjestelmän toimivan lupauksen mukaisesti¹⁰³.

4.3 **Kempeleen ekokortteli**

4.3.1 **Tausta ja tavoitteet**

Kempeleen ekokorttelissa on toteutettu kymmenen omakotitalon koealue, jossa alueen oma sähkö- ja lämpöenergia tuotetaan omassa CHP-laitoksessa puuhakkeesta sekä omalla tuulimyllyllä. Alue on energiaomavarainen eikä sitä ole kytketty valtakunnan sähköverkkoon.

Hankkeen tavoitteena on testata uudenlaista toteutustapaa haja-asutusalueiden sekä kaava-alueen reunamien energiaratkaisuksi sekä saada alueen yritykset eturintamaan uusien pientalokohtaisten energiaratkaisujen kehittäjinä ja soveltajina. Alue halutaan tehdä tunnetuksi ekologisesta sekä bioenergian hyödyntämiseen pohjautuvasta asumisesta ja yritystoiminnasta. Samalla luodaan alusta uuden teknologian kehittämiselle ja pilotoinnille. Tärkeimmät teknologiat

¹⁰⁰ Esim. New Energy House Wärtsilän, Sarlinin ja Mateven yhteistyönä.

¹⁰¹ Haastattelu, Jenny Paulaharju, testausinsinööri, Wärtsilä Oyj, 24.11.2010.

¹⁰² Haastattelu, Pertti Reinikainen, toimitusjohtaja, Vaasan Ekolämpö Oy, 24.11.2010.

¹⁰³ Haastattelu, Pertti Reinikainen, toimitusjohtaja, Vaasan Ekolämpö Oy, 24.11.2010.

liittyvät a) puun kaasutukseen ja kaasugeneraattoreihin, b) lämmönsäätöön ja sähkön huippukulutuksen optimointiin, c) akku- ja invertteriratkaisuihin sekä d) pienvoimalan savukaasujen puhdistukseen ja säätötekniikkaan.¹⁰⁴

Alueen talot on rakennettu matalaenergiatasoon ja kaikissa lämmitys- ja sähköteknisissä ratkaisuissa on pyritty energiaa säästäviin vaihtoehtoihin. Tavoitteena on pudottaa talojen energiankulutus alle puoleen verrattuna normaaleihin vastaaviin omakotitaloihin.

Korttelin energiantuotannossa pilotoidaan uutta puun kaasutuksen teknologiaa. Hanke toimii samalla energiantuotantoratkaisun toimittaneen Fortel Components Oy:n referenssikohteena ja kehitysympäristönä.

Kunnan kannalta hanke on erittäin mielenkiintoinen, koska se tarjoaa mahdollisuuden profiloitua ekologisesti kohteella, joka kunnan kannalta ei aiheuta normaalista rakentamisesta poikkeavia kustannuksia tai poikkeamia työprosesseihin, kuten kaavoitukseen.

Hanke ei ole mukana missään laajemmassa tutkimus- tai muussa ohjelmassa, vaan toimii mukana olevien yritysten itsensä rahoittamana kehitys- ja pilotointiympäristönä.

4.3.2. **Suunnittelu**

Alueen suunnittelun lähtökohtana on ollut hankkeen primus motorin ja bioenergia-alan yrittäjän Juha Sipilän visio energiaomavaraisesta ja energiatehokkaasta asumisesta, joka voidaan toteuttaa tinkimättä elämisen puitteista. Suunnittelu toteutettiin ennätysmäisen nopeasti: alle kahden vuoden päästä kunnanvaltuuston päätöksestä kaavoitusprosessin aloittamisesta ensimmäiset asukkaat asuivat jo omissa taloissaan, ja alle kolmen vuoden päästä kaikki talot olivat valmiit. Prosessin nopeuden mahdollisti sujuva yhteistyö kunnan kaavoittajien ja alueen käytön ideoineen Sipilän välillä sekä kaavaehdotuksen sisältö, joka ei aiheuttanut yhtään valistusta ja hyväksyttiin kunnanvaltuustossa ensimmäisessä käsittelyssä. Prosessia nopeutti ja helpotti myös se, että Fortel Components tarjoutui kantamaan taloudellisen riskin tarvittavista investoinneista energiantuotantojärjestelmään sekä operoimaan voimalaitosta ensimmäiset viisi vuotta.

Kaavoitusprosessi vietiin läpi aivan normaalina asemakaavan laatimisena. Ainoa ero tavalliseen asuinalueeseen oli, että kaavaan tehtiin tonttivaraus voimalaitokselle. Myös tontin luovutusehdot noudattivat kunnan normaaleja käytäntöjä, poikkeuksen muodosti vain ehto, että tontin ostajan oli kaupantekohetkellä pitänyt jo liittyä paikalliseen energiaosuuskuntaan.

4.3.3 **Rakentaminen**

Korttelin talojen rakentamisesta vastasivat tontinostajat itsenäisesti. Kaavassa ei taloille laitettu merkittäviä rajoitteita ja talot eroavatkin merkittävästi toisistaan sekä koon (155 m² – 360 m²) että rakennusmateriaalin (kivi, puu) suhteen. Rakennusprosessissa heräsi kysymys siitä, miten kunnan rakennusvalvonta voi valvoa sellaisten rakennusten toteutusta, jotka on lähtökohtaisesti rakennettu huomattavasti heidän vaatimuksiaan vaativammalle tasolle. Käytännön toimintamalliksi muodostui rakennussuunnitelman seuraaminen. Kun rakentaja on esittänyt rakennusvalvonnalle rakennussuunnitelmansa, voi rakennusvalvonta vaatia rakentajalta hänen esittämänsä suunnitelman mukaista toteutusta. Rakennussuunnitelma tuli Kempeleen ekokorttelin tapauksessa puolestaan ensin hyväksyttäväksi energiaosuuskunnalla.

Alueen voimalaitoksessa ja energian jakeluverkostossa on useita merkittäviä innovaatioita. Sähkön tuotanto pienessä mittakaavassa¹⁰⁵ puuhakkeesta kaasuttamalla ja polttamalla kaasua

¹⁰⁴ Pekka Salmelan esitys Kuntien ilmastokonferenssissa 6.5.2010.

generaattorissa on kaupallisen kypsyyden saavuttaessaan merkittävä lisä puumassan energia-käyttövaihtoehtoihin. Sähkötuotannossa syntyvä lämpö käytetään mahdollisimman tehokkaasti hyväksi talojen lämmityksessä. Lämpö jaetaan taloihin lähilämpöverkossa, joka on toteutettu matalalämpöisenä. Verkossa kiertävän veden lämpötila on noin 65 °C, joka riittää hyvin sekä talojen käyttöveden että vesikiertoisen lattialämmityksen tarpeisiin. Verkossa ei käytetä lämmönvaihtimia vaan kaikki lämmin vesi tulee sellaisenaan voimalaitoksen 10 m³ lämminvesivaraajasta.

Ekokortteli on täysin irrallaan valtakunnan sähköverkosta. Mahdollisten häiriötilanteiden varalta voimalaitoksessa on 6 000 Ah:n akusto, josta riittää virtaa noin vuorokaudeksi. Lisäksi sähköä tuottaa 20 kW:n tuulivoimala. Varavoimana on biodieselillä toimiva generaattori.

Alueellista hajautettua energiantuotantoa suunniteltaessa yksi keskeinen haaste on laitossykön ja energian jakeluverkon rakentamisen vaatimien alkuvaiheen investointien kattaminen. Energiainfrastruktuurin rakentamisen ja kaupallisesti kannattavan käyttäjämäärän saavuttamiseen (asiakkaiden verkkoon liittäminen) saattaa kuluja jopa useita vuosia.

Paikallinen energiaosuuskuntamalli on Kempeleellä nähty vaihtoehtona paikallisen pienenergiantuotannon rakentamisen edellyttämien alkuinvestointien kattamiselle. Paikallisen tuotannon kohteet ovat yleensä huomattavasti pienempiä, mutta logiikaltaan liiketoiminta ja sen riskit ovat hyvin samankaltaiset kuin kaukolämmöntuotannossa. Jos kaavoituksessa luodaan selkeät edellytykset liiketoiminnalle (mm. edellyttämällä rakentajia liittymään paikalliseen energiaratkaisuun kuten kaukolämpöverkkojen alueella), on Kempeleen kokemusten perusteella alkuinvestointien kattamiseen löydettävissä ratkaisuja¹⁰⁶.

Kempeleen ekokorttelin osalta alkuvaiheen investoinnin ratkaisu oli, että liittyessään energiaosuuskuntaan osakkaat maksoivat 5 000 euron osuusmaksun ja samansuuruisen liittymämaksun, joilla katettiin lämpöputkiston ja sähköverkon rakentaminen. Fortel Components puolestaan omistaa voimalalaitteiston ja voi käyttää sitä oman tuotekehityksensä tekemisessä. Fortel on myös sitoutunut operoimaan voimalaa ensimmäiset viisi vuotta ja myymään tuotetun sähkön ja lämmön osakkaille sovittuun kilowattituntikohtaiseen hintaan. Fortel on sitoutunut käyttämään laitosta ainakin 5 vuotta. Jatkosta päätetään kertyneiden kokemusten perusteella.

4.3.4 Asuminen

Tonttien ostajat löytyivät nopeasti ja tontit myytiin ilmoittautumisjärjestyksessä. Ostajien keskuudessa ei ole tehty varsinaista ostokriteerikartoitusta, mutta kriteerien oletetaan jakaantuvan monen asian kesken¹⁰⁷. Suurin osa ostajista koki alueen ekologiset tavoitteet omiin arvoihinsa sopiviksi ja joillekin alue on myös hyvä ympäristö kokeilla erilaisia ekologisia ratkaisuja¹⁰⁸. Alueen taloissa onkin useita mielenkiintoisia teknisiä ratkaisuja. Yksi taloista on mm. mitattu (ilmavuotoarvolla 0,07 l/h) Euroopan tiiveimmäksi taloksi¹⁰⁹.

Kiinnostusta lisäsi varmasti tonttien poikkeuksellisen suuri koko (yli 2 000 m² verrattuna kunnan normaaliin 1 200 – 1 500 m²) ja alhainen myyntihinta (n. 12 €/m² verrattuna normaaliin 35 €/m²). Edullinen hinta ei kuitenkaan voi olla kovin merkittävä tekijä, koska ostaja vastaavasti joutui sitoutumaan energiaosuuskunnan sääntöihin. Säännöt toisaalta lisäsivät rakennuskustan-

¹⁰⁵ Voimalan lämpöhuipputeho on 70 kW ja sähköteho 30 kW.

¹⁰⁶ Haastattelu, Juha Sipilä, toimitusjohtaja, Fortel Components Oy, 23.11.2010.

¹⁰⁷ Haastattelu, Juha Sipilä, toimitusjohtaja, Fortel Components Oy, 23.11.2010.

¹⁰⁸ Talon omistajista 50 % on koulutukseltaan insinöörejä tai diplomi-insinöörejä.

¹⁰⁹ Haastattelu, Juha Sipilä, toimitusjohtaja, Fortel Components Oy, 23.11.2010.

nuksia ja toisaalta sitoivat ostajat tarkkoihin sääntöihin. Lisäksi voi todeta, että rakennetut talot ovat poikkeuksellisen suuria.

Liittyessään energiaosuuskunnan jäseniksi tontinostajat ovat tehneet merkittävän sitoumuksen. Tärkeintä on sitoutuminen ostamaan käyttämänsä energian osuuskunnan omasta voimalaitoksesta. Lisäksi osakkaat sitoutuvat useisiin energiansäästöön tähtääviin ehtoihin. Kaikkien talojen pitää täyttää matalaenergiatalon vaatimukset (energiatehokkuusluokka A). Yhtenä tavoitteena on, että kaikki lämpöenergia tuotetaan voimalaitoksessa, jolloin asunnoissa ei käytetä sähköä lämmittämiseen. Talokohtaisissa saunoissa ei saa olla sähkökiukaita, astianpesukoneet on kiinnitettävä lämminvesihanoihin, ilmanvaihdon tuloilman lämmittämiseen käytetään voimalaitokselta johdettua lämmintä kiertovettä ja taloja ei saa jäähdyttää sähköllä. Tiukkojen vaatimusten lisäksi asukkaille on annettu suosituksia ja asukkaat ovat itse toteuttaneet vielä pidemmälle vietyjä ratkaisuja, kuten valaistuksen rakentaminen LED-valoilla, ilmanvaihdon ohjaus CO₂-pitoisuuden perusteella ja sisääntuloilman esilämmitys maaperän lämmöllä.

4.3.5 **Seuranta**

Seurannalla on Kempeleen kaltaisen pilottikohteen toteutuksessa merkittävä rooli. Tavoitteet ovat kunnianhimoiset. Talojen energian kulutuksen pitäisi olla alle puolet vastaaviin normaalitaloihin verrattuna. Ekologisuuden ei pitäisi juurikaan vaikuttaa asumiseen.

Alueen lämmön ja sähkön kulutusta seurataan talokohtaisesti, mutta kohteen uutuuden vuoksi kovin paljoo seurantadataa ei vuoden 2010 lopulla vielä ole saatavilla. Rakennuskannan erilaisuuden vuoksi tulokset antavat mielenkiintoista vertailukohtaa eri materiaalien ja rakennus-
tapojen välisistä eroista – kaikkien täyttäessä samat Energiatehokkuusluokka A:n vaatimukset.

Rakennusvaiheesta voidaan todeta, että vuoden 2008 rakennusmääräyksien noudattamiseen verrattuna talojen rakentaminen tuli noin 5 000 – 6 000 euroa kalliimmaksi, lähinnä ikkunoiden ja ovien tiukempien vaatimusten myötä. Vuoden 2010 alussa tulleet entistä tiukemmat määräykset kutistavat eron noin puoleen. Fortel ei ole vielä laskenut energiantuotannolle todellista hintaa vaan painopiste on ollut järjestelmän toimivuuden ja energiantuotannon takaamisessa.

Ekokorttelin luonnolliseksi jatkeeksi on kunnassa jo kaavoitettu korttelin viereinen Metsärin-
teen alue. Noin 160 omakotitalon ja usean rivitalon alueen kaavoituksessa on huomioitu ekokort-
teli-konsepti ja ensimmäisen osan toteuttaminen on tarkoitus aloittaa noin vuoden päästä¹¹⁰.
Kempeleessä on havaittu, että ekologisten arvojen esiintuominen lisää kiinnostusta tontteja
kohtaan yleisesti ja houkuttelee erityisesti nuorempia tontinostajia¹¹¹.

Teknologiakehitystä viedään myös koko ajan eteenpäin. Yhtenä tavoitteena on rakentaa ko-
konaisuus, jossa konttivoimala, sähköautot ja talot muodostavat yhden verkon, jossa energiaa
tuotetaan ja siirretään kulutuksen ohjaamana. Ideana on, että esimerkiksi illalla sähkönkulutuk-
sen ollessa kovimmillaan auton akkuja käytetään piikkien tasaajana ja yöllä muun käytön ollessa
pientä akkuja ladataan.

¹¹⁰ Haastattelu, Tapio Nyländen, 23.11.2010.

¹¹¹ Haastattelu, Tapio Nyländen, 23.11.2010.

4.4.1 Tausta ja tavoitteet

Växjön kaupunki pyrkii profiloitumaan a) yritys ja innovaatiokaupunkina, b) tutkimus ja koulutusosaamisella sekä c) elämänlaadulla, viihtyisyydellä ja kestäväällä ympäristöllä. Vuonna 2008 Växjö valitsi uudeksi mainoslauseekseen: ”Växjö – Euroopan vihrein kaupunki”. Växjössä on noin 82 000 asukasta, joista lähes 60 000 asuu taajama-alueella ja loput maaseudulla tai pienemmillä kaupunkialueilla. Växjön pinta-ala on 1 925 km². Alueella on metsää, järviä ja vähän maataloutta. Paikalliset yritykset koostuvat palvelun, kaupallisen ja opetussektorin yrityksistä. Växjön ilmasto- ja ympäristöpolitiikan perustana ovat metsät, jotka ympäröivät kuntaa ja toimivat bioenergian lähteenä.

Växjö on seurannut energiankäyttöään ja fossiilisia CO₂-päästöjään vuodesta 1993. Uusiutuvien energialähteiden osuus Växjössä vuonna 2009 oli 56 %. Lämmitysenergian tuotannossa noin 95 % käytettävistä energialähteistä oli uusiutuvia. Fossiilisten polttoaineiden osuus koko alueella oli vuonna 2009 noin 36 % ja niitä käytetään suurimmaksi osaksi liikennesektorilla. Loppuosa (noin 8 %) kulutetusta kokonaisenergiasta koostuu muista uusiutumattomista lähteistä, kuten ydinvoimasta.

Vuosien 1993–2009 välillä Växjön CO₂-päästöt asukasta kohden vähentyivät 34 %. Vuonna 2009 asukaskohtaiset CO₂-päästöt olivat noin 3 tonnia, joka on huomattavan alhainen luku myös kansainvälisesti tarkasteltuna. Aikavälillä 1993–2005 lämmityksen päästöt vähentyivät 76 %, mikä johtui laajamittaisesta siirtymisestä öljyn poltosta biomassan hyödyntämiseen. Liikenteen päästöjen vähentäminen on ollut haastavampaa ja ne kasvoivatkin samalla aikavälillä noin 19 %.^{112, 113}

Växjön ilmastostrategia kattaa hyvin monipuolisesti ilmastoon vaikuttamisen, eikä rajoitu vain kunnan omiin toimenpiteisiin vaan tarkastelee koko aluetta ja yhdyskuntaa. Växjön tavoite on olla hiilivapaa kaupunki vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2006 otettiin käyttöön kaupungille uusi ympäristöohjelma, jossa painotetaan uusiutuvien energialähteiden käyttöä, energiatehokkuutta sekä liikennesektorin päästöjen vähentämistä.

”Hiilivapaa Växjö” -ohjelmassa käytännön tavoitteiksi on asetettu¹¹⁴:

- Vähentää hiilidioksidipäästöjä asukasta kohti vähintään 55 % vuoteen 2015 mennessä ja vähintään 70 % vuoteen 2025 mennessä vuoden 1993 tasosta.
- Vähentää asukaskohtaista sähköenergiakulutusta vähintään 20 % vuoteen 2015 mennessä vuoden 1993 tasosta.
- Lisätä pyöräilyä kaupungissa vähintään 20 % vuoteen 2015 mennessä vuoden 2004 tasosta ja lisätä julkisen liikenteen käyttöä vähintään 20 % vuoden 2002 tasosta.
- Vähentää kaupungin liikenteen ja palveluiden CO₂-päästöjä vähintään 30 % vuoteen 2015 mennessä vuoden 1999 tasosta.
- Luopua täysin fossiilisten polttoaineiden käytöstä vuoteen 2030 mennessä

Tarkasteltaessa tavoitetasoa on hyvä huomata, että lähtötaso tekee tavoitteesta poikkeuksellisen haastavan. Jo vuonna 1993 Växjön päästöt olivat (lämmöntuotannon jo silloin valtaosin perustuessa biomassaan) poikkeuksellisen alhaiset (4 576 kg/asukas, sisältäen lämmön, sähkön ja liikenteen).

¹¹² Municipality of Växjö, Planning Department, 2010. Fossil Fuel Free Växjö, white paper, 2010.

¹¹³ Växjö kommun, Climate strategy of Växjö.

¹¹⁴ Miljöprogram för Växjö kommun, reviderat av kommunfullmäktige, 20.4.2010.

On myös hyvä todeta, että "Hiilivapaa Växjö" on vain yksi osa Växjön kestävästä kehityksen agenda 21:n toimenpidealueista, muita ovat¹¹⁵:

- Växjö Water
- Greener Växjö for greater diversity
- Sustainable housing
- Sustainable business and industrial development
- Democracy and learning for sustainable development

4.4.2 Suunnittelu ja rakentaminen

Växjö otti merkittävän askeleen kestävästä kehityksen edistämiseksi v. 1995, jolloin kaupunki aloitti aktiivisen työn kohti hiilivapautta. Vuosien 1995–1997 aikana kaupunki kävi läpi hyvin laajamittaisen suunnitteluprosessin tavoitteen saavuttamiseksi tarvittavan työn käynnistämiseksi. Prosessissa oli aktiivisina toimijoina kaupungin johtavat virkamiehet, luottamushenkilöt, ympäristöjärjestöt, paikallinen yliopisto ja energialaitos sekä yritys-elämän edustus. Prosessi on jatkunut siitä lähtien ja ekologisuus toimii tällä hetkellä keskeisenä kaupungin strategiaa ohjaavana tekijänä.

Kaavoituksessa Växjö toimii perinteisen mallin mukaan. Kaupunki tekee kaavoituksen itsenäisesti ja ulkopuolisilta haetaan näkemystä normaalin kuulemisprosessin kautta. Växjö pyrkii kaavoituksessa monimuotoisiin alueisiin, jossa yhdistyy omistusasuminen ja sosiaalinen asuminen omakoti-, pien- ja kerrostaloissa. Kunta ei voi asettaa yleistä lainsäädäntöä tiukempia määräyksiä kaavoituksessa muiden omistamille alueille. Itse omistamilleen kaava-alueille kunnan pyrkimyksenä on tuoda laatukriteerejä, jotka ohjaavat rakentamista ekotehokkaaseen suuntaan. Vikaholmin uuden asuinalueen kaavoituksessa kaupunki otti tavoitteeksi hyvin ekotehokkaan asuinalueen rakentamisen mm. niin, että rakennettavat talot olisivat passiivitaloja. Kaupunki myös otti alueen suunnitteluun jo alkuvaiheessa mukaan 12 rakennusyhtiötä, jotka olivat kiinnostuneet alueen ekotehokkaasta rakentamisesta. Yli vuoden kestäneen perussuunnittelun tuloksena kriteerejä jouduttiin kuitenkin rakennusyhtiöiden vaatimuksesta helpottamaan¹¹⁶.

Energia- ja ratkaisujen osalta kaupungilla on uusien alueiden suunnittelussa selkeä linja: kaikki uudet asuinalueet liitetään kaukolämpöverkkoon ja asukkailta edellytetään verkkoon liittymistä. Kaupungin mukaan näin saavutetaan suurin ekotehokkuus, koska kaukolämpö tuotetaan 95 % biomassasta ja samalla saadaan tuotettua vihreää sähköä. Myös päästöt saadaan suuremmissa laitoksissa pienemmiksi tuotettua energiayksikköä kohti¹¹⁷. Vanhoissa kylä-/teollisuuskeskityksissä on neljä pientä aluelämpökeskusta, mutta näiden määrää ei ole tarkoitus lisätä¹¹⁸.

Koko kaukolämpöverkon energia tuotetaan yhdellä keskitetyllä CHP-voimalaitoksella. Kaukolämpöverkon ulkopuolella maaseudun yksittäisissä kiinteistöissä kannustetaan asukkaita vaihtamaan fossiilisia polttoaineita käyttävät lämmitysjärjestelmät puu- tai pellettipohjaisiin.

Sähköntuotannossa kaupunki on kaukana omavaraisuudesta: kaupungin tuotanto vastaa noin 40 % kulutuksesta. Oma tuotanto tulee lähes kokonaisuudessaan CHP-voimalasta.

Kaupungin kiinteistöyhtiöllä on annettu tehtävä kokeilla uusia energiantuotannon teknologioita. Yhtiö onkin rakentanut useita aurinkosähkötoteutuksia julkisiin rakennuksiin. Lisäksi yhtiö on

¹¹⁵ Agenda 21 and environmental work in municipality of Växjö.

¹¹⁶ Haastattelu, Sarah Nilsson, Head of Environmental Sustainability, Växjö kommun, 2.12.2010.

¹¹⁷ Haastattelu, Sarah Nilsson, Head of Environmental Sustainability, Växjö kommun, 2.12.2010.

¹¹⁸ Haastattelu, Lars Ehrlén, Affärsområdechef, Kraft och Värme, Växjö Energi AB, 2.12.2010.

rakentanut kaksi kahdeksankerroksista puista passiivitaloa ja aikoo jatkaa aktiivisella energiatehokkuuden ja uusien energiantuotantoteknologioiden testauksen tiellä.

Kaupungin voimakkaasti ajamat passiivitalot nakertavat kaukolämmön kannattavuutta. Kaukolämmön vetäminen jo normaalien standardien mukaan rakennetuille omakotitaloalueille on kannattavuuden kannalta kysymysmerkki, passiivitalojen tullessa yhtälö kääntyy selkeästi tappiolliseksi. Passiivitaloalueen käyttämä lämpömäärä on suuruusluokaltaan alueelle rakennettavan kaukolämpöverkon lämpöhäviön tasolla¹¹⁹. Kaupunki näkeekin, ettei kaukolämmön laajentaminen enää jatku kuin parille uudelle asuinalueelle. Sen jälkeen kaikki uudet talot tulevat olemaan passiivitaloja. Suurimman haasteen kaupunginsuunnittelulle energianäkökulmasta tuo juuri tämä kysymys: miten ratkaistaan yhtälö siirtymisessä sinänsä varsin ekotehokkaasta kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannosta ekotehokkaampien kiinteistöjen tarvitsemaan lämpö-sähkö-tuotantosuhteeseen.

Alueella on myös tehty tuulikartoitus, joka osoitti tuulienergiapotentiaalin olevan aiemmin oletettua suurempi. Kaupunki yhdisti tuulikartoituksen tulokset kaavoitukseensa ja merkitsi kaavaan alueita, joissa tuulienergian käyttöä erityisesti suositaan. Näillä alueilla lupaprosessi tuulivoimalan rakentamiselle on näin helpompi kuin normaalisti. Lisäksi käynnissä on kokeilu tuuli-voiman tuottamisesta kaupunkialueella. Kokeilussa on kerrostalon katolle rakennettu pysty akselinen pientuuli voimala.

4.4.3 Asuminen

Hiilivapaa Växjö -tavoitteiden saavuttamiseen tehtävässä työssä kunnan asukkaiden aktivointi on keskeisessä roolissa. Toteutetuista kymmenistä osaprojekteista merkittävä osa koskettaa kuntalaisten tietoisuuden nostamista ja asennemuutosten aikaansaamista. Kunnan palveluksessa on energialähettiläitä, jotka jakavat konkreettista tietoa ja käytännön neuvoja ympäristö- ja energia-asioista kouluissa, työpaikoilla, asuinalueilla ja vanhainkodeissa. Kunta on asentanut asuntokohtaiset energiamittausjärjestelmät omiin vuokra-asuntoihinsa ja tarjoaa www-portaalin kautta asukkaille mahdollisuuden vertailla omaa kulutustaan muihin samalla alueella. Myös useita kilpailuja ja haastekampanjoita on järjestetty kuntalaisten aktivoimiseksi.

Tieteellistä tutkimusta ei ole järjestetty, mutta kaupungin tuntuma on, että suuri osa asukkaista tuntee kaupungin ekologiset pyrkimykset ja asennekasvatuksella on saatu tuloksia aikaan. Kaupungin maine ekologisenä asuinpaikkana on myös houkuttellut kuntaan uusia asukkaita.

4.4.4 Seuranta

Växjö käyttää ympäristöohjelmansa suunnittelussa ja seuraamisessa pitkälle vietyjä prosesseja ja mittaristoja. Mittaristot sisältävät tarkkoja numeraalisia indikaattoreita (kuten yllä mainitut päästövähennykset) sekä kvalitatiivisia ja aktiviteettikohtaisia tavoitteita. Tavoitteet asetetaan ja niiden toteutuminen tarkastetaan vuosittain samoin kuin kaupungin taloudellisen budjetin toteutuminen ja vuoden toiminnasta ja saavutuksista tehdään vuosikertomus. Kaupungin organisaation sisällä tehdään ”ekobudjetti”, jossa kullekin toiminnolle annetaan rahabudjettiin verrattava hiilibudjetti (esim. tekninen toimi saa vuonna 2010 tuottaa toiminnassaan tietyn määrän CO₂-päästöjä). Kaupungissa on myös käynnissä suunnitteluprosessi, jossa eri skenaarioiden kautta hahmotetaan kaupungin energiantuotannon ja -kulutuksen rakennetta vuosina 2025 ja 2050.

¹¹⁹ Haastattelu, Lars Ehrlén, Affärsområdechef, Kraft och Värme, Växjö Energi AB, 2.12.2010.

Kaiken kaikkiaan voi todeta, että kaupunki organisaationa ottaa ”Europe’s Greenest City” -sloganin ja ekologisuuden edistämisen erittäin vakavasti ja toimii vahvana esimerkkinä muille toimijoille paikkakunnalla.

Växjö on energiahuoltonsa ekologisuuden suhteen tilanteessa, jossa lämmöntuotannon ekotehostamisessa ei ole enää paljoa saavutettavaa¹²⁰ ja sähköntuotannon osaltakin hyötöpanossuhde olisi jatkossa heikko. Kaupunki kohdistaa toimensa nyt ja tulevaisuudessa vahvasti energian käytön tehostamiseen sekä liikenteen polttoaineisiin. Liikenteen vihertämisessäkin Växjö on jo pitkään ollut edelläkävijä (ensimmäinen etanolia myyvä huoltoasema avattiin jo 1999, kaupungissa myydään eniten hybridautoja asukasta kohti Euroopassa, pyöräilyllä ja julkisen liikenteen käytöllä merkittävä suosituimmuusasema päätöksenteossa jne.) ja aikoo säilyttää aseman tulevaisuudessakin. Kaupunki ja paikallinen energiayhtiö ovat tehneet merkittäviä sitoumuksia jatkoinvestointeihin (mm. sähköautojen hankintaan) ja alueella on käynnissä useita merkittäviä hankkeita (mm. biojätteen jalostaminen nesteytetyksi biopolttoaineeksi ja puupohjaisen biodieselin jalostus).

Toisena merkittävän kehityssuuntana on saatujen tulosten kaupallistaminen. Vuoden 2011 alussa käynnistyi hanke, jossa paikallisesti toteutettuja ideoita, hankkeita ja sovelluksia aletaan viedä maailmalle.

Växjöläisillä on selkeä näkemys tuloksekkaan työn mahdollistajista. Kaiken perustana on ollut sitouttamisen kautta saavutettu yksimielisyys mm. poliittisessa päätöksenteossa. Kaikki merkittävät poliittiset ryhmittymät ovat seisseet ekologisten tavoitteiden takana järjestelmällisesti, mikä on mahdollistanut virkamiehille pitkän aikavälin suunnittelun ja päätöksenteon. Laajan sidosryhmien sitouttamisen ja poliittisen yksimielisyyden avulla saadut tulokset puolestaan ovat luoneet uskottavuutta rahoittajien silmissä ja Växjö on onnistunut saamaan projekteilleen hyvin vahvan julkisen rahoituksen kansalliselta ja EU-tasolta. Tuloksena on positiivinen kierre, jossa saadut lisäresurssit mahdollistavat entistä paremmat tulokset, joka lujittaa strategian poliittista kannatusta.

¹²⁰ Lämmöntuotannosta noin 95 % on uusiutuvaa.

Hajautetun ja paikallisiin energialähteisiin perustuvan energian hyödyntäminen ei ole pelkästään energiateknologiaan tai energiaratkaisuihin liittyvä asia. Tarkastellut tapausesimerkit osoittavat, että hajautetulla energialla on voimakas kytkeä alueiden kaavoitukseen, laajempiin alueellisiin tai kunnallisiin ilmastotavoitteisiin sekä uuden teknologian kehittämiseen ja testaamiseen. Lisäksi hajautettu energia voi toimia alueen vetovoimatekijänä sekä synnyttää paikallista yritystoimintaa.

Seuraavissa luvuissa on käsitelty tarkemmin alueellisen hajautetun energiantuotannon parhaita käytäntöjä perustuen edellä kuvattuihin tapausesimerkkeihin. Tarkastelun näkökulma on pelkkää energiateknologiatarkastelua laajempi. Tarkoituksena on nostaa esille myös niitä asioita, joita hajautettua energiantuotantoa harkitsevien alueiden ja kuntien olisi hyvä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

5.1 Teknologian ja toteutustavan valinta

5.1.1 Taajamat ja tiiviit asuinalueet

Tiiviillä asuinalueilla energiahuoltoratkaisujen kannattavaan hoitamiseen on yleensä tarjolla enemmän vaihtoehtoja, kuin harvemmin asutuilla alueilla. Tiiviillä asuinalueella kiinteistöjen yhteenlaskettu lämmitystarve luo usein riittävän kysynnän, jotta alueelle kannattaa rakentaa paikallisten energialähteiden hyödyntämiseen perustuva aluelämpöverkko.

Aluelämpöverkkoratkaisuissa on mahdollista käyttää lukuisia hajautettuja lämmöntuotantolähteitä. Pääperiaatteena hajautetussa lämmitysenergiassa on paikallisten energialähteiden hyödyntäminen. Perinteisin ratkaisu on pienen kokoluokan lämpökeskuksen pystyttäminen, mistä on paljon kokemuksia eri puolella Suomea. Uudempana vaihtoehtona on maalämmön ja erilaisen lämpöpumppujen hyödyntäminen. Kiinnostus aurinkolämpöä kohtaan on myös lisääntymässä.

Lämmityksen energialähteen valinta voi perustua luonnonolosuhteisiin, kuten kalliolämmön tai maalämmön käyttöön. Lisäksi voidaan tarkastella alueellisia vahvuuksia polttoaineiden saatavuuden ja tuotantoedellytysten osalta. Rinnakkain energialähteen tarkastelun kanssa on syytä myös pohtia eri tuotantoteknologioiden vaihtoehtoja ja niiden soveltuvuutta paikallisen energiantarpeen kustannustehokkaaseen tyydyttämiseen. Rinnakkaiset energialähteet täydentävät hyvin toisiaan, mutta voivat huonosti suunniteltuna johtaa päällekkäisiin investointeihin. Lämmitystarpeen suuruudesta riippuen on perinteisen lämmityskeskuksen lisäksi mahdollista käyttää myös pienimuotoista yhdistettyä lämmön- ja sähköntuotantoa (CHP).

Hajautettu sähkön erillistuotanto on Suomessa vielä alkutekijöissään. Käytännössä valinta voidaan tehdä pienimuotoisen tuulivoiman tai aurinkosähkön välillä, sillä pienvesivoimalle soveltuvia kohteita on tarjolla hyvin rajoitetusti. Tiiviillä asuinalueilla hajautettu paikallinen sähköntuotanto on nähtävä lähinnä ratkaisuna vähentää verkosta ostettavan sähkön määrää. Tulevaisuudessa sähköverkkojen älykkyyden lisääntyessä sähkön myyminen sähköverkkoon sekä erilaiset sähköenergian varastointiratkaisut, esimerkiksi sähköautojen akkuihin, tulevat todennäköisesti yleistymään.

Uusiutuvan energian kuntakatselmus on keino, jolla kunnat voivat kartoittaa katselmusalueen energiantuotannon ja kiinteistökannan lämmityksen energiataseet ja arvioidaan käytettävissä olevat uusiutuvat energiavarat. Katselmus voidaan toteuttaa yhden tai usean kunnan (myös

seutu- ja maakunnat) kattavana. Menettelytavoiltaan muita energiakatselmuksia muistuttavassa uusiutuvan energian kuntakatselmuksessa etsitään taloudellisesti kannattavia mahdollisuuksia korvata muiden energiamuotojen käyttöä uusiutuvalla energialla. Siinä listataan myös konkreettisia jatkotoimenpide-ehdotuksia. Hankintavaiheessa kunnilla on lisäksi mahdollisuus saada neuvoja julkisten hankintojen kehittämiseen suunnatusta neuvontapalvelusta, jota Motiva Oy ylläpitää.¹²¹

5.1.2 Haja-asutusalue

Harvaan asutuilla alueilla kiinteistöt sijaitsevat usein niin etäällä toisistaan, että alueelliset lämmitysratkaisut eivät pääsääntöisesti muodostu kannattaviksi. On kuitenkin mahdollista – ja kenties jopa toivottavaa – että myös haja-asutusalueille syntyy rakennusten keskittymiä, joiden lämmittämiseen voidaan käyttää myös alueellisia ratkaisuja. Esimerkiksi maatiloilla biokaasu voi tarjota paikallisen energialähteen, josta voidaan tuottaa yhdistetysti sähköä ja lämpöä kaasumoottorin tai mikroturbiinin avulla. Maatilojen tuottama orgaaninen jäteainne voidaan mädättää biokaasureaktorin avulla ja syntyvä biokaasu käyttää energiantuotannossa. Keskittymä voi muodostua myös kunnan omistaman koulun ympärille, kuten Mynämäellä on suunniteltu¹²². Toimintamallina voi olla tällöin jo varsin yleinen lämpöyrittäjä-malli, jossa kohteen energiahuolto hoidetaan paikallisesti esimerkiksi puulämpökattilan avulla. Näillä toimin voidaan haja-asutusalueen elinvoimaisuutta lisätä samalla kun ratkaistaan alueen energiahuoltoa.

Haja-asutusalueiden hajautetut sähköntuotantoratkaisut eivät poikkea tiiviiden alueiden vaihtoehtoista. Vaihtoehdot erillistuotannossa ovat käytännössä pienimuotoinen tuulivoima tai aurinkosähkö. Mikäli haja-asutusalueen etäisyydet valtakunnan sähköverkosta ovat pitkiä, tekee tämä *off-the-grid* ratkaisuihin houkuttelevamman vaihtoehdon. Mikäli haja-asutuksen sähköntarve voidaan turvata kokonaan paikallisilla ratkaisulla, voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä vällyttäessä pitkien sähkölinjojen rakentamiselta ja ylläpidolta.

5.2 Kaavoitus ja suunnittelu

Edellytykset hajautetun energiantuotannolle on huomioitava jo kaavoitusvaiheessa. Alueet ovat poikkeuksetta erilaisia ja lämmitystapa tulee harkita aluekohtaisesti. Esimerkiksi Porvoon Skaftkärrin tapauksessa kaukolämpö vaikuttaa olevan paras vaihtoehto, sillä uusiutuvien energialähteiden osuus lämmöntuotannossa on jo nykyisinkin korkea. Tämä ei kuitenkaan estä sitä, että kaukolämmön piirissä ja sen liepeillä hyödynnettäisiin myös hajautettuja energiaratkaisuja – kuten esimerkiksi maa- ja aurinkolämpöä.

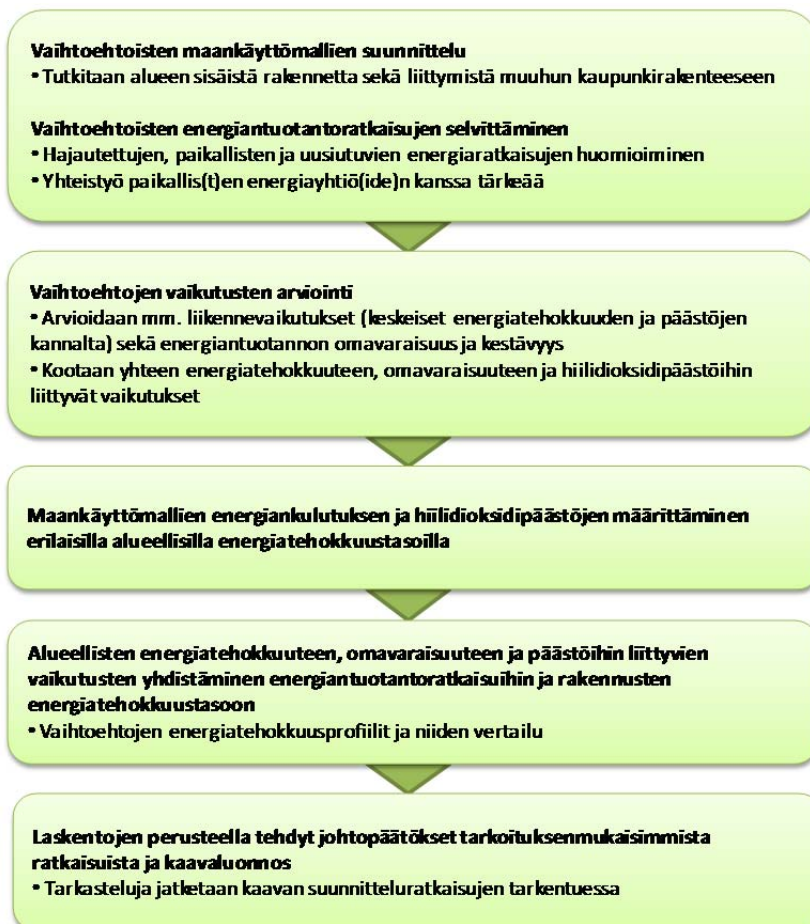
Joidenkin hajautettujen ja paikallisten energiaratkaisujen osalta tulee huolehtia myös tarvittavien ympäristö- ja rakennuslupien hankkimisesta. Koska monet ratkaisut ovat suhteellisen uusia ja niistä on ollut vähän kokemuksia, voivat lupakäytännöt vaihdella paikallisesti. Lupa- ja kaavoitusmenettelyihin on kuitenkin tarjolla opastusta, kuten Motivan ylläpitämä Tuulivoimaopas¹²³.

¹²¹ Motiva Oy, www.motiva.fi.

¹²² Timo Oja, Mynämäen kunta, esitys Ilmankos-seminaarissa 13.4.2010.

¹²³ Tuulivoimaopas, www.tuulivoimaopas.fi

Kaavoituksella voidaan vaikuttaa asuinalueen hiilijalanjälkeen (liikkuminen, rakennukset, energiantuotanto) ja sen arviointi tulisivikin sisällyttää maankäyttöä ja rakentamista ohjaavaan lainsäädäntöön. Yhteistyö eri sidosryhmien (kaavoittajat, liikennesuunnittelijat, energiayhtiöt jne.) kanssa on oleellisen tärkeä osa prosessia. Tästä on hyviä kokemuksia ainakin pienemmistä kaupungeista, kuten tarkastellut tapausesimerkit osoittavat. Kuvassa 5.1. on esitetty esimerkkinä energiantuotannon ja -kulutuksen näkökulmia painottava kaavoitusprosessi. Prosessi perustuu Porvoon Skaftkärr -hankkeen tuotoksena syntyneeseen malliin, joka on muokattu alkuperäisestä huomioimaan enemmän energiantuotantoon liittyviä näkökulmia. Vastaavantyyppistä ajattelua voitaisiin soveltaa laajemminkin uusia asuinalueita suunniteltaessa.

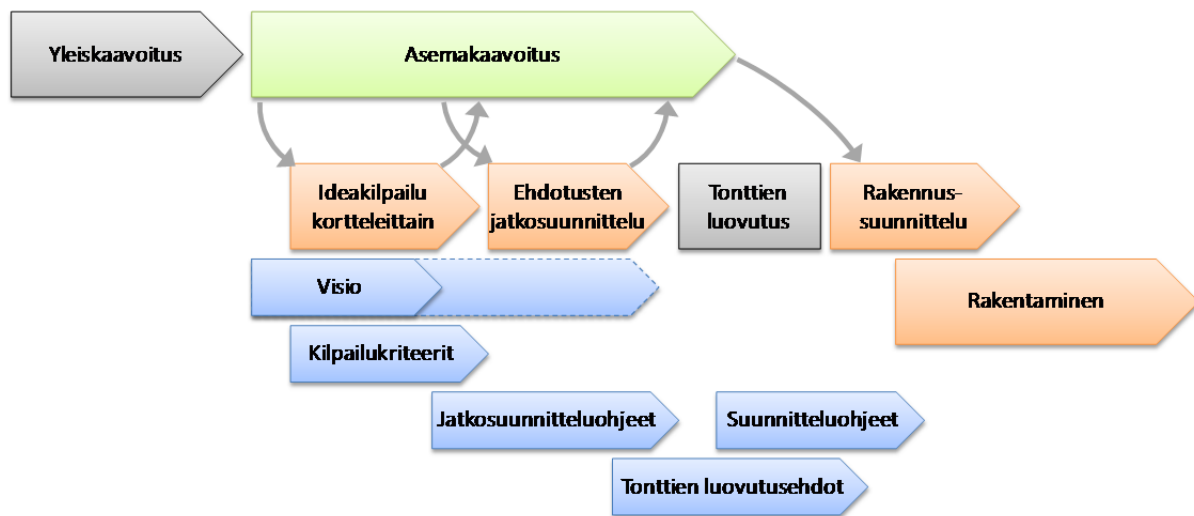


Kuva 5.1. **Energiantuotannon ja -kulutuksen huomioiminen kaavoituksessa.**¹²⁴

Kuvassa 5.2 esitetään yksi vaihtoehtoinen malli yhteistyön kehittämiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa kuntien ohjaaman kaavoituksen ja rakennustoiminnan vuorovaikutuksen lisäämistä. Kuntien oma tahtotila ja visio on keskeinen lähtöedellytys, joka asettaa puitteet koko alueen kehittämiseksi. Tarjolla on lukuisia työvälineitä ideakilpailuista suunnittelun ja rakentamisen oh-

¹²⁴ Skaftkärr, Energiatehokkuus kaavoituksessa. Loppuraportti, 2010. Muokattu kaavoitusmalli.

jeistukseen. Yksittäistenkin tonttien osalta on mahdollista käyttää jakoperusteena perinteisen arvonnin sijasta esimerkiksi talon energiatehokkuutta, kuten Porvoon Skaftkärrissä on kokeiltu.



Kuva 5.2. **Keinoja kaavoituksen ja rakentamisen vuorovaikutuksen kehittämiseen.**¹²⁵

Toimintamallin yksityiskohtainen toteutus voi vaihdella kunnan omista käytännöistä ja resursseista riippuen. Hajautettujen energiaratkaisujen kustannustehokkaan toteutuksen kannalta on oleellista, että ratkaisujen investointitarpeet voidaan ottaa huomioon oikeassa vaiheessa prosessia. Esimerkiksi alueelliseen lämpöjärjestelmään ei kannata investoida, mikäli rakennettavat talot eivät siihen aio liittyä.

On syytä huomata, että kaavoitus voi toimia myös paikallisten energiaratkaisujen varaan rakennettujen asuinalueiden houkuttelevuuden parantajana. Esimerkiksi Kempeleen ekokortteliin rakennettaville taloille on ollut tarjolla tavanomaista suurempia tontteja. Näin alueelle on voitu houkutellessa tavanomaista veronmaksukyvykkäämpiä asukkaita.

5.3 **Kytkeminen kunnallisiin ilmasto- ja elinkeinotavoitteisiin**

Kunnalliset ja alueelliset ympäristö- ja ilmasto-ohjelmat ovat olleet useassa kestävä/hajautetun energiantuotannon projektissa merkittävänä pontimena. Esimerkiksi Växjön tapauksessa kunnan määrätietoinen ympäristöohjelma on synnyttänyt kysyntää paikallisten energiavarojen hyödyntämiselle ja hajautetulle energiantuotannolle. Selkeät määrälliset tavoitteet, jotka ovat myös uskottavia, luovat alueelle ilmapiirin, joka rohkaisee alueen asukkaita ja yrittäjiä uusien ratkaisujen kokeiluun ja käyttöönottoon.

Energiaratkaisuissa kuntatasolla voi olla myös mielenkiintoista tarkastella laajempia vaikutuksia paikalliseen elinkeinoelämään. Energiaomavaraisuuden nostaminen voi olla koko paikallistalouden kannalta tarkasteltuna suhteessa edullisempää kuin alueelle tuotavien polttoaineiden käyttö. Lisäksi paikallisten polttoaineiden tuotannossa, tuotantolaitteiden käytössä, huollossa ja

¹²⁵ V. Nykänen et. al, Kumppanuuskaavoitus aluerakentamisessa – Beyond Vuores tutkimus, VTT tiedotteita 2393, 2007.

kunnossapidossa sekä muissa palveluratkaisuissa voi syntyä uutta paikallista liiketoimintaa ja työpaikkoja¹²⁶.

Växjön kaltaisten edelläkävijäkuntien menestyksen taustalla on usein määrätietoinen ja pitkäjänteinen työ, jota kunnianhimoisten tavoitteiden saavuttamiseksi on ehditty tehdä parhaimmillaan vuosikymmenien ajan. Houkuttelevan energiapolitiikan onkin katsottu olevan kokonaisvaltaista, pitkäaikaista sekä vakavasti otettavaa¹²⁷.

Suomessa viisi edelläkävijäkuntaa on HINKU-hankkeen puitteissa ryhtynyt toimiin kasvi-huonekaasupäästöjen vähentämiseksi EU:n asettamia tavoitteita enemmän ja sovittua aikataulua nopeammin¹²⁸. Kunnat eivät välttämättä omilla päätöksillään kykene vaikuttamaan kuntalaisiin ja elinkeinoelämään suoraan. HINKU-hankkeeseen osallistuvien kuntien johto on kuitenkin ymmärtänyt, että kunnan on toimittava prosessin tiennäyttäjänä. Asialle motivoituneen johdon tuki on osoittautunut äärimmäisen tärkeäksi hankkeen etenemiselle. Kunnat pystyvät päätöksillään aktivoimaan kuntalaisten ja elinkeinoelämän toimintaa. Kuntien toimenpiteisiin mukaan lähteneet yritykset ovat nähneet hankkeen mahdollisuutena parantaa imagoaan, kehittää tuotteitaan ja saada aikaan kustannussäästöjä.¹²⁹

5.4 Uuden teknologian kehittäminen ja testaaminen

Hajautetun energiantuotannon teknologioista osa on jo markkinoilla olevaa kypsää teknologiaa, mutta monet pienimuotoiset paikalliset ratkaisut vaativat vielä kehittämistä. Tässäkin raportissa tarkastellut Suomen esimerkit osoittavat, että hajautettuun energiantuotantoon perustuviin kohteisiin liittyy usein uuden teknologian kehittämistä – Vaasassa sedimenttilämpö ja Kempeleessä pienen mittakaavan sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Tällä tavoin nämä uudet alueet toimivat merkittävässä roolissa uuden teknologian kaupallistamisessa ja uuden yritystoiminnan synnyttämisessä.

Koska uuden teknologian kehittämiseen ja käyttöön ottoon liittyy myös riskejä, on ne myös pystyttävä hallitsemaan. Tässä sopivina keinoina ovat luonnollisesti uuden teknologian kehittämiseen ja pilotointiin tarvittavat tuet, joiden avulla voidaan kattaa vaadittavat alkuinvestoinnit. Myös uudenlaiset innovatiiviset liiketoimintamallit voivat johtaa tulokselliseen toimintaan. Yksi mahdollinen ratkaisu on paikallinen energiaosuuskunta, jolla uuden teknologian riskit jaetaan alueen asukkaiden kesken. Tarkastelluissa esimerkeissä asukasta kohden muodostuneet osuuskunta- ja liittymismaksut vaikuttivat olevan kohtuullisella tasolla, joten ainakin näissä tapauksissa mallin voidaan katsoa toimineen hyvin.

Luonnollisesti uuteen teknologiaan liittyvät liiketoimintamahdollisuudet ja riskit liittyvät kaikin tiiveimmin uutta teknologiaa kehittävään yritykseen. Jotta tällaisia uusia yrityksiä pääsisi syntymään, on koko innovaatiojärjestelmä toimittava saumattomasti aina tutkimuksesta kaupallistamiseen asti. Erityisesti ensimmäisten referenssikohteiden rakentamiseen pitäisi olla käytettävissä yhteiskunnan tukea, sillä onnistuessaan nämä yritykset luovat uusia työpaikkoja ja vientikelpoisia ratkaisuja. Suomen innovaatiojärjestelmässä haastavien uusien ratkaisujen ja

¹²⁶ Näitä etuja on saavutettu esimerkiksi Saksan Bioenergyvillage Juehndessa ja Itävallan Güssingissä.

¹²⁷ Clatham House, Unlocking Finance for Clean Energy: The Need for 'Investment Grade' Policy, 2009.

¹²⁸ www.ymparisto.fi/hiilineutraalitekunnat

¹²⁹ SYKE, Kohti hiilineutraalia kuntaa, HINKU-hankkeen 1. vaiheen esittely ja tulokset, 6.10.2010.

yritystoiminnan kehittämistä tukee erityisesti Tekes. Tukea kanavoidaan pääasiassa ohjelmien kautta aihealueilla, joiden kehittämistä Suomessa pyritään vauhdittamaan. Yhtenä Tekesin ohjelmista on vuosina 2010–2014 käynnissä Groove-ohjelma, jolla kehitetään suomalaisten uusiutuvan energian pk-yritysten liiketoimintavalmiuksia ja kansainvälistä kilpailukykyä.¹³⁰

5.5 Alueen vetovoiman lisääminen

Kunnilla ja alueilla on yhä suurempi tarve nostaa omaa profiiliaan ja houkuttaa alueelleen asukkaita. Hajautettua energiantuotantoa ja laajemmin ekologista asumista kohtaan näyttää olevan yhä enemmän kiinnostusta. Useat esimerkit maailmalta osoittavat, että selkeästi ekologiseen asumiseen ja elämäntapaan panostavat kunnat ja alueet eivät pelkästään houkuttele alueelle asiasta kiinnostuneita asukkaita, vaan myös yhä useampi yritys – etenkin nopeasti kasvavalla cleantech-sektorilla – on halukas sijoittumaan tällaisille alueille.

¹³⁰ Tekes - Groove-ohjelma, www.tekes.fi/ohjelmat/groove

Tässä selvityksessä on kuvattu hajautetun energiantuotannon mahdollisuuksia suomalaisilla asuinalueilla. Tarkasteluun on sisällytetty varsin kattava tietopaketti hajautetun energiantuotannon teknologiasta, taloudesta ja ympäristövaikutuksista. Raportin päätarkoituksena on ollut osoittaa, millaisia edellytyksiä hajautetulle energialle on olemassa Suomessa. Tarkastellut esimerkkikohteet osoittavat, että määrätietoisella ja uusia ratkaisuja hakevalla asenteella, voidaan lisätä hajautettua energiantuotantoa sekä samalla luoda uutta paikallista liiketoimintaa ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.

Hajautetun energiantuotannon hyödyntämiseksi on tarjolla monia vaihtoehtoja. Selvityksen tuloksena voidaan todeta, että yhtä oikeaa teknologiaa ei ole olemassa, vaan ratkaisujen tekemiseen vaikuttavat paikalliset olosuhteet, kunnianhimo sekä käytössä olevat resurssit. Ratkaisuja valittaessa on huomioitava etenkin paikalliset energialähteet ja olemassa oleva energiainfrastruktuuri (sähkö- ja kaukolämpöverkko). Myös erilaisten yhdistelmäratkaisujen käyttö on mahdollista ja näin onkin useissa kohteissa tehty.

Maankäytön suunnittelulla ja kaavoituksella voidaan edistää hajautetun energiantuotannon toimintaedellytyksiä. Kunnan asettaman tahtotilan lisäksi suunnittelun ja kaavoituksen käytännön toimintamalleja on edistetty useissa kehityshankkeissa. Porvoon Skaftkärrissä on ollut mahdollisuus rakennettavan uudisalueen energiaratkaisujen perusteelliseen ennakkotarkasteluun. Saatuja kokemuksia ja tähän kehitettyä toimintamallia voidaan soveltaa monilla muillakin asuinalueilla.

Peruslähtökohtana rakennusten lämmitysenergian tuottamiseen voidaan pitää paikallisten energialähteiden hyödyntämistä. Lämmitysenergiaa tai sen tuottamiseen käytettyjä energialähteitä ei kannata siirtää pitkiä matkoja, mikäli tarjolla on kustannustehokkaita lähivaihtoehtoja.

Sähköntuotannossa keskeinen valinta on vielä nykyisin lähes kaikilla alueilla tehtävä liittyminen valtakunnan sähköverkkoon. Yksittäisten asuinalueiden osalta on kuitenkin myös Suomessa hahmoteltu sähköverkosta irrallisten alueiden luomista, nk. *off-the-grid* -ratkaisuja. Kempeleen ekokortteli tarjoaa esimerkin nykyteknologian mahdollisuuksista täysin paikallisen energiantuotannon varassa toimimiseen. Nyt kokeiltavat ratkaisut voivat luoda pohjaa erityisesti haja-asutusalueiden energiahuollon järjestämiseen ilman mittavia sähköverkkoinvestointeja.

Kokonaan omavaraisten alueiden toteuttamisessa tulee varautua energiahuollon turvaamiseen vaikka pääasiallisten energialähteiden tuotanto ei olisi riittävää. Laajassa mittakaavassa valtakunnan erillistä varavoimaa tarvitsevien paikallisten tuotantoyksiköiden rakentaminen ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista, koska erityisesti sähkön osalta tuotannon häiriöitä voi olla kustannustehokkaampaa tasata laajemmassa järjestelmässä. Hajautetun tuotannon joustavassa yhdistämisessä valtakunnan sähköverkkoon on kuitenkin vielä esteitä, kuten kuluttajien mahdollisuudet hyötyä hajautettujen ratkaisujen tuottamasta ylijäämästä.

Monilla tarkastelluilla alueilla hajautetun energiantuotannon edistäminen on perustunut ainakin osin saatuihin julkisiin tukiin. Pitkällä tähtäimellä hajautettu energiantuotanto tulee kuitenkin toimimaan yhä enemmän puhtaasti markkinaehtoisesti. Jo nyt monilla alueilla on yrityksiä ja yhteisöjä, jotka ovat olleet valmiita omiin kehitysinvestointeihin.

Hajautetun energiantuotannon ratkaisut elävät voimakasta kehitysvaihetta. On todennäköistä, että nyt suunnitteluun tulevien asuinalueiden siirtyessä rakentamisvaiheeseen, tarjolla on nykyistä laajempi valikoima teknis-taloudellisesti järkeviä vaihtoehtoja. Lisäksi teknologian nopea kehitys luo kokonaan uusia mahdollisuuksia ja haasteita. Esimerkiksi sähköautojen on ennustettu kehittyvän voimakkaasti 2020-luvulle tultaessa. Jo alueiden suunnittelussa on tulevaan kehitykseen hyvä varautua ja huomioida erityisesti älykkäiden sähköverkkojen tarpeet.

Kuntien oman toiminnan kannalta vaihtoehtoina on hajautetun energiantuotannon aktiivinen edistäminen kunnan omien prosessien kautta tai toiminnan ulkoistaminen erilliseksi hankeorganisaatioksi. Molemmista toimintamalleista löytyy hyviä esimerkkejä. Esimerkiksi Oulussa rakennusvalvonnan aktiivisella toiminnalla on onnistuttu parantamaan rakennusten energiatehokkuutta. Vaasassa onnistuttiin kokeellisen teknologian ripeässä käyttöönotossa tehokkaan ulkoistetun hankeorganisaation ansiosta. Kaavoitus- ja rakennusvaiheessa kaikkien sidosryhmien yhteistyömahdollisuuksien huomioon ottaminen luo lisäksi paremmat edellytykset energiataloudeltaan onnistuneiden asuinalueiden synnylle.

Tulevaisuudessa yhä useammalla kunnalla tulee olemaan oma ilmastostrategia, joka voi toimia hyvänä pontimena uusiutuvan ja hajautetun energian käytön lisäämiselle. Lukuisat esimerkit maailmalta osoittavat, että panostaminen vähähiiliseen tulevaisuuteen on kunnille kilpailutekijä, jolla se houkuttelee alueelle tuulevaisuuden osajia ja yrityksiä. Esimerkiksi Växjö Ruotsissa on saavuttanut kansainvälistä näkyvyyttä päättäväisten omien toimiensa ansiosta. Hajautettuun energiantuotantoon liittyvää paikallista elinkeinotoimintaa ei voi missään mielessä väheksyä. Se on konkreettinen mahdollisuus monelle kunnalle ja alueelle.

- Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA, Energia-avustukset. www.ara.fi.
- Bioenergia-verkkopalvelu. www.bioenergia.fi.
- Aurinkoenergia Suomen olosuhteissa ja sen potentiaali ilmastonmuutoksen torjunnassa, 2001. Tekes-projekti 594/480/00.
- Energiatehokkuuden edistäminen EU:ssa ja kansallisesti. Pentti Puhakan (TEM) esitys, 2010.
- Energiateollisuus ry, Vesivoima. www.energia.fi. [www-sivut](#), viitattu 9.11.2010.
- Energimyndigheten, Villavärmepumpar, 2006.
- EU DEEP -projekti. www.eudeep.com.
- European Photovoltaic Industry Association, Set for 2020 – Solar Photovoltaic Electricity: A main-stream power source in Europe by 2020, 2009.
- FINBIO - Suomen Bioenergiayhdistys ry. Bioenergia Suomessa. www.finbioenergy.fi.
- Haastattelu, Anna-Karin Persson, Stadsplanerare, Växjö kommun, 2.12.2010.
- Haastattelu, Ari-Jussi Uunila, toimitusjohtaja, Roaming Oy, 23.11.2010.
- Haastattelu, Heikki Hiltunen, 23.11.2010.
- Haastattelu, Henrik Vehkaoja, talouspäällikkö, Vaasan Vesi, 24.11.2010.
- Haastattelu, Jarno Haapakoski, Kempeleen ekokorttelin asukas, 23.11.2010.
- Haastattelu, Jenny Paulaharju, testausinsinööri, Wärtsilä Oyj, 24.11.2010.
- Haastattelu, Juha Sipilä, toimitusjohtaja, Fortel Components Oy, 24.11.2010.
- Haastattelu, Keijo Ullakko, projektipäällikkö, Vaasan Asuntomessut, 24.11.2010.
- Haastattelu, Lars Ehrlén, Affärsområdechef, Kraft och Värme, Växjö Energi AB, 2.12.2010.
- Haastattelu, Mauri Lieskoski, toimitusjohtaja, Mateve Oy, 24.11.2010.
- Haastattelu, Mikko Ruotsalainen, kehitysinsinööri, Porvoon Energia Oy, 24.11.2010.
- Haastattelu, Pekka Peura, 24.11.2010.
- Haastattelu, Pekka Salmela, 24.11.2010.
- Haastattelu, Pertti Reinikainen, toimitusjohtaja, Vaasan Ekolämpö Oy, 24.11.2010.
- Haastattelu, Roger Westin, Stadsplanerare, Växjö kommun, 2.12.2010.
- Haastattelu, Sarah Nilsson, Head of Environmental Sustainability, Växjö kommun, 2.12.2010.
- Haastattelu, Tapio Nyländén, 23.11.2010.
- Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, 2005. Vesivoimatuotannon määrä ja lisäämismahdollisuudet Suomessa.

Kim Westerlund ja Thomas Olofsson: Energy self-sufficient areas – case study on the Vaasa housing fair. Paperi esitetty ”Renewable Efficient Energy” -konferenssissa Vaasassa 9.-11.7.2008.

Kuluttajavirasto, Kuluttajaviraston hintavertailuja – Ilmalämpöpumput, huhtikuu 2009.

Lorenz, P., et al., The economics of solar power, The McKinsey Quarterly, June 2008.

Lämpökaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Suomen ympäristökeskus, 2009.

Motiva Oy. www.motiva.fi.

Municipality of Växjö, Planning Department, 2010. Fossil Fuel Free Växjö, white paper, 2010.

Municipality of Växjö, Planning Department, 2002. Agenda 21 and environmental work in municipality of Växjö.

Oikeusministeriö. www.om.fi.

Pekka Salmela, Kempeleen Ekokylä, esitys Kuntien ilmastokonferenssissa 6.5.2010.

Pienvesivoimayhdistys ry. Pienvesivoimalaopas, 2009.

Porvoon Energia Oy. Skaftkärr - energiaosio.

Porvoosta hiilivapaan asumisen kaupunki. Sitran tiedote, 11.11.2010.

Skaftkärr, Energiategokkuus kaavoituksessa. Loppuraportti, 2010.

Skaftkärr-hanke. www.skaftkarr.fi.

Suomen luonnonsuojeluliitto. Ekoenergia. www.ekoenergia.fi.

Suomen lämpöpumppuyhdistys, Sulpu ry. www.sulpu.fi.

Suomen Pellettienergiayhdistys ry. www.pellettienergia.fi.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. www.tuulivoimayhdistys.fi.

Suomen ympäristökeskus, Kohti hiilineutraalia kuntaa, HINKU-hankkeen 1. vaiheen esittely ja tulokset, 6.10.2010.

Tekes Groove-ohjelma. www.tekes.fi/ohjelmat/groove.

Tuulivoimaopas. www.tuulivoimaopas.fi.

Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiatuki. www.tem.fi.

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009. Syöttötariffityöryhmän loppuraportti, ehdotus tuulivoimalla ja biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffiksi.

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2010. Suomen kansallinen toimintasuunnitelma uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian edistämiseksi direktiivin 2009/28/EY mukaisesti.

T:mi Timo Jodat YMPÄRISTÖENERGIA. www.y-energia.com.

Vartiainen Eero, 2000. Daylight modelling and optimization of solar facades. Helsinki University of Technology Publications in Engineering Physics, Report TTK-F-A803.

Vartiainen et al., 2002. Hajautettu energiantuotanto: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO₂-päästöt.

Veronmaksajain keskusliitto ry, Kotitalousvähennys. www.veronmaksajat.fi.

Växjö kommun, Climate strategy of Växjö.

Waste-processing technologies transform the town of Gussing, 2010.

<http://kn.theiet.org/magazine/issues/1012/waste-processing-1012.cfm>.

Ympäristöministeriö. www.ymparisto.fi.

Kohteen nimi	Sijainti	Perustettu	Kuvaus	Aurinko-energia	Biokaasu	Maa/vesistö-lämpö	Puu	Tuuli	Muut
Nupurin kartano	Espoo	Suunnitteilla	Suunnitteilla 560 asukkaan tiivis pientaloalue, kaavoitus viivästynyt			X			
Saimaa Gardens	Lappeenranta	Suunnitteilla	Rakenteilla suuri matkailukeskittymä, jossa pyritään tuottamaan energia osittain paikallisesti						X (Ei määr.)
Äkäslompolon ekologinen matkailukylä	Kolari	Suunnitteilla	16 000 vuodepaikkaan tähtäävä ekologisesti rakennettu alue, joka arkkitehtikilpailuvaiheessa						
Östersundom	Helsinki	2014	Tavoitteena uudenlainen yli 35 000 asukkaan kaupunkimainen pientaloalue						X (Ei määr.)
Eliaksenrinne	Lohja	2011	Tavoitteena 30 asunnon ekokylä						X (Ei määr.)
Karjaan ekokylä	Raasepori	2011	Tavoitteena 12 talon monimuotoisesti ekologinen kylä		X			X	
Skaftkärr	Porvoo	2011	Tavoitteena 6 000 asukkaan kaupunginosa, jossa ekologisuus mukana kaavoituksesta lähtien						X (Ei määr.)
Varjakan alue	Oulunsalo	2010	Tavoitteena 150 000 vuotuisen kävijän kulttuuriin, luontoon ja mereen perustuva elämyskeskus			X	X		
SOK Logistiikka-keskus	Sipoo	2010	75 000 m ² logistiikkakeskus, jonka lämpö tuotettu paikan päällä			X	X		
Anttolan kuntakeskus	Mikkeli	2010	Kuuden kaupungin omistaman kiinteistön uusi lämmitysjärjestelmä			X			
ABB trukkilatausasema	Helsinki	2010	Suomen suurin aurinkosähköasennus (180 kW)	X					

Kempeleen ekokylä	Kempele	2009	10 uuden omakotitalon kortteli, joka irti valtakunnan sähköverkosta (puukaasu-CHP)				X	X	
Vihdin ekokylä Linnanniitty	Vihti	2009	600 asukkaan monimuotoiseksi kaupunginosaksi pyrkivä uusi kohde				X		
As. Oy Taivalkunnan-tie	Nokia	2009	100 asukkaan kerrostalo-yhtiö vaihtoi kaukolämmön maalämpöön			X			
Vaasan asuntomessu-alue	Vaasa	2008	40 pientalon ja 3 kerrostalon asuntomessualue		X	X			
Miehikkälän aluelämpökeskus	Miehikkälä	2007	Miehikkälän keskustan lämmöntuotanto hakelämpökeskuksella				X		
Gaija, ekosuuskunta Kaijanniemi	Ähtäri	2006	Kestävän kehityksen yhteisö, n. 20 asukasta						X (Ei määr.)
Bromarvin ekokylä	Raasepori	2000	Neljä pientä kerrostaloa ja kaksi rivitaloa, 34 asukasta	X			X		
Haapamäen pellettikylä	Haapamäki	1999	Haapamäen keskustan ja teollisuusalueen lämmitys useilla pellettilämpökeskuksilla				X		
Keuruun ekokylä	Keuruu	1997	Omavaraisuuteen ja luonnonmukaisuuteen pyrkivä yhteisö, n. 25 asukasta	X			X	X	
Kangasalan yhteiskylä	Kangasala	1994	Moniulotteisesti ekologinen kyläyhteisö, 9 omakotitaloa, n 40 asukasta				X		
Eko-Viikki	Helsinki	1990-luku	Suomen ensimmäinen ekologisesti suunniteltu urbaani kaupunginosa	X	X	X	X	X	
Keravan aurinkoenergiakylä	Kerava	1982	50 asunnon rivitaloalue, joka lämmitettiin aurinkoenergialla	X					
Torpparinmäki	Helsinki	1981	Asuntomessuille rakennettu 80 asunnon paritaloyhdyskunta	X					

Hajautetun energiantuotannon esimerkkikohteita Suomessa

1. Nupurin kartano, Espoo
2. Haapamäen pellettikylä
3. ABB trukkilatausasema, Helsinki
4. Torpparinmäki, Helsinki
5. Östersundom, Helsinki
6. Eko-Viikki, Helsinki
7. Kangasalan yhteiskylä
8. Kempeleen ekokylä
9. Keuruun ekokylä
10. Äkäslompolon ekologinen matkailukylä, Kolari
11. Saimaa Gardens, Lappeenranta
12. Eliaksenrinne, Lohja
13. Miehikkälän alueämpökeskus
14. Anttolan kuntakeskus, Mikkeli
15. As. Oy Taivaikkunnantie, Nokia
16. Varjakan alue, Oulunsalo
17. Skaftkärr, Porvoo
18. Bromarvin ekokylä, Raasepori
19. Karjaan ekokylä, Raasepori
20. SOK Logistiikkakeskus, Sipoo
21. Vaasan asuntomessualue
22. Vihdin ekokylä Linnanniitty
23. Gaija, eko-osuuskunta Kajaniemi, Ähtäri
24. Keravan aurinkoenergiakylä



Kohteen nimi	Sijainti	Perustettu	Kuvaus	Aurinko-energia	Biokaasu	Maa/vesistö-lämpö	Puu	Tuuli	Muut
Ecovillage Lamma, Pembrokeshire	Englanti	2010	Täydelliseen omavaraisuuteen pyrkivä 9 talouden ekoyhteisö						vesivoima
Solar Region Skåne	Ruotsi	2007	Skånen maakunnan aurinkoenergiaohjelma	X					
Maunheim Bioenergyvillage	Saksa	2005	400 asukkaan kylä, joka täysin energiaomavarainen	X	X		X		
Bo01 Västra Hamnen, Malmö	Ruotsi	2000	Uusi kaupunginosa Malmön keskustassa, jossa kaikki sähkö ja lämpö tuotetaan paikallisesti	X		X		X	
Bioenergyvillage Juehnde	Saksa	2000	1 000 asukkaan bioenergiakylä (Saksan ensimmäinen), tuottaa yli kaksi kertaa oman sähkötarpeensa		X		X		
BedZED, London	Englanti	2000	99 asunnon ja 1 400 m ² toimistotilan urbaani 0-energiakaupunginosa, josta paljon tutkimustuloksia	X					Biomassa-CHP
Växjö	Ruotsi	1996	Pohjoismaiden tunnetuin green city	X			X	X	
Güssing, Itävalta	Itävalta	1992	4 000 asukkaan kaupunki, EU:n ensimmäinen 100 % paikallisesti uusiutuvasta tuotettu energia		X		X		
Hammarby Sjöstad, Stockholm	Ruotsi	1990	24 000 asukkaan ja 100 liikehuoneiston uusi kaupunginosa	X					Kauko-lämpö bio-jätteestä
Ekosmbundet Dyssekilde	Tanska	1990	170 hengen kylä, jossa ekologisuus toteutettu monipuolisesti	X		X	X	X	



Urho Kekkosen katu 4-6 A
PL 489
00101 Helsinki

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