



# **UUSIUTUVAN ENERGIAN KUNTA- KATSELMUKSEN ESISELVITYS TAMPEREEN KAUPUNGILLE**

Elina Suhonen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014  
Degree Programme in  
Environmental Engineering

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Degree Programme in Environmental Engineering

SUHONEN, ELINA:

Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen esiselvitys Tampereen kaupungille

Opinnäytetyö 43 sivua  
Toukokuu 2014

---

Tämän opinnäytetyön tilaaja oli Tampereen kaupungin ECO<sub>2</sub> - Ekotehokas Tampere 2020 - projekti. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä esiselvitys Tampereen kaupungille uusiutuvan energian kuntakatselmusta varten. Tavoitteena oli selvittää nykytiedon taso uusiutuvasta energiasta Tampereella. Työssä käytiin läpi olemassa olevia tutkimuksia ja selvityksiä, jotka käsittelivät uusiutuvan energian potentiaalia ja nykykäyttöä Tampereella.

Uusiutuvan energian nykykäyttöä ja potentiaalia tarkasteltiin energialähteittäin. Työssä läpikäytyt energialähteet olivat puupolttoaineet, peltoenergia, aurinkoenergia, tuulivoima, jätepolttoaineet, biokaasu, vesivoima sekä lämpöpumput.

Puupolttoaineiden nykykäytöstä ja potentiaalista tietoa on Tampereen osalta hyvin saatavilla. Peltoenergiasta tietoa on rajallisesti ja ainoastaan Pirkanmaan alueelta. Aurinkosähkön nykykäyttö on pääosin selvillä ja pientuotannon potentiaali on selvitetty, mutta aurinkolämmön tuotannosta tai potentiaalista vastaavia tietoja ei löytynyt. Jätepolttoaineiden nykykäyttö sekä potentiaali on kartoitettu. Tuulivoiman nykykäyttö on pääosin selvillä ja potentiaalia on selvitetty sekä tuulipuistojen että pientuulivoiman osalta. Biokaasun nykykäyttö on pääosin tiedossa ja selvityksiä potentiaalista ollaan tekemässä. Vesivoiman nykykäyttö on kartoitettu ja potentiaali on pääosin tiedossa. Lämpöpumpujen käyttöä tai potentiaalia Tampereella ei ole selvitetty.

---

Asiasanat: uusiutuvat energialähteet, Tampere, käyttö, potentiaali

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Engineering

SUHONEN, ELINA:

Preliminary Study of Renewable Energy Municipal Audit for the City of Tampere

Bachelor's thesis 43 pages

May 2014

---

This final thesis was done for ECO<sub>2</sub> - Eco-efficient Tampere 2020, which is a project run by the City of Tampere. The objective was to do a preliminary study for the City of Tampere's Renewable Energy Municipal Audit. The aim of the thesis was to find out the existing level of knowledge on renewable energy in Tampere by going through previous studies on the current and potential use of different renewable energy sources. The energy sources covered were wood-derived fuels, energy crops, solar energy, wind power, waste-derived fuels, biogas, hydropower and heat pumps.

For wood-derived fuels there is information available on both the current and potential level of use in Tampere. There are some data on the cultivation of energy crops in the Pirkanmaa Region but nothing specifically about Tampere. Information on the current use of solar electricity in the city is quite well available and a study has been conducted on the potential. No information was found on solar heating in Tampere. As for wind power, its current electricity production is mostly known and the potential of both small scale and large scale wind power has been studied previously. The current use of waste-derived fuels is known and the potential has been determined. The current biogas energy production is mostly known and the potential is being studied. As for hydropower, the current electricity production is known, as is the potential. No information on the use or potential of heat pumps was found.

---

Key words: renewable energy sources, Tampere, usage, potential

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ENERGIANTUOTANTO TAMPEREELLA .....	8
3	PUUPOLTTOAINEET .....	10
	3.1 Puupolttoaineet .....	10
	3.2 Nykykäyttö.....	10
	3.3 Potentiaali .....	11
	3.4 Puupolttoaineiden käyttö tulevaisuudessa .....	13
4	PELTOENERGIA .....	15
5	AURINKOENERGIA .....	16
	5.1 Aurinkoenergian potentiaali.....	16
	5.2 Aurinkosähkö.....	16
	5.2.1 Nykykäyttö.....	16
	5.2.2 Potentiaali.....	19
	5.3 Aurinkolämpö .....	24
6	TUULIVOIMA .....	26
	6.1 Nykykäyttö.....	26
	6.2 Potentiaali .....	26
	6.2.1 Teollinen tuulivoima .....	26
	6.2.2 Pientuulivoima .....	28
7	JÄTEPOLTTOAINEET .....	33
8	BIOKAASU .....	34
9	VESIVOIMA.....	35
10	LÄMPÖPUMPUT .....	36
11	PÄÄTELMÄT .....	37
	LÄHTEET.....	40

## LYHENTEET JA TERMIT

VA	Volttiampeeri, näennäistehon yksikkö
$W_p$	Aurinkopaneelin nimellisteho
Huipunkäyttöaika	Energiantuotantolaitoksen vuosituotanto suhteessa nimellistehoon
Invertteri	Vaihtosuuntaaja, joka muuttaa tasavirran vaihtovirraksi
Kiintokuutiometri	Puutavaran kiintomitta eli tilavuus. Puuaineen todellinen tilavuus ilman pinokuutioon jääviä rakoja
Metsähake	Yleisnimitys suoraan metsästä tuleville energiakäyttöön tarkoitetuille hakkeille haketuspaikasta riippumatta
Pelletti	Puupolttoainejaloste, joka on valmistettu puristamalla mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteita, kuten sahanpurua ja hiontapölyä.
Pieniläpimittainen puu	Ylitiheiden nuorten metsien kunnostuksen yhteydessä korjattu energiapuu
Säteilyintensiteetti	Maan pinnalle saapuvan sähkömagneettisen säteilyn teho pinta-alaa kohden
Ylijäämä sähkö	Kulutusta suurempi tuotanto, jonka erotus siirretään sähköverkkoon

## 1 JOHDANTO

Tampereen kaupunki on sitoutunut useisiin ilmastotavoitteita sisältäviin sopimuksiin, kuten Tampereen kaupunkiseudun rakennesuunnitelma, Tampereen kaupunkiseudun ilmastostrategia ja Kaupunginjohtajien yleiskokous (Covenant of Mayors). Sitoumuksissa asetetaan tavoitteita kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Sitoumukset tukevat Euroopan Unionin 20-20-20 ilmastotavoitteiden täyttymistä. (Tampereen kaupunki, 2014b) EU:n tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä tuottaa 20 % energiasta uusiutuvala energialla, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 % ja lisätä energiatehokkuutta 20 % (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013). Myös Tampereen uudessa Yhteinen Tampere - näköalojen kaupunki -strategiassa tavoitteena on uusiutuvan energian käytön lisääminen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 40 % vuoden 1990 tasosta 2025 mennessä (Tampereen kaupunki n.d. 16–17)

Kaupungin ilmastotavoitteita edistää vuonna 2010 käynnistynyt ECO<sub>2</sub> - Ekotehokas Tampere 2020 -projekti. Projektin tavoitteita ovat kaupungin ilmastositoumusten toteuttaminen, edelläkävijyys ilmastoasioissa sekä vähähiilisen kaupungin kehittäminen. (Tampereen kaupunki 2014a.) Yksi keinoista edistää kaupungin ilmastotavoitteita on uusiutuvan energian kuntakatselmuksen laatiminen (Välimäki 2014). Uusiutuvan energian potentiaalin kartoittaminen kuntakatselmuksella on myös yksi kuntien energiatehokkuussopimuksen 2008–2016 tavoitteista (Energiatehokkuussopimukset 2014). Katselmuksen toteuttaminen seutuyhteistyönä on osa ECO<sub>2</sub>-projektin vuoden 2014 toimintasuunnitelmaa (ECO<sub>2</sub>-Ekotehokas Tampere 2020 n.d.). Seudulliseen hankkeeseen ovat työtä kirjoitettaessa Tampereen lisäksi osallistumassa ainakin Lempäälä, Kangasala ja mahdollisesti myös Nokia, Ylöjärvi ja Pirkkala (Seppänen 2014).

Uusiutuvan energian kuntakatselmus on Työ- ja elinkeinoministeriön tukema ja Motivan kehittämä energiakatselmusmalli. Katselmuksen tarkoitus on selvittää kiinteistöjen lämmityksen ja energiantuotannon energiataseet sekä kartoittaa katselmuksen alueen uusiutuvat energiavarat ja hyödyntämismahdollisuudet. Katselmus myös sisältää konkreettisia toimenpide-ehdotuksia, joilla voidaan lisätä uusiutuvan energian käyttöä kohdealueella. (Motiva 2014d.)

Tämä opinnäytetyö on esiselvitys Tampereen kaupungin uusiutuvan energian kuntakatselmusta varten. Työn on tilannut Tampereen kaupungin ECO<sub>2</sub>-projekti. Tarkoituksena on kartoittaa nykytiedon taso uusiutuvasta energiasta Tampereella eli selvittää mitä tietoa on olemassa eri energialähteiden käytöstä ja potentiaalista Tampereella. Työ on kirjallisuusselvitys, joka on tehty pääosin tilaajan määrittelemän materiaalin pohjalta ja jota on täydennetty muista lähteistä, kuten sähköposti- ja asiantuntijakeskusteluista, saadulla tiedolla.

Aluksi työssä esitellään lyhyesti keskitettyä energiantuotantoa Tampereella. Kappaleissa 3–10 tarkastellaan eri energialähteiden nykykäyttöä, potentiaalia sekä suunnitteilla olevia investointeja. Työssä läpikäytävät energialähteet ovat puupolttoaineet, peltoenergia, aurinkoenergia, tuulivoima, jätepolttaineet, biokaasu, vesivoima ja lämpöpumput. Lopuksi tehdään yhteenveto nykytiedon tasosta eli mistä energialähteistä tietoa oli saatavilla ja missä kohdin oli puutteita. Työssä on käytetty tuoreinta saatavilla olevaa tietoa, mistä johtuen energiankäytön ja -tuotannon tarkasteluvuodet saattavat vaihdella.

## 2 ENERGiantuotanto TAMPEREELLA

Keskitetystä energiantuotannosta Tampereella vastaa Tampereen Sähkölaitos Oy, jonka omistaa Tampereen kaupunki. Konserniin kuuluu kuusi yhtiötä: emoyhtiö Tampereen Sähkölaitos Oy, Tampereen Energiantuotanto Oy, Tampereen Kaukolämpö Oy, Tampereen Sähkönmyynti Oy, Tampereen Sähköverkko Oy sekä Tampereen Vera Oy. Yhtiöt toimittavat yksityis- ja yritysasiakkaille sähköä, kaukolämpöä, kaukojäähdytystä ja maakaasua. Lisäksi konserniin kuuluu vuonna 2012 perustettu Tampereen Energiantuotannon tytäryhtiö Tammervoima Oy, jonka toinen omistaja on Pirkanmaan Jätehuolto. (Tampereen Sähkölaitos Oy n.d.c)

Sähkölaitoksen voimalaitoksissa energiaa tuotetaan pääosin sähkön ja lämmön yhteistuotantona. Naistenlahden 1- ja 2- yksiköt sekä Lielahden voimalaitos tuottavat energiaa yhteistuotantona. Naistenlahti 1 ja Lielahden voimalaitos käyttävät pääpolttoaineena maakaasua ja Naistenlahti 2 puuta, turvetta, öljyä ja kaasua. Yhteistuotannon lisäksi kaukolämpöä tuotetaan 10 lämpökeskuksessa sekä sähköä vesivoimalaitoksissa. Taulukossa 1 näkyy Sähkölaitoksen voimaloiden ja lämpökeskusten sähkön ja lämmön tuotanto vuosina 2011 ja 2012. (Tampereen Sähkölaitos Oy n.d.e)

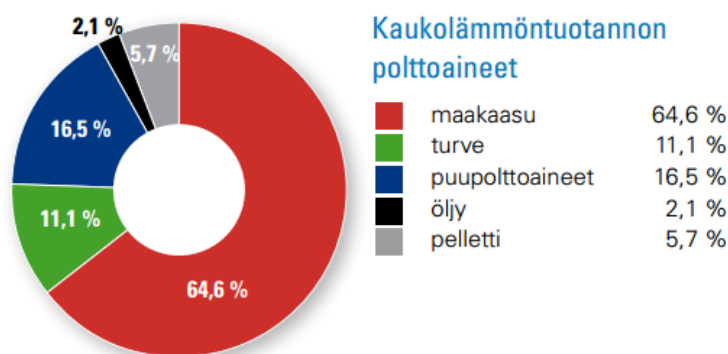
TAULUKKO 1. Tampereen Sähkölaitos -konsernin sähkön ja lämmön tuotanto 2011 ja 2012 (Tampereen Sähkölaitos n.d.a).

Energiantuotanto (GWh)	Sähkö (brutto)		Kaukolämpö	
	2012	2011	2012	2011
Naistenlahti 1	419	617	572	673
Naistenlahti 2	334	345	733	700
Lielähti	414	484	560	564
Vesivoimalaitokset	86,5	56	-	-
Lämpökeskukset	-	-	540	236
Yhteensä	1254	1502	2405	2173

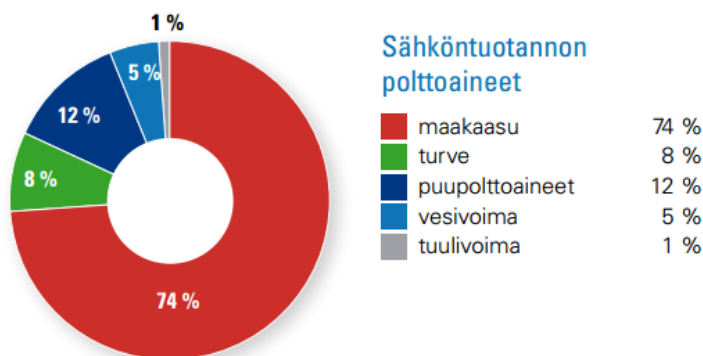
Huhtikuussa 2013 Sarankulmassa otettiin käyttöön uusi pölypolttotekniikalla toimiva pellettilämpökeskus, joka tuottaa 33 MW:n lämpöteholla kaukolämpöä vara- ja huippu-

kuormalaitoksena. Lämpölaitos käyttää kotimaista puuperäistä polttoainetta. Sarankulman laitos on Suomen suurin pellettivoimalaitos ja sen arvioidaan käyttävän vuodessa 7000–14000 tonnia pellettiä vuodessa. Lämpöä tuotetaan 30–60 GWh vuodessa riippuen talven kylmyydestä. (Tampereen Sähkölaitos Oy 2013)

Kuvioissa 1 ja 2 esitetään Tampereen Sähkölaitoksen sähkön- ja kaukolämmöntuotannossa käytetyt polttoaineet vuonna 2013. Kokonaisenergiantuotanto vuonna 2013 oli 3 400 GWh, josta 770 GWh tuotettiin uusiutuvilla energianlähteillä. (Tampereen Sähkölaitos Oy 2014b, 17.)



KUVIO 1. Kaukolämmöntuotannon polttoaineet Tampereella vuonna 2013 (Tampereen Sähkölaitos Oy 2014b, 17).



KUVIO 2. Sähköntuotannon polttoaineet Tampereella vuonna 2013 (Tampereen Sähkölaitos Oy 2014b, 17).

### 3 PUUPOLTTOAINEET

#### 3.1 Puupolttoaineet

Tässä kappaleessa käsitellään puuenergian käyttöä ja potentiaalia Tampereella ja Pirkanmaalla. Energiapuu on energiakäyttöön tarkoitettua puutavaraa tai puuta, joka ei kelpaa metsäteollisuuden raaka-aineeksi. Energiapuuksi korjataan karsimatonta kokopuuta, raivauspuuta, latvus- ja oksamassoja ja kantoja. Nuorista metsistä voidaan energiapuuhakkuussa kerätä karsittuja rankoja tai kokopuuta. Energiapuu haketetaan koneellisesti metsähakkeeksi. Haketta käytetään esimerkiksi aluelämpölaitoksissa sekä kaupunkien ja teollisuuden lämpö- ja voimalaitoksissa. (Metsäkeskus 2014; Motiva, 2014b)

Myös metsäteollisuuden kiinteitä ja nestemäisiä sivutuotteita hyödynnetään energiana. Kiinteitä sivutuotteita ovat esimerkiksi kuori, erilaiset purut, lastut sekä hiontapöly. (Motiva 2014c) Nestemäiset sivutuotteet, kuten mustalipeä, ovat valtakunnallisesti tärkeä energianlähde, mutta Pirkanmaalla ei ole tuotantoa, jossa sitä syntyisi (Maunula 2011, 17).

#### 3.2 Nykykäyttö

Viimeisin tieto puupolttoaineiden käytöstä on vuodelta 2012, jolloin energiapuuta käytettiin Tampereella noin 700 GWh. Taulukossa 2 näkyy Tampereella vuonna 2012 kulutettu puuenergia. Metsähakkeen ja metsäteollisuuden sivutuotteiden osalta lähes kaikki puuenergia käytettiin Naistenlahdessa. Puuenergian lisäksi Naistenlahden voimalaitos käytti vuonna 2012 turvetta noin 520 GWh. Lisäksi puuta, lähinnä pilkettä, kulutettiin kiinteistöjen erillislämmitykseen arviolta 40 GWh vuodessa. Tämä luku on laskennallinen ja siten vain suuntaa-antava. (Maunula 2014).

TAULUKKO 2. Puuenergian käyttö Tampereella vuonna 2012 gigawattitunteina ja kiintokuutiometreinä (Maunula 2014).

	Metsähake	Metsäteollisuuden sivutuotteet	Pilkkeet ja halot
GWh	550	120	40
m <sup>3</sup>	275 000	60 000	20 000

### 3.3 Potentiaali

Pirkanmaan Metsäkeskuksen Pirkanmaan puuenergiaselvitys 2011 tarkastelee puuenergian potentiaalia yksityiskohtaisesti sekä koko maakunnan että jokaisen Pirkanmaan kunnan tasolla. Energiapuupotentiaali on laskettu latvus- ja oksamassalle, pieniläpimittaiselle puulle sekä kannoille ja juurakoille.

Selvityksessä käytetyt tiedot pohjautuvat Pirkanmaan metsäkeskuksen yksityismetsien suunnittelutietoihin. Tämän lisäksi laskelmissa on käytetty Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnanmetsien inventointitietoja. Yksityismetsien suunnittelutietojen perusteella on erikseen määritetty energiapuupotentiaali uudistushakkuiden kannoille ja latvusmassalle sekä nuorten metsien energiapuulle. Tiedot on yleistetty kattamaan myös muut metsänomistajaryhmät, kuten valtio, seurakunnat ja yritykset. Tietojen avulla laskettu energiapuun maksimipotentiaali on toiminut pohjana laskettaessa teknistä ja teknisekologista potentiaalia. Maksimipotentiaali on teoreettinen luku, joka on määritetty tarkempia potentiaalilaskelmia varten, eikä se sisällä metsänhoidollisia tai kannattavuuteen liittyviä rajoitteita. (Maunula 2011, 21–11.)

Metsänhoidolliset seikat sekä korjuuseen liittyvät tekijät on otettu huomioon rajoittavina tekijöinä laskettaessa potentiaalia tarkemmin. Rajoitukset vastaavat Tapion Hyvän metsänhoidon suosituksia energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. (Maunula 2011, 21–22.)

Taulukossa 3 on nähtävissä Tampereelle laskettu metsäenergiapotentiaali vuosina 2011–2020. Suurimmat energiapuubarat Tampereella ovat latvus- ja oksamassassa. Vain tekniset kriteerit huomioitaessa Tampereelta voitaisiin kerätä yli 73 000 kiintokuutiometriä energiapuuta vuosittain. Otettaessa huomioon myös ekologiset rajoitteet ener-

giapuuta on mahdollista korjata vuosittain noin 36 000 m<sup>3</sup>. Tiukempien kriteerien vuoksi uudistushakkuilta kerättävän energiapuun määrä putoaa noin 30 % ja nuorten metsien kohdalla yli 80 % varoista rajautuu pois. (Maunula 2011, 39–42.)

TAULUKKO 3. Metsäenergiapotentiaali Tampereella vuosina 2011–2020 (Maunula 2011, 39–42)

	Kannot ja juurakot	Latvus- ja oksamassa	Pienläpimitäinen puu	Yhteensä
Tekninen metsäenergiapotentiaali m <sup>3</sup> /v	21 428	24 885	26 960	73 273
Teknis-ekologinen metsäenergiapotentiaali m <sup>3</sup> /v	14 400	17 078	4 619	36 097
Tekninen metsäenergiapotentiaali GWh/v	43	50	54	147
Teknis-ekologinen metsäenergiapotentiaali GWh/v	29	34	9	72

Teknis-ekologinen potentiaali antaa tarkemman kuvan energiapuuvaroista tekniseen potentiaaliin verrattuna. Teknis-ekologinen potentiaali on suurin mahdollinen kestävästi korjattava vuosittainen puumäärä sekä metsien hyvinvoinnin kannalta että alan toimijoiden mielestä. Esimerkiksi metsäenergiälajien kohdevalintaan ja kannattavuuteen liittyvät rajoitteet ovat tiukemmat teknis-ekologisessa potentiaalissa. Lisäksi metsien terveyteen liittyviä olennaisia seikkoja on otettu huomioon enemmän. Potentiaaleja laskettaessa metsänomistajien myyntihalukkuutta potentiaalia rajoittavana tekijänä ei ole huomioitu. (Maunula 2011, 21–23.)

Maunulan (2014) mukaan Pirkanmaan puuenergiaselvityksen potentiaalilaskelmat pitävät edelleen paikkansa. Selvityksessä ei kuitenkaan ole otettu huomioon kuitukokoista puuta, josta tehtyä runkopuuhaaketta käytetään energiantuotantoon voimalaitoksissa. (Maunula, 2014.)

Vertailtaessa puuenergian potentiaalia ja nykykäyttöä Tampereella (taulukot 2 ja 3) huomataan, että nykykäyttö on moninkertainen alueen metsäenergiapotentiaaliin verrattuna, mikä tarkoittaa, että energiapuuta tuodaan paljon alueen ulkopuolelta. Tampereen voidaan olettaa olevan suurin yksittäinen puuenergian kuluttaja maakunnassa. Esimerkiksi metsähaketta käytettiin Pirkanmaalla 490 000 m<sup>3</sup> (vuonna 2010) ja noin 275 000 m<sup>3</sup> Tampereella vuonna 2012 (Maunula 2011, 14; Maunula 2014). Koska Tampere on erittäin merkittävä puuenergian käyttäjä Pirkanmaalla ja puuta tuodaan paljon Tampe-

reen ulkopuolelta, on koko Pirkanmaan energiapuupotentiaali olennainen tekijä arvioitaessa energiapuun käytönmahdollisuuksia. Taulukossa 4 näkyy metsäenergiapotentialiaali koko maakunnan alueella vuosina 2012–2020 (Maunula 2011, 39–42).

TAULUKKO 4. Metsäenergiapotentialiaali Pirkanmaalla vuosina 2012–2020 (Maunula 2011, 39–42)

	Kannot ja juurakot	Latvus- ja oksamassa	Pienläpimittainen puu	Yhteensä
Tekninen metsäenergiapotentialiaali m <sup>3</sup> /v	539 614	619 419	491 341	1 650 374
Teknis-ekologinen metsäenergiapotentialiaali m <sup>3</sup> /v	378 243	461 131	112 443	951 817
Tekninen metsäenergiapotentialiaali GWh/v	1 079	1 239	983	3 301
Teknis-ekologinen metsäenergiapotentialiaali GWh/v	756	922	225	1 904

Koko Pirkanmaata tarkasteltaessa energiapuun käyttöä voidaan selkeästi lisätä. Maunula (2011, 22) arvioi, että vuonna 2011 teknis-ekologisesta puupotentiaalista käytettiin maakunnassa noin puolet. Sama koskee myös metsähaketta. Vaikka sen käyttö on lisääntynyt paljon, käyttö voitaisiin kaksinkertaistaa ilman, että saavutettaisiin teknis-ekologinen potentiaali. (Maunula 2011, 24.)

Pirkanmaan Metsäkeskus on toteuttamassa Pirkanmaalla Moteista megawateiksi -hanketta, jonka tavoitteena on edistää puun energiakäyttöä ja siihen liittyvää yrittäjyyttä. Hankkeen toteutus jatkuu vuoden 2014 loppuun asti. Hankkeen aikana laaditaan tiedote jokaisesta Pirkanmaan kunnasta ja sen energiavaroista ja energiankäytöstä. Tiedote sisältää kunnan energiapuuvarat, kiinteistöjen energiankäytön ja hiilijalanjäljen sekä ehdotuksia aluelämpöverkoista. Lisäksi kunnan kiinteistöt käydään läpi ja kartoitetaan potentiaaliset biolämmityskiinteistöt. (Hiitelä 2013.)

### 3.4 Puupolttoaineiden käyttö tulevaisuudessa

Tampereen Sähkölaitos on rakentamassa Hervantaan uutta hakelämpökeskusta, jolla tuotetaan kaukolämpöä Hervannan ja Kaukajärven alueille. Keskuksen polttoaineteho on 49,5 MW ja vuosittainen lämmöntuotanto vaihtelee 100–400 GWh:iin riippuen ul-

koilman lämpötiloista. Lämmöntuotanto on tarkoitus aloittaa toukokuussa 2015. Polttoaineena käytetään puuperäisiä polttoaineita kuten metsähake, sahanpuru ja kuori sekä jysinturvetta, jota käytetään erikseen tai seospolttoaineena. Puupolttoaineen osuus käytetyistä arvioidaan olevan 90 %. (Tampereen Sähkölaitos 2014a.)

Tampereen Sähkölaitos on lisäksi suunnittelemassa Naistenlahti 2 -yksikön uusintaa siten, että yksikkö hyödyntäisi puuta nykyistä huomattavasti enemmän. Kattilainvestointi on arvioitu tehtävän vuosikymmenen vaihteessa. (Tampereen Sähkölaitos Oy n.d.d.)

#### 4 PELTOENERGIA

Peltoenergian tietoa on saatavilla vain koko Pirkanmaan osalta. Peltoenergian potentiaalia ja käyttöä on selvitetty ProAgrian ja TE-Keskuksen tutkimuksessa Esiselvitys peltoenergian hyötykäytöstä Pirkanmaalla v. 2006. Peltoenergiaa käytettiin maakunnassa lisälämmitykseen maataloilla ja aluelämpökeskuksissa ja erityisesti seospolttona hakkeen kanssa. Peltoenergian käyttö Pirkanmaan aluelämpölaitoksissa selvitystä tehtäessä oli 32 tonnia, mikä vastaa 143 MWh:a. (Uotila, Liukko & Tolppa 2006, 3–4)

Selvityksen mukaan peltoenergian käyttöä voisi lisätä maakunnassa vuoden 2006 käytöstä jopa 160-kertaiseksi ilman merkittäviä lisäinvestointeja lämpölaitoksissa. Pirkanmaan viljelijöistä 5 % oli kiinnostunut peltoenergian viljelystä ja 4,7 % peltoalasta oli mahdollista käyttää energiakasvien viljelyyn. (Uotila ym. 2006, 14)

Peltoenergieselvitystä tehtäessä ruokohelpin viljelyala oli noin 150 hehtaaria (Uotila ym. 2006, 17). Vuodesta 2006 peltoenergian viljely oli kasvanut ainakin ruokohelpin osalta, sillä vuonna 2009 energiakasvitukea haettiin 303 hehtaarille ruokohelpeä, 20 hehtaarille kauraa ja 5 hehtaarille syysruista (Maunula 2011, 20). Peltoenergian nykyviljelystä ajankohtaisempaa tietoa ei ollut saatavilla.

## 5 AURINKOENERGIA

### 5.1 Aurinkoenergian potentiaali

Aurinkoenergian potentiaali maapallolla on lähes rajaton. Puolentoista tunnin aikana maanpinnalle saapuva säteily määrä on isompi kuin koko maapallon vuotuinen energiantarve (Aurinkoenergian läpimurto lähestyy 2010). Energiaa voidaan hyödyntää aktiivisesti, jolloin säteily muutetaan sähköksi aurinkopaneeleilla tai lämmöksi aurinkokeräimen avulla, tai passiivisesti, jolloin energia hyödynnetään suoraan ilman erillisiä laitteita (Motiva 2014a).

Suomessa ajatellaan aurinkoenergian olevan kannattamatonta Suomen maantieteellisen sijainnin vuoksi. Parhaimmillaan säteilyintensiteetti on maan pinnalla noin  $1\,000\text{ W/m}^2$ . Myös Tampereella voidaan saavuttaa lähes yhtä korkeita arvoja. Vuosittaisen säteilyenergian määrä Suomessa on suunnilleen sama kuin esimerkiksi Pohjois-Saksassa, missä aurinkoenergian käyttö on huomattavasti laajempaa kuin Suomessa. (Paavola 2013, 1,5.)

### 5.2 Aurinkosähkö

#### 5.2.1 Nykykäyttö

Aurinkoenergian nykykäyttö Tampereella on vähäistä. Alla on listattu Tampereen Sähkölaitoksen tiedossa olevat aurinkosähköjärjestelmät (Pekkinen 2014). Järjestelmien nimellistehot ja arvioidut vuosituotannot näkyvät taulukoissa 5 ja 6.

#### **Aurinko-Tuulia**

Aurinko-Tuulia on omakotitalo, joka valmistui Vuoreksen asuatomessualueelle vuonna 2012. Rakennukseen on asennettu eteläkaakon suuntaiset paneelit, joiden kallistuskulma on  $22^\circ$  ja nimellisteho 6,6 kW. Aurinko-Tuulian ensimmäisen vuoden kokonaistuotanto oli 4 952 kW ja huipunkäyttöaika 750 h. (Paavola 2013, 55–56)

### **Lantti**

Lantti on nollaenergiatalo, joka on rakennettu Vuoreksen asuntomessuille vuonna 2012. Rakennukseen on asennettu sekä eteläkaakon että länsilounaan suuntaisia paneeleita, joiden nimellisteho on 8,5 kW. Vuosituotannoksi on arvioitu 7 000 kWh. (Paavola 2013, 57)

### **Hervanta**

Hervannassa sijaitsevan omakotitalon katolle on asennettu paneeleja, joiden nimellisteho on yhteensä 1,3 kW. Paneelit ovat asennettu eteläsuuntaiselle katolle 20° kallistuskulmassa. Paneelit asennettiin elokuussa 2007 ja viiden ensimmäisen vuoden aikana ne tuottivat sähköenergiaa keskimäärin 904 kWh vuodessa. (Paavola 2013, 58–59)

### **Lielahi**

Lielahden Citymarketin katolle asennettiin vuonna 2000 aurinkovoimala, jonka nimellisteho on 39 kW. Paneelit vievät kattopinta-alaa yhteensä 330 m<sup>2</sup>. Tuotantotietoja järjestelmästä ei ole saatavilla. Järjestelmän iän ja vanhentuneen tekniikan vuoksi paneeleista nykyään saatava huipputeho on arviolta puolet sen nimellistehosta. (Paavola 2013, 60).

### **Luhtaan päiväkot**

Tampereen Pappilassa sijaitsevan vuonna 2012 valmistuneen päiväkodin katolle on asennettu aurinkopaneeleita, joiden nimellisteho on 21,5 kW. Paneelit on asennettu 23 asteen kallistuskulmaan ja ovat suunnattu lounaaseen. Paneelien toimittajan antama tuotantoennuste järjestelmälle on 19 300 kWh. Ensimmäisenä vuotenaan järjestelmä tuotti 15 000 kWh. (Paavola 2013, 60–61)

### **Nekala**

Tampereen Sähkölaitoksella on aurinkosähköjärjestelmä Nekalan lämpökeskuksessa. Maaliskuussa 2013 asennetun järjestelmän nimellisteho on 2,4 kW. Paneelit on asennettu 62° kulmaan rakennuksen eteläpuoleiselle seinälle. PVGIS-ohjelman antama vuosituotto järjestelmälle on 1 940 kWh. (Paavola 2013, 61–62.)

### Cargotec

Tampereen toistaiseksi suurin aurinkosähkövoimala on asennettu Cargotec Finland Oy:n pääkonttoriin. Alkuvuodesta 2013 asennetun järjestelmän kokonaisnimellisteho on 45 kW ja paneelit on asennettu pystysuoraan seinälle. Järjestelmän toimittaja on arvioinut vuosituotannoksi 33 000 kWh. (Paavola 2013, 62–63)

Yllä listattujen järjestelmien lisäksi Hämeenpuistossa sijaitsevaan kerrostaloon on hiltain asennettu aurinkovoimala ja Vuoreksen kouluun paneeleita asennetaan touko-kuussa 2014. Hämeenpuisto 21:een on asennettu 15 kW:n järjestelmä, jonka tuotantoodotus on 12 000 kWh vuodessa. Paneelit on asennettu 20 asteen kulmaan. Kerrostalossa on myös 80 kW:n aurinkolämpöjärjestelmä, jonka avulla lämmitetään vettä ja kiinteistöä. (Rämö 2014). Vuoreksen koululle asennettava järjestelmä on kooltaan 45 kW ja sen tuottoarvio on 36 000–39 000 kWh:iin vuodessa (Lakka 2014).

TAULUKKO 5. Tampereelle asennettujen alle 10 kW:n aurinkosähköjärjestelmien nimellistehot ja vuosituotannot (Paavola, 2013, 55–59).

	Nimellisteho, kW	Vuosituotanto, kWh
Omakotitalo, Hervanta	1,3	904
Tampereen Sähkölaitos, Nekalan lämpökeskus	2,4	1 940
Aurinko-Tuulia	6,6	4 952
Lantti	8,5	7 000 (arvio)

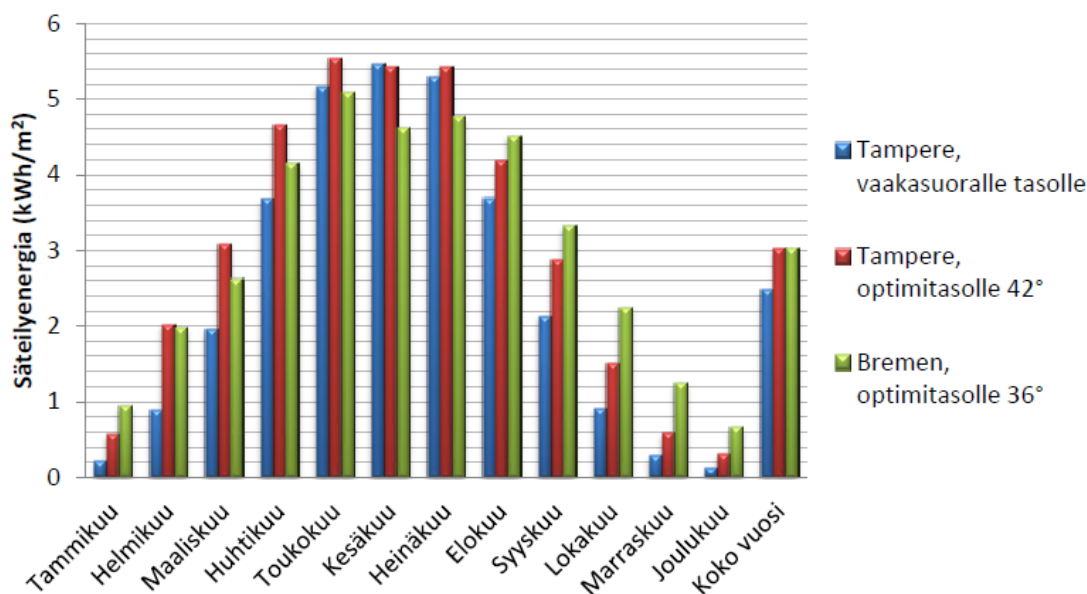
TAULUKKO 6. Tampereelle asennettujen yli 10 kW:n aurinkosähköjärjestelmien nimellistehot ja vuosituotannot (Paavola 2013, 60–63; Lakka 2014; Rämö 2014).

	Nimellisteho, kW	Vuosituotanto, kWh
Hämeenpuisto 21	15	12 000 (arvio)
Luhtaan päiväkot	21,5	15 000
Citymarket Lielähti	39	-
Cargotec Finland Oy	45	33 000 (arvio)
Vuoreksen koulu	45	36 000–39 000 (arvio)

### 5.2.2 Potentiaali

Aurinkosähkön potentiaalia Tampereella on tutkinut Minna Paavola diplomityössään Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien potentiaali Tampereella. Paavolan työssä keskitytään tarkastelemaan enintään 50 kVA:n järjestelmiä, jotka tuottavat aurinkosähköä kiinteistön omaan käyttöön ja ovat liitettäviä yleiseen verkkoon (Paavola 2013, 3).

Työssä vertaillaan Bremenin ja Tampereen vuorokauden keskimääräistä säteilyenergiaa eri kuukausina, jotka on laskettu PVGIS-paikkatietojärjestelmän avulla. Kuten kuviosta 3 huomataan, optimikulmassa olevalle pinnalle saapuva säteilyenergia on suunnilleen sama Tampereella ja Bremenissä. (Paavola 2013, 3–7.)



KUVIO 3. Vuorokauden keskimääräinen säteilyenergia neliometrille Tampereella ja Bremenissä eri kuukausina (Paavola 2013, 7).

PVGIS on maksuton verkkotyökalu, jolla voidaan arvioida aurinkopaneelien sähköntuotantoa eri alueilla sekä pinnalle saapuvan säteilyenergian määrää. Työkalun on kehittänyt Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus. Ohjelman avulla voidaan myös arvioida tuottoa eri aurinkosähköjärjestelmän ominaisuuksilla sekä kallistus- ja suunta- kullmilla. Esimerkiksi 1 kW<sub>p</sub>:n piikennopaneeli 42 asteen asennuskulmassa, mikä on ohjelman mukaan kiinteiden paneelien optimikulma Tampereella, Tampereen Hervannassa etelään suunnattuna tuottaisi vuodessa 848 kWh. Kallistuskulman ollessa 20° sama paneeli tuottaisi 804 kWh. Saman tehoiselle ohutkalvopaneelille tuotot ovat 920 kWh ja 878 kWh. Tietojen perusteella Paavola (2013) arvioi, että vuosittainen tuotto Tampereella olisi parhaimmillaan 850–900 kWh:iin/kW<sub>p</sub>. Laskelmissa on otettu huomioon 14 % tehohäviö sekä oletettu paneelien olevan suunnattu etelään. (Paavola 2013, 7–8.)

Kuten aiemmin todettiin, PVGIS-ohjelman antama optimikulma Tampereelle on 42 °. 20 asteen poikkeama optimikulmasta vähentää vuosituottoa maksimista vain noin 5 %. Paavolan (2013) mukaan tieto on olennainen, sillä paneelit asennetaan harjakattoisiin taloihin katon myötäisesti ja kattokulma on useimmiten alle 42°. Myöskään paneelien suuntaaminen lounaaseen etelän sijasta ei olennaisesti vaikuta tuottoon toisin kuin länteen suunnatuissa paneeleissa, jolloin vuosituotto vähenee merkittävästi. Pystysuoraan

asennetuissa paneeleissa vuosituotto jakautuu tasaisemmin ympäri vuoden, mutta on selkeästi pienin. (Paavola 2013, 29–30.)

Paavola (2013) on myös verrannut Tampereella käytössä olevien aurinkosähköjärjestelmien toteutuneita tuottoja PVGIS-ohjelman antamiin lukemiin. Tällä on voitu arvioida työkalun mallinnustarkkuutta Tampereella. Aurinko-Tuulian vuosituotto oli 7 % pienempi kuin PVGIS-ohjelman kohteelle laskema tuotto. Ero selittyi pääosin sillä, että paneeleita ei ollut puhdistettu lumesta, jolloin tuotto oli joului-, tammi- ja helmikuussa 0 kWh. Hervannassa sijaitsevan omakotitalon vuosituotannoksi PVGIS-järjestelmä antaa 1050 kWh, kun toteutunut vuosituotanto oli keskimäärin 904 kWh. (Paavola 2013, 54, 59.)

Diplomityössä on kehitetty mitoitusmalli, jonka avulla voidaan määrittää omakotitalolle sopivan aurinkosähköjärjestelmän koko. Mitoitus on oleellista optimaalisen hyödyn saavuttamisen kannalta. Ylijäämäsihkon tukimallin puuttuessa paras vaihtoehto on hyödyntää kaikki energia kiinteistössä sähkön myymisen sijaan, sillä aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika pitenee, jos järjestelmä on ylimitoitettu. Paavolan mukaan pohjakuorman kompensointi on noin 3-5 kertaa kannattavampaa kuin ylijäämäsihkon myynti. (Paavola 2013, 34–35)

Paavolan (2013) mukaan keskimääräisen omakotitalon pohjakuorma on noin 200–400 W:iin. Jos esimerkiksi 300 W:n peruskuormainen kiinteistö ei syötä verkkoon lainkaan sähköä, pitäisi järjestelmän koko olla alle 400 W. Paavola esittää, että tällainen mitoituseriaate ei kuitenkaan ole järkevä, kun otetaan huomioon se, että järjestelmän syöttämä teho jää usein huomattavasti sen nimellistehosta. Sopivan järjestelmän koko riippuu monista eri tekijöistä. Erittäin olennaisia ovat kulutusprofiili ja kulutuskäyttäytyminen. Esimerkiksi, jos talossa on kesäpäivisin paljon kulutusta kannattaa harkita isompaa laitteistoa. Jos taas kesäpäivät vietetään muualla, ei ylimitoittaminen usein ole järkevää. Paavolan mukaan 2 kW:n katolle asennettu järjestelmä on tyypilliseen omakotitaloon taloudellisesti kannattavin järjestelmän. (Paavola 2013, 36, 39, 43)

Työssä tarkastellaan myös aurinkosähköjärjestelmien kannattavuutta takaisinmaksuajan menetelmällä. Investointilaskelmissa tehdään useita oletuksia. Paneelin käyttöiäksi oletetaan 30 ja invertterin 15 vuotta. Lisäksi käyttö- ja huoltokustannusten arvioidaan ole-

van 0-1 % investointikustannuksista. Menetelmä ei huomioi takaisinmaksuajan jälkeisiä tuottoja, rahan aika-arvoa, korkoa eikä tuottovaatimusta. (Paavola 2013, 64–66.)

Taulukossa 7 on nähtävillä erikokoisten järjestelmien kokonaistuotto sekä kannattavien järjestelmien takaisinmaksuajat eri tulevaisuusskenaarioilla järjestelmien elinkaaren aikana. Järjestelmät on mitoitettu siten, että ylijäämä sähköä ei synny, vaan kaikki sähkö korvaa ostosähköä. Skenaariot viittaavat ostosähkön hinnan kehitykseen, jotka ovat seuraavat: skenaario 1: sähkön hinta pysyy entisellään; skenaario 2: sähkön hinta nousee 1 % vuodessa; skenaario 3: sähkön hinta nousee 2 % vuodessa; ja skenaario 4: sähkön hinta jatkaa vuotuista 5 % kasvua. Ostosähkön hintana työssä käytettiin 0,14 €/kWh. Laskelmat eivät ota huomioon asennuskuluja vaan ainoastaan järjestelmän hinnan. (Paavola 2013, 67–70.)

**TAULUKKO 7.** Järjestelmien kokonaistuotto ja kannattavien järjestelmien takaisinmaksuajat eri ostosähkön hinnan skenaarioilla järjestelmän elinkaaren ajan (Paavola 2013, 70).

Skenaario	1	2	3	4
Optimaalisesti asennettu 1,2 kW:n järjestelmä	-657 €	-126 €	513 € (28 v)	3344 € (21 v)
Lounaaseen suunnattu 1,2:n kW järjestelmä	-895 €	-399 €	198 € (29 v)	2841 € (22 v)
Optimaalisesti asennettu 2 kW:n järjestelmä	-250 €	63 € (28 v)	1705 € (25 v)	6435 € (19 v)
Katolla 20° kulmaan asennettu 2 kW:n järjestelmä	-558 €	284 € (29 v)	1297 € (26 v)	5795 € (20 v)
Seinälle asennettu 2 kW:n järjestelmä	-1707 €	-1036 €	-229 €	3347 € (23 v)

### **Tampereen kokonaispotentiaali**

Diplomityössä arvioidaan Tampereen kokonaispotentiaalia laskemalla kuinka iso osa kokonaiskulutuksesta voidaan tuottaa aurinkosähköllä. Lähtöarvoissa on valittu omakotitalon järjestelmän tehoksi 2 kW, rivitalon 8 kW sekä kerrostalon ja muiden rakennusten esimerkiksi teollisuushallien järjestelmän kooksi 20 kW. Omakotitalojen ja rivitalojen järjestelmien huipunkäyttöajaksi on oletettu 800 h ja kerrostalojen ja muiden rakennusten 850 h. Syynä eroon on Paavolan (2013) mukaan se, että omakoti- ja rivitalot kärsivät enemmän varjostuksista eivätkä paneelit aina ole 42 asteen optimikulmaan asen-

nettuja. Kerrostaloissa ja muissa rakennuksissa järjestelmät ovat yleensä asennettu optimikulmaan. (Paavola 2013, 78–81).

Taulukossa 8 on nähtävillä Tampereen rakennuskanta tyypeittäin sekä niihin soveltuviin aurinkosähköjärjestelmien koko. Yhteensä potentiaalista asennuspinta-alaa on Tampereella noin 264 MW (Paavola 2013, 79).

TAULUKKO 8. Aurinkosähköjärjestelmille potentiaalisten rakennuksien määrät tyypeittäin ja niihin sopivien aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho (Paavola 2013, 79).

Rakennustyyppi	Kappalemäärä Tampereella	Aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho (kW)	Kokonaisnimellisteho (MW)
Omakotitalo	16 186	2	32,4
Rivitalo	3 165	8	25,3
Kerrostalo	3 317	20	66,3
Muut rakennukset	7 000	20	140,0
Yhteensä	29 668	264 032	264,0

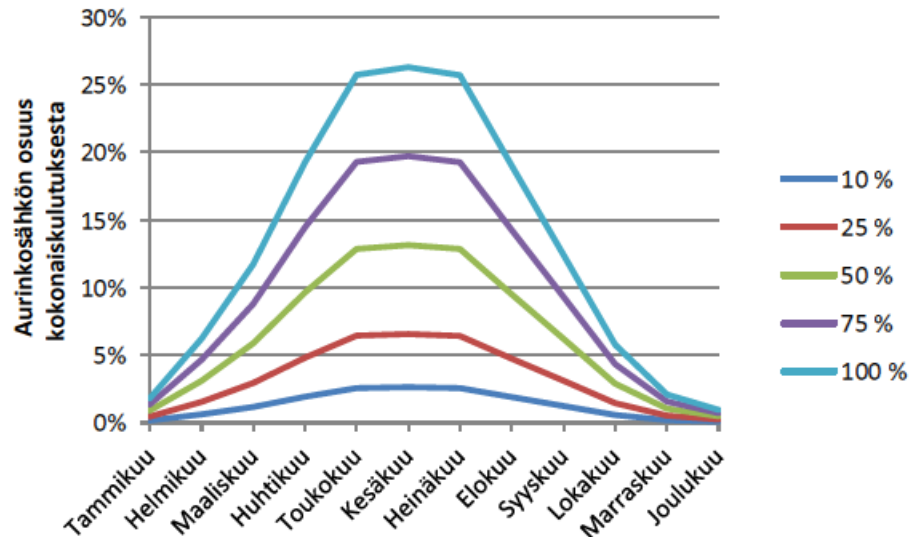
Taulukossa 9 esitetään aurinkosähkön vuosituotanto eri potentiaalinen käyttöasteilla sekä tuotannon osuus kokonaiskulutuksesta. Koko potentiaalinen ollessa käytössä eli 221,5 GWh:n vuosituotannolla voitaisiin aurinkosähköllä tuottaa 12 % vuotuisesta sähkön kulutuksesta. Tällöin kaikissa potentiaalisissa rakennuksissa olisi asennettuna taulukon 8 mukainen aurinkosähköjärjestelmä. (Paavola 2013, 82.)

TAULUKKO 9. Aurinkosähkön tuotanto Tampereella eri potentiaalinen käyttöasteilla sekä osuus kokonaiskulutuksesta. (Paavola 2013, 82).

Potentiaalinen käyttöaste	10 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Kokonaisnimellisteho (MW)	26,4	66,0	132,0	198,0	264,0
Vuosituotanto (GWh)	22,2	55,4	110,8	166,2	221,5
Osuus kokonaiskulutuksesta	1 %	3 %	6 %	9 %	12 %

Kuviossa 4 on nähtävillä aurinkosähkötuoannon osuus kokonaiskulutuksesta eri potentiaalinen käyttöasteilla kuukausittain. Kuten kuvioista nähdään, tuotannon huippukuukausina maksimipotentiaalinen ollessa käytössä voitaisiin aurinkosähköllä tuottaa yli 25 %

alueen sähkön tarpeesta. Kuvion 4 lukemat ja kokonaistuotannon jakautuminen perustuvat olettamukseen, että paneelit on asennettu 30° kulmaan ja niiden suuntaus on etelään. (Paavola 2013, 82)



KUVIO 4. Aurinkosähkötötuotannon osuus sähkön kokonaiskulutuksesta kuukausittain eri potentiaalin käyttöasteilla (Paavola 2013, 82).

Paavolan työn tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että Tampereen kokonaispotentiaali on laskettu siten, että kohteissa ei juuri synny ylijäämäsähköä, vaan valtaosa sähköstä kulutetaan kohteessa. Jos rakennuksissa asennettaisiin paneeleita koko kattopinta-alalle ja paneelit tuottaisivat myös ylijäämäsähköä, olisi teoreettinen kokonaispotentiaali Tampereella suurempi. Tampereen potentiaalia laskettaessa paneelipinta-alaa on 61 m<sup>2</sup> jokaista rakennusta kohden (Paavola 2013, 82).

Paavola (2013) huomauttaa lukuihin sisältyvän paljon epävarmuutta, mikä johtuu esimerkiksi asennuskulmista ja -suuntauksista sekä varjostuksista. Lisäksi auringon säteily vaihtelee vuosi- ja kuukausitasolla. Tuloksista saa kuitenkin hyvän yleiskuvan Tampereen aurinkosähköpotentiaalista. (Paavola 2013, 83.)

### 5.3 Aurinkolämpö

Aurinkolämmön nykykäytöstä Tampereella tietoa ei ole saatavilla. Myöskään potentiaalia ei ole juuri tutkittu Tampereella yksittäisiä kohteita lukuun ottamatta. Ainoa löytynyt

yleisluontoinen selvitys, jossa käsitellään aurinkolämmön potentiaalia, on Natalia Vence Linaresin vuonna 2011 valmistunut diplomityö.

Työssä tarkastellaan aurinkokeräinten käyttöä veden lämmitykseen Tampereella ja Madridissa, ja tavoitteena on vertailla aurinkokeräinten käyttöä ominaisuuksiltaan identtisissä omakotitaloissa, mutta eri ilmasto-olosuhteissa. Työssä määritetään optimaalinen asennuskulma aurinkokeräimelle Tampereella, joka laskelmien mukaan on 48 astetta. Lisäksi kahden erityyppisen aurinkokeräimen, tyhjiöputkikeräimen ja katetun tasokeräimen, ominaisuuksia vertaillaan. (Vence Linares 2011, 1–2, 94 .)

Asennuskulmaa, aurinkokeräimen pinta-alaa ja erityyppisiä keräimiä vertailemalla työssä haetaan optimaalista aurinkolämpöratkaisua kuvitteelliselle tamperelaiselle omakotitalolle. Mallinnukset on tehty käyttäen RETScreen-ohjelmistoa, joka on ilmainen ohjelmisto eri uusiutuvaan energiaan perustuvien järjestelmien teknistaloudellisen kannattavuuden määrittämiseen. (Vence Linares 2011, 2, 76.)

## 6 TUULIVOIMA

### 6.1 Nykykäyttö

Tuulivoiman hyödyntäminen Tampereella on tällä hetkellä hyvin vähäistä. Tampereen Sähkölaitoksen tietojen mukaan tuulivoimaa tuotetaan Tampereella neljässä kohteessa, joiden nimellisteho ja keskimääräinen vuosituotanto näkyvät taulukossa 10 (Pekkinen 2014).

TAULUKKO 10. Tiedossa olevien tuulivoimaloiden tiedot (Pekkinen 2014).

Paikka	Nimellisteho, kW	Keskimääräinen vuosituotanto, kWh
Sähkölaitos: Särkänniemi	4,5	1 800–2 000
Sähkölaitos: Nekalan lämpökeskus	4,5	1 800–2 000
Tampereen ammattikorkeakoulu: Särkänniemi	2,4	900–1 100
Tampereen ammattikorkeakoulu: Kuntokadun kampus	4,5	1 000–1 500

### 6.2 Potentiaali

#### 6.2.1 Teollinen tuulivoima

Pirkanmaan liitto on teettänyt vuonna 2012 tuulivoimaselvityksen Voimaa tuulesta Pirkanmaalla, missä tarkastellaan teollisen mittakaavan tuulivoiman potentiaalia Pirkanmaan tasolla. Selvityksessä on kartoitettu tuulivoimalle sopivia alueita lähinnä maankäytön suunnittelun näkökulmasta ja erityisesti Pirkanmaan maakuntakaavaa 2040 varten. Tarkastelussa selvitettiin alueita, joille voi sijoittaa mahdollisimman monta voimaa ja tuulisuuden lisäksi olennaisia kriteereitä oli mahdollisuus alueen kytkemiseen sähkö- ja tieverkkoon. Pirkanmaan liiton selvitys on perustunut vuorovaikutukseen kun-

tien ja kuntalaisten kanssa ja selvitykseen päätyikin kunta- ja kansalaiskyselyissä ehdotettuja alueita. (Pirkanmaan liitto 2012, 8–10)

Aluksi paikkatietotarkastelulla rajattiin pois kohteet, joissa nykyinen maankäyttö ei mahdollista tuulivoimaloiden rakentamista. Kriteerit olivat asutuksen läheisyys, arvokkaat maisema- tai kulttuuriympäristö, luonnonsuojeluohjelma ja Natura 2000 alueet. Jäljellejääneitä alueita rajasivat myös suojaehdot ja reunaetäisyydet. Näitä olivat esimerkiksi vuoden keskituulennopeus, jonka piti olla vähintään 6 m/s 100 metrin korkeudessa Ilmatieteenlaitoksen Tuuliatlaksen mukaan ja vähintään 1 km<sup>2</sup> pinta-ala. Muita rajaavia seikkoja olivat vesistöt, lentoasemat ja kevytlento- ja varalaskupaikat, sääasemat, puolustusvoimien alueet sekä luontomatkailun alueet ja tutkimusmetsät. (Pirkanmaan liitto 2012, 13–15)

Jäljelle jäi 45 selvitettävää aluetta, joista yksi oli Teiskossa, Pohjois-Tampereella sijaitseva Paarlahti. Kohteille tehtiin vaikutusten arviointiselvitykset tärkeiden lintuteiden, Natura 2000 -alueiden, sekä arvokkaiden maisema-alueiden ja kulttuuriympäristöjen kannalta. Paarlahden alue rajautui pois jatkotarkastelun jälkeen. Perusteluiden mukaan alue ei ole suositeltava tuulivoima-alueeksi, sillä se sijaitsee keskellä laajaa kulttuuri-maisemaa ja erittäin laajaa avointa järvimaisemaa, johon kohdistuu vaikutuksia laajalla alueella. Selvityksen lopputuloksena potentiaalisiksi tuulivoima-alueiksi ehdotettiin 25 aluetta. (Pirkanmaan liitto 2012, 15, 23)

Tuuliselvityksen työtä on jatkettu vuonna 2013 kartoittamalla potentiaalisia tuulivoima-alueita jo rakennetuilta alueilta tai niiden läheisyydestä. Uusissa alueissa taustalla olivat pääosin samat kriteerit kuin aiemmassa selvityksessä. Uusia alueita löytyi 9, joista yksi oli Tampereen ja Kangasalan kunnissa sijaitseva Tarastenjärvi-Loukkaankorvensuon alue. Tarastenjärven kaatopaikan läheisyydessä sijaitsevan alueelle olisi selvityksen mukaan mahdollista sijoittaa viisi 3 MW:n voimalaa. (Pirkanmaan liitto 2013)

Pirkanmaan liiton selvityksestä on jätetty pois alueet, joilla oli vireillä tai suunnitteilla tuulivoimahankeita, kuten Teiskon Kaanaa (Pirkanmaan liitto 2012, 14). Kaanaan tuulivoimalahanke kuitenkin keskeytyi, eikä alueelle ole tällä tietoa suunnitteilla tuulivoimaa. Teiskon lentokentän läheisyyden vuoksi kaavailtu voimalamäärä tippui neljästä kahteen ja hankekehittäjä Intercon Energy Oy vetäytyi hankkeesta, sillä kahden voima-

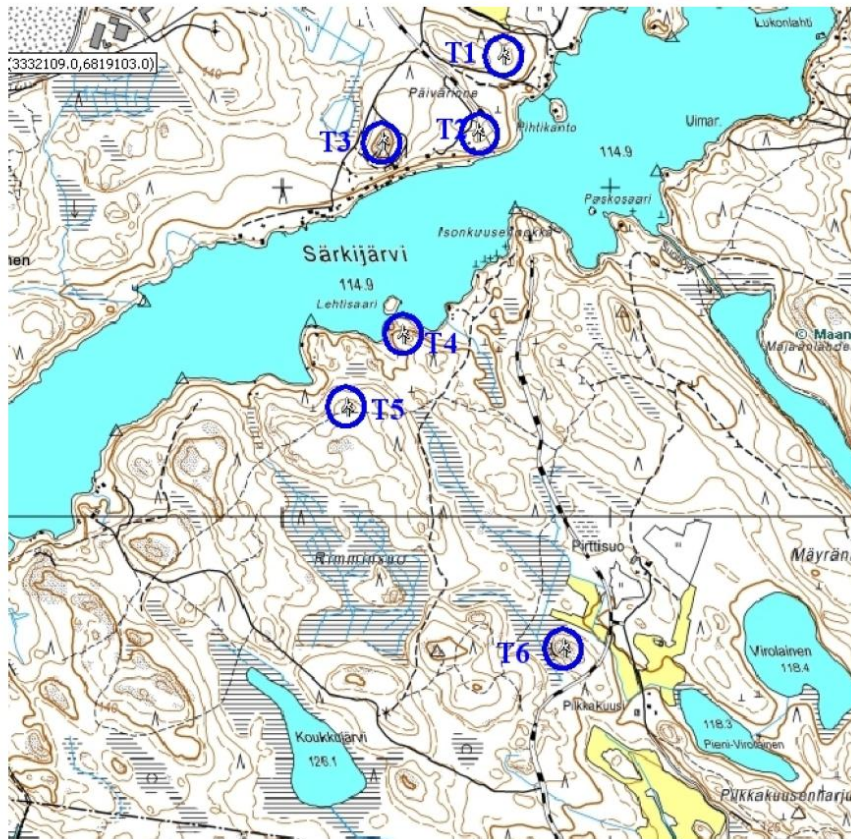
lan rakentaminen ei ollut kannattavaa ja kolmannen voimalan rakentaminen uuteen paikkaan olisi vaatinut lisäselvityksiä. (Tarkiainen 2014)

### **6.2.2 Pientuulivoima**

Tuulivoiman potentiaalia on kartoitettu Insinööritoimisto Haapanen Oy:n raportissa Pientuulivoimaa Vuorekseen, missä tarkastellaan pientuulivoiman teknistaloudellista soveltuvuutta Tampereen Vuoreksen kaupunginosaan.

Vuoreksen tuulisimpia paikkoja on selvitetty WASP-ohjelman avulla. WASP-ohjelma on tanskalaisen RISÖ:n tutkimuslaitoksen kehittämä laskentaohjelma, jonka avulla voidaan laskea tuulisuuteen liittyviä tietoja, joita tarvitaan tuulivoimalan paikkaa valittaessa sekä arvioitaessa voimalan tuotantoa eri tilanteissa. Lähtöarvoina on käytetty Ilmatieteenlaitoksen Tuuliatlaksen tietoja, jossa ruudut ovat kooltaan 2,5x2,5 km<sup>2</sup>. Maastotieto ja maaston rosoisuus on huomioitu laskelmissa kuten myös lähistöllä sijaitsevat esteet. Lähteinä on käytetty maastokarttaa, kaavakarttaa sekä havainnekuvaa alueesta. Voimalan osalta laskelmissa on huomioitu tehokäyrä sekä työntövoimakertoimet eri tuulen nopeuksilla. (Haapanen 2011, 3–7.)

Määritettäessä parhaita tuulialueita tuulen nopeudet laskettiin 30 metrin korkeudella. Projektin yhteydessä haettiin kiinnostavimpia alueita, joihin voisi sijoittaa voimalan. Kuvion 5 kartalla näkyvät paikat, jotka valittiin tarkempia laskelmia varten. (Haapanen 2011, 10, 15)



KUVIO 5. Tarkempaan tarkasteluun valitut kuusi paikkaa ja niiden tunnuksat (Haapanen 2011, 15).

Kaikissa kuudessa kohteessa laskettiin vuosituottoa ja takaisinmaksuaikoja erikokoisilla tuulivoimaloilla ja niiden eri napakorkeuksilla. Vertailuun valittiin kolme voimalaitosta, jotka olivat kooltaan 2; 3,5 ja 10 kW. Taulukoissa 11, 12 ja 13 esitetään eri vuosituottoarviot eri voimalaitoksille kuudessa kohteessa. On huomioitava, että laskennassa oletetaan voimalan olevan aina oikeassa suunnassa tuuleen nähden ja valmiina toimimaan optimaalisesti. Siksi noin 20 % vähennys laskennallisesta tuotosta on aiheellinen. (Haapanen 2011, 16.)

TAULUKKO 11. 2 kW voimalan vuosituotto eri paikoissa eri maston korkeuksilla MWh/a (Haapanen 2011, 16).

H, m	T1	T2	T3	T4	T5	T6
10	1,279	2,227	2,631	1,243	1,167	0,754
15	2,415	2,946	3,885	1,787	2,073	1,322
20	3,139	3,264	4,291	2,285	2,789	1,911
25	3,652	3,565	4,592	2,668	3,335	2,465
30	4,004	3,855	4,83	3,042	3,799	2,972
35	4,248	4,099	4,955	3,402	4,216	3,433
40	4,439	4,408	5,146	3,793	4,585	3,877

TAULUKKO 12. 3,5 kW voimalan vuosituotto eri paikoissa eri maston korkeuksilla MWh/a (Haapanen 2011, 16).

H, m	T1	T2	T3	T4	T5	T6
10	2.931	4.397	5.16	2.863	2.819	2.033
15	4.792	5.542	7.012	3.83	4.343	3.096
20	5.903	6.062	7.625	4.654	5.454	4.075
25	6.675	6.535	8.075	5.264	6.268	4.944
30	7.206	6.99	8.439	5.842	6.96	5.723
35	7.571	7.364	8.63	6.379	7.572	6.415
40	7.855	7.825	8.918	6.955	8.111	7.068

TAULUKKO 13. 10 kW voimalan vuosituotto eri paikoissa eri maston korkeuksilla MWh/a (Haapanen 2011, 16).

H, m	T1	T2	T3	T4	T5	T6
10	14,887	20,003	22,695	14,687	14,537	11,766
15	21,358	23,976	28,983	18,059	19,831	15,485
20	25,216	25,751	31,081	20,902	23,692	18,901
25	27,877	27,366	32,611	23,018	26,507	21,933
30	29,703	28,93	33,835	25,036	28,898	24,647
35	30,961	30,212	34,491	26,906	30,988	27,046
40	31,926	31,777	35,448	28,897	32,801	29,295

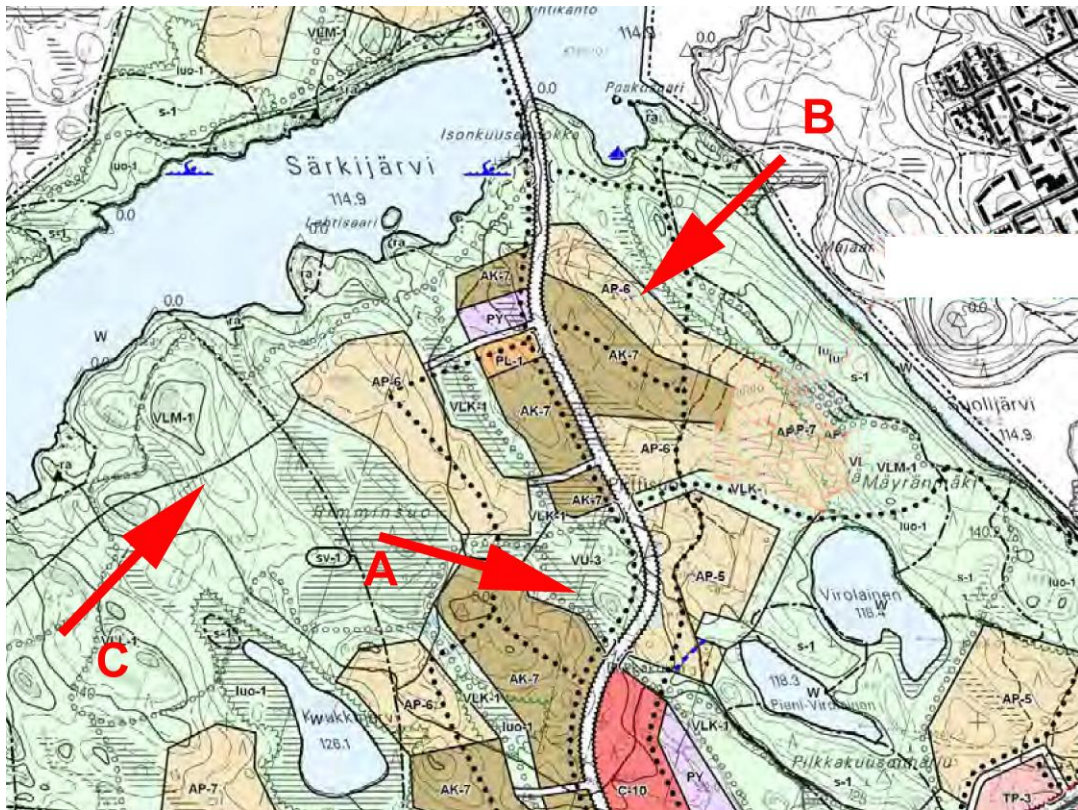
Takaisinmaksuaika on saatu selville jakamalla investointikustannus (koostuu koneistosta, mastosta ja asennuksista) vuosittain säästetyn sähkön hinnalla. Sähkön kokonaishintana laskelmissa on käytetty 0,1 €/kWh, ja lukuun sisältyy energian tuotanto, siirto ja verot. Laskelmissa on oletettu, että voimalan tuotanto on 85 % teoreettisesti lasketusta. Pienemmissä, 3,5 ja 2 kW:n voimaloissa, takaisinmaksuaika jokaisessa kuudesta kohteesta on 30 vuodesta ylöspäin, eli käytännössä voimalat eivät maksa itseään takaisin. Taulukossa 14 näkyy 10 kW voimalan takaisinmaksuaika paikoittain. Tuottoisin paikka on T3, missä takaisinmaksuaika on parhaimmillaan 15 vuotta maston korkeuden ollessa 15–30 metriä. Myös pienimpien voimaloiden kohdalla T3 oli selkeästi tuottoisin paikka. Takaisinmaksuajoissa ei kuitenkaan ole huomioitu kohteen ympäristöä ja mahdollista puustoa, joka vaikuttaisi yksikön tuottoon lisäten investoinnin takaisinmaksuaikaa. (Haapanen 2011, 18–20.)

TAULUKKO 14. 10 kW voimalan takaisinmaksuaika paikoittain eri maston korkeuksilla, vuotta (Haapanen 2011, 20).

H, m	T1	T2	T3	T4	T5	T6
10	27	20	18	27	27	34
15	20	18	15	24	21	27
20	18	18	15	22	19	24
25	17	18	15	21	18	22
30	17	18	15	20	18	21
35	17	18	15	20	17	20
40	18	18	16	19	17	19

Raportissa arvioidaan 10 kW voimalan hinnaksi 15 m maston korkeudella noin 36 000 € (Haapanen 2011, 18). Investointi on suuri ajatellen sen käyttötarkoitusta eli omakotitaloja.

Pientuulivoimaa Vuoreksessa -raportin laskennallisten tulosten lisäksi Vuoreksen alueella suoritettiin tuulimittauksia kolmessa paikassa (kuvio 6). Mittaukset tehtiin noin vuoden aikana alkaen loppuvuodesta 2011 (Kodin Energia 2012).



KUVIO 6. Mittauspaikat Vuoreksessa (Kodin energia 2012).

Taulukossa 15 esitetään tuulimittausten tulokset. Mastojen korkeus oli mittauspisteissä 16–18 m, mikä on minimikorkeus asuinrakennuksen katolle asennettaville tuulivoimaloille (Kodin Energia 2012).

TAULUKKO 15. Mittaustulokset kolmesta mittauspisteestä Vuoreksessa (Kodin Energia 2012)

Mittauspiste ja maston korkeus	Keskituulennopeus, m/s	Mittausaika
A, 18 m	2,5	16.11.2011–22.12.2012
B, 16 m	2,7	23.9.2011–22.12.2012
C, 18 m	2,3	29.11.2011–22.12.2012

Raportissa arvioidaan, että näillä tuulennopeuksilla 3,5 kW:n voimala 4 m:n halkaisijalla tuottaisi noin 1 300 kWh sähköä vuodessa. 11 kW:n voimala, jonka halkaisija on 13 m, tuottaisi noin 10 400 kWh vuodessa. Mittausvuonna tuulusuusindeksi oli 90 % keskiarvosta, joten normaalina vuotena kokonaistuotanto saattaisi olla hieman suurempi. Raportin mukaan laskelmat ovat suuntaa-antavia, mutta vastaavat Tampereelle asennettujen samankokoisten pientuulivoimaloiden tuotantoa. (Kodin Energia 2012.)

## 7 JÄTEPOLTTOAINEET

Jätelain mukaisesta jätehuollosta Tampereella ja sen ympäristökunnissa vastaa Pirkanmaan Jätehuolto Oy. Yhtiöllä on yhteensä 17 omistajakuntaa, joiden alueella se toimii. (Pirkanmaan Jätehuolto Oy n.d.a). Pirkanmaan Jätehuolto käsitteli vuonna 2012 yhteensä yli 360 000 tonnia jätettä. Suurin kerätty jätejake oli seka- ja kaatopaikkajäte, jota kerättiin yhteensä noin 125 000 tonnia. Muut Pirkanmaan Jätehuollon keräämät jakeet olivat energia- ja puujäte, biojäte, puhdistamoliete, siistausjäte, erityisjäte, tuhka- ja muu muuntumaton jäte sekä maa-ainekset. (Pirkanmaan Jätehuolto Oy 2013b, 38.)

Tämänhetkisen tiedon mukaan jätteen hyödyntäminen energiana on Tampereella vähäistä. Tarastenjärvellä toimiva Ressu-jätteenkäsittelykeskus tuottaa kierrätyspolttainetta puusta ja yritysten energiajätteestä. Vuonna 2012 polttoainetta toimitettiin energialaitoksille yhteensä 56 GWh. (Pirkanmaan Jätehuolto Oy 2013b, 20)

Pirkanmaan Jätehuollon ja Tampereen Sähkölaitoksen omistama Tammervoima Oy on rakentamassa parhaillaan jätteenpolttolaitosta Tampereen Tarastenjärvelle (Pirkanmaan Jätehuolto Oy n.d.b). Hyötyvoimalaitoksen pääasiallinen polttoaine tulee olemaan kierrätykseen ohjautumaton tai kelpaamaton yhdyskuntajäte, joka tällä hetkellä päätyy kaatopaikalle. Jätepolttoaine kerätään pääosin Pirkanmaan Jätehuollon toiminta-alueelta, missä asuu tällä hetkellä noin 420 000 asukasta. (Aluehallintovirasto 2013, 6, 13) Yhdyskuntajäte saadaan hyödynnettyä laitoksessa täysimääräisesti (Pirkanmaan Jätehuolto Oy 2013a, 3). Lisäksi voimalaitoksessa on mahdollista polttaa myös elinkeinosektorin jätteitä, sekä vähäisiä määriä vaarallisia jätteitä, terveydenhuollon erityisjätteitä ja eläinsivutuotteita. (Aluehallintovirasto 2013, 6). Laitos tulee käsittelemään noin 150 000 tonnia jätettä vuosittain, millä tuotetaan 300 GWh kaukolämpöä ja 100 GWh sähköä Tampereelle. Laitoksen arvioidaan valmistuvan vuoden 2015 lopussa. (Pirkanmaan Jätehuolto Oy 2013b, 16)

## 8 BIOKAASU

Tällä hetkellä biokaasua hyödynnetään ainakin Pirkanmaan Jätehuollon jätteenkäsittelykeskuksissa sekä Tampereen Veden jätevedenpuhdistamoilla. Tampereella sijaitsevan Tarastenjärven kaatopaikalla on kaksi kaasunkeräyslinjastoa, joista toinen tuottaa kaasumootorigeneraattorin avulla biokaasusta sähköä ja lämpöä laitoksen omaan käyttöön. Mahdollinen ylijäämä sähkö myydään yleiseen jakeluverkkoon. Toisen linjaston kaasu käytetään Tampereen kaupungin asfalttiasemalla kiinteistön lämmitykseen ja hyödynnetään energiana. Vuonna 2012 kaasua kerättiin 3,6 miljoonaa kuutiometriä, josta hyötökäyttöön käytettiin 2,5 miljoonaa m<sup>3</sup>. Sähköä kaasusta tuotettiin yhteensä 4,6 GWh. Nokialla sijaitsevan Koukkujärven kaatopaikalla biokaasua pumpattiin vuonna 2012 yhteensä 1,90 miljoonaa kuutiometriä. Fortum Power and Heat Oy osti tästä 0,8 miljoonaa m<sup>3</sup>, jolla tuotettiin lämpöä Nokian lämpöverkkoon Myllyhaan voimalaitoksessa. Kaasunsiirtoputken oltua pois käytöstä rakennustöiden vuoksi loput kaasusta jouduttiin polttamaan soihdussa. (Pirkanmaan Jätehuolto 2013, 20–22.)

Tampereen Vedellä on neljä jätevedenpuhdistamoa, jotka puhdistavat vuosittain yhteensä noin 32 miljoonaa m<sup>3</sup> jätevettä. Puhdistamot käsittelevät myös Kangasalan, Ylöjärven ja Pirkkalan kuntien jätevedet (Tampereen Vesi, 2013a). Suurimmissa Viinikanlahden ja Raholan puhdistamoissa tuotetaan biokaasua. Viinikanlahdessa jätevedenpuhdistuksessa syntyvä liete mädätetään, jolloin hajoamistuotteena muodostuu biokaasua. Biokaasusta tuotetaan lämpöä ja sähköä laitoksen omaan käyttöön. Vuonna 2012 lämpöä tuotettiin 4 882 MWh ja sähköä 4 150 MWh, jolloin laitoksen omavaraisuusaste oli sähkön osalta 43,5 % ja lämmön osalta 78,9 %. Myös Raholan jätevedenpuhdistamossa syntyvä liete mädätetään ja syntyvä biokaasu hyödynnetään energiana laitoksessa. Vuonna 2012 biokaasulla tuotettiin lämpöä 2 054 MWh ja sähköä 1 168 MWh. (Tampereen Vesi 2013b, 13–14.)

Pirkanmaan Jätehuolto on suunnittelemassa uutta ratkaisua biojätteen käsittelyyn. Tällä hetkellä biojätteet kompostoidaan. Yksi mahdollinen vaihtoehto on kuivamädätys, jolloin prosessista syntyvä biokaasu hyödynnettäisiin sähkön ja lämmön tuotannossa. Pirkanmaan Jätehuollon selvitystyö valmistuu keväällä 2014. (Tiira 2014.)

## 9 VESIVOIMA

Tampereen Energiantuotannolla on kolme voimalaa Tammerkoskessa. Tammerkosken keskiputouksen vesivoimalaitos, Tampellan vesivoimalaitos sekä Finlaysonin vesivoimalaitos, suuruudeltaan voimalat ovat 8 MW, 2,6 MW ja 3,6 MW. (Tampereen Sähkölaitos Oy n.d.e) Vuonna 2012 vesivoimalaitokset tuottivat sähköä yhteensä 86,5 GWh ja edellisenä vuonna 56 GWh. (Tampereen Sähkölaitos Oy n.d.a).

Vesivoiman lisääminen suuressa mittakaavassa ei ole Tampereella mahdollista, sillä kannattavimmissa kohteissa on jo vesivoimalat. Pien- tai minivesivoiman lisääminen voi joissain paikoissa olla mahdollista.

## 10 LÄMPÖPUMPUT

Lämpöpumppujen nykykäytöstä Tampereella ei ole tehty selvityksiä. Tampereen rakennuskannan energiansäästöpotentiaalia tarkastelevassa tutkimuksessa käsitellään lyhyesti lämpöpumppuja. Selvityksessä arvioidaan Suomen Lämpöpumppuyhdistyksen tilastoihin perustuen, että Tampereelle asennetaan 1,5 % Suomen lämpöpumpuista. (Vihola & Heljo 2011, 30–33)

Tampereella on kattava kaukolämpöverkosto (Tampereen Sähkölaitos n.d.b), mikä vähentää lämpöpumppujen potentiaalia kaupungissa. Heljo ja Vihola kuitenkin arvioivat, että lämpöpumppujen potentiaalin kartoittaminen Tampereella olisi tärkeää, sillä lämpöpumppujen käyttö pientaloissa olisi merkittävä säästökeino ajatellen EU:n energiatehokkuustavoitteiden toteuttamista Tampereella (Vihola & Heljo 2011, 30–33).

Lämpöpumppujen käyttöön on mahdollisuuksia kaukolämmön ulkopuolella pientalojen lisäksi yritys- ja suurkäyttäjillä, kuten teollisuusrakennuksissa tai tavarataloissa. Esimerkiksi Tampereen Ikea-tavaratalo käyttää päälämmönlähteenä maalämpöä. Maalämpöä kerätään 60 lämpökaivosta, jotka on porattu 200 metrin syvyyteen. Lisäksi maalämpöä käytetään käyttöveden lämmitykseen ja tavaratalon jäähdyttämiseen. (Bamberg 2010, 24)

## 11 PÄÄTELMÄT

Tässä kappaleessa esitetään tiivistettynä nykytiedon taso uusiutuvasta energiasta Tampereella. Kappaleissa 3–10 esitettyjen tietojen pohjalta tehdään yhteenveto saatavilla olevista tai puuttuvista tiedoista kunkin energialähteen nykykäyttöön ja potentiaaliin liittyen.

### **Puupolttoaineet**

Pirkanmaan Puuenergiaselvitys 2011 kartoittaa energiapuun potentiaalin kattavasti koko Pirkanmaalla ja kaikissa sen kunnissa Tampere mukaan lukien. Puuenergian nykykäytöstä tietoa on hyvin olemassa Tampereen Sähkölaitoksella ja Metsäkeskuksella.

Tampereen Sähkölaitos on juuri investoinut pellettilämmityslaitokseen ja hakelämpökeskusta ollaan parhaillaan rakentamassa. Lisäksi suunnitteilla on Naistenlahti 2-yksikön uudistus vuoden 2020 tienoilla. Nämä investoinnit huomioiden puuenergian käyttöä on vaikea lisätä Tampereella merkittävästi lähitulevaisuudessa. Puupolttoaineiden käytön lisääminen on toki mahdollista muuntamalla erillislämmityskohteissa esimerkiksi öljylämmitys hakelämmitykseen. Koko Tampereen mittakaavassa tällaisilla investoinneilla on hyvin vähän merkitystä, mutta niiden avulla voidaan saavuttaa kiinteistökohtaista taloudellista hyötyä.

### **Peltoenergia**

Peltoenergian osalta Tamperetta koskevia tietoja ei ollut saatavilla ja Pirkanmaankin tasolta tietoa löytyi rajallisesti. Peltoenergian mahdollisuuksista Pirkanmaalla on tehty selvitys vuonna 2006. Peltoenergian viljelytietoja on vuosilta 2006 ja 2009, mutta tuoreempaa tietoa ei ollut saatavilla tätä työtä tehtäessä.

### **Aurinkoenergia**

Aurinkosähkön osalta nykyinen tuotanto Tampereella on pääosin tiedossa. Tampereen Sähkölaitoksen tietojen mukaan aurinkopaneeleita on asennettuna seitsemään kohteeseen, jotka esiteltiin luvussa 4.2.1. Tämän lisäksi on hyvin mahdollista, että sähköverkon ulkopuolella olevia järjestelmiä on asennettuna esimerkiksi kesämökeille, mutta tietoja näistä ei ole olemassa.

Minna Paavolan diplomityö tarkastelee kattavasti aurinkosähkön kiinteistökohtaisen mikrotuotannon potentiaalia Tampereella. Paavolan työ koskee ainoastaan alle 50 kVA:n kiinteästi asennettuja järjestelmiä. Tätä suurempia tai kallistuskulmaa muuttavia paneeleita ei siis työssä oteta huomioon. Muita selvityksiä aurinkosähkön potentiaalista Tampereella ei ole, joten aurinkosähkön suurtuotannon, kuten keskitettyjen aurinkovoimalaitosten, mahdollisuuksia Tampereella ei ole kartoitettu.

Aurinkolämmön osalta nykykäytöstä tai potentiaalista tietoja ei juurikaan ole. Natalia Vence Linaresin diplomityö käsittelee aurinkoenergian käyttöä kotitalouksien veden lämmitykseen, mutta työ keskittyy enemmän ilmasto-olosuhteiden eroihin kahden kohteen välillä, kuin Tampereen potentiaaliin.

### **Tuulivoima**

Tampereen Sähkölaitoksella on tiedossaan 4 tuulivoimalaa Tampereella, joiden tiedot esiteltiin luvussa 5.1. On mahdollista, että tuulivoimaloita, joita ei ole kytketty sähköverkkoon, on Tampereen alueella enemmänkin, mutta tietoja näistä ei ollut saatavilla.

Tuulivoiman potentiaalia on selvitetty sekä pientuulivoiman että teollisen luokan tuulivoimaloiden osalta. Pientuulivoimaloiden osalta puuttuu kattava selvitys potentiaalista.

### **Jätepolttoaineet**

Jätepolttoaineiden nykykäyttö on tiedossa ja myös potentiaali on kartoitettu tarkasti Tammervoiman hyötyvoimalaitosta suunniteltaessa. Hyötyvoimalaitos tulee polttamaan Pirkanmaan Jätehuollon toimialueen jätteet, joita ei kierrätetä tai muuten hyötykäytetä. Jätehuolto on lisäksi selvittämässä biojätteen hyödyntämistä energiana biokaasun muodossa, joten suurimmat jätteen energiahyötykäytön kohteet Tampereella on kartoitettu.

### **Biokaasu**

Suurimpien käyttäjien eli jätevedenpuhdistamoiden ja kaatopaikkojen osalta biokaasun energiakäyttö Tampereella on selvillä. Yksittäisten kohteiden, kuten maatilojen, biokaasun nykykäytöstä ei ole koottua tietoa. Biokaasun hyödyntäminen Tampereen maataloilta voisi hyvinkin olla kannattavaa, mutta selvityksiä maatilojen tai muunlaisesta biokaasun hyötykäytöstä ei ole tehty lukuun ottamatta Pirkanmaan Jätehuollon biokaasuselvitystä.

**Vesivoima**

Vesivoiman osalta merkittävimmät kohteet Tampereella ovat Tammerkosken kolme voimalaa. Muista vesivoimaloista Tampereella ei ole tietoa. Vesivoiman potentiaalia ei ole tarkemmin Tampereella kartoitettu, mutta koska sähköntuotannon kannalta olennaisimmat kohteet ovat jo käytössä, vesivoiman lisääminen merkittävässä mittakaavassa ei ole mahdollista.

**Lämpöpumput**

Lämpöpumppujen käytöstä Tampereella ei ole tarkkaa tietoa. On arvioitu, että Tampereen osuus on 1,5 % Suomeen asennettavista lämpöpumpuista. Myöskään lämpöpumppujen potentiaalia ei ole kartoitettu. Kattava kaukolämpöverkosto vähentää lämpöpumppujen potentiaalia Tampereella, mutta potentiaalia voisi olla pientalojen ohessa yritys- ja suurkäyttäjillä.

## LÄHTEET

Aluehallintovirasto. 2013. Ympäristölupapäätös. [PDF-julkaisu] Luettu 23.4.2014.  
[http://www.avi.fi/documents/10191/56864/Issavi\\_paatos\\_23\\_2013\\_1\\_2013\\_2\\_28.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56864/Issavi_paatos_23_2013_1_2013_2_28.pdf).

Aurinkosähkön läpimurto lähestyy. 2010. Rajapinta 4/2010. [Online]  
<http://www.tut.fi/rajapinta/artikkelit/2010/4/aurinkosahkon-lapimurto-lahestyy>

Bamberg, S. 2010. Ikea: Energiatehokkuus tavarataloissa. Esselloo SLO:n asiakaslehti, 2/2010, 24.

ECO<sub>2</sub>-Ekotehokas Tampere 2020. N.d. ECO2-hankkeen toimintasuunnitelma 2014. [PDF-dokumentti]

Energiatehokkuussopimukset. 2014. Kunta-alan energiatehokkuussopimus. [Online] Luettu 23.4.2014. [http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/sopimusalat/kunta-ala/kunta-alan\\_energiatehokkuussopimus/](http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/sopimusalat/kunta-ala/kunta-alan_energiatehokkuussopimus/)

Haapanen, E. 2011. Pientuulivoimaa Vuorekseen. Raportti No: TT-2011-05-25 EH. Insinööritoimisto Erkki Haapanen Oy. Tampereen kaupungin ECO<sub>2</sub> - Ekotehokas Tampere 2020 -projektin tilaama selvitystyö.

Hiitelä, J. 2013. Motivan lämpöyrittäjäpäivät - Ajankohtaista Pirkanmaalta. [PDF-julkaisu] Luettu 25.4.2014.  
[http://www.motiva.fi/files/8273/Ajankohtaista\\_Pirkanmaalta.pdf](http://www.motiva.fi/files/8273/Ajankohtaista_Pirkanmaalta.pdf).

Kodin energia. 2012. Vuores tuulimittaukset 2012. Tampereen kaupungin ECO<sub>2</sub> - Ekotehokas Tampere 2020 -projektin tilaama selvitystyö.

Lakka, A. 2014. Vuoreksen koulun aurinkoenergiajärjestelmästä. Sähköpostiviesti. [Antti.lakka@tampere.fi](mailto:Antti.lakka@tampere.fi). Luettu 29.4.2014.

Maunula, L. 2011. Pirkanmaan puuenergiaselvitys 2011. Pirkanmaan metsäkeskus Sas-tamala: Vammaspaino.

Maunula, L. Bioenergia-asiantuntija. 2014. Puuenergian käyttötiedot Tampereella. Sähköpostiviesti. [lasse.maunula@metsakeskus.fi](mailto:lasse.maunula@metsakeskus.fi). Tulostettu 31.3.2014.

Metsäkeskus. 2014. Energiapuu. [Online] Luettu 24.4.2014.  
<http://www.metsakeskus.fi/energiapuu>.

Motiva. 2014a. Aurinkoenergia. [Online] Luettu 29.4.2014.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia)

Motiva. 2014b. Energiaa metsästä. [Online] Luettu 20.4.2014.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/energiaa\\_metsasta](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/energiaa_metsasta).

Motiva. 2014c. Metsäteollisuuden sivutuotteet ja kierrätyspuu. [Online] Luettu 20.4.2014.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/energiaa\\_metsasta/metsateollisuuden\\_sivutuotteet\\_ja\\_kierratyspuu](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/energiaa_metsasta/metsateollisuuden_sivutuotteet_ja_kierratyspuu)

Motiva. 2014d. Uusiutuvan energian kuntakatselmus. [Online] Luettu 14.3.2014.  
[http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem\\_n\\_tukemat\\_energiakatselmukset/uusiutuvan\\_energian\\_kuntakatselmus](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/uusiutuvan_energian_kuntakatselmus)

Paavola, M. 2013. Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien potentiaali Tampereella. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Pekkinen, M. Kehitysjohtaja 2014. Aurinko- ja tuulisähkön tuotanto Tampereella. Sähköpostiviesti. [mika.pekkinen@sahkolaitos.fi](mailto:mika.pekkinen@sahkolaitos.fi). Tulostettu 21.4.2014.

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. 2013a. Tilinpäätös ja toimintakertomus 31.12.2012. Tampere: Tammerprint Oy.

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. 2013b. Vuosikertomus 2012. Tampere: Tammerprint Oy.

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. N.d.a. Pirkanmaan Jätehuolto Oy - kuntien oma yhtiö. [Online] Luettu 9.4.2014. [http://www.pirkanmaan-jatehuolto.fi/Yhtio/ajankohtaista\\_yhtio](http://www.pirkanmaan-jatehuolto.fi/Yhtio/ajankohtaista_yhtio).

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. N.d.b. Tammervoiman peruskivi muurattiin 17.3. [Online] Luettu 29.4.2014.  
[http://www.pirkanmaan-jatehuolto.fi/Yhtio/Tammervoiman\\_uutiset](http://www.pirkanmaan-jatehuolto.fi/Yhtio/Tammervoiman_uutiset)

Pirkanmaan liitto. 2012. Voimaa tuulesta Pirkanmaalla. Tuulivoimaselvitys. [PDF-julkaisu] Luettu 13.3.2014.  
<http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/sites/default/files/Tuulivoimaselvitys.pdf>

Pirkanmaan liitto, 2013. Voimaa Tuulesta Pirkanmaalla - Uudet tuulivoiman selvitysalueet. [PDF-julkaisu] Luettu 28.4.2014.  
[http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/sites/default/files/Uudet\\_tuulivoiman\\_selvitysalueet.pdf](http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/sites/default/files/Uudet_tuulivoiman_selvitysalueet.pdf).

Rämö, M. 2014. Hämeen puistoon valmistui suuri aurinkovoimala. [Online] Luettu 29.4.2014. <http://www.tamperelainen.fi/artikkeli/274826-hameenpuistoon-valmistui-suuri-aurinkovoimala>.

Seppänen, E. 2014. Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen tilanteesta. Sähköpostiviesti. [Elina.seppanen@tampere.fi](mailto:Elina.seppanen@tampere.fi). Luettu 17.4.2014.

Tampereen kaupunki. 2014a. ECO2 - Ekotehokas Tampere 2020. [Online] Luettu 14.3.2014  
<http://www.tampere.fi/tampereinfo/projektit/kaupunkikonserninhankeet/eco2-hanke.html>.

Tampereen kaupunki. 2014b. Tampereen ilmastotavoitteet. [Online] Luettu 14.3.2014  
<http://www.tampere.fi/tampereinfo/projektit/kaupunkikonserninhankeet/eco2-hanke/tampereenilmastotavoitteet.html>

Tampereen kaupunki. N.d. Yhteinen Tampere – näköalojen kaupunki. [Online] Luettu 20.4.2014.  
[http://www.tampere.fi/material/attachments/k/6IoZ2as0k/DK\\_TRE\\_strategia\\_suomi\\_kevyt.pdf](http://www.tampere.fi/material/attachments/k/6IoZ2as0k/DK_TRE_strategia_suomi_kevyt.pdf).

Tampereen Sähkölaitos Oy. 2013. Sarankulman pellettilaitos. [Video] Katsottu 14.4.2014. <http://www.youtube.com/watch?v=8OqqqSgWjMU>.

Tampereen Sähkölaitos Oy. 2014a. Hakelämpökeskus nousee Hervantaan. [Online] Luettu 10.4.2014.

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysajamparisto/ajankohtaista/Sivut/Hakel%C3%A4mp%C3%B6keskus-nousee-Hervantaan.aspx#.U0Z-9BXBI2c>.

Tampereen Sähkölaitos Oy. 2014b. Tampereen Sähkölaitoksen vuosiraportti 2013. [PDF-julkaisu] Luettu 24.4.2014.

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysajamparisto/toimintamme/tunnusluvut/Documents/Vuosiraportti%202013%20sisallysluettelolla.pdf>.

Tampereen Sähkölaitos Oy. N.d.a. Energiantuotanto. [Online] Luettu 16.3.2014.

[https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysajamparisto/energiantuotanto/Sivut/default.aspx#.UyWpk\\_mSyE4](https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysajamparisto/energiantuotanto/Sivut/default.aspx#.UyWpk_mSyE4)

Tampereen Sähkölaitos Oy. N.d.b. Kaukolämpöverkosto. [Online] Luettu 26.4.2014.

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/kaukolampojaahdytysjamaakaasu/kaukolampo/kaukolampoverkosto/Sivut/default.aspx#.U104gRXBI2c>.

Tampereen Sähkölaitos Oy. N.d.c. Tampereen Sähkölaitos -yhtiöt. [Online] Luettu 13.4.2014.

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysajamparisto/Sivut/default.aspx#.U0pgwxXB I2c>.

Tampereen Sähkölaitos Oy, N.d.d. Vihreiden askelten visio. [Online] Luettu 22.4.2014.

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysajamparisto/toimintamme/visio/Sivut/default.aspx#.U1jYeBXBI2c>.

Tampereen Sähkölaitos Oy. N.d.e. Voimalaitokset. [Online] Luettu 22.4.2014.

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/yritysajamparisto/energiantuotanto/voimalaitokset/Sivut/default.aspx#.U0vBZRXB I2d>

Tampereen Vesi. 2013a. Jäteveden puhdistus. [Online] Luettu 14.3.2014

<http://www.tampere.fi/vesi/toiminta/jatevedet/puhdistus.html>

Tampereen Vesi. 2013b. Vuosikertomus ja ympäristöraportti 2012. [PDF-julkaisu] Luettu 14.3.2014

[http://www.tampere.fi/material/attachments/v/6Fut6e5Zt/Tampereen\\_Vesi\\_toim\\_kert\\_2012\\_100dpi.pdf](http://www.tampere.fi/material/attachments/v/6Fut6e5Zt/Tampereen_Vesi_toim_kert_2012_100dpi.pdf)

Tarkiainen, M. 2014. Tampereen Kaanaan tuulivoimalahankkeen tila. Sähköpostiviesti. [m.tarkiainen@intercon-energy.com](mailto:m.tarkiainen@intercon-energy.com) Tulostettu 21.4.2014.

Tiira, E. Käsittelypäällikkö. 2014. Keskustelu 4.3.2014. Keskustelu E. Suhosen kanssa. Tampere.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2013. EU:n energiayhteistyö. [Online] Luettu 23.4.2014.

[https://www.tem.fi/energia/eu\\_n\\_energiayhteistyö](https://www.tem.fi/energia/eu_n_energiayhteistyö).

Uotila, L., Liukko, P. & Tolppa, R. 2006. Esiselvitys peltoenergian hyötykäytöstä Pirkanmaalla v. 2006. [Online] Luettu 23.4.2014.  
[http://www.bioenergiatieto.fi/default/?\\_EVIA\\_WYSIWYG\\_FILE=4584&name=file](http://www.bioenergiatieto.fi/default/?_EVIA_WYSIWYG_FILE=4584&name=file)

Vence Linares, N. 2011. Analysis of solar water heating systems in single family houses - comparison between Finnish and Spanish situation. Department of Mechanics and Design. Tampere University of Technology. Master's Thesis.

Välimäki, P. 2014. Tietoja uusiutuvan energian kuntakatselmuksen esiselvitykseen. Sähköpostiviesti. [Pauli.valimaki@tampere.fi](mailto:Pauli.valimaki@tampere.fi). Luettu 15.4.2014.

Vihola, J. & Heljo, J. 2011. Toteutettavissa olevat energiansäästöpotentialit Tampereen rakennuskannassa. [Online] Luettu 24.4.2014  
[http://www.tampere.fi/material/attachments/t/6FJ5QUcYW/TATOS-loppuraportti\\_15042011\\_VALMIS.pdf](http://www.tampere.fi/material/attachments/t/6FJ5QUcYW/TATOS-loppuraportti_15042011_VALMIS.pdf).