

# COMBI

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF  
NEARLY ZERO-ENERGY  
MUNICIPAL SERVICE BUILDINGS



# PAIKALLISTUOTANNON KESKITTÄMINEN KANNATTA VAIN POIKKEUSTAPAUKSISSA

Laatija: Jukka Paatero, Aalto-yliopisto  
Juha Jokisalo, Aalto-yliopisto

# Sisällys

---

## Paikallistuotannon keskittäminen kannattaa vain poikkeustapauksissa

### Tavoite

### Tutkimusmenetelmät

Elinkaarikustannusten laskenta

Kustannuslaskennan lähtötietoja

Tutkitut oman sähköntuotannon tapaukset

### Tulokset

Paikallinen PV-tuotanto

Keskitetty uusiutuva tuotanto

Energiajärjestelmän näkökulma

### Yhteenveto

# Tavoite

---

Tämän tutkimusosion tavoitteena on tarkastella kriittisesti paikallisen sähköntuotannon käytäntöjä ja säädöksiä sekä vertailla paikallisen tuotannon ja etäämpänä keskitetysti tuotetun oman tuotannon mielekkyyttä loppukäyttäjän ja energiajärjestelmän näkökulmasta

Tarkastelun pääpaino on teknistaloudellisissa kysymyksissä ja siinä tarkastellaan erityisesti energiantuotantoa Tampereella sekä Helsingissä

Lisäksi on pyritty tunnistamaan paikallistuotannon säädöksiin liittyviä mahdollisia kehitystarpeita

# Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa hyödynnettiin kannattavuuslaskentaa, paikallisen energiatuotannon simulointia hyödyntäen mahdollisimman todenmukaisia laskennan lähtötietoja

- Paikallisen energiantuotannon kannattavuuslaskennassa hyödynnettiin vertaisarvioituja tuotantoaineistoja
  - Aurinkosähkön tuotanto: EU / PVGIS aineistot
  - Tuulisähkön tuotanto: Suomen tuuliatlas
- Säädösten ja ilmaston osalta analyysin lähtökohtana on käytetty vuoden 2018 alun tilannetta
- Lisäksi tarkastellaan mahdollisuutta korvata omaa uusiutuvan energian tuotantoa etätuotannolla

Tutkittavien ratkaisujen elinkaarikustannusten (LCC) nykyarvo laskettiin COMBI-hankkeessa valittujen laskentaperiaatteiden mukaisesti:

- Laskenta reaaliarvoilla (inflaatio ei mukana)
- Tarkastelujakso 20v.
- Kustannukset ilman ALV:ia
- Yleiskulut mukana kustannuksissa
- Reaalinen laskentakorko  $r$ :
  - Perustapauksissa: 3%
  - Herkkyystarkasteluissa: 5%
- Energian ja siirron reaalin hintakehitys 2%/vuosi

# Elinkaarikustannusten laskenta (LCC)

$$LCC = \sum I_{0,tot} + \sum M_{tot} + \sum R_{tot} - \sum Res_{tot} - \sum E_{sold,tot} - \sum E_{used,tot}$$

Missä

$\sum I_{0,tot}$  Investointikustannukset

$\sum M_{tot}$  Ylläpitokustannukset

$\sum R_{tot}$  Komponenttien uusimisen kustannukset

$\sum Res_{tot}$  Paikallisen tuotantolaitteen jäännösarvo

$\sum E_{sold,tot}$  Paikallisen sähköntuotannon myyntitulot

$\sum E_{used,tot}$  Kiinteistössä käytetyn paikallisen sähköntuotannon arvo

# Kustannuslaskennan lähtötietoja (LCC)

Kustannustietoja	
Aurinkopaneelien alkuinvestointikustannus (sis. asennuksen ja yleiskustannukset) <sup>1</sup>	1,11-1,75 €/W <sub>p</sub> riippuen järjestelmän koosta
Ylläpitokustannukset <sup>2</sup>	0
Invertterin vaihto (15. vuosi) <sup>2</sup>	8% alkuinvestoinnista
Järjestelmän jäännösarvo <sup>2</sup>	6,6% alkuinvestoinnista
Sähkön ostohinta (sähköenergia + siirto)	0,092 €/kWh
Sähkön myyntihinta	0,024 €/kWh
ALV	0%

<sup>1</sup> Suomalaiset paneelien toimittajat (Ruukki, Vattenfall), vertailukohteina alan raportit (IEA) ja toteutuneet asennukset

<sup>2</sup> Finsolar-hanke, alan raportit (esim. Fraunhofer-instituutti, IEA)

# Tutkitut oman sähköntuotannon tapaukset

- Tutkitut tuotantoratkaisut herkkyytarkasteluineen:

	<b>Aurinkosähkö (paikallinen)</b>	<b>Aurinkosähkö (keskitetty)</b>	<b>Tuulisähkö (keskitetty)</b>
Oman käytön osuus	80% tai 100%	100 %	100 %
Korkotasor	3% tai 5%	3% tai 5%	3% tai 5%
Myyntihinta (SPOT)	Tuotantopaikka- ja tuotantoteknologiakohtainen painotus		

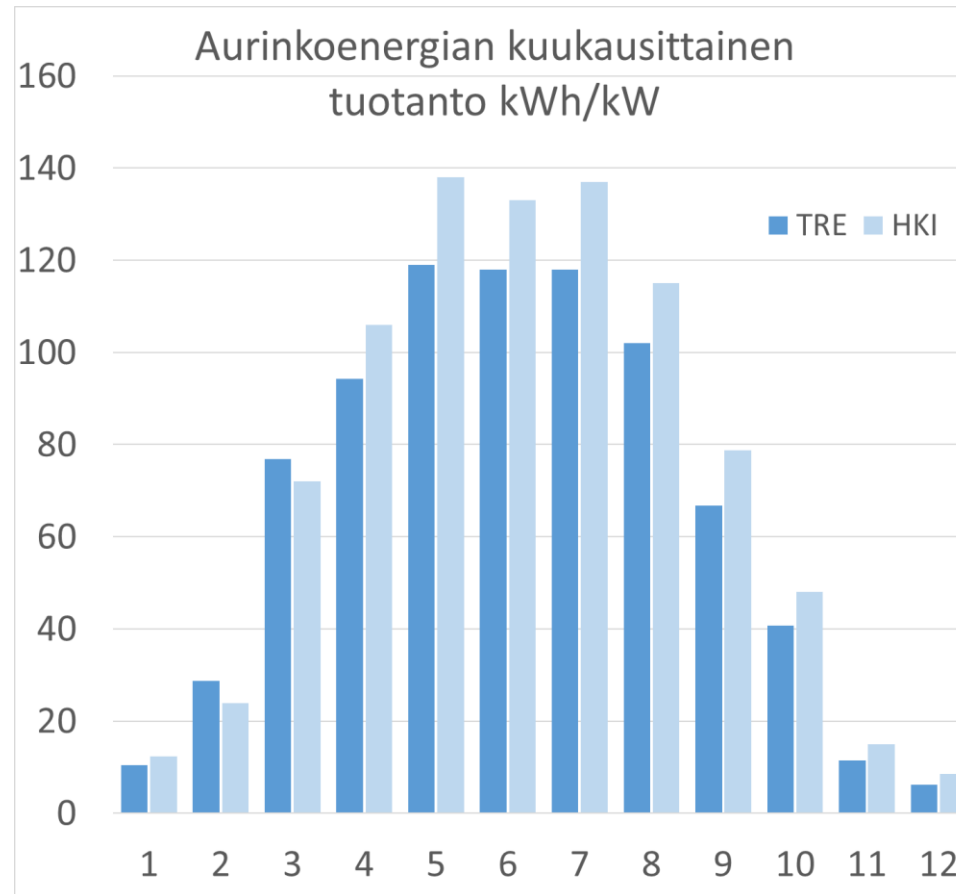
- Tuotantopaikkoina Helsinki ja Tampere



# Tulokset: Paikallinen PV-tuotanto Helsingissä ja Tampereella

kk	TRE	HKI
1	10.4	12.3
2	28.7	23.9
3	76.9	72
4	94.2	106
5	119	138
6	118	133
7	118	137
8	102	115
9	66.8	78.7
10	40.7	48
11	11.4	15
12	6.13	8.48
Total	792	887

- Kuukausituotanto kWh/kW:



Perustuu PVGIS aineistoon <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis.html>

# Tulokset: Paikallisen aurinkosähkön tuotantokustannus

- Rakennuksiin integroidun paikallisen PV-tuotannon tasoitettu tuotantokustannus (€/MWh)

	TRE 100%	TRE 80%	HKI 100%	HKI 80%
PV ( $r=5\%$ )	80,7	93,2	72,1	81,6
PV ( $r=3\%$ )	65,3	73,9	58,3	64,3
Ostohinta SPOT	83,0	83,0	86,1	86,1
Ostohinta PV	82,3	82,3	85,5	85,5

- Mukana korkokannan, sijainnin ja oman käytön vaikutus

# Tulokset: Keskitetyn tuotannon mahdollisuudet

- Keskitetyn tuotannon tasoitettut tuotantokustannukset (€/MWh)

<b>PV 10MW, 5%</b>	63,7
<b>Tuulivoima 5%</b>	41,4
<b>Siirtomaksu ym.</b>	48,4-51,5
<b>Tavoitehinta</b>	83,5
<b>SPOT</b>	34,5
<b>SPOT<sub>PV</sub></b>	33,8-9

- Laitoksen käyttöiän vaikutus (PV) (€/MWh)

<b>käyttöikä</b>	<b>TRE 100%</b>	<b>HKI 100%</b>
30v	65,3	58,3
20v	84,0	75,0

→ Tavoitehinta on keskimääräinen SPOT-hinta + siirtohinta

→ HUOM! Vuoden 2018 lainsäädännön puitteissa ei ole mahdollista huomioida omistamaansa keskitettyä sähköntuotantoa kiinteistön omana sähköntuotantona

# Tulokset: Energiajärjestelmän näkökulma

- Tuotannon hinta ilman tukia

Hinta ilman tukia	
PV-100kW	106,0
PV-10MW	83,7
Tuuli 50MW	41,4
Siirtomaksu	29,1

- Korkokanta 5%, Helsingin säteilyteho, PV:n käyttöikä 30v.

Havaintoja ja huomioita:

- Investointituet yms. ovat energiajärjestelmän kannalta tehottomia
- Suora kustannus CO<sub>2</sub>-päästöille energiajärjestelmän näkökannalta tehokkain "tukimuoto"
- Siirtomaksu voidaan hyvittää paikalliselle tuotannolle
- Tasasuuruiset siirtomaksut tekevät paikallisen tuotannon keskittämistä kannattamatonta.
- Todellisuudessa paikallisen siirron tuottamat häviöt ovat varsin vähäisiä

# Yhteenveto

- Paikallinen sähkön tuotanto kiinteistökohtaisilla aurinkopaneeleilla voi saada kannattavaksi kunnan omistamissa rakennuksissa, mikäli paneelien kokonaisteho mitoitetaan kiinteistön kesäaikaisen kokonaiskulutuksen suhteen
- Aurinkosähkön siirtämistä eri käyttökohteiden / kiinteistöjen välillä ei nykyisten säädösten (2018) puitteissa saada kannattavaksi
- Tuulisähkön omassa tuotannossa taloudellisesti kiinnostavan vaihtoehdon tarjoaisi esim. Korvamerkitty omistusosuus keskitetyssä tuotantolaitoksessa, jota ei nykyisten säädösten (2018) puitteissa kuitenkaan voida huomioida osana kiinteistön omaa tuotantoa
- Paikallisuuteen liittyvät uusiutuvan tuotannon säädöspohjaiset rajoitteet ovat energiajärjestelmätason tehokkuuden vastaisia
  - Esimerkiksi paikallista tuotantoa ei kannata keskittää, koska siirtokustannukset ovat korkeita lyhyelläkin matkalla.
  - Suomessa olisi tyypillisesti energiajärjestelmän näkökulmasta tehokkaampaa, että erillisiin kiinteistöihin rakennettavien uusiutuvan sähköntuotannon ratkaisujen sijaan vastaavat taloudelliset panokset keskitettäisiin suuriin tuulivoimalaitoksiin esimerkiksi omistusosuuksien kautta

# Lähteet

---

Paatero, J., Jokisalo, J., Vinha, J. **Implementing renewable energy generation for public buildings: the Finnish regulations perspective** (työnimi). Käsikirjoitus lähetetään julkaistavaksi International Journal of Sustainable Energy-lehdessä keväällä 2019.

# Kiitos!

---

## Lisätietoja esityksen sisällöstä

Jukka Paatero

Aalto-yliopisto

[jukka.paatero@aalto.fi](mailto:jukka.paatero@aalto.fi)

COMBI-tuloskortti: Paikallistuotannon keskittäminen kannattaa vain poikkeustapauksissa

## Lisätietoja COMBI-hankkeesta

Juha Vinha

Tampereen yliopisto

[juha.vinha@tuni.fi](mailto:juha.vinha@tuni.fi)

040 849 0296

<https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/tutkimusprojektit/combi>

Tämän teoksen suhteen noudatetaan lisenssiä Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen.

Lisenssiin voit tutustua osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fi>