

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

## Pienten aluelämpölaitosten tulevaisuuden näkymät & Case Pornainen

Future of small-scale heating plants & Case Pornainen

Työn tarkastaja: Jonna Tiainen

Työn ohjaajat: Jonna Tiainen & Juha Pero

Lappeenranta 22.2.2020

Eetu Lankinen

# TIIVISTELMÄ

Opiskelijan nimi: Eetu Lankinen

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaajat: Jonna Tiainen & Juha Pero

Kandidaatintyö 2020

29 sivua, 7 kuvaa ja 2 liitettä

Hakusanat: kandidaatintyö, lämpölaitos, Pornainen, aluelämpö, kaukolämpö, Nivos Oy

Energia-ala on parhaillaan suuren muutoksen alla. Viime vuosina lisääntynyt huoli ilmastonmuutoksesta on vaikuttanut ihmisten mielipiteisiin ja kulutustottumuksiin. Suurimmaksi syylliseksi ilmastonmuutokselle ovat valikoituneet fossiiliset polttoaineet, joiden varaan koko nykyaikainen ihmiskunta on rakennettu. Uusien päätösten ja lakien takia energiayhtiöiden on tulevaisuudessa kyettävä kattamaan lisääntyvä energiankulutus entistä ympäristöystävällisemmällä energialla. Tämä aiheuttaa haasteita myös suomalaiselle kaukolämmölle.

Tämän kandidaatin työn tavoitteena on tarkastella pienten alle 5 MW:n aluelämpölaitosten ja -verkkojen nykytilannetta sekä tulevaisuuden näkymiä Suomessa. Työ pohjautuu alan kirjallisuuteen ja ammattilaisten haastatteluihin. Työn lopussa on myös case-osuus, jossa tarkastellaan aihetta Nivos Oy:n Pornaisten lämpölaitoksen kautta. Case-osuudessa tarkastellaan öljyn korvaamista aurinkoenergialla aluelämmön tuotannossa.

Pienten aluelämpölaitosten ja -verkkojen merkitys Suomelle on suuri. Vaikka kyseiset laitokset ovatkin tehoiltaan pieniä ja vaikuttavat merkityksettömiltä, ei Suomen olosuhteissa pienemmät kunnat ja kylät tulisi toimeen ilman näitä laitoksia. Case-osuuden perusteella fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvalla energialla pienen kokoluokan lämpölaitoksissa on mahdollista ja joissain tapauksissa kannattavaa. Työssä käytettyjen lähteiden mukaan pienten aluelämpölaitosten ja -verkkojen tulevaisuus näyttää tällä hetkellä hyvältä.

# SISÄLLYSLUETTELO

## Tiivistelmä

## Sisällysluettelo

<b>Symboli- ja lyhenneluettelo</b>	<b>5</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>6</b>
1.1 Uuden sukupolven kaukolämpö .....	6
1.2 Nivos Oy.....	7
1.3 Rajaukset .....	8
<b>2 Aluelämpölaitokset ja niiden tulevaisuus</b>	<b>9</b>
2.1 Kaukolämpö Suomessa .....	9
2.2 Alle 5 MW lämpölaitokset .....	9
2.3 Aluelämmön tulevaisuuden näkymät .....	13
2.3.1 Kaupungistumisen vaikutus aluelämmön kysynnälle .....	14
2.3.2 Päästörajoitusten vaikutus pienille lämpölaitoksille .....	14
2.3.3 Lämpölaitosten ja -verkkojen saneeraukset .....	15
2.3.4 Aluelämmön hinnan kehitys .....	16
2.4 Haastattelut .....	18
2.4.1 Tulevaisuuden näkymät .....	18
2.4.2 Tulevaisuuden lämmönlähteet .....	19
2.4.3 Tulevaisuuden haasteet .....	19
2.4.4 Haastattelujen lopputulos .....	20
<b>3 Case Pornainen</b>	<b>21</b>
3.1 Pornainen kuntana .....	21
3.1.1 Kunnan tulevaisuuden näkymät .....	21
3.2 Nykyinen lämpölaitos ja –verkko.....	22
3.2.1 Lämpölaitos.....	22
3.2.2 Lämpöverkko .....	23
3.3 Uudet vaihtoehdot öljyn korvaamiseen .....	23
3.3.1 Aurinkosähköjärjestelmä ja sähkökattila .....	24
3.3.2 Aurinkolämpöjärjestelmä.....	25
3.4 Kustannusarviot.....	25
3.4.1 Aurinkosähköjärjestelmä ja sähkökattila .....	26
3.4.2 Aurinkolämpöjärjestelmä.....	28
3.5 Tulosten tarkastelu .....	30
3.5.1 Vaihtoehtojen vertailu .....	30
3.5.2 Investointien kannattavuus.....	31
<b>4 Yhteenveto</b>	<b>33</b>
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>35</b>
<b>Liite 1. Pornaisten kaukolämpöverkko</b>	<b>39</b>



## **SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO**

### **Roomalaiset aakkoset**

I sähkövirta [A]

P teho [W]

U jännite [V]

### **Kreikkalaiset aakkoset**

$\cos \varphi$  tehokerroin [-]

### **Lyhenteet**

GW gigawatti

kW kilowatti

kWp huipputeho

MW megawatti

MWh megawattitunti

# 1 JOHDANTO

Energia-ala on murroksessa. Päästöjä olisi vähennettävä kasvavan energiankulutuksen aikana ja fossiilisten polttoaineiden käyttö tulisi minimoida kunnianhimoisten ilmastopidemusten takia. Hiilineutraalia bioenergiaa olisi lisättävä, mutta metsiä ei saa hakata niiden sisältämien hiilinielujen takia. (ET a.) Mediassa nousee usein esiin suuret voimalaitokset, kuten kohta verkkoon liitettävä ydinvoimala Olkiluoto 3, mutta harva muistaa tärkeitä pieniä aluelämpölaitoksia, joilla lämmitetään syrjäisempiä kuntia ja kyliä. Tämän kandidaatin työn tarkoituksena on nostaa esille näiden pienten, alle 5 megawatin lämpölaitosten merkitys Suomelle ja tarkastella niiden tulevaisuuden näkymiä kirjallisuuden, haastattelujen ja case - tapauksen avulla.

## 1.1 Uuden sukupolven kaukolämpö

Kaukolämmön kehitystä kuvataan sukupolvilla. Ensimmäinen kaukolämpösukupolvi kehitettiin 1880-luvulla Yhdysvalloissa, josta se levisi myös Euroopan suuriin kaupunkeihin. Ensimmäinen kaukolämpösukupolvi käytti lämmönsiirtoon höyryä, joka myöhemmin todettiin tehottomaksi ja vaaralliseksi lämmönsiirrossa. Ensimmäisen sukupolven kaukolämpöjärjestelmä on vielä käytössä Manhattanilla New Yorkissa, sekä Pariisissa. (Lund et al. 2014.)

Toinen kaukolämpösukupolvi kehittyi 1930-luvulla, jolloin kaukolämpöverkostossa alettiin käyttää höyryn sijasta yli 100 °C:sta paineistettua vettä. Nykyinen kolmas kaukolämpösukupolvi kehittyi 1970- ja 1980-luvuilla, jolloin paineistetun kaukolämpöveden lämpötila alennettiin alle 100 °C:seen. Kolmannen sukupolven kaukolämpöjärjestelmässä yleistyivät maan alle sijoitetut valmiiksi eristetyt kaukolämpöputket. Kaukolämpösukupolvien kehitys on mahdollistanut siirtymisen aiempaa tehokkaampaan ja paremmin hallittavaan lämmönsiirtoon. (Lund et al. 2014.)

Seuraava neljännen sukupolven kaukolämpö on parhaillaan laajan tutkinnan alla. Tavoitteena on pienentää verkostohäviöitä entisestään ja käyttää lämmöntuotannossa ainoastaan uusiutuvaa energiaa. Verkostohäviöiden pienentämiseksi kaukolämpövesi

alennettaisiin jopa alle 55-asteiseksi. Kaukolämpövesi pidetään nykyisin yli 65-asteisena, jotta estetään legionella-bakteerin kasvu kiinteistöjen lämpöverkossa (Motiva Oy 2012). Tulevaisuuden kaukolämpöjärjestelmässä legionella-bakteeria voitaisiin ehkäistä rakentamalla kiinteistöjen lämminvesiputket riittävän lyhyiksi ja siirtämällä lämminvesivaraajat kaukolämpöverkoston primääripuolelle. Näin minimoitaisiin lämpimän veden määrä kiinteistön lämpöverkossa. (Li & Wang 2014.) Neljännen sukupolven kaukolämmössä on tarkoitus hyödyntää mahdollisimman paljon erilaisia fossiilittomia lämmönlähteitä, kuten teollisuuden hukkalämpöä ja auringon lämpöenergiaa. Kaukolämpöverkoston liitettäisiin myös lämpövarastoja, joiden avulla lämmön hetkittäiset kulutuspiikit voitaisiin kattaa. (Lund et al. 2014.)

Vaikka neljäs kaukolämpösukupolvi ei ole vielä yleistynyt, kehitetään parhaillaan jo viidettä sukupolvea. Viidennen kaukolämpösukupolven ideana on, että kaukolämmön myynti toimii molempiin suuntiin asiakkaiden ja kaukolämpöyhtiön välillä. Jokaisessa verkossa olevassa kiinteistössä on oma lämpöpumppu, jonka avulla matalalämpöisestä kaukolämpövedestä saadaan lämpöä kiinteistöön. Toisaalta lämpöpumpulla voidaan myös jäähdyttää kiinteistön lämpöverkkoa, jolloin kiinteistöstä poistettava lämpö myydään takaisin kaukolämpöverkkoon. Tämä viides sukupolvi on kuitenkin vielä kehitysvaiheessa, muutamia pilottihankkeita lukuun ottamatta. (Buffa et al. 2019.)

## **1.2 Nivos Oy**

Työn case-osuudessa pienten aluelämpölaitosten tulevaisuuden näkymiä tarkastellaan Nivos Oy:n Pornaisten lämpölaitoksen kautta. Nivos Oy on Uudellamaalla kymmenen kunnan alueella toimiva monialayhtiö, jonka ydinliiketoimintaan kuuluvat energia-, vesi- ja nettipalvelut. Energiaratkaisujen myötä yhtiö toimii myös jakeluverkkoalueen ulkopuolella myymällä esimerkiksi lämpöpumppuja ja aurinkosähköjärjestelmiä. Nivos Oy:n omistaa Mäntsälän kunta. Konserni työllisti vuonna 2018 noin 70 vakituista henkilöä. Konsernin vuoden 2018 liikevaihto oli 33,3 miljoonaa euroa, josta voittoa oli 631 000 euroa. Nivos Oy:n omistaman sähköverkon pituus on noin 2500 km. Sähköasemien lukumäärä on 5 kpl ja lämpölaitosten lukumäärä 13 kpl. Yhtiö omistaa

myös kaksi vesivoimalaa. (Juha Pero, Nivos Oy, sähköpostiviesti kirjoittajalle 13.1.2020.)

Yhtiön halusta kehittyä kertoo investointien määrä, joka oli vuonna 2018 yli 13 miljoonaa, eli yli kolmasosa koko konsernin liikevaihdosta. Yhtiö on viime vuosina investoinut mm. datakeskuksen hukkalämmön talteenottoon, älykkääseen sähköverkkoon ja biokaasun tuotantolaitokseen. (Nivos Oy 2018.)

### **1.3 Rajaukset**

Tämä työ käsittelee pääasiassa alle 5 MW:n lämpölaitoksia ja lyhyitä lämpöverkkoja. Työn rajaukset päätettiin yhteistyössä Nivos Oy:n kanssa, sillä heillä on useita kyseisen kokoluokan lämpölaitoksia ja lämpöverkkoja. Kyseisen kokoluokan laitoksista ei myöskään viime vuosina ole tehty tulevaisuustarkasteluja, ainakaan tässä muodossa, joten tämän työn on tarkoitus olla hyödynnettävissä muillekin lämpöyhtiöille ja kunnille.



## **2 ALUELÄMPÖLAITOKSET JA NIIDEN TULEVAISUUS**

Tämä kappale käsittelee alle 5 MW:n lämpölaitosten nykytilannetta ja tulevaisuutta Suomessa. Tilastot pohjautuvat Energiateollisuuden vuoden 2018 avoimeen dataan.

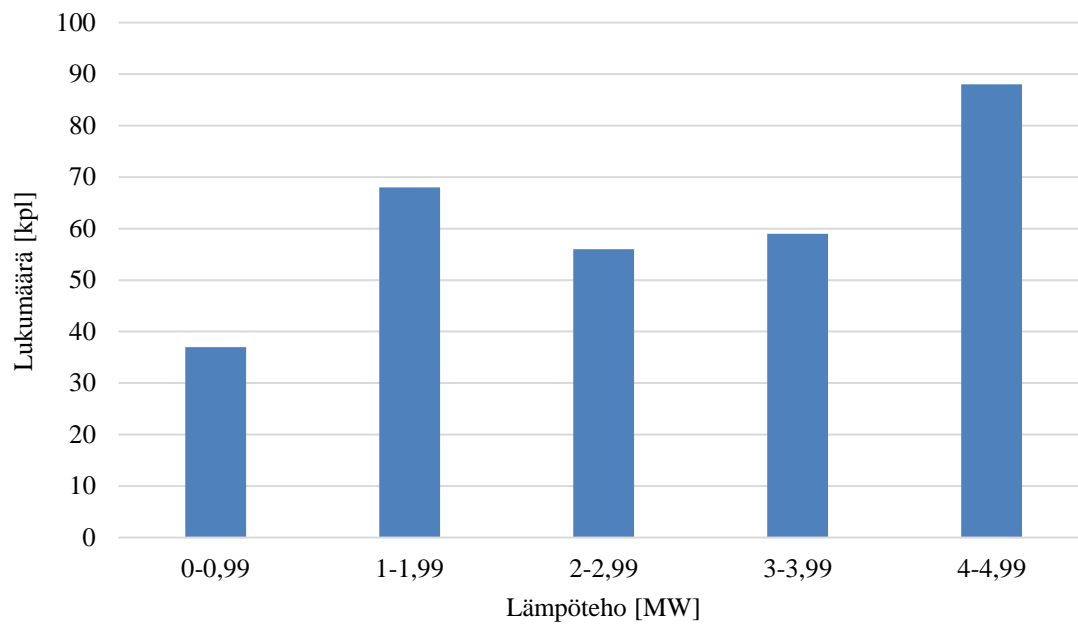
### **2.1 Kaukolämpö Suomessa**

Suomen ensimmäinen kaukolämpöverkko rakennettiin Helsingin olympiakylään vuonna 1940. Vuonna 1952 aloitettiin Helsingin kaupungin kaukolämmitys ja vuosien kuluessa kaukolämmitys on yleistynyt joka puolella Suomea. Tällä hetkellä kaukolämpöverkon pituus Suomessa on noin 15 100 km ja vuosittain uutta verkkoa asennetaan noin 250 - 500 km. Lämpölaitoksia Suomessa on noin 900 kpl, joiden lämpöteho on yhteensä 23,5 GW. Kaukolämmön hinnan vaihtelu eri paikkakunnilla ja yhtiöillä johtuu pääosin käytetystä polttoaineesta ja lämmönmyynnin vaatimista investoinneista. Kaukolämmön keskihinta Suomessa heinäkuussa 2019 oli noin 84 €/MWh, joka on lähellä keskimääräistä teollisuussähkön hintaa siirtoineen ja veroineen. Tilastojen mukaan suomalainen kaukolämpö saavuttaa jopa 99,98 %:n luotettavuustason, kun vaurioita verkostokilometriä kohden on noin 0,07-0,08 ja lämmöntoimituksen keskeytysaika on noin 1,5-2 tuntia vuodessa asiakasta kohden. (Mäkelä & Tuunanen 2015, ET 2019.)

### **2.2 Alle 5 MW lämpölaitokset**

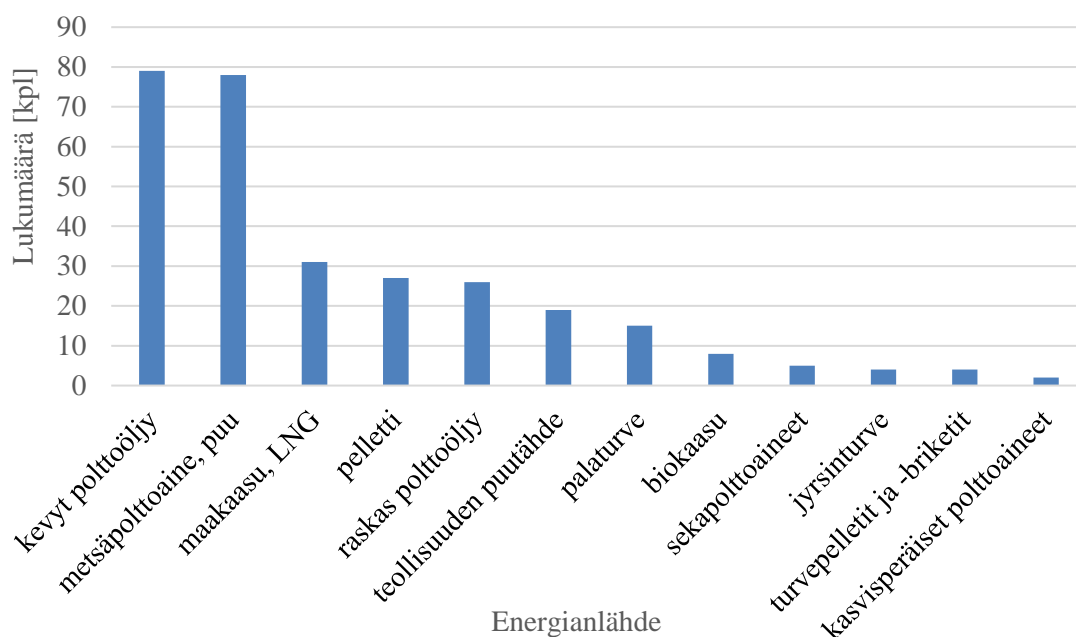
Energiateollisuuden avointen kaukolämpötilastojen mukaan Suomessa oli vuonna 2018 yhteensä 899 lämpölaitosta. Näistä lämpölaitoksista teholtaan alle 5 MW oli yhteensä 308 kpl. Tilastot osoittavat, että Suomessa toiminnassa olevista lämpölaitoksista 34 % eli noin kolmannes on lämpöteholtaan alle 5 MW. (ET 2019b.) Teholtaan alle 5 MW:n lämpölaitosten yleisyyttä selittää kyseisten laitosten hyödyntäminen kaukolämpöverkon huippukuorma- ja varalaitoksina. Myös siirrettävät lämpökeskukset ovat usein teholtaan alle 1 MW. Näitä siirrettäviä lämpökeskuksia käytetään vakituisen lämpölaitoksen lämmöntuotannon pysähtyessä sekä uuden kaukolämpöverkon rakennusvaiheessa, kun verkkoon ei ole vielä liitetty kiinteää lämpölaitosta. (Mäkelä & Tuunanen 2015.)

Seuraavassa diagrammissa esitetään tehojakauma alle 5 MW:n lämpölaitoksissa. Jako on tehty yhden megawatin välein. Diagrammista havaitaan, että lämpölaitosten määrät kasvavat laitostehon kasvaessa.



**Kuva 2.1:** Tehojakauma alle 5 MW:n lämpölaitoksissa (ET 2019b).

Polttoainejakauma alle 5 MW:n lämpölaitoksissa on laaja. Kuvasta 2.2 kuitenkin havaitaan, että kevyt polttoöljy ja metsäperäiset polttoaineet ovat selvästi yleisimmät.



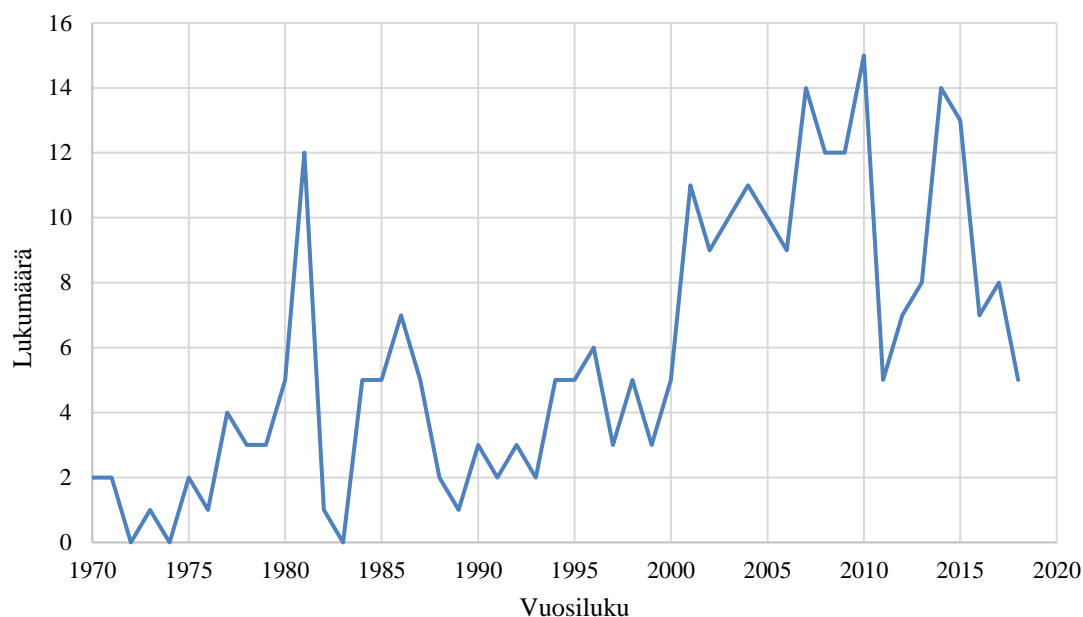
**Kuva 2.2:** Polttoainejakauma alle 5 MW:n lämpölaitoksissa (ET 2019b).

Kevyen polttoöljyn yleisyyttä pienen kokoluokan lämpölaitoksissa selittää sen yksinkertaisuus. Kevyt polttoöljy on helppo varastoida ja kuljettaa ja sitä on myös helposti saatavilla. Verrattaessa muihin polttoaineisiin kevyellä polttoöljyllä on myös korkea energiasisältö, jolloin polttoaineen säilytykseen ei tarvita niin paljoa tilaa kuin esimerkiksi hakelämpölaitoksilla. Kevyen polttoöljyn polttoprosessi on myös erittäin tarkasti säädettävä ja toimintavarma. Edellä mainittujen ominaisuuksien ansiosta kevyt polttoöljy on lähes poikkeuksetta ainut mahdollinen energianlähde rakennusvaiheessa olevalle kaukolämpöalueelle. (Mäkelä & Tuunanen 2015.)

Toiseksi yleisimpänä energianlähteenä alle 5 MW:n lämpölaitoksissa ovat metsäperäiset polttoaineet. Metsäperäiset polttoaineet käsittävät lähes kaiken puuperäisen polttoaineen, mm. kokopuu- ja rankahakkeen. Nämä ovat suosittuja polttoaineita lämmöntuotannossa. Teollisuuden puutähteeksi eritellään kuori, sahanpuru, puutähdehake tai -murske, kutterilastut ja hiontapöly yms. Puupelletit eritellään omaksi polttoaineluokaksi. Kevyen polttoöljyn tavoin myös metsäperäisiä polttoaineita on Suomessa helposti saatavilla, sillä

lähes kaikki metsätuotannon sivuvirta saadaan haketettua polttoaineeksi lämpölaitoksille. Energiateollisuuden tavoitteena onkin, että tulevaisuudessa metsiä ei saa kaataa vain energiakäyttöön. Arvion mukaan puuperäisten polttoaineiden käyttö lähes kaksinkertaistuu 2030-luvulla, mikä voi aiheuttaa haasteita kotimaisen puupolttoaineen riittävyydelle. (Mäkelä & Tuunanen 2015, ET a.) Metsäperäisten polttoaineiden yleisyyttä selittää myös niiden halpa hinta verrattuna muihin polttoaineisiin. Metsähakkeen hinta oli syyskuussa 2019 noin 21 €/MWh, kun maakaasu oli noin 48 €/MWh (Stat 2019). Kevyen polttoöljyn hinta yksityisasiakkaalle oli tammikuussa 2020 noin 95 €/MWh, vaihdellen hieman eri toimittajien kesken.

Tulevaisuuden päästötavoitteiden takia on todennäköistä, että hiilineutraalit energianlähteet tulevat yleistymään ja korvaamaan suuren osan fossiilisista polttoaineista. On myös todennäköistä, että polttamalla tuotetun lämmön määrä tulee vähenemään, kun taas sähköllä tuotettu lämpö, esimerkiksi lämpöpumppujen avulla, tulee yleistymään. (ET a.) Viime vuosina on yleistynyt esimerkiksi teollisuuden hukkalämmön hyödyntäminen kaukolämpöverkostoissa. Kun ennen lämpö puhallettiin ulos, niin nykyisin se saadaankin hyödynnettyä kaukolämpöverkkoon lämpöpumppujen avulla. Esimerkiksi Nivos Oy aloitti vuonna 2016 hyödyntämään Yandexin datakeskuksen hukkalämpöä Mäntsälän kirkonkylän lämmittämisessä vähentäen samalla 70 % maakaasun kulutuksestaan (Pero 2016). On myös todennäköistä, että erilaisten aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmien hyödyntäminen kaukolämpöverkostoissa yleistyy niiden ympäristöystävällisyyden ja kilpailukykyisen energianhinnan ansiosta. Tällä hetkellä aurinkolämmön tuotantohinta teollisissa järjestelmissä on noin 20 - 24 €/MWh. (Auvinen 2016, Auvinen et al. 2016.)



**Kuva 2.3:** Pienten lämpölaitosten lukumäärä käyttöönotto vuosien mukaan (ET 2019b).

Kuvasta 2.3 nähdään, että alle 5 MW:n lämpölaitosten ikäjakauma on laaja. Vanhimmat laitokset on otettu käyttöön jo 1970-luvulla ja uusia otetaan käyttöön jatkuvasti. Energiateollisuuden tilastoista puuttui 25:n alle 5 MW:n lämpölaitosten käyttöönotto vuodet. Ilmoitetuista tiedoista voidaan kuitenkin päätellä lämpölaitosten käyttöönotto vuosien painottuvan 2000-luvun jälkeen. Energiateollisuuden tilastojen mukaan pienten lämpölaitosten käyttöönotto vuosien keskiarvo on 2001 ja mediaani 2004. Pienistä lämpölaitoksista noin viidesosa on otettu käyttöön yli 30 vuotta sitten.

### 2.3 Aluelämmön tulevaisuuden näkymät

Tämä kappale käsittelee pienten lämpölaitosten tulevaisuudennäkymiä. Kappale on jaettu neljään vaikuttavaan tekijään: kaupungistumiseen, päästörajoitukseen, saneerauksiin sekä lämmön hintaan.

### 2.3.1 Kaupungistumisen vaikutus aluelämmön kysynnälle

Suoranaista tutkimusta kaupungistumisen ja pienten lämpölaitosten välillä ei ole Suomessa vielä tehty. Tutkimuksia kaupungistumisen vaikutuksista pienille kunnille ja kylille on tehty jo useiden vuosien ajan. Näistä tutkimuksista selviää, että kaupungistuminen ei suoraan vaikuta ydinmaaseudun väkilukuun. Ydinmaaseutu tässä yhteydessä tarkoittaa aluetta, jonka läheisyydessä ei sijaitse kaupunkeja. Kaupungistumisella on suurin vaikutus maakunnissa, joissa sijaitsee suuria kaupunkeja. Tutkimusten mukaan esimerkiksi Uudellamaalla suurten kaupunkien väestönkehitys vaikuttaa negatiivisesti suoraan lähikuntien ja -kylien väestönkehitykseen. Vähemmän kaupungistuneissa maakunnissa taas kaupunkien kasvu on vaikuttanut positiivisesti lähikuntien ja -kylien kasvuun. (Tervo et al. 2018.)

Taloustieteen mukaan kysyntä ja tarjonta liittyvät olennaisesti toisiinsa, joten kaupungistumisella on mahdollisia vaikutuksia aluelämmön kysyntään, niin negatiivisia kuin positiivisiakin. Väestönkehitys vaikuttaa suoraan alueen uudisrakentamiseen, jolloin sillä on vaikutusta myös uusille aluelämpöasiakkaille. Tampereen yliopiston ja Suomen ympäristökeskuksen tuottaman ALLI-kartaston (aluerakenteen ja liikennejärjestelmän kehityskuva) mukaan rakennettu ympäristö ei kuitenkaan ole muuttunut samassa suhteessa väestön muuttoliikkeen kanssa, mikä on hyvä asia pienten lämpölaitosten tulevaisuudelle. Kartaston mukaan rakennuksia saneerataan ja uutta rakennetaan myös muuttotappiollisissa kunnissa. (Rissanen et al. 2013.)

### 2.3.2 Päästörajoitusten vaikutus pienille lämpölaitoksille

Marraskuun 25. päivänä vuonna 2015 Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat direktiivin 2015/2193, joka koski tiettyjen keskisuurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuhtauksien rajoittamista. EU direktiiviin ja ympäristönsuojelulakiin (527/2014) pohjautuen Suomen valtioneuvosto säätöi ”uuden PIPO-asetuksen” (1065/2017) keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista. Asetusten tarkoituksena on määrätä rajat sallituille

päästö määrille 1-50 megawatin energiantuotantolaitoksissa ja parantaa ilmanlaatua Euroopassa. (2015/2193/EU.)

Asetus (1065/2017) korvasi valtioneuvoston asetuksen (750/2013) polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista. Uusi PIPO-asetus sisältää:

- päästöraja-arvot, sekä niiden mittauksen ja tarkkailun
- savupiipun korkeuden
- meluntorjunnan
- jätevesien käsittelyn
- polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin
- jätehuollon
- poikkeustilanteissa toiminnan
- kirjanpidon ja raportoinnin
- toiminnan lopettamisen
- yleisessä tietoverkossa julkaistavat tiedot

Asetus tuli voimaan 1.1.2018 ja se koskee eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta 1-50 megawatin energiantuotantoyksiköitä. Alle yhden megawatin yksiköt eivät kuulu ko. asetuksen piiriin. Asetus määrää rajat käytössä olevien ja uusien energiantuotantoyksiköiden hiukkas-, typenoksidi- ja rikkioksidipäästöille. Hiilidioksidipäästöjä uusi asetus ei rajoita. (VNa 28.12.2017/1065.)

### 2.3.3 Lämpölaitosten ja -verkkojen saneeraukset

Tarkkaa käyttöikää ei pienille lämpölaitoksille ole määritetty, joten käytän tässä työssä käyttöikäenä 25:tä vuotta. Energiateollisuuden tilastojen mukaan yli 25 vuotta vanhoja alle viiden megawatin lämpölaitoksia on Suomessa 71 kappaletta. Tämä on noin neljäsosa toiminnassa olevista alle 5 MW:n lämpölaitoksista.

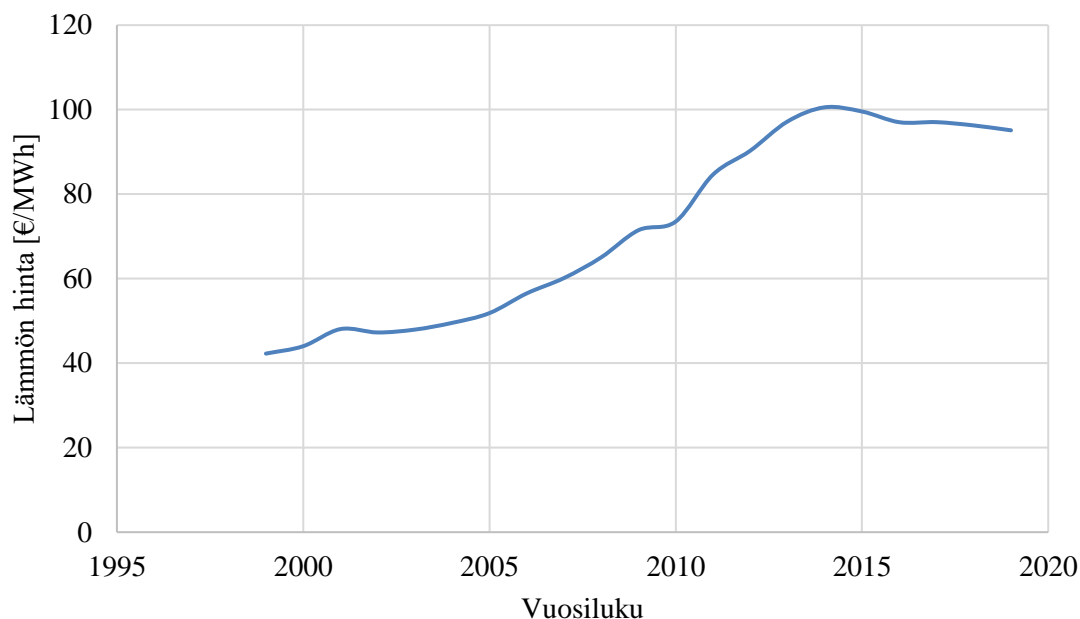
Suomessa tällä hetkellä asennettava kaukolämpöjohto on joko Mpuk- tai 2Mpuk-johtoa. Mpuk-johdossa meno- ja paluulinja sijaitsee saman polyuretaanieristeisen rakenteen sisässä ja 2Mpuk-johdossa meno- ja paluulinjoilla on omat polyuretaanieristeiset rakenteet (Mäkelä & Tuunanen 2015). Molempien johtotyyppien käyttöikä on parhaimmillaan noin 100 vuotta, joten nykyaikaisten kaukolämpöjohtojen saneeraustarve verrattuna lämpölaitoksiin on lähes olematon. Vuoden 2018 lopussa Suomen kaukolämpöverkon pituus oli noin 15 100 km, josta vuosittain saneerataan noin 60 km. (ET b.)

#### 2.3.4 Aluelämmön hinnan kehitys

Aluelämmön ja kaukolämmön hinta yleisesti koostuu lämpöliiketoiminnan vaatimista investoinneista ja polttoainekustannuksista. Hintaan voi myös vaikuttaa lämpölaitos- ja verkostohuollot, mutta nämä ovat hyvin marginaaleja verrattuna aiemmin mainittuihin. Hintaan voi myös vaikuttaa laitoksella vakituisesti työskentelevä henkilöstö, mutta useimmiten laitokset, joita tämä työ käsittelee ovat etäohjattuja, eivätkä vaadi vakituista henkilökuntaa. (Mäkelä & Tuunanen 2015.)

Seuraava kuva 2.4 kuvaa kaukolämmön hintaa Suomessa vuosina 1999-2019. Kaukolämmön hinnat ovat Energiateollisuuden avoimista tilastoista ja hinnat ovat otettu joka vuoden tammikuun ensimmäiseltä päivältä. Kuvassa oleva kaukolämmön hinta on kokonaishinta, joka koostuu energian hinnasta ja tehomaksusta. Vuosien 1999-2001 markkahinnat ovat muutettu euroiksi kertoimella 5,94573. Hinnat kuvaavat hyvin aluelämmön hinnan kehitystä, sillä kyseiset hinnat ovat lämpöyritysten, joiden laitoksissa tuotetaan vain lämpöä. Kyseiseen kuvaan ei siis ole huomioitu yhteistuotantolaitoksissa tuotettua lämpöä. Lämmön hinta on laskettu vain pientaloille, jolloin hintaan ei ole huomioitu yli 600 m<sup>2</sup> asuntokokonaisuuksia. (ET 2019a.)





**Kuva 2.4:** Kaukolämmön hinnat Suomessa viimeisen kahdenkymmenen vuoden ajalta (ET 2019a).

Kuvasta 2.4 nähdään, että kaukolämmön hinta on yli kaksinkertaistunut viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. Aiemmin mainittiin, että kaukolämmön hinta koostuu pääosin liiketoiminnan investoinneista ja polttoaineesta. Tilastojen mukaan raakaöljyn hinta yli kaksinkertaistui vuosina 2005-2013, mikä on hyvin verrattavissa kuvan 2.4 lämmön hintaan (Statista 2020). Aluelämmön hinnan kehitystä tulevaisuudessa on vaikea arvioida. Kuvan 2.3 mukaan yli 25 vuotta vanhoja laitoksia on vielä käytössä ja todennäköisesti nämä laitokset vaativat investointeja seuraavan kymmenen vuoden aikana. Kaukolämmitys on muutenkin murrosvaiheessa, eikä ole vielä selvää, mihin suuntaan suomalainen kaukolämmitys kehittyy. Todennäköistä on, että hiilineutraalisuustavoitteet vähentävät fossiilisten polttoaineiden käyttöä, mikä aiheuttaa epävarmuutta lämmön hinnalle. Vuonna 2014 kaukolämmön hinta on ollut yli 100 €/MWh, minkä jälkeen hinta on kääntynyt pieneen laskuun. Kaukolämmön hinnan on kuitenkin pysyttävä kilpailukykyisenä, mikä tarkoittaa, ettei hinta nykyisestään voi nousta. Kaukolämmön hinnan noustessa yli 100 €/MWh olisi kuluttajien kannattavampaa siirtyä esimerkiksi suorasähkölämmitykseen, lämpöpumpuista puhumattakaan.

## 2.4 Haastattelut

Tässä osiossa käsitellään haastatteluja, jotka on tehty kolmelle suomalaiselle lämpöalan ammattilaiselle. Ensimmäinen haastatteluista suoritettiin eräälle lämpöalan yrityksen työntekijälle, joka ei voinut työn julkisuuden takia antaa omaa tai yrityksen nimeä julkaistavaksi. Toinen haastateltava oli Vapo Oy:n myyntipäällikkö Ilkka Pentilä ja kolmas Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston professori Esa Vakkilainen. Kaksi ensimmäistä haastattelua suoritettiin puhelimitse ja viimeinen kasvotusten. Kaikkien haastatteluiden yhteinen rakenne oli seuraavat kolme pääkysymystä:

1. Miltä alle 5 MW:n lämpölaitosten tulevaisuus näyttää Suomessa?
2. Mitä ovat tulevaisuuden lämmönlähteet kyseisen kokoluokan lämpölaitoksissa?
3. Mitkä tekijät aiheuttavat mahdollisesti suurimpia haasteita pienten lämpölaitosten tulevaisuudelle?

Seuraavat kappaleet pohjautuvat haastatteluiden vastauksiin.

### 2.4.1 Tulevaisuuden näkymät

Alle 5 MW:n kokoluokassa on kahta eri laitostyyppiä: huippu- ja varavoimalaitoksia sekä peruskuormaa tuottavia pieniä aluelämpölaitoksia. Haastateltujen mukaan molempien laitostyyppien markkinat ovat tällä hetkellä vakiintuneet, joten jatkuva tasainen kysyntä vaikuttaa pysyvän myös tulevaisuudessa. Erityisesti ensimmäisen haastateltavan ja Vakkilaisen mielestä tulevaisuus vaikuttaa tällä hetkellä hyvälle, ainakin teollisesta näkökulmasta katsottuna. Pentilä puolestaan näki tulevaisuuden ennustamisen haastavaksi alan suuren muutoksen takia. Lämpöalan muutos tulikin esille kaikissa vastauksissa. Haastatteluista kävi ilmi, että yritykset sekä tutkimusryhmät pyrkivät tutkimaan ja kehittämään muutoksen mukana. Suomen olosuhteissa lämmöntarve pysyy myös tulevaisuudessa. Lämpöyrittäjien ja -yhtiöiden on siis kehitettävä uusia kustannustehokkaita lämmöntuotantomuotoja samalla, kun fossiilisten polttoaineiden käyttöä pyritään vähentämään.

### 2.4.2 Tulevaisuuden lämmönlähteet

Tulevaisuuden lämmönlähteet pienen kokoluokan lämpölaitoksilla vaikuttaisivat pääasiassa olevan biopolttoaineet kuten pelletti ja metsähake. Myös polttamatta tuotettu lämpö, kuten lämpöpumpuilla hyödynnetty hukka- tai maalämpö, tulee yleistymään. Kaikki haastateltavat olivat yhtä mieltä fossiilisten polttoaineiden vähenemisestä ja puupolttoaineiden lisääntymisestä. Vaikuttaisi, että kevään, kesän ja syksyn kuormaa olisi mahdollista ja jopa kannattavaa tuottaa täysin polttamatta, jos valtiotasolla alennettaisiin kaukolämmön tuotannossa käytetyn sähkön verotusta. Haastateltavien mukaan lämpöpumppujen yleistymistä kaukolämmön tuotannossa lisäisi myös kaukolämpöveden lämpötilan alentaminen, josta mainittiin kappaleessa 1.1. Vakkilainen uskoo huippu- ja varavoimalaitosten siirtyvän öljystä ja maakaasusta pellettiin ja peruskuormalaitosten pysyvän nykyisissä arinakattiloissa, tai jopa siirtyvän pieniin leijukerroskattiloihin. Kuitenkin on todennäköistä, että aluelämpölaitosten peruskuormaa tuotetaan tulevaisuudessa metsäteollisuuden sivuvirroilla, esimerkiksi metsähakkeella. Vakkilaisen mielestä eräs vaihtoehto öljyn korvaamiselle voisi olla myös nestemäiset biopolttoaineet, joita voitaisiin polttaa suoraan vanhoilla öljykattiloilla. Haastatteluissa nousi myös esille lämpövarastot, joita voidaan purkaa huippukuormien aikaan vähentäen näin kattiloiden kuormitusta.

### 2.4.3 Tulevaisuuden haasteet

Aluelämmön ja kaukolämmön kehitys yleisesti tulee aiheuttamaan haasteita tulevaisuudessa. Tekniikan kehitys ei välttämättä kuitenkaan ole huono asia lämpöyrittäjille. Vakkilaisen mukaan esimerkiksi kaukokylmän kehittyminen tuo positiivisia näkymiä tulevaisuudelle. Esimerkiksi suuret kuluttajat kuten ostoskeskukset eivät tarvitse niin suuria investointeja kylmälaitteisiin, jos kaukokylmää tuotetaan keskitetysti ja sitä saa ostettua suoraan verkosta. Haasteita ja epävarmuutta tulevalle tuo polttoaineiden hinnan ja verotuksen kehitys. Pentilä toi vastauksessaan esille turpeen polton tulevaisuuden, mihin taas vaikuttaa suuresti valtion ja EU:n määräykset. Myös polttoaineiden saatavuuteen ja jalostukseen liittyy epävarmuutta. Ensimmäinen

haastateltavista huomautti esimerkiksi metsähakkeen saatavuudesta ja hinnan vaihtelusta alueittain. Hänen mukaansa vanhoja laitoksia kyllä ylläpidetään ja käytetään, mutta paikallisilla polttoaineiden hinnoilla voi olla merkitystä uuden laitoksen rakentamiselle. Ongelmana kaukolämmön tulevaisuudelle voi olla myös vakiintuneet nykyiset markkinat. Jatkuva kysyntä on, mutta kysyntä on vakiintunut. Vakkilainen huomautti, että esimerkiksi aiemmin 70- ja 80-luvuilla vanhoja öljylämmitteisiä kerrostaloja riitti liitettäväksi kaukolämpöverkkoon. Nykyisin vastaavia kohteita ei enää ole, joten kaukolämmön kasvu pohjautuukin täysin uudisrakentamiseen.

#### **2.4.4 Haastattelujen lopputulos**

Aluelämmön tulevaisuus vaikuttaa vakaalta, mutta asiaan liittyy epävarmuutta. Jatkuvasti kehittyvä tekniikka ja polttoaineiden hinnanmuutokset vaikuttavat merkittävimmiltä tekijöiltä tulevaisuuden kannalta. Lämpöä Suomessa kuitenkin tarvitaan, joten lämpöyrittäjien ja -yhtiöiden on pyrittävä kehittymään muutoksen mukana. Tulevaisuuden lämmönlähteistä todennäköisimmiltä vaikuttavat metsäperäiset polttoaineet ja polttamatta tuotettu lämpö kuten lämpöpumput. Tulevaisuuden lämmönlähteisiin vaikuttaa pääasiassa valtion päätökset verotuksista ja fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisestä. Lämpölaitosten lämmönlähteisiin vaikuttaa myös laitoksen sijainti. Esimerkiksi datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen lämpöpumpuilla kaukolämpöverkkoon on kannattava investointi. Haastattelut kokonaisuudessaan antavat kuvan, että aluelämpöön investoiminen on kannattavaa vielä tulevaisuudessakin.

### **3 CASE PORNAINEN**

Tämä kappale käsittelee Nivos Oy:n Pornaisten lämpölaitosta. Lämpölaitoksen vuonna 2000 käyttöön otettu hakekattila alkaa olla käyttöikänsä päässä ja varakattilana toimivasta öljykattilasta olisi tarkoitus päästä eroon vuoteen 2030 mennessä. Kappaleessa esitellään Pornaisten kuntaa ja nykyistä lämpölaitosta sekä tarkastellaan eri vaihtoehtoja nykyisten öljykattiloiden korvaamiseksi. Kappaleen lopussa vertaillaan vaihtoehtoja ja arvioidaan investointien kannattavuutta.

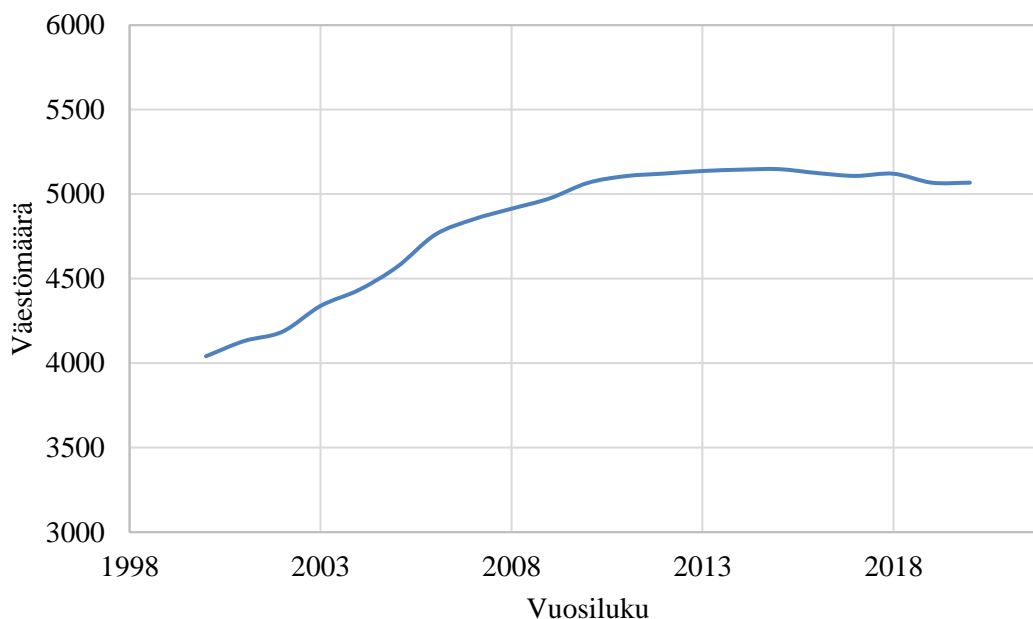
#### **3.1 Pornainen kuntana**

Pornainen on noin 5000 asukkaan kunta Uudellamaalla. Etäisyys Helsinkiin on noin 50 kilometriä ja Porvooseen noin 30 kilometriä. Pornainen sijaitsee alueella, johon kaupungistuminen voi vaikuttaa negatiivisesti (Tervo et al. 2018). Kuitenkin Pornaisten työllisyysaste on Uudenmaan korkein ja tilinpäätös viime vuosina on ollut positiivinen, joten kunnalla menee tällä hetkellä hyvin (Pornainen 2017).

##### **3.1.1 Kunnan tulevaisuuden näkymät**

Pornaisten kuntastrategia on julkaistu joulukuussa 2017. Strategian mukaan kunnan talous on vakaalla pohjalla ja kunta pyrkii kehittymään ja kasvamaan tulevaisuudessa. Pornainen ei ole kuntana kuitenkaan niin tunnettu, kuin lähikunnat, joten Pornaisten kunnanhallitus on kehittänyt uusia markkinointikeinoja lisätäkseen tunnettavuutta. Kuntastrategian mukaan ideaalinen kasvutavoite olisi noin 100 uutta asukasta vuodessa, jolloin 20 vuoden kuluttua asukkaita olisi noin 7000. (Pornainen 2017.)

Kuvassa 3.1 on Kuntaliiton väestömäärät Pornaisissa vuosina 2000-2020. Kuvasta nähdään väestönkasvua vuoteen 2010 asti, jonka jälkeen väestömäärä on pysynyt lähes vakiona. Pornaisten kunnan asettamaan väestötavoitteeseen vaaditaan merkittäviä toimia, jos väestömäärän kasvua peilataan aiempiin vuosiin.



**Kuva 3.1:** Pornaisten väestömäärä viimeiset 20 vuotta (SKL 2019).

## 3.2 Nykyinen lämpölaitos ja –verkko

Tämä kappale käsittelee Pornaisten nykyistä lämpölaitosta ja lämpöverkkoa. Tiedot laitoksesta ja verkosta on saatu Nivos Oy:ltä sekä Energiateollisuuden avoimesta datasta.

### 3.2.1 Lämpölaitos

Pornaisten lämpölaitoksen kokonaisteho on tällä hetkellä 2,5 MW. Laitoksella on yhteensä kolme kattilaa, joista teholtaan suurin (1,25 MW) on vuonna 2000 käyttöönotettu hakekattila. Hakekattilan kanssa samassa rakennuksessa sijaitsee varakattilana toimiva pieni öljykattila (0,25 MW). Hakelämpölaitos sijaitsee Pornaisten koulun pihapiirissä ja hakelämpölaitoksen läheisyydessä sijaitsee huippukuormia varten vuonna 2018 asennettu öljykattila (1 MW). (Juha Pero, Nivos Oy, sähköpostiviesti kirjoittajalle 27.11.2019.)

Pornaisten lämpölaitoksen vuosittainen polttoainekulutus on noin 6900 MWh, josta haketta on noin 5600 MWh ja kevyttä polttoöljyä noin 1300 MWh. Kesällä

kaukolämpöverkon tehontarve on noin 0,1-0,4 MW ja talvella huippukuormien aikaan noin 1,7 MW. (Juha Pero, Nivos Oy, sähköpostiviesti kirjoittajalle 27.11.2019.) Lämpölaitoksen ongelmana ovat ikääntynyt ja huonosti polttava hakekattila sekä Nivoksen öljyttömyystavoitteen kanssa ristiriidassa olevat öljykattilat (Juha Pero, Nivos Oy, palaveri kirjoittajan kanssa 9.12.2019). Kappaleessa 3.3 tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja öljyn korvaamiseen Pornaisten lämpölaitoksella.

### 3.2.2 Lämpöverkko

Pornaisten kaukolämpöverkon johtopituus on noin 2,7 km. Kaukolämpöjohto on 2Mpuk-johtoa, jossa meno- ja paluulinjat kulkevat omien uretaanieristeisten rakenteiden sisällä. Kaukolämpöverkon pituus kokonaisuudessaan on noin 5,4 km. Pornaisten kaukolämpöverkko on kuvattuna liitteessä 1, jossa hakelämpölaitos on ympyröity punaisella ja öljykattila keltaisella. (Juha Pero, Nivos Oy, Sähköpostiviesti kirjoittajalle 27.11.2019.)

## 3.3 Uudet vaihtoehdot öljyn korvaamiseen

Nivos Oy:n tavoite olla ”öljytön” vuoteen 2030 mennessä on kunnianhimoinen, sillä lähes kaikilla yhtiön lämpölaitoksilla kevyt öljy on ainakin varapolttoaineena. Tämä kappale käsittelee erilaisia vaihtoehtoja öljyn korvaamiseksi aurinkoenergialla.

Kevyt öljy on helppo ja varmatoiminen polttoaine lämpölaitoksille. Seuraava laskuesimerkki kuvaa, miksi öljyn käytöstä olisi kuitenkin hyvä luopua lähitulevaisuudessa. Pornaisten lämpölaitoksella öljyn kulutuksen ollessa 1300 MWh/vuosi ja öljyn hinnan ollessa noin 90 €/MWh, tulee vuosittaiseksi polttoainekustannukseksi öljylle 117 000 €. Lämpölaitoksen hakekulutuksen ollessa 5600 MWh/vuosi ja hakkeen hinnan ollessa 21 €/MWh, tulee vuosittaiseksi polttoainekulutukseksi hakkeelle 117 600 €. Polttoainekustannukset ovat yhteensä 234 600 €/vuosi. Öljyn kustannustehottomuutta kuvaa hyvin, että Pornaisten

lämpölaitoksella vuosittain poltetut öljy ja hake maksavat yhtä paljon, vaikka poltetun öljyn energiasisältö on vain 23 % poltetun hakkeen energiasisällöstä.

### 3.3.1 Aurinkosähköjärjestelmä ja sähkökattila

Ensimmäinen vaihtoehto öljyn korvaamiselle Pornaisten lämpölaitoksella olisi asentaa laitoksen vieressä sijaitsevien koulurakennusten katoille aurinkosähköpaneelit, joista saadulla sähköenergialla voitaisiin käyttää sähkökattilaa kaukolämpöveden lämmittämiseen. Aurinkosähköjärjestelmä saataisiin Nivos Oy:n kautta. Sähkökattila ulkoiselta toimittajalta ja tarvittava sähköliittymä Porvoon Sähköverkot Oy:ltä.

Sun energian aurinkolaskurin avulla laskettuna koulukeskuksen rakennusten kattopinta-ala, joka soveltuisi aurinkopaneeleille, olisi 4300 m<sup>2</sup>. Tällä pinta-alalla tuotetun aurinkosähkön vuotuinen energiamäärä olisi yhteensä 640 MWh, joka on noin puolet laitoksen vuotuisesta öljynkulutuksesta. Aurinkopaneelien koot vaihtelevat hieman tehon mukaan, mutta yleinen 250-275 W paneeli on pinta-alaltaan noin 1,63 m<sup>2</sup>. Käytettävissä olevan pinta-alan ollessa 4300 m<sup>2</sup> saadaan rakennusten katoille asennettua yhteensä 2643 paneelia. Rakennusten kattopinta-ala on kokonaisuudessaan noin 6500 m<sup>2</sup>, joten asennustilaa riittää. Käytettäessä 250 W aurinkopaneeleita, olisi järjestelmän huipputeho noin 661 kW. (Sun energia 2020.)

Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto voidaan laskea myös EU:n aurinkosähkön maantieteellisellä tietojärjestelmällä (PVGIS). Tällä järjestelmällä laskettu vuosituotto ja raportti 661 kWp aurinkosähköjärjestelmälle Pornaisten koulun alueella liitteessä 2. PVGIS laskurilla laskettu vuosituotto 661 kWp järjestelmällä olisi noin 564 MWh, joka on noin 80 MWh vähemmän kuin Sun energian laskurilla. Molemmilla laskureilla saatu vuosituotto on kuitenkin noin puolet Pornaisten lämpölaitoksen vuosittaisesta öljynkulutuksesta.

Sähkökattiloita löytyy useita eri kokoluokkia aina muutamista kilowateista useisiin megawatteihin. Pornaisten lämpölaitokselle vaadittavan sähkökattilan määrittäminen vaatisi hieman tarkempaa kulutuspiikkien tarkastelua, mutta riittävä kattilateho olisi noin



300-500 kW, jolloin öljykattiloita ei tarvittaisi ollenkaan (Juha Pero, Nivos Oy, sähköpostiviesti kirjoittajalle 27.11.2019). Sähkökattilan valinnalla on merkitys sille, kuinka suuri sähköliittymä kohteeseen tarvitaan. Tämä määritetään kohdassa 3.4.1.

### 3.3.2 Aurinkolämpöjärjestelmä

Toinen vaihtoehto öljyn korvaamiselle Pornaisten lämpölaitoksella olisi asentaa laitoksen vieressä sijaitsevan koulun katolle aurinkolämpökeräimet. Niistä saataisiin matalalämpöistä vettä, josta yhdessä lämpöpumpun tai sähkökattilan avulla saataisiin kuumaa vettä kaukolämpöverkoston. Aurinkolämpökeräimien mitoittaminen Pornaisten lämpölaitokselle kohdassa 3.4.2 pohjautuu FinSolarin tuottamiin tutkimuksiin ja laskureihin.

Aurinkolämpöjärjestelmien käyttö kaukolämpöverkostoissa ei ole vielä Suomessa kovin yleistä. Mahdollisesti tulevaisuuden matalalämpöverkot ja fossiilisesta energiasta luopuminen tulevat lisäämään aurinkolämmön hyödyntämistä lämmön tuotannossa. Aurinkolämmön hyödyntämiselle kaukolämmöntuotannossa ei ole teknisiä ongelmia, mutta jokainen kohde joudutaan tarkastelemaan erikseen. Huonosti mitoitettussa kohteessa aurinkolämpöjärjestelmä on liian tehokas, jolloin se saattaa kesäaikana korvata kokonaan kiinteän polttoaineen kattilan peruskuorman osalta, mutta se ei kuitenkaan riitä kattamaan huippukuormia. Tällöin huippukuormaa joudutaan tuottamaan esimerkiksi öljyllä ja näin aurinkolämpöjärjestelmä saattaa jopa lisätä fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Oikein mitoitettun aurinkolämpöjärjestelmän etuna on kuitenkin pienet huoltokustannukset ja olemattomat polttoainekustannukset. (Motiva Oy 2016.)

## 3.4 Kustannusarviot

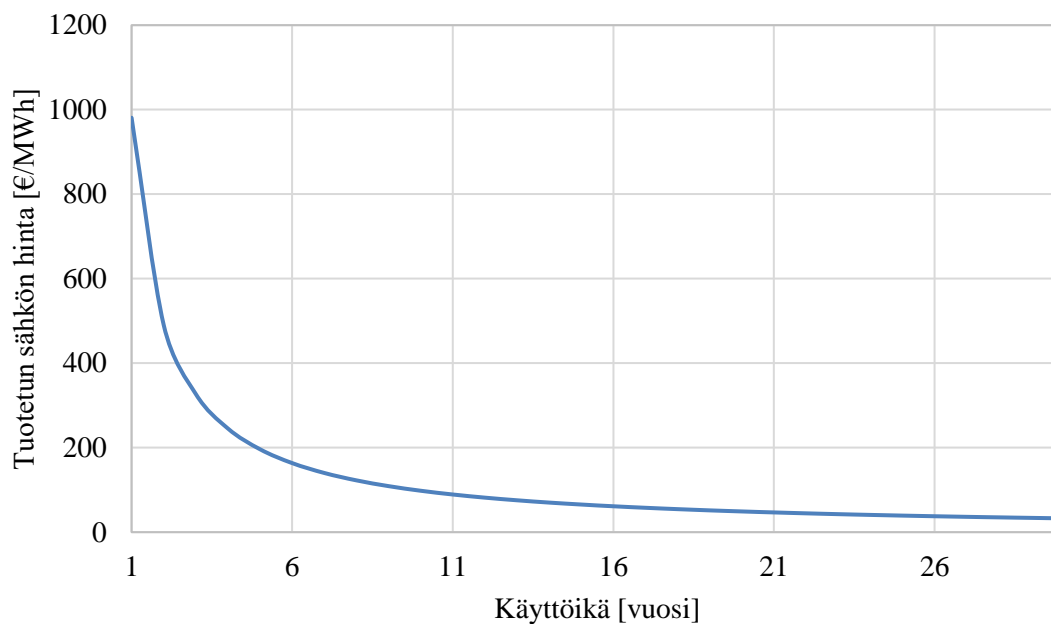
Tässä kappaleessa laskettavat kustannusarviot ovat vain suuntaa antavia, sillä tarkkoja yrityshintoja ei voida julkaista tässä työssä. Sekä usein komponentit, esimerkiksi sähkökattila, vaatii yksityiskohtaisen tarjouspyynnön, mikä ei tämän työn kannalta ole

olennaista. Työn tarkoituksena on kuitenkin vain esittää erilaisia vaihtoehtoja öljyn korvaamiselle tulevaisuudessa, eikä tehdä tarkkoja suunnitelmia.

### 3.4.1 Aurinkosähköjärjestelmä ja sähkökattila

Vuonna 2016 aurinkosähköjärjestelmien hinnat olivat, verkkoon kytketyille yli 250 kWp järjestelmälle, noin 950-1300 €/kWp. 661 kWp:n järjestelmän hinnaksi tulisi halvimmillaan siis noin 628 000 € ja kalleimmillaan noin 859 000 €. FinSolarin aurinkosähkön kannattavuuslaskurilla halvimman järjestelmän kokonaistuotto 30 vuoden käyttöiällä olisi noin 823 000 € ja takaisinmaksuaika 3 % laskentakorolla olisi 8 vuotta. Kalleimman järjestelmän kokonaistuotto olisi noin 591 000 € ja takaisinmaksuaika noin 12 vuotta. Hinta-arviot kattavat järjestelmän vaatimat tekniset komponentit sekä asennuskustannukset. (Auvinen 2016, Finsolar.)

Aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön hintaa voidaan arvioida jakamalla investoinnit tuotetun sähköenergian määrällä. Seuraavassa kuvassa 3.2 on arvioitu tuotetun sähkön hintaa halvimmalle järjestelmälle. Kuvaan ei ole huomioitu mahdollisia laskentakorkoja tai laitteiston huoltoja. Kuvasta 3.2 nähdään, että pitkällä aikavälillä aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön hinta lähestyy nolaa, koska järjestelmällä ei ole polttoainekustannuksia. Kuvasta nähdään, että lyhyellä käyttöiällä tämän kokoluokan järjestelmä olisi erittäin huono investointi, mutta käyttöiän ollessa 30 vuotta, tulee lopulta keskimääräiseksi sähkön hinnaksi vain noin 33 €/MWh.



**Kuva 3.2:** Arvio tuotetun sähkön keskihinnasta käyttöiän mukana.

Aurinkosähköjärjestelmän lisäksi asennettavan sähkökattilan hintaa on vaikea arvioida, sillä kyseisen kokoluokan (300-500 kW) sähkökattila vaatisi yksityiskohtaisen tarjouspyynnön, mitä ei kuitenkaan tässä työssä tarvita. Voidaan kuitenkin arvioida vaadittavan sähköliittymän kokoa ja hintaa 400 kW:n sähkökattilalle seuraavan yhtälön avulla.

Vaadittava liittymän sulakekoko saadaan laskemalla kattilan sähkövirta yhtälöllä (Paavola & Lehtinen 1979)

$$P = 3 UI \cos \varphi, \quad (1)$$

jossa  $P$  kattilan teho [W],

$U$  jännite [V],

$I$  sähkövirta [A],

$\cos \varphi$  tehokerroin [-].

Sähkökattila oletetaan sähkövastukseksi, jolloin se on lähes täysin resistiivinen ( $\cos \varphi = 1$ ). Oletetaan myös, että kattila on kytkettynä kolmivaihevirtaan. Yhtälöstä 1 saadaan sähkövirran suuruudeksi

$$I = \frac{P}{3 U} = \frac{400\,000\text{ W}}{3 \cdot 230\text{ V}} = 579,7\text{ A} \sim 580\text{ A}.$$

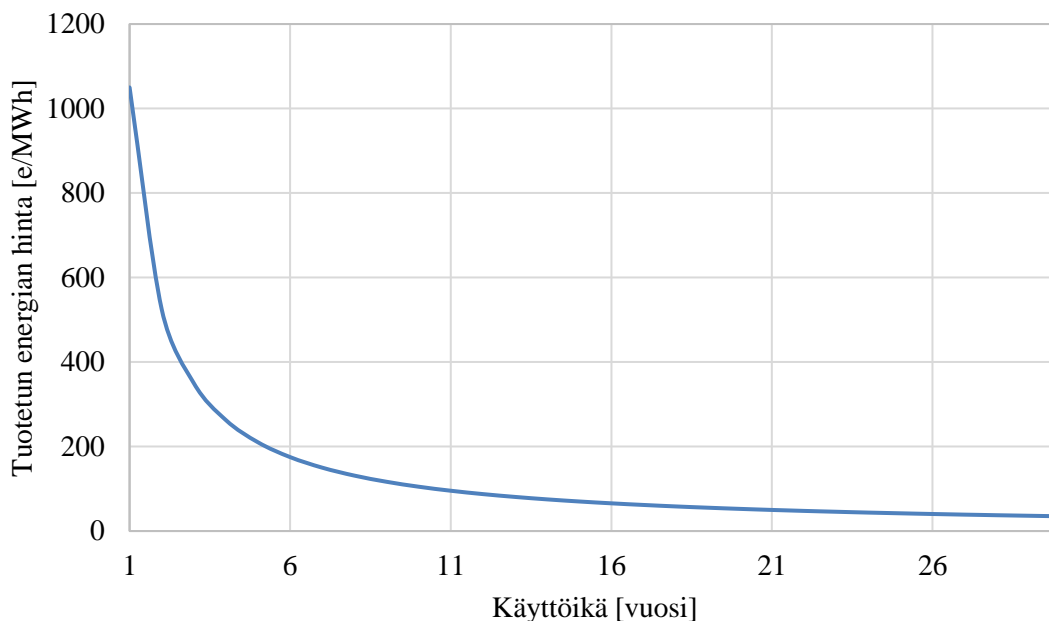
Kattiloille on usein määrätty vähimmäisliittymäkoko, mutta lasketaan arvio nyt 580 A liittymälle. Pornainen kuuluu Porvoon Sähköverkko Oy:n sähkönjakelualueeseen, jonka liittymähinta asemakaava-alueella yli 3x125 A liittymissä on 90 €/A. 400 kW:n sähkökattilan vaatima liittymä maksaisi siis noin 52 000 €. Liittymismaksu on palautuskelpoinen ja arvonnisäveroton. (Porvoon Energia Oy.)

### 3.4.2 Aurinkolämpöjärjestelmä

Tutkimusten mukaan suomalaisten aurinkolämpöjärjestelmien vuosituotto vaihtelee 0,4-0,5 MWh/m<sup>2</sup> välillä keräinpinta-alaa kohden (Auvinen 2016). Oletetaan tässä työssä, että kaikki aurinkolämpö saadaan siirrettyä kaukolämpöverkkoon ja käytetään vuosituotolle arvoa 0,45 MWh/m<sup>2</sup>. Vuonna 2015 Savon Voima otti käyttöön uuden lämpölaitoksen, jonne asennettiin 500 kW:n pellettikattila, 70 kW:n sähkökattila ja 12 m<sup>2</sup> aurinkolämpökeräimiä. Näiden keräinten huipputeho kesällä oli 0,6 kW/m<sup>2</sup>. Huipputehoa laskee hieman vaadittua normaalia korkeampi lämpötila. Hyötysuhdetta voidaan kuitenkin parantaa esilämmittämällä kaukolämpöverkon paluuvettä. (Anttonen 2016.)

Keräinten huipputehon ollessa kesällä noin 0,6 kW/m<sup>2</sup> voidaan laskea 300 kW:n aurinkolämpöjärjestelmän vaativan 500 m<sup>2</sup> keräinpinta-alaa. FinSolarin arvion mukaan suuren kokoluokan järjestelmän (100-1000 m<sup>2</sup>) hinta Suomessa on noin 400-500 €/m<sup>2</sup>. Tässä laskelmassa käytetään keräinneliön hintaa 450 €/m<sup>2</sup>. Tällöin 300 kW:n järjestelmän hinnaksi tulisi 225 000 €. Kuten aiemmin on mainittu, aurinkolämpöjärjestelmällä ei ole polttoainekustannuksia. Arvioidaan ylläpitokuluiksi 5 % alkuinvestoinnista. Tällöin kustannukset järjestelmälle 30 vuoden ajaksi on noin 236 250 €. Aurinkolämpöjärjestelmän tuottaman energian keskihinta saadaan laskettua jakamalla

kokonaisinvestoinnit tuotetulla energialla käyttöiän aikana. 30 vuoden käyttöiällä aurinkolämpöjärjestelmällä tuotetun energian hinnaksi tulee 35 €/MWh. Hinta on erittäin kilpailukykyinen, varsinkin kevyeen polttoöljyyn verrattuna. Järjestelmällä tuotetun energian keskihinta käyttöiän mukaan kuvassa 3.3.



**Kuva 3.3:** Aurinkolämpöjärjestelmällä tuotetun energian keskihinta käyttöiän mukaan.

Pornaisten lämpölaitoksen kesätehojen ollessa 100-400 kW, tällä 300 kW aurinkolämpöjärjestelmällä ei välttämättä voida kattaa koko energiantarvetta. Keräinpinta-alan ollessa 500 m<sup>2</sup> tulisi järjestelmän vuosituotoksi noin 225 MWh. Tämä on vain 17 % vuotuisesta öljyn kulutuksesta. Järjestelmä tarvitsee siis lisäksi sähkökattilan tai lämpöpumpun. Lämmön kulutuspiikkejä voitaisiin mahdollisesti myös kattaa lämpövaraston avulla. Tässä työssä lämpö kuitenkin varastoidaan suoraan kaukolämpöverkkoon. Lämpöpumpun hyödyntäminen aurinkolämpöjärjestelmän kanssa on erittäin kannattavaa, sillä aurinkolämpöjärjestelmällä voidaan jopa kaksinkertaistaa lämpöpumpun COP-luku. COP-luku kertoo, kuinka tehokkaasti pumpun vaatima sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi. (Auvinen 2016.) Lämpöpumpun tai

sähkökattilan kustannusarviot aurinkojärjestelmän lisäksi vaatisivat tarjouspyyntöjä, mutta järjestelmällä tuotetun energian hinnan ollessa vain 35 €/MWh, voidaan alkuinvestointeja kasvattaa merkittävästikin. Järjestelmän alkuinvestointien ollessa 500 000 € tulisi 30 vuoden käyttöiälle energian keskihinnaksi 78 €/MWh, mikä on silti alle kevyen polttoöljyn hinnan.

### **3.5 Tulosten tarkastelu**

Tässä työssä käytetyt laskelmat ovat vain suuntaa antavia. Lyhyistä esimerkeistä kuitenkin nähdään, että ainakin pienessä kokoluokassa eri vaihtoehtoja fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi on olemassa. Näitä kannattaa tarkastella mahdollisten laitossaneerausten yhteydessä.

#### **3.5.1 Vaihtoehtojen vertailu**

Molemmat vaihtoehdot, niin aurinkosähköjärjestelmä, kuin aurinkolämpöjärjestelmäkin vaikuttavat lyhyellä tarkastelulla varteenotettavilta vaihtoehdoilta osana öljyn korvaamista pienillä lämpölaitoksilla. Molempien vaihtoehtojen suurimpina ongelmina ovat vaadittu pinta-ala saatuun tehoon nähden, sekä käyttöjakson ajoittuminen kesäkuukausille. Tässä työssä ensimmäinen ongelma ratkaistiin sijoittamalla järjestelmät läheisten rakennusten katoille. Käyttöjaksojen ajoittuminen kesälle ei ollut ongelma, sillä tarkoitus oli tarkastella vaihtoehtoja öljyn korvaamiseksi ja Pornaisten laitoksella öljyä kuluu suurimmaksi osaksi kesäkuukausina, jolloin hakekattilaa ei voida käyttää liian pienen kulutuksen takia.

Työssä mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä oli huomattavasti suurempi ja tehokkaampi kuin aurinkolämpöjärjestelmä. Tämä johtuu siitä, että ylimääräinen sähkö voidaan esimerkiksi myydä sähköverkkoon. Ylimääräistä lämpöä ei kuitenkaan voida hyödyntää. Näin ollen työssä lasketut investoinnit eivät ole suoraan verrannollisia toisiinsa. Jos molemmat järjestelmät mitoitetaan hupputehoiltaan yhtä suuriksi, tulee aurinkolämpöjärjestelmä hieman halvemmaksi. Kuitenkin aurinkosähköjärjestelmän

vuotuinen energiantuotto on suurempi, sillä aurinkosähköpaneelit tuottavat energiaa viileämmilläkin keleillä.

Molemmille järjestelmille saatiin lopulliseksi energian hinnaksi 30 vuoden käyttöiän jälkeen noin 35 €/MWh, mikä on erittäin kilpailukykyinen energian hinta. On vaikea arvioida, kumpi vaihtoehdoista on parempi, mutta aurinkosähköjärjestelmästä saadut hyödyt ovat ehkä suuremmat kuin aurinkolämpöjärjestelmän. Pääasiassa sen takia, että sähköä voidaan hyödyntää muuhunkin, kuin lämmöksi.

### 3.5.2 Investointien kannattavuus

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta heikentää verkkoon takasin myytävä sähkö, koska sähköyhtiöt eivät juurikaan maksa tästä sähköstä. (Auvinen et al. 2016.) Pornaisten laitoksella tätä ongelmaa ei kuitenkaan olisi, sillä sähkö on tarkoitus muuttaa lämmöksi kaukolämpöverkkoon. Molemmat järjestelmät vaatisivat kuitenkin Pornaisten kunnan yhteistyötä ja tarvittaessa aurinkosähköllä voitaisiin myös kattaa Pornaisten koulun sähkökulutusta. Tämä lisäisi investointien kannattavuutta Pornaisten kunnan puolesta.

Aurinkolämpöjärjestelmän ongelmana lienee vielä vähäinen kokemus Suomen olosuhteissa. Yritykset takaavat tuotteilleen pitkän käyttöiän, mutta sijoittajista voi tuntua riskiltä investoida tuotteeseen, jonka käyttö on rajattu lämpimille keleille. Aurinkolämpöjärjestelmä on kuitenkin varteen otettava vaihtoehto osana fossiilisten polttoaineiden korvaamista ympäristöystävällisemmällä vaihtoehdoilla.

Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna molemmat vaihtoehdot öljyn korvaamiselle Pornaisten lämpölaitoksella vaikuttavat kannattavilta. Molempien järjestelmien energian tuotantohinnaksi saadaan kokoluokasta riippuen noin 20-40 €/MWh, joka on huomattavasti halvempi kuin esimerkiksi kevyen polttoöljyn. Molemmat järjestelmät tarvitsevat kuitenkin lisäksi sähkökattilan tai lämpöpumpun, jotta kaukolämpöveden lämpötila saadaan tarpeeksi korkeaksi nykyiselle kaukolämpöverkolle. Tulevaisuudessa, kun kaukolämpöveden lämpötilaa alennetaan, on todennäköistä, että tässä työssä

tarkastellut järjestelmät tulevat yleistymään. Olisi siis kannattavaa tarkastella uusia vaihtoehtoja lämmöntuotantoon jo hyvissä ajoin.

Molempien investointien etuna on Työ- ja elinkeinoministeriön myöntämä energiatuki, joka kattaa 20 % investointikustannuksista, jos hankkeen hyväksyttävät kustannukset ylittävät miljoona euroa. Energiatuen myöntämisen edellytyksenä on, että hanke lisää uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä; energiansäästöä tai energian tuotannon tai käytön tehostamista; tai muutoin energiajärjestelmän muuttumista vähähiiliseksi. (VNa 28.12.2017/1098.)

Kuitenkin nykyisen lämpölaitoksen vielä toimiessa ja tehdessä voittoa, ei ole järkevää lähteä tekemään näin mittavia investointeja, jos ei ole varmaa tietoa tulevaisuuden lämpöasiakkaista Pornaisten alueella. Tällä hetkellä voi olla järkevintä odottaa muutama vuosi kaukolämmön ja erityisesti pienemmän mittaluokan aluelämmön kehitystä.



## 4 YHTEENVETO

Tämän kandidaatin työn tarkoituksena oli tarkastella pienten alle 5 MW:n aluelämpölaitosten merkitystä Suomelle sekä tarkastella kyseisen kokoluokan lämpölaitosten ja pienten aluelämpöverkkojen tulevaisuuden näkymiä. Työn pohjana käytettiin kirjallisuutta, haastatteluja ja case-tapausta, jossa tutkittiin mahdollisia vaihtoehtoja öljyn korvaamiselle lämmöntuotannossa. Kaikki lähteet päätyivät pääasiassa samaan lopputulokseen. On selvää, että lämpöala ja energia-ala yleisesti ovat suuren muutoksen alla. Tulevaisuuden kunnianhimoiset päästötavoitteet pakottavat valtioita ja yrittäjiä entistä puhtaampaan energiaan, mutta muutos ei välttämättä ole huono asia. Haastattelujen ja lämpöalan tutkimusten mukaan uusia vaihtoehtoja lämmöntuotantoon tutkitaan jatkuvasti ja uutta teknologiaa kehitetään. Tämä tarkoittaa uusia työpaikkoja ja lisää investointeja energia-alalle.

Työssä käytettyjen tutkimusmenetelmien mukaan alle 5 MW:n lämpölaitosten ja aluelämpöverkkojen tulevaisuus näyttää vakaalta. Kaupungistumisen vaikutus aluelämmölle ei ole merkittävä, joten vanhojen lämpölaitosten saneeraus vaikuttaa hyvältä investoinnilta, ainakin vielä lähitulevaisuudessa. On selvää, että nämä pienet aluelämpölaitokset ovat elintärkeitä pienemmille kunnille ja kylille. Epävarmuutta investoinneille aiheuttaa pääasiassa uuden tekniikan kehittyminen ja tulevaisuuden lämmönlähteet. Case-tapauksen perusteella uusiutuva energia vaikuttaisi kuitenkin hyvältä vaihtoehdolta fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi myös pienemmillä lämpölaitoksilla.

Jo työn alussa mainitut uudet kaukolämpösukupolvet tulevat varmasti muuttamaan myös pienemmän kokoluokan kaukolämpöä. Muutokset pienillä lämpölaitoksilla eivät kuitenkaan ole niin suuria, eivätkä niin nopeita kuin isoilla lämpölaitoksilla ja -verkoilla. Muutos vaikuttaisi kuitenkin varmalta. Suurin muutos koskee tulevaisuuden polttoaineita ja lämmönlähteitä. Kaikkien työssä käytettyjen tiedonlähteiden mukaan polttaminen tulee vähenemään kaukolämmön tuotannossa. Jo nyt on nähtävissä lisääntyntä hukkalämmön talteenottoa ja lämpöpumpputeknologian hyödyntämistä lämmöntuotannossa.

Polttamisesta ei kuitenkaan kokonaan päästä eroon, varsinkaan Suomen kylmissä olosuhteissa. Vaikuttaisi siltä, että fossiilisista polttoaineista siirrytään enemmän metsäperäisiin polttoaineisiin, kuten metsähakkeeseen ja pellettiin.

Työn case-osuudessa tutkittiin öljyn korvaamista aurinkoenergialla Nivos Oy:n Pornaisten lämpölaitoksella. Lämpölaitos tuottaa kesäaikana lämmön pääasiassa öljyllä, josta yhtiö pyrkii eroon vuoteen 2030 mennessä. Työssä laskettiin aurinkoenergialla tuotetun lämmön hinnaksi noin 20-40 €/MWh, joka on huomattavasti halvempi kuin kevyellä polttoöljyllä tuotetun lämmön hinta. Työssä vertailtiin kahta eri aurinkoenergiajärjestelmää: aurinkosähköjärjestelmää ja aurinkolämpöjärjestelmää. Kyseiset järjestelmät vaativat laskelmien mukaan kalliita investointeja alkaen sadoista tuhansista lähes miljoonaan euroon. Aurinkoenergialla vaikuttaisi kuitenkin olevan mahdollista korvata öljyn käyttö. Järjestelmistä paremmaksi valikoitui aurinkosähköjärjestelmä, sillä aurinkosähköä voi hyödyntää muuhunkin kuin lämmöksi.

Kaikkiin työssä käytettyihin lähteisiin liittyi epävarmuus tulevaisuudesta. Energia-ala on suuren muutoksen alla ja tulevaisuudessa kehittyvä tekniikka ja poliittiset päätökset tulevat vaikuttamaan siihen, mihin suuntaan ala kehittyy. Aluelämpölaitosten tulevaisuus vaikuttaisi kuitenkin vakaalta.

## LÄHDELUETTELO

Anttonen, K., 2016. Aurinkolämpö osana uusiutuvaa kaukolämmön tuotantoa – Case Savon Voima. Kaukolämpöpäivät, Mikkeli 24.08.2016. Energiateollisuus ry.

Auvinen, K., 2016. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. [verkkojulkaisu]. [viitattu 25.01.2020]. Saatavissa: <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>.

Auvinen, K., Lovio, R., Jalas, M., Juntunen, J., Liuksiala, L., Nissilä, H. & Müller, J., 2016. FinSolar: Aurinkoenergian markkinat kasvuun Suomessa. Helsinki: Unigrafia Oy. ISBN 978-952-60-6767-4.

Buffa, S., Cozzini, M., D'antoni, M., Baratieri, M. & Fedrizzi, R., 2019. 5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, s. 504-522.

Energiateollisuus ry (ET a). Hiilineutraali energia 2030-luvulla. [verkkojulkaisu]. [viitattu 11.01.2020]. Saatavissa: [https://energia.fi/linjaukset/hiilineutraali\\_energia](https://energia.fi/linjaukset/hiilineutraali_energia).

Energiateollisuus ry (ET b). Kaukolämpöverkot. [verkkojulkaisu]. [viitattu 07.12.2019]. Saatavissa: <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/kaukolampoverkot>.

Energiateollisuus ry (ET), 2019a. Kaukolämmön hintatilasto. [verkkojulkaisu]. [viitattu 11.01.2020]. Saatavissa: [https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/kaukolammon\\_hintatilasto.html](https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html).

Energiateollisuus ry (ET), 2019b. Kaukolämpötilasto. [verkkojulkaisu]. [viitattu 7.12.2019]. Saatavissa: <https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/kaukolampotilasto.html#material-view>.

Finsolar. Kannattavuuslaskurit. [verkkajulkaisu]. [viitattu 21.01.2020]. Saatavissa: <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>.

Li, H. & Wang, S.J., 2014. Challenges in Smart Low-temperature District Heating Development. *Energy procedia*, 61, s. 1472-1475.

Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J.E., Hvelplund, F. & Mathiesen, B.V., 2014. 4<sup>th</sup> generation district heating (4GDH). *Energy* 68, s. 1-11.

Motiva Oy, 2012. Lämpöä kotiin keskitetysti – Kaukolämpö. [verkkajulkaisu]. [viitattu 24.01.2020]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/lammitysjarjestelmat/lampoa\\_kotiin\\_keskitetysti\\_kaukolampo.10752.shtml](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/lammitysjarjestelmat/lampoa_kotiin_keskitetysti_kaukolampo.10752.shtml).

Motiva Oy, 2016. Kaukolämmön tuottaminen aurinkolämmöllä. [verkkajulkaisu]. [viitattu 07.12.2020]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/kaukolammon\\_tuottaminen\\_aurinkolammolla](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/kaukolammon_tuottaminen_aurinkolammolla).

Mäkelä, V.-M. & Tuunanen, J., 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Nivos Oy, 2018. Nivoksen vuosi 2018. [verkkajulkaisu]. [viitattu 18.01.2020]. Saatavissa: <https://www.nivos.fi/vuosikertomus-2018>.

Paavola, M. & Lehtinen, P., 1979. Sähkötekniikan oppikirja. WSOY. 13 painos. ISBN 951-0-09265-7.

Pero, J., 2016. Yandexin datakeskuksen kanssa yhteistyössä luotu ekosysteemi lämmittää Mäntsälässä. [verkkajulkaisu]. [viitattu 11.01.2020]. Saatavissa: <https://www.nivos.fi/yandexin-datakeskuksen-kanssa-yhteistyossa-luotu-ekosysteemi-lammittaa-mantsalassa>.

Porvoon Energia Oy. Hinnastot. [verkkosivu]. [viitattu 19.01.2020]. Saatavissa:

<https://porvoonenergia.fi/fi/yritys/hinnasto-ja-sopimusehdot/>.

Pornainen, 2017. Kunnan strategia. [verkkojulkaisu]. [viitattu 11.11.2019]. Saatavissa:

<https://pornainen.fi/kunta-hallinto/kuntastrategia/>.

Rissanen, R., Rehunen, R., Kalenoja, H., Ahonen, O., Mäkelä, T., Rantala, J. & Pöllänen, M., 2013. ALLI-kartasto. Helsinki: Ympäristöministeriö. ISBN 978-952-11-4162-1.

Statista, 2020. Average annual Brent crude oil price from 1976 to 2019. [verkkojulkaisu].

[viitattu 11.01.2020]. Saatavissa: <https://www.statista.com/statistics/262860/uk-brent-crude-oil-price-changes-since-1976/>.

Sun energia, 2020. Testaa kannattaisiko sinun siirtyä aurinkoenergiaan. [verkkosivu].

[viitattu 08.01.2020]. Saatavissa: <https://app.sunenergia.com/>.

Tervo, H., Helminen, V., Rehunen, A. & Tohmo, T., 2018. Onko urbanisaatio maaseudun turma? *Yhteiskuntapolitiikka* 83, s. 258-269.

Tilasto: Energian hinnat (Stat), 2019. [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-7984. 3.

vuosineljännes 2019, Liitetaulukko 2. Energian hintoja lämmöntuotannossa syyskuussa 2019. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 07.02.2020]. Saatavissa:

[http://www.stat.fi/til/ehi/2019/03/ehi\\_2019\\_03\\_2019-12-11\\_tau\\_002\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2019/03/ehi_2019_03_2019-12-11_tau_002_fi.html).

Tilasto: Kaupunkien ja kuntien lukumäärät ja väestötiedot (SKL), 2019. [verkkojulkaisu].

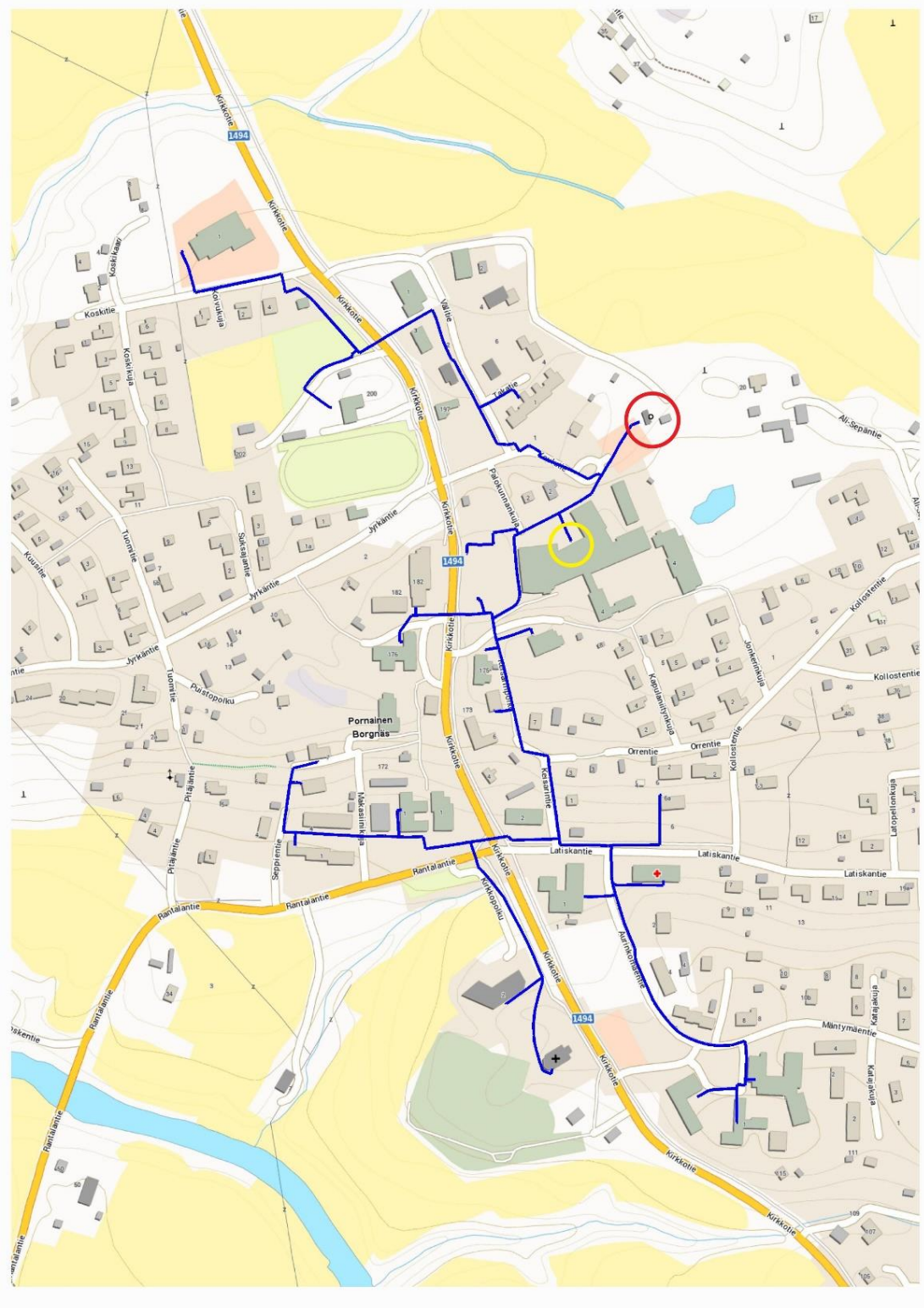
Helsinki: Kuntaliitto [viitattu: 18.01.2020]. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/tilastot-ja-julkaisut/kaupunkien-ja-kuntien-lukumaarat-ja-vaestotiedot>.

VNa 28.12.2017/1065. Valtioneuvoston asetus keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista

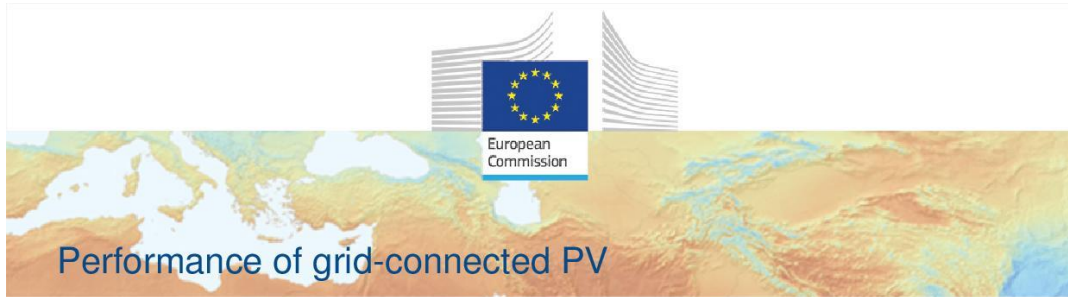
VNa 28.12.2017/1098. Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2018–2022

2015/2193/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 25.11.2015 tiettyjen keskisuurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuhtauspäästöjen rajoittamisesta. EUVL N:o 313, 28.11.2015.

# LIITE 1. PORNAISTEN KAUKOLÄMPÖVERKKKO



# LIITE 2. AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN VUOSITUOTTO



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

**Provided inputs:**

Latitude/Longitude: 60.478, 25.377

Horizon: Calculated

Database used: PVGIS-SARAH

PV technology: Crystalline silicon

PV installed: 661 kWp

System loss: 14 %

**Simulation outputs**

Slope angle: 42 (opt) °

Azimuth angle: 2 (opt) °

Yearly PV energy production: 563627.77 kWh

Yearly in-plane irradiation: 1097.77 kWh/m<sup>2</sup>

Year to year variability: 33884.32 kWh

Changes in output due to:

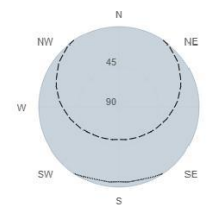
Angle of incidence: -2.94 %

Spectral effects: NaN %

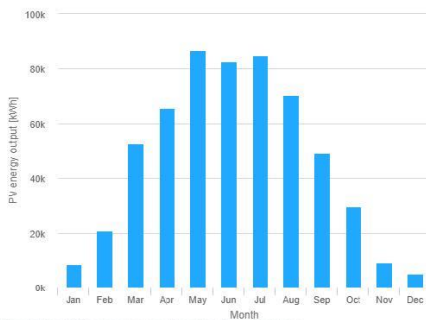
Temperature and low irradiance: -6.94 %

Total loss: -22.33 %

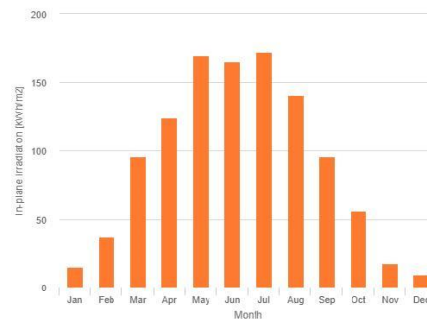
**Outline of horizon at chosen location:**



**Monthly energy output from fix-angle PV system:**



**Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:**



**Monthly PV energy and solar irradiation**

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	8294.6	15.1	2339.0
February	20925.4373	9484.9	
March	52329.6955	12129.9	
April	65496.8123	9938.8	
May	86537.1169	8200.6	
June	82642.9165	8222.5	
July	84853.5172	10973.9	
August	70067.2140	11690.6	
September	48998.2957	8442.2	
October	29580.3562	8094.8	
November	9046.0	17.4	2486.7
December	4856.3	9.2	1207.5

E\_m: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

H(i)\_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m<sup>2</sup>].

SD\_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission retains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site. The information is of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity. It is not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date. It is sometimes limited to external sites over which the Commission exercises no control and for which the Commission assumes no responsibility. It is not professional or legal advice. If you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional. Some data or information on this site may have been created or adapted in text or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems (occurring as a result of using this site or any linked external sites).