

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka / Käyttö ja käynnissäpito

Jukka Martikainen

KAUKOLÄMPÖVERKON KANNATTAVUUSTARKASTELU MIEHIKKÄLÄN  
KUNNASSA

Opinnäytetyö 2014

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Energiatekniikka

MARTIKAINEN, JUKKA

Kaukolämpöverkon kannattavuustarkastelu Miehikkälän kunnassa

Opinnäytetyö

28 sivua + 3 liitesivua

Työn ohjaaja

Pt. tuntiopettaja Hannu Sarvelainen  
Tilapalvelupäällikkö Heikki Rongas

Toimeksiantaja

Miehikkälän kunta

Joulukuu 2014

Avainsanat

kaukolämmitys, lämmitysjärjestelmät, lämpökeskukset, biopolttoaineet

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää kaukolämmön tuotannon edellytyksiä Muurikkalan alueella Miehikkälän kunnassa. Muurikkalan kylälle on kaavoitettu uusi 23 rakennuksen pientaloalue, jonka lähellä on toimettomaksi jäänyt 500 kW:n lämpökeskus. Tutkimuksen tarkoituksena määritettiin lämpökeskuksen soveltuvuus kaukolämmön tuotantoon uudelle pientaloalueelle.

Tutkimusmenetelminä käytettiin haastattelua, lähdekirjallisuuteen tutustumista sekä Muurikkalan osayleiskaavan kaava-aineistoa. Opinnäytetyön teoreettiset laskelmat laadittiin lähdekirjallisuuden kaavojen mukaan haastattelusta kerätyn pohjatiedon perusteella.

Tutkimuksen perusteella nykyisen lämpökeskuksen hyödyntäminen ei ole taloudellisesti tai teknisesti kannattavaa. Laskelmien pohjalta tehtiin kaukolämmön tuottamiseksi vaihtoehtoinen suunnitelma, jonka taloudellinen kannattavuus osoittautui myös epävarmaksi. Vaihtoehtoisen suunnitelman tarkka arvioiminen vaatii tarkempia lisäselvityksiä uuden lämpökeskuksen ja kaukolämpöverkon rakennuskustannuksista.

Kaikkiaan kaukolämmön tuotanto Muurikkalan osayleiskaavan alueelle tulee olemaan haastavaa. Nykyisten rakennussäädösten mukaan rakennettujen pientalojen energiankulutus on hyvin alhainen, minkä seurauksena kaukolämpöverkoston häviöt nousevat suuriksi asiakkaille myytyyn energiaan verrattuna.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences, Energy Engineering

MARTIKAINEN, JUKKA

Feasibility Study of District Heating in Municipality of  
Miehikkälä

Bachelor's Thesis

28 pages + 3 pages of appendices

Supervisor

Hannu Sarvelainen, Lecturer

Heikki Rongas, Facility Services Manager

Commissioned by

Municipality of Miehikkälä

December 2014

Keywords

district heating, heating systems, heating plants, biofuels

The purpose of this Bachelor's thesis was to study the feasibility of district heating in the area of Muurikkala, municipality of Miehikkälä. A new residential area with 23 detached houses has been planned in the village of Muurikkala. In the vicinity of the newly planned area, there is a 500 kW heating plant currently out of use. The main purpose was to determine if this heating plant could be used to produce district heating for the new residential area.

The research methods used included an interview, professional literature and the planning description of the area. Theoretical calculations were prepared in accordance with the professional literature on the basis of the information gathered from the interview.

On the basis of the study, the utilization of the existing heating plant is not feasible in economical or technical terms. An alternative model for the production of district heating is introduced in this study. However, the economic viability of the alternative model also seemed uncertain. It would require an additional accurate assessment of the construction costs of a new heating plant and district heating network.

Economically viable production of district heating will be challenging in the new residential area of Muurikkala. New detached houses built according to the current building regulations are energy efficient. As a result, the losses of district heating take a large part of the total energy produced.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Toimeksiantaja	6
1.2	Työn tarkoitus	6
2	KAUKOLÄMPÖ	6
3	LÄHTÖKOHDAT	7
3.1	Lämpökeskuksen nykytilanne	7
3.2	Kaavoitetut pientaloalueet	7
4	KAUKOLÄMPÖVERKKO	9
4.1	Kaukolämpöverkon yleissuunnittelu	9
4.2	Kaukolämpöverkon yleissuunnittelu Muurikkalan pientaloalueille	10
5	LÄMPÖKESKUS	12
5.1	Lämpökeskuksen yleissuunnittelu	12
5.2	Nykyisen lämpökeskuksen hyödyntäminen	13
5.2.1	Lämmöntuotannon kokonaistarve ja jakautuminen	13
5.2.2	Tekninen tarkastelu	16
5.2.3	Taloudellinen tarkastelu	17
5.3	Vaihtoehtoja lämmön tuottamiseen kaukolämmöllä	18
6	KANNATTAVUUSLASKELMAT	22
6.1	Herkkyysanalyysi	22
6.1.1	Nykyisen lämpökeskuksen herkkyysanalyysi	23
6.1.2	Vaihtoehtoisen lämpökeskuksen herkkyysanalyysi	24
7	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	

Liite 1. Muurikkalan osayleiskaavan kartta

Liite 2. Excel-laskentapohja nykyiselle lämpökeskukselle

Liite 3. Nykyisen lämpökeskuksen takaisinmaksuaika ja loppuhinnan muodostuminen

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Miehikkälän kunta. Toimeksiantajan puolesta työn ohjaajana toimi Virolahden kunnan tilapalvelupäällikkö Heikki Rongas. Miehikkälän ja Virolahden kunnat ovat sopineet palveluyhteistyöstä, jossa Miehikkälä tuottaa sosiaali- ja terveystoimen palvelut ja Virolahti tuottaa teknisen- ja sivistystoimen palvelut sekä kunnalliset tukipalvelut. Kuntien yhteistyön mukaisesti kaukolämpöverkko kuuluisi Miehikkälälle, mutta sen käytöstä vastaisivat Virolahden tilapalvelut. (Kaakon kaksikko 2014.)

### 1.2 Työn tarkoitus

Opinnäytetyössä tarkasteltiin Muurikkalaan, Laisniementien varteen kaavoitetun uuden pientaloalueen lämmitystapaa. Alueella on käytettävissä yritystoiminnasta tarpeettomaksi jäänyt 500 kW:n lämpökeskus, jonka polttoaineena on käytetty puuhaketta. Työn tarkoituksena oli tehdä alustava selvitys kaukolämpöverkon rakentamisesta ja lämpökeskuksen soveltuvuudesta sekä lämpöyrittäjän että lämmönkäyttäjien näkökulmasta.

Lämpöyrittäjälle olemassa olevan lämpökeskuksen hyödyntäminen olisi kannattavaa, mikäli kaukolämpöverkon rakentamisen vaatimalle investoinnille saataisiin kohtuullinen takaisinmaksuaika ja nykyinen lämpökeskus olisi teknisesti soveltuva pientaloalueen kaukolämmitykseen. Tuleville asiakkaille kaukolämpö olisi sopiva ratkaisu, jos kaukolämmön hinta on kilpailukykyisellä tasolla muihin lämmitysvaihtoehtoihin, kuten esimerkiksi maalämpöön, verrattuna.

## 2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämmitys tarkoittaa rakennusten ja käyttöveden lämmityksen vaatiman lämmön keskitettyä tuotantoa. Kaukolämpö tuotetaan yleensä joko sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Suurilla paikkakunnilla voi olla mahdollista hyödyntää myös teollisuuden ylijäämälämpöä tai polttaa kaatopaikoilla muodostuvaa biokaasua. (Energiateollisuus ry 2014a.)

Lämpökeskuksissa kattilassa poltettavan polttoaineen energia siirretään kaukolämpöverkostossa kiertävään veteen. Lämmityskattiloissa on yleisesti oma vesikierto, josta lämpö siirretään lämmönsiirtimen avulla kaukolämpöverkkoon. Asiakkaille toimitettavan lämmitetyn veden lämpötila vaihtelee sään mukaan ja on yleisesti 65 - 115 °C välillä. Asiakkailta palaavan viileän veden lämpötila vaihtelee 40 – 60 °C välillä. (Energiateollisuus ry 2014a.)

Suomessa yleisesti käytössä olevassa epäsuorassa kytkennässä on asiakaskohteissa oma lämmönjakokeskus. Lämmönjakokeskuksessa olevan lämmönsiirtimen avulla siirretään kaukolämpöverkon lämmitysenergia asiakaskohteen omaan vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Jäähtynyt kaukolämpövesi pumpataan takaisin lämpökeskukseen uudelleen lämmitettäväksi. (Energiateollisuus ry 2014a.)

### 3 LÄHTÖKOHDAT

#### 3.1 Lämpökeskuksen nykytilanne

Lämpökeskusta oli aiemmin käytetty yritystoiminnan tukena puutavaran kuivaamiseen. Alueella toiminut yrittäjä oli käyttänyt omasta toiminnastaan ylijäänyttä kutteripurua, puuhaketta sekä muita puuperäisiä ylijäämäjakeita lämpökeskuksen polttoaineena. Kyseisen yritystoiminnan päätyttyä lämpökeskus on ollut toimeettomana. Olemassa olevan lämpökeskuksen hyödyntäminen kaukolämmöntuotantoon alueelle kaavoitetun uuden pientaloalueen lämmitykseen toisi käyttöä ja liiketoimintaa jo hiljentyneelle yritystontille. (Rongas 2014.)

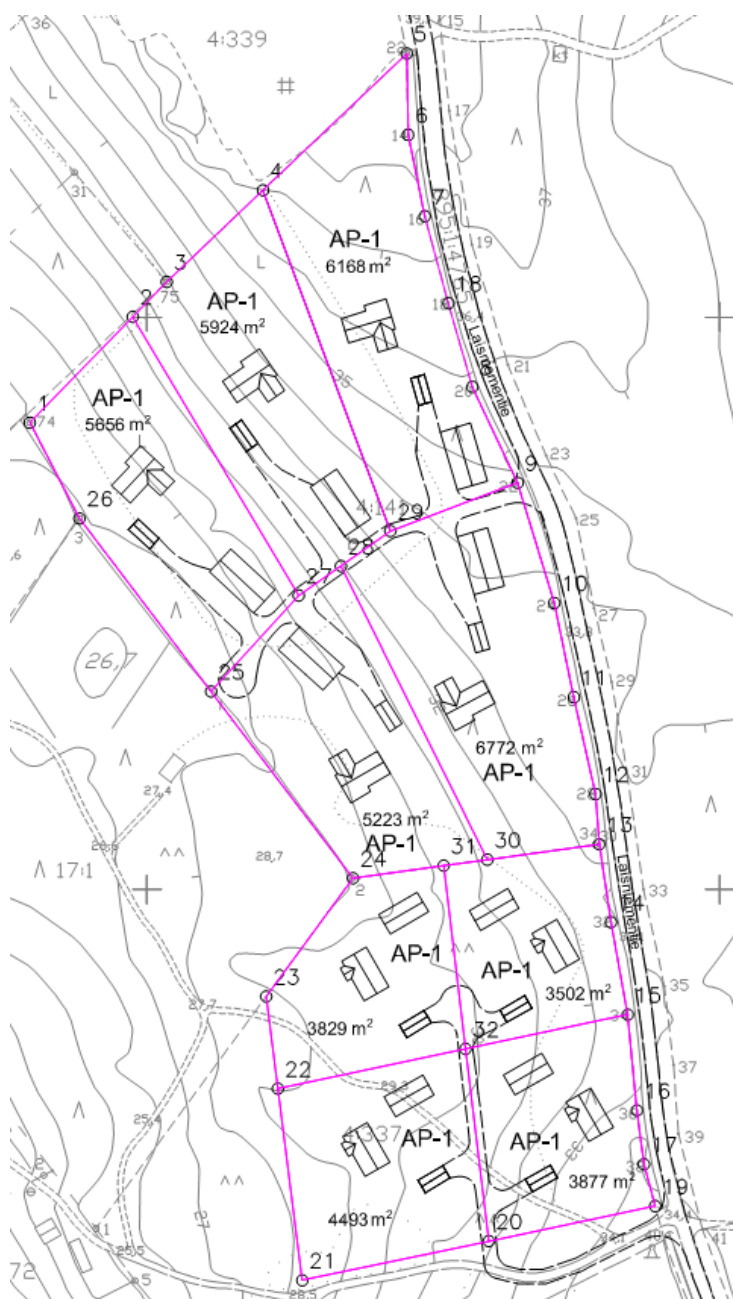
#### 3.2 Kaavoitetut pientaloalueet

Muurikkalan osayleiskaavoituksen lähtökohtana oli yhdistää rajavyöhykealueen voimakas kehitys samalla huomioiden alueella voimakkaana elävä maatalous. Lisäksi tarkoituksena oli tarjota alueella toimivalle logistiikkasektorille hyvät mahdollisuudet toimintansa kehittämiseen. Varsinkin tulevan E18-moottoritien valmistuminen luo uusia mahdollisuuksia Muurikkalan alueelle. (FCG Planeko Oy 2009, 1.)

Kaavoitetut pientaloalueet sijaitsevat noin neljän kilometrin päässä Vaalimaan raja-asemalta ja Miehikkälän kuntakeskukseen on matkaa noin 17 km. Pientaloalueet on sijoitettu Laisniementien varteen, tien molemmille puolille. Yhteensä alueelle on kaa-

voitettu tontit 23 pientalolle. Ensimmäinen, pohjoisempi pientaloalue sijaitsee noin 500 metrin päässä Laisniementien ja seututie 387 risteyksestä. Kauempana sijaitsevalle eteläiselle alueelle on matkaa noin yksi kilometri. (FCG Planeko Oy 2009, 1.)

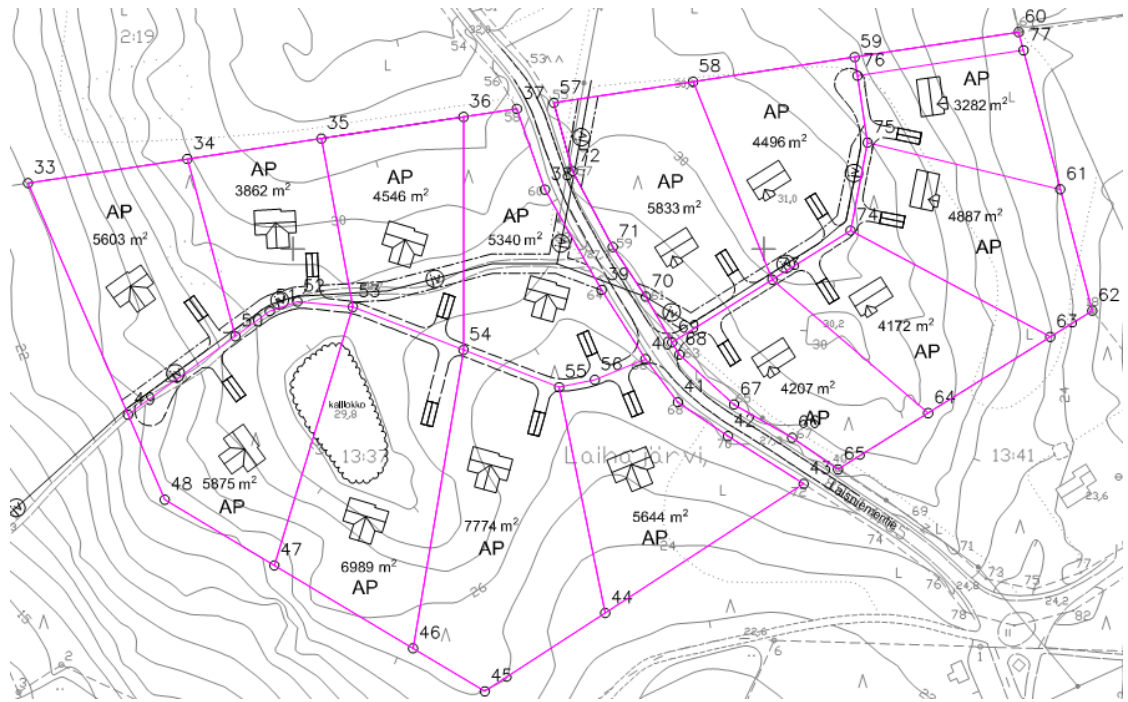
Pohjoisempi pientaloalueen kaikki yhdeksän pientaloa sijaitsevat kokonaan Laisniementien läntisellä puolella, kuten alla olevasta kuvasta 1 selviää. Kartan perusteella voidaan todeta, että pientalot sijaitsevat suhteellisen pienellä alueella, joka on kaukolämpöverkon toimintaa ajatellen hyvä asia. Kaukolämpöverkon rakentamisen kannalta haasteiksi voi osoittautua uudet tiet, joiden alitse verkkoa voidaan joutua rakentamaan. Tien alitukset nostavat helposti verkon rakentamisen kustannuksia.



Kuva 1. Pohjoinen pientaloalue (FCG Planeko Oy 2013a.)



Eteläinen alue jakautuu Laisniementien molemmille puolille alla olevan kuvan 2 mukaisesti. Alueen 8 pientaloa on Laisniementien läntisellä puolella ja 6 pientaloa itäisellä puolella. Alueen halki menee tie, joka tullaan osittain rakentamaan uudelleen. Alueen 14 taloa jakautuu noin 400 metrin matkalle, lisäksi oman haasteen kaukolämpöverkon rakentamiseen tuo Laisniementien alitus sekä uuden tielinjauksen rakentaminen.



Kuva 2. Eteläinen pientaloalue (FCG Planeko Oy 2013b)

## 4 KAUKOLÄMPÖVERKKO

### 4.1 Kaukolämpöverkon yleissuunnittelu

Uuden kaukolämpöverkon suunnittelun ja mitoituksen lähtökohdat ovat selvitys kaukolämpöön liitettävästä alueesta, alueen tehontarve nyt ja tulevaisuudessa sekä kaukolämmön tuotantolaitosten sijainti, teho ja mahdollisten uusien laitosten rakentamisen ajoitus. Verkon osien mitoitus tehdään yleisesti alueen lopullisen lämmitystarpeen mukaisesti. Lopullisen verkoston tila arvioidaan noin 10 – 15 vuoden aikajänteelle, mutta taloudelliselta kannalta ajateltuna verkkoa ei välttämättä kannata rakentaa näin pitkällä tähtäimellä. (Energiateollisuus ry 2006, 153.)

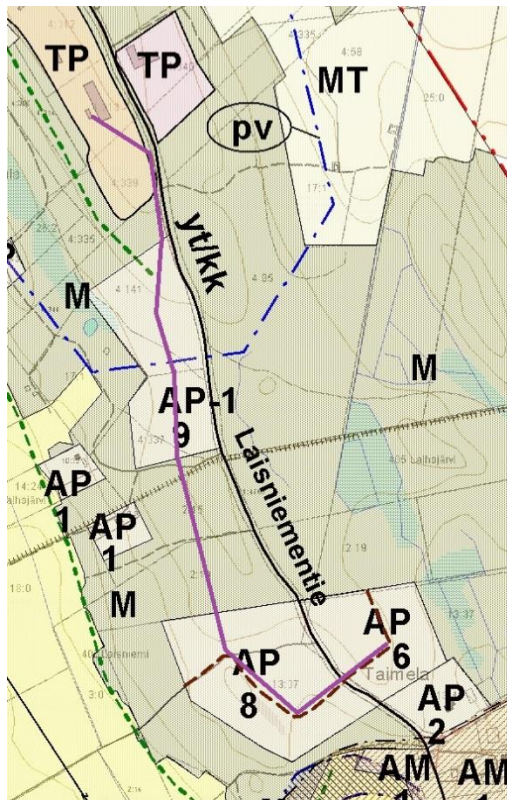
Kaukolämpöverkoston yleissuunnittelun vaatimat pohjatiedot:

- rakennusten ominaistehontarve  $W/m^3$
- käyttöveden lämmityksen tehontarve  $W$
- ominaispainehäviö  $bar/km$
- meno- ja paluuveden lämpötilaero mitoitustilanteessa
- alueiden ja asiakkaiden etäisyys lämmöntuotantolaitoksesta

(Energiateollisuus ry 2006, 153.)

#### 4.2 Kaukolämpöverkon yleissuunnittelu Muurikkalan pientaloalueille

Nykyisen lämpökeskuksen ja kaavoitettujen pientaloalueiden välille on helppo tehdä yleissuunnittelu kaukolämpöverkolle. Koska alueella lämmitettäisiin vain pientaloja, on rakennusten ja käyttöveden lämmitystehontarpeiden mitoitus varsin suoraviivaista. Kaukolämpöverkon putkikoko tullaan valitsemaan siten, että painehäviö tulee olemaan noin  $1 \text{ bar/km}$ . Lämpökeskuksen etäisyys kaukaisimmasta kaavoitetusta pientalosta on noin 1 kilometri. (Rongas 2014.)



Kuva 3 Hahmotelma Muurikkalan kaukolämpöverkosta (Finnish Consulting Group, 2012)

Kuvassa 3 on esitetty hahmotelma Muurikkalan alueelle tehtävästä kaukolämpöverkosta. Verkko lähtee Laisniementien varressa olevan teollisuusalueen lämpökeskuksesta ja päättyy kauimmaisena olevien pientalojen luokse. Kaukolämpöverkon hahmotelmassa on pyritty minimoimaan nykyisten ja osayleiskaavassa olleiden uusien teiden alitukset. Hahmotelman mukaisen verkon pituudeksi tulee noin 1200 metriä. (Finnish Consulting Group 2012.)

Meno- ja paluueden lämpötilaeroksi on yleisesti vakiintunut 50 °C ja samaa arvoa käytetään myös Muurikkalan kaukolämpöverkon mitoituksessa. Rakennusten ominaistehontarve määritetään rakennusten tilavuuden mukaan. Työn toimeksiantajan mukaan alueen pientalojen keskimääräiseksi kooksi on arvioitu 200 m<sup>2</sup> ja huonekorkeudeksi yleinen 2,5 metriä, jolloin pientalojen tilavuudeksi tulee 500 m<sup>3</sup> (Rongas 2014). Kotkan Energian kaukolämpöhinnaston mukaan 500 m<sup>3</sup> talon kaukolämpövesivirta on 0,13 m<sup>3</sup>/h. (Kotkan Energia Oy 2014, 2.)

Kaukolämpöveden tilavuusvesivirran perusteella voidaan määrittää lämmitysteho yhtälöstä 1.

$$\phi = \frac{q_v}{3,6} \cdot \Delta T \cdot c_p \quad (1)$$

jossa	$\phi$	lämmitysteho	[kW]
	$q_v$	veden tilavuusvirta	[m <sup>3</sup> /h]
	3,6	kerroin, jolla muutetaan tilavuusvirta massavirraksi	
	$\Delta T$	lämpötilaero	[°C]
	$c_p$	veden ominaislämpökapasiteetti	[kJ/kg°C]

Kaavasta saadaan tulokseksi 7,6 kW seuraavilla lukuarvoilla:

$$\phi = \frac{0,13 \text{ m}^3/\text{h}}{3,6} \cdot 50 \text{ °C} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg°C} = 7,6 \text{ kW}$$

Eli yhden pientalon vaatima lämmitysteho on 7,6 kilowattia. Kaikkien 23 pientalon yhteiseksi lämmitystehon tarpeeksi tulee noin 175 kW. Lämmitystehon tarpeen ja lämpötilaeron perusteella tulee kaukolämpöverkon massavirraksi 0,8 kg/s (Energiateollisuus Ry 2006, 198). Aiemmin määritellyn tavoiteltavan painehäviön, noin 1

bar/km, ja nyt selvitetyn kaukolämpöveden massavirran perusteella valitaan putkikooksi DN 40. (Energiateollisuus ry 2006, 201.)

Hahmotelman mukaisen verkoston hinta voidaan arvioida Energiateollisuus ry:n keräämän valtakunnallisen tilaston mukaan. Vuonna 2013 kiinnivaahdotettujen kaksiputkisten (Mpuk) kaukolämpöjohtojen verottomat rakennuskustannukset olivat DN 40 putkikoolle keskimäärin 138 €/m ja alin hinta oli 89 €/m. Muurikkalan kaukolämpöverkon rakennuskustannukset jäänevät tähän hintahaarukkaan, koska maasto on sorapohjaista ja koko putkiston matkalla tulisi vain kolme tienalitusta. Kun kerrotaan rakennuskustannukset putkiston pituudella, saadaan putkiston investoinniksi 165 600 – 106 800 euroa. (Energiateollisuus ry 2014b, 3.)

Putkiston hinta-arvion perusteella voidaan todeta, että uuden kaukolämpöverkon rakentaminen tulee olemaan selvästi suurin kustannuserä. Taloudelliselta kannalta ajateltuna verkoston rakennushinnan tulisi jäädä mahdollisimman alhaiseksi, jotta asiakkaille voitaisiin myydä lämmitysenergiaa kannattavaan ja samalla muihin lämmitys-  
muotoihin verrattuna kilpailukykyiseen hintaan.

## 5 LÄMPÖKESKUS

### 5.1 Lämpökeskuksen yleissuunnittelu

Kaukolämmön tuotantoa suunniteltaessa yleisenä lähtökohtana pidetään sitä, että tarvittava teho jaetaan kahden tuotantoyksikön kesken. Jakamalla tuotanto kahdelle yksikölle päästään hyvään lopputulokseen sekä talouden että luotettavuuden kannalta. Energian tuotanto voidaan jakaa perus- ja huipputehoon, jolloin huippulaitos voi tarvittaessa toimia myös varavoimana perustuotantolaitoksen huoltokatkojen aikana. (Energiateollisuus ry 2006, 322.)

Uuden tuotantolaitoksen suunnittelussa mitoitetaan ensimmäiseksi kaukolämpöverkon teho- ja energiaosuudet. Kaukolämpöverkon peruskuorman ajamiseen käytettävän tuotantolaitoksen mitoitus laaditaan yleensä noin puolelle koko verkoston vaatimasta tehosta. Edellä mainitulle menettelylle on kaksi perustetta. Vajaalla, erityisesti alle 50 %:n, teholla ajettaessa kattiloiden hyötysuhde on alhainen ja hallittavuus selvästi heikompi verrattuna nimellistehon mukaiseen ajoon. Myös kattilalaitoksen korkea hinta

tehoa kohden vaikuttaa uusien laitosten investointeihin. (Energiateollisuus ry 2006, 322.)

Yhtenä mitoitusperusteena käytetään huipputehon käyttöaika. Huipputehon käyttöaika lasketaan laitoksella tuotetun vuotuisen energian perusteella. Se kertoo kuinka monta tuntia kattilaa tulee ajaa täydellä teholla vuotuisen energiantuotannon saavuttamiseksi. Pienillä kaukolämpöverkoilla tyypillinen huipputehon käyttöaika on noin 2500 tuntia vuodessa ja suuremmilla verkoilla noin 3200 tuntia vuodessa. Perustehoa tuottavan laitoksen huipputehon käyttöaika tulisi olla vähintään 4000 tuntia vuodessa. (Energiateollisuus ry 2006, 322.)

Kahden lämmöntuotantolaitoksen mallissa käytetään huippulaitoksessa yleisesti toista energialähdettä, kuten esimerkiksi kevyttä polttoöljyä, tukipolttoaineena. Tukipolttoainejärjestelmän mitoituksessa on kaksi yleisesti käytettyä periaatetta. Pienten verkkojen, joiden asiakaskunta koostuu pientaloista, energiantuotanto on mitoitettu siten, että peruslämmitys- ja huipputeholaitos ovat yhteenlasketulta teholtaan hieman mitoitustehoa suuremmat. Tällöin toisen laitoksen vikaantuessa ei kyetä tuottamaan täyttä lämmitystehoa, mutta talvellaakin pystytään tuottamaan riittävä lämmitysteho jäätymisvaurioiden estämiseksi. Toisen periaatteen mukaan kaukolämpöverkon häiriötilanteisiin tulee varautua niin, että täysimääräinen lämmöntoimitus voidaan turvata kaikille asiakkaille. Tämä koskee lähinnä sairaaloita, julkishallinnon sekä teollisuuden rakennuksia. (Energiateollisuus ry 2006, 324.)

## 5.2 Nykyisen lämpökeskuksen hyödyntäminen

### 5.2.1 Lämmöntuotannon kokonaistarve ja jakautuminen

Edellisten laskelmien perusteella pientalojen lämmitystehon huipputarve on noin 175 kW. Lisäksi lämpökeskuksen tulee tuottaa putkiston lämpöhäviöiden vaatima teho. Tyypillinen lämpöhäviö kiinnivaahdotetulle DN 40-putkelle on noin 28 W/m (Energiateollisuus ry 2006, 208). Putkiston kokonaislämpöhäviö voidaan määrittää yhtälöstä 2.

$$\Phi_{kh} = \Phi_p \cdot l_p \quad (2)$$

jossa	$\Phi_{kh}$	kokonaislämpöhäviö	[W]
	$\Phi_p$	putken lämpöhäviö	[W/m]
	$l_p$	putkiston kokonaispituus	[m]

Putkiston kokonaislämpöhäviöksi yhtälön 2 perusteella tulee 33,6 kW

$$\Phi_{kh} = 28 \frac{W}{m} \cdot 1200 m = 33\,600 W = 33,6 kW$$

Lämpökeskuksen siis täytyy kyetä tuottamaan aiemmin laskettu asuintalojen lämpöteho ja putkiston lämpöhäviöt. Näiden yhteisteho voidaan laskea yhtälöstä 3.

$$\Phi_{tot} = \Phi_{kh} + \Phi_l \quad (3)$$

jossa	$\Phi_{tot}$	kokonaislämpöteho	[kW]
	$\Phi_{kh}$	putkiston kokonaislämpöhäviö	[kW]
	$\Phi_l$	pientalojen kokonaislämmitysteho	[kW]

Kokonaislämpötehoksi seuraavilla lukuarvoilla tulee 208,6 kW, joka voidaan suosiolla pyöristää 210 kW:n.

$$\Phi_{tot} = 33,6 kW + 175 kW = 208,6 kW$$

Arvio yksittäisen pientalon vuotuisesta energiankulutuksesta lasketaan lämpöindeksin ja rakennuksen lämmitettävän tilavuuden avulla. Pientalojen lämmitettävän tilavuutena käytetään  $500 m^3$  ja lämpöindeksinä uusien pientalojen vaatimustasoa, eli  $34 kWh/m^3$ . Lämpöindeksi kuvaa rakennuksen yleistä lämmitysenergian tarvetta tilavuusyksikköä kohden. Lämmitysenergian tarve voidaan laskea kaavasta 4. (Pöyry Management Consulting Oy 2011, 27.)

$$E = 200 m^2 \cdot 2,5 m \cdot 34 kWh/m^3 \quad (4)$$

jossa	$E$	lämmitysenergian tarve	[kWh]
	200	rakennuksen pohjapinta-ala	[m <sup>2</sup> ]
	2,5	rakennuksen huonekorkeus	[m]

Rakennuksen lämmitysenergiantarpeeksi tulee 17 000 kWh. Yksittäisen pientalon energiantarpeen perusteella voidaan arvioida koko pientaloalueen energiankulutuksen olevan yksittäisten talojen energiankulutuksen summa, eli noin 391 000 kWh. Lämpimän käyttöveden kuluttama energia on noin 20 % lämpöindeksin avulla lasketusta vuotuisesta energiantarpeesta. Lämpimän käyttöveden kulutus pysyy lähes vakiona kuukausi ja vuositasolla. (Porvoon Energia Oy 2014.)

Kaukolämpöverkon vuotuiset lämpöhäviöt voidaan laskea helposti kertomalla vuoden tunnit aiemmin lasketulla häviötehoarvolla. Todellisuudessa kaukolämpöverkoston energiahäviöt vaihtelevat hieman vuodenaikojen mukaisesti, mutta niitä ei huomioida tässä arvioissa. Vuotuiset energiahäviöt voidaan laskea yhtälöstä 5.

$$E_h = \Phi_p \cdot h \quad (5)$$

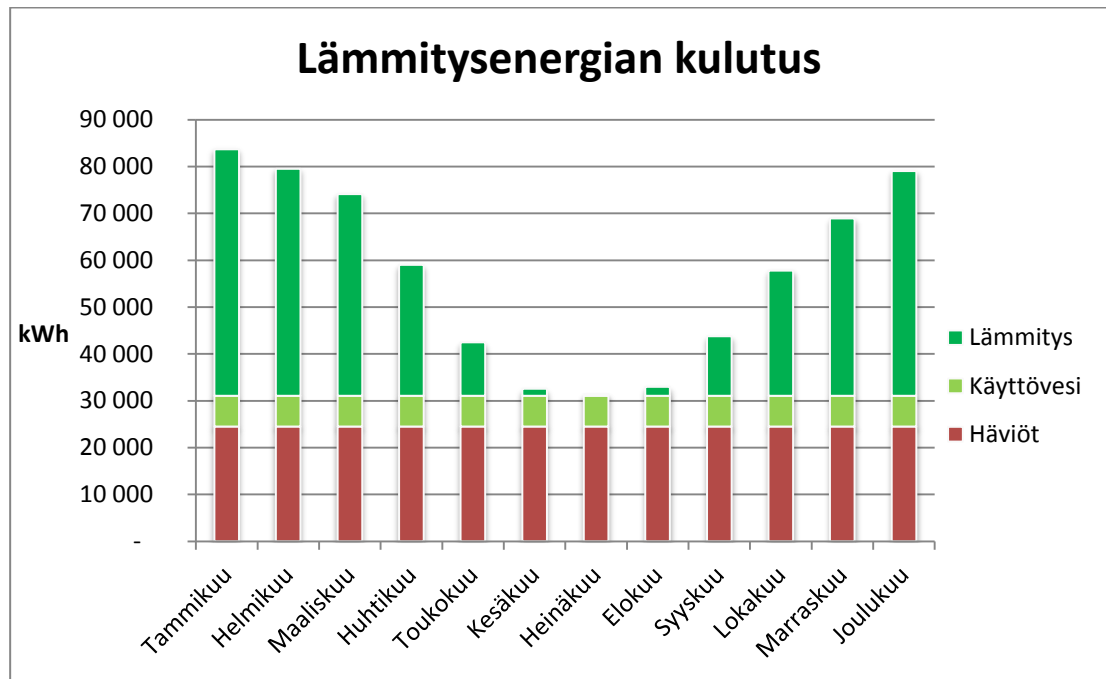
jossa	$E_h$	putkiston energiahäviö	[kWh]
	$\Phi_p$	putkiston kokonaislämpöhäviö	[kW]
	$h$	vuoden tunnit, 8760	[h]

$$E_h = 33,6 \text{ kw} \cdot 8760 \text{ h} = 294\,336 \text{ kWh}$$

Yhtälön mukaan vuotuiset energiahäviöt ovat 294 336 kWh. Hahmotelman mukaisen kaukolämpöverkoston lämpöhäviöt ovat huomattavan suuret kaukolämpöasiakkaiden lämmöntarpeeseen verrattuna. Käytännössä jokaista asiakkaalle menevää kilowattituntia kohden menee maaperän lämmittämiseen 0,75 kilowattituntia.

Seuraavaksi jaetaan vuotuinen kokonaisenergian tarve lämmitystarveluvun mukaisesti kuukausittaiselle tasolle. Lähin kaupunki, jonne Ilmatieteen laitos lämmitystarveluvun laskee, on Lappeenranta. Energiankulutuksen jakamisessa kuukausitasolle käytetään vertailukauden 1981 – 2010 lämmitystarvelukuja. Kaaviossa putkistohäviöt ja lämpimän käyttöveden tarve on oletettu vakioiksi. (Ilmatieteen laitos 2014.)

Taulukko 1. Energiankulutuksen jakautuminen kuukausittain (Ilmatieteen laitos 2014)



Taulukon 1 perusteella on helppo todeta, että toukokuun ja syyskuun välisenä aikana lämpökeskuksen tuotannosta selvästi suurin osa menee verkoston häviöiden tuottamiseen. Koska lämpökeskus sijaitsee asuinalueisiin nähden sivussa, nousevat kaukolämpöverkoston häviöt huomattavan suureksi osaksi koko lämpökeskuksen energiantuotannosta. Häviöiden suuri osuus nousee erityisen haastavaksi asiakaskohteiden pienen energiankulutuksen takia.

### 5.2.2 Tekninen tarkastelu

Nykyisen lämpökeskuksen tehokapasiteetti riittää siis hyvin kaukolämpöverkon käyttämiseen. Ongelmaksi muodostuu todennäköisesti hakekattilan liian suuri nimellisteho todelliseen tehontarpeeseen nähden. Lämpökeskuksen yleissuunnittelun periaatteissa mainittiin, että alle 50 % teholla ajettaessa kattiloiden hyötysuhde ja hallittavuus ovat heikolla tasolla. Nykyisen lämpökeskuksen tapauksessa ei päästä 50 % tasolle edes talven huippukulutuspiikin aikaan.

Toinen tekijä on tuotantovarmuus. Yleisperiaatteiden mukaisesti lämmöntuotanto tulisi jakaa kahden tuotantolaitoksen kesken. Tuotannon jakaminen esimerkiksi hake- ja öljykattilan kesken lisää tuotantovarmuutta sekä pitää polttoaine- ja hankintakustannukset edullisina. Hakkeen epätasalaatuisuus ja mahdollinen saatavuus voi aiheuttaa käyttökatkoja hakekattilan toimintaan. Vaihtoehtoisella polttoaineella toimiva huippu-



teho- ja varakattila on hyvä keino ratkaista polttoaineeseen liittyvät ongelmat. Öljykattiloiden tekniikka on pitkän käyttöhistorian aikana kehittynyt luotettavaksi ja investointihinnaltaan edulliseksi. (Energiateollisuus ry 2006, 325.)

Teknisten tietojen perusteella nykyisen lämpökeskuksen hyödyntäminen Muurikkalan uuden pientaloalueen lämmityksessä tulee olemaan hyvin haastavaa. Pienellä teholla käyvän hakekattilan hyötysuhde jää alhaiseksi, minkä seurauksena polttoainetta joudutaan käyttämään enemmän. Mahdollisten tuotantokatkosten aikaan kaukolämpöverkkoon ei pystyittäisi tuottamaan energiaa millään vaihtoehtoisella tavalla.

### 5.2.3 Taloudellinen tarkastelu

Taloudellisessa tarkastelussa tutkitaan kaukolämmön tuottamisen ja myymisen taloudellisia edellytyksiä. Kaukolämmön tuottamiseksi täytyy investoida kaukolämpöverkon rakentamiseen sekä kaukolämpöveden pumppauslaitteisiin. Investointia varten voidaan tulevilta asiakkailta kerätä liittymismaksua. Liittymismaksulla voidaan vähentää suoraan investoinnin vaatimaa lainaa ja pienentää korkokustannuksia. Kaukolämpöä tuottavilla yrityksillä on hinnastoissaan erilaisia laskukaavoja liittymismaksulle, mutta tyypillinen arvo on noin 2 000 – 5 000 euroa. Esimerkiksi Kotkan Energia Oy:n kaukolämpöhinnaston mukaan liittymismaksu Muurikkalan pientalolle olisi noin 2800 euroa. (Kotkan Energia 2014, 3.)

Taloudellisen tarkastelun lähtökohtana käytetään seuraavia arvoja:

- Hakkeen ostohinta on 20 €/MWh
- Käyttökustannukset oletetaan 3 000 euroksi vuodessa
- Investointi lasketaan korkeammalla arviolla, eli 138 €/m, joka tarkoittaa 165 600 euron kokonaisinvestointia
- Kaukolämpöveden pumppauslaitteisto maksaa 5 000 €
- Liittymismaksu on 2 000 euroa
- Kaukolämmön myyntihinnaksi asetetaan 60 €/MWh
- Laskelmissa kattilan hyötysuhteeksi oletetaan 85 %

Aiempien laskelmien perusteella lämmitysenergiaa myytäisiin normaalivuotena noin 391 MWh. Jotta kaukolämmön myyminen olisi kannattavaa, myydyn energian hinnalla täytyy kattaa ostetun energian hinta, investoinnin vuosikustannukset sekä vuotuiset

käyttökustannukset. Käyttökustannukset ovat arvioita kattilan ja pumppauslaitteiden sähkönkulutuksesta. Kattilan hyötysuhde vaikuttaa ostetun energian määrään.

Investoinnin koroton takaisinmaksuaika voidaan laskea yhtälöstä 6.

$$Taka\text{isinmaksuaika} = \frac{\text{Investointi}}{\text{Tuotto}} \quad (6)$$

Kun yhtälöön sijoitetaan edellä mainitut lukuarvot, saadaan korottomaksi takaisinmaksuajaksi lähes 29 vuotta.

$$\frac{5\,000\ \text{€} + 165\,600\ \text{€} - 23 \cdot 2\,000\ \text{€}}{\left(391\ \text{MWh} \cdot 60\ \frac{\text{€}}{\text{MWh}}\right) - \left(\frac{(391\ \text{MWh} + 292\ \text{MWh})}{0,85} \cdot 20\ \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 3\,000\ \frac{\text{€}}{\text{a}}\right)} = 28,7\ \text{a}$$

Vaikka liittymismaksu nostettaisiin 4 000 euroon, jää takaisinmaksuajaksi silti vielä 18 vuotta. Kaukolämmön myyntihintaa korottamalla voidaan lyhentää takaisinmaksuaikaa, mutta samalla se laskisi kaukolämmön kilpailukykyä muiden lämmitysmuotojen kanssa.

Nykyisen lämpökeskuksen käyttäminen kaukolämmön tuotantoon ei näytä kannattavalta taloudellistenkaan tietojen perusteella. Ongelmaksi muodostuvat uuden kaukolämpöverkon häviöt ja investointihinta suhteessa asiakaskohteiden energiankulutukseen. Laskelmien perusteella tuotetusta energiasta menee yli 50 % kaukolämpöverkoston ja kattilan häviöihin. Todellisuudessa kattilan häviöt olisivat vieläkin suuremmat, koska kaukolämpöverkoston vaatima lämmitysteho on jatkuvasti alle 50 % kattilan nimellistehosta.

### 5.3 Vaihtoehtoja lämmön tuottamiseen kaukolämmöllä

Teknisten tai taloudellisten tietojen pohjalta nykyisen lämpökeskuksen käyttäminen kaukolämmön tuottamiseen ei ole kannattavaa Muurikkalan pientaloalueella. Nykyisen lämpökeskuksen ongelmat kaukolämmön tuottamisen kannalta olivat uusiin asuinalueisiin nähden syrjäinen sijainti ja liian suuri nimellisteho. Nimellisteholtaan liian suuri hakekattila tekee kaukolämmön kustannustehokkaan ja toimintavarman

tuottamisen lähes mahdottomaksi. Lisäksi nykyisessä lämpökeskuksessa ei ole varakattilaa tuotantokatkosten varalle.

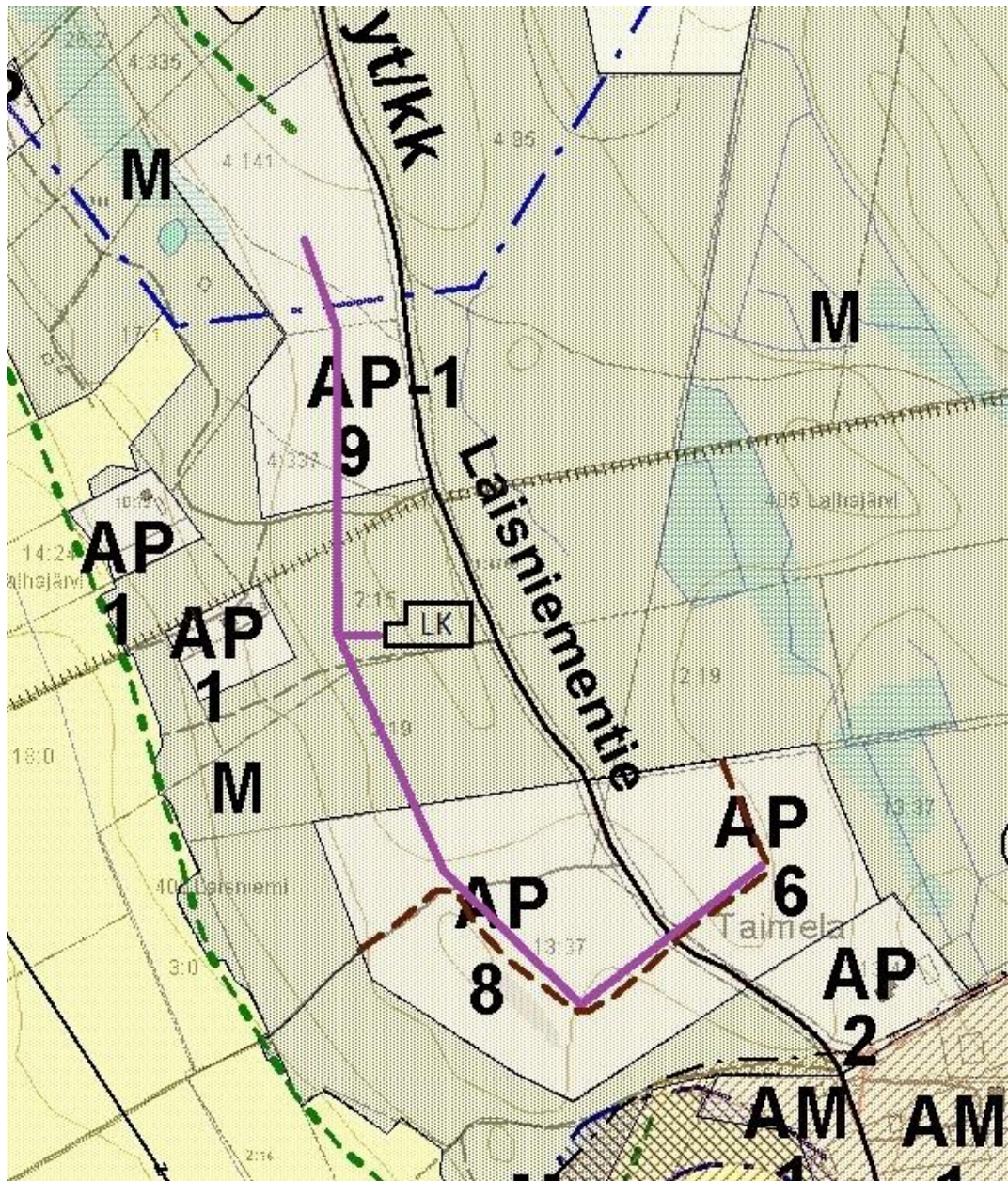
Ehdotuksia, joilla kaukolämmöntuotannosta Muurikkalan pientaloalueelle voidaan saada kannattavaa, ovat:

- Asiakaskohteiden energiankulutuksen lisääminen
- Lämpökeskuksen siirtäminen sopivampaan paikkaan
- Häviöiden pienentäminen
- Uuden lämpökeskuksen rakentaminen sopivampaan paikkaan

Asiakaskohteiden todellisessa energiankulutuksessa saattaa olla pieniä eroja arvioiden pohjalta tehtyihin laskelmiin verrattuna. Todellisuudessa asiakkaiden lämpötehtarve ei kuitenkaan tule moninkertaistumaan ilman merkittävää lisärakentamista alueelle. Kaukolämpöverkon huipputehon tulisi olla vähintään 800 kW, jotta nykyinen lämpökeskus olisi teknisesti soveltuva ja energiatehokas Energiategollisuus ry:n suositusten mukaan. Lisäksi vaadittaisiin vielä toinen kattila huipputehon tuotantoon sekä lisää kaukolämpöverkostoa, koska pientaloja rakennettaisiin laajemmalle alueelle. Nämä asiat nostaisivat investointikustannuksia huomattavasti, joka taas nostaa kaukolämmön myyntihintaa entisestään. Asiakaskohteiden energiankulutuksen lisääminen ei siis ole realistinen vaihtoehto.

Siirtämällä lämpökeskus kaavoitettujen asuinalueiden väliin, voidaan sekä pienentää kaukoverkoston häviöitä että verkoston rakentamisen investointia. Lyhyemmässä kaukolämpöverkossa on pienemmät lämpöhäviöt ja lisäksi sen rakentaminen on edullisempää. Nykyinen lämpökeskus on silti liiallisen nimellistehon takia teknisesti soveltumaton.

Tarkemman tutkimisen arvoiseksi vaihtoehdoksi jää uuden lämpökeskuksen rakentaminen kaavoitettujen pientaloalueiden väliin. Alla olevan hahmotelman mukaisen kaukolämpöverkoston pituudeksi tulisi noin 825 metriä. Uusi lyhyempi verkosto olisi lähes 400 metriä lyhyempi kuin nykyisen lämpökeskuksen mukaan rakennettu verkosto. Lyhyemmän verkoston rakentamisen investointi olisi keskiarvo- ja edullisimmalla hinnalla noin 113 850 – 73 425 euroa, joka noin 51 000 euroa edullisempi kuin nykyisen lämpökeskuksen verkosto.



Kuva 4 Hahmotelma Muurikkalan vaihtoehtoisesta kaukolämpöverkosta (Finnish Consulting Group 2012)

Uuden lämpökeskuksen rakentamisesta syntyy luonnollisesti kustannuksia. Jos lämpökeskus toteutetaan hake- ja öljykattilan yhdistelmällä, on pelkkien kattiloiden kustannus 15 000 – 20 000 euroa. Lisäksi tarvitaan myös rakennus, jonka sisälle kattilat sijoitettaisiin ja polttoainevarastot sekä polttoaineen syöttölaitteet. Realistisesti arvioituna putkiston rakentamisesta säästetyt noin 51 000 euroa kuluisi uuden lämpökeskuksen rakentamiseen ja laitteiden hankkimiseen.

Lyhyemmän kaukolämpöverkon lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin alkuperäisen hahmotelman mallissa. Pienentämällä häviöitä voidaan pienentää polttoaineen kulu-

tusta, joka nostaa energiatehokkuutta ja tekee toiminnasta kannattavampaa. Uuden lyhyemmän putkiston tehohäviö voidaan laskea yhtälön 2 mukaan:

$$\Phi_{kh} = 28 \frac{W}{m} \cdot 825 m = 23\,100 W = 23,1 kW$$

Yhtälön mukaan lyhyemmän putkiston tehohäviö on 23,1 kW. Tämä on lähes 10 kW pidemmän verkoston häviötä pienempi.

Lyhyemmän verkoston vuotuinen energiahäviö voidaan määrittää yhtälöstä 5.

$$E_h = 23,1 kW \cdot 8760 h = 202\,356 kWh$$

Yhtälön mukaan vuotuiseksi energiahäviöksi tulisi 202 356 kWh. Pidemmän verkoston energiahäviöt olivat 294,3 MWh. Vuodessa säästettäisiin kaukolämpöverkon häviöissä siis 92 MWh. Kun puuhakkeen energiasisältö on noin 1 MWh/m<sup>3</sup>, tarkoittaisi 92 MWh:n säästö 92 m<sup>3</sup> säästöä vuotuisessa polttoainekulutuksessa. Todellisuudessa säästö on vielä suurempi, koska kattilan hyötysuhde on alle 100 %.

Lyhyemmän verkoston rakentamisen vaatiman investoinnin korottoman takaisinmaksujan määrittämisen lähtökohtana käytetään seuraavia arvoja:

- Hakkeen ostohinta on 20 €/MWh.
- Käyttökustannukset oletetaan 3 000 euroksi vuodessa.
- Verkoston investointi lasketaan korkeammalla arviolla, eli 138 €/m, joka tarkoittaa 113 850 euron kokonaisinvestointia.
- Uusi lämpökeskus maksaa 51 000 euroa.
- Kaukolämpöveden pumppauslaitteisto maksaa 5 000 euroa.
- Liittymismaksu on 2 000 euroa.
- Kaukolämmön myyntihinnaksi asetetaan 60 €/MWh.
- Laskelmissa kattilan hyötysuhteeksi oletetaan 85 %.

Koroton takaisinmaksuaika määritetään yhtälöstä 6.

$$\frac{5\,000\text{ €} + 165\,600\text{ €} - 23 \cdot 2\,000\text{ €}}{\left(391\text{ MWh} \cdot 60 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}\right) - \left(\frac{(391\text{ MWh} + 202\text{ MWh})}{0,85} \cdot 20 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} + 3\,000 \frac{\text{€}}{\text{a}}\right)}$$

$$= 19,2\text{ a}$$

Uuden lämpökeskuksen rakentaminen tulisi siis olemaan huomattavasti kannattavampi investointi kuin nykyisen hyödyntäminen, koska koroton takaisinmaksuaika on noin 9 vuotta lyhyempi. Koroton takaisinmaksuaika on tässäkin vaihtoehdossa hyvin korkea ja taloudellisilla perusteilla tämäkään investointi ei vaikuta kannattavalta. Lisäksi uuden lämpökeskuksen hinta on vain karkea arvio. Uuden lämpökeskuksen todelliset rakentamiskustannukset voivat vaihdella huomattavasti tässä esitettyyn arvioon nähden. Tarkempien laskelmien tekemiseksi täytyisi tehdä tarjouspyyntöjä eri yrityksiltä, joka ei valitettavasti ole mahdollista tämän opinnäytetyön aikataulun puitteissa.

## 6 KANNATTAVUUSLASKELMAT

Kaukolämmön hinnoittelussa on lähdetty olettamuksesta, että hinnoittelu tapahtuu pelkän energiankulutuksen mukaan. Suuret energiayhtiöt jakavat kaukolämmön hinnoittelun perus- ja energiamaksuun. Esimerkiksi Kotkan Energian kaukolämpöhinnastossa perusmaksu määräytyy sopimusvesivirran mukaan. (Kotkan Energia Oy 2014, 3.)

Jakamalla hinnoittelu energia- ja perusmaksuun sekä käyttämällä perusmaksun laskukaavana samaa kuin Kotkan Energia, energiamaksu olisi noin 20 €/MWh pienempi kuin alla olevissa laskelmissa. Käytännössä kokonaissumma pysyisi samana, mutta lämmitysenergian hinta näyttäisi asiakkaille edullisemmalta. (Kotkan Energia Oy 2014, 3.)

### 6.1 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysi on laskentamalli, jolla selvitetään kuinka suuria muutoksia yksittäisten tekijöiden muutokset tekevät tulos-, investointi- tai hintaennusteissa (Sanoma Media Finland Oy / Taloussanomien 2014). Muurikkalan kaukolämpöverkon tapauksessa herkkyysanalyysillä voidaan helposti ja yksiselitteisesti tutkia eri tekijöiden vaikutuksia kaukolämmön loppuhintaan. Koska kaukolämpöverkon rakentaminen on kustannusrakenteeltaan varsin yksinkertainen, saadaan herkkyysanalyysistä helposti

luettava taulukko. Taulukossa muutetaan yhtä arvoa kerrallaan ja lihavoidut arvot pysyvät vakiona.

Molemmissa herkkyyssanalyysissä investointi sisältää verkoston rakentamisen kustannukset sekä kaukolämpövesipumpun ja moottorin arvioidun 5 000 euron hinnan. Investoinnissa on käytetty kaukolämpöverkoston rakentamiskustannuksen keskiarvo- ja alinta hintaa pyöristettynä lähimpään tasalukuun (Energiateollisuus ry 2014b, 3). Lisäksi investointi on jaettu 10 vuoden ajanjaksolle. Eli 10 vuoden jälkeen kaukolämmön loppuhinta alenisi selkeästi. Käyttökustannukset koostuvat kattilan ja pumpun sähkönkulutuksesta. Käyttökustannusten osuus on vähäinen vuotuisten kustannusten tasolla.

Liittymismaksu on laskettu 1 000 euron portaissa tasan 1 000 eurosta 4 000 euroon. Liittymismaksulla voidaan kattaa osa investoinnista ja sen vaikutus loppuhinnan määräytymiseen on huomattava. Valtakunnallisella tasolla liittymismaksut vaihtelevat Kotkan Energian noin 2 800 eurosta Fortumin 5 800 euroon (Kotkan Energia Oy 2014, 3; Fortum Power and Heat Oy 2014). Liittymismaksua voidaan pitää kohtuullisena vielä 4 000 euron hinnalla.

Polttoaineen hinnaksi on valittu laaja alue. Lähialueella on puualan yrityksiä, joilta voi olla mahdollista ostaa pieniä määriä haketta edullisesti. Näin voitaisiin laskea polttoaineen keskihintaa ja samalla nostaa kannattavuutta huomattavasti. Myydyn energian määränä käytetään aiemmista laskelmista saatua 391 MWh:ia ja tuotettu energia koostuu kaukolämpöverkon ja kattilan häviöistä sekä myydystä energiasta. Nykyisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysissä polttoaineena tarvittu energia on 806 MWh ja vaihtoehdoisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysissä se on 698 MWh.

### 6.1.1 Nykyisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysi

Nykyisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysissä nähdään selkeästi, miten yksittäisten arvojen muutos vaikuttaa kaukolämmön loppuhintaan. Herkkyyssanalyysin perusteella nähdään, että ainoastaan polttoaineen ostohinnan puolittaminen saavuttaa toivotun 60 €/MWh loppuhinnan. Todellisuudessa polttoaineen ostohinnan puolittuminen ei ole kovin todennäköistä.

Taulukko 2. Nykyisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysi

Polttoaine [€/MWh]	Tuotantohinta [€/MWh]	Investointi [€/10 a]	Tuotantohinta [€/MWh]	Käyttökustannukset [€/a]	Tuotantohinta [€/MWh]	Liittymismaksu [€]	Tuotantohinta [€/MWh]
10	57,45	11300	62,73	2000	72,96	23000	89,84
15	67,76	14300	70,40	3000	75,51	46000	83,95
<b>20</b>	78,07	<b>17300</b>	78,07	<b>4000</b>	78,07	<b>69000</b>	78,07
25	88,38	20300	85,74	5000	80,63	92000	72,19

Taulukosta 3 nähdään, miten herkkyyssanalyysin mukainen tuotantohinta muodostuu polttoaineen, investoinnin ja käyttökustannusten osuuksista. Taulukon tiedot vahvistavat kaukolämpöverkon häviöiden suuren vaikutuksen lopulliseen kaukolämmön tuotantohintaan.

Taulukko 3. Herkkyyssanalyysin tuotantohinnan muodostuminen



### 6.1.2 Vaihtoehtoisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysi

Vaihtoehtoisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysissä investointi on oletettu samansuuruiseksi kuin nykyisellä lämpökeskuksella. Paremmiin sijoitetulla lämpökeskuksella on saavutettu tehokkaampi lämmönjakelu, joka alentaa selvästi polttoaineen kuluista. Lisäksi uusi lämpökeskus olisi teknisesti soveltuva, toimisi paremmalla hyötysuhteella ja olisi käyttövarmuudeltaan huomattavasti parempi.



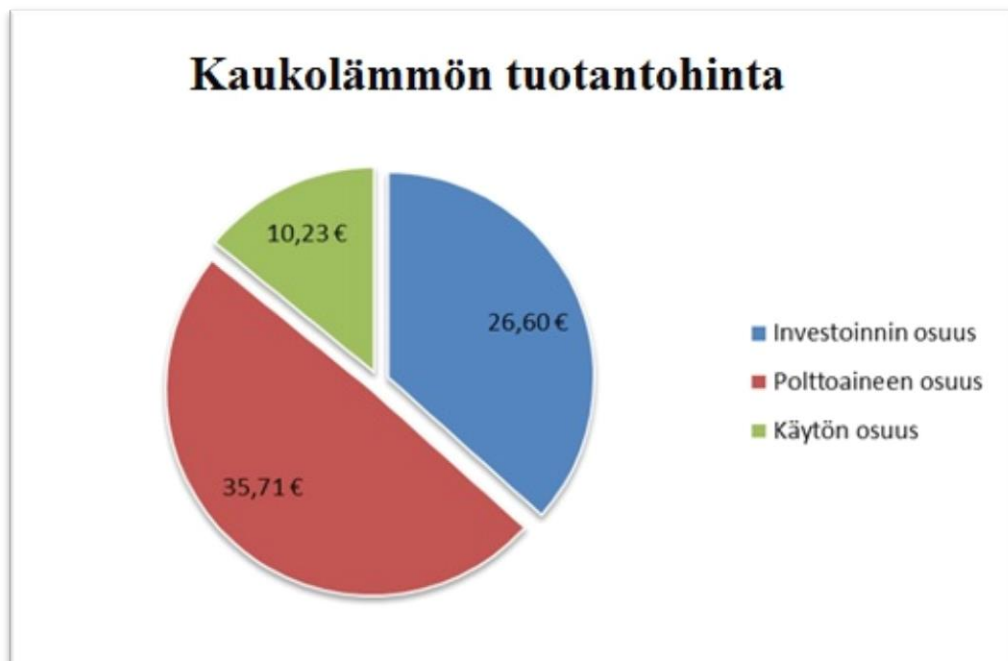
Taulukko 4. Vaihtoehdoisen lämpökeskuksen herkkyyssanalyysi

Polttoaine [€/MWh]	Tuotantohinta [€/MWh]	Investointi [€/10 a]	Tuotantohinta [€/MWh]	Käyttökustannukset [€/a]	Tuotantohinta [€/MWh]	Liittymismaksu [€]	Tuotantohinta [€/MWh]
10	54,68	11300	57,19	2000	67,42	23000	84,30
15	63,61	14300	64,86	3000	69,98	46000	78,42
<b>20</b>	72,54	<b>17300</b>	72,54	<b>4000</b>	72,54	<b>69000</b>	72,54
25	81,46	20300	80,21	5000	75,09	92000	66,65

Herkkyyssanalyysin perusteella huomataan, että tuotantohinta on kaikissa tapauksissa edullisempi kuin nykyisen lämpökeskuksen mallissa. Varsinainen hintaero muodostuu kaukolämpöverkon pienemmistä häviöistä, jotka alentavat polttoaineen kulutusta. Vaihtoehdoisen lämpökeskuksen mallissa tulee kuitenkin huomioida investoinnin epävarmuus. Uuden lämpökeskuksen rakentamiskustannus on vain karkea arvio ja kustannuksen todellinen arvo voi vaihdella huomattavasti tässä esitetystä arviosta.

Uudella lämpökeskuksella voi olla mahdollista tuottaa kaukolämpöä kannattavasti, jos verkoston rakentamiskustannus jää keskiarvohintaa edullisemmaksi ja liittymismaksu nostetaan 4 000 euroon. Tarkkojen hintatietojen saamiseksi tulisi tehdä tarjouspyyntöjä eri yrityksille uuden lämpökeskuksen sekä kaukolämpöverkon rakentamisesta. Kaukolämpöverkon lämpöhäviöitä on hyvin hankalaa enää pienentää, joten mahdolliset säästöt tulisi saada investoinnista.

Taulukko 5. Vaihtoehdoisen lämpökeskuksen tuotantohinnan muodostuminen



## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kaukolämmön tuotannon edellytykset Muurikkalan uuden osayleiskaavan alueella Miehikkälän kunnassa. Erityisesti piti tutkia alueella jo olemassa olevan lämpökeskuksen hyödyntämisen mahdollisuutta kaavoitetun pientaloalueen kaukolämmön tuotannossa. Laskelmien osoittama olemassa olevan lämpökeskuksen käyttämisen kannattamattomaksi, tehtiin ehdotus vaihtoehtoisesta menetelmästä kaukolämmön tuottamiseksi.

Kaukolämmön tuottaminen kannattavasti pientaloalueelle on hyvin haastavaa. Ongelma muodostuu nykyisten rakennussäännösten mukaisesti rakennettujen talojen pienestä energiankulutuksesta. Tällöin kaukolämpöverkon häviöt nousevat helposti korkeiksi asiakkaille myytyyn lämmitysenergiaan verrattuna. Optimaalisessa tilanteessa kaukolämpöverkon tehontarve kilowatteina olisi likimain sama kuin verkoston pituus metreinä, eli tässä tapauksessa tehontarpeen tulisi olla noin 800 kW. Isompien putkikokojen käyttäminen nostaa investointia mutta häviöiden pysyessä samalla tasolla kannattavuus kasvaa huomattavasti.

Laskelmien perusteella molemmat vaihtoehdot kaukolämmön tuottamiseksi vaikuttavat kannattamattomilta. Uuden lämpökeskuksen mallissa kannattaa tehdä tarjouspyyntöjä alan yrityksille todellisten rakennuskustannusten selvittämiseksi. Vasta tämän jälkeen voidaan varmuudella todeta mallin kannattavuus. Laskelmien ja arvioiden lähtökohdiana on ollut, että kaikki alueen pientalot liittyvät kaukolämmön piiriin. Jos liittymisaste jää alle 100 %, eli kaikki pientalot eivät liity, ei kaukolämmön tuotannosta tulla saamaan kannattavaa.

Lisäksi osana opinnäytetyötä on laadittu Excel-pohjainen laskentataulukko, jonka avulla voidaan tarkastella erilaisten rakennusten energiankulutusta, -kulutuksen jakautumista, kaukolämpöverkoston häviöitä ja kaukolämmön loppuhinnan muodostumista. Laskentataulukon avulla voidaan tehdä nopeasti arvioita kaukolämmön tuotannosta ja sen kannattavuudesta tietyllä asuinalueella.

## LÄHTEET

Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.

Energiateollisuus ry. 2014a. Kaukolämpö. Saatavissa: <http://energia.fi/koti-jalammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate> [viitattu 19.11.2014].

Energiateollisuus ry. 2014b. Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2013. Saatavissa: [http://energia.fi/sites/default/files/images/johtorakennuskustannukset\\_2013.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/images/johtorakennuskustannukset_2013.pdf) [viitattu 20.11.2014].

FCG Planeko Oy. 2008. Muurikkalan osayleiskaavan kaavaselostus 0505 – D1447.

FCG Planeko Oy. 2013a. Laisniementien paalutuskartta AP-1 tontit.

FCG Planeko Oy. 2013b. Laisniementien paalutuskartta AP tontit.

Finnish Consulting Group. 2012. Muurikkalan osayleiskaava 505 - D1447.

Fortum Power and Heat Oy. 2014. Kaukolämmön hinnat pientaloille. Saatavissa: <http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/kaukolampo/tuotteet-ja-hinnat/hinnat/pages/default.aspx> [viitattu 23.11.2014].

Ilmatieteen laitos. 2014. Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981 – 2010. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut> [viitattu 20.11.2014].

Kaakon kaksikko. 2014. Info. Saatavissa: <http://www.kaakonkaksikko.fi/Info> [viitattu 26.11.2014].

Kotkan Energia Oy. 2014. Kaukolämpöhinnasto. Saatavissa: [http://www.kotkanenergia.fi/sites/default/files/tiedostot/kaukolampohinnasto\\_2014\\_ilmme.pdf](http://www.kotkanenergia.fi/sites/default/files/tiedostot/kaukolampohinnasto_2014_ilmme.pdf) [viitattu 19.11.2014].

Porvoon Energia Oy. 2014. Mihin energiaa kuluu?. Saatavissa: <http://www.porvoonenergia.fi/fi/energianeuvonta/kotijaasuminen> [viitattu 21.11.2014].

Pöyry Management Consulting Oy. 2011. Kaukolämmön asema Suomen energiajärjestelmässä tulevaisuudessa. Saatavissa:

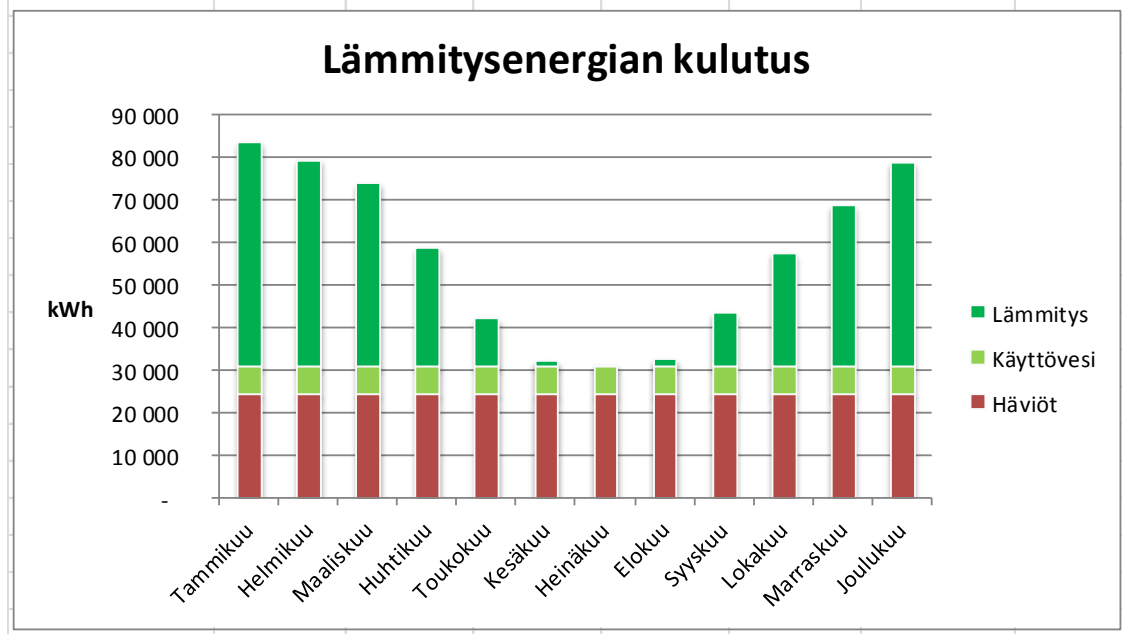
[http://energia.fi/sites/default/files/kaukolammon\\_asema\\_suomen\\_energiajarjestelmassa\\_tulevaisuudessa\\_poyrypdf.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/kaukolammon_asema_suomen_energiajarjestelmassa_tulevaisuudessa_poyrypdf.pdf) [viitattu 18.11.2014].

Rongas, H. Haastattelu 24.10.2014. Miehikkälä: Merikangas.

Sanoma Media Finland Oy / Taloussanomat. 2014. Taloussanakirja: herkkyysanalyysi. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/porssi/sanakirja/termi/herkkyysanalyysi/> [viitattu: 24.11.2014].



Talokohtainen energiankulutus		Käyttöveden osuus		Lämmityksen osuus	
Neliöt	200 m <sup>2</sup>	20 %		80 %	
Huonekork	2,5 m	<b>3 400</b>	<b>kWh</b>	<b>13 600</b>	<b>kWh</b>
Lämpöindeksi	34 kWh/m <sup>3</sup>				
	<b>17 000</b>	<b>kWh</b>			
Kokonaisenergiankulutus					
Rakennusten lkm	23 kpl	Käyttövesi		Lämmitys	
	<b>391 000</b>	<b>78 200</b>		<b>312 800</b>	
		<b>kWh</b>		<b>kWh</b>	
Kaukolämpöveden tilavuusvesivirta ja lämpötilaero				Verkoston häviöt	
	0,13 m <sup>3</sup> /h			28 W/m	
	0,036 kg/s			1200 m	
	50 °C			33,6 kW	
	4,2 kJ/kg°C			8760 h	
Teho	<b>7,6 kW</b>			<b>294 336</b>	
				<b>kWh</b>	
Lämmitystarveluvun mukainen energiankulutus					
Lappeenranta		Häviöt	Käyttövesi	Lämmitys	
Tammikuu	759	24 528	6 517	52 642	
Helmikuu	699	24 528	6 517	48 481	
Maaliskuu	621	24 528	6 517	43 071	
Huhtikuu	403	24 528	6 517	27 951	
Toukokuu	165	24 528	6 517	11 444	
Kesäkuu	22	24 528	6 517	1 526	
Heinäkuu	5	24 528	6 517	347	
Elokuu	28	24 528	6 517	1 942	
Syyskuu	184	24 528	6 517	12 762	
Lokakuu	386	24 528	6 517	26 772	
Marraskuu	546	24 528	6 517	37 869	
Joulukuu	692	24 528	6 517	47 995	
Kokonais	4510				



<b>Investoinnin takaisinmaksuaika</b>					
Hakkeen hinta	20	€/MWh		Verkoston pituus	
Investointiarvo	170600	€		1200 m	
Liittymismaksujen tu	69000	€		Verkoston hinta	
Käyttökustannukset	3000	€/a		138 €/m	
Myyty energia	391	MWh		Liittymismaksu	
Ostettu energia	806	MWh		3000 €	
Myyntihinta	60	€/MWh			
Takaisinmaksuaika	23,4	vuotta			
<b>Kaukolämmön myyntihinnan muodostuminen</b>					
Polttoaine	20,00	€/MWh			
Investointi	173 000,00	€			
Liittymismaksu	69 000,00	€			
Käyttökustannukset	4 000,00	€/a			
Tuotettu energia	806,28	MWh			
Myyty energia	391,00	MWh			
Nettoinvestointi	104 000,00				
Nettoinvestointi 10 a	10 400,00	€/a			
Polttoainekustannus	16 125,55	€/a			
Käyttökustannukset	4 000,00	€/a			
Yhteensä	30 525,55	€/a			
Kaukolämmön myynti	78,07	€/MWh			
Investoinnin osuus	26,60	€/MWh			
Polttoaineen osuus	41,24	€/MWh			
Käytön osuus	10,23	€/MWh			

