

YLIJÄÄMÄLÄMMÖSTÄ UUSIOLÄMMÖKSI, OSA II

- Liiketoimintamallit ja kannattavuus

EnergiaVäylän julkaisuja

Jukka Korri (TTS), Ari Laitala (Sykli)
Jaakko Wiikinkoski (Techvilla), Heikki Lahtinen (Techvilla)



TECHVILLA



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



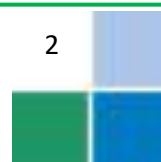
YLIJÄÄMÄLÄMMÖSTÄ UUSIOLÄMMÖKSI, OSA II

- Liiketoimintamallit ja kannattavuus

Julkaisija: Työtehoseura ry
Kiljavantie 6, 05200 Rajamäki
www.tts.fi | 09 2904 1200

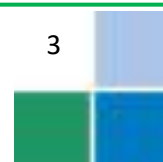
TTS julkaisuja 443

ISBN: 978-951-788-459-4
ISSN: 2489-8341
Nurmijärvi 2019

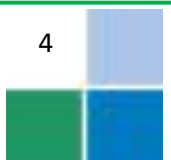


Sisällys

Tiivistelmä	5
Summary	6
1. Johdanto.....	7
1.1 Raportin sisältö ja rakenne.....	8
2. Energiaväylä Porterilaisen kilpailustrategian kehyksessä (Heikki Lahtinen, Jaakko Wiikinkoski)	8
2.1 Porterin viiden voiman mallin analyysi	9
2.1.1 Uusien tulokkaiden uhka	11
2.1.2 Korvaavat tuotteet	12
2.1.3 Toimittajien (ylijäämäenergian tuottajien) neuvotteluvoima.....	12
2.1.4 Ostajat (ylijäämäenergian käyttäjät) neuvotteluvoima	13
2.2 Toteutettavuus liiketoiminnan näkökulmasta	13
2.2.1 Liiketoimintamallista yleisesti	14
2.2.2 Energiainvestointien trendejä.....	15
2.3 Energiaväylän SWOT- yhtiön muodostamisessa eteen tulevat riskit yms.	16
3. Energian hinnoittelumalleista ja nykyisestä hintatasosta (Jukka Korri).....	16
3.1 Kaukolämpö.....	17
3.2 Maakaasu	19
3.3 Kevyt polttoöljy	20
3.4 Sähkö	21
Lähteet	21
4. Kaksisuuntainen energiakauppa itsenäisessä lämpöverkossa (Jukka Korri)	23
4.1 Yleiset hinnoitteluperusteet.....	24
4.2 Energian hinnoittelu kaksisuuntaisessa kaukolämpöjärjestelmässä	24
4.2.1 Hintaan vaikuttavat tekijät.....	24
4.2.2 Markkinamallit	25
4.2.3 Mallien soveltaminen itsenäiseen lämpöverkkoon	27
4.3 Väyläyhtiön ja asiakkaan välinen kauppa.....	29
4.3.1 Energiamaksu	29
4.3.2 Liittymis- ja tehomaksu	29
4.3.3 Omistuspohjan vaikutus hinnoitteluun.....	30
4.3.4 Verkkoon liittyminen ja siitä irtautuminen	31
4.4 Investointimallit ja investoijat	31
4.4.1 Kiinteistöt energian talteenoton investoijina	31
4.4.2 Väyläyhtiö investoi talteenottoon.....	32
4.4.3 Lämpöyrittäjämalli	32



4.5 Sahanmäen energiaväylä	33
Lähteet	34
5. Väyläinvestoinnin kannattavuus ja toteutettavuus (Jukka Korri)	35
5.1 Sahanmäen väyläinvestoinnin toteutettavuus energiataseen kannalta	35
5.1.1 Ylijäämälämpö	35
5.1.2 Sivuvirrat	35
5.1.3 Laitteistojen mitoitus ja yhdistäminen	36
5.2 Väyläinvestointien kannattavuus	36
5.3 Siirtoverkon käyttökustannukset	37
5.4 Siirtoverkostojen kokonaiskustannukset	38
Lähteet	39
6. Investointiskenaarioiden mallinnus ja tulokset (Ari Laitala)	40
6.1 Skenaariot	41
6.2 Investoinnin nettonykyarvon laskeminen	45
6.3 Asiakasarvon näkökulma: edullisemman energian kokonaisarvo	48
6.4 Päätelmät	48
Lähteet	49
7. Kannattavuuden tarkastelu case Sahanmäen biolämpölaitos (Jukka Korri)	50
7.1 Laskelmien perusteet	50
7.2 Laskelmat	51
7.2.1 Skenaario 1	51
7.2.2 Skenaario 2	53
7.2.3 Kysyntäjousto	54
7.2.4 Väyläyhtiön liiketoiminta	55
8. Energiaväylän selvityksiä (Ari Laitala)	58
8.1 Case Kapuli: Pienen aluelämpöverkon hyödyntäminen matalalämpöisenä sekä lämmönlähteiden ja säästöjen tarkastelu	58
8.1.1 Selvityksen keskeiset tulokset	58
8.1.2 Päätelmiä hankkeen näkökulmasta	60
8.2 Edullinen ylijäämälämpö potentiaalisena sijoittumisetuna – case Moreeni	61
9. Hankkeen loppupäätelmät	63



Tiivistelmä

EnergiaVäylä hanke käynnistyi kesäkuussa 2016 ja päättyi syyskuussa 2018. Hanke rahoitettiin pääosin Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) kautta Uudenmaan liiton toimiessa rahoitusta kanna-voivana tahona. Merkittävällä taloudellisella panoksella hankkeeseen osallistuivat myös useat Hyvinkään alueen yritykset Sahanmäen yritysyhdistyksen kautta sekä Nivos Oy Mäntsälästä. Hankkeen päätoteuttajana toimi Suomen ympäristöopisto Sykli Oy ja osatoteuttajina TTS Työte-hoseura sekä Teknologiakeskus Techvilla Oy.

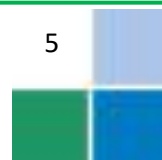
Hankkeen päätavoitteena oli selvittää, miten teollisessa valmistusprosessissa syntyvää ylijäämä-lämpöä voitaisiin hyödyntää aluetason lämmitysratkaisuna. Selvitystyö kattoi niin teknisiä, kauppa-lisia, juridisia kuin organisatorisiakin kysymyksiä. Suomesta löytyy muutamia hankkeessa kuvattuja osatoteutuksia, mutta hankkeessa tehtyjen havaintojen mukaan toistaiseksi ei ole olemassa to-teutusta, jossa ylijäämälämmön jakelu toteutettaisiin matalalämpöisessä tai peräti ultramatala-lämpöisessä verkossa.

Ensi vaiheessa hankkeessa luotiin yleiskatsaus Sahanmäen alueen kiinteistöjen energiatehokkuuteen. Tässä yhteydessä ja myöhemmin kerättyjen tietojen pohjalta muodostettiin Sahanmäen case-alueelle lämmitysenergiatase sekä toisaalta myös materiaalitase energia-arvoa sisältäviin materiaaivirtoihin keskittyen. Seuraavassa vaiheessa tekniisiin erityiskysymyksiin liittyen hankittiin konsulttiselvityksiä, jotka keskittyivät kiinteistöissä tarvittaviin lämpöpumppuratkaisuihin, matalalämpöverkon toteuttami-seen sekä lämmön talteenottoon lasivillatehtaan tuotantoprosessista. Näiden tulosten pohjalta koot-tiin hankkeen ensimmäisen raportti YLIJÄÄMÄLÄMMÖSTÄ UUSIOLÄMMÖKSI – uusiolämpöpotentiaalin hyödyntämisen alueellinen kartoittaminen.

Kakkosvaiheessa keskityttiin investoinnin mallintamiseen sekä kannattavuuden tarkasteluun. Lisäksi projektisuunnitelman mukaisesti luotiin katsaus kaukolämmön hinnoittelumalleihin, kaksisuuntaisen lämpökaupan toteuttamiseen sekä erilaisiin vaihtoehtoihin toiminnan liiketaloudelliseksi organisoimi-seksi. Tässä vaiheessa tuotettiin myös joitakin lisäselvityksiä, kuten konsulttityönä tilattu selvitys pie-nen aluelämpöverkon muuttamisesta matalalämpöiseksi sekä lämmönlähteen vaihtaminen sähkö-muuntajan tuottamaan hukkalämpöön. Tässä selvityksessä keskityttiin erityisesti Mäntsälän case-alueeseen. Lisäksi kiinnitettiin erityistä huomiota tulosten sovellettavuuteen ja laadittiin hanketyönä erillisselvitys siitä, miten tuloksia voidaan soveltaa osana logistiikka-alueiden kehitystyötä ja kiertota-louden kontekstissa laajemminkin.

Hankkeessa saavutettiin laajalti tuloksia. Tavoitteiden näkökulmasta tärkein tulos on se, että mahdolli-suudet teollisen ylijäämälämmön kannattavaan hyödyntämiseen ovat hyvät suhteellisen hyvät. Kes-keinen reunaehto on ylijäämälämmön saatavuus lähestulkoon omakustannushintaisena. Myös mallin-nettu biolämpölaitos vaikuttaa kannattavalta siinä tapauksessa, että alueella on saatavilla ilmaista energia-arvoista sivuvirtaa tai niin, että sivuvirtojen noutamisesta ollaan valmiita jopa hiukan maksa-maan, kuten tilanne useinkin on. Hankkeessa syntyi myös monia työkaluluontoisia ratkaisuja ja malleja jatkossa hyödynnettäväksi, kuten avoimen säädäntä hyödyntäminen alueellisen lämpöenergiataseen taustalla.

Yksi hankkeen monista kiinnostavista havainnoista oli Sahanmäen alueen yritysten aktiivisuus energia-asioihin liittyen. Tällainen havainto poikkeaa vallitsevasta paradigmasta. Yleisesti ottaen tämänkin hankkeen puitteissa oli kuitenkin edelleen havaittavissa, että ylijäämälämmön taloudelliseen arvoon ei kiinnitetä huomiota eikä hyödyntämismahdollisuuksia edelleenkaan juuri tunneta, edes kasvihuone-kaasujen vähentämisen näkökulmasta. Myös ylijäämälämmön merkitys kiertotalouden resurssina on yhä edelleen huonosti tunnistettu.



Summary

Project Energy Transfer Bus started at June 2016 and ended in September 2018. Project was financed mainly by the European Regional Development Fund (ERDF) when Helsinki-Uusimaa Regional Council acting as a finance coordinating body. Essential financing asset was provided by some of the Hyvinkää Sahanmäki area corporates through their local association Sahanmäki ry and also support of Nivos Ltd from Mäntsälä. Sykli Environmental School of Finland performed as a main realizer (coordinator) of the project when TTS and Techvillia acted as project partners.

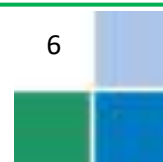
Main target of the project was to find out, how in industrial manufacturing process the generated excess heat could be exploited as a local heating solution. Work covered technical, economical, judicial and organisational questions. From Finland one can find some realisations which covers some parts of project themes now under consideration, but according to observations done during the project there are no realisations where excess heat is delivered through low temperature or even ultra low temperature networks.

At the first stage the general understanding of the energy efficiency of the buildings in the Sahanmäki Area was created. Based on the information gathered at this point and later the heating energy balance sheet and material flow balance sheet – latter focusing on the material which has energy value – were built in the Sahanmäki case –area. In the next phase consultancy work related to technical special questions was purchased focusing on the heat pumps needed in the buildings, low temperature networks and heat recovery in the glass wool factory. Based on these results the first project report was released called FROM EXCESS HEAT TO REUSE HEAT – areal mapping of the reuse heat potential.

In phase two the focus was in the investment modelling and in the feasibility study. And – according to project plan – review was dealt with the pricing models of the district heating, two-way heat trade plus different ways to organise the potential business of the case area. At this point also some extra reports were produced like a consultancy work handling the possible transformation of a small local area heating network to low temperature heating network including the possibility to change the heating source to excess heat produced by an electricity transformer. At the report the focus was in the Mäntsälä case area. In addition, special attention was paid to applicability of the results and separate report was produced to present, how results of the project could be applied as a part of the development work of the logistics hubs and in the context of circular economy.

Large scale results were achieved in the project. From perspectives of the project goals the main outcome is the conclusion that possibilities for the profitable exploitation of the industrial excess heat are good. Essential precondition is anyway the availability of the excess heat at cost price or near. Also the modelled bio energy plant seems to be profitable when very low cost energy intensive material flow can be exploited locally. In some cases this kind of material flow can be available even at the negative price, to avoid even bigger transportation cost. In the project several “tools” were developed to be exploited in coming projects, like open weather data modelling to support local heating energy balance sheet construction.

One of the many interesting observations in the project was the activity of the enterprises in Sahanmäki area. This kind of observation makes an exception to the dominant paradigm. Generally speaking, one of the observations was that economical value of the excess heat is not paid closer attention and exploitation possibilities are not usually known, not even the possibility to reduce the greenhouse gases. Also the significance of the excess heat as a resource of circular economy is still poorly recognised.



1. Johdanto

Tämä raportti on jatkoa EnergiaVäylä-hankkeen ensimmäiselle raportille YLIJÄÄMÄLÄMMÖSTÄ UUSIOLÄMMÖKSI - uusiolämpöpotentiaalin hyödyntämisen alueellinen kartoittaminen. Hankkeen ensimmäisessä raportissa selvitettiin alueellisen teollisen ylijäämälämmön hyödyntämisen perusedellytyksiä kuten ylijäämälämmön talteenottoa, jakelua, kausivaihtelua ja hyödyntämistä alueen kohdekiinteistöissä. Keskeisenä työkaluna tässä tarkastelussa toimi hankkeessa muodostettu alueellinen energiatase, jossa alueellisen säädatamallin ja kohdekiinteistöjen kulutuksen perusteella luotiin kokonaiskuva alueen lämpöenergian tarpeesta päivä- ja kuukausitasolla.

Teollisen ylijäämälämmön hyödyntämiseen liittyen hankittiin useita konsulttiselvityksiä, jotka liittyivät lämmön talteenoton ja lyhytaikaisen varastoinnin järjestämiseen, kulutuspään lämpöpumppuihin sekä väyläinvestointiin.

Laadittujen selvitysten ja tehtyjen johtopäätösten perusteella havaittiin, että hankkeen tekniseen toteuttamiseen ei liity mitään erityisiä teknisluonteisia haasteita, joskin osajärjestelmien yhteensovittamisessa ja optimoinnissa on epäilemättä seikkoja, joita nyt tehtyjen erillisselvitysten perusteella ei voida tässä yhteydessä kattavasti huomioida.

Osana tehtyjä selvityksiä kerättiin myös tekniseen toteuttamiseen liittyvää kustannustietoutta.

EnergiaVäylän ensimmäisessä raportissa kiinnitettiin erityistä huomiota myös alueen materiaalitaseeseen, jonka osalta yksityiskohtaiseen tarkasteluun otettiin energia-arvoa sisältävät sivuvirrat sekä niiden energiahyötykäyttömahdollisuudet sekä teknisestä että ympäristölainsäädännön näkökulmasta. Energiantuotantoratkaisuna tarkasteltiin erityisesti polttamista biolämpölaitoksessa.

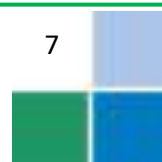
Energiahyötykäyttöön soveltuvien sivuvirtojen määrällinen tarkastelu suoritettiin Hyvinkään Sahanmäellä kerätyn aineiston perusteella. Alueen yrityksille kohdistetulla kyselyllä kerätyn datan mukaan selvästi suurin polttokelpoinen sivuvirtajae oli käytöstä poistettu puu. Lisäksi vuosittain syntyi kohtalainen määrä viljelykasvien siementen esilajitteluerotetta. Laskelmat osoittivat, että Sahanmäessä merkittävä osuus tarkasteltujen kiinteistöjen lämmitysenergiasta pystyttäisiin tuottamaan sivuvirtajakeilla.

Tässä EnergiaVäylän toisessa raportissa on keskitytty sivuvirtoihin perustuvan lämmitysratkaisun osalta hahmottamaan laitteistokokonaisuuden mitoitusta sekä laitteiston ja sillä tuotetun energian hintaa.

Ylijäämälämmön ja sivuvirtaratkaisun osalta kerättyä kustannustietoutta on nyt lähdetty tulkitsemaan ja muodostamaan kokonaisnäkemystä taloudellisesta näkökulmasta. Varsinaisena tavoitteena on ollut hahmotella, miten organisoitumalla ja millaisen toiminnan kautta taloudellinen kannattavuus optimoituisi.

Projektisuunnitelman mukaisesti tarkastelu tässä raportissa fokusoituu ns. väyläyhtiön perustamiseen toiminnan harjoittajaksi ja toiminnan taloudellisten reunaehtojen selvittämiseen. Käytännöllisesti katsoen nyt tehtävässä talousanalyysissä keskitytään investointianalyysiin. Väyläyhtiön toiminta tulisi olemaan hyvin investointipainotteista, joten itse yhtiön kannattavuus olisi suurelta osin riippuvainen tarvittavien investointien kannattavuudesta.

Taloudellinen tarkastelu tehdään erillisenä sekä biolämpölaitokseen perustuvan toteutuksen että toisaalta alueelta saatavilla olevaan teolliseen ylijäämälämpöcaseen perustuen.



Tämä raportti on pyritty laatimaan luettavuuden näkökulmasta samoin periaattein kuin ykkösosa-kin eli luvut muodostavat jossain määrin myös itsenäisiä kokonaisuuksia ja raportti muutenkin muodostaa mahdollisimman itsenäisen kokonaisuuden. Viittauksia raportin ykkösosaan on varsin vähän, mutta paikoitellen ykkösosan tietosisältöön perehtyminen avaa asioita, jotka sisällöllisesti tai perusteluiltaan jäävät tässä raportissa niukoiksi.

1.1 Raportin sisältö ja rakenne

Tämä raportti alkaa yleisellä liiketoimintasuunnittelua taustoittavalla tarkastelulla luvussa kaksi. Teoreettiseksi viitekehykseksi on valittu porterilainen strategia-analyysi. Vaikka tämä kehikko ei ole erityisen uutuusarvoinen, on se vakiinnuttanut asemansa strategia-analyysien työkalupakissa ja mahdollisesti myös osalle lukijoista tuttu.

Oleellinen osa liiketoimintamallia on toimialalla vallitsevien hinnoittelumekanismien ymmärtäminen ja analysointi. Hinnoittelumekanismia kuvataan yleisistä lähtökohdista ja konkretisoidaan käyttäen esimerkkinä paikallisen energiayhtiön ratkaisuja luvussa kolme.

Luvussa neljä käsitellään kaksisuuntaisen ja alueellisesti monenkeskisen lämpökaupan pelisääntöjä. Aihepiiristä on varsin niukalti kirjallisuutta ja kaksisuuntaisesta lämpökaupasta on ylipäänsä käytännön esimerkkejä Suomesta vielä hyvin niukalti saatavilla. Asioiden käsittely alkaa yleisluontoisella tarkastelulla ja etenee kohti käytännön soveltamismahdollisuuksia Energiaväylän tapauksessa.

Luvussa viisi avataan väyläinvestoinnin (siirtoverkoston) kannattavuuden tarkastelua. Pääpaino on kustannusten tarkastelussa ja mitoituksessa. Hankkeessa tehtyjen päätelmien perusteella väyläinvestointi ei sellaisenaan omistettuna investointina ole kuitenkaan mielekäs, vaan tarvitaan kokonaisvaltainen tarkastelu, joka tehdään ensin kappaleessa kuusi lasivillatehtaan ylijäämälämpötar- kastelun perusteella. Tarkastelu tapahtuu kolmen eri skenaarion kautta.

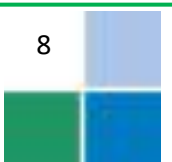
Luvussa seitsemän vastaavantyyppinen tarkastelu tehdään laaditun materiaalitaseen pohjalta.

Luvussa kahdeksan tarkastellaan Mäntsälän case-aluetta. Tähän liittyen hankkeen loppuvaiheessa tilattiin konsulttiselvitys, jossa tarkastellaan pienen perinteisellä kaukolämpötekniikalla toteutetun aluelämpöverkon käyttämistä matalalämpöisenä verkkona sekä toisaalta muuntamon ylijää- mälämmön hyödyntämistä tällaisen verkon lämmönlähteenä. Luku perustuu saadun konsulttisel- vityksen referaattiin. Kaksiosainen konsulttiselvitys on myös tämän raportin liitteenä.

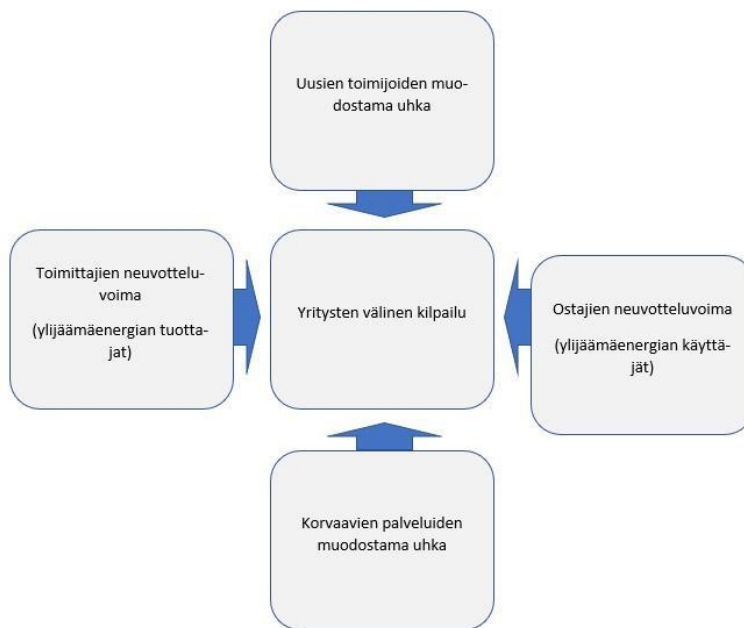
Luvussa yhdeksän tiivistetään hankkeen lopulliset päätelmät, jotka osittain perustuvat jo ykkösra- portissa listattuihin päätelmiin.

2. Energiaväylä Porterilaisen kilpailustrategian kehityksessä (Heikki Lahtinen, Jaakko Wiikinkoski)

Alla kuviossa 2.0 on summattu Energiaväylän potentiaalisesti kokemaa kilpailua Porterin viiden voiman mallin avulla. Mallissa huomioidaan olemassa olevien energiatoimijoiden välisen kilpailun lisäksi ulkopuoliset neuvotteluvoimat, joita on niin Energiaväylän asiakkailta kuin alihankkijoilla-



kin. Mielenkiintoisena yksityiskohtana on syytä huomata se, että sama toimija voi olla sekä väylän asiakas että toimittaja (eli energian käyttäjä ja ylijäämän toimittaja). Näillä on kuitenkin hyvin erilaiset neuvotteluasemat ja riippuvuussuhteet väylään. Lisäksi energiamarkkinoilla olevaan kilpailuun vaikuttaa alalle tulon kynnys ja korvaavien tuotteiden ja palveluiden uhka.



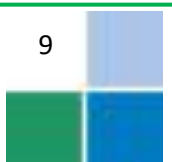
Kuvio 2.0 EnergiaVäylän kilpailuasetelma Porterin viiden voiman mallin mukaisesti

2.1 Porterin viiden voiman mallin analyysi

Teoreettisen kilpailuanalyysin mukaisesti EnergiaVäylä-yhtiön tulisi tarkastella jokaisen kilpailuvoiman ominaisuuksia. Liiketoimintastrategiassa tulisi sitten pyrkiä heikentämään näiden kilpailuvoimien aiheuttamia uhkia. Yllä olevia kilpailuvoimia voi tarkastella lähemmin mm. seuraavien näkökulmien avulla:

Intensiivinen kilpailu on keskenään vuorovaikutuksessa olevien rakenteellisten tekijöiden tulosta. Näihin tekijöihin kuuluu mm.

- Lukuisat tai samoin varustautuneet yritykset: Kilpailupaineet nousevat automaattisesti kilpailijoiden määrän kasvaessa. Markkinatilanne on usein epävakaa, jos yritykset ovat samankokoisia ja niillä on käytettävissään samanlaiset resurssit. Tällaisessa ympäristössä pienillä muutoksilla (esim. hinnoissa) voi olla huomattava vaikutus kaikkiin.
- EV toimii energiamarkkinassa, jota haluamme tässä tarkastella hieman laueammin kuin pelkkänä lämmitysenergiamarkkinana. Koska lämmitysenergiaa voidaan tuottaa myös muista energiamuodoista, kuten sähköstä, meidän tulee siksi huomioida kilpailijoina myös muut energiatoimittajat kuin pelkkä lämmitys.
- Keskeinen kilpailija on paikallisen kaukolämpöinfrastruktuurin omistama yritys, jolla on myös useita merkittäviä asiakkuuksia alueella. Toisaalta tässä on enemmänkin energiaväylän näkökulmasta "co-opetition" (Bengtsson & Kock, 2015) tilanne, jossa HLV on myös mahdollinen ja aito yhteistyökumppani uudelle energiaratkaisulle.
- Kuka omistaa maakaasuinfran?



- EV kilpailee vaihtoehtoisena tai lisälämmitysmuotona myös maakaasulle.
- Tällä hetkellä alueella olevilla potentiaalisilla asiakkailla on jo sidottuna pääomaa maakaasu- ja/tai kaukolämpöliittymiin, joten tältäkin osin asiakkaat ovat jo sitoutuneena muihin kilpailijoihin.
- Asiakkailla on myös vaihtoehtona käyttää lämmitykseen sähköenergiaa ja/tai öljyä.

Toimialan hidas kasvu: Hitaan (tai olemattoman) kasvun vaiheessa alkaa armoton kilpailu keskeisistä markkinoista.

- Tällä hetkellä ei ole oletettavissa, että lämmitysmarkkina oleellisesti kasvaisi.
- Päinvastoin tavoitteena on myös asiakkaiden energiatehokkuuden parantaminen ja siten ympäristöystävällisempi ja taloudellisempi toiminta.
- Pitkän aikavälin ilmastoskenaariot eivät myöskään tue ajatusta markkinan kasvusta.
- Tällä hetkellä yksi alueen suurimmista kiinteistöistä ja lämpöenergian käyttäjästä (VR:n konepaja) on juuri tyhjentyneessä, ja ennen kuin siihen tuleva uusi käyttäjä on tiedossa, alueella voi olla entistä enemmän ylitarjontaa kaukolämmöstä.
- Potentiaalinen kasvu voi syntyä alueelle sijoittuvista uusista toimijoista. Ideaalisinta olisi, jos tällainen uusi käyttäjä tarvitsisi lämpöenergiaa toimitilan lämmittämisen lisäksi osana prosessiaan (esim. kasvihuone, uimahalli ja/tai pesula).

Erilaistumisen puute tai asiakkaiden alaiset vaihtokustannukset: Jos asiakkaiden on vaikea tehdä ero eri tuotteiden välillä, kilpailua käydään enemmän mainonnan kuin ainutlaatuisen myyntiväitteen välityksellä. Vaihtokustannusten ollessa alaiset asiakkaat vaihtavat todennäköisemmin muiden kilpailijoiden tuotteisiin.

- Energiaväylä erottautuu nykyisistä vaihtoehtoista (maakaasu, kaukolämpö, sähkölämmitys), joten asiakkaiden on helppo tehdä ero eri vaihtoehtojen välillä.
- Energiaväylään siirtymisessä asiakkaalle syntyy vaihtokustannuksia EnergiVäylän liittymismaksun muodossa.

Strategiset panokset ovat korkealla yrityksen menettäessä markkina-asemiaan tai jos sillä on potentiaalia suureen kasvuun. Tämä voimistaa kilpailua.

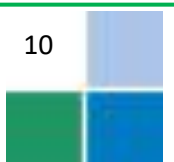
- EnergiaVäylä kilpailijana tulee toimimaan enimmäkseen uudella alueella (hukkalämmön hyötykäyttö), joka ei vie markkinaosuutta tämänhetkisiltä toimijoilta.

Korkeat markkinoilta poistumisen esteet voivat asettaa tuotteen hylkäämiselle suuret kulut. Yrityksen täytyy kilpailla.

Erilaisen yrityskulttuurin, historian ja filosofian omaavien yritysten runsaus voi tehdä toimialasta epävakaa.

- EnergiaVäylän toimialan nähdään olevan varsin vakaa.

Toimialan heilahtelu: Kasvavat markkinat ja mahdollisuudet suuriin voittoihin houkuttelevat uusia yrityksiä astumaan markkinoille ja vakiintuneita yrityksiä kasvattamaan tuotantoaan.



- Näköpiirissä ei ole, että Sahanmäen yritysalueelle syntyisi vielä uusia energiatoimijoita Energiaväylän ja nykyisten lämpöenergian toimittajien lisäksi.
- Nykyisten lämpöenergian toimittajien tarjoama palveluiden uudelleenhinnoittelu tai muut muutokset heidän palveluissaan voivat luoda heilahtelua toimialalla.

2.1.1 Uusien tulokkaiden uhka

Uudet tulokkaat ovat aina potentiaalinen uhka jo olemassa oleville yrityksille. Uusien tulokkaiden tulo samoille markkinoille voi johtaa mahdolliseen hintojen laskuun ja markkinaosuuksien menetykseen, mikä voi aiheuttaa painetta vakiintuneille yrityksille. Kilpailijat voivat yrittää vakiinnuttaa asemaansa ja synnyttää asiakasuskollisuutta käyttämällä erilaisia strategioita. Suurempi innovaatiokyky, *franchising* ja tuotedifferointi ovat eräitä keinoja, joita voi käyttää aseman vakiinnuttamiseen toimialalla. Sahanmäen teollisuusalueella uusien energiayhtiöiden tulo Energiaväylän kilpailijaksi samoille markkinoille on todettu hyvin pieneksi, mutta on kuitenkin hyvä tarkastella tätäkin kilpailuvoimaa mm. seuraavista näkökulmista:

Suurtuotannolla saavutetaan etuja tuotantoteknologian synnyttäessä korkeita kiinteitä kustannuksia verrattuna ylläpitokustannuksiin. Yrityksen kasvaessa tuotantokulut ovat paljon pienemmät ja niinpä voidaan valmistaa kannattavampia tuotteita kuin pienessä yrityksessä.

- Mikäli Energiaväylään liittyy oletetun arvion mukaisesti alueen yrityksiä, niin mahdollisuudet vielä uusille energia-alan toimijoille Energiaväylän jälkeen ovat varsin pienet.

Tuotedifferoinnilla saadaan yrityksen tuottamat palvelut poikkeavat huomattavasti kilpailijoiden tuotteista.

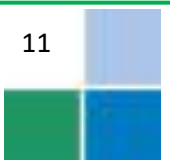
- Energiaväylä erottuu nykyisistä lämpöenergian toimittajista mm. lämmönlähteen osalta. Tämä on käsitelty edellisessä kappaleessa *Yritysten välinen kilpailu*.

Pääomavaatimukset: Uponneisiin kustannuksiin täytyy kiinnittää erityistä huomiota. Uponneet kustannukset ovat menneitä kuluja, joita ei voi saada takaisin, jos yritys päättää poistua markkinoilta. Myös toimialakohtaisia asioita tulee tarkkailla.

- Energiaväylän infrastruktuurin rakentamiseen sitoutuu paljon pääomaa. Tämä luonnollisesti otetaan huomioon investoinnissa projektin takaisinmaksuaikaa laskettaessa.

Vaihtokustannukset: Vaihtokustannukset koskevat asiakkaita, kun he harkitsevat vaihtavansa Energiaväylän palveluista jonkun muun yrityksen palveluihin.

- Vaihtokustannusten suuruus määräytyy mm. sen mukaan, muodostuuko Energiaväylän toiminnan lopulliseksi perustaksi esim. osuuskunta- pohjainen ratkaisu vai tuleeko Energiaväylä toimimaan osakeyhtiö- muotoisesti. Tämä vaikuttaa Energiaväylässä mukana olevien yritysten kustannuksiin, mikäli ne poistuisivat jonkun muun lämpöenergian toimittajan palveluihin.



2.1.2 Korvaavat tuotteet

Korvaavat tuotteet tai palvelut muodostavat uhkan EnergiaVäylälle, jos asiakas voi korvata Energiaväylän tarjoaman palvelun vastaavalla tuotteella tai palvelulla. Jos Energiaväylän lämpöenergian hinnat nousevat, alkavat käyttäjät todennäköisesti etsiä niille korvikkeita toisilta yrityksiltä. Korvaavia tuotteita analysoidessa tulisi pohtia seuraavia seikkoja:

Miten suuri on korvikkeiden aiheuttama uhka EnergiaVäylän palveluille?

- Tällä hetkellä olemassa olevat lämpöenergian tarjoajat ovat kilpailijoita EnergiaVäylälle myös jatkossa.

Ovatko mahdolliset korvikkeet korkealaatuisia?

- Nykyisten lämpöenergian toimittajien tarjoamat palvelut on todettu toimiviksi jo aiemmin.

Millaista tutkimusta ja kehitystä toimialalla tapahtuu, joka voi johtaa mahdollisten korvikkeiden ilmaantumiseen?

- Energia-alalla tehdään jatkuvasti tutkimusta ja kehitystä alalla tapahtuu, mutta muutoksia lämmönlähteiden osalta ei kuitenkaan nähdä todennäköisinä aivan lähivuosien aikana.

2.1.3 Toimittajien (ylijäämäenergian tuottajien) neuvotteluvoima

Ylijäämäenergian tuottajien osuus analyysissa on tärkeä, koska asiakasyritykset (ja EnergiaVäylä-yhtiö) ovat riippuvaisia ylijäämäenergian tuottajien palveluista. Minkälaisia paineita ylijäämäenergian tuottajat voivat aiheuttaa Energiaväylä-yhtiölle?

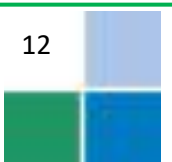
- Mikäli joku isoista ylijäämäenergian tuottajista jäisi EnergiaVäylästä pois, sillä voisi olla energian hintaan korottavia vaikutuksia. Myös lämpöenergian riittävyyteen tulisi haasteita, mikäli joku isoista tuottajista jäisi pois.

Voivatko tuottajat löytää uusia asiakkaita ja jos näin on, niin miten nopeasti?

- Ylijäämäenergian tuottajat voisivat mahdollisesti ottaa ylijäämäenergian omaan käyttöön – suoraan lämmönhukan tuotantopaikalta. Tätä riskiä voidaan pienentää sopimuksissa määrättyissä ylijäämälämmön tuotannon velvoitteissa.

Miten riippuvainen Energiaväylä-yhtiö on ylijäämäenergian tuottajista?

- Energiaväylä-yhtiö voi olla riippuvainen isoimmista ylijäämäenergian tuottajista, riippuen siitä valikoituuko Energiaväylän perustaksi vain hukkalämmön talteenotto, sivuvirtojen talteenotto vai näiden kahden yhdistelmä.



2.1.4 Ostajat (ylijäämäenergian käyttäjät) neuvotteluvoima

Asiakasyritysten eli ylijäämäenergian ostajien näkökulmaa voi tarkastella mm. seuraavien seikkojen avulla:

Miten tärkeä EnergiaVäylän tarjoama palvelu on asiakasyrityksille?

- Asiakasyritykset voivat hoitaa tarvitsemansa lämpöenergian hankinnan ja käytön kuten tähänkin mennessä, mutta EnergiaVäylä voisi tarjota vaihtoehdon jossa kustannukset voisivat olla pienemmät.

Millaista liikevaihtoa EnergiaVäylä tavoittelee asiakkaiden (tai asiakasryhmien) avulla?

- EnergiaVäylä tavoittelee n. 1 Meur vuosittaista liikevaihtoa.

Miten todennäköistä on, että asiakkaat ostavat korvaavia tuotteita?

- Asiakkailla on mahdollisuus hankkia lämpöenergiansa muista tuotantomuodoista, mutta todennäköisyys toisen vaihtoehdon hankintaan riippuu asiakkaan sitoutuneisuudesta EnergiaVäylä- hankkeeseen.

Miten paljon asiakkailla on tietoa korvaavista tuotteista?

- Asiakkaat tuntevat korvaavat tuotteet, eli nykyiset käytössä olevat lämpöenergian hankintamallit hyvin.

Mitä trendejä asiakkaiden tarpeissa on odotettavissa?

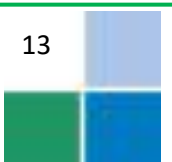
- Yleisen taloudellisen tilanteen parantuessa myös asiakkaiden omassa tuotannossa voi tapahtua nousua, joka voi näkyä lämpöenergian tarpeen lisääntymisenä. Toisaalta, energia- tehokkuuden tietämyksen lisääntyminen yrityksissä alkaa myös näkymään energiankulutuksen ja tuotannon sivuvirtojen pienentymisenä.

Millaisia laatuvaatimuksia asiakkailla on?

- Lämpöenergian suhteen päällimmäinen laatuvaatimus asiakkailla on lämpöenergian saannin jatkuvuus eli toimintavarmuus.

2.2 Toteutettavuus liiketoiminnan näkökulmasta

Tämän kappaleen tarkoituksena on tarkastella ylijäämälämmön hyödyntämistä Sahanmäen alueella liiketoimintamallien näkökulmasta. Olettamuksena on se, että tarvittavat tekniset ratkaisut ovat jo olemassa tai ainakin ne ovat ratkaistavissa vaivatta. Aikaisempien selvitysten perusteella todetaan, että markkinoilta on kuitenkin vaikea löytää potentiaalia kannattavan liiketoiminnan



aloittamiseen. Jäljempänä esitetään liiketoimintamalli, joka esittelee ne palvelut, jotka Energiaväylä voisi tuottaa asiakkailleen.

Liiketoimintamallin ja ansaintalogiikan lisäksi käydään läpi myös kannattavuuslaskelmia, joita tarkastellaan tarkemmin lisää myös Johtopäätökset- osissa. Tämän dokumentin lopussa käydään vielä läpi työn tulokset ja johtopäätökset sekä esitellään niitä mahdollisia jatkotoimenpiteitä, jotka mahdollistaisivat liiketoiminnan aloittamisen yleisestä näkökulmasta.

Tässä dokumentissa on toteutettavuuden käsittelyä rajattu tietyiltä osin. Esim. verotukseen ja markkinointisuunnitelmaan otetaan kantaa vain teoriatasolla. Dokumentin lopuksi käydään vielä läpi ajatuksia niistä toimenpiteistä, joita tulee tehdä ennen liiketoiminnan aloittamista.

2.2.1 Liiketoimintamallista yleisesti

Yleisesti katsoen liiketoimintamalli on kuvaus niistä rakenteista, jotka sisältävät tuotteet, palvelut ja informaatiovirrat. Lisäksi uudelle yritykselle tehtävä liiketoimintamalli sisältää usein mm. seuraavat kohdat:

- kuvaus arvolupauksesta
- kuvaus markkinasegmentistä
- määritelmä arvoketjun rakenteesta
- arvio kustannusrakenteesta
- arvio liikevoittopotentialista
- kuvaus yrityksen asemasta arvoverkossa
- kilpailustrategian.

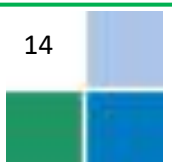
Nämä yllä olevat kohdat ovat suurimmalta osin relevantteja myös Energiaväylä- tyyppisen yhtiön liiketoimintamallin kuvauksessa. Hankkeessa kuitenkin joudutaan rajaamaan joitakin asioita käsitelyn ulkopuolelle.

Liiketoimintamalli ei myöskään ole kuvaus yrityksen strategiasta. Tämä tulisi huomioida erityisesti silloin kun tämän hankkeen tuloksia tarkastellaan jonkin uuden teollisuusalueen energiaratkaisuja selvitettäessä. Normaalisti liiketoimintamalli ei ota kantaa kilpailuasetelmiin ja kilpailuun yleisesti. Nämä kilpailuasetelmat riskeineen on kuitenkin kuvattu tässä raportissa aiemmin kohdassa 2.

Yleisen käsityksen mukaan yrityksen kilpailuetu perustuu sen kykyyn luoda asiakkaalle arvoa. Jotta Energiaväylä- yhtiön toiminta olisi kannattavalla pohjalla, olisi Energiaväylään liittyvän asiakkaan kokeman arvo oltava suurempi kuin ne kustannukset, jotka syntyvät tämän arvon luomisesta.

Liiketoimintamallin kehittäminen luonnollisesti edellyttää, että hahmotetaan nykytilanne ja se mihin suuntaan yritys on tulevaisuudessa suuntaamassa. Kehityspolun alussa tunnistetaan mm. ydinosaamiset ja resurssit. Energiaväylän osalta kyseessä on keskeisimmiltä osin hukkalämpö ja sen hyödyntäminen. Ydinosaaminen Energiaväylä- hankkeeseen osallistuvien yritysten kohdalla on heidän omissa liiketoimissaan, joten Energiaväylä- hankkeessa ei siinä mielessä ole kyse tavanomaisesta eri osapuolten osaamisten synergiasta.

Liiketoimintaympäristön kuvaaminen ja sen tulevaisuuden hahmottaminen auttavat tavoitteiden asettamisessa. Luonnollisesti tarvitaan myös realistiset näkemykset markkinoista, potentiaalisista asiakkaista, omasta kilpailukyvyistä sekä kilpailijoista. Seuraavassa kappaleessa kuvataan yleisellä tasolla em. tekijöiden osuus Energiaväylä- yhtiön liiketoiminnassa.



Seuraavissa kappaleissa kuvatut näkemykset ovat Energiaväylä- hankkeen aikana tehtyjä huomioita ja johtopäätöksiä. Ne perustuvat laskelmiin ja haastatteluihin, sekä hankkeen aikana pidettyjen seminaarien tuotoksiin. Osallisena hankkeessa ovat olleet paitsi paikalliset yritykset Sahanmäen teollisuusalueelta, myös useat energiayhtiöt. Näitä näkemyksiä voidaan myös tulkita yleisellä tasolla myös muissa mahdollisissa kohteissa, joissa Energiaväylää vastaava matalalämpöverkko on yksi vaihtoehto lämpöenergian jakeluun. Tässä hankkeessa syntyneitä huomioita voidaan soveltaa uusien teollisuusalueiden lisäksi myös rakenteilla olevien asuinalueiden lämpöenergian jakelun suunnittelussa ja toteutuksessa.

2.2.2 Energiainvestointien trendejä

Energiainvestoinnit ovat luonteeltaan pitkäikäisiä ja ne tehdään useimmiten kymmenien vuosien ajanjaksolle. Tänä päivänä tehdyt ratkaisut vaikuttavat siis pitkälle tulevaisuuteen, vaikka myös aiemmin tehdyt ratkaisut vaikuttavat tämänhetkiseen toimintaympäristöön.

Ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämpöverkoissa on lähtökohtaisesti mahdollista, joskin markkinaympäristö on varsin erikoislaatuinen. Markkina koostuu teollisuuslaitoksesta, jossa syntyy hyödynnettäväksi sopivaa ylijäämälämpöä ja toisena osapuolena on Energiaväylä-yhtiö. Energiaväylä-yhtiön verkko on lähellä teollisuuslaitosta. Yleisellä tasolla sopivien teollisuuslaitosten ja matalalämpöverkko-yhtiöiden muodostamien parien löytymistä voidaan helpottaa mm. tutkimalla relevantteja tilastotietoja.

On myös syytä kiinnittää huomiota niihin asioihin, jotka edesauttavat lämmön talteenottohankkeen kannattavuutta. Tässä hankkeessa esille tulleiden seikkojen osalta hankkeen kannattavuuteen positiivisesti vaikuttavia asioita voisivat olla mm:

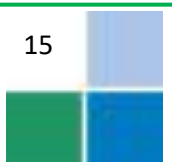
- Uusiutuvien energialähteiden pienenevä osuus lämmöntuotannossa
- Kaukolämpöverkon riittävä koko vuosikulutuksen näkökulmasta
- Kaukolämmön hintakehitys
- Uudet suunnitteilla olevat teollisuus- ja asuinalueet

Energiayhtiöillä on yhä enemmän kiinnostusta korvata fossiilisia polttoaineita ylijäämälämmöllä. Mikäli teollisuusalueen ylijäämälämpö alkaa olla jo merkittävässä mittaluokassa, niin silloin ylijäämälämmön käyttö primäärienergiana voisi tulla harkintaan, tietyin edellytyksin.

Kaukolämmön hinnoittelua seurataan myös kilpailunrajoituslain näkökulmasta. Tämän kilpailunrajoituslain tarkoitus on estää määräävän markkina-aseman syntymistä. Lain mukaan hintatason on oltava paitsi kohtuullinen, niin myös kustannuksia vastaava. Myyntihintojen voidaan siis olettaa vastaavan lämpöenergian tuotantokustannuksia. Samalla myös korkeiden myyntihintojen voi olettaa johtuvan korkeista tuotantokustannuksista tai lämmöntuotannon raaka-aineiden hankintakustannuksista. Vaihtoehtoisten lämmönhankintatapojen, eli tässä tapauksessa ylijäämälämmön kustannuksilla onkin suuri merkitys energiayhtiön kannattavuudelle.

Potentiaaliset asiakkaat

Energiaväylä-yhtiö voidaan nähdä palveluliiketoimintana. Asiakslähtöisyys on palveluliiketoiminnassa ensisijaisena näkökulmana. Energiaväylä-yhtiö palvelun tuottajana tulisi nähdä asiakkaansa tarpeet sellaisesta näkökulmasta, kuinka arvokkaaksi asiakas kokee hankkimansa palvelun, eli Energiaväylän tapauksessa lämpöenergian hankinnan. Asiakkaat eivät siis hae Energiaväylästä



oman liiketoimintansa tueksi uusia palveluita, vaan ovat kiinnostuneita lähinnä pakollisten kustannusten minimoinnista. Energiaväylä- yhtiö palvelujen tuottajana pitäisikin siis olla selvillä omasta roolistaan asiakkaiden näkökulmasta, sekä siitä mikä Energiaväylässä on asiakkaille oikeasti relevanttia ja tärkeää.

Oma kilpailukyky ja kilpailutilanne

Yleisesti ottaen kilpailutilanteen seuraaminen ja tarkemmin kilpailijoiden tarkastelu on yritykselle itsestään selvyyttä. Energiaväylän tapauksessa kilpailutilanne on varsin vakaa ja toimintaympäristö tunnetaan jo vuosien ajalta. Tästä johtuen kilpailutilanteessa ei ole odotettavissa ratkaisevia muutoksia lähitulevaisuudessa.

2.3 Energiaväylän SWOT- yhtiön muodostamisessa eteen tulevat riskit yms.

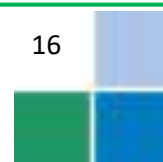
Alla olevassa taulukossa on kuvattu Energiaväylä- tyyppisen yhtiön vahvuudet ja heikkoudet.

Taulukko 2.3 Energiaväylän SWOT-analyysi, joka (perustuu hankkeessa Sahanmäen alueen yrityksille toteutettuun työpajaan).

Nykytila	Vahvuudet	Heikkoudet
	- Toimijat paikallisia, tuntevat toisensa - Verkon laajuus kohtuullinen	- Osallistujien rajalliset investointimahdollisuudet - Hankaluus nykyisten lämmityssopimusten vaihtamisessa
EnergiaVäylä	Mahdollisuudet	Uhat
	- Säästöt jätekustannuksissa - Säästöt lämmityskustannuksissa	- Hukkalämmön tuotannon jatkuvuus - Energian hinnan nousu

3. Energian hinnoittelumalleista ja nykyisestä hintatasosta (Jukka Korri)

Energiakauppa noudattelee Suomessa pitkälti yleisiä ja jo perinteisiksi muodostuneita hinnoittelumalleja. Malleissa, ja etenkin hinnoissa, on kuitenkin jonkin verran alueellisia eroja. Seuraavassa kaukolämmön ja maakaasun hinnoittelu on esitetty käyttäen esimerkkinä Sahanmäen teollisuusalueellakin vaikuttavan Hyvinkään Lämpövoima Oy:n (HLV) hinnoittelua. Kevyen polttoöljyn ja sähkön osalta hinnoittelu ja hinnat on esitelty yleisemmällä tasolla.



3.1 Kaukolämpö

Sahanmäen teollisuusalueella kaukolämmön jakelusta vastaa Hyvinkään Lämpövoima Oy. Hyvinkään Lämpövoiman kaukolämmön hinta koostuu yleiseen tapaan energiamaksusta sekä liittymän perusmaksusta, joka määräytyy liittymän tilaustehon perusteella. Voimassa olevassa (1.1.2016 alkaen) kaukolämpötariffissa [1] perusmaksu (alv 0 %) määritetään taulukossa 1 esitetyn mukaisesti. Puolivuosittain tarkastettava kustannuskerroin K on tällä hetkellä 1,163.

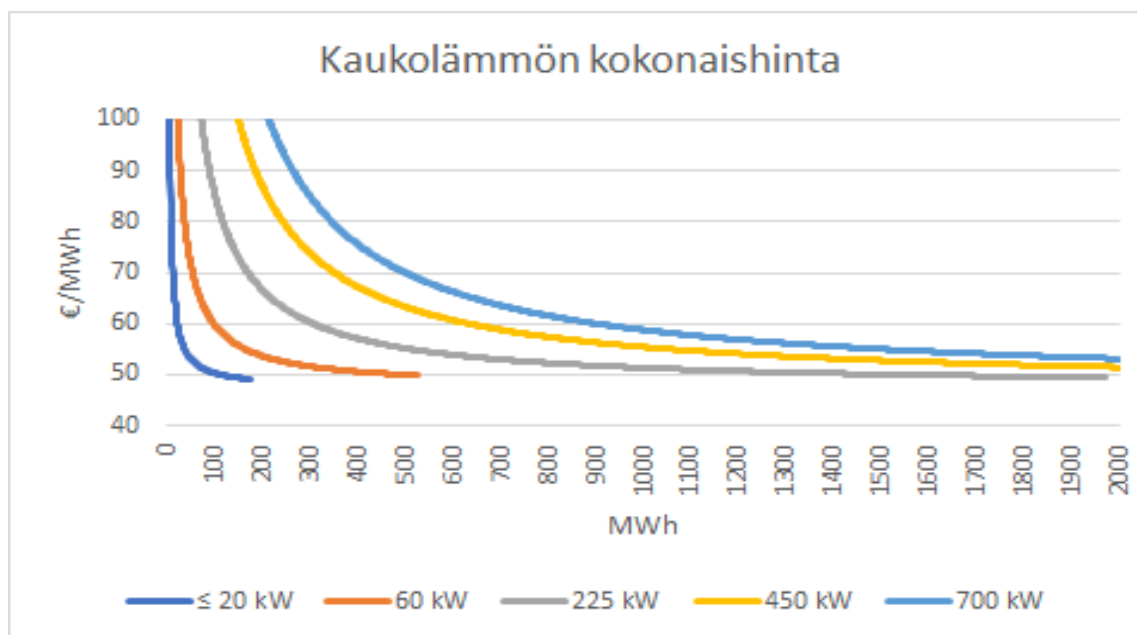
Taulukko 1. Hyvinkään Lämpövoiman kaukolämmön perusmaksun muodostuminen.

Asiakasryhmä	Tilausteho P, kW	Perusmaksu €/vuosi
0 pientalot	≤ 20	$K \times 249$
1	> 20 - 60	$K \times [249 + 20,58 \times (P - 20 \text{ kW})]$
2	> 60 - 225	$K \times [1072 + 16,35 \times (P - 60 \text{ kW})]$
3	> 225 - 450	$K \times [(3770 + 13,6 \times (P - 225 \text{ kW})]$
4	> 450	$K \times [(6830 + 6,4 \times (P - 450 \text{ kW})]$

HLV:n energiamaksu on 47,48 €/MWh (alv 0 %). Yhtiö tarkistaa energiamaksun puolivuosittain (1.4. ja 1.10.), sekä tarpeen vaatiessa kuukausittain. HLV ilmoittaa määrittävänsä tilaustehon Energiateollisuus ry:n suosituksen K15 (1998) mukaisesti.

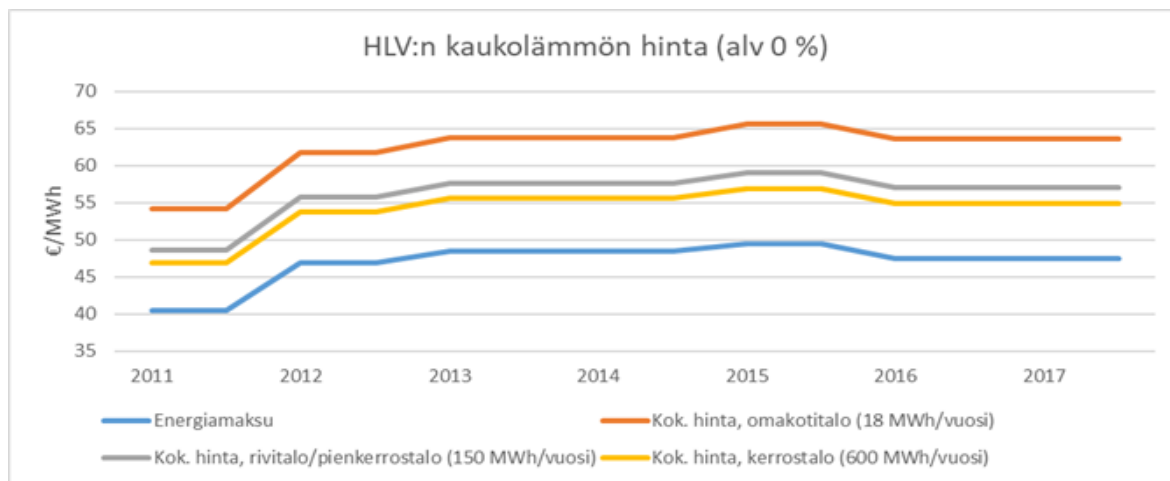
Lämpöenergian laskennallinen kokonaishinta on Energiateollisuus ry:n määrittämissä tyyppirakennuksissa 54,9–63,6 €/MWh (kulutus 18–600 MWh/vuosi, alv 0 %). Kaukolämmön kokonaishinnan määräytyminen eri tehoisilla liittymillä käytetyn energiamäärän mukaan on esitetty kuviossa 1.

Kuvio 1. Esimerkkejä Hyvinkään Lämpövoiman kaukolämmön kokonaishinnasta (perus- ja energiamaksu, alv 0 %) eri tilaustehoilla ja kulutetun energian määrillä.



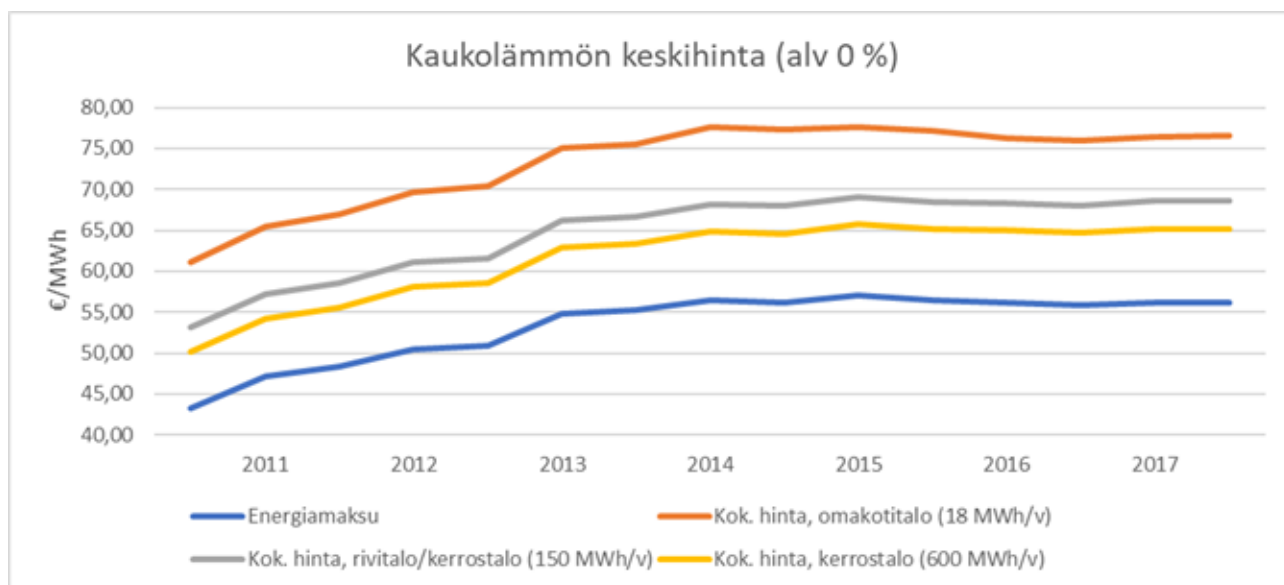
HLV:ltä saatujen kulutus- ja laskutustietojen perusteella mukana Energiaväylä-hankkeessa olevien yritysten kaukolämmöstä maksama kokonaishinta (perusmaksu + energiamaksu) vaihtelee välillä 59-62 €/MWh (alv 0 %). HLV:n kaukolämmön energiamaksu ja perusmaksu ovat Energiateollisuus ry:n määrittelemissä tyyppirakennuksissa kehittyneet viime vuosina kuvion 2 mukaisesti.

Kuvio 2. HLV:n kaukolämmön energia- ja perusmaksun kehitys vuosina 2011-2017.



Heinäkuun alussa 2017 kaukolämmön energiamaksun (aritmeettinen) keskiarvo Suomessa oli 56,2 €/MWh (alv 0 %). Kansallinen kaukolämmön keskimääräinen kokonaishinta (energiamaksu + tehomaksu) vaihtelee Energiateollisuus ry:n määrittelemillä tyyppirakennuksilla (kuvio 3) välillä 65,2-76,6 €/MWh (alv 0%) [2]. HLV:n kaukolämmön hinta on siis selvästi kansallisen keskihinnan alapuolella. Energiamaksu on 8,7 €/MWh (alv 0 %) keskihintaa pienempi. Tyyppirakennusten lämmitysenergian kokonaishinnat puolestaan ovat 10,3-13,0 €/MWh (alv 0 %) alle kansallisen keskiarvon.

Kuvio 3. Kaukolämmön energia- ja perusmaksun kansallisen keskiarvon kehitys vuosina 2011-2017.



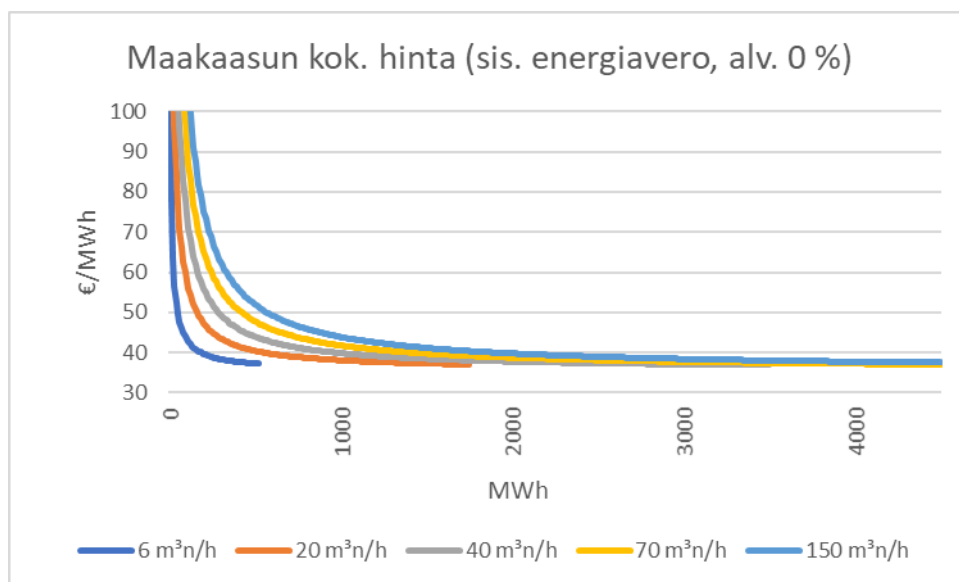
3.2 Maakaasu

Kaukolämmön tapaan myös maakaasun jakelusta Sahanmäen teollisuusalueella vastaa Hyvinkään Lämpövoima Oy. Maakaasuverkkoon liittymisestä HLV perii liittymismaksun, joka määritetään tapauskohtaisesti asiakkaan tilaustehon perusteella. Lisäksi maakaasun siirtohintaa koostuu kiinteästä maksusta ja kulutusmaksusta. Voimassa olevan HLV:n maakaasutariffin [3] mukaan kiinteä maksu muodostuu taulukossa 2 esitetyn mukaisesti. Voimassa oleva kustannuskerroin K on 0,19000.

Taulukko 2. Hyvinkään Lämpövoiman jakeleman maakaasun kiinteän maksun muodostuminen.

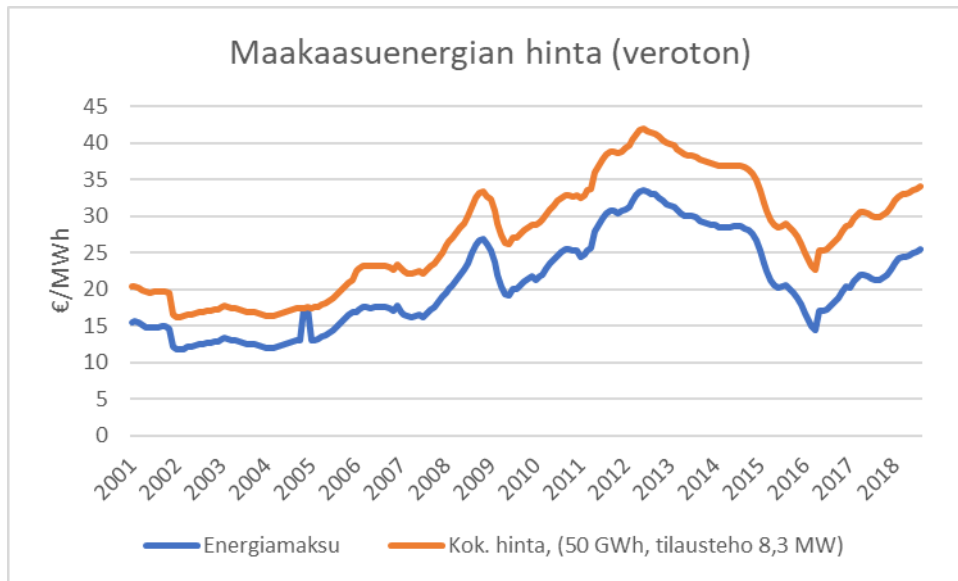
Tilauskaasuvirta (Q), m ³ n/h	Kiinteä maksu, €/vuosi
0 - 6	$K \times (200 + 700 \times Q)$
6 - 20	$K \times (800 + 600 \times Q)$
20 - 40	$K \times (3400 + 470 \times Q)$
40 - 70	$K \times (8600 + 340 \times Q)$
yli 70	$K \times (22600 + 140 \times Q)$

Maakaasun kulutusmaksu perustuu kulutettujen kaasukuutiometriä määrään. Voimassa oleva kulutusmaksu on 15,80 snt/m³n (15,80 €/MWh). K-kertoimen arvo ja kulutusmaksu tarkistetaan puolivuositin (1.10 ja 1.4), tarkistushetkellä päättyneen vuosipuoliskon kustannusmuutosten perusteella. Lisäksi kulutusmaksu voidaan tarpeen vaatiessa tarkastaa kuukausittain. Kaukolämmöstä poiketen maakaasun hintaan lisätään vielä energiavero (sis. valmisteveron ja huoltovar-
muusmaksun). Voimassa oleva energiavero (1.1.2018 alkaen) maakaasulle on 19,864 snt/m³n (19,9 €/MWh). Kuviossa 4 on esitetty esimerkkejä kaasun kokonaishinnasta HLV:n hinnoittelulla.



Kuvio 4. Esimerkkejä maakaasun kokonaishinnasta (kiinteä + energiamaksu + energiavero, alv 0 %) eri tilauskaasuvirroilla ja kulutetun kaasun määrillä.

Gasum Oy:n tukkutariffiin perustuva maakaasun verottoman hinnan kehitys [4] on esitetty kuviossa 5. Vuoden 2018 elokuussa maakaasun keskimääräinen kokonaishinta teollisella yrityksellä (vuosikulutus 50 GWh, tilausteho 8,3 MW) oli 53,9 €/MWh (sis. energiaverot, alv 0 %).



Kuvio 5. Maakaasun energiamaksun ja kokonaishinnan (verottomia) keskimääräinen kehitys teollisella esimerkkikäyttäjällä.

3.3 Kevyt polttoöljy

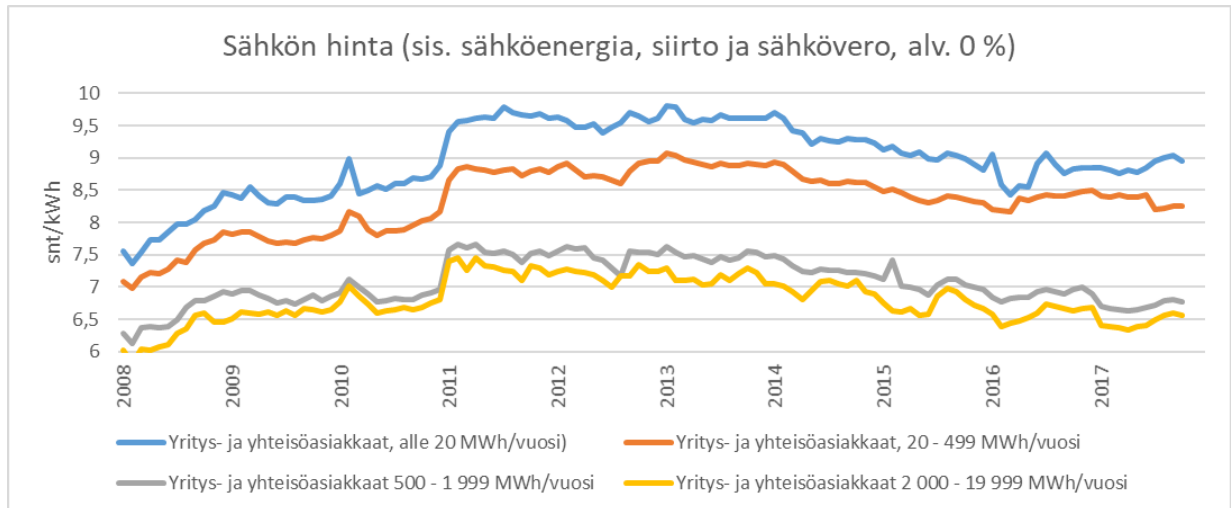
Öljyn hinnan muodostuminen poikkeaa kaukolämmöstä ja kaasusta jonkin verran. Toimitustavasta johtuen liittymämaksuja ei ole, mutta litrahinnan päälle maksetaan toimitusmaksu. Kevyen polttoöljyn keskimääräinen kuluttajahinta veroineen vuoden 2017 lopussa oli 92,1 snt/litra [5]. Arvonlisäveroton hinta oli tuolloin 74,3 snt/litra (74,5 €/MWh). Hinnat vaihtelevat tilatun määrän mukaan. Hinnan kehitys 2000-luvulla on esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Kevyen polttoöljyn kuluttajahinnan (alv. 0%, sis. polttoaineveron ja huoltovarmuusmaksun) kehitys 2000-luvulla.

3.4 Sähkö

Sähkön hinta käyttäjälle muodostuu itse sähköenergian hinnasta, sähkönsiirron hinnasta sekä sähkö- ja arvonlisäverosta [6]. Sähkön hinta (alv. 0 %) yritys- ja yhteisöasiakkailla on viime vuosina vaihdellut kuviossa 6 esitetyllä tavalla.



Kuvio 6. Sähkön hinnan (alv. 0 %) vaihtelu eri kokoluokan yritys- ja yhteisöasiakkailla.

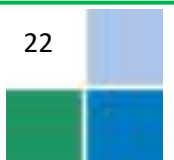
Vuoden 2017 lokakuussa yritys- ja yhteisöasiakkaiden keskimääräinen sähkön hinta ilman arvonlisäveroa vaihteli suurten asiakkaiden (2 000-19 999 MWh/vuosi) 65,6 €/MWh:n ja pienten asiakkaiden (alle 20 MWh/vuosi) 89,5 €/MWh:n välillä [6].

Lähteet

- [1] Kaukolämpötariffi 1.1.2016 alkaen, Hyvinkään Lämpövoima Oy [Online].
Osoite: <https://hlv.fi/assets/files/pdf/KAUKOLAMPOTARIFFI2016.pdf>
Sivulla vierailtu: 9.10.2018.
- [2] Kaukolämmön hintatilasto,” Energiateollisuus ry [Online].
Osoite:
https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolamm_on_hintatilasto.html
Sivulla vierailtu 4.10.2018.
- [3] Maakaasutariffi, Hyvinkään Lämpövoima Oy [Online].
Osoite: https://hlv.fi/assets/files/pdf/maakaasutariffi_2018.pdf
Sivulla vierailtu: 9.10.2018
- [4] Maakaasun teollisuuskäyttäjähintojen ja tukkutariffi-indeksin kehitys, Energiavirasto [Online].
Osoite:
<https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Tukkumaakaasutilasto.xlsx/8c3cd1ee-77cf-4f64-978f-42202d105d57>

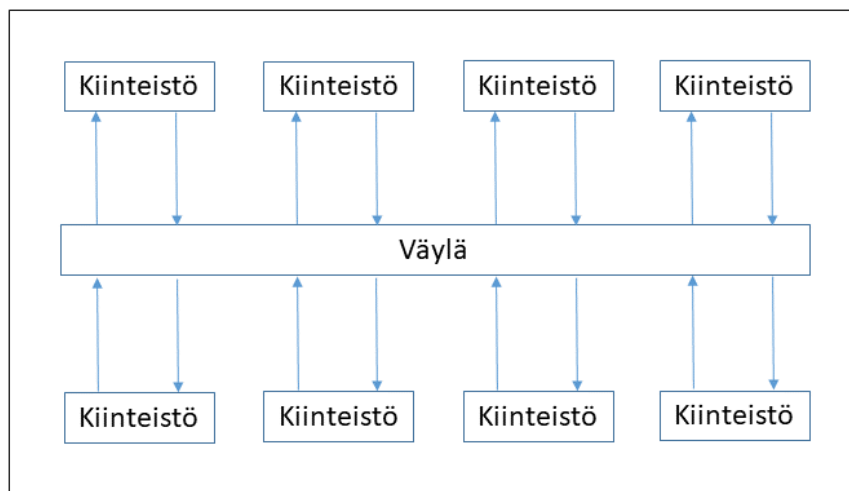
Sivulla vierailtu 28.9.2018.

- [5] Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta, Öljy- ja biopolttoaineala ry [Online].
Osoite:
http://www.oil.fi/sites/default/files/sivut/sisaltosivu/liitetiedostot/1.1_oljytuotteiden_kuluttajahintaseuranta_0.pdf
Sivulla vierailtu: 4.10.2018
- [6] Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin,” Tilastokeskus [Online].
Osoite:
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/statfin_ehi_pxt_004_fi.px/?rxid=07d8f6f0-4264-47be-9b4d-3bb50c3160f6
Sivulla vierailtu: 1/2018.



4. Kaksisuuntainen energiakauppa itsenäisessä lämpöverkossa (Jukka Korri)

Energiaväylä-hankkeessa tavoitteena on luoda toimintamalli itsenäiselle teollisuuden ylijäämälämpöä hyödyntävälle lämpöverkolle. Lähtökohtana on, että jokaisen väylään liittyvän kiinteistön on mahdollista toimia lämmön *asiakastuottajana* (myös *tuottaja-kuluttaja*, eng. producer-consumer -> prosumer). Jokainen kiinteistö voi siis paitsi ottaa verkosta tarpeensa mukaan lämpöenergiaa, myös syöttää sitä verkkoon silloin, kun ylijäämäenergiaa on tarjolla. Verkon toimintaperiaatetta on hahmoteltu kuvassa X.

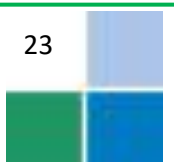


Kuvio 1. Periaatekuva lämpöverkosta, jossa jokainen liitetty kiinteistö voi toimia kuluttajan että tuottajana.

Mallissa on siis ensisijaisesti tarkoitus hyödyntää teollisissa prosesseissa syntyvää ylijäämälämpöä. Kuitenkin myös primäärinen lämmöntuotanto esimerkiksi sivuvirtamateriaaleja polttamalla on mahdollista. Ylijäämälämmön tai sivuvirtamateriaaleista tuotetun energian lisäksi järjestelmään on tarpeellista kytkeä myös varalämmönlähde, joka turvaa lämmönsaannin esimerkiksi häiriötilanteissa.

Lämpöverkkoa voidaan tietyissä rajoissa käyttää energiankulutuksen tasaajana, mutta muuten verkkoon syötettävän ja sieltä otettavan lämpöenergian määrän pitää pysyä tasapainossa. Liiallinen energian syöttäminen väylään voi johtaa järjestelmähäiriöihin, ja toisaalta myös lämmön siirtyminen verkkoon voi estyä, mikäli siinä kiertävän veden lämpötila on liian korkea. Liian vähäinen syöttö puolestaan johtaa kiinteistöjen riittävän lämmönsaannin estymiseen. Väylään tarvitaan siis toimija tai järjestelmä, joka ohjaa energian syöttöä ja ottoa väylästä.

Kaksisuuntaista energiakauppaa on syytä tarkastella paitsi energiamäärien myös kaupankäynnin kannalta. Lämmöntalteenottoon, lämpöpumppeihin, siirtoverkkoon ja erillisiin lämmitysratkaisuihin tehtävien merkittävien investointien takia voidaan olettaa, että lämmöntuottaja haluaa väylään siirtämästään lämmöstä korvauksen. Se, että väylään siirrettävälle lämmölle muodostuu nolasta poikkeava hinta, monimutkaistaa tilannetta selvästi, sikäli kun oletuksena on myyntitulojen oikeudenmukainen jakautuminen.



Itsenäisessä lämpöverkossa lämpökaupan tarkastelu kannattaa jakaa kahteen eri osaan. Näistä ensimmäinen on tilanne, jossa lämmön kysyntä ylittää hukkalämmön ja/tai sivuvirroista tuotetun energian tarjonnan. Tällöin tilanne on yksinkertainen, koska verkkoon kannattaa ottaa kaikki tarjolla oleva ylijäämälämpö, olettaen että se on primäärisillä lähteillä tuotettua energiaa edullisempaa.

Tilanne on kuitenkin toinen, kun lämpöenergian kysyntä laskee alle tarjonnan. Näin voi tapahtua etenkin itsenäisissä verkoissa, joissa kytkettyjen kiinteistöjen määrä on pieni ja teollinen hukkalämpöpotentiaali kiinteistöjen kokonaiskulutukseen nähden suuri. Tällöin kaikkien halukkaiden lämmönmyyjien tarjoamaa lämpöä ei voida ostaa verkkoon. Jokaisen hinnoittelumallin tulee tarjota tilannetta varten oikeudenmukainen ratkaisu kaupankäyntiin.

4.1 Yleiset hinnoitteluperusteet

Palveluiden hinnoittelussa käytetään yleensä seuraavia pääperusteita.

1. Kustannusperusteinen hinnoittelu
2. Markkina-, kilpailu- ja asiakasperusteinen hinnoittelu
3. Omat päämäärät ja tavoitteet hinnoittelun perustana

Niiden soveltaminen riippuu paljon markkinatilanteesta, mutta perusteet vaikuttavat usein myös yhtäaikaaisesti [1].

Kustannusperusteisessa hinnoittelussa hinta määräytyy tuotteen valmistuksesta syntyvien kustannusten perusteella. Lopullinen hinta saadaan, kun tuottaja lisää kustannusten päälle haluamansa katteen. Puhtaassa markkinahinnoittelussa tuotteen hinta määräytyy markkinoilla olevien samanlaisten ja toisiaan korvaavien tuotteiden kysynnän ja tarjonnan mukaan. Yksittäisellä tuottajalla ei siis ole suuria mahdollisuuksia vaikuttaa tuotteen hintaan. Kilpailutilanteessa tuotteen hinta saatetaan kuitenkin painaa jopa alle tuotantokustannusten markkinaosuuden kasvattamiseksi tai kilpailijoiden pudottamiseksi.

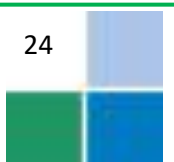
Asiakasperusteisessa hinnoittelussa tuotteen hinta voidaan muodostaa esimerkiksi asiakkuuden laadun ja siitä muodostuvan asiakaskannattavuuden tai asiakkaan kokeman hyödyn perusteella. Omat päämäärät ja tavoitteet, joita voidaan käyttää hinnoittelun perusteena, ovat esimerkiksi suurten voittojen tavoittelu korkeilla hinnoilla monopoliasemassa tai hinnan määräytyminen asiakkaan sosiaalisen aseman tai maksukyvyn mukaan.

4.2 Energian hinnoittelu kaksisuuntaisessa kaukolämpöjärjestelmässä

4.2.1 Hintaan vaikuttavat tekijät

Pöyry Management Consulting on tarkastellut kaksisuuntaista lämpökauppaa Energiateollisuuden ja Sitran tilaamassa raportissa *Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit* [2]. Raportissa tarkastellaan pääasiassa tilanteita, joissa nykyinen, kaukolämpöyhtiön hallussa oleva, järjestelmä muutetaan kaksisuuntaiseksi. Mallit ovat kuitenkin pitkälti sovellettavissa myös kokonaan uuden ja itsenäisen verkon perustamiseen.

Raportissa on tarkasteltu tekijöitä, jotka vaikuttavat lämpöä ostavan toimijan (tässä kaukolämpöyhtiö) maksuhalukkuuteen. Asiakastuottajalta lämpöä ostavan kaukolämpöyhtiön lämmöstä mak-



samaan hintaan vaikuttavat useat tekijät. Vaihteluvälin ylärajan muodostaa kaukolämpöyhtiön vaihtoehtoiskustannukset eli se, millä hinnalla yhtiö kykenee itse tuottamaan tarvittavan lämpöenergian. Alarajan puolestaan muodostavat asiakastuottajalle ylijäämälämmön talteenotosta muodostuvat kustannukset. Tämän lisäksi mm. lämmön saatavuus, tarjolla olevan energian lämpötila, sijainti sekä energian päästöttömyys vaikuttavat maksuhalukkuuteen.

Keskeinen maksuhalukkuuteen vaikuttava tekijä on lämpöenergian saatavuus, ennen kaikkea se, onko ylijäämälämpöä saatavilla yhtä aikaa kysynnän kanssa. Ilman merkittävää varastointikapasiteettia ei kysyntäajan ulkopuolella tarjolla olevalle lämmölle ole käyttöä.

Se, minkä lämpötilaista energiaa kaukolämpöverkkoon voidaan syöttää, vaihtelee verkostokohtaisesti. Asiaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi verkoston mitoitus ja vallitseva ulkolämpötila. Vaatimukset saattavat myös vaihdella vuodenaikojen välillä, sillä talvella verkostossa kiertää kuumempi vesi, jotta riittävästi lämpöä saadaan toimitettua kaikille asiakkaille. Kaukolämpöyhtiölle on helpointa ja kannattavinta hyödyntää lähellä verkon lämpötilaa olevaa ylijäämälämpöä. Näin ollen siitä voidaan myös maksaa korkeinta hintaa.

Ylijäämälämmönlähteen sijoittuminen verkkokokonaisuuden kannalta edulliseen kohtaan voi nostaa kaukolämpöyhtiön saamaa hyötyä ja sitä kautta myös maksuhalukkuutta. Toisaalta heikko sijainti (kaukana kuluttajista tai hankalassa kohtaa verkkoa) nostaa kaukolämpöyhtiön siirtokustannuksia, mikä puolestaan alentaa maksuhalukkuutta.

4.2.2 Markkinamallit

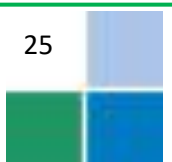
Pöyryn Management Consultingin raportissa [2] kaksisuuntaista lämpökauppaa on tarkasteltu verkon eri avoimuustasoilla ja sille on määritetty neljä vaihtoehtoista markkinamallia:

- Kiinteän hinnan malli
- Rajakustannusmalli
- Kapasiteettimalli
- Verkko avoimena alustana

Kiinteän hinnan mallissa sekä rajakustannus- ja kapasiteettimallissa nykymuotoinen kaukolämpöyhtiö on vastuussa verkon toiminnasta sekä lämmöntuotannosta. Verkko avoimena alustana -mallissa tuotannolla on avoin liittymisoikeus verkkoon, eikä varsinaista kaukolämpöyhtiötä ole. Mallissa lämmön siirrosta vastaa kaukolämpöverkkoyhtiö.

Kiinteän hinnan malli

Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit -raportin mukaan kiinteähintainen malli soveltuu erityisesti kaksisuuntaisen lämpökaupan aloittamiseen, mutta toimii myös pitkäaikaisessa käytössä. Kiinteiden hintojen avulla on helppoa kerätä kokemuksia ja lisätä osapuolten ymmärrystä kaksisuuntaisesta liiketoiminnasta. Kahdenvälisellä kiinteähintaisella sopimusmallilla asiakastuottajalle on tavoitteena taata tulo, jonka pohjalta on helppo toteuttaa investointilaskelmat. Hinta määräytyy asiakastuottajan kustannusrakenteen ja kaukolämpöyhtiön vaihtoehtoiskustannusten perusteella, mutta ei suoraan vastaa kaukolämpöyhtiön hetkellisiä omia tuotantokustannuksia. Korkeasta räätälöinnin tasosta ja asiakaskohtaisista sopimuksista johtuen kiinteän hinnan malli nähdään soveltuvan vain tilanteeseen, jossa asiakastuottajia on vähän. Kiinteä hinta voidaan sopia tietyille aikavälillä, ja se voidaan myös indeksoida. Lämmöstä voidaan maksaa joko energia- pohjaista tai kapasiteettiperusteista hintaa, joka on määritetty sovituksi ajanjaksoksi halutulla aikajalla (eri hinta eri aikaan). Ostaja ja myyjä voivat sopia lämmölle tavoitellun tai mini-



/maksimienergiamäärän. Kaukolämpöyhtiö määrittelee verkkoon ostettavan lämmön määrän tarpeensa mukaan, eikä asiakkaalla ole toimitusvelvollisuutta, ellei toisin sovita. Kahdensuuntaisen laskutuksen välttämiseksi on yksinkertaisinta hoitaa laskutus nettolaskutuksena.

Rajakustannusmalli

Rajakustannusmallissa kaukolämpöyhtiö asettaa verkkoon ostettavan lämmön hinnan omien rajakustannustensa perusteella. Asiakastuottajat voivat itse päättää tuotantohalukkuudestaan asetetun hinnan perusteella. Sopimus energian myynnistä tehdään kahdenvälisesti asiakastuottajan ja kaukolämpöyhtiön välillä. Käytännössä energiakauppaa tapahtuu, kun asiakastuottajan lämmöntuotantokustannukset alittavat kaukolämpöyhtiön vastaavat kustannukset. Mallissa verkon toiminnasta vastaava kaukolämpöyhtiö voi määritellä maksamansa hinnan viikko-, päivä- tai jopa tuntitasolla. Rajakustannusmalli sopii erityisesti tilanteeseen, jossa kaukolämpöyhtiöllä on verkkoon liitettynä useampia asiakastuottajia.

Rajakustannusmallissa kaukolämpöyhtiö julkaisee ostohintansa riittävästi etukäteen tulevalle ajanjaksolle. Ilmoitukseen sisältyy myös maksimimäärä, joka kyseisellä hinnalla voidaan ostaa. Hintaan voidaan tarvittaessa tehdä tehoporrastus. Tuottajat vastaavat ostohintoihin toimittamalla kaukolämpöyhtiölle sitovat myyntitarjouksensa. Tästä huolimatta asiakkaalla ei rajakustannusmallissa ole lämmöntoimitusvelvoitetta.

Kapasiteettimalli

Kapasiteettimallissa kaukolämpöyhtiön asiakastuottajat sitoutuvat sopimusteknisesti varaamaan kaukolämpöyhtiön/-verkon käyttöön tietyn määrän lämmöntuotantokapasiteettia. Mallissa tulovirta asiakastuottajan suuntaan koostuu kapasiteettimaksusta sekä tuotetun energiamäärän mukaan maksettavasta energiamaksusta. Koska asiakastuottaja saa maksun kapasiteetistä, on se velvollinen toimittamaan verkkoon lämpöenergiaa kaukolämpöyhtiön pyytäessä. Sopimukseen voidaan laatia sanktiopykälä, jolla kannustetaan asiakastuottajaa tuotantokapasiteetin ylläpidossa. Asiakastuottajana mallissa voivat toimia esimerkiksi suuret teollisuuslaitokset, jotka pystyvät hyvin ennakoimaan käytettävissä olevan kapasiteetin määrää. Kaukolämpöyhtiön kannalta hyötyä tilanteesta on erityisesti silloin, jos se pystyy asiakastuottajan avulla vähentämään omaa investointitarvettaan uuteen tuotantoon.

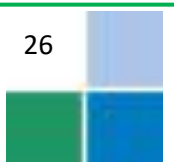
Verkko avoimena alustana

Pöyryn Management Consultingin raportissa esiteltyyn avoimen alustan periaatteella toimivaan verkkoon voivat liittyä kaikki halukkaat lämmöntuottajat ennalta sovituin perustein. Tämä toimintaperiaate mahdollistaa kaksisuuntaisen kaukolämpöliiketoiminnan, mutta vie ajatuksen vielä pidemmälle mahdollistamalla tuottajien vapaan liittymisen.

Mallissa energiakauppa toteutetaan kahdenvälisillä sopimuksilla ja kaukolämpöverkkoyhtiö vastaa ainoastaan siirrosta. Tuottaja vastaanottaa lämmöstä energiamaksun ja verkkoyhtiö siirtomaksun, jolla katetaan verkon ylläpito. Järjestelmä vaatii käytännössä myös toimijan, joka on vastuussa tasehallinnasta (energiansiirtojen hallinnointi) sekä mahdollisesti tasevastaavan lämmöntuottajan, joka on vastuussa vara- ja huippukapasiteetin ylläpidosta. Molemmat tehtävät voidaan antaa esimerkiksi kaukolämpöverkkoyhtiön hoidettavaksi.

Verkko avoimena alustana mahdollistaa periaatteessa vapaan kilpailun kaukolämmöntuotannossa, mutta haasteena ovat tasehallinnan ja toimittajanvaihdon mahdollistavien toiminnallisuuksien ja järjestelmien sekä avoimen lämpökaupan käytäntöjen luominen.

Pöyryn Management Consultingin esittämä malli avoimesta verkosta on lähellä sähkömarkkinan yleistä toteutusmallia Suomessa ja maailmalla. Yleiseksi käytännöksi sähkön pörssikaupassa ovat



muodostuneet päivittäiset tarjouskilpailut. Niissä kukin sähköntuottaja ilmaisee tarjouksessaan seuraavan päivän kullekin tunnille sähkön hinnan sekä määrän, jonka kyseisellä hinnalla on halukas tuottamaan. Vastaavasti sähkönostaja ilmaisee sähkölle hinnan sekä määrän, jonka on kyseiseen hintaan halukas ostamaan. Pörssi muodostaa osto- ja myyntitarjouksista kysyntä- ja tarjontakäyrät, joiden perusteella tunti hinnat määräytyvät. Sähköntuottajat siis sitoutuvat tuottamaan tietyn määrän sähköä vuorokauden kunakin tuntina, sovittuun hintaan. Mikäli tuottaja ei pysty tuottamaan sovittua määrää, joutuu se korvaamaan vajeen tunti hintaa korkeammalla hinnalla. Liikaa tuottavat toimijat puolestaan saavat sovitun määrän ylittävistä tuotannosta tunti hintaa alemman korvauksen [3].

4.2.3 Mallien soveltaminen itsenäiseen lämpöverkkoon

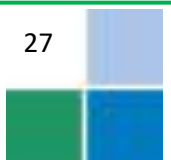
Pöyryn esittämä kiinteän hinnan malli on hyvin pitkälti sellaisenaan sovellettavissa myös itsenäiseen lämpöverkkoon. Kiinteän hinnan määrittäminen lämpöverkkoon myytävälle lämmölle on kaksisuuntaisen energiakaupan hinnoittelumalleista selkein ja ennakoitavin. Malli mahdollistaa varsin tarkan arvioinnin lämpöenergiasta saatavista tuloista ja siitä syntyvistä menoista.

Kaupankäynti on selkeää tilanteessa, jossa kysyntää on enemmän kuin ylijäämälämpöä on tarjolla (ol. ylijäämälämpö on kokonaisuutena edullisempi kuin primääriset lämmönlähteet). Tällöin on selvää, että kaikki ylijäämälämpö kannattaa ostaa väylään. Tilanteen, jossa ylijäämälämmön tarjonta ylittää kysynnän, varalle on kuitenkin erikseen sovittava säännöt kaupankäyntiin. Tällöin väyläyhtiöllä on oltava selvillä, missä suhteessa energiaa kultakin halukkaalta myyjältä ostetaan. Oikeudenmukaisin ratkaisu lienee myyntiosuuksien jakaminen samassa suhteessa tehtyjen laiteinvestointien suuruuden kanssa.

Rajakustannusmalli on toiminnaltaan edelleen varsin lähellä kiinteän hinnan mallia. Mikäli verkon energiankulutus on tarkoitus kattaa valtaosin ylijäämälämmöllä ja sen rinnalle hankitaan ensisijaisesti vain vara- ja huippukäyttöön tarkoitettua korkeiden käyttökustannusten tuotantokapasiteettia, ei kaupankäynti välttämättä juurikaan eroa kiinteän hinnan mallista. Tiheämpi hinnanmuutos tahti vaatii kiinteän hinnan malliin verrattuna aktiivisempaa otetta sekä lämmön myyjältä että ostajalta.

Kapasiteettimallin soveltaminen ylijäämälämpöä hyödyntävään verkkoon on aiheellista ainakin vara- ja huippukapasiteetin ylläpidossa. On selvää, että ylijäämälämmön taustalle tarvitaan ratkaisu, joka takaa lämmöntuotannon ongelmatilanteissa ja huippukulutuksen aikaan. Varakapasiteetin merkitys korostuu, mitä vähemmän ylijäämälämmön tuottajia on. Vastuu varakapasiteetista voidaan asettaa väyläyhtiölle, mutta sen voi ottaa hoitaakseen myös joku väylän asiakastuottajista tai kolmas osapuoli. Riippumatta siitä kuka varakapasiteetin hoitaa, voidaan olettaa, että toimija haluaa tekemästään investoinnista ja mahdollisista liittymämaksuista (maakaasu) korvauksen kapasiteettimaksuna (väyläyhtiö perusmaksuna). Kapasiteettiin perustuvalla maksulla voidaan myös muille kuin varalämmöntuottajille taata tasainen myyntitulo.

Pöyryn raportissa tuodaan esille myös mahdollisuus joustokapasiteetin hyödyntämiseen verkostokokonaisuudessa. Siis mikäli jokin kiinteistö pystyy joustamaan eli rajoittamaan kulutustaan tarvittaessa, voidaan tälle korvata joustokapasiteetti tuotantokapasiteetin tapaan. Vastaavasti voidaan huomioida kiinteistökohtaiset lämmitysratkaisut, joita on mahdollista hyödyntää huippukapasiteettina. Vaikka kiinteistökohtaista lämmitysratkaisua ei kytkettäisikään suoraan verkkoon, voidaan sillä suuren kulutuksen aikaan pienentää verkosta otettavaa kokonaisuormaa ja näin vähentää investointitarvetta muuhun huippukapasiteettiin. Tällöin verkon osapuolten tulee jo



sopimusvaiheessa sopia kiinteistölle mahdollisesti koituvien suurempien lämmityskulujen kompensoinnista.

Myös verkko avoimena alustana -malli on periaatteessa sovellettavissa itsenäiseen lämpöverkkoon, mutta toimiakseen aidosti kilpailtuna markkinana verkossa tulee olla suuri määrä sekä lämpöä myyviä että sitä ostavia kiinteistöjä. Mallissa käytettävä ohjausjärjestelmä on väistämättä monimutkainen ja vaatii myös kauppaan osallistuvilta kiinteistöiltä asiantuntemusta sekä taitoa ennustaa tuleva ylijäämäenergian määrä ja oma kulutus.

Yleisellä tasolla tarkasteltuna hinnan vapaa määräytyminen kysynnän ja tarjonnan mukaan johtaa todennäköisesti tuottajan ylijäämälämmöstä vaatiman hinnan nousuun lähelle vaihtoehtoista energiakustannusta. Tämä ei ole tavoiteltavaa, mikäli olemassa on jo toimiva lämmitysjärjestelmä (esim. kaukolämpö), joka on tarkoitus korvata, ja jonka kustannukset uuden järjestelmän tulee alittaa. Uudessa kohteessa (ei aiempaan alueellista lämmitysratkaisua) tuottajan saama korkeampi hinta voi kuitenkin mahdollistaa talteenottoinvestoinnit ja ohjata uusia tuottajia liittymään väylään. Lisäksi muuttuva hinnoittelu ohjaa tuottajia tuotantokatkojen ajoittamiseen matalan kysynnän ajalle, mikäli se on mahdollista.

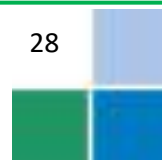
Muuttuvalla hinnoittelulla on myös kulutusta tasaava vaikutus, joka ohjaa kuluttajia ajoittamaan kulutuskatkot (huollot ym.) korkean hinnan aikaan sekä suunniteltavissa olevat kulutuspiikit halvan energian aikaan. Muuttuva hinta voi lisäksi olla vetovoimatekijä toimijoille, joilla suurin energiankulutus sijoittuu halvan energian aikaan.

Muutuvaan hinnoitteluun voidaan tuoda kustannus- ja asiakasperusteisen hinnoittelun elementtejä esimerkiksi asettamalla vaihteluväli, jonka sisällä hinta voi vapaasti vaihdella kysynnän ja tarjonnan mukaan. Näin voidaan sopimusteknisesti taata sekä tuottaja- että kuluttajaosapuolelle investoinnin riittävä kannattavuus.

Tuotanto- ja ostovelvoite

Keskeinen haaste itsenäisen lämpöverkon toteutumisen kannalta on sitoutumisvelvoite energiantuotantoon. Toteutuakseen itsenäinen energiaverkko epäilemättä tarvitsee ylijäämälämmöntuottajilta jonkinlaisia sitoumuksia. Kuluttajakiinteistöt tuskin lähtevät mukaan hankkeeseen, jossa riskinä on, että lämmöntuotanto saatetaan joutua toteuttamaan pitkäaikaisestikin kalliilla varajärjestelmällä (esimerkiksi maakaasulla) ylijäämälämmön tarjonnan vähentyessä. Toisaalta, tuottajien kannalta sitoutuminen lämmöntuotantoon on taloudellinen riski. Tällöin esimerkiksi tuotantoprosessin häiriöstä johtuva ylijäämälämmön loppuminen pakottaisi kiinteistön tuottamaan energian vaihtoehtoisella primäärisellä menetelmällä tai korvaamaan puuttumaan jääneen energiamäärän. Suuremmilla teollisilla yrityksillä tuotantoprosessit voivat kuitenkin olla riittävän ennustettavia sitoutumiseen. Sitoutuminen ei myöskään välttämättä ole suuri riski toimijoille, joilla lämmöntuotanto ei ole kiinteässä yhteydessä varsinaiseen tuotantoprosessiin.

Vaikka sitoutuminen tuotantoon on asiakastuottajalle riski, riski on toisaalta myös lämmön myymättä jääminen. Tästä syystä lämmöntalteenottolaitteistoon investoivien asiakastuottajien toiveissa saattaa olla sopimustekninen varmistus vuotuisesta myyntimäärästä, jolla investointi tulee kannattavaksi. Sekä tuotanto- että ostovelvoite tulee huomioida huolella sopimusneuvotteluissa.



4.3 Väyläyhtiön ja asiakkaan välinen kauppa

4.3.1 Energiamaksu

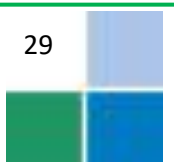
Edellä olevassa on tarkasteltu lämpökauppaa asiakastuottajalta verkko- tai kaukolämpöyhtiölle (pl. verkko avoimena alustana -malli, jossa kauppaa käydään suoraan tuottajan ja loppukäyttäjän välillä). Seuraava askel lämpökaupassa on verkko- tai kaukolämpöyhtiön itselleen ostaman lämmön myynti edelleen asiakkaille. Tyypillisesti kaukolämpöyhtiöiden energiamaksu on kiinteä €/MWh, riippumatta ostetun energian määrästä. Malli on asiakkaan kannalta yksinkertainen, sillä lämmön myyjä kantaa riskin lämmöntuotannon kustannusten vaihtelusta. Vaihtelu johtuu energian/polttoaineiden hinnanmuutoksista sekä siitä, että kaukolämmöntuotannossa yksittäisissäkin verkoissa lämpöä tuotetaan yleensä usealla eri menetelmällä. Paljon käyttötunteja saavat peruskuormalaitokset ovat tyypillisesti investointikustannuksiltaan kalliita, mutta käyttökustannuksiltaan edullisia. Vähäiset huipputunnit, joihin teho saattaa nousta korkeaksikin, tuotetaan tyypillisesti matalat investointikustannukset, mutta korkeat käyttökustannukset omaavalla tekniikalla. Toisin sanoen peruskuorman tuotanto on edullista, mutta huippukuorman kallista. Lämpöä myyvä verkko- tai kaukolämpöyhtiö joutuu aina ottamaan huomioon tuotantokustannusten vaihtelun asiakkailta perimässään hinnassa.

Mikäli verkkoyhtiön ensisijainen tarkoitus on ainoastaan tuottaa osakkailleen/asiakkailleen mahdollisimman edullista energiaa (tavoite riippuu mm. omistuksesta), voi varteen otettava vaihtoehto olla hyödyntää esimerkiksi tuulivoimaprojekteissa käytettävää ”keskinäistä energiakauppaa”. Mallissa osakkaat sitoutuvat ostamaan tuotetun energian omakustannushintaan. Tällöin kalliimpaan tuotantomenetelmään siirryttäessä nousisi myös energian hinta. Käytännössä tämä edellyttäisi kullekin lämpöasiakkaalle määritettyä, kulutukseen ja peruskuormakapasiteettiin perustuvaa tehorajaa, jonka alapuolella energiamaksu olisi peruskuorman mukainen ja yläpuolella korotettu vastaamaan huipputehon kustannuksia. Mallissa yksittäisen toimijan tehorajan ylitys ei välttämättä kuitenkaan nostaisi energian hintaa, ellei verkon kokonaistarve ylittäisi peruskapasiteettia. Haasteena menetelmässä on juuri kullekin toimijalle oikeudenmukaisen tehorajan määrittäminen. Menetelmän etuina olisivat alhainen energiamaksu peruskuormalla, väyläyhtiön kustannusriskin ja varautumistarpeen pieneneminen sekä asiakaskiinteistöjen voimakas kannustaminen kysyntäjoustoihin.

4.3.2 Liittymis- ja tehomaksu

Kaukolämmön myynnissä asiakkaalta veloitetaan yleensä energiamaksun lisäksi myös liittymis- ja tehomaksu (perusmaksu). Liittymismaksu on liittymää perustettaessa suoritettava kertaluonteinen maksu, jolla katetaan kaukolämmön tuotanto- ja verkkoinvestointeja. Tehomaksulla puolestaan katetaan pääosin lämmönhankinnan ja -siirron kiinteitä kustannuksia. Tehomaksu on säännöllinen maksu, joka muodostaa keskimäärin 10-50 prosenttia asiakkaan vuotuisesta kaukolämpölaskusta. Sekä liittymis- että tehomaksu määräytyvät kaukolämmön sopimustehon tai sopimusvesivirran mukaan [4]. Liittymismaksuun vaikuttaa lisäksi myös asiakkaan liittymisjohdon pituus.

Lämmön välityksestä vastaavan yrityksen kannalta maksut on kannattavaa sitoa sopimusvesivirtaan, koska se ottaa huomioon sopimustehon lisäksi myös kaukolämpöveden jäähtymän. Sopimusvesivirta ja maksut ovat sitä pienempiä, mitä enemmän kaukolämpövesi jäähtyy asiakkaan vaihtimen kautta kiertäessään. Mitä suurempi on jäähtymä, sitä vähemmän vettä täytyy asiakkaan lämmönvaihtimen kautta kierrättää. Matalampi pumppausteho puolestaan vähentää kaukolämpö-/verkkoyhtiön pumppauskustannuksia. Korkea paluuv veden lämpötila myös heikentää lämmöntuotannon kokonaistehokkuutta voimalaitoksissa. Sitomalla liittymismaksu sopimusvesivirtaan



voidaan asiakas motivoida mitoitukseen ja laitevalintoihin, joilla kaukolämpöveden paluulämpötila saadaan mahdollisimman alhaiseksi. Hinnoittelu motivoi niin ikään ylläpitämään laitteiston kuntoa [4]. Riittävä lämmönsiirto ja siirtolaitteiston kunnon ylläpito tulee ottaa huomioon sopimuksissa myös itsenäisen verkon asiakastuottajien kohdalla.

Sopimusvesivirta lasketaan seuraavan kaavan mukaisesti:

$$\dot{V} = \frac{\Phi}{c_p \times \rho \times (t_{et} - t_{ep})}$$

$\dot{V}_e$ = Tehoa vastaava kaukolämpöveden tilavuusvirtaus [dm³/s]

Φ = Sopimusteho [kW]

c_p = Veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kg °C]

ρ = Veden tiheys [kg/dm³]

t_{et} = Kaukolämpöveden tulolämpötila [°C]

t_{ep} = Kaukolämpöveden paluulämpötila [°C]

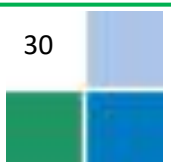
[4]

Itsenäistä aluelämpöverkkoa perustettaessa osapuolten tulee keskenään päättää, mikä on oikeudenmukainen tapa jakaa verkostoinvestoinnit. Etäisyydet väylän päälinjasta asiakaskohtaisille lämmönvaihtimille vaihtelevat oletettavasti merkittävästikin. Yksinkertaisin malli lienee, että kun asiakas hoitaa päälinjasta vedettävän liittymisjohdon kustannukset liittymismaksuna väyläyhtiölle. Se, katetaanko liittymismaksulla kaukolämmön tapaan laajemminkin tuotanto- ja verkkoinvestointien pääomakustannuksia, jää osakkaiden päätettäväksi. Lähtökohtana kuitenkin on, että väyläyhtiö kattaa loput verkkoinvestoinnin kulut teho-/perusmaksuilla sekä energianmyynnistä tai -välityksestä kertyvillä tuotoilla. Myös se, onko energiantuottaja (tai asiakastuottaja) kaukolämpöyhtiöiden tapaan oikeutettu perimään teho-/perusmaksun tyyppistä korvausta tuotannon kiinteisiin kuluihin, jää osakkaiden päätettäväksi. Voidakseen vastaanottaa tehomaksua tulee energiantuottajan epäilemättä sitoutua jonkinasteiseen tuotantovelvoitteeseen. Tilanteessa voidaan soveltaa esimerkiksi edellä esiteltyä Pöyryn kapasiteettimallia.

Edellä kuvattu tehomaksumalli perustuu kaukolämpöyhtiöiden nykyisiin toimintamalleihin, eikä näin ollen erityisesti ota huomioon tilannetta, jossa lämmönkuluttaja on myös lämmöntuottaja. Mikäli kiinteistö ei ole erikseen sitoutunut ainoastaan syöttämään lämpöä väylään, vaan voi halutessaan kääntää lämpövirran suunnan syötöstä kulutukseksi, voidaan kiinteistöä pitää yhtä lailla velvollisena maksamaan liittymänsä aukiolosta lämpöä kuluttavan kiinteistön tapaan. Sen sijaan väyläyhtiön osakkaiden tulee päättää, kohdistetaanko väylän investointikulut yhtäläisinä teho-/perusmaksuina myös vain energiantuottajina toimiville kiinteistöille.

4.3.3 Omistuspuhjan vaikutus hinnoitteluun

Väyläyhtiön kaupankäyntimalliin ja energian hinnoitteluun vaikuttaa oleellisesti sen omistuspuhja. Omistuspuhjasta riippuu esimerkiksi yrityksen tarve tuottaa omistajilleen voittoa. Mikäli väyläyhtiön osakkaat koostuvat ainoastaan sen asiakkaista, tavoitteena on oletettavasti ainoastaan energian hinnan minimoiminen. Tällöin toimiva ratkaisu voi olla sopimus ”keskinäisestä energiakaupasta” (ks. 5.3.1 Energiamaksu), jossa riittää, että väyläyhtiö pystyy tuotoillaan kattamaan toiminnassa syntyvät energia-, pääoma- ja työvoimakulut. Varsinainen tarve tuottaa voittoa syntyy, mi-



käli väyläyhtiön osakkaaksi otetaan ulkopuolisia toimijoita, tai jos väyläinvestointi toteutetaan kokonaan ulkopuolisen toimijan rahoituksella.

4.3.4 Verkkoon liittyminen ja siitä irtautuminen

Verkkoyhtiön osakkaiden on jo perustamisvaiheessa syytä päättää, onko uusien kiinteistöjen mahdollista liittyä verkkoon vielä myöhemmässä vaiheessa. Mikäli liittyminen hyväksytään, on selkeintä, että kaikki liittymisestä aiheutuvat verkostokustannukset veloitetaan liittymismaksuna uudelta asiakkaalta. Mikäli kiinteistöjä hyväksytään asiakkaiksi (perustettaessa tai myöhemmässä vaiheessa) ilman osakkuutta, peritään heiltä oletettavasti osakkaiden hinnoittelua korkeampia energia- ja tehomaksuja.

Verkkoyhtiön osakkaiden tulee määrittää sopimusteitse myös se, miten verkosta on mahdollista irtautua. Irtautuminen voi tulla kyseeseen esimerkiksi yrityksen muuttaessa liike-/tuotantotilasta toiseen sekä tuotantoyksikön tai koko yrityksen toiminnan päättyessä.

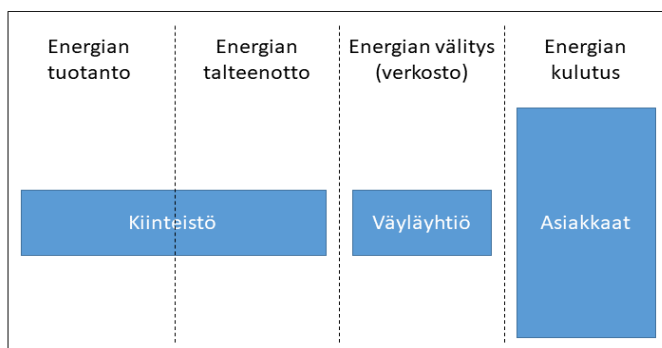
Kiinteistön omistuksen vaihtuessa, mutta kiinteistön säilyessä käytössä, vaikutukset väylän energiankulutukseen jäänevät pieniksi. Sen sijaan tilanteessa tulee ottaa huomioon, sallitaanko väyläyhtiön osaomistuksen jääminen alkuperäiselle omistajalle, joka kiinteistön omistajavaihdon myötä ei itse enää ole väylän energiankuluttaja. Väyläyhtiön omistussuhteilla saattaa olla vaikutus esimerkiksi yhtiön voitontavoitteluun (ks. 4.4.3 Omistuksen vaikutus hinnoitteluun).

Kiinteistön lämmitystarpeen poistuminen kokonaan vähentää verkon kokonaiskulutusta, mutta ei lähtökohtaisesti poista osakkaan velvollisuuksia väyläyhtiötä kohtaan. Osakkaan hoitaessa velvoitteensa, kohteen poistumisesta koituvat vaikutukset muiden osakkaiden energian hintaan jäänevät alhaisiksi. Väyläyhtiön tulee kuitenkin suojata asemansa velkomisjärjestyksessä konkurssitapauksissa.

4.4 Investointimallit ja investoijat

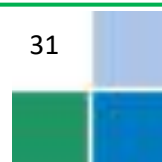
4.4.1 Kiinteistöt energian talteenoton investoijina

Energian talteenottoinvestointien kannalta selkein toimintatapa on, että kiinteistökohtaiset lämmön syöttämiseen ja vastaanottamiseen tarkoitetut investoinnit suorittaa kukin kiinteistö itse (kuvio 2), tai että nämä investoinnit veloitetaan kokonaisuudessaan kiinteistökohtaisilla liittymismaksuilla.



Kuvio 2. Malli, jossa kiinteistöt investoivat itse energian talteenottoon.

Lämmöntuottajan kannalta lämmönmyynnillä katettavat kustannukset ovat:



- Lämmön talteenottoinvestointi (lämmönvaihdin, lämpöpumppu)
- Käyttökustannukset (sähkö, huolto ym.)
- Pääomakustannukset

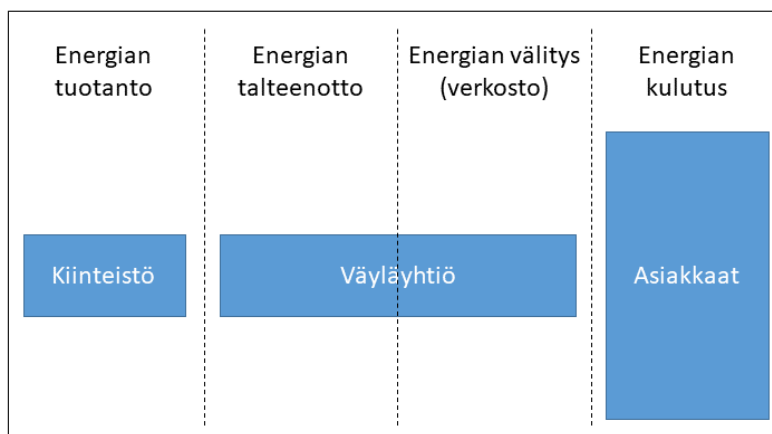
Ylijäämälämmön polttoaine- tai muut energiakustannukset oletetaan uponneiksi primääriseen valmistusprosessiin.

Kuvatussa mallissa väyläyhtiölle jää vastuulleen verkostoinvestointi sekä siihen liittyvät käyttö-, ylläpito- ja pääomakustannukset. Kuten jo aiemmin on mainittu, itsenäisen lämpöverkon hajautettu energiantuotantomalli vaatii taustalleen vara-/huippulämmönlähteen. Vara-/huippuenergiantuotanto voidaan toteuttaa keskitetysti, esimerkiksi kaasukattilalla, mutta se voidaan myös hajauttaa useiksi kiinteistökohtaisiksi ratkaisuihin. Selkein ratkaisu on, että väyläyhtiö investoi keskitettyyn vara-/huippuenergiaratkaisuun, jota se myös operoi. Tällöin väyläyhtiön on katettava perusmaksuilla sekä energia- tai välitysmaksuilla (riippuu hinnoittelumallista) seuraavat kustannukset:

- Lämpöverkkoinvestointi
- Vara-/huippulämpöinvestointi
- Väylään ostettava lämpö
- Käyttökustannukset (sähkö, huolto ym.)
- Vara-/huippulämmön tuotantokustannukset (polttoaine, liittymämaksu)
- Pääomakustannukset

4.4.2 Väyläyhtiö investoi talteenottoon

Yksi vaihtoehto on myös se, että väyläoperaattori investoi sekä lämpöverkoston että hukkalämpöä tuottavan kiinteistön lämmön talteenottoon. Tällöin riski asiakkaan ylijäämälämmöntuotannon jatkumisesta kuitenkin siirtyy väyläyhtiölle, mikä heijastunee riskiin varautumisena korkeampien perus- ja energiamaksujen muodossa.

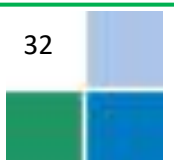


Kuvio 3. Malli, jossa väyläyhtiö investoi energian talteenottoon.

Tällöin kaikki edellä mainitut kustannukset jäävät katettavaksi asiakkailta perittävillä teho-, energia- ja liittymismaksuina.

4.4.3 Lämpöyrittäjämalli

Vaihtoehtona on myös hukkalämmöstä riippumaton tai siihen yhdistetty toimintamalli, jossa

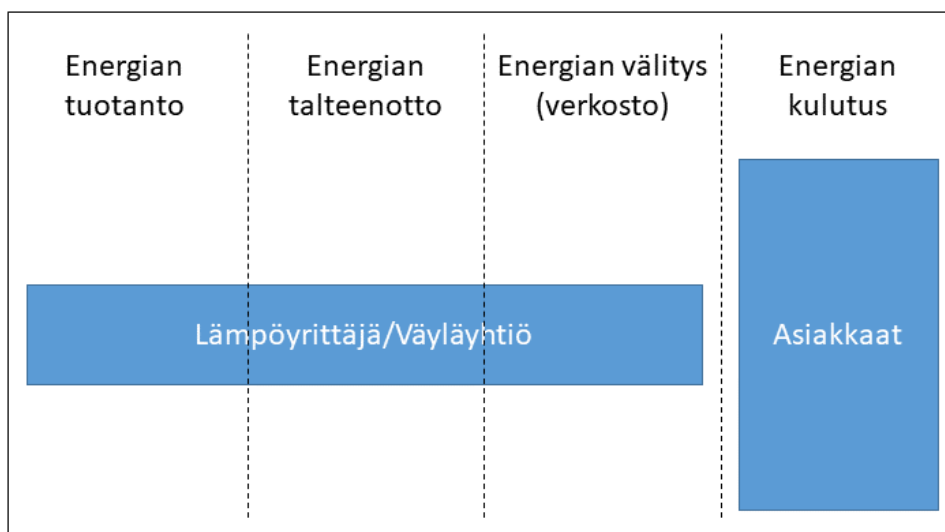


lämmöntuotannosta vastaa ulkopuolinen lämpöyrittäjä. Lämpöyrittäjä voi samalla olla lämpöverkkoon investoiva toimija. Lämpöyrittäjävaihtoehto tulee kyseeseen erityisesti, mikäli teollisuuden biomassasta koostuvia sivuvirtamateriaaleja halutaan hyödyntää polttoaineena alueelle lämpöenergiaa tuottavassa biolämpölaitoksessa.

Yksinkertaisin lämpöyrittäjämalli alueen kiinteistöjen kannalta on se, että lämpöyrittäjä investoi lämpölaitoksen sekä verkon. Tällöin lämpöyrittäjän kanssa laaditaan pitkäaikainen sopimus (yleensä 10-15 v.), jonka aikana investointi kuoleetetaan. Tässä tapauksessa kiinteistöjen vastattavaksi jää vain perus- ja energiamaksun sekä mahdollisen liittymismaksun maksaminen suoraan lämpöyrittäjälle. Erillistä väyläyhtiötä/-operaattoria ei tällöin tarvita. Lämpöyrittäjä voi myös investoida ainoastaan lämpölaitokseen tai vastata pelkästä lämmöntuotannosta.

Tuotettaessa lämpöä teollisuuden sivuvirtamateriaaleista tulee esille myös kysymys polttoaineen hinnasta. Selvästi yksinkertaisin toimintamalli on, että sivuvirran tuottajat luovuttavat polttoaineen tai sen raaka-aineen lämpöyrittäjälle ilman korvausta. Tällöin sivuvirran tuottajan suoraksi hyödyksi jäävät mahdolliset säästetyt jätehuoltokustannukset. Näin toimimalla vältetään tarve pitää eri toimijoiden polttoaineet erillään tarkkojen määrien määrittämiseksi.

Jos yksittäiset yritykset eivät halua luovuttaa sivuvirtamateriaaleja lämpöyrittäjälle ilman korvausta, on yksinkertaisinta sopia lämpöyrittäjän kanssa ainoastaan lämmöntuotannosta asiakkaan polttoaineella. Vastuu jätepuun käsittelystä polttoaineeksi ja mahdollinen lisäpolttoaineen hankinta voidaan niin ikään ulkoistaa lämpöyrittäjälle.

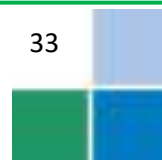


Kuvio 4. Malli jossa lämpöyrittäjä vastaa energian tuotannosta ja investoinneista.

4.5 Sahanmäen energiaväylä

Hyvinkään Sahanmäen teollisuusalueella energiaväylän toteutuksen kannalta erikoispiirteitä ovat yksi suuri ylijäämäenergianlähde (lasivillatehdas) sekä lämpöenergian lähes olematon kysyntä kesäaikana. Lisäksi teollisuusalueella syntyy merkittävä määrä puujätettä.

Toteutetuissa haastatteluissa muut kiinteistöt eivät lasivillatehtaan ohella ole ilmaisseet kiinnostustaan investoida ylijäämälämmön talteenottoon. Tämä yksinkertaistaa energiaväylän kaupankäynnin asetelmaa merkittävästi. Tilanteessa poistuu tarve määrittää väylään ostettavan energian osuudet eri toimijoilta, kun kysyntä on tarjontaa pienempi.



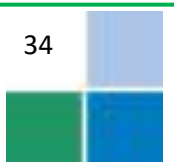
Sahanmäessä kesäajan alhainen lämmönkysyntä puolestaan tekee lämmöntalteenotto-, lämpölaitos- ja verkostoinvestoinneista taloudellisesti haasteellisia. Tilanteessa investointikustannukset tuotettua energiamäärää kohden nousevat korkeiksi. Samalla laitteistolla pystyttäisiin tuottamaan selvästi enemmän energiaa, mikäli kulutusta olisi enemmän myös kesäaikana.

Periaatteessa mikä tahansa toimija voisi investoida lasivillatehtaan lämmön talteenottolaitteistoon, mutta selvästi yksinkertaisin toimintamalli on se, että investoija on itse lasivillatehdas. Tällöin investoija on parhaalla mahdollisella tavalla perillä lämmöntuottajan tulevaisuuden suunnitelmista sekä mahdollisista tuotantohäiriöistä. Tällöin myös mahdolliset tekniset haasteet, kuten etukäteen ongelmana pidetty lämmönvaihdistin kuonaantuminen, jäisi lämmöntuottajan vastuulle. Oletettavasti lasivillatehdas pystyy prosessin säädöillä myös vaikuttamaan jäteveteen päätyvän kuona-aineen määrään. Väyläoperaattorin kannalta yksinkertaisin on siis toimintamalli, jossa lämmöntuottajat investoivat itse talteenottolaitteistoon ja saavat maksun väylään syötetyn energiamäärän mukaan.

Kiinteän hinnan malli ja/tai kapasiteettimalli ovat varmasti käyttökelpoisimmat kaupankäyntimallit tilanteessa, jossa lämmöntuottajia on yksi ja kuluttajiaakin vähäinen määrä. Kapasiteettimalli on sovellettavissa erityisesti varalämmitysratkaisuun.

Lähteet

- [1] Sipilä, J., Palvelun hinnoittelu, WSOY, 2003.
- [2] Pöyry Management Consulting Oy, Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit, Energiateollisuus ry, Sitra, 2016.
- [3] R. Aïd, Electricity Derivatives, Springer International Publishing, 2015.
- [4] Teho ja vesivirta kaukolämmön maksuperusteina, Suositus K15/2014, Energiateollisuus ry, 2014.

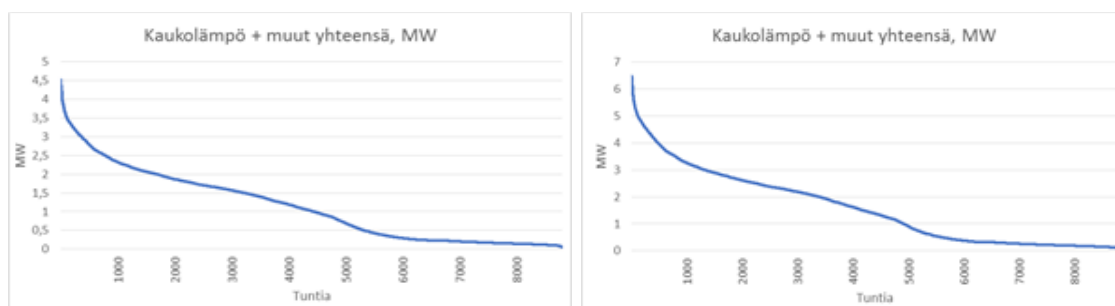


5. Väyläinvestoinnin kannattavuus ja toteutettavuus (Jukka Korri, Ari Laitala)

5.1 Sahanmäen väyläinvestoinnin toteutettavuus energiataseen kannalta

5.1.1 Ylijäämälämpö

Energiankulutuksen osalta tarkastelun kohteena ovat ensimmäisessä raportissa esitellyt kaksi skenaariota, joista skenaariossa 1 mukana ovat kahdeksan Energiaväylä-hankkeessa aktiivisimmin mukana ollutta kiinteistöä (kiinteistöt 1–4 sekä 8–11). Skenaariossa 2 ovat kaikki 11 hankkeessa mukana ollutta kiinteistöä. Skenaarion 1 laskennallinen huipputehontarve on 4,5 MW ja energian kokonaiskulutus noin 10 000 MWh. Skenaariossa 2 vastaavat luvut ovat 6,5 MW ja noin 14 000 MWh. Kulutuslukemat on mitattu vuonna 2016, jolloin tammikuu oli erittäin kylmä. Kylmin Hyvinkäällä mitattu lämpötila oli tuolloin jopa -28,7 °C [1]. Tästä syystä vuoden 2016 data soveltuu hyvin tehon mitoittamiseen. Kokonaisuutena tarkastellen vuosi 2016 oli kuitenkin lämmitystarpeen osalta keskimääräinen. Kiinteistöissä, joiden osalta käyttöön on saatu ainoastaan kuukausikohtaiset luvut, on kulutettu energia jaettu kullekin kuukauden tunnille samassa suhteessa kuin kaukolämmön yhteenlaskettu kulutus. Kulutusdatasta muodostetut pysyvyyskäyrät skenaarioille 1 ja 2 on esitetty kuvioissa 1 ja 2.



Kuvio 1 ja 2. Lämpöenergiankulutuksen pysyvyyskäyrä skenaariossa 1 (kiinteistöt 1–4 ja 8–11) sekä skenaariossa 2 (kiinteistöt 1–11).

Hankkeessa tilatun konsulttiselvityksen [2] perusteella lasivillatehtaalta on teknisesti talteen otettavissa noin 7 MW lämpöteho. Hukkalämmöllä on siis teknisesti mahdollista kattaa molempien skenaarioiden koko tehontarve.

Huomioon on kuitenkin syytä ottaa lasivillatehtaan säännölliset seisokit (4 vrk juhannuksena ja jouluna, 3,5 vk kesällä, 12 h 5 vk välein). Näin ollen hukkalämpöä on tarjolla arviolta 56 000 MWh/v. Kuitenkin, jos otetaan huomioon juhannuksen 3,5 viikon seisokin sekä noin kolmasosan 5 viikon välein tulevista 12 h seisokeista sijoittuvan kesäaikaan, on seisokkeja varsinaisella lämmityskaudella yhteensä vain noin viikon verran.

5.1.2 Sivuvirrat

Mukana olevissa kiinteistöissä syntyvien sivuvirtajakeiden (jätepuu, siemenlajittelun esipuhdistuserote) laskennallinen tehollinen energiasisältö on 4 400 - 5 000 MWh. Lämpölaitoksen vuosihyötysuhde (laskennassa 0,82) huomioiden sivuvirroilla pystytään tuottamaan skenaarion 1 energiantarpeesta 36-41 % ja skenaarion 2 tarpeesta 26-29 %.

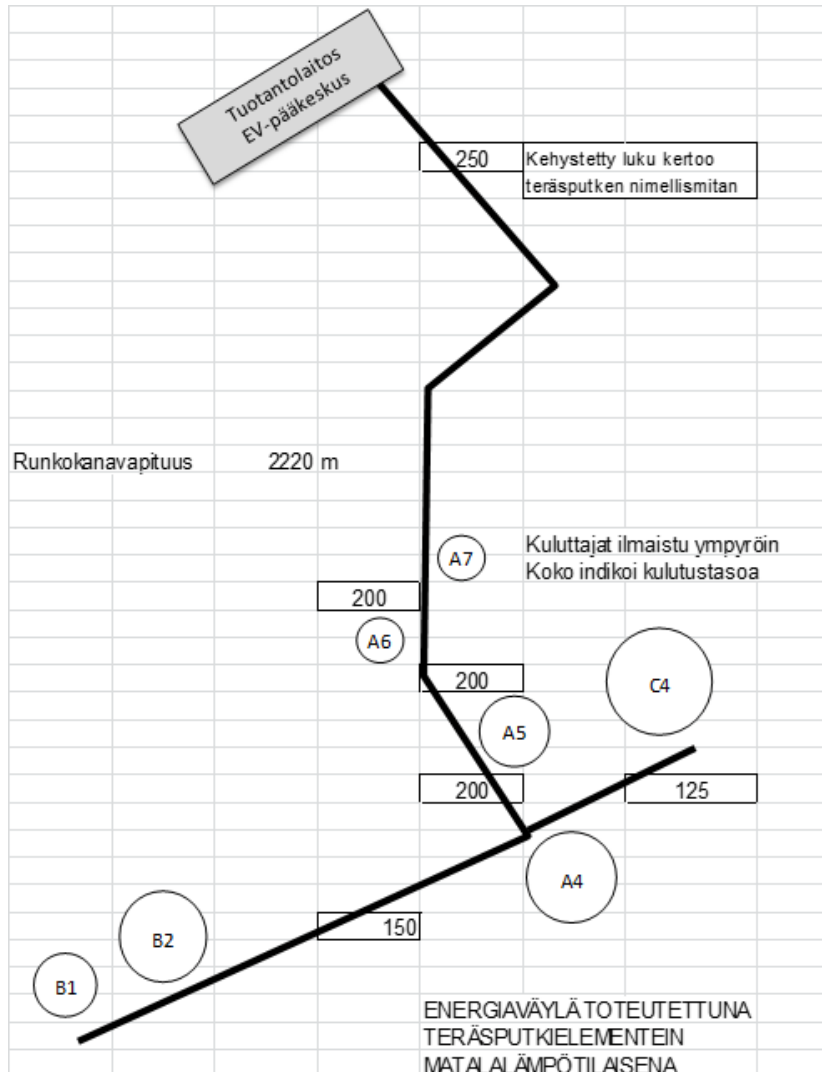
5.1.3 Laitteistojen mitoitus ja yhdistäminen

Käytettävissä olevien tietojen perusteella sekä hukkalämpö- että sivuvirtoja hyödyntävä lämpölaitos on teknisesti mahdollista mitoittaa niin, että molempien skenaarioiden lämmöntarve pystytään kattamaan kokonaisuudessaan. Myös vaihtoehtojen yhdistäminen on teknisesti mahdollista, mutta molempien tekniikoiden korkeiden investointikustannusten takia taloudellisesti haasteellista. Kumpikin vaihtoehto tarvitsevat taustalleen varalämmönlähteen, jolla voidaan kattaa koko tarvittava lämpöteho.

5.2 Väyläinvestointien kannattavuus

Väyläinvestointien kannattavuutta laskettaessa mitoitettiin energiaväylätyypiseen käyttöön sovelsova PE-muoviputkiverkosto ja matalalämpötilaisen aluelämmön siirtoon sovelsova teräspuutkiverkosto, johon on mahdollista liittää 7 suurehkoa teollisuuskuluttajaa (yhteinen lämmön tarve n. 14 GWh/v) kuvan 3 mukaisesti. Lämmön tuotanto on oletettu keskitettävän kuvan mukaisesti, jolloin siirtoetäisyyttä lähimmälle kuluttajalle tulee noin 700 m ja runkokanavan kokonaispituudeksi 2,2 km.

Ohessa kuva verkoston todennäköisestä toteutuksesta:



Kuvio 1. Verkoston kanavarakenne

Investointikustannukset

Mallinnetuille siirtoverkostoille on arvioitu investointikustannukset seuraavin perustein.

- Urakat on jaettu putkiurakkaan ja maanrakennusurakkaan, maanrakennusurakan hinnoissa ei oleteta olevan eroja
- Maanrakennusurakan hintataso on kysytty maanrakennusliikkeeltä vastaten yllä olevan kuvion 1 mukaista kanavarakennetta
- Muoviputkiurakan hinta-arvio perustuu suurten maalämpöjärjestelmien runkoputkistojen kilpailutuksen kautta saatuihin urakkahintoihin
- Teräsputkiverkoston hinta perustuu tiedossa oleviin putkimateriaalihintoihin ja tietoihin kaukolämpökanavan kokonaishinnoista. Kaukolämpökanavan hintatasoa on kysytty myös maanrakennusliikkeeltä

Investointiarviot on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 1. Investointiarviot kanavatyypeittäin.

Taul 2		Investointiarviot kanavatyypeittäin			
Osa				Muoviputki	Teräsputki
				€ alv 0	€ alv 0
Putkiurakka				300000	450000
Lämmönsiirtoliuos				50000	
Maanrakennusurakka				400000	400000
Yhteensä				750000	850000
				309	350
				€/m-kanava	€/m-kanava

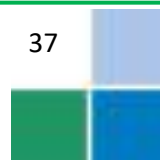
Muoviputkikanava tulee hiukan edullisemmaksi suuremmasta dimensiosta huolimatta edullisemman putkilaadun ja putkiasennustyön pienemmän määrän vuoksi.

Teräsputkiverkoston hinta vastaa normaalin DN150 kaukolämpökanavan nykyhintatasoa.

Runkoputkisto on mitoitettu kummassakin tapauksessa varsin väljäksi, jolloin mitoitusta tiukentamalla muoviputkiverkoston investointikustannuksista olisi saatavissa pois noin 50 000 € ja teräsputkiverkoston jopa 100 000 €, mutta tällöin verkostoissa ei olisi käytännössä lainkaan kulutuksen kasvuvaraa. Varsinkin teräsputkiverkoissa vakioputkikokojen välinen porras on suurissa putkissa niin suuri, että siirtyminen pykälää pienempään putkikokoon kasvattaa painehäviötä olennaisesti esimerkiksi keskukselta lähtevän päärunkolinjan osalta.

5.3 Siirtoverkoston käyttökustannukset

Verkoston käyttökustannukset muodostuvat lämpöhäviö- ja pumppauskustannuksista. Kummatkin ovat tässä tapauksessa hyvin pienet. PEH-putkiverkoston kokonaislämpöhäviö on laskelman mukaisella kanavarakenteella luokkaa 300 MWh/v ja matalalämpötilaisen aluelämpöverkoston noin 500 MWh/v.



Kuten edellä on todettu, verkostomitoitus on melko väljä, joten myös pumppauskustannukset jäävät hyvin pieniksi. Pumppaussähköä kuluu kummassakin vaihtoehdossa luokkaa 100 MWh/v tai jopa alle.

Siirtoverkon kokonaiskustannukset on koottu seuraavassa kappaleessa taulukkoon 2.

5.4 Siirtoverkostojen kokonaiskustannukset

Alla olevaan taulukkoon 3 on koottu käytetyin olettamuksin lasketut siirtoverkon kokonaiskustannukset (ilman hallinnointi yms. kustannuksia). Laskelmissa käytetyt hinnat on esitetty taulukon lähtötiedoissa. Taulukon mukaisesti pääomakustannukset muodostavat selvästi suurimman kustannuserän. Vuotuiset pääomakustannukset on laskettu annuiteettitekijällä 3 %/15 v. Pääomakustannuksia arvioitaessa on hyvä ottaa huomioon, että jakeluverkostojen todellinen käyttöikä on huomattavasti pitempi, teräsputkiverkon osalta luokkaa 30 - 50 v ja muoviputkiverkon osalta jopa pitempi. Lisäksi muoviputkiverkosto on oikein tehtynä täysin huoltovapaa.

Taulukko 2. Siirtoverkon kokonaiskustannukset.

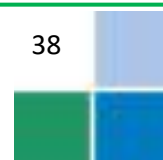
Taulukko 3				Kustannuskoonti		
Lähtötiedot					Muoviputki-verkosto	Teräsputki-verkosto
Siirretty energiamäärä				MWh/v	14183	11031
Verkostoinvestointi				€	750000	850000
Investoinnin annuiteetti	3,0 %	15		€/v	62825	71202
Pumppaussähkön tarve				MWh/v	100	70
Pumppaussähkön hinta				€/MWh	100	100
Lämpöhäviön suuruus				MWh/v	300	500
Häviölämmön tuotantokustannus				€/MWh	5	25
Muuttuvat kustannukset						
Pumppauskustannukset				€/v	10000	7000
Lämpöhäviöt				€/v	1500	12500
Siirtoverkon käyttökustannukset				€/v	11500	19500
				€/MWh	0,81	1,77
Pääomakustannukset				€/v	62825	71202
				€/MWh	4,43	6,45
Siirron kustannukset yhteensä				€/v	74325	90702
				€/MWh	5,24	8,22

Verkostoille tulee hintaa käytetyin olettamuksin nykyhintatasolla (alv 0)

- Muoviputkiverkosto 750 000 € (310 €/kanavametri)
- Matalalämpötilainen teräsputkiverkosto 850 000 € (350 €/kanavametri)

Tehtyjen olettamusten mukaan käyttökustannukset jäävät hyvin edullisiksi, 10000 – 20000 €/v, koska sekä lämpöhäviöt että pumppaustarve jäävät pieniksi.

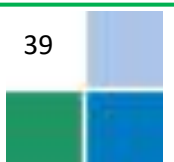
Verkostoa ja kokonaisuutta on mahdollista optimoida seuraavin tavoin:



- Mitoituslaskenta on tehty melko väljän putkiston pohjalta, jolloin mitoitusta tiukentamalla investointikustannuksia voidaan alentaa 50 – 100 000 €, tosin pumppauskustannukset nousevat samalla, jolloin mitoitusta kannattaa optimoida.
- Matalalämpötilaiseen teräsputkiverkostoon perustuvan kokonaiskonseptin osalta lämpöpumppulaitos voi olla mahdollista siirtää lähemmäs kuluttajia, jolloin siirtolinja ylijäämälämmön lähteeltä voidaan rakentaa edullisemmalla muoviputkella. Toisaalta muut kustannukset saattavat nousta, jos laitos irrotetaan teollisuusinfrastrukturalta.
- Teräsputkiston dimensioita on mahdollisuus pienentää edelleen, jos osa huippulämmöstä tuotetaan asiakkaiden omilla maakaasukattiloilla.
- Muoviputkiverkoston osalta lämpöhäviökustannus on minimaalinen ottaen huomioon ylijäämälämmön edullisen hinnan. Eristystasosta on mahdollista jopa tinkiä edelleen, mikäli tällä saavutetaan selvää säästöä rakentamiskustannuksissa. Juuri tällaista käyttötarkoitusta varten ei liene suunniteltu aikaisemmin optimaalista kanavarakennetta, joten kanavarakenteen suunnitteluun ja optimointiin kannattaa käyttää hiukan panoksia.

Lähteet

- [1] Havaintojen lataus, Ilmatieteenlaitos [Online].
Osoite: <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!>/Sivulla vierailtu: 5.10.2018.
- [2] Ylijäämälämmön talteenotto ja varastointi, EnergiaVäylän julkaisuja III, Novox Oy, 2018.



6. Investointiskenaarioiden mallinnus ja tulokset (Ari Laitala)

Ylijäämälämmön hyödyntämisen investointianalyysia varten muodostettiin kolme eri skenaariota. Skenaarioiden muodostamisessa on lähtökohdaksi valittu vuosittainen talteen otettavan lämmön kokonaismäärä. Kaikkien skenaarioiden taustalla on siis ajatus siitä, että osa alueen lämmöntarvitsijoista lähtisi yhtiömuotoisesti hyödyntämään saatavilla olevaa ylijäämälämpöä.

Lämmön määrän lisäksi olennaista on tehohuippuihin liittyvä problematiikka, jonka ratkaisemiseksi on olemassa ainakin kaksi suhteellisen yksinkertaista ratkaisua. Ensinnäkin vaihtoehtona on se, että osa alueen nykyisistä lämmöntarvitsijoista pitää nykyisen asiakkuutensa alueelliseen lämpö-energiayhtiöön ennallaan. Ajoittaiset huipputeho-ongelmat ajatellaan siis ratkaistavan yksinkertaisesti siten, että osa nykyisistä asiakkuuksista jatkuisi siten, että huipputehoa olisi tarpeen mukaan saatavilla. Oma kysymyksensä on sitten se, mitkä nykyisistä liittymistä olisi kokonaisuuden optimoinnin kannalta sellaisia, jotka olisi kannattavinta säilyttää.

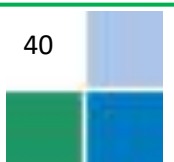
Ajatuksena siis on, että osalla toimijoista olisi asiakkuus sekä uuteen ylijäämälämpöä tuottavaan yhtiöön että nykyinenkin asiakkuus. Tarkemmassa analyysissä tulisi arvioitavaksi näin ollen myös se, pitäisikö kaksoisasiakkuuteen todennäköisesti liittyvä korkeampi kustannus kompensoida siten, että kaikilla uuden ylijäämälämpöyhtiön asiakkailla energian hinta muodostuisi samaksi riippumatta siitä, kenellä toimijoista olisi ns. kaksoisasiakkuus. Tavoitteena tällaisessa järjestelyssä olisi se, että sekä perustehon, että huipputehon kustannukset jakautuisivat tasapuolisesti ylijäämälämpöä hyödyntävän väyläyhtiön parissa.

Toinen mahdollinen järjestely huipputeho-ongelman ratkaisemiseksi olisi ilmeisesti kaikessa yksinkertaisuudessaan se, että väyläyhtiö itsessään ryhtyisi nykyisen alueella toimivan lämpöenergiayhtiön asiakkaaksi. Tämä voisi tapahtua yhden tai ehkä kahdenkin liittymän kautta.

Huipputeho-ongelmaan läheisesti liittyvä haaste on katkokset ylijäämälämmön saatavuudessa. Tehtaan toimintaan liittyy tuotantokatkoksia, joiden kesto voi olla jopa viikkoja. Todennäköisesti pisin vuosittainen huoltoseisokki ajoittuu kuitenkin loppukevääseen, jolloin lämpötehon tarve on jo oleellisesti pienempi kuin varsinaisina talvikuukausina.

Taloudelliseen mallintamiseen liittyy siis oleellisesti kysymys huipputeho-ongelman ratkaisusta. On syytä tarkastella lyhyesti myös sitä, millainen merkitys kuluttajien kysyntäjoustolla voisi olla. Kulutushuippujen leikkaamiseen joustomenettelyllä voi sisältyä tapauskohtaisesti suurtakin potentiaalia, riippuen kulloisestakin rakennustyyppistä ja siellä harjoitettavan toiminnan luonteesta. Esim. joissakin varastotyypeissä voi olla mahdollista tiputtaa sisälämpötilaa useitakin asteita määrajaksi ilman, että tästä aiheutuu sanottavaa haittaa toiminnalle. Myös massiiviset vaipan rakenteet voivat olla tapauskohtaisesti sellaisia, joihin voidaan tapauskohtaisesti myös varastoida lämpöä ”ylilämmittämällä”. Tämä havaitaan usein esim. joissakin vanhoissa asuinrakennuksissa, joissa sisälämpötilat voivat pysyä korkeina (syksyllä) pitkäänkin sen jälkeen, kun ulkolämpötilan trendi on lähtenyt jo selvään laskuun.

Tässä hankkeessa kysyntäjouston varsinainen selvittäminen on kuitenkin rajattu hanketoimenpiteiden ulkopuolelle. Näin ollen ei ole mahdollista tarkemmin selvittää sitä, millainen vaikutus kysyntäjoustolla olisi hankkeen taloustarkastelussa. Yrityksissä tehtyjen kierrosten perusteella yleisvaikutelmaksi kuitenkin jäi se, että rakennuksiin (rakennuksiin) varastoitavan lämmön määrä vaikuttaa kovin vähäiseltä. Toisaalta osa halleista oli sellaisia, joissa työskentelylämpötilassa näyttäisi olevan jouston mahdollisuutta. Pidemmässä juoksussa olisikin tarpeellista tutkia kysyntäjousto-



mahdollisuuksia tarkemmin, jolloin yksi uusi esiin nouseva kysymys on se, tulisiko kysyntäjoustoprojektin osallistuvaa toimijaa palkita taloudellisesti.

On joka tapauksessa selvää, että tulevaisuudessa kysyntäjoustoprojektin merkitys niin teknisenä kuin taloudellisenäkin kysymyksenä korostuu. Varsinkin sähkönkäyttöön liittyen ja siellä jatkuvasti kasvavan tuuli- ja aurinkosähkön johdosta kulutushuippujen tasaamisella on entistä suurempi merkitys.

Tässä hankkeessa on tarkasteltu (osaraportissa I) lämpöenergian varastoinnin teknisiä ja taloudellisia edellytyksiä osana ylijäämälämmön hyödyntämiskäytösä. Asiasta on tehnyt erityisen kiinnostavan se, että lähellä ylijäämälämmön lähdettä sijaitsee helpohkosti hyödynnettävissä olevaa infraa (vesisäiliöitä). Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että olemassa olevaa varastokapasiteettia hyödyntäen ei kuitenkaan päästä riittävän isoon ja taloudellisesti tehokkaaseen varastointiin. Asia jää kuitenkin siltä osin auki, että mikäli nykyisistä toimijoista löytyisi riittävästi kysyntäjoustopotentiaalia, voisivatko järjestelmän tällaiset ominaisuudet yhdessä tarjota riittävän kapasiteetin ja taloudellisesti toimivan vaihtoehdon.

Tässä talousanalyysissä on siis jouduttu sivuuttamaan osa näkökulmista projektisuunnitelmassa tehtyjen rajausten vuoksi ja joidenkin euromäärältään vähäisten näkökulmien spekulointi ei ole mielekästä, koska analyysiin liittyy myös suhteellisen karkeita lähtöarvoja. Esimerkkinä tästä on lämmön talteenottoon liittyvän lauhduttimen investointi. On oletettavaa, että vasta todellisen tarjouskilpailun luoma kilpailupaine toisi suurempien investointien todellisen kustannuksen näkyville. Toisaalta on mahdollista olettaa myös niin, että tässä vaiheessa annetaan hinta-arvioita hiukan alakanttiin, jotta investointisuunnittelua saataisiin pidemmälle.

Jos nyt saadun 7 MW huipputehoisen lauhduttimen hinta-arvio (1600000) on oikein ± 15 prosentin tarkkuudella, saadaan investointikustannuksen virhemarginaaliksi helposti $\pm 100\,000$ euroa. Kun laskennassa on mukana näin karkeita lähtöarvoja, ei toisaalta ole mielekästä tehdä pikkutarkkaa laskennan optimointia kertaluokkaa tai kahta pienempiin kustannuseriin liittyen.

Seuraavaksi esitellään investointianalyysiä varten muodostetut kolme skenaariota.

6.1 Skenaariot

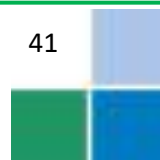
Skenaario I (SKEN I)

Skenaariossa I vuosittain myytävän energian määrä on 10 000 MWh. Lämmönjakelu toteutetaan matalalämpöverkon kautta ja edelleen kiinteistökohtaisilla lämpöpumpuilla. Taustaoletuksena tässä skenaariossa on, että suurin osa alueen nykyisistä suurimmista lämmitysenergian käyttäjistä lähtisi mukaan hyödyntämään ylijäämälämpöä. Skenaario perustuu noin 3 MW huipputehoon, joka kattaa noin 95 % lämmöntarpeesta ajallisesti. Käytännössä tämä skenaario edellyttää, että noin kaksi nykyistä (isoa) tilausliittymää tulisi jättää voimaan, jolloin tarvittaessa päästään noin 4,5 MW huipputehoon.

Kysyntäjoustoprojektin suhteen ei tehdä oletuksia, eikä lämmönvarastointiratkaisua ole sisällytetty tarkasteluun.

Skenaario II (SKEN II)

Vuosittain myytävän energian määrä on 15000 MWh. Lämmönjakelu toteutetaan rakennettavassa teräsputkiverkossa normaalin kaukolämpöjakelun tapaan. Kiinteistökohtaisten lämpöpumppujen



sijaan järjestelmässä on yksi iso lämpöpumppu lämmön talteenoton yhteydessä. Tämä skenaario on muodostettu siten, että alueelle sijoittuu vähäisessä määrin myös uusia toimijoita, joiden oletetaan tarvitsevan lämpöä jossain määrin myös kesäaikaan. Tällainen toiminta voisi liittyä esim. materiaali-jakeiden kuivattamiseen. Näin ollen varsinaisen huipputehontarpeen ei oleteta kasvavan.

Skenaario III (SKEN III)

Vuosittain myytävän energian määrä on 30000 MWh. Tämä määrä ylittää yli kaksinkertaisesti nyt tarkastelussa olevien kiinteistöjen kokonaiskulutuksen. Tekniseen toteutukseen liittyen tehdään samanlaiset oletukset kuin skenaariossa II, mutta verkostopituus oletetaan kaksinkertaiseksi ja sen rakennuskustannus 1,75 kertaiseksi, kuten myös verkoston käyttötalouteen liittyvät kustannukset. Tässä skenaariossa oletetaan, että lähialueille syntyy erityisesti asumiseen liittyvää uutta rakennuskantaa, jolloin kohtalaista lämmitystarvetta esiintyy myös kesäisin käyttöveden lämmitykseen liittyen.

Kunkin skenaarion osalta investoinnin kannattavuutta arvioidaan takaisinmaksuajan, investoinnin nettonykyarvon sekä sisäisen korkokannan laskemilla. Lisäksi lopputuloksen herkkyyttä arvioidaan suhteessa eräisiin lähtöarvojen muutokseen.

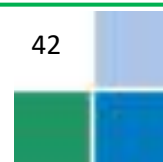
Lopulliseen kannattavuusarviointiin liittyy luonnollisesti kysymys investoinnin rahoituksen järjestämisestä ja sekä rahoituskustannuksesta. Tällöin merkittävää on mm. se, miten oman ja vieraan pääoman rahoitusosuudet optimoidaan, millainen lainatyyppi havaitaan sopivaksi ja tarkoituksenmukaiseksi ja millaiseksi esim. oman ja vieraan pääoman tuotto muodostuvat. Edelleen suurta merkitystä rahoituskustannukselle voi olla sillä, millaiset vakuudet vieraan pääoman ehtoiselle lainoitukselle järjestetään.

Rahoitusrakenteen optimointiin liittyvät näkökulmat ovat kysymyksiä, joihin tämän selvityksen puitteissa ei ole ollut mahdollista (eikä tarkoituksenmukaistakaan) ottaa kantaa. Näin ollen nyt esitettäviin analyysihin ja niiden lopputuloksiin jää jossain määrin epävarmuutta, jonka suuruudesta ilman simulointeja on vaikea esittää arvioita.

(Hinnat ALV:a 0 %)

LÄMPÖENERGIAN MYynti (MWh)	SKEN I	SKEN II	SKEN III
Primäärienergia energiaväylästä	8 400	11 680	24 640
Lämpöpumpuissa lämmöksi muuntuva sähkö	2 100	2 920	6 160
=	10 500	14 600	30 800
Lämpöhäviö	-500	-600	-800
Myynnin yksikköhinta (€/MWh)	46	46	46
Myyntitulo (liikevaihto) (€) =	460 000	644 000	1 380 000
OSTOT / Energian osto			
Primäärienergian ostokustannukset Energiaväylästä (€) =	84 000	116 800	246 400
- Primäärienergian ostomäärä Energiaväylästä (MWh)	8 400	11 680	24 640
- Primäärienergian ostohinta Energiaväylästä (€/MWh)	10	10	10
Lämmöksi muuntuvan sähkön ostokustannus (€) =	136 500	189 800	400 400
- Sähkön ostohinta (lämpöpumput) (€/MWh)	65	65	65
Kiertovesipumpun sähkön ostokustannus (€) =	11 700	16 269	34 320
- Kiertovesipumpun sähkö (MWh)	180	250	528
OSTOT / Energian osto (€) =	232 200	322 869	681 120

Kuvio 1. Skenaariot I-III: ostetut ja myyty lämpöenergian määrät.



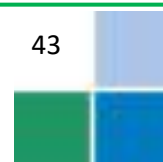
Kuten kuviosta 1 helposti nähdään, kaavailtu energiaväyläyhtiö olisi luonteeltaan energiaa ostava, myyvä ja jakeleva yhtiö. Varsinaista omaa tuotettua lämpöä syntyy ainoastaan lämpöpumppujen käytön yhteydessä. Katteen muodostumisen lähtökohtana on osto- ja myyntienergian välinen hintaero. Kaikissa skenaarioissa on tehty oletus, että ylijäämälämpöä olisi saatavilla hintaan 10 €/MWh. Oletus perustuu projektin aikana saatuun vaikutelmaan siitä, että itse varsinaista ylijäämälämpöä olisi saatavilla huomattavan kohtuulliseen hintaan. Projektin tarkoituksena ei ole ollut selvittää sitä, mikä ostettavan ylijäämälämmön hinta erilaisissa skenaarioissa ja tilanteissa voisi olla. Pikemminkin tavoitteena on ollut hakea sellaista hinnan ylärajaa, joka vielä tarjoaisi energian ostoinsentiivin eli mahdollistaisi investoinnin rahoittamisen ja sen käyttötalouden pyörittämisen.

	SKEN I	SKEN II	SKEN III
KÄYTÖN JA YLLÄPIDON KUSTANNUKSET			
Energiaväylän tekninen ylläpito ja hallinnointi	100 000	139 048	293 333
Kiinteistökohtaisen lämpöpumpun ylläpito =	8 000	11 000	5 000
- Kiinteistökohtaisia lämpöpumppuja	8	11	1
- Kiinteistökohtaisen lämpöpumpun ylläpito / kpl	1 000	1 000	5 000
KÄYTÖN JA YLLÄPIDON KUSTANNUKSET =	108 000	150 048	298 333
OSTOT JA KULUT =	340 200	472 916	979 453
Käyttökate	119 800	171 084	400 547
INVESTOINTIKUSTANNUKSET			
Isover LTO	800 000	1 000 000	1 200 000
Verkoston investointikulu	750 000	850 000	1 500 000
Lämpöpumput yhteensä =	400 000	550 000	800 000
- Kiinteistökohtaisten lämpöpumppujen investointikulu	50 000	50 000	800 000
- Kiinteistökohtaisia lämpöpumppuja	8	11	1
INVESTOINTIKUSTANNUKSET =	1 950 000	2 400 000	3 500 000
Investoinnin laina-aika	30	30	30
korkokanta	4,0	4,0	4,0
Annuiteetti	112 769	138 792	202 405
Tulos	7 031	32 292	198 141
(Lainan nimellinen korkokustannus)	1 433 061	1 763 767	2 572 160

Kuvio 2. Väyläyhtiöön liittyvä käyttö- ja investointitalous

Käytön ja ylläpidon kustannukset perustuvat hankkeessa teetettyjen konsulttiselvitysten (Kauppila 2017a, Kauppila 2017b) arvioihin. Arvio käytön ja ylläpidon kustannuksista on likimääräinen, mutta sen ajatellaan kattavan mm. pienimuotoisia huolto- ja ylläpitotöitä. Samaisen lähteen perusteella itse verkko oletetaan hyvin toimintavarmaksi sillä 30 vuoden pitoajalla, jolla investointia nyt tarkastellaan. Käytännössä huolto- ja ylläpito olisi ulkoistettua ja määrääjiksi kilpailutettua toimintaa.

Toinen merkittävä käytön ja ylläpidon kustannuserä liittyy väyläyhtiön taloushallintoon. Kaupankäynti oletetaan tässä laskelmassa suhteellisen vähän resursseja kuluttavaksi toiminnaksi. Esimerkiksi laskutuksen ja siihen liittyvän automatikan oletetaan olevan saatavilla jopa suhteellisen edull-



lisena ostopalveluna. Myös kirjanpitoon, tilinpäätökseen ja verotukseen liittyvät toiminnot on ajateltu ulkoistetuksi toiminnaksi, jonka hankintakustannus lienee hyvinkin kohtuullinen.

Mikäli suuremmilta teknisiltä ongelmilta (onnettomuuksilta) ja virhetilanteilta vältyttäisiin, lienee rationaalista olettaa, että nyt arvioitu summa riittäisi käyttötalouden hoitamiseen. Yhdeksi kustannuseräksi muodostunevat myös vakuutukset, mutta niiden luonnetta ja kustannustasoa ei ole lähdetty tässä yksilöimään vaan oletetaan, että arvioitu em. kustannuserä riittäisi kattamaan ainakin pienimuotoiset vakuutukset. Skenaarioissa II ja III teknisen ylläpidon ja hallinnon ajatelleen likimääräisesti korreloivan myytävän energian määrän suhteessa.

Lämpöpumppujen huolto ja ylläpito on esitetty omana kustannuseränään ja se perustuu lähteeseen Kauppila 2017a. Tämä kustannus lisättynä edelliseen erään (käyttö ja ylläpito) ja vähentämällä näin saatu kokonaiskustannus kuvion yksi mukaisesta myyntikatteesta saadaan erä jota nimetään tässä käyttökatteeksi. Käyttökatteella katetaan lähinnä vieraan pääoman kustannukset ja lyhennys, satunnaiset erät ja verot.

Yllä oleva laskelma poikkeaa tuloslaskelmasta lähinnä siinä, että se ei huomioi poistoja ja arvonalentumisia, mutta se huomioi toisaalta vieraan pääoman lyhennyksen. Laskelmaa onkin pidettävä lähinnä rahoituslaskelmana, jossa lähtökohtana ovat kassaan ja kassasta maksut.

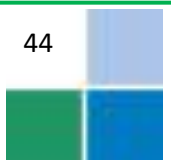
Kuviossa 2 alaosassa esitetään investointilaskelma, jonka perusteella arvioidaan vieraan pääoman tarvetta ja kustannusta. Yksinkertaisuuden vuoksi esitetään vain annuiteetilaskelma eli tasaerälaina. Tässä lainamuodossa maksuerä pysyy tasasuuruisena ja jos esim. korkotaso muuttuu, laina-aika pitenee tai lyhenee korkotason muutoksen mukaisesti.

Edellä onkin jo sivuttu sitä kysymystä, millaisia näkökulmia ja mahdollisuuksia tämäntyyppisen yrityksen ja sen investoinnin rahoitukseen ylipäänsä liittyy. Nyt esitetty laina-aika on huomattavan pitkä, samanpituinen kuin koko investoinnin ajateltu pitoaika. Näin ollen myös koron (nimellinen) kokonaiskustannus nousee varsin suureksi, lähelle lainapääoman kokonaismäärää. Nyt esitetty laskelma lähtee siitä, että investointi rahoitettaisiin käytännössä yksinomaan lainarahalla.

Väyläyhtiötä varten kerättävää osakepääomaa ja sen käyttöä ei ole käsitelty tässä laskelmassa lainkaan. Lienee myös mahdollista päätyä johtopäätökseen, jossa yhtiömuodoksi tulisi esim. kommandiittiyhtiö. Eri yhtiömuotojen vaikutusta esim. verotukseen ei ole tässä yhteydessä käsitelty. Lähtökohtanahan ylipäänsä on ajatus, että verotettavaa tuloa muodostuisi mahdollisimman vähän ja voiton muodostumista säädeltäisiin myytävän energian hintaa tarpeen mukaan laskemalla. Asioita tässä käsiteltäessä jonkinlainen perusoletus kuitenkin on, että perustettava yhtiö olisi yhtiömuodoltaan osakeyhtiö.

Osakeyhtiö voidaan perustaa pienimmillään (2018) 2500 euron osakepääomalla, mutta tässä tapauksessa tarpeellinen pääoma lienee vähintään kymmeniä tuhansia euroa, ehkä jopa selvästi enemmän. Toiminnan käynnistämiseen aloittamispäätöksestä mennee vähintään vuosi. Esimerkiksi verkon rakentamiseen liittyvä työ vienee joitakin kuukausia ja siihen liittyviä kilpailutus vienee joitakin kuukausia myös. Mahdollinen toimintatapa voisikin olla sellainen, jossa käynnistämisen vaiheeseen kustannuksiin ja osaan rakentamiskustannuksista varaudutaan omalla pääomalla, joka voisi olla haarukassa 200000 – 400000 euroa.

Tietysti käynnistämisen vaiheenkin kustannukset voitaisiin rahoittaa lainarahalla, mutta nyt esitetystä laskelmasta on oletettu, että alkuvaiheen kustannuksiin (jopa pieneen osaan rakennuskustannuksista) varaudutaan omalla pääomalla, joka voi juridisesti olla esim. pääomalainaa.



Seuraavaksi esitettävät investointilaskelmat, erityisesti netto nykyarvolaskenta, johtaa tilanteeseen, jossa yritykselle alkaa syntyä ylijäämää ja josta näin ollen koituisi em. veroseuraamuksia. Näitä ei ole kuitenkaan kuluereinä huomioitu erityisemmin, sillä päähuomio on nyt investointilaskelmassa ja verotuskysymysten ajatellaan liittyvän ennen kaikkea yrityksen toimintaan ja yrityksen tulokseen.

Lisäksi, kuten luvun johtopäätöksissä todetaan, tarkoituksenmukaisin tapa organisoida toimintaa lienee se, että yrityksen suurimmat asiakkaat ryhtyvät myös sen omistajiksi. Näin esim. verotusta voitaisiin optimoida siten, että hyöty yrityksen omistamisesta saadaan halvan (halventuvan) energian kautta.

6.2 Investoinnin netto nykyarvon laskeminen

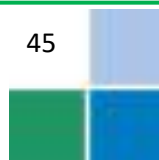
Edellä esitetyn laskelman kuvioissa 1 ja 2 voidaan ajatella kuvastavan ensimmäisen varsinaisen kokonaisen toimintavuoden tulosta. Netto nykyarvo on varsin yleisesti käytetty investoinnin kannattavuuden arvioinnin mittari, jossa arvioidaan investoinnin tulo- ja menovirtojen nykyarvon kehittymistä pitkällä aikavälillä. Mikäli nykyrahaksi muutettujen tulevaisuuden tulo- ja menovirtojen erotus on suurempi kuin nykyhetkessä tapahtuva investointikustannus, on investointi kannattava.

Oma kysymyksenä sitten on, miten nykyarvoon (nykyrahaan) arvostamisen pitäisi tapahtua. Arvostamiseen liittyy erityisesti kaksi ratkaistavaa kysymystä. Ensinnäkin arvostamisessa yleisesti ottaen huomioidaan rahan ostovoiman heikkeneminen eli inflaatiokehitys. Nimellisten rahavirtojen sijaan ollaan kiinnostuneita rahan kuhunkin vuoteen ajoittuvaan reaaliseseen arvoon. Menetelmän käyttäminen edellyttää siis sitä, että eri vuosien rahavirrat saatetaan vertailukelpoisiksi keskenään siirtämällä ne kaikki samaan arvostusajankohtaan, joksi yleensä valitaan nykyhetki. Näin ollen eri vuosien kassavirrat esitetään nykyrahassa, nykyarvoisina.

Toiseksi arvostamiseen liittyy kysymys tulevaisuuden tapahtumiin liittyvästä varmuudesta (epävarmuudesta). Periaatteessa arvioitujen rahavirtojen toteutumiseen liittyvään epävarmuuteen halutaan varautua investointilaskelmissa, erityisesti netto nykyarvomenetelmässä. Näin ollen tulevaisuudessa oletettavasti saatavaan positiiviseen kassavirtaan tehdään arvonalenema, jolla kompensoidaan sitä riskiä, että kassavirtaa ei välttämättä saadakaan, ainakaan oletetun suuruisena.

Netto nykyarvolaskelmissa on toki mahdollista myös positiivisen riskin toteutuminen. Laskelmissa tehdyt tulo-odotukset on tällöin laadittu varovaisiksi ja esim. Tosiasiallisista tulovirtaa olisi saatavilla enemmän kuin investointia arvioitaessa on tehty. Tällaisen positiiviseen riskin hallintaan on vaikea varautua, samoin kuin negatiivisenkin riskin hallintaan eli siihen, että laskelmia laadittaessa ollaan liian varovaisia. On vain pyrittävä mahdollisimman realistiseen tulo- ja menotasojen arviointiin. Mikäli investoinnin tulopuoli arvioidaan liian varovasti, ei investointi näyttäytykään niin houkuttelevana, kuin se realistisesti arvioiden olisi ollut. Positiivinen riski voi siis realisoitua siten, että oletettua kannattavampi investointimahdollisuus jätetään hyödyntämättä.

Kolmantena näkökulmana voidaan vielä esittää laskentatekniikkaan liittyvä kysymys siitä, miten kassavirtojen netto nykyarvon laskenta pitäisi laskentateknisesti tehdä. Kassavirtojen nykyarvojen laskenta voidaan sinällään tehdä vaikka kuukausitasoisesti tai vuosikvartaaleittain, mutta yleisesti tavanomaisimpana ratkaisuna pidetään vuosittaisten kassavirtojen diskonttaamista. Näin erityisesti silloin, kun investointiaika on pitkä. Tällöin sovellettava kaava voidaan kirjoittaa $V_x = \frac{x_i}{(1+r)^i}$, jossa x = diskontattava rahasumma, i = aikayksikkö (vuosi) ja r = sovellettava korkokanta (vuotui-

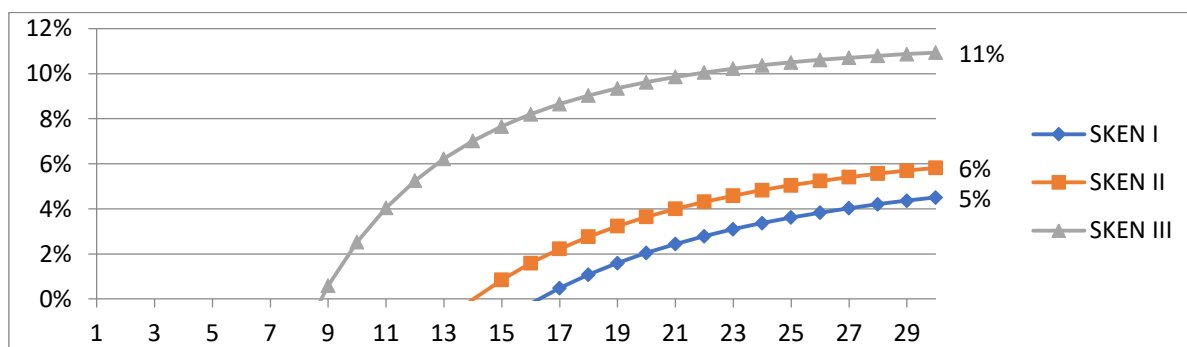


nen diskonttokorko). Tyypillisesti diskontataan siis vain positiivisten ja negatiivisten kassavirtojen erotusta eli nettokassavirtaa ja diskonttaamisessa käytettävä korkokanta on vakio koko laskenta-ajalta.

Voidaan toki kysyä, tulisiko tulo- ja menovirroille käyttää erisuuruisia diskonttokorkoja ja onko korkoa korolle laskenta perusteltua staattiselle korkotekijälle. Tämän tyyppisiä variointeja voidaan pitää kuitenkin nettonykyarvolaskennan erikoistapauksina ja niiden yksityiskohtaisempi käsittely ja soveltaminen sivuutetaan tässä yhteydessä.

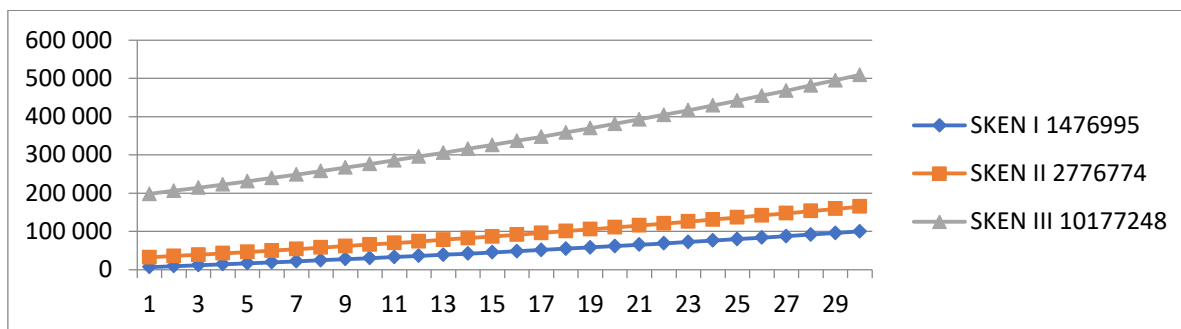
Kuten edellä on todettu, käytettävän korkokannan valinta riippuu lähinnä siitä, mitä lopputuloksen halutaan edustavan. Mikäli tarkoituksena on vain huomioida rahan aika-arvoa, on tarkoituksenmukainen korkokanta silloin inflaatio-olettaman suuruinen. Oikeaan osuvan inflaatio-olettaman arvioimiseen vuosikymmenten päähän liittyy luonnollisesti huomattavaa epävarmuutta. Jonkinlaisena yleispätevänä lähestymisenä voitaneen tämän vuosituhannen puolella (Suomessa) pitää n. 2 prosentin tasoa, joskin aivan viime vuosina on tämäkin taso hiukan alitettu. Pitkällä aikavälillä isotkin tason muutokset voivat olla mahdollisia. Esimerkiksi 1980-luvun alkuvuosina inflaatio oli noin 10 prosenttia, josta se sitten laski vuosikymmenen loppuun tultaessa noin 5 prosenttiin. EU-jäsenyyden myötä inflaatiotaso näyttää vakiintuneen noin 2 prosenttiin, joka näyttääkin olevan pitkän aikavälin eurooppalainen tavoite EU:n Talous- ja rahaliiton (EMU) myötä (Euroopan unioni, 2018).

Edellä on käsitelty sitä, pitäisikö investointia tarkastella myös korkeammilla korkokannoilla eli huomioida kassavirtojen toteutumiseen liittyvää epävarmuutta, kuten sijoittajanäkökulmasta tavanomaista on. Tässä on kuitenkin päädytty ratkaisuun, että tämäntyyppisten laskelmien perusteellinen läpikäyminen ei näytä tarkoituksenmukaiselta. Tehdyillä oletuksilla tuotto-odotukset jäävät varsin maltillisiksi ja ammattimaisten sijoittajien mukaantulo ei näytä todennäköiseltä vaihtoehdolta.



Kuvio 3. Skenaarioiden I-III sisäiset korkokannat ja takaisinmaksuajat. Vaaka-akselilla on investoinnin pitoaika. Laskelma ei huomioi rahan aika-arvoa.

Yllä kuviosta 3 nähdään investoinnin kannattavuuden arviot takaisinmaksuajan sekä sisäisen korkokannan menetelmällä. Skenaariossa I sisäinen korkokanta on 0 % noin 16 vuoden kohdalla, joka on siis investoinnin takaisinmaksuaja. Kolmenkymmenen vuoden pitoajalla investoinnin sisäiseksi korkokannaksi muodostuu skenaariossa yksi noin 5 %. Skenaariossa kaksi takaisinmaksuajaksi saadaan noin 14,5 vuotta ja investoinnin sisäiseksi korkokannaksi 30 vuoden pitoajalla saadaan 6 %. Skenaariossa III takaisinmaksuaja muodostuu hiukan alle 9 vuotta ja vastaavasti sisäiseksi korkokannaksi saadaan 11 %.

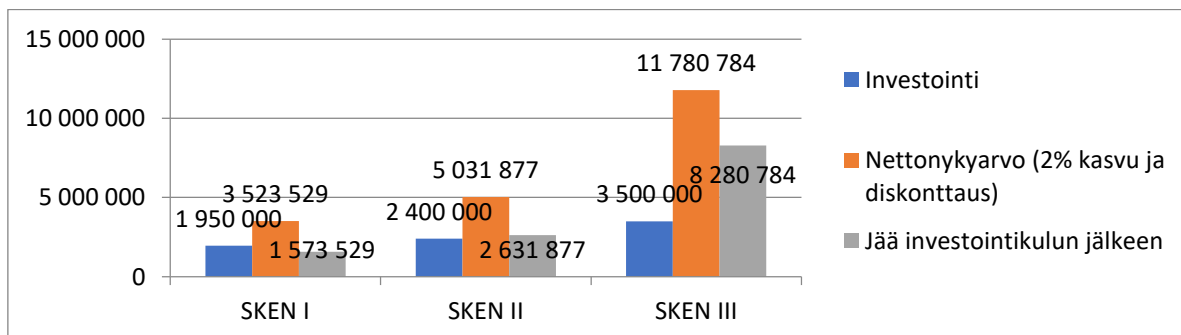


Kuvio 4. Nettokassavirtojen nykyarvo vuosille 1-30 edellä esitetyn lainanhoitokulun jälkeen ja olettaen +2 prosentin kasvua tuloihin ja menoihin.

Kuviossa 4 esitetyn laskennan tulosten taustaoletuksena on yleisen kustannustason nousu +2 %:lla sekä väläyhtiön kustannuksiin että tuloihin liittyen. Väläyhtiön myymän energian hinnan nousun +2 prosentin tasolla ajatellaan olevan mahdollista, koska muidenkin (olemassa olevien) lämmitysvaihtoehtojen hinnan oletetaan nousevan vähintäänkin tämän verran. Kaukolämpötilastoja tulkitsemalla voidaan havaita, että viime vuosina kaukolämmön keskimääräinen hinnan nousu vuodessa on ollut noin kahden prosentin tasoa (Kaukolämpö 2017).

Näin ollen sekä tulot että menot kasvavat vuositasolla +2 prosenttia. Sitten vuosittain +2 prosenttia kasvavasta käyttökatteesta vähennetään vuotuinen lainan annuiteettierä. Jäljelle jäävä nettokassavirta on diskontattu inflaatio-olettamalla eli 2:lla prosentilla. Skenaariossa I näin saatujen vuosittaisten nettokassavirtojen nykyarvon summa on 1 476 995 euroa. Luvun voi tulkita ilmentävän investoinnilla tehtävän voiton nykyarvoa, koska siitä on jo vähennetty investointikustannus. Skenaariossa II voitoksi nykyrahassa on arvioitu noin 2,8 miljoonaa euroa ja skenaariossa III 10,2 miljoonaa euroa.

Investoinnin nettonykyarvoa on syytä arvioida myös sellaisenaan, ilman korkokustannusta. Nyt investointia voidaan arvioida myös siitä näkökulmasta, että se tehtäisiinkin esim. omalla pääomalla, ilman korkokustannusta. Tällöin päästään seuraaviin kuviossa 5 esitettyihin lukuihin kussakin eri skenaariossa.



Kuvio 5. Nettonykyarvo oman pääoman rahoituksen näkökulmasta (ei korkokustannusta).

Esimerkiksi skenaariossa yksi siis ajatellaan, että investointihetkellä 0 uhrataan 1,95 M€ kustannus. Tätä uhrausta vasten saadaan seuraavan 30 aikana vuoden tuloja, joiden nykyarvo 2 prosentin korkokannalla diskontattuna on noin 3,52 M€ euroa. Voittoa kertyy nykyrahassa 1,57 M€. Investointi pysyy kannattavana vaikka osa rahasta uhrattaisiin korkokustannuksenakin. Samanlaiset laskelmat on vastaavasti esitetty muille skenaarioille.

6.3 Asiakasarvon näkökulma: edullisemman energian kokonaisarvo

Edellä on tarkasteltu investointia ja sen kannattavuutta väyläyhtiön näkökulmasta. Toiminta näyttää olevan pääsääntöisesti kannattavaa, joskin kannattavuus vaihtelee eri skenaarioissa ja erilaisilla laskentaoletuksilla.

Yhtiön näyttäisi siis olevan mahdollista tuottaa asiakasarvoa eli halvempaa energiaa verrattuna vaihtoehtoihin energian hankintatapoihin ja tekevän vielä voittoakin.

Esitetään seuraavaksi laskelma siitä, mikä tämän edullisemman energian hinnan kokonaisarvo voisi olla. Tehdään laskelmaa varten yksinkertainen oletus: oletetaan, että energiaa voitaisiin myydä aina 10 €/MWh halvemmalla (nykyhinnoin) kuin vaihtoehtoisista lähteistä. Oletetaan lisäksi, että myytävän energian kokonaismäärä vuositasolla pysyy vakiona ja valitaan laskenta-ajaksi edellä käytetty 30 vuotta. Saadaan seuraava laskelma.

	SKEN I	SKEN II	SKEN III
LÄMPÖENERGIAN MYYNTI (MWh)	10 500	14 600	30 800
Aika (v)	30	30	30
Alennettu hinta €/MWh	10	10	10
	€ 3 150 000	4 380 000	9 240 000

Kuvio 6. Väyläyhtiön tuottama asiakasarvo.

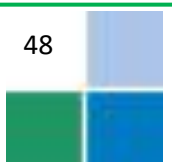
Huomataan, että alentuneena energian hintana syntyy itse asiassa enemmän arvoa asiakkaille kuin omistamisen kautta omistajille yllä olevissa laskelmissa. Tämä pätee luonnollisesti vain edellä mainituilla oletuksilla ja energian hinnoilla.

Väyläyhtiön myymän energian hintaa voitaisiinkin ajatella liukukytkimenä, jolla arvon jakautumista asiakkaan ja omistajien kesken voidaan säätää. Toisaalta samanlainen mekanismi pätee energian ostopuolella, jossa energian ostohinta määrittelee arvon jakautumista väyläyhtiön ja energian myyjien välillä.

6.4 Päätelmät

Edellä olevien laskelmien perusteella voidaan tehdä joukko johtopäätöksiä. On kuitenkin syytä korostaa, että johtopäätöksiin liittyy epävarmuutta ja yksinkertaistuksia mm. siitä syystä, että niitä esiintyy jo lähtötiedoissa että laskentamenetelmiinkin liittyen.

- 1) Havaitaan, että pienimmässäkin skenaariossa I on olemassa taloudellisesti mielekkään toiminnan mahdollisuus. Tämä liittyy kuitenkin erityisesti tilanteeseen, jossa alueen energiantarvitsijat ovat sekä omistajina mahdollistamassa toimintaa että toisaalta asiakkaina hyötymässä asiakasarvosta. Myös skenaario II näyttäisi olevan ammattimaisen sijoitustoiminnan ulottumattomissa. Toimintaan liittyvät taloudelliset riskit ovat kuitenkin jo pienemmät kuin skenaariossa I, mikäli tällaisessa energian kulutusmäärälle ja profiilille todella löytyisi kysyntää.
- 2) Skenaariossa III näyttäisi olevan jo sijoittajamahdollisuuskin. Takaisinmaksuajan jäädessä alle kymmeneen vuoteen ja sisäisen korkokannan noustessa 11 prosenttiin aletaan mahdollisesti lähestyä energiasektorillakin kiinnostavia sijoittamisen tunnuslukuja.



- 3) Investoinnin kannattavuuden lisäksi on mielekästä kiinnittää huomiota syntyvään asiakasarvoon. Todennäköisin liiketoimintamalli on sellainen, jossa käyttäjät toimivat omistajina. Näin arvoa syntyy kahta kautta.
- 4) Kuten useaan otteeseen on todettu, sisältyy tähänkin analyysiin ja sitä myötä johtopäätöksiin epävarmuutta.
 - Tarkempaa tietoa ei esim. ole siitä, kuinka yhteensopivaa alueen kiinteistöjen lämmönjakotekniikka on suhteessa nyt tarkastelussa oleviin matalalämpöisiin ratkaisuihin. Jonkinlaisia muutostöitä jouduttaneen tekemään, mutta toisaalta kohdekiinteistöissä jouduttaneen niihin, joka tapauksessa nyt puheena olevalla aikavälillä. Näin ajateltuna lämmönjakotekniikan uusimisen ylimääräinen kustannus voisi jäädä suhteellisen pieneksikin.
- 5) Toisaalta taustaoletuksiin liittyvä epävarmuus voi ilmetä myös siten, että nyt tehdyt oletukset ovat olleet liian varovaisia.
 - On esimerkiksi mahdollista, että lämmitysenergian yleinen hintatason nousu voi olla nopeampaa kuin nyt viitearvona käytetty kahden prosentin nousu. Mikäli näin tulisi olemaan, lisäisi tämä energiaväyläinvestoinnin suhteellista kannattavuutta huomattavasti
 - Edellä on myös sivuutettu joitakin rahanarvoisia näkökulmia. On esim. mahdollista, että väyläinvestoinnilla olisi jäännösarvoa vielä 30 vuoden päästäkin.
- 6) Erikseen on vielä korostettava sitä, että näin pitkän aikavälin tarkasteluun liittyy huomattavaa teknologista epävarmuutta. Voi ilmetä esim. uutta hintakilpailukykyistä teknologiaa. Voi olla niin, että tällainen teknologia tarjoaa esim. mahdollisuuden toteuttaa edullisia varalämmönlähteitä.

Lähteet

Kaukolämpö 2017 graafeina. (viitattu 30.9.2018).

https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolampo_2017_graafina.html#material-view

Energiaväylän kuluttajan lämpöpumppukeskus. 2017a Kauppila, K.

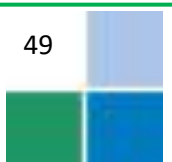
<https://sykli.fi/wp-content/uploads/2018/05/energiavaylankuluttajanlampopumppukeskus-final-06032018-1.pdf>

Sahanmäen energiaväylän siirtoverkoston mitoitus. 2017b Kauppila, K.

<https://sykli.fi/wp-content/uploads/2018/05/sahanmaenenenergiavaylansiirtoverkosto-final-06032018-1.pdf>

Euroopan unioni 2018. Viitattu 30.09.2018.

https://europa.eu/european-union/topics/economic-monetary-affairs_fi



7. Kannattavuuden tarkastelu case Sahanmäen biolämpölaitos (Jukka Korri)

7.1 Laskelmien perusteet

Tässä kappaleessa on tarkasteltu biolämpölaitosinvestoinnin järkevyyttä sillä tuotettavan lämpöenergian hinnan sekä lämpöliiketoimintaa pyörittävän yhtiön kannattavuuden kautta. Käytetyt menetelmät vastaavat luvun 6 menetelmiä. Investointia tarkastellaan kahdessa mittakaavassa (skenaario 1, 10 000 MWh ja skenaario 2, 13 800 MWh). Laskelmissa investointikustannukset koostuvat biolämpölaitoksesta, lämpöverkosta sekä lämpölaitos- ja terminaalitontista. Biolämpölaitoksen vara- ja huippulämmönlähteenä on öljykattila.

Laskelmissa Sahanmäessä syntyvät sivuvirtamateriaalit (jätepuu, esilajitteluerote) käytetään ensisijaisena polttoaineena, jonka lisäksi täydentävinä polttoaineina käytetään metsähaketta ja kevyttä polttoöljyä. Täydentävät polttoaineet ostetaan markkinahintaan ulkopuolisilta toimijoilta. Laskelmissa yritykset luovuttavat sivuvirtamateriaalit polttoainekäyttöön ilmaiseksi.

Biolämpölaitoksen kannattavuuslaskelmassa on lähdetty liikkeelle käytössä olleesta vuoden 2016 energiankulutusdatasta. Vuoden 2016 tammikuu oli erittäin kylmä, mikä saattaa olla aiheuttanut keskimääräistä vuotta suurempia tehontarpeen piikkejä. Laitteiden mitoituksen kannalta vuoden 2016 data on kuitenkin toimiva, koska sen avulla saadaan selville kulutuksen ääripäät. Kokonaisuutena tarkasteltuna vuoden 2016 lämmitystarve kuitenkin vastasi tavanomaista vuotta.

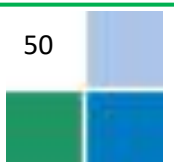
Kiinteistöjen kaukolämmön kulutusdata on tarkkuudeltaan tuntitasolla, mutta käytettävissä olevat maakaasun, sähkön ja öljyn kulutustiedot on ilmoitettu kuukausi- tai vuosikulutuksina. Kulutusdatasta muodostettiin pysyvyyskäyrä, jossa kaikkien energialähteiden kulutus kohdennettiin vuoden jokaiselle tunnille samassa suhteessa kuin kaukolämmön kulutus.

Laskelmat on toteutettu ”varman päälle” olettaen kattiloille maksimitehoksi nimellistehon (2 tai 3 MW) ja minimitehoksi 20 % nimellistehosta. Laskelmissa on otettu huomioon myös toteutetun verkostoeselvityksen mukainen verkostohäviö (500 MWh vuodessa). Samaa häviötä on käytetty kummassakin skenaariossa. Häviöiden vaikutusta koko verkoston hetkelliseen tehontarpeeseen ei laskelmassa ole huomioitu, vaan on oletettu, että biolämpölaitosratkaisulla pystytään kussakin tapauksessa tuottamaan sama osuus verkostohäviöstä kuin lämmitykseen käytettävästä energiatakin.

Biolämpölaitosten budjettihintoja on selvitetty lämpölaitostoitajilta. Hinnat ovat toimittajien karkeita arvioita, jotka tarkentuvat laitosprojektin edetessä. Myös laitoksen varustelutaso ja laitosrakennuksen rakenneratkaisut vaikuttavat hintaan. Kahden saman tehoisen laitoksen hinnassa voi olla eroa useampi 100 000 €. 100 000 €:n lasku tai nousu laitoksen hankintahinnassa muuttaa energian keskihintaa samansuuntaisesti noin 1 €/MWh.

Laskelmissa polttoaineterminaalin on oletettu sijaitsevan lämpölaitostontin yhteydessä. Näin toimittaessa polttoaineen siirtely terminaalista lämpölaitoksen varastosiiloon sisältyy hallinnointi- ja operointikustannuksiin. Mahdollinen pitempi siirtomatka voi nostaa tuotantokustannuksia nyt arvioituista. Laskelma ei myöskään huomioi mahdollisista häiriöistä johtuvia tuotantokatkoksia biolämmön tuotannossa. Häiriöistä johtuva käyttöasteen pieneneminen voi pitempään jatkuesaan nostaa energian hintaa merkittävästikin.

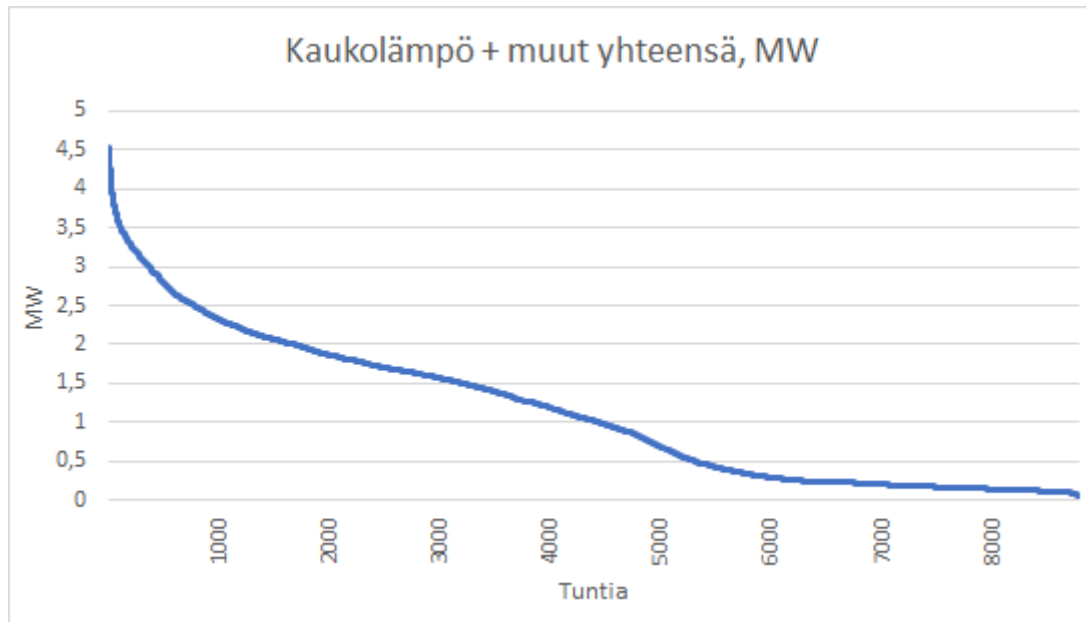
Edellä mainituista syistä johtuen laskelmien tuloksina saatavia energianhintoja voidaan pitää suuntaa antavina.



7.2 Laskelmat

7.2.1 Skenaario 1

Skenaariossa 1 kiinteistöjen yhteenlaskettu lämmitysenergiankulutus on 10 000 MWh vuodessa. Lämmönkulutuksen huipputeho on 4,5 MW. Kulutusdatasta muodostettu pysyvyyskäyrä on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Skenaariossa 1 pysyvyyskäyrä.

Kulutusdatan perusteella skenaariossa 1 päädyttiin tarkastelemaan 2 MW:n biolämpölaitosratkaisua. Biokattilan korkean hinnan takia sitä ei kannata mitoittaa kattamaan koko tehontarvetta. Tästä syystä vara- ja huippulämmön lähteenä skenaariossa 2 on 4 MW:n öljykattila. Varakattila on mitoitettu teholtaan kaksinkertaiseksi biokattilaan verrattuna, koska sen on voitava häiriön sattuessa kattamaan koko verkon lämmöntarve joka tilanteessa. Öljykattilaa ei kuitenkaan ole mitoitettu yli 4 MW:n teholle, koska tunteja, joina tehontarve ylitti 4 MW, oli tarkasteluvuoden aikana vain 26. Käytössä olleen datan yksittäisten kohteiden yhteenlasketun tehontarpeen piikit saattavat myös olla lähinnä laskennallisia, eikä niitä välttämättä ole yhtä selvästi havaittavissa koko verkon kulutuksessa.

Kattiloiden mitoitus on käsitelty tarkemmin Ylijäämälämmöstä uusiolämmöksi -raportin osassa 1.

Peruslaskelma

Kahdella erillisellä 1 MW:n kattilalla (tehonsäätö 20–100 % nimellistehosta) pystytään laskennallisesti tuottamaan noin 8 300 MWh eli 84 % tarvittavasta lämmitysenergiasta. Laskelmassa oletuksena on 15 vuoden annuiteettilaina 4 %:n korolla, jolla katetaan 100 % investoinnista. Näin energian verottomaksi keskihinnaksi muodostuu 63,4 €/MWh (kiinteät kustannukset 22,8 €/MWh, muuttuvat kustannukset 40,6 €/MWh). Peruslaskelma on esitetty taulukossa 1.

Seuraavassa on esitetty lisälaskelmat siitä, millaisia vaikutuksia oman polttoaineen määrän kasvulla, verkon lisäkulutuksella ja kattilatekniikan kehityksellä olisi tuotettavan energian hintaan.

Oma polttoaine

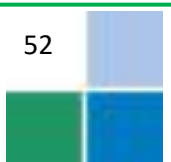
Laskelma osoittaa, että Sahanmäessä sivuvirtana syntyvän biomassan energiapotentiaali on noin kolmasosa kokonaiskulutukseen verrattuna. Tästä syystä metsähaketta tai vastaavaa polttoainetta joudutaan ostamaan täydentäväksi polttoaineeksi merkittävä määrä. Kuitenkin, mikäli polttoaine saataisiin kokonaisuudessaan teollisuusalueen sisältä (esilajitteluerocteen määrä pysyisi ennallaan, mutta oman puupolttoaineen määrä kasvaisi), putoaisi energian keskihinta selvästi, arvoon 49,6 €/MWh (kiinteät kustannukset 22,8 €/MWh, muuttuvat kustannukset 26,7 €/MWh).

Lisäkulutus

Yksi keskeinen haaste Sahanmäen energiaväylässä on energiankulutuksen putoaminen kesäaikana lähes olemattomaksi. Mikäli verkkoon kuitenkin saataisiin lisää kulutusta, joka tasapainottaisi tehontarpeen eroja talven ja kesän välillä, laskisivat investointikustannukset tuotettua energiamäärää kohti. Erityisesti kesäaikaan kohdistuva kulutus hyödyttäisi biolämpöratkaisua myös kattilan käytettävyyden kannalta. Kulutuksen kasvu kesäaikana esimerkiksi 3 000 MWh:lla (ol. ei lisää huippukuormaa, kulutuksen kasvun ansiosta koko kesäkulutus pystytään tuottamaan hakelämpölaitoksella) laskisi tuotetun lämmön veroton keskihinta arvoon 51,5 €/MWh (kiinteät kustannukset 17,6 €/MWh, muuttuvat kustannukset 34 €/MWh).

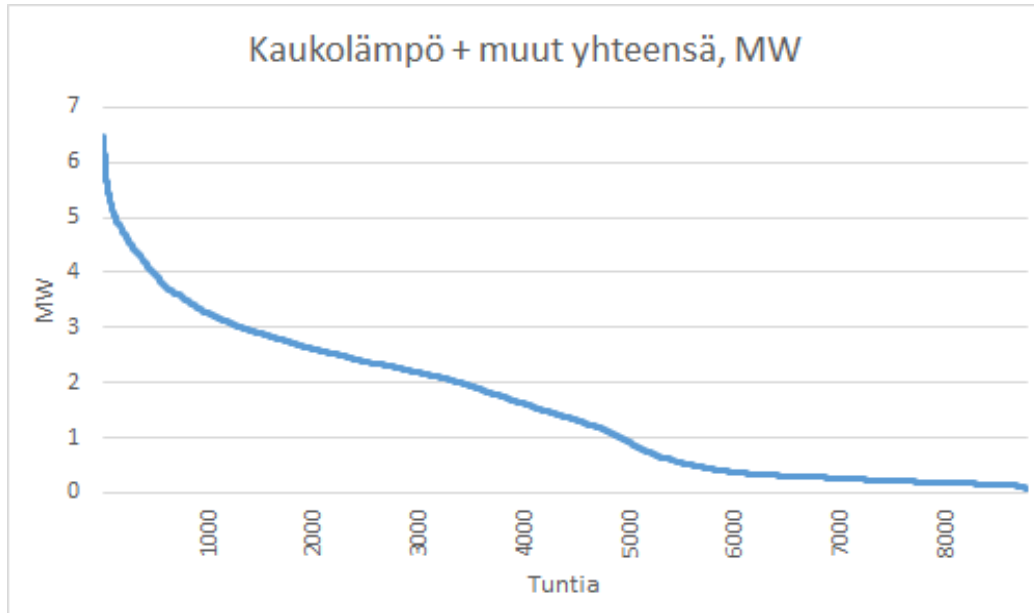
Laaja tehoalue

Biokattiloita valmistavien ja lämpölaitosprojekteja toteuttavien toimijoiden mukaan nykyaikaisia kattiloita on mahdollista käyttää huomattavasti alle laskennassa käytetyn minimiarvon 20 % nimellistehosta. Parantuneen automatiikan ansiosta on kattiloiden mainittu toimivan jopa 5 %:n teholla. Lisäksi yleisesti on tiedossa, että biokattiloilla pystytään lyhytaikaisesti tuottamaan lämpöä yli nimellistehon. Käyttämällä laskennassa tehon raja-arvoja 100 kW (10 % nimellistehosta) - 2,3 MW, nousee hakelämpölaitoksella tuotettavan energian määrä 94 %:iin kokonaiskulutuksesta. Tällöin öljyllä tuotetun energian määrä laskee selvästi. Näin laskettaessa lämmitysenergian verotomaksi keskihinnaksi saadaan 56,4 €/MWh (kiinteät kustannukset 22,8 €/MWh, muuttuvat kustannukset 33,6 €/MWh).



7.2.2 Skenaario 2

Skenaariossa 2 kiinteistöjen yhteenlaskettu lämmitysenergiankulutus on 13 800 MWh vuodessa. Lämmönkulutuksen huipputeho on 6,5 MW. Kulutusdatasta muodostettu pysyvyyskäyrä on esitetty kuvassa 2.



Kuvio 2. Skenaariion 2 pysyvyyskäyrä.

Kulutusdatan perusteella skenaarioon 2 valittiin 3 MW:n biolämpölaitosratkaisu, jossa peruskuorma toteutetaan kahdella erillisellä 1,5 MW:n kattilalla. Pienempien kattiloiden ansiosta voidaan biolämmön teho säätää pienemmäksi kuin yhdellä suurella kattilalla. Tämä parantaa mahdollisuuksia tuottaa lämpöä biopolttoaineilla myös kesäaikaan. Vara- ja huippulämmön lähteenä on 6 MW:n öljykattila. Öljykattilaa ei ole mitoitettu yli 6 MW:n teholle, koska sen ylittävän tehon tarpeen vuotuinen määrä on vähäinen.

Peruslaskelmat

Kahdella erillisellä 1,5 MW:n kattilalla pystytään laskennallisesti tuottamaan noin 12300 MWh eli 89 % tarvittavasta lämmitysenergiasta. Laskelmassa energian verottomaksi keskihinnaksi muodostui 61,0 €/MWh (kiinteät kustannukset 22,0 €/MWh, muuttuvat kustannukset 39,0 €/MWh). Laskelmassa oletuksena on 15 vuoden annuiteettilaina 4 %:n korolla, jolla katetaan 100 % investoinista. Laskelma on esitetty taulukossa 1.

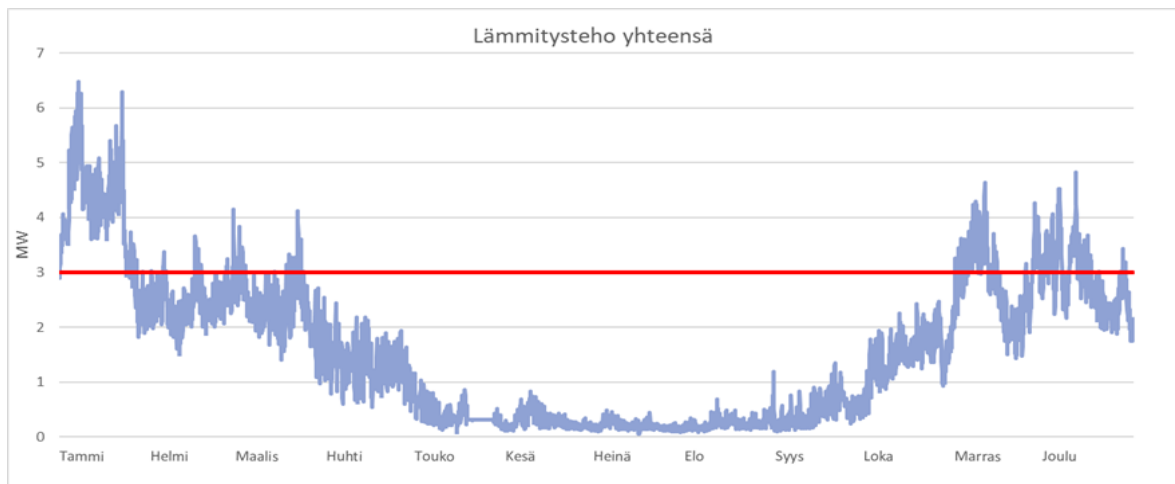
Lisälaskelmat

Skenaariion 1 lisälaskelmia vastaavat laskelmat antavat skenaariossa 2 seuraavat energianhinnat:

- Oma polttoaine: 48,0 €/MWh (kiinteät 22,0 €/MWh, muuttuvat 26,0 €/MWh)
- Lisäkulutus (5 000 MWh): 49,2 €/MWh (kiinteät 15,2 €/MWh, muuttuvat 34,0 €/MWh)
- Laaja tehoalue (150 kW - 3,5 MW): 56,9 €/MWh (kiinteät 22,0 €/MWh, muuttuvat 34,9 €/MWh).

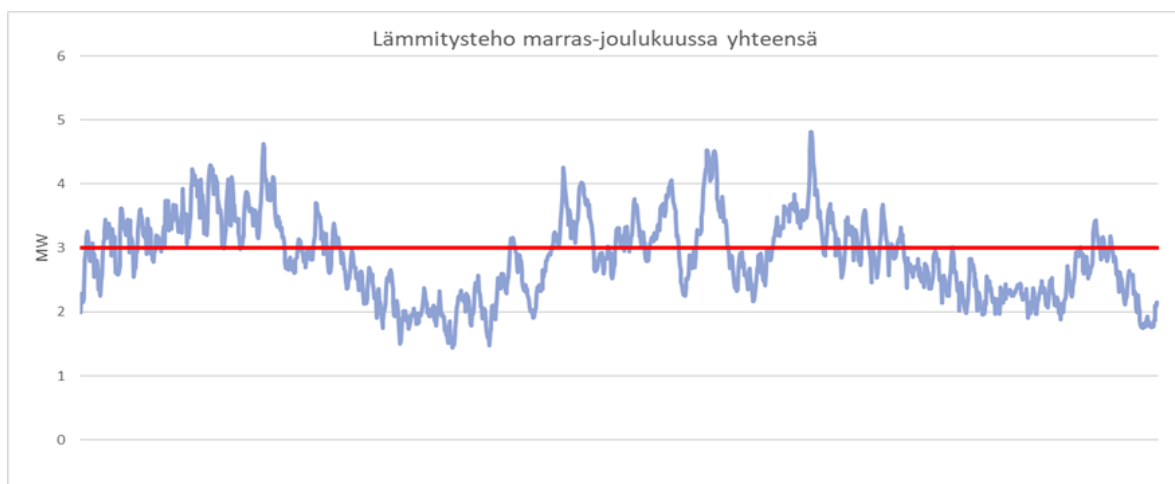
7.2.3 Kysyntäjousto

Energia-alalla on viime aikoina puhuttu paljon kysyntäjouaston merkityksestä kulutushuippujen tasapainotuksessa. Myös tarkastellussa ratkaisussa, jossa peruskuormaa tuottavan biolämpölaitoksen rinnalla huippu- ja varalaitoksena käytetään öljykattilaa, on kysyntäjoustolla mahdollista säästää polttoainekustannuksissa. Säästöjen tarkempi laskenta on kuitenkin käytettävissä olevilla tiedoilla hankalaa.



Kuvio 3. Skenaarion 2 kiinteistöjen energiankulutus.

Eniten hyötyä joustoista on lyhytaikaisten kulutuspiikkien kohdalla. Pitkäaikaisten perustehonylitysten osalta joustomahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset. Esimerkiksi vuoden 2016 aineistossa (kuvio 3) koko tammikuu oli hyvin kylmä, eikä tehontarve käynyt koko kuukauden aikana hakelämpölaitoksen maksimitehon alapuolella. Tällöin öljylämmityksen päällekytkemistä ei voida välttää.



Kuvio 4. Skenaarion 2 kiinteistöjen energiankulutus marras-joulukuussa 2016.

Tarkasteltaessa esimerkiksi marras-joulukuun dataa (kuvio 4) on kuitenkin havaittavissa selvä joustopotentiali tehontarpeen vaihdellessa vuorokaudenajasta riippuen hakelämmityksen maksimitehon molemmin puolin. Kiinteistöjen lämmitysjärjestelmiä säätämällä voi myös olla mahdol-

lista ajoittaa säännöllisiä kulutushuippuja vähemmän yhdenaikaisiksi.

7.2.4 Väyläyhtiön liiketoiminta

Edellä esitetyt peruslaskelmat osoittavat, että biomassä-öljy -yhdistelmällä tuotetun lämpöenergian hinta muodostuu hieman 60 €/MWh yläpuolella, eli samalle tasolle Sahanmäessä tarjolla olevan kaukolämmön kanssa. Käytännössä 60 €/MWh:n hintataso ei näin ollen kannusta vaihtamaan toimivaa kaukolämpöjärjestelmää uuteen.

Tehdyt lisälaskelmat kuitenkin osoittavat, että tuotettavan lämpöenergian hinta voi oman polttoaineen saatavuuden parantuessa tai kysynnän lisääntyessä painua 50 €/MWh tuntumaan, mikä lähestynee kiinteistöjen kannalta jo kiinnostavan rajaa.

Taulukossa 1 on esitetty esimerkilaskelma väyläyhtiön käyttö- ja investointitaloudesta liiketoiminnan alussa skenaariossa 1 ja 2. Lämpöenergian myyntihinta on liiketoiminnan ensimmäisenä vuonna 50 €/MWh ja lämmöntuotannon muuttuvat kustannukset 30 €/MWh. Investoinnit kataan kokonaisuudessaan 15 vuoden annuiteettilainalla, jonka vuosikorko on 4 %.

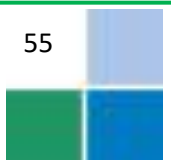
Koko pitoaikaa tarkasteltaessa on oletettu, että yhtiön tulot ja menot kasvavat vuosittain 2 %:lla, mikä perustuu vaihtoehtoisten energialähteiden hinnannousun tarjoamaan mahdollisuuteen nostaa myös väylässä myytävän lämpöenergian hintaa.

Taulukko 1. Laskelma väyläyhtiön käyttö- ja investointitaloudesta skenaariossa 1 ja 2.

Hinnat ALV:a 0 %

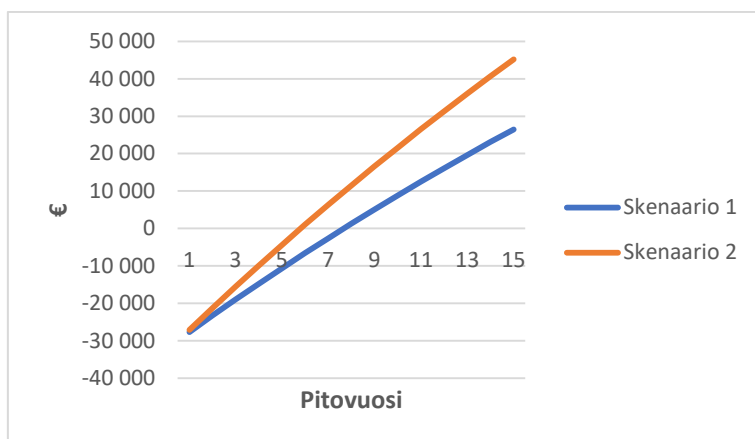
LÄMPÖENERGIAN MYYNTI (MWh)	SKENAARIO 1	SKENAARIO 2
Primäärienergia biomassasta	8 343	12 258
Huippukuorma öljyllä	1 648	1 584
=	9 991	13 841
Myyntin yksikköhinta (€/MWh)	50	50
Myyntitulo (liikevaihto) (€) =	499 550	692 057
OSTOT		
Ostot ja kulut, €/MWh tuotettua lämpöä	30	30
OSTOT JA KULUT =	299 730	415 234
Käyttökate	199 820	276 823
INVESTOINTIKUSTANNUKSET		
Hakelämpölaitos	1 685 250	2 535 250
- Hakelämpölaitos	1 600 000	2 450 000
- Laitostontti	23 250	23 250
- Polttoaineterminaali	62 000	62 000
Verkon investointikulu	850 000	850 000
INVESTOINTIKUSTANNUKSET =	2 535 250	3 385 250
Investoinnin laina-aika	15	15
korkokanta	4,0	4,0
Annuiteetti	228 023	304 473
Tulos	-28 203	-27 650

Kummassakaan skenaariossa väyläyhtiön vuotuinen käyttökate ei riitä liiketoiminnan alussa kattamaan annuiteettia, eli vuotuisia lainanhoitokuluja. Laskelmassa 2 %:lla vuosittain nouseva



myyntihinta nostaa yhtiön liiketoiminnan kuitenkin kannattavaksi, skenaariossa 1 kahdeksantena ja skenaariossa 2 kuudentena vuonna (kuvio 5). On siis selvää, että yhtiön pääomitus esimerkiksi liittymismaksujen muodossa on välttämätöntä ensimmäisten vuosien aikana.

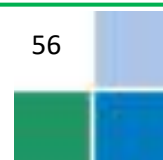
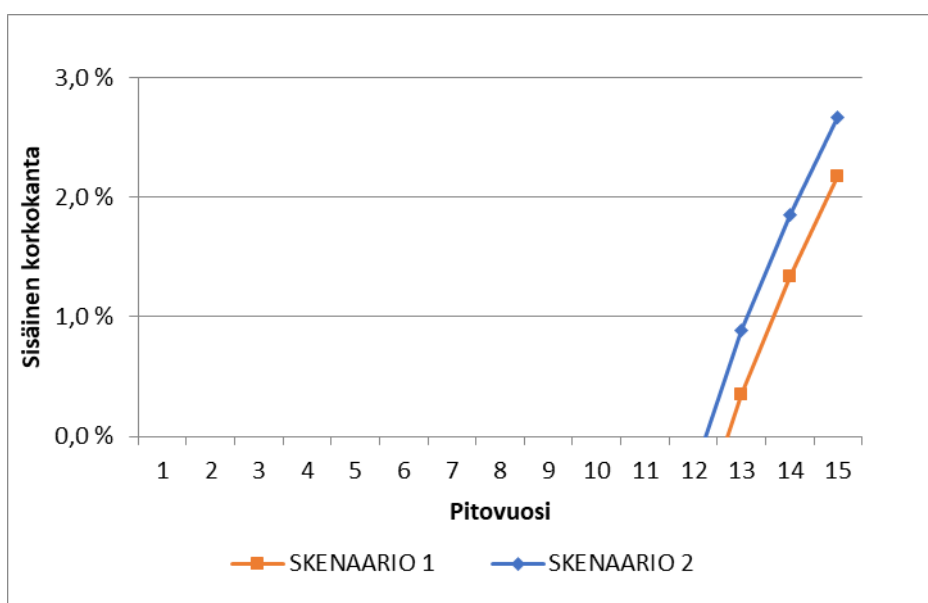
Nettotulojen voimakkaan nousun ansiosta lainajärjestely, jossa myös lyhennykset painottuvat laina-ajan loppupuolelle olisi yrityksen liiketoiminnan kannalta selvästi annuiteettilainaa mielekkäämpi ratkaisu.



Kuvio 5. Skenaarioiden 1 ja 2 vuotuisten nettotulojen nykyarvon kehitys investoinnin pitoaikana. Nettotulojen nykyarvon laskennassa vuotuiset nettotulot on diskontattu 2 %:n korkokannalla.

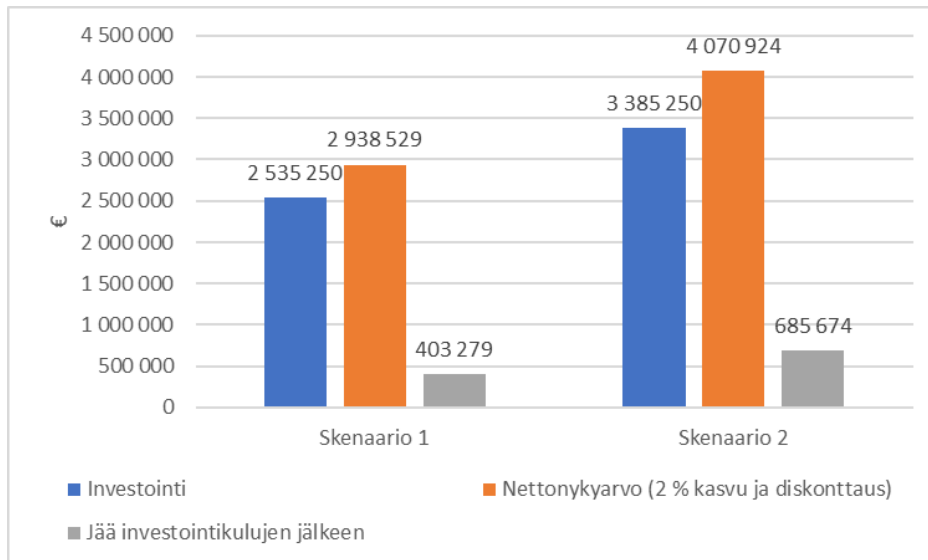
Kuviossa on tarkasteltu investointien sisäistä korkokantaa pitoajan funktiona skenaarioissa 1 ja 2. Sisäinen korkokanta nousee positiiviseksi kummassakin skenaariossa kolmantenatoista pitovuotena. Samoista pisteistä löytyy investointien takaisinmaksuajat.

Laskelmissa laitoksella tai verkostolla ei ole jäännösarvoa 15 pitovuoden jälkeen. Todellisuudessa lämpölaitos saattaa olla käyttökunnossa vielä joitakin vuosia. Verkoston teknistä käyttöikää on toteutetun verkostaselvityksen mukaan tuolloin jäljellä vielä puolet, tai jopa enemmän.

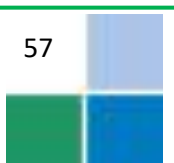


Kuvio 6. Skenaarioiden 1 ja 2 sisäiset korkokannat ja takaisinmaksuajat. Vaaka-akselilla on esitetty investoinnin pitovuosi. Laskelma ei huomioi rahan aika-arvoa.

Biolämpölaitos on mahdollista investoida myös yrityksen omalla pääomalla, eli kokonaan ilman lainarahaa. Edellisiä laskelmia vastaavilla oletuksilla (myyntitulot ja menot +2 %/v, diskonttaus 2 %) lasketut investoinnin nettonykyarvot skenaarioille 1 ja 2 on esitetty kuviossa 7. Molemmissa tapauksissa investoinnin kokonaiskustannus jää nettonykyarvoa pienemmäksi, joten investointeja omalla rahalla voidaan pitää kannattavina.



Kuvio 7. Investointien nettonykyarvot omalla pääomalla toteutetussa investoinnissa skenaarioissa 1 ja 2.



8. Energiaväylän selvityksiä (Ari Laitala)

Energiaväylä-hankkeen loppupuolella on toteutettu konsulttiselvitys, jonka tuloksia on referoinut tämän kappaleen kirjoittaja alla kappaleessa 8.1.

Lisäksi varsinaisena hanketyönä on kirjoitettu erillisselvitys Energiaväylä-hankkeen tulosten soveltamismahdollisuuksista kehittyvillä logistiikka-alueilla. Tämä työ on toteutettu varsinaisena hanketyönä hankkeen osatoteuttajana toimineen Techvillan Heikki Lahtisen kirjoittamana. Tätä työtä ei kuitenkaan ole liitetty hankkeen painettuun raporttiin, mutta se löytyy kokonaisuudessaan hankkeen sivuilta.

8.1 Case Kapuli: Pienen aluelämpöverkon hyödyntäminen matalalämpöisenä sekä lämmönlähteiden ja säästöjen tarkastelu

Energiaväylä-hankkeen toiseksi case-alueeksi Hyvinkään Sahanmäen ohella valikoitui projektisuunnitteluvaiheessa Mäntsälän Kapulin alue. Alueelle on valmistunut 2015 Yandexin datakeskus, jonka ylijäämälämpöä hyödynnetään laajasti Mäntsälän kaukolämmön lähteenä. Hankesuunnitelmassa on yhtenä tavoitteena mainittu sen selvittäminen, voisiko läheisille tonteille tarjota lämmitysenergiaa matalalämpöverkon kautta samoin kuin Sahanmäen alueella on tarkoitus. Kapulin alueen etuna on jo olemassa oleva ratkaisu perinteiseen kaukolämpöverkkoon

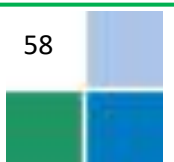
Koska Kapulin alueelta ei hankkeen loppupuolella löytynyt toteutusvaiheeseen etenevää uutta ratkaisua, valittiin case-tarkasteluun Mäntsälän Anttilan, Männikön ja Kaunismäen alueella sijaitseva pienehkö aluelämpöverkko, jonka muuntamista matalalämpöiseksi on harkittu paikallisen energiayhtiön toimesta. Näin saavutettiin se etu, että tarkastelua ei tarvitse tehdä täysin hypoteettisena vaan olemassa olevaan ratkaisuun kiinnittyen.

Aihepiiristä on kilpailutettu ja tilattu konsulttiselvitys huhtikuussa 2018. Konsulttiselvityksen tavoitteena on ollut tarkastella perinteisen korkealämpöisen aluelämpöverkon muunneltavuutta matalalämpöiseksi verkoksi. Erityistä huomiota on kiinnitetty asuinkiinteistöjen erityisvaatimuksiin matalalämpöisessä verkossa, maalämmön käyttämistä lämmönlähteenä sekä pienimuotoisen ylijäämälämmönlähteen hyödyntämistä ao. ratkaisussa.

8.1.1 Selvityksen keskeiset tulokset

Kilpailutuksen jälkeen työ päätettiin hankkia EnerSys CM Oy:ltä, jolta on hankittu pääosa muistakin hankkeen selvityksistä. Työn tekemisestä on vastannut konsultti DI Kari Kauppila.

Selvitys on kaksiosainen ja sen osat soveltuvat myös erikseen tarkasteltavaksi. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan ensin matalalämpöisyyden toteuttamisen yleisiä edellytyksiä. Selvityksen päähuomio on lämpöpumpputekniikan erilaisissa soveltamismahdollisuuksissa käytettäessä erilaisia lämmönlähteitä, kuten kallioperää, ulkoilmaa tai vesistöjä. Tätä osuutta seuraa taloustarkastelu, jossa selvitetään lämpöpumpputekniikan kannattavuutta osana aluelämpöverkkojen toteutusta yleisestä näkökulmasta. EAKR-hankkeiden yhtenä toteutettavuuden kriteerinä on laajasti käytökelpoisen ja sovellettavan tiedon tuottaminen ja jakaminen. Nyt toteutetun selvityksen ykkösosa näyttäisi paikkaavan selvää aukkoa suomenkielisessä aihepiiriä käsittelevässä kirjallisuudessa.



Selvityksen toisessa osassa syvennyttään em. case-kohteessa mahdollisiksi havaittuihin kehittämistoimiin ja niiden vaikutuksiin toiminnan kannattavuudessa.

Työ lähtee liikkeelle pienehkön aluelämpöverkon varsin tyypillisestä ongelmasta eli suhteellisen suuresta verkostohäviöstä. Nyt tarkastelussa olevassa verkostossa lämpöhäviöt ovat 45 prosentin luokkaa, kun suurissa kaukolämpöverkoissa voidaan päästä alle 10 prosentin verkostohäviöihin. Yksi syy suureen verkostohäviöön on pieni energiatiheys. Tilanne ei ole tavaton silloin, kun siirtoetäisyydet ovat suuria ja kulutus kohteissa on pientä, kuten vaikkapa pientaloalueilla. Verkon suunnitteluvaiheessa on mahdollisesti varauduttu kasvavaan kulutukseen, joka ei kuitenkaan (ainakaan vielä) ole toteutunut.

Toinen tämän tyyppisille kohteille ominainen piirre on vähäinen ohjausautomaatio, joten käytön optimointimahdollisuudet ovat varsin vähäiset. Tarkasteltavassa verkostossa esim. menoveden lämpötilan ja virtauksen säädölle ei ole omaa ohjausautomaatiikkaa vaan menovettä säädetään suoraan kattilalämpötilan avulla, jonka säätö puolestaan tapahtuu lähinnä vuodenaikojen mukaan muuttuvan käsiohjauksen perusteella.

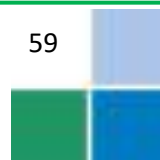
Seuraavaksi työssä tarkastellaan mahdollisuuksia lämpötilatasojen alentamiseksi. Erikseen todetaan, että olemassa olevien verkostojen osalta mahdollisuudet ovat rajallisemmat verrattuna uudiskohteeseen, jossa matalampi lämpötilataso voitaisiin ottaa jo suunnitteluvaiheessa lähtökohdaksi. Nyt mahdollisuudet lämpötilatasojen alentamiseksi ovat kuitenkin kohtuulliset, koska verkossa olevat kuluttajat ovat kohteina suhteellisen uusia, mikä mahdollistaa muutosten tekemisen suhteellisen vähin kustannuksin. Tapauskohteisesti kuluttajien lämmönsiirtimet voidaan mitoittaa toimimaan myös matalammissa lämpötiloissa. Lämpötilatasojen alentaminen esitetään toteutettavaksi säätämällä sekä menoveden lämpötilaa että virtaamia, mutta muitakin mahdollisia toimenpiteitä esitetään, kuten tarpeen mukaan ohjattua läpijuoksutusta. Esitettyjen muutosten jälkeen pidetään mahdollisena sitä, että verkoston lämpöhäviöitä voitaisiin pienentää noin 25 prosenttia.

Seuraavaksi työssä tarkastellaan lämpöpumpputekniikan soveltamista kohteessa. Taloudellisen kannattavuuden mainitaan perustuvan erityisesti saatavissa oleviin lämmönlähteisiin, ei siis niinkään itse lämpöpumpputekniikan hyödyntämiseen liittyviin valintoihin. Pääasiallisiksi lämmönlähteiksi todetaan 1) lähistöllä sijaitsevan muuntamon hukkalämpö, 2) energiakaivot ja 3) ulkoilma.

Erityisen mielenkiintoinen osa tarkastelua on lähistöllä sijaitsevan aluemuuntamon suurteho-muuntajien ylijäämälämmön käyttö lämmönlähteenä. Muuntajien ylijäämälämmön hyödyntäminen lämmityksessä on ainakin Suomessa varsin harvinainen ratkaisu. Tietävästi Helenillä on käytössä jonkinlaisia ratkaisuja, mutta yleisesti saatavilla olevia tietoja ja ratkaisukuvauksia laskelmineen ei tietävästi ole ollut saatavilla ennen tätä julkaisua.

Maalämmön lähteeksi arvioidaan periaatteessa soveltuvan pystysuuntaiset energiakaivot. Alueen välittömässä läheisyydessä on kuitenkin pohjavesialue, joka saattaa vaikuttaa maalämmön luvitusprosessiin ja toteutusmahdollisuuksiin. Ulkoilman käyttöä tarkastellaan lähinnä apulämmönlähteenä.

Taloustarkastelua varten työssä on määritelty kolme vaihtoehtoa. Tarkasteluvaihtoehdossa VE 0A nykytilanteeseen tehtävä muutos on lämpötilatason alentaminen, joka mahdollistuisi arviolta 30000 euron investoinnilla. Kertyvä kustannussäästö perustuisi yksinomaan verkostohäviöiden pienenemiseen.



Vaihtoehdossa VE1 investoidaan noin 500000 euroa maalämpöpumppuratkaisuun. Myös tässä vaihtoehdossa investoidaan verkostolämpötilan alentamiseen, joka sisältyy edellä mainittuun investointisummaan. Investointi sisältää myös ulkoilmakeräimen apulämmönlähteenä. Varsinaisen investointikustannuksen päälle tulee vielä jonkin verran projektinhoidon, kuten suunnittelun, kustannuksia.

Vaihtoehdossa VE2 hyödynnettäisiin lämmönlähteenä muuntamoa. Perusratkaisuna on lämmönsiirtimen asentaminen öljykiertoon. Lämmönsiirtimen kautta lämpö siirtyisi glykoliliuokseen ja lämpö siirrettäisiin PEH-putkiparilla nykyiseen lämpökeskukseen, jonne lämpöpumppu asennettaisiin valmiina konttiratkaisuna ja noin 250 kW tehoisena. Arvio on, että lämpöpumppu pystyisi tuottamaan +75 asteista vettä jopa 3,5 lämpökertoimella. Muuntamon ylijäämälämpö riittäisi kattamaan em. oletuksin noin puolet verkon lämpötarpeesta. Kesäajankaan lämmöntarvetta ei kuitenkaan täysin pystyittäisi tyydyttämään tällä järjestelyllä. Muuntamon hukkalämmönsaannon on ilmoitettu pienenevän kesällä noin 80 kW tasolle. Kesäajan lisälämmöntarve voitaisiin tuottaa kuitenkin ilmalämpöpumpulla 3-5 lämpimimmän kuukauden ajan, jolloin kaasukattiloita ei tarvitsisi käyttää lainkaan.

Taloustarkasteluosiossa tarkastellaan käyttö- ja investointitaloutta sekä yhdessä että erikseen. Käyttökustannuksiltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi valikoituisi VE2, joka mahdollistaisi lähes 50000 euron vuosisäästöt. Investointikustannus johdosta takaisinmaksuajaksi muodostuisi kuitenkin lähes 7 vuotta. Vaihtoehdossa 1 vuosisäästöt olisivat reilut 40000 euroa, mutta suuremman investointikustannuksen johdosta takaisinmaksuaika olisi lähes 12 vuotta. Vaihtoehdossa 0, jossa varsinaisena toimenpiteenä siis vain alennettaisiin lämpötilatasoa, vuosisäästö olisi noin 13000 euroa ja takaisinmaksuaika hiukan yli kaksi vuotta.

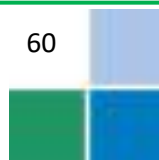
Lopuksi työn tekijä vielä tarkastelee eri toteutusvaihtoehtojen hiilidioksidipäästöjä. Investointivaihtoehtoisissa 1 ja 2 hiilidioksidipäästöjä voitaisiin vähentää 50-60 prosenttia verrattuna nykytilanteeseen. Osaltaan tämä johtuisi siitä, että lämpöpumppujenkin käyttämästä sähköstä entistä suurempi osa tehdään aiempaa hiilivapaammin.

8.1.2 Päätelmiä hankkeen näkökulmasta

Hanketoimijoiden näkökulmasta tehty selvitys on sekä yleiseltä osaltaan että kohdekohtaisen tarkastelun osalta erinomaisesti hankkeen tarkoituksiperiä palveleva. Työssä kuvataan pienimuotoisen ylijäämälämmön lähteen hyödyntämistä olemassa olevassa aluelämpöverkostossa sekä niitä ratkaisuja, haasteita ja mahdollisuuksia, joita lämpötilatason alentamisen merkitsisi. Työllä on merkittävää uutuusarvoa ja sen sovellettavuus voidaan arvioida laajaksi.

Oma merkityksensä on myös sillä, että työn pohjalta voitaisiin helpohkosti tehdä taloudellinen jatkotarkastelu tapauksessa, jossa tarkastelun kohteena oleva ylijäämälämmön lähde poistuisi käytöstä pidemmässä juoksussa, esim. 10 vuoden aikajänteellä. Ylijäämälämmön lähteiden hyödyntämiseen näyttää liittyvän merkittävää spekulatiota siitä, missä määrin investoinnit ovat menetettyjä, mikäli suunniteltu ylijäämälämmön lähde poistuisi käytöstä kesken investoinnin pitoajan. Tämä on luonnollisesti tärkeä osa riskienhallinta-ajattelua, mutta hankkeessa tehtyjen havaintojen mukaan valitettavan usein suunnitelmat ylijäämälämpöjen hyödyntämiseksi näyttäisivät kariutuvan jo alkuunsa tämän tyyppiseen spekulatioon.

Nyt tehty selvitys ohjaa ajatuksia siihen suuntaan, että maalämpö (ja muut saatavissa olevat lämmönlähteet kuten ulkoilma) ylijäämälämmön korvaajana voisi tapauskohtaisesti olla varteenotet-



tava riskien hallintakeino. Viime kädessä tarkempi analysointi on toki aina hankekohtaista, mutta asiaa olisi syytä tarkastella myös yleisistä lähtökohdista. Investointien kannattavuustarkastelu myös sisäisen korkokannan sekä nettonykyarvolaskelmien valossa toisi lisäsyvyyttä tarkasteluihin.

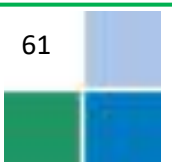
8.2 Edullinen ylijäämälämpö potentiaalisena sijoittumisetuna – case Moreeni

Energiaväylä –hankkeessa monien tavoitteiden (projektisuunnitelman toimenpide 8) joukossa yksi tärkeimmistä on hankkeen tulosten konseptointi siten, että syntyvää uudentyyppistä cleantechratkaisua voidaan soveltaa samantyyppisillä, mutta myös eri kehitymisvaiheissa olevilla alueilla.

Varsinaiseksi konseptointiharjoitukseksi valikoitui Hämeenlinnan Moreenin yritysalue. Alueen kehitystyötä viedään eteenpäin kiertotalouskylä-ajattelun pohjalta, joskin logistiikka on alueen kehittämisidean mukaisesti kokolailla keskiössä.

Energiaväylä-hankkeen tuloksetkin alleviivaavat lopulta kiertotalousajattelua. Ylijäämälämpöä on haastavaa hyödyntää kannattavasti pelkästään rakennusten lämmitykseen. Lämmityskauden ulkopuolella ylijäämälämmön kysyntä voi olla hyvinkin vähäistä. Tilanne voi kuitenkin muuttua kiertotaloussympäristössä, jos lähialueille sijoittuu teollista ja tuotannollista toimintaa, jossa tarvitaan ylijäämälämpöä myös kesäisin. Tällainen toiminta voi liittyä esim. kuivattamiseen, esilämmitykseen, kasvihuonetoimintaan ja esim. laajamittaiseen pesulatoimintaan. Sovellettavasta lämpöpumppuratkaisusta riippuen tarjolle voidaan saada myös yli sata-asteista lämpötilaa sekä huomattavan edullista jäähdytystehoa.

Varsinaisen kiertotalouskeskittymän kehittyminen voi tapahtua lähinnä siten, että kasvu ja alueelle sijoittuvat uudet tulijat synnyttävät koko ajan uutta synergiaa. Näin ollen alueelle sijoittuva uusi toimija hyödyntäisi vielä käyttämätöntä resurssia, joka tyypillisesti on jo alueella olevan toimijan materiaalista sivuvirtaa tai alueella tarjolla olevaa ylijäämälämpöä. Vastaavasti pääosan uusista tulijoista tulisi synnyttää edelleen uutta paikallista jaettavaa. Kiertotaloussynergiat ovat tietysti vain osa tarvittavista synergiahyödyistä, mutta tapauskohtaisesti niiden merkitys voi olla ratkaisevakin.

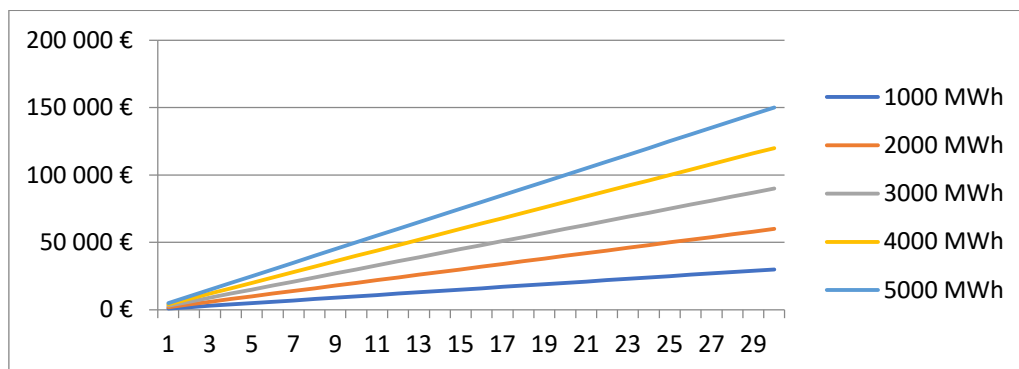


Market Potential		
Industrial sector	Process	Temperature level [°C]
Food and beverages	drying	30 – 90
	washing	40 – 80
	pasteurising	80 – 110
	boiling	95 – 105
	sterilising	140 – 150
	heat treatment	40 – 60
Textile industry	washing	40 – 80
	bleaching	60 – 100
	dyeing	100 – 160
Machinery industry	cleaning	40 – 80
	drying	30 – 90
Chemical industry including pharmaceutical	boiling	95 – 105
	distilling	110 – 300
	various chemical processes	120 – 180
All sectors	pre-heating of boiler feed water	30 – 100
	heating of production halls	30 – 80

based on: K4RES-H; IEA Task 33; Solare Prozesswärme in Industrie und Gewerbe, FhG-ISI, etc., and own research by ESV

Kuvio 1. Sata-asteista lämpöä (höyryä) voidaan hyödyntää jo varsin monentyyppisessä tuotannollisessa toiminnassa. Lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä kustannustehokas lämmöntuotanto edellyttää kuitenkin myös kohtuuhintaisen sähkön saatavuutta. (lähde http://www.solar-process-heat.eu/fileadmin/redakteure/So-Pro/Events/Krmelj_09062011.pdf)

Taloudellista edulliseen energiaan perustuvaa hyötyä (kilpailuetua) voidaan havainnollistaa arvioimalla hintaeroa tavanomaiseksi katsottavaan energian hintaan verrattuna. Lämpöenergian hinta esim. perinteisenä kaukolämpönä vaihtelee alueellisesti paljonkin. Tyypillisesti sen arvonlisäveroton hintahaarukka on suuruusluokassa 60-80 €/MWh. Toisaalta edulliseen ylijäämälämmönlähteeseen perustuvaa lämpöenergiaa voidaan tuottaa noin 10-30 €/MWh edullisemmin verrattuna perinteisiin (olemassa oleviin) ratkaisuihin. Näin ollen sijoittumisperusteinen arvonlisä (kilpailuetu) voi olla helposti kymmeniätuhansia euroja vuodessa paljon lämpöä tarvitsevalle toimijalle.

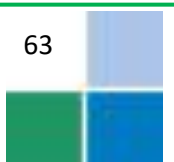


Kuvio 2. Edullisen ylijäämäenergian vuotuinen arvo hintaeron funktiona erilaisilla energian kulutusmäärillä (1 – 5 GWh). Suurehkon lämmönlähteen hyödyntäminen paikallis- tai aluetasolla voi tuottaa kokonaisuutena arvioiden usean sadan tuhannen euron vuotuisen arvonlisän. Tämä kuitenkin sillä edellytyksellä, että tällaista ylijäämälämmönlähdettä päästään hyödyntämään edullisesti, käytännöllisesti katsoen omakustannushinnalla tai hyvin pienikatteisesti hinnoiteltuna.

9. Hankkeen loppupäätelmät

Seuraavaksi esiteltävät loppupäätelmät nojaavat osaltaan myös raportin ykkösosan tuloksiin.

1. Jätelämpöajattelusta on tässä hankkeessa ja tämän hankkeen aikana pikku hiljaa muutenkin päästy ylijäämälämpöajatteluun. Havaittavissa on ajattelun kehityskaari, joka vertautuu kiertotalousajatteluun. Ylijäämälämpöä ei enää välttämättä nähdä jätteenä, vaan rahatarvoisena kierrätettävänä resurssina, joka hyödynnettäessä voitaisiin käsittää uusiolämpönä. Laajemman ymmärryksen saavuttaminen asiaan liittyen ottaa vielä kuitenkin aikaa.
2. Sahanmäen case-alueelle mallinnettu tarkastelu osoittaa, että eräin reunaehdoin alueen teollisen ylijäämälämmön käyttö uusiolämpönä on taloudellisesti kannattavaa. Investoinnissa on mahdollista päästä jopa kymmenen prosentin tuottoon varsin kohtuullisin olosuhtein. Reunaehdoista merkittävin on ylijäämälämmön lähelle omakustannusta asettava ostohinta ylijäämälämmön lähteestä.
3. Sahanmäen case-alueelle mallinnettu ratkaisu osoittaa, että eräin reunaehdoin myös energia-arvoa sisältävien materiaali-jakeiden hyödyntäminen on kannattavaa. Tämä skenaario muuttuu vertailussa nykytilanteeseen vieläkin kannattavammaksi, mikäli materiaallivirtojen osalta huomioitaisiin niiden poisiennististä nykyisin aiheutuva lisäkustannus.
4. Mäntsälän alueelle tehty selvitys osoittaa selvästi kahta huomionarvoista seikkaa: 1) pienten aluelämpöverkkojen käyttö matalalämpöisenä on tapauskohtaisesti teknisesti mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa. 2) Selvitys osoittaa huonosti tunnetun ylijäämälämmönlähteen – muuntamolämmön – taloudellisen hyödyntämisen potentiaalin.
5. Ylijäämälämmön hyödyntämisen merkittävimmäksi riskiksi osoittautui vaikeasti hallittava epävarmuus siitä, että pitkällä tähtäimellä ylijäämäenergian turvattu saanti ei ole varmaa. Riski on tyypillinen tilanteessa, jossa alueella on vain yksi iso ylijäämälämmönlähde. Jonkinlainen riskinhallintakeino olisi korvaava maalämpöratkaisu. On mahdollista, että suurinta osaa investoidusta tekniikasta voitaisiin edelleen hyödyntää osana tällaista ratkaisua.
6. Merkittävimmäksi positiiviseksi riskiksi (mahdollisuudeksi) osoittautui erittäin edullinen lämmön ylijäämäpotentiaali lämmityskauden ulkopuolella. Toiminta, jossa lämpöä käytettäisiin suurina määriä esim. kuivatusprosesseihin (kausiluontoisesti), hyötyisi selvästi kuvattunlaiseen toimintaympäristöön sijoittumisesta. Toinen merkittävä mahdollisuus liittyy jäähdytykseen, joka voitaisiin toteuttaa kesäkaudeksi nyt esitetyllä tekniikalla ilman suurempia lisäinvestointeja.
7. Ylijäämälämpöjen omistajuuteen liittyvä ajattelu on Suomessa vielä ”kehittymätöntä”. Suomen teollisuus on energiantensiivistä. Myös rakennusten lämmitykseen käytetään paljon energiaa. Tämä energia olisi edelleen hyödynnettävissä nykyistä huomattavasti laajemmin. Hyödyntämättömän ylijäämäenergian arvon suuruusluokka on Suomessa vuositasolla useita satoja miljoonia euroja. Ylijäämälämpöjen hyödyntäminen on merkittävä hyödyntämätön mahdollisuus myös hiilineutraaliuteen pyrittäessä.



8. Hankkeessa havaittiin mielenkiintoinen ilmiö: alueen yritysten (lämmön ostajien) aktiivisuus energia-asioihin liittyen. Havainto on suorastaan vallitsevan teorian vastainen, jonka mukaan yritysten kaikinainen fokus ja intressi on niiden ydinliiketoiminnassa. Asialla on myös merkittävä käytännöllinen seuraus. Kiinnostuksen ja ymmärryksen lisääntyminen energia-asioissa – esim. tämäntyyppisten hankkeiden myötä – lisää asiakkaiden neuvotte-luvoimaa. Käynnissä näyttää olevan energiamurros tässäkin suhteessa. Toimialan peli-säännöt – ja samalla markkinatoimijoiden valtasuhteet - ovat muokkautumassa uusiksi.
9. Kokonaisarviona voitaneen esittää johtopäätös, että teollinen ylijäämälämpö merkitsee vielä varsin heikosti hyödynnettyä resurssia kehityskulussa kohti kiertotaloutta, resurssi-tehokkuutta sekä hiilineutraalia yhteiskuntaa. Teknistaloudelliset edellytykset näyttävät olevan olemassa. Ylijäämälämmön täysi potentiaali tulee kuitenkin esille vasta silloin, kun sen hyödyntämismahdollisuudet kyetään yhdistämään muuhunkin liiketoimintamahdolli-suuteen kuin rakennusten lämmittämiseen.

