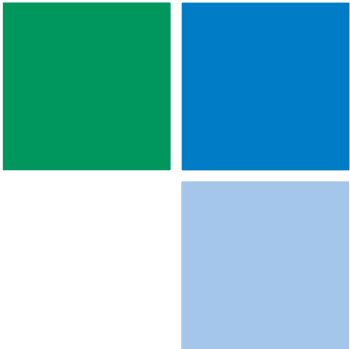




YLIJÄÄMÄLÄMMÖSTÄ UUSIOLÄMMÖKSI

- uusiolämpöpotentiaalin hyödyntämisen
alueellinen kartoittaminen

EnergiaVäylän julkaisuja

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



TECHVILLA



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



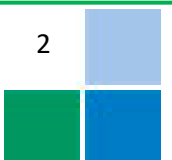
Julkaisija: Työtehoseura ry
Kiljavantie 6, 05200 Rajamäki
www.tts.fi | 09 2904 1200

TTS julkaisu 433

ISBN: 978-951-788-449-5

ISSN: 1799-2443

Nurmijärvi 2018



Esipuhe

Euroopan tasolla jätetään hyödyntämättä suunnaton määrä rakennusten lämmittämiseen sopivaa energiaa. Vuositasolla tämä määrän on arvioitu olevan 4600 TWh. Määrästä saa käsityksen, kun sitä verrataan rakennusten lämmittämiseen tarvittavaan energiaan, joka on vuositasolla "vain" 3300 TWh (Heat Roadmap Europe, Energiategollisuus ry). "Jätteeksi" päätyvän energian määrä on siis n. 1,4 kertaa suurempi kuin se määrä, joka käytetään rakennusten lämmityksessä hyödyksi.

Asiaa on tarkasteltu myös Suomessa, jossa teollisuuden hukkalämpöä syntyy vuosittain noin 54 TWh ja josta arviolta 5 TWh olisi hyödynnettävissä suoraan nykyisiin kaukolämmön paluuverkkoihin (YIT 2010). Tämä noin kahdeksan vuoden takainen tarkastelu olisi syytä kuitenkin päivittää ja arvioida samalla mm. sitä, liittykö näihin ylijäämälämmön lähteisiin esim. varastointimahdollisuutta tai mahdollisuutta matalalämpöverkkoinvestointeihin.

Yllä mainitut luvut kuvaavat sitä laajuutta ja merkitystä, johon tämä hanke sijoittuu. Tässä hankkeessa näkökulma on alhaalta ylöspäin: miten jopa yksittäistä ylijäämälämpöpotentiaalia voitaisiin käytännössä lähteä laajemmassa mitassa hyödyntämään. Projektin puitteissa on jalkauduttu yksittäisiin kiinteistöihin; kellareiden lämmönjakohuoneisiin, katonrajan ilmanvaihtojärjestelmiin ja kaikkeen siltä väliltä. Suuri määrä tunteja on käytetty myös monenlaisissa laskentaharjoituksissa, avointa ja suljettua dataa laskien sekä erilaisia tarkasteluja ja skenaarioita luoden.

Hankkeen ensimmäisen väliraportin valmistuttua on syytä kiittää niitä tahoja ja toimijoita, jotka ovat mahdollistaneet hankkeen käynnistämisen. Näitä toimijoita ovat erityisesti ne Sahanmäen alueet yritykset, jotka ovat olleet ideoimassa hanketta ja myös sitoutuneet sen rahoittamiseen Sahanmäki ry:n kautta. Niinkään merkittävä rooli on ollut Nivos Oy:llä hankkeen taloudellisena tukijana mutta myös tarjoamalla energia-alan asiantuntemustaan tähän hankkeeseen.

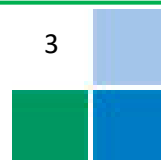
Hyvinkään Lämpövoima Oy on ollut suureksi avuksi välittäessään Hyvinkään case-alueen yritysten energiankulutustietoja, mikä osaltaan on mahdollistanut hankkeen kitkatonta etenemistä. Avainasemassa on lopulta luonnollisesti ollut Uudenmaan liitto katsoessaan tämän hankkeen EU-rahoituksen arvoiseksi.

Tämä raportin yhteydessä on laadittu kolme ostopalveluina hankittua konsulttiselvitystä. Kaksi Enersys CM Oy:ltä ja yksi Novox Oy:ltä. Näiden selvitysten kautta hankkeeseen on saatu sisällytettyä ajantasaista teknologiaan liittyvää tietämystä, mutta myös vuosikymmenten kokemusta ja aihepiiriin liittyvää hiljaista tietoa. Tämä on sikäli merkittävää, että aihepiiristä ei ole julkaisuja mitenkään kattavasti tarjolla, eikä varsinkaan taloudellista tietoa ja esimerkkilaskelmia.

Nämä konsulttiselvitykset on laadittu siten, että ne soveltuvat luettavaksi myös yksittäin selälaisenaan. Selvityksistä saa kuitenkin kattavamman kokonaiskuvan kun niihin perehtyy osana tätä raporttia. Em. selvitysten sisältöjä ja tuloksia ei ole katsottu tarpeelliseksi laajemmassa mitassa toisintaa tämän raportin osana ja em. töihin viitataan vain tarpeellisin osin. Töiden tuloksia hyödynnetään enemmän hankkeen kakkosjulkaisussa, jossa perehdytään erityisesti taloudellisiin kysymyksiin.

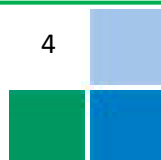
Hankkeen toteuttajat

Suomen ympäristöopisto Sykli, Teknologiakeskus Techvilla ja TTS Työteho-seura

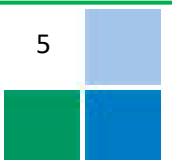


Sisällys

Esipuhe	3
1. Johdanto: Projekt EnergiasVäylä.....	6
1.1 Mikä on EnergiasVäylä? - Suunnitelman mukainen tiivistelmä toteutuksesta.....	7
1.2 Hankkeen alueelliset lähtökohdat (Jaakko Wiikinkoski)	8
2. Alueellinen lämpöenergiatase ja kohdekiinteistöjen lämmitysenergiankulutus (Ari Laitala).....	11
2.1 Lämpöenergian kulutus aikajanalla.....	12
2.2 Säädatan hyödyntäminen lämmitystarpeen arvioinnissa	13
2.2.1 Lämmitystarpeen vaihtelu	14
2.2.2 Lämmitystarpeen kehitys pitkällä aikavälillä.....	15
2.3 Case Hyvinkään Sahanmäki.....	17
3. Alueellinen materiaalitase ja energia (Jukka Korri).....	21
3.1 Materiaalitaseesta yleisesti	21
3.2 Polttokelpoiset materiaalit ja niiden energiasisältö	21
3.2.1 Jätepuun energiahyötykäyttö.....	22
3.2.2 Materiaalivirtojen energia-arvojen laskenta.....	23
3.2.3 Sivuvirtojen kertyminen ja varastointitarve	24
3.3 Biokaasuntuotantoon soveltuvat materiaalit	25
3.4. Lämmöntarve.....	26
3.5 Lämpölaitosinvestointi.....	27
3.6 Case Hyvinkään Sahanmäki.....	28
3.6.1 Kysely	28
3.6.2 Sivuvirrat	29
3.6.3 Energiankulutus	31
3.6.4 Polttoaineen varastointitarve	34
3.6.5 Lämpölaitokselle asetettuja vaatimuksia.....	35
3.6.6. Hukkalämmön ja hakelämmön yhdistäminen	35
4. Teknologiset ratkaisut (Ari Laitala)	39
4.1 LTO	39
4.2 Matalalämpöverkko	39
4.2.1 EnergiasVäylä - Sahanmäen energiasVäylän siirtoverkoston mitoitus” Yhteenveto ja johtopäätökset (Kari Kauppila)	41
4.3 Lämpöpumppuliitynnät.....	41
4.3.1 EnergiasVäylän kuluttajan lämpöpumppukeskus: Yhteenveto ja johtopäätökset (Kari Kauppila)	42
5. Tietojen keräämisen ja koostamisen hyvät käytännöt (Ari Laitala)	44



5.1 Yritysvierailut ja yhteiset tilaisuudet (Heikki Lahtinen)	44
5.2 Kysely alueen yrityksille ja energian kulutustietojen kerääminen.....	46
5.3 Katselmointitoiminta (Timo Lahti)	47
6. Johtopäätökset	48
Liitteet	50
Liite 1: Energiaväylä kyselyn tulokset.....	51



1. Johdanto: Projektin Energiasäilytys

Energiasäilytys on kesäkuussa 2016 käynnistynyt pääosin Uudenmaan liiton kautta rahoitettu noin kaksivuotinen EAKR-hanke, joka päättyy kesäkuussa 2018. Hankkeen tavoitteena on selvittää tekniikkaan, teknologiaan sekä talouteen ja organisoitumiseen liittyviä edellytyksiä teollisen ylijäämälämmön alueellisessa hyödyntämisessä. Teollisen ylijäämälämmön hyödyntäminen alueellisissa matalalämpöverkoissa on aihepiiri, jota Suomessa tunnetaan vielä suhteellisen huonosti. Aihepiiristä on tehty sen potentiaaliseen merkitykseen nähden vain vähän suomalaisia opinnäytetöitä tai muitakaan selvityksiä.

Periaatteessa suuri osa suomalaisesta energiantuotannosta perustuu ”hukkalämmön” hyödyntämiseen. Kolmasosa suomalaisesta sähköntuotannosta on ns. yhteistuotantosähköä, jossa sähköä tuottaessa syntyy samalla kaukolämpönä hyödynnettävää lämpöenergiaa. Yhdessäkään muussa maassa yhteistuotantosähkön osuus ei ole yhtä korkea. Sen osuus esim. EU:ssa on keskimäärin vain noin 10 %. (Energiateollisuus 2017). Voitanee siis todeta, että lämmön talteenotolla on energiasäilytysjärjestelmässämme sinänsä pitkät perinteet. Yhteistuotantosähkössä syntyvää lämpöä ei kuitenkaan tavallisesti ole mielletty ylijäämälämmöksi, sillä sen hyödyntäminen on alun alkaenkin ollut tavoitteena.

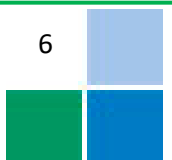
Viime aikoina julkisuutta ovat saaneet Suomeen sijoittuneet datakeskukset, joissa on toteutettu erilaisia lämmön talteenoton ratkaisuja. Yksi edistyneimmistä näistä ratkaisuista lieinee Mäntsälän Kapulin alueella toteutettu Yandexin datakeskuksen ylijäämälämmön talteenotto ja takaisinsyöttö Mäntsälän kaukolämpöverkkoon. Kapulin alue on toinen tämän Energiasäilytys-hankkeen case-alueista. Tämän alueen jatkokehittämisen mahdollisuuksiin palataan tarkemmin hankkeen jälkipuoliskolla.

Hankkeen alkuvaiheessa hanketoiminnan painopiste on ollut Hyvinkään Sahanmäen alueella, jossa sijaitseva Saint-Gobainin lasivillatehdas on huomattava ylijäämälämmön lähde. Hankkeen alkuvaiheen toimenpiteinä ovat olleet erityisesti alueen lämmitysenergian tarpeeseen liittyvien tietojen koostaminen sekä mallintaminen siten, että energiakäyttöön liittyvät kausivaihtelut tulevat niin lyhyellä kuin pitkälläkin tähtäimellä asianmukaisesti huomioiduksi. Tätä kokonaisuutta käsitellään luvussa kaksi.

Toisena hankkeen alkuvaiheen painopisteenä on ollut energia-arvoa sisältävien materiaa-
livojen ja niiden hyödyntämismahdollisuuksien selvittäminen lämpöenergian alueellisessa tuotannossa. Tätä kokonaisuutta käsitellään luvussa kolme.

Sahanmäen alueen lasivillatehtaan lämmön talteenottoon liittyvissä kysymyksissä on projektin alkuvaiheessa hyödynnetty julkisesti saatavilla olevaa dokumentaatiota eli lähinnä Tuomas Rillan diplomityötä (2014) sekä Hanna Suhosen kandidaatintyötä (2016). Konsulttien laatimista erilliselvelyksistä huomiota kiinnitetään lyhyehkösti lämpöpumppujen käyttöön matalalämpöisen energian hyödyntämisessä sekä itse matalalämpöverkkoon. Tämän raportin varsinaisessa tekstiosassa näiden selvitysten tuloksia käydään läpi vain yhteenvedonomaaisesti luvussa neljä.

Hankkeen projektisuunnitelmassa esiin nostetulle lämmön varastointitarpeen selvittämisessä on rajauduttu tarkastelemaan lyhytaikaista – puskuriluonteista – varastointia siten, että se perustuisi pääasiassa olemassa oleviin varastoihin. Näin ollen fokus on lyhytaikaisten kulutushuippujen (n. 12-36 h) kysyntään vastaamisessa varastoinnin keinoin. Suuren mittakaavan pidempiaikaista ja kausiluontoista varastointitarkastelua ei lopulta ole katsottu tarpeelliseksi toteuttaa tässä yhteydessä. Näin säästyneet resurssit on kohdennettu alueen energiasäilytystarkasteluun ja sen pohjalta synnytettyyn hakevoimailaitosskenaarioon.



Luvussa viisi käydään läpi alueellisen yritysysteistyön merkitystä niin hankkeen suunnittelu- kuin toteutusvaiheessakin. Samassa luvussa käsitellään Sahanmäen case-alueella toteutetun kyselyn toteuttamistapaa. Kyselylomake tuloksineen esitetään tämän raportin liitteenä, mutta kuitenkin niin, että yksittäisen vastaajan identifiointi ei ole mahdollista. Kyselyn tuloksilla on ollut merkittävää vaikutusta ennen kaikkea ohjautumisessa lisätiedon lähteille, eikä sen tuloksia ole kokonaisvaltaisemmin lähdetty analysoimaan. Lukuun viisi on sisällytetty myös tiivis katsaus katselmuksista, joita on suoritettu eräissä alueen yrityksissä energiatehokkuuteen liittyen.

Luvussa kuusi esitetään keskeisiä johtopäätöksiä ja suosituksia.

Tämän väliraportin projektisuunnitelmankin mukaisena tarkoituksena on kuvata tähänastisen työn keskeisiä löydöksiä mutta toimia myös (itsearviointi)oppaana mahdollisesti käynnistettäessä selvityksiä samantyyppisillä alueilla. Paitsi että raportti kuvaa tehtyjä toimenpiteitä ja toimenpiteiden tuloksena syntynyttä tietoa ja johtopäätöksiä, se pyrkii myös kuvaamaan ainakin jossain määrin sitä, millainen prosessi – tai projekti – on ollut. Tämä raportti on kirjoitettu siten, että yksittäiset luvut muodostavat mahdollisimman pitkälle itsenäisiä kokonaisuuksia, joista muodostuu sitten laajempi kokonaiskuva. Rakenteellisesti opas on siis varsin lähellä artikkelikokoelmaa. Kussakin luvussa käytetyt lähteet on koottu kunkin luvun loppuun, vaikka näin jotkut lähteet toistuvatkin useamman luvun lähdeluettelossa.

Todettakoon tässä yhteydessä vielä se, että vaikka tämä hanke leimallisesti ja käytännöllisesti keskittyy energiaan, on hankkeen laajempi konteksti selvä. Se on kiertotalous. Kiertotalouteen usein liitetty hokema ”toisen jäte on toisen aarre”, sopii mitä mainioimmin myös energiaan. Myös energia sopii lähtökohtaisesti kierrätettäväksi. Wikipedia muotoilee termodynamiikan ensimmäisen pääsäännön seuraavasti: $dU = \delta Q + \delta W$, jossa U on systeemin sisäenergia, Q on systeemiin tuotu lämpö ja W on systeemiin tehty työ.” Em. käytännön tulokintana voidaan todeta, että energiaa ei voida luoda eikä hävittää. Kierrätysmahdollisuus on siis lähtökohtaisesti olemassa, samoin kuin materiaankin liittyen.

Tätä raporttia seuraa jälkimmäinen osa, jossa keskitytään liiketaloudellisiin ja muihin kehittämishankkeen toteuttamisen kannalta oleellisiin kysymyksiin. Mutta mikä on energiaväylä, joka hankkeessa on ottanut myös erisnimien muodon, EnergiaVäylä. Seuraavassa kappaleessa on hankkeen julkinen tiivistelmä, joka löytyy mm. Eura-järjestelmästä (Eura2014). Noin puolitoista vuotta tekstin syntymisen jälkeen se on edelleen validi ja kuvaa lyhyesti myös hankkeen syntyhistoriaa. Annetaan sen siis puhua puolestaan.

1.1 Mikä on Energiaväylä? - Suunnitelman mukainen tiivistelmä toteutuksesta

”Yritysten toimintaympäristö muuttuu jatkuvasti ja yritykset etsivät uusia ratkaisuja toiminnan kehittämiseen. Nyt on nähtävissä uusi trendi: yritykset hakevat resurssitehokkuutta ja kilpailukykyä etsimällä synergiaetuja jopa kilpailevien yritysten kanssa. Hyvinkään Sahanmäen alueella on aiemmin toteutettu yritysten yhteistyötä selvittävät ja aktivoivat hankkeet Reslog ja ResLog2, joissa on noussut esille tarve kartoittaa alueen energiankäytön tehostamismahdollisuuksia. Aikaisemmissa hankkeissa yritykset ovat alustavasti ideoineet uudenlaisen matalalämpöverkon, josta he käyttävät itse nimeä ”Energiaväylä”. Nyt haettavalla ”Energiaväylä” -hankkeella etsitään teknologiaa ja menetelmiä edetä kohti uudenlaista ratkaisua.



Energiaväylä on kokoaan uudenlainen toimintamalli ja ratkaisu, jonka avulla yritykset voisivat jakaa ylijäämälämpöenergiaa kiinteistöltä toiselle. Toimijat investoisivat lämpöpumpuun, joka mahdollistaa energiankäytön kehittämisen kiinteistön sisällä, mutta antaa myös mahdollisuuden syöttää tai hyödyntää lämpöenergiaa alueen yhteisestä energioväylästä. Alueelle sijoittunut lasivillatehdas tuottaa ylijäämälämpöä, jota ei tällä hetkellä hyödynnetä. Uudella ratkaisulla hukkalämpö voitaisiin jakaa alueen yritysten käyttöön, kuten Mäntsälässä tehdään datakeskuksen osalta. Myös alueilla syntyviä jätteitä, esim. kuormalavoja, voitaisiin hyödyntää energiajakeena. Energiaväylä- hankkeen ensisijaisena tavoitteena on luoda uudenlainen toimintakonsepti alueellisille energiaratkaisuille.

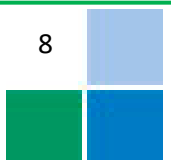
Hajautettua tuotantojärjestelmää voidaan pitää merkittävänä tulevaisuuteen suuntautuvana kestävä kehityksen ratkaisuna. Ratkaisulla tulisi olemaan suora vaikutus pk-yritysten toimintaedellytyksiin. Tarvittavat teknologiset komponentit ovat olemassa, mutta toiminnallinen kokonaisuus vaatii kehitystyötä ja joidenkin teknologioiden osalta kyse voi olla myös uudenlaisesta soveltamisesta. Tarvitaan myös uusi yhteistyökonsepti, jossa yrityksillä on vaikutusmahdollisuus energian hankintaan ja myymiseen. Konseptin sisältää taloudellisen ja kaupallisen tarkastelun. Uusi liiketoimimalli, johon sisältyvät mm. hyöty/kustannus –suhteet, investoijien löytäminen, takaisinmaksuajat, sekä osallistuvien yritysten toimintatavat ja säännöt vaativat syvällistä selvitystyötä. Keskeisinä toimenpiteinä kerätään energiankulutuksen ja –tuotantoon liittyvää tietoa, analysoidaan tuloksia, esitetään ratkaisuja kohteittain sekä laaditaan ehdotus uudenlaisesta yhteistoiminnallisesta energiaratkaisusta hallinnointi- ja liiketoimintamalleineen. Toimenpidekokonaisuuden avulla saadaan tarvittava tieto ja tulokset; hanke toimii ensisijaisesti energioväylän teknis-kaupallisena toteuttavuusselvityksenä.

Hankkeeseen valitut ensisijaiset case-kohteet Hyvinkään Sahanmäki ja Mäntsälän Kapuli ovat profiililtaan erilaisia ja ne ovat erilaisessa kehitysvaiheessa myös energiaratkaisujen osalta. Sahanmäen osalta tarkastelussa on erityisesti teknis-taloudellinen ratkaisu ja sitä toteuttava liiketoimintamalli sekä uudet organisatoriset valinnat. Kapulissa puolestaan hyödynnetään jo datakeskuksen tuottamaa ylijäämälämpöä, mutta hankkeella tarkastellaan mm. lämmön varastoinnin kehittämistä, ratkaisujen soveltamista muihin vastaaviin kohteisiin sekä alueen markkinointia ratkaisusta kiinnostuneille toimijoille.

Hanke tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden kehittää yritysten energiatehokkuutta ja samalla se myös edistää useita yhteiskunnallisia tavoitteita esim. hiilineutraalisuuden saavuttamista. Lisäksi hanke voi synnyttää kokonaan uudenlaista liiketoimintaa hallinnointi- ja ylläpitotoimintoihin sekä mahdollistaa uuden cleantech-konseptin monistamisen myös muille markkina-alueille. Hankkeen tuottamat ratkaisut ovat skaalattavissa ja sovellettavissa myös laajemmin. Uusi ratkaisu parantaa yritysten kilpailukykyä ja mahdollistaa parhaiden kumppaneiden investointien houkuttelua kohdealueille. Hankkeessa informoidaan myös muita vastaavia teollisuus- ja logistiikka-alueita, ja luodaan yleiset työvälineet ja konseptit, joilla energioväylän soveltuvuutta muille alueille voidaan kokeilla.”

1.2 Hankkeen alueelliset lähtökohdat (Jaakko Wiikinkoski)

Sahanmäen teollisuusalue sijaitsee Hyvinkään keskusta-alueen välittömässä läheisyydessä. Aluetta ympäröivät keskusta-alueen asuinalueet sekä Hyvinkään lentokenttäalue ja Pohjoinen kehätie. Pinta-alaltaan Sahanmäen teollisuusalue on n. 2 km² laajuinen. Teollisuusalueella on paljon pientä ja keskisuurta teollisuutta, joka on rakentunut alueelle useiden vuosi-



Sahanmäen alueella on monta Hyvinkään suurimpiin kuuluvaa työnantajaa. Teollisuudenaloja ovat mm. kaapeli- metalli, elintarviketeollisuus ja logistiikka. Alla olevassa kuvassa on esitetty Sahanmäen teollisuusalueen sijainti Hyvinkäällä.



Teollisuus on Hyvinkään alueella merkittävä työllistäjä. Tilastokeskuksen tietojen mukaan Hyvinkäällä oli työpaikkoja (vuonna 2014) yhteensä 19 370 ja kaupungin työpaikkaomavaraisuus oli 94,3 %. Kaupunki onkin tilastojen mukaan työpaikkaomavaraisuudeltaan KUUMA-kuntien paras. Julkisen sektorin toimialojen lisäksi erityisesti kauppa- ja kuljetusala sekä teollisuus ovat merkittäviä työllistäjiä Hyvinkäällä. Esimerkiksi yli neljännes (27 %) kaupungissa työskennelleistä miehistä oli teollisuuden palveluksessa vuonna 2013.

Teollisuusympäristöjen kehittäminen ja hyvän ympäristökuvan luominen on hyödyllistä sekä kunnan, teollisuusalueen että alueella toimivien yrityksen kannalta. Energiaväylä- hankkeen tavoitteena onkin kehittää Sahanmäen teollisuusympäristöön soveltuva ylijäämäenergian

hyötykäyttökonsepti, joka tukisi alueen nykyisten yritysten kehitystä ja toimisi samalla myös houkuttelevuustekijänä uusille yrityksille.

Luvun yksi lähteet:

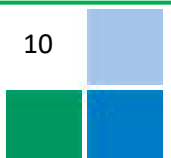
Eura 2014. Viitattu 19.10.2017. Saatavissa: <https://www.eura2014.fi/rctiepa/projekti.php?projektikoodi=A72304>

Karttapalvelu. 2017. Viitattu 19.10.2017 Saatavissa: <http://kartta.hyvinkaa.fi/>

Rilla, T. Diplomityö. 2014. Viitattu 19.10.2017. Saatavissa: <http://www.doria.fi/handle/10024/98749>

Suhonen, H. Kandidaatintyö. 2016. Viitattu 19.10.2017. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/123354/Kandidaatinty%C3%B6_Suhonen_Hanna.pdf?sequence=2

Wikipedia. Viitattu 19.10.2017. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Termodynamiikka#Termodynamiikan_ensimm%C3%A4inen_p%C3%A4.C3%A4s.C3%A4.C3%A4nt.C3.B6:_energian_s.C3%A4ilyminen



2. Alueellinen lämpöenergiatase ja kohdekiinteistöjen lämmitysenergiankulutus (Ari Laitala)

Energiatasetta käsitteenä on käytetty viime vuosina mm. osana erilaisia alueselvityksiä ja kehittämissuunnitelmia. Energiataseelle on löydettävissä useita määritelmiä kansainvälisistä tieteellisistä lähteistä. Käyttökelpoisen kotimaisen määritelmän tarjoilee Tilastokeskus (2017): ”Energiatase kuvaa primäärienergian muuntumista loppukulutukseksi. Taseessa erotellaan primäärienergian hankinta, varastomuutokset, energian tuotanto ja muunto, energian loppukulutus ja raaka-ainekäyttö.” Kuten huomataan, tämäkin määritelmä muodostuu edelleen muista käsitteistä kuten esim. energia itsessään. Näihin käsitteisiin perehtyminen sivuutetaan tässä kohden.

Taloudellisen laskelman mukainen tase on tietyn hetken - esim. tilikauden päättymishetken läpileikkaus yrityksen taloudellisesta tilasta. Myös energiatase voi olla kuvaus energian käytöstä tietyllä hetkellä. Usein alueelliset energiataseet näytetään kuitenkin esitettävän esim. vuositasolla saatuna ja käytettynä energiana.

Käytännössä energiatasetta kuvataan usein kaavioilla, joissa primäärienergian (luonnon neitseellinen energia ml. uusiutuvat ja uusiutumattomat energian lähteet) käyttöä havainnollistetaan siten, että energian muuntaminen eri muotoihin (energiantuotanto) sekä muuntamisessa että energian siirrossa tapahtuvat häviöt myös havainnollistetaan. Kokonaisuudessaan nämä häviöt saattavat olla kymmeniäkin prosentteja.

Lämpöenergiatase puolestaan viittaa tyypillisesti yksittäisen rakennuksen energiataseeseen. Käsitettä käytetään mm. Taloyhtiön energiakirjassa (Virta&Pylsy 2011). Asuinkerrostalon osalta arvioidaan esim. niin, että hyödynnettävästä lämpöenergiasta vain noin kaksi kolmasosaa on peräisin varsinaisesta lämmitysenergiasta. Loppuosa muodostuu ihmisten ja (sähkö)laitteiden tuottamasta lämpökuormasta (kuudesosa) ja yksi kuudesosa auringon säteilystä (Virta&Pylsy 2011).

Tässä kohtaa lämpöenergiataseesta esitetään periaatteellinen kuva rakennusten lämmityksen kontekstissa, jossa kaavion yläosa edustaa energian käyttöä ja alaosa energian lähteitä.

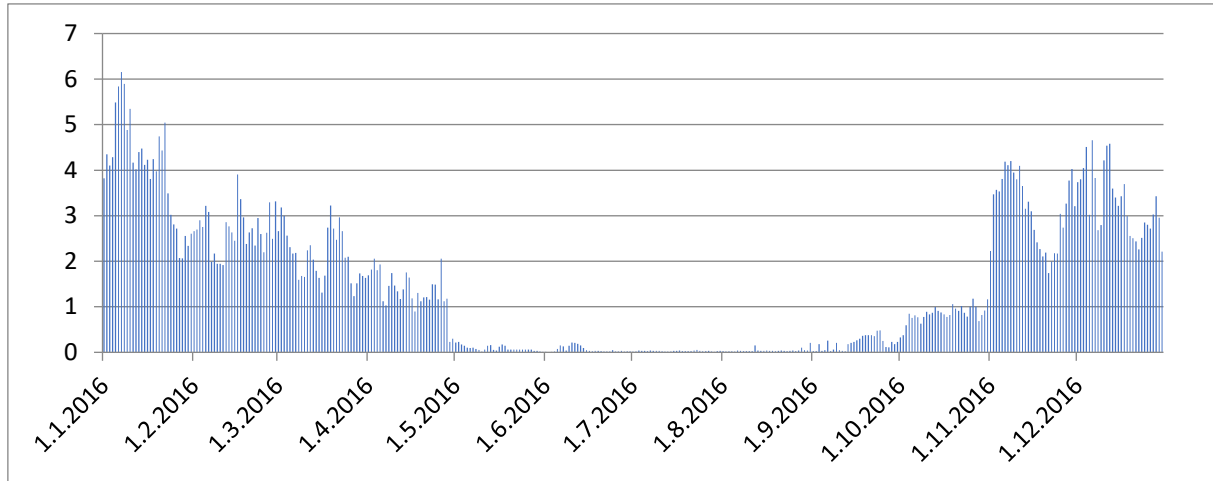
Vaippahäviöt (johtuminen)	Ilmanvaihto	Viemäri
Lämpöenergia		

Lämmitysenergia		Ilmaisenergiat	
Kaukolämpö	Maakaasu (biokaasu)	Sisäiset lämpökuormat	Aurinko

Kuvio 2.1. Rakennuksen lämpöenergiataseen periaatteellinen kuvaus. Sahanmäen alueella tiedetään yhdessä kohteessa olevan myös suora sähkölämmitys. Kuvion laatikoiden pinta-alat ovat suuntaa antavasti verrannollisia energiamääriin ja vaihtelevat suuresti kohteesta toiseen.

2.1 Lämpöenergian kulutus aikajanalla

Lämmitysenergian tarve saattaa vaihdella paljon lyhyelläkin aikavälillä. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että lämmitysenergian tarve riippuu huomattavan paljon ulkolämpötilasta. Näin ollen jo vuorokausitasolla tarvittavan lämmitysenergian määrässä voi olla suuria vaihteluja ulkolämpötila vaihtelun mukaisesti. Myös muutokset auringon säteilymäärässä sekä tuulisuudessa vaikuttavat tarvittavan lämmitysenergian määrään.

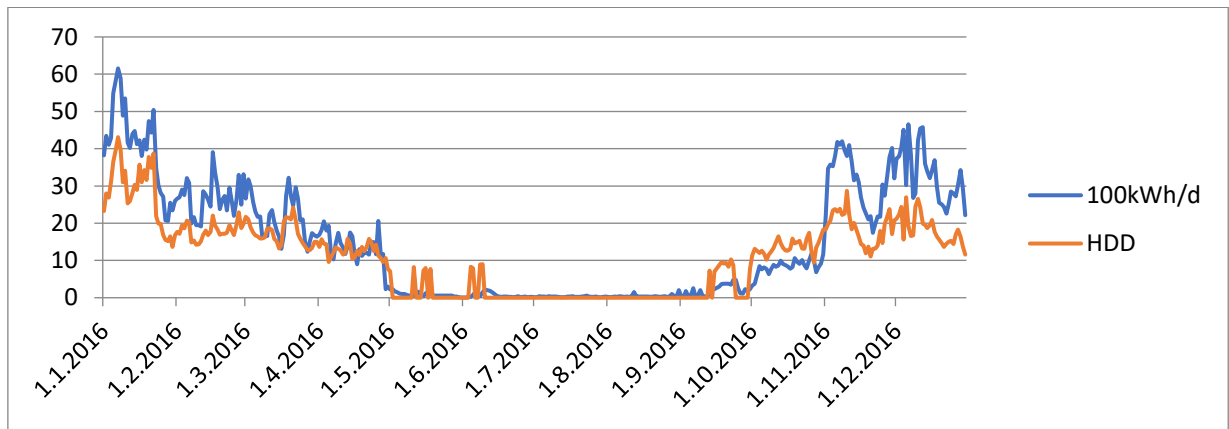


Kuvio 2.2. Käytetty vuorokautinen lämmitysenergian määrä (MWh) 2016 Sahanmäen esimerkkikohteessa. Kohde on kaukolämmityksessä. Graafi perustuu tuntidatasta laskettuun vuorokausikulutukseen.

Kuvion 2.2 perusteella havaitaan tyypillinen lämmityskauden päättymisen toukokuun alussa sekä lämmityskauden alkaminen jälleen syyskuun puolivälissä. Toinen helposti tehtävä havainto on lämmityskauden ulkopuolella käytetty vähäinen lämmitysenergian määrä. Usein lämmityskauden ulkopuolella lämmitysenergiaa käytetään ainoastaan käyttöveden lämmittämiseen, kuten tässäkin kohteessa. Mutta toisin kuin asuntokohteissa, käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämpöenergian määrä on esimerkkikohteessa hyvin vähäinen suhteessa lämmityskaudella tarvittavaan lämmitysenergiaan.

Lämmitysenergian kulutuksen ja ulkolämpötilan välistä suhdetta kuvataan alla olevassa kuviossa 2.3 vuoden 2016 luvuilla. Ulkolämpötilan sijaan käytetään vuorokauden keskimääräiseen ulkolämpötilaan perustuvaa astepäivälukua/lämmitystarvelukua (heating degree day (HDD)), jonka laskeminen käydään yksityiskohtaisemmin läpi seuraavan kappaleen alussa.

Alla olevassa kuviossa astepäiväluvun ja vuorokautisen lämmitysenergiankulutuksen korrelaatiokerroin on 92,57 %. Vuorokautisen keskilämpötilan ja lämmitysenergiankulutuksen suhde on puolestaan kääntäen verrannollinen ja sen korrelaatio on ollut samaisessa kohteessa 2016 -92,15 %.



Kuvio 2.3. Lämmitysenergian ja astepäiväluvun välinen yhteys päivätasolla vuonna 2016 Sahanmäen esimerkkikohteessa. Astepäiväluvun yksikkö on °Cvkr.

Jotta rakennusten lämmitysenergian tarpeen vaihteluista saadaan kokonaisvaltainen ja riittävän kattava käsitys, on syytä tarkastella alueen säädataa suhteellisen yksityiskohtaisesti. Vaikka eri vuositason astepäivälukujen summassa ei ole suuria eroja, voivat jo kuukausitasoon vaihtelut esim. eri vuosien tammikuissa olla huomattavan suuria, jopa kymmeniä prosentteja. Näin ollen myös erot samojen ajankohtien lämmitystarpeissa voivat vaihdella huomattavasti.

2.2 Säädatan hyödyntäminen lämmitystarpeen arvioinnissa

Lämmitystarvetta kuvataan lämmitystarveluvulla, jonka laskemisessa käytetään Suomessa ns. S17 menetelmää. (Ilmatieteen laitos 2018). Lämmitystarveluku – josta käytetään myös nimitystä astepäiväluku – lasketaan tällä menetelmällä siten, että lämmitystarveluku on sisälämpötilaksi valitun + 17 asteen ja ulkolämpötilan erotus. Ulkolämpötilana käytetään ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvoa. Näin ollen vuorokautinen keskiarvon ollessa esim. -10 °C on kyseisen vuorokauden lämmitystarveluku $17 - (-10) = 27$ (°Cvkr).

Lämmityskausi keväällä päättyy, kun vuorokautinen keskilämpötila ylittää +10 asteen rajan. Syksyllä lämmityskausi puolestaan alkaa vuorokautisen keskilämpötilan alittaessa 12 astetta (Ilmatieteen laitos, s. 10). 17 asteen laskentarajan katsotaan vastaavan yleisesti noin 20 asteen sisälämpötilaa. Kolmen asteen lisä sisälämpötilaan lasketaan johtuvan lähinnä koneiden/laitteiden, valaistuksen ja myös ihmisten aiheuttamasta lämpökuormasta. On tietysti selvää, että kohdekohtaiset erot voivat olla suuriakin, johtuen mm. kohteen rakennusfysiikasta sekä mikrosijainnista, kuten esim. suhteesta auringon säteilykuormaan.

Lämmitystarveluvun ennustamista pidemmälle tulevaisuuteen on Suomessa tutkittu vähän. Käyttökelpoisin saatavilla oleva tutkimus tämän hankkeen tarpeisiin näyttäisi olevan Ilmatieteen laitoksen Raportteja 2014:13 ILMASTONMUUTOS JA LÄMMITYSTARVELUKU PAIKKATIE TOARVIOINA SUOMESSA.

Raportin sisältönä on vertailla Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin IPCC:n ilmastonmuutos SRES-skenaariota A2, A1B ja B1 ja niiden vaikutuksia lämmitystarveluvun muutokseen Suomessa kolmella eri ajanjaksolla: 2010–2039, 2040–2069, 2070–2099. Raportin julkaisuvuoden 2014 lopulla ei tuoreempia IPCC:n 5. arviointiraportin RCP-skenaarioita ole

vielä ollut saatavissa hilamuotoisena datana, joten SRES-skenaariot ja raportin sisältö perustuvat 4. raportin tietoihin. Arvioissa tulevaisuuteen on käytetty kolmea IPCC:n SRES-skenaariota A2, A1B ja B1 (IPCC 2000), joita kuvataan raportissa seuraavasti.

”A2 edustaa pessimististä, suurten kasvihuonekaasupäästöjen tulevaisuudennäkymää, jossa teollisuus- ja kehitysmaiden tulo- ja kehityserot säilyvät suurina ja väestönkasvu jatkuu kehitysmaissa nopeana. Myös siirtyminen fossiilisista polttoaineista päästöttömiin energianlähteisiin on hidasta. Pienien päästöjen B1-skenaario taas on varsin optimistinen. Siinä oletetaan teollisuus- ja kehitysmaiden hyvinvointierojen tasaantuvan, mikä saa väestönkasvun talttumaan kehitysmaissakin. Kestävä kehitys on arvossaan, ja ympäristölle ystävällisen teknologian kehittäminen ja käyttöönotto on nopeaa. A1B-skenaario edustaa näiden kahden ääripään välimuotoa, ja siinä päästöt ovat melko suuria.” (Pirinen et al. 2014).

Pääosa tuloksista esitetään pienimittakaavaisella (Suomen) kartalla ja muutenkin yleistäen. Tämän raportin näkökulmasta ehkä kiinnostavin havainto on skenaariossa A1B Hyvinkäätä ja jaksoa 2010-2039 koskien sivun 40 kuva, josta voidaan lukea, että jaksolla 2010-2039 lämmityskauden päättymisen aikaistuisi noin viikolla. Lämmityskauden alkuun skenaarion A1B toteutuminen ei sen sijaan näyttäisi vaikuttavan.

Energiaväylä –tyyppisen investoinnin vaikutusajaksi erityisesti putkiston osalta on mielekäästä arvioida joitakin vuosikymmeniä. Näin ollen tarkastelujaksoa 2010-2039 lienee pidettävä ajallisesti riittävän kauaskantoisena.

2.2.1 Lämmitystarpeen vaihtelu

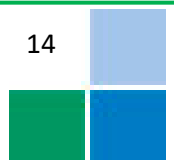
Lämmitystarpeen mahdollista muutosta voidaan arvioida myös hyödyntämällä saatavilla olevaa avointa dataa, jolloin kysymykseen luonnollisesti tulee Ilmatieteen laitoksen avoimen datan palvelu. Tämä palvelusisältö lienee kansainvälisestikin arvioiden laajaa ja monipuolistä.

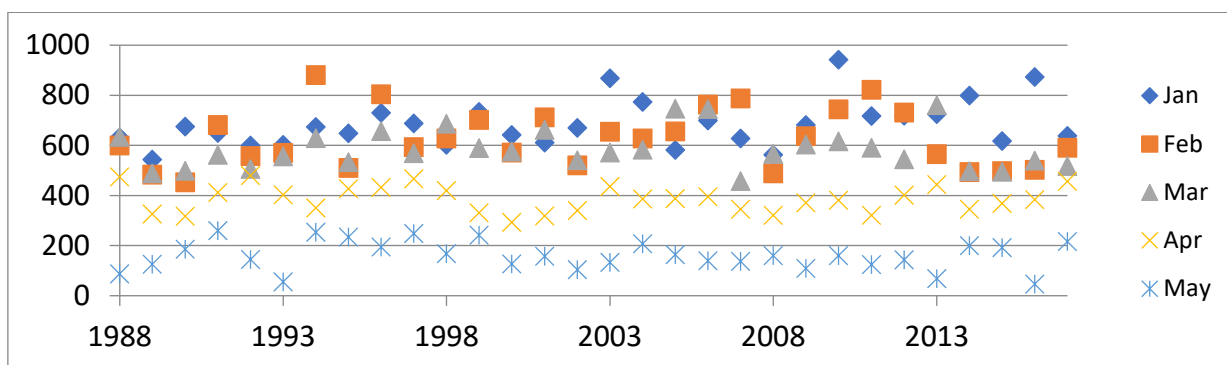
Palvelusta on saatavilla koneluettavassa muodossa mm. lämpötilatietoja. Lämmitystarvetta arvioidessa olisi mielekäästä huomioida myös mm. auringonsäteilyä sekä tuuliolosuhteita, mutta ne jätetään tässä tarkastelussa tekemättä. Lopputuloksen kannalta riittävään tarkkuuteen päästään huomioimalla vuorokautinen keskilämpötila eli datapalvelun tunnusluku tday.

Lämmitystarpeen näkökulmasta on syytä huomioida erityisesti äärilämpötilat vuorokausitasolla. Tällä on merkitystä erityisesti tehontarpeen mitoituksen näkökulmasta ja siten suuri vaikutus investointikustannukseen, joka puolestaan oleellisesti vaikuttaa kokonaiskannattavuuteen.

Liiketoiminnan näkökulmasta mielekäs tarkasteluväli on mm. kalenterikuukausi, sillä se on tavanomainen laskutusjakso. Kuukausitasolla vaihtelut myytävän lämmitysenergian määrässä voivat vaihdella huomattavasti vuodesta toiseen, niin absoluuttisesti kuin suhteellisesti. Toki erilaiset laskujen tasausmenettelyt ovat yleistyneet ainakin kuluttajapuolella ja sellaisen vaihtoehdon huomioiminen lienee mielekäästä osana myös EnergiaVäylän suunnittelua. Tällaisen vaihtoehdon huomioiminen edellyttää toisaalta (käyttö)pääoman riittävää mitoitusta.

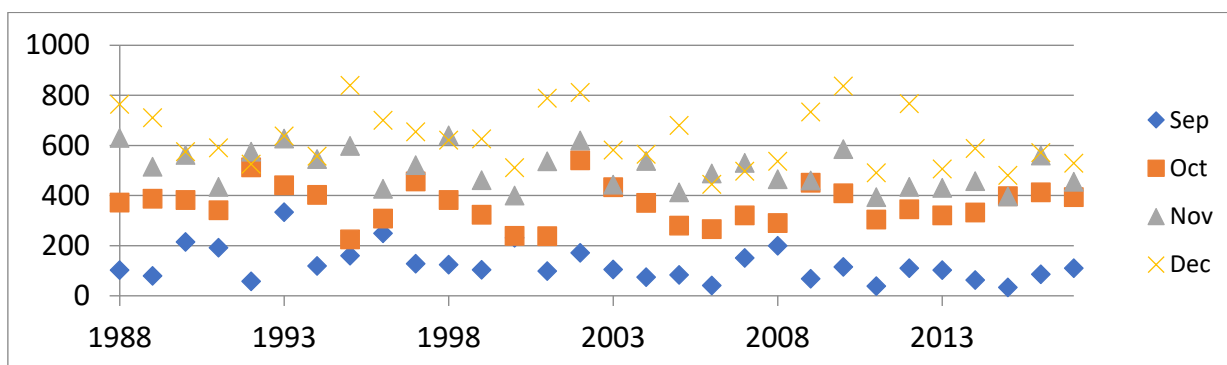
Alla esitetään kuukausittaiset lämmitystarveluvut Hyvinkäänkylässä kevään lämmityskaudella 1988-2017. Hyvinkäänkylä on Sahanmäkeä lähin Ilmatieteen laitoksen mittauspiste, josta säähistoriaa on saatavilla. Etäisyyttä Sahanmäkeen on noin 10 km.





Kuvio 2.4. Hyvinkäänkylän keskimääräisten vuorokausilämpötilojen perusteella lasketut kuukausittaiset lämmitystarveluvut tammi-toukokuussa 1988-2017.

Esitetään vastaavat tiedot syksyn lämmityskauteen liittyen 1988-2017.



Kuvio 2.5. Hyvinkäänkylän keskimääräisten vuorokausilämpötilojen perusteella lasketut kuukausittaiset lämmitystarveluvut syys-joulukuussa 1988-2017.

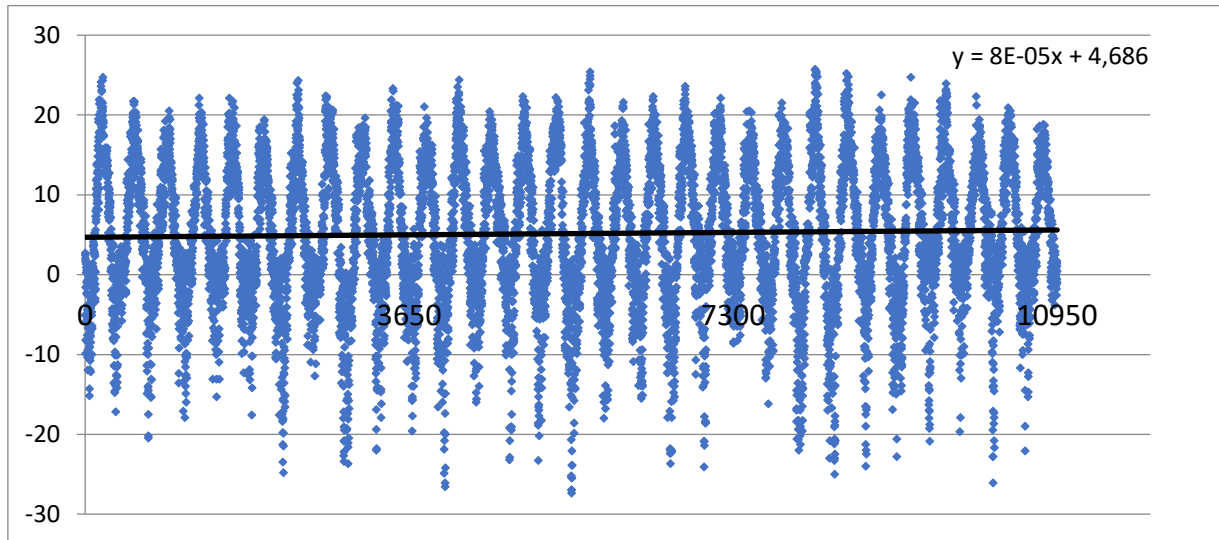
Joitakin edellä esitettyjen lämmitystarvelukujen tilastollisia tunnuslukuja esitetään alla taulukossa 1.

Taulukko 2.1. Hyvinkäänkylän kuukausittaisista lämmitystarveluvuista 1988-2017 laskettuja tunnuslukuja. Luottamusvälien laskenta perustuu oletukseen normaalijakaumasta, sillä aikavälien tammi-toukokuu ja toisaalta syyskuu-joulukuu vuorokautisten keskilämpötilojen jakauman tiedetään olevan lähellä normaalijakaumaa.

						95 %:in luottamusväli	
	Min	Max	Average	Median	Std d. S	alaraja	yläraja
Jan	543	942	684	671	94	500	867
Feb	452	880	627	613	115	402	852
Mar	457	760	584	570	79	429	738
Apr	292	479	384	384	53	281	487
May	46	259	159	158	58	45	273
Sep	34	334	125	108	69	-10	261
Oct	226	541	363	371	78	210	516
Nov	395	641	505	502	77	354	657
Dec	445	840	624	590	115	400	849

2.2.2 Lämmitystarpeen kehitys pitkällä aikavälillä

Kolmas sähän ja ilmastoon liittyvä näkökulma on pitkän aikavälin kehitystrendi. Edellä mainittu Ilmatieteen laitoksen julkaisu (2014) ennakoii käynnissä olevan ilmastomuutoksen johtavan seuraavan 20 vuoden aikana Etelä-Suomessa siihen, että lämmityskauden päätyminen aikaistuisi noin viikolla. Ilmatieteen laitoksen avoimen datapalvelun kautta on kuitenkin helposti saatavilla pitkän aikavälin lämpötilatietoja, joita tässä raportissa seuraavasti lyhyesti tarkastellaan. Tavoitteena on vastata kysymykseen siitä, ovatko nähtävissä olevat muutokset sellaisia, että ne olisi syytä ottaa huomioon liiketoimintasuunnittelussa.



Kuvio 2.6. Hyvinkäänkylän keskimääräiset vuorokautiset lämpötilat 1988-2017. Vaaka-akselin luvut ovat päivämääriä. Kuvioon on merkitty näkyviin myös trendiviiva ja sen yhtälö (regressiosuora).

Jos oletettaisiin, että keskilämpötilan muuttuisi lineaarisesti (sikäli kuin muuttuisi), olisi lineaarisen mallin mukainen lämpötilan nousu Hyvinkäänkylässä 30 vuoden aikavälillä $= 0,00008 \cdot 10950 \approx 0,9$ astetta eli $\approx 4,7$ asteesta $\approx 5,6$ asteeseen. Tämä vaikuttaa sinällään kohtuulliselta lukemalta, mutta toisaalta jos tarkastellaan vaikkapa viimeisen 10 vuoden trendiä keskilämpötilan nousu näyttää selvästi kiihtyneen. Toisaalta systeemi vaikuttaa tilastollisessakin mielessä varsin kaoottiselta, joten johtopäätökset kymmenenkin vuoden trendeistä ovat hyvin epävarmoja.

Johtopäätös tässä yhteydessä on sama kuin em. Ilmatieteen laitoksen julkaisussa (2014). Vaikka keskilämpötila on nousussa, riski matalille lämpötiloille on pysynyt ennallaan. Tämä havaitaan myös yllä olevasta graafista, jonka perusteella esim. talveen 2015-2016 on osunut useita hyvin kylmiä pakkaspäiviä. Toisin sanoen ilmastotekijä aiheuttaa pitkällä tähtäimellä pienimuotoista lämmitystarpeen vähenemistä, mutta energiajärjestelmien huipputehon vaatimus pysyy ennallaan. Tämä korostaa entisestään energiajärjestelmien joustavuuden ja myös energian lyhytaikaisen varastoinnin merkitystä.

2.3 Case Hyvinkään Sahanmäki

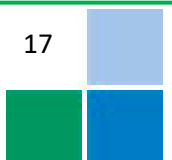
Tässä kappaleessa on tavoitteena muodostaa kokonaiskäsitys siitä, millainen lämmitys-energian käyttö ja tarve alueella on. Tarkastelun lähtökohdan muodostavat HLV Oy:ltä heidän asiakkaidensa luvalla saadut kohdekiinteistöjen kulutustiedot. Kaukolämmön kulutuksesta on saatu tuntitason tiedot vuodelta 2016. Maakaasukohteiden osalta käytössä on ollut vain kuukausitason kulutuslukemat 2016. Lisäksi tarkasteluun mukaan on otettu kaksi kohdetta, joista on vain likimääräiset, arviointiin perustuvat tiedot.

Kulutustietojen esittämisen tarkkuudeksi on valittu kuukausitaso. Tämän on arvioitu palvelevan riittävällä tarkkuudella liiketoimintasuunnitelman laatimista. Toisaalta erityisesti verkoston tehomitoitukseen tarvitaan kuitenkin tarkempaa tietoa, joten sitä esitetään hankkeen myöhemmässä vaiheessa liiketoimintasuunnittelun yhteydessä. Maakaasukohteiden osalta päiväkohtaista energian käyttöä joudutaan approksimoimaan säädätin perusteella. Ensimmäiseksi esitetään tarkastelussa olevien yhdentoista kohteen toteutuneet kulutukset.

Taulukko 2.2. Sahanmäen alueen yhdentoista kohteen todellinen kuukausikulutus vuonna 2016. Kohteiden 6 ja 7 osalta kokonaiskulutus ja sen jakauma eri kuukausille perustuu arvioon. Arvion taustalla on likimääräiset tiedot kohteiden ominaisuuksista. Yksikkönä on MWh.

	Prop.1	Prop.2	Prop.3	Prop.4	Prop.5	Prop.6*	Prop.7*	Prop.8	Prop.9	Prop.10	Prop.11	=
Jan16	133,2	225,8	372	815,5	213,3	669,1	20,0	86,9	169,5	300,2	46,9	3052,3
Feb16	81,8	143,1	190	482,9	71,9	393,5	12,0	61,6	111,6	184,0	29,2	1761,6
Mar16	79,9	122,4	194	499,9	80,9	413,3	12,6	64,3	110,8	174,0	29,6	1781,3
Apr16	49,7	52,2	128	244,6	39,4	191,2	5,7	45,1	76,0	95,6	21,8	949,5
May16	13,8	40,0	19	69,8	6,4	60,4	1,8	22,2	28,3	20,8	6,6	288,8
Jun16	8,6	37,7	15	47,4	6,1	40,5	1,2	19,8	20,2	10,9	6,0	213,1
Jul16	8,5	29,0	8	30,0	3,4	26,6	0,8	17,6	14,2	10,5	4,7	153,3
Aug16	9,9	33,9	13	39,6	3,6	32,3	1,0	21,5	21,2	12,4	5,0	193,1
Sep16	16,4	40,0	33	68,7	10,2	51,7	1,5	28,4	39,2	44,3	11,0	344,1
Oct16	55,2	82,4	131	289,0	60,4	228,5	6,8	58,9	110,5	119,4	23,4	1165,2
Nov16	96,9	165,8	257	569,9	91,1	482,4	14,6	74,2	140,9	191,8	34,6	2119,4
Dec16	96,4	152,7	266	579,3	96,6	484,9	14,8	78,3	145,4	219,9	31,5	2165,2
2016 =	650,3	1125,1	1623,8	3736,4	683,3	3074,4	92,8	578,7	987,8	1383,6	250,5	14187

Uusia järjestelmiä ja niiden mitoituksia suunniteltaessa luonnollisestikaan voi nojata satunnaiseen tai viimeisimpään vuoteen. Seuraavassa taulukossa esitetään normaalivuoden lämmitystarveluvut, jotka ovat sääkorjauksen perustana.



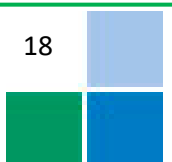
Taulukko 2.3. Normaalivuoden lämmitystarveluvut perustuvat vertailukauteen 1981-2010 (Ilmatieteen laitos 2018). Alla olevassa taulukossa on ensin esitettyä Hyvinkään normaali-
 vuosi. Seuraava normaali-
 vuosi määritettäneen aikasarjan 1991-2020 perusteella. Aikasar-
 jan 1988-2017 perusteella lämmitystarve on vähenemässä.

	1981-2010	1988-2017
January	712	684
February	664	627
March	598	584
April	387	384
May	156	159
June	20	20
July	4	1
August	30	7
September	187	125
October	375	363
November	518	505
December	655	624

Taulukko 2.4. Sääkorjatut kulutukset vuonna 2016. Sääkorjaus on tehty suhteuttamalla to-
 teutunut lämmitystarveluku normaalivuoden vastaavaan lämmitystarvelukuun ja tekemällä
 oletus, että kesä-, heinä- ja elokuussa on lämmitysenergiaa käytetty vain käyttöveden läm-
 mitykseen. Taulukon yksikkönä on edelleen MWh.

	Prop.1	Prop.2	Prop.3	Prop.4	Prop.5	Prop.6*	Prop.7*	Prop.8	Prop.9	Prop.10	Prop.11	=
Jan16 (wn)	106,7	184,8	295,1	649,9	168,7	533,5	15,9	72,6	137,3	238,6	38,1	2441
Feb16(wn)	100,9	171,9	236,9	599,3	89,6	488,0	14,9	72,5	136,0	229,3	35,4	2175
Mar16 (wn)	88,2	132,9	215,1	554,2	89,9	458,1	13,9	69,5	121,6	193,2	32,4	1969
Apr16 (wn)	51,6	53,1	133,3	254,0	41,0	198,5	5,9	46,3	78,6	99,5	22,6	985
May16 (wn)	25,3	55,3	34,9	143,3	11,3	125,7	3,9	28,3	51,9	43,5	9,9	533
Jun16 (wn)	8,8	36,1	13,5	44,1	5,4	37,6	1,1	19,7	19,5	11,1	5,7	203
Jul16 (wn)	8,6	29,9	8,8	31,8	3,6	27,9	0,9	18,0	15,0	10,7	4,8	160
Aug16 (wn)	11,3	34,5	13,9	40,6	2,5	31,1	0,9	24,2	25,2	14,0	4,7	203
Sep16 (wn)	18,9	42,1	39,9	78,6	12,2	57,9	1,7	31,4	46,1	55,3	13,0	397
Oct16 (wn)	51,9	78,9	122,0	271,0	56,4	214,5	6,4	56,1	103,9	111,6	22,1	1095
Nov16 (wn)	79,9	140,2	209,9	467,3	74,3	395,6	11,9	63,6	117,3	156,9	28,9	1746
Dec16 (wn)	108,6	169,3	300,9	654,4	109,4	547,7	16,7	86,4	163,1	248,9	35,1	2441
=	660,6	1129,0	1624,2	3788,6	664,3	3116,1	94,3	588,8	1015,6	1412,5	252,9	14347

Kuukausikulutuksen perusteella voidaan helposti laskea kuukausittainen tarvittava keski-
 teho, kun huomioidaan tuntien lukumäärävaihtelu eri kuukausina. Nämä tulokset esitetään
 alla taulukossa. Luvut perustuvat nyt sääkorjattuun 2016 kulutukseen.



Taulukko 2.5. Keskimääräinen sääkorjattu kuukausittainen lämmitysteho kW.

	Prop.1	Prop.2	Prop.3	Prop.4	Prop.5	Prop.6*	Prop.7*	Prop.8	Prop.9	Prop.10	Prop.11	Avg. =
Jan16 (wn)	143,4	248,4	396,6	923,9	226,8	717,1	21,4	97,5	184,6	320,7	51,1	3 332
Feb16(wn)	150,1	255,8	352,5	854,6	133,4	726,2	22,1	108,0	202,4	341,2	52,7	2 495
Mar16 (wn)	118,6	178,6	289,1	730,0	120,8	615,7	18,7	93,5	163,5	259,6	43,6	2 072
Apr16 (wn)	71,6	73,7	185,2	349,2	57,0	275,7	8,3	64,3	109,2	138,2	31,4	1 021
May16 (wn)	34,0	74,3	47,0	180,9	15,1	168,9	5,3	38,0	69,7	58,5	13,3	526
Jun16 (wn)	12,2	50,1	18,8	62,0	7,5	52,2	1,6	27,4	27,1	15,4	8,0	204
Jul16 (wn)	11,6	40,2	11,8	42,0	4,8	37,5	1,2	24,2	20,2	14,3	6,5	149
Aug16 (wn)	15,1	46,4	18,6	51,4	3,3	41,8	1,3	32,6	33,9	18,9	6,3	178
Sep16 (wn)	26,2	58,5	55,4	103,3	16,9	80,4	2,4	43,6	64,0	76,9	18,0	343
Oct16 (wn)	69,7	106,1	163,9	370,7	75,8	288,3	8,6	75,4	139,7	150,0	29,7	1 083
Nov16 (wn)	111,0	194,8	291,5	676,3	103,3	549,5	16,6	88,4	162,9	217,9	40,2	1 943
Dec16 (wn)	145,9	227,5	404,5	860,4	147,1	736,2	22,5	116,1	219,2	334,5	47,2	2 544
2016 Avg.	76	130	186	434	76	357	11	67	116	162	29	1 324

Esitetään vielä lopuksi, millainen vaikutus sään kuukausivaihtelulla voi olla käytetyn energian määrään. Käytetään edelleen vuoden 2016 lukuja.

Taulukko 2.6. Todellisen kulutuksen prosentuaalinen suhde sääkorjattuun kulutukseen. Mikäli prosenttiluku on positiivinen, on todellinen kulutus ylittänyt sääkorjatun kulutuksen (ja päinvastoin).

	Prop.1	Prop.2	Prop.3	Prop.4	Prop.5	Prop.6*	Prop.7*	Prop.8	Prop.9	Prop.10	Prop.11	Avg. =
Jan16	24,8 %	22,2 %	26,0 %	25,5 %	26,4 %	25,4 %	25,4 %	25,1 %	25,2 %	25,6 %	25,5 %	25,5 %
Feb16	-18,9 %	-16,7 %	-19,8 %	-19,4 %	-19,8 %	-19,4 %	-19,4 %	-19,1 %	-19,1 %	-19,4 %	-19,4 %	-19,4 %
Mar16	-9,5 %	-7,9 %	-10,0 %	-9,8 %	-10,0 %	-9,8 %	-9,8 %	-9,5 %	-9,5 %	-9,8 %	-9,7 %	-9,7 %
Apr16	-3,6 %	-1,6 %	-4,0 %	-3,7 %	-3,9 %	-3,7 %	-3,7 %	-3,5 %	-3,4 %	-3,7 %	-3,7 %	-3,6 %
May16	-45,4 %	-27,7 %	-46,8 %	-51,3 %	-43,2 %	-51,9 %	-52,8 %	-45,6 %	-45,6 %	-48,2 %	-48,4 %	-48,0 %
Jun16	-1,8 %	4,6 %	8,5 %	7,5 %	12,6 %	7,7 %	9,3 %	6,9 %	8,1 %	8,7 %	8,7 %	8,8 %
Jul16	-1,2 %	-3,1 %	-8,6 %	-5,6 %	-5,4 %	-4,7 %	-3,5 %	-4,6 %	-5,1 %	-5,4 %	-4,9 %	-4,8 %
Aug16	-12,0 %	-1,7 %	-9,0 %	-2,3 %	46,9 %	3,9 %	2,7 %	4,1 %	6,4 %	7,5 %	9,9 %	11,6 %
Sep16	-13,2 %	-5,1 %	-17,7 %	-12,7 %	-16,1 %	-10,7 %	-10,9 %	-12,3 %	-12,2 %	-13,2 %	-12,6 %	-12,6 %
Oct16	6,4 %	4,4 %	7,0 %	6,6 %	7,1 %	6,5 %	6,5 %	6,4 %	6,4 %	6,7 %	6,6 %	6,6 %
Nov16	21,2 %	18,2 %	22,6 %	21,9 %	22,5 %	21,9 %	22,0 %	21,5 %	21,5 %	22,0 %	21,9 %	21,9 %
Dec16	-11,2 %	-9,8 %	-11,7 %	-11,5 %	-11,7 %	-11,5 %	-11,5 %	-11,3 %	-11,3 %	-11,5 %	-11,5 %	-11,5 %

Yhteenvetona voidaan todeta, että vaihtelut kuukausitasolla voivat olla isoja vuodesta toiseen. Merkitystä on varsinkin kylmimpien kuukausien suurilla vaihteluilla. Liiketoiminnan näkökulmasta suurin merkitys on tammikuulla, joka on kuukausista kylmin ja jossa myös vaihtelut eri vuosien välillä näyttävät suurilta. Erityistä haastetta aiheuttaa se, että vaikka lämmitystarve kokonaisuudessaan näyttäisi olevan hienoisessa laskussa, on huipputehon tarpeeseen syytä varautua kuitenkin samoin kuin ennenkin. Investoinnin kiinteisiin kustannuksiin, jotka täytyy mitoittaa lähinnä huipputehon tarpeen mukaan, ei ole näköpiirissä ilmastosta johtuvia muutoksia.

Luvun kaksi lähteet:

Energiateollisuus 2017. Viitattu 1.10.2017. Saatavissa: <https://energia.fi/perustietoa/energia-alasta/energiantuotanto/yhteistuotanto>

Ilmatieteen laitos 2018. Viitattu 2.4.2018. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

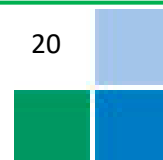
Jylhä, Kirsti, Kalamees, Targo, Tietäväinen, Hanna, Ruosteenoja, Kimmo, Jokisalo, Juha, Hyvönen, Reijo, Ilomets, Simo, Saku, Seppo ja Hutila, Asko. Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista, Ilmatieteen laitoksen raportteja 2011:6

Motiva 2016. Kulutuksen normitus – Laskentakaavat ja -ohjeet – Motiva Oy. Viitattu 2.4.2018. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/12186/Kulutuksen_normitus_Laskentakaavat_ja_-ohjeet_Motiva_Oy_12-2016.pdf

Pentti Pirinen, Henriikka Simola, Sari Nevala, Pirkko Karlsson, Reija Ruuhela. Ilmastomuutos ja lämmitystarveluku paikkatietoarvioina Suomessa. Helsinki 2014. ISBN 978-951-697-820-1 (pdf). ISSN 0782-6079

Jari Virta, Petri Pyly. Taloyhtiön energiakirja. 2011

Tilastokeskus 2018. Viitattu 2.4.2018. Saatavissa: <http://www.stat.fi/meta/kas/energia-tase.html>



3. Alueellinen materiaalitase ja energia (Jukka Korri)

3.1 Materiaalitaseesta yleisesti

Materiaalitase yleisesti tarkastelee tietyn alueen tai rajapinnan sisään ja sieltä ulos kuljetettavan materiaalin erotusta [1]. Se voidaan ilmaista yleisesti muodossa:

$$\text{sisään virtaava massa} = \text{ulos virtaava massa} + \text{varastoitu massa}$$

Teollisessa tuotannossa tämä tarkoittaa käytännössä:

$$\text{raaka-aineet} = \text{tuotteet} + \text{jätteet} + \text{varastoidut materiaalit}$$

Energiaväylä-hankkeessa ei kuitenkaan ole tarkoitus puuttua yritysten tuotantotoimintaan, vaan keskittyä hyödyntämään hukkia, jätteitä ja sivuvirtoja, eli erotusta, joka jää jäljelle kun tuotantotoiminnan takia rajapinnan sisään viedystä materiasta vähennetään sieltä tuotteina ulos tuotava materia. Jätteet ja sivuvirrat eivät toki nykyäänkään jää lopullisesti tarkasteltavan rajapinnan sisään, vaan ulkoiset toimijat, kuten jätehuoltoyritykset kuljettavat ne pois korvausta vastaan. Energiaväylä-hankkeessa on tarkasteltu ensisijaisesti tuotantotoiminnan sivuvirtojen hyödyntämistä energiana. On kuitenkin hyvä muistaa Suomen jätelainsäädännön etusijajärjestys, jonka mukaan sivuvirrat ja jätemateriaalit tulisi hyödyntää ensisijaisesti materiaalina [2].

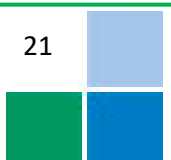
3.2 Polttokelpoiset materiaalit ja niiden energiasisältö

Materiaalivirtoja voidaan valjastaa energiahyötykäyttöön usealla tavalla. Eri menetelmien toimivuus ja kannattavuus riippuvat kuitenkin paitsi itse materiaaleista, myös niiden määrästä. Yleisin ja yksinkertaisin menetelmä kiinteille ja suhteellisen kuiville materiaaleille on tuottaa niistä energiaa polttamalla. On kuitenkin syytä muistaa ympäristönsuojelulainsäädännön asettamat rajoitukset jätteiksi luokiteltujen materiaalien polttamiselle. Jätteen luokiteltujen materiaalien polttaminen tuo mukanaan selvästi tarkemmat vaatimukset poltto-prosessin hallintaan sekä savukaasujen puhdistukseen ja seurantaan. Käytännössä tämä johtaa polttolaitoksen selvästi suurempiin perustamiskustannuksiin ja suureen yksikkökokoon.

Edellä mainitut vaatimukset on määritellyt valtioneuvoston asetuksessa jätteen polttamisesta. Asetuksessa määritetään sen soveltamisalan ulkopuolelle seuraavat jätelajit:

- maa- ja metsätalouden kasviperäinen jäte;
- elintarviketeollisuuden kasviperäinen jäte (jos lämpö hyödynnetään)
- ensiömassan tuotannon tai massasta valmistettavan paperin tuotannon yhteydessä syntyvä kuituainetta sisältävä kasviperäinen jäte (jos poltetaan tuotantopaikalla ja syntyvä lämpö hyödynnetään)
- puujäte (pl. puujäte, joka voi puunsuoja-ainekäsittelyn tai pinnoituksen seurauksena sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja) [3]

Käytännössä lainsäädäntö siis mahdollistaa lähinnä puhtaiden biomassojen polttamisen ilman jätteenpolttoasetuksen asettamia rajoituksia. Teollisuustoiminnassa yleisin energiahyötykäyttöön soveltuva materiaali on pakkauskäytössä ollut puhdas puu.



3.2.1 Jätepuun energiahyötykäyttö

Lainsäädäntö ei nykyisellään juurikaan ota kantaa kierrätyspuun polttamiseen pienissä lämpölaitoksissa, tai pienten laitosten toimintaan ylipäättään. Asetus jätteen polttamisesta määrittelee puujätteen biomassaksi, ”lukuun ottamatta sellaista puujätettä, joka voi puunsuoja-ainekäsittelyn tai pinnoituksen seurauksena sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja”. Niitä sisältävä puujäte määritellään jätteeksi, jonka polttoa säädöksen asettamat tiukat savukaasujen puhdistus- ja seurantavaatimukset koskevat. Käytännössä nämä laitokset ovat pienimmilläänkin kymmenien megawattien tehoisia.

Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista (PIPO) soveltaminen puolestaan rajautuu yli 5 MW_{th}:n laitoksiin, eikä näin ollen koske pienen kokoluokan laitoksia [4]. Tiedossa kuitenkin on, että ympäristöministeriössä valmistellaan parhaillaan Euroopan parlamentin ja neuvoston MCP-direktiivin kansallista toimeenpanoa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että PIPO-asetuksen soveltamisalueen tehorajaa tullaan laskemaan 1 MW_{th} asti [5, 6].

Ympäristönsuojelulain mukaan rekisteröintivelvollisuus koskee energiantuotantolaitoksia, joiden ”polttoainetehoon lasketaan yhteen kaikki samalla laitosalueella sijaitsevat polttoaineteholtaan vähintään yhden megawatin energiantuotantoyksiköt ja jonka polttoaineteho on vähintään 5 megawattia, mutta alle 50 megawattia, ja jossa jokaisen kiinteää polttoainetta käyttävän energiantuotantoyksikön polttoaineteho on alle 20 megawattia.”

Energian tuotanto on luvanvaraista energiantuotantoyksiköissä alkaen 20 MW:n polttoainetehosta, tai mikäli saman laitosalueen energiantuotantoyksiköiden yhteenlaskettu polttoaineteho yltää 50 MW:iin.

Lisäksi energiantuotantolaitoksen toimintaan on oltava ympäristölupa, jos ”toiminta sijoitetaan tärkeälle tai muulle vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueelle” [7].

Lainsäädännön lisäksi puujätteen energiahyötykäyttöä ohjataan VTT:n julkaisemalla Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön -ohjeistuksella. Ohjeistus on alan toimijoiden sopimukseen perustuva julkaisu, jonka linjauksia myös ympäristöviranomaiset soveltavat päätöksissään [5]. Ohjeistuksessa puujätteet on jaettu neljään luokkaan. Näistä A ja B -luokkiin ei sovelleta jätteenpolttoasetusta, mutta C ja D -luokkiin sovelletaan. Luokkaan A kuuluu kemiallisesti käsittelemätön jätepuu ja luokkaan B kemiallisesti käsitelty puu, joka ei kuitenkaan saa sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja. Kemiallisesti käsitelty puu, joka saattaa sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja kuuluu luokkaan C. Kyllästetty puu puolestaan kuuluu luokkaan D, joka on vaarallista jätettä [8].

Ohjeistuksessa on myös määritelty erityyppisten käytöstä poistettujen puutuotteiden luokittelu sekä polttoteknisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi teollisuudessa usein käytettävät kuormalavat ja kelat ovat määritetty luokkaan B. Kuormalavat ovat pääasiassa kemiallisesti käsittelemätöntä puuta, mutta ne saattavat sisältää myös puristepuisia välipaloja sekä pieniä määriä merkitsemistarkoituksessa käytettyä maalia. Polttoteknisesti niiden laatua heikentävät myös kokoamisessa käytetyt naulat. Myös lastulevystä valmistettujen kuormalavojen liimojen sisältämä natrium voi olla polton kannalta ongelmallista. Liimat myös lisäävät polttoaineen typpipitoisuutta.

Keloissa polton kannalta ongelmallisia voivat olla niin ikään naulat, mutta myös metalliset kiinnikkeet. Lisäksi keloissa mahdollisesti käytetty vaneri voi nostaa polttoaineen natrium



(Na) ja kalium (K) -pitoisuuksia. Kelat voivat sisältää pieniä määriä merkitsemistarkoituksessa käytettyä maalia tai paperia sekä puunsuoja-aineita. Jotta keloista valmistettu polttoaine voidaan luokitella B-luokan biopolttoaineeksi, kelojen käsittelyyn käytetyt puunsuoja-aineet eivät saa sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja.

Kokeneen lämpöyrittäjän mukaan kierrätyspuun polttaminen on laitosteknisesti täysin toimiva ratkaisu. Kun murskaimessa on hyvät magneetit, eivät naulat tuota juurikaan ongelmia. Naulojen ja muun metallin takia kannattaa laitoshankinnan yhteydessä kuitenkin vertailla kattiloiden arina- ja tuhkanpoistoratkaisuja. Kierrätyspuu sisältää joskus myös alumiinia, joka voi aiheuttaa ongelmia arinalle [9].

Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön -ohjeistuksen mukaan "Luokan A puujätettä voidaan käyttää kaikissa kattilalaitoksissa, myös pienissä. Luokan B puuta suositellaan käytettävän seospolttoaineena ensisijaisesti kattilalaitoksissa, joiden teho on vähintään 20 MW_{th}. Tänä päivänä lainsäädännössä (750/2013) polttotekniikan taso on edellä vaaditun kaltainen myös pienemmissä, yli 5 MW_{th} uusissa laitoksissa." [8]

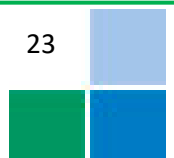
Tämän lisäksi ympäristöministeriö on muistiossaan Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia linjannut, että: "Käytöstä poistetut hyödynnettävät tai loppukäsiteltävät puupakkaukset, kuten kuormalavat, laatikot, tynnyrit ja kaapelikelat, ovat jätelaissa tarkoitettua jätettä. Puupakkaukset valmistetaan yleensä käsittelemättömästä puusta, mutta vanhimmissa voi olla myös pintakäsittelyaineita. Puupakkausten murskaus edellyttää ympäristölupaa jätteen ammattimaisena tai laitospolttamaisena käsittelynä. Energiantuotantolaitoksen, joka käyttää polttoaineena jätteenä luokiteltavaa puumateriaalia (esimerkiksi liimatun puulevyn leikkausjäänökset, puupakkaukset tai rakennuspuujäte), toiminta edellyttää ympäristölupaa, jossa on hyväksytty jätteenä luokiteltavan puun hyödyntäminen energiaksi." [10]

Lainsäädännöstä tai annetuista ohjeistuksista ei siis suoraan pysty päättämään B-luokan kierrätyspuun lämpölaitoskäytön luvallisuudesta alle 5 MW_{th} kokoluokan laitoksissa. Varmin tapa edetä asiassa lienee testata ensin polttoaine mahdollisten haitta-aineiden varalta. Lisätietoja testauksesta ja näytteenotosta saa kiinteiden biopolttoaineiden standardista (SFS-EN ISO 17225-1). Myös kemiallisesti käsitellyn ja käsittelemättömän jätteen puun syntypaikkalajittelua kannattaa selvittää.

Uudenmaan ELY-keskuksesta saadun tiedon mukaan käsiteltävän tai poltettavan puumäärän ollessa alle 20 000 t lupaviranomainen on kunnan ympäristöviranomainen [11].

3.2.2 Materiaalivirtojen energia-arvojen laskenta

Polttoaineen sisältämä energia ilmaistaan yleensä lämpöarvona, jonka yksikkö on MJ/kg polttoainetta. Suomessa lämpöarvo ilmoitetaan yleensä tehollisena lämpöarvona (ns. alempi lämpöarvo), joka ottaa huomioon palamisen yhteydessä höyrystyvän veden höyrystymisenergian. Lämpöarvo voidaan esittää sekä kuiva-aineen osalta että polttoaineen saapumistilassa. Näistä jälkimmäinen on paremmin sovellettavissa käytäntöön, sillä siinä lämpöarvoa laskettaessa vähennetään energiamäärä, joka joudutaan käyttämään polttoaineen luontaisesti sisältämän ja palamisessa syntyvän veden haihduttamiseen. Sen määrittämiseksi pitää tiedossa olla polttoaineen tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa, joka voidaan määrittää tarkempien polttoaineanalyysien avulla tai selvittää kirjallisuudesta [12]. Esimerkiksi puuaineksen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo vaihtelee välillä 18,5–20,0 MJ/kg [13].



Polttoaineen tehollinen energiasisältö saapumistilassa lasketaan seuraavasti:

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} * \left(\frac{100 - M_{ar}}{100} \right) - 0,02443 * M_{ar} ,$$

jossa

$q_{p,net,ar}$ tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) saapumistilassa, MJ/kg

$q_{p,net,d}$ tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) kuiva-aineessa, MJ/kg

M_{ar} kosteus saapumistilassa, p-%

0,02443 höyrytymisen entalpian korjauskertoimen (vakiopaineessa) vedelle (kosteus) 25 °C lämpötilassa, MJ/kg per 1 p-% kosteutta [12].

3.2.3 Sivuvirtojen kertyminen ja varastointitarve

Sivuvirrat riippuvat vahvasti yritysten tuotantoprosesseista ja vaihtelevat näin monella tavalla. Sivuvirtamateriaaleja voi kertyä yrityksille tasaisesti ympäri vuoden, vuodenaikasta riippuen sekä säännöllisissä tai satunnaisissa erissä. Usein sivuvirran määrä on sidoksissa tuotantovolyymiin, jolloin kertymä voi olla hyvinkin tasainen ympäri vuoden, tai vaihdella käytössä olevan kapasiteetin mukaan esimerkiksi lomien tai huoltokatkosten takia. Tuotantomenetelmästä riippuen materiaalia voi kertyä tasaisena virtana, säännöllisinä erinä tai suurinakin satunnaisina erinä, esimerkiksi tuotantovirheiden johdosta.

Varastointitarve syntyy, mikäli energiantarve sijoittuu eri ajankohtaan sivuvirran syntyhetkeen nähden. Tällöin on usein tarkoituksenmukaista perustaa polttoaineen varastointiin erillinen alue, biomassaterminaali. Erityisesti, mikäli tarkastellaan usean yrityksen sivuvirtoja, jotka on tarkoitus hyödyntää keskitetysti, on myös keskitetty varastointiratkaisu järkevä ratkaisu.

Biomassaterminaali on määritelmän mukaan keskitetty varastoalue, joka on tarkoitettu biomassojen varastointiin ja prosessointiin, ja joka toimii kiinteänä osana biomassojen logistiikkaketjua. Varastoinnin lisäksi myös valmistaminen polttoaineeksi, puuaineksen kohdalla haketus tai murskaus, on järkevää hoitaa keskitetysti terminaalissa. Terminaali voidaan sijoittaa käyttöpaikan (lämpölaitos) tontille tai se voi sijaita sopivien kulkuyhteyksien päässä itsenäisenä kokonaisuutena [14].

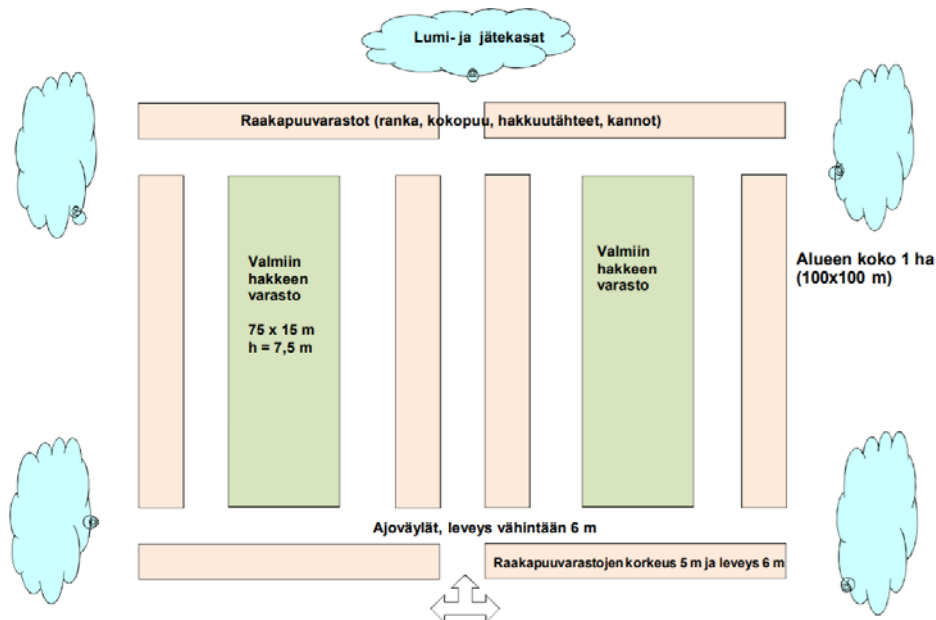
Sivuvirtojen energiapotentiaali ei välttämättä ole yhtä suuri tarvittavan energiamäärän kanssa, mikä voi johtaa tarpeeseen hankkia ja varastoida myös täydentävää polttoainetta. Suoraan tienvarresta ostettavan energiapuun (ei jätepuu) kohdalla terminaali myös lisää toimitusvarmuutta esimerkiksi kelirikkoaikana.

Energiapuulle on kirjallisuudessa ilmoitettu seuraavia varastointitiheyksiä:

- rankapuu 2,50 MWh/m²
- hake 2,00 MWh/m²
- kokopuu 1,50–1,75 MWh/m²
- hakkuutähteet 1,00–1,25 MWh/m² [14].

Puujätteelle, kuten kuormalavoille ja kaapelikeloille ei kirjallisuudesta löydy vastaavia varastointitilaisuuksia, mutta oletettavasti kannattaa varautua hakkuutähteen tai sitä heikompaan varastointitilaisuuteen. Murskeena varastointitilaisuus vastannee hakkeen arvoa.

Terminaalilla mitoitettaessa on syytä huomioida riittävästi tilaa kuljetuskalustolle sekä polttoaineen siirtelyä ja prosessointia hoitaville työkoneille. Myös lumen varastointi tulee ottaa suunnittelussa huomioon. Esimerkki biomassaterminaalin tilantarpeesta on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Esimerkki tilankäytöstä biomassaterminaalissa [15].

3.3 Biokaasuntuotantoon soveltuvat materiaalit

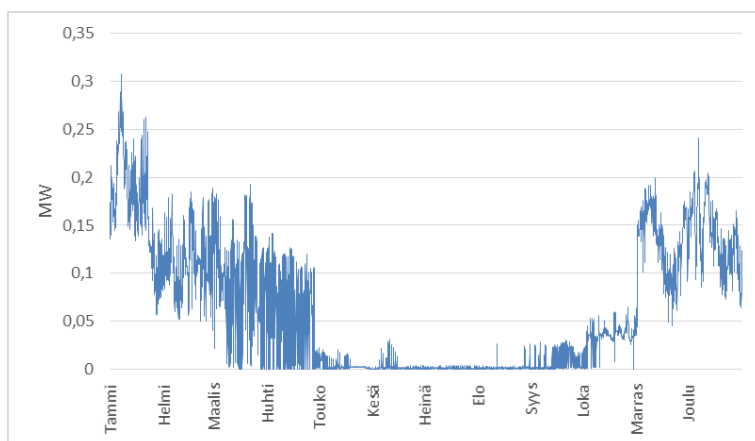
Kosteammat ja nestemäiset biomassat soveltuvat yleisesti ottaen paremmin biokaasuntuotantoon. Biokaasua voidaan käyttää lämmöntuotannon polttoaineena kaasupolttimissa sekä lämmön ja sähkön tuotantoon kaasumootoreissa. Lisäksi siitä voidaan jalostaa liikennepolttoainetta.

Mädättäminen on herkkä mikrobiologinen prosessi, jonka kaasuntuotantoon vaikuttavat lämpötila, pH-arvo, ravinteet sekä prosessille haitalliset aineet. Periaatteessa kaikki orgaaninen aine mätää, mutta biokaasuntuotantoon sopivat parhaiten helposti hajoavat materiaalit. Maataloustuotteista näitä ovat esimerkiksi lanta sekä rehu, kuten ruohokasvit, siemenet, juurekset, maissi ja sokerijuurikkaan naatit. Biojätteet, biodieselin valmistuksen sivutuotteet sekä elintarviketeollisuuden jätteet soveltuvatkin myös hyvin biokaasun valmistukseen. Paljon kuitua ja ligniiniä sisältävä aine, kuten puu tai olki, soveltuu huonosti mädätykseen [16].

Tässä projektissa tarkastelun painopiste on selvästi puuperäisten jättemateriaalien hyödyntämisessä polttamalla. Biokaasuntuotanto voi kuitenkin olla varteenotettava vaihtoehto esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätteiden tai sivutuotteiden hyödyntämisessä. Lisää tietoa aiheesta tarjoavat esimerkiksi Suomen Biokaasuyhdistys ja Motiva.

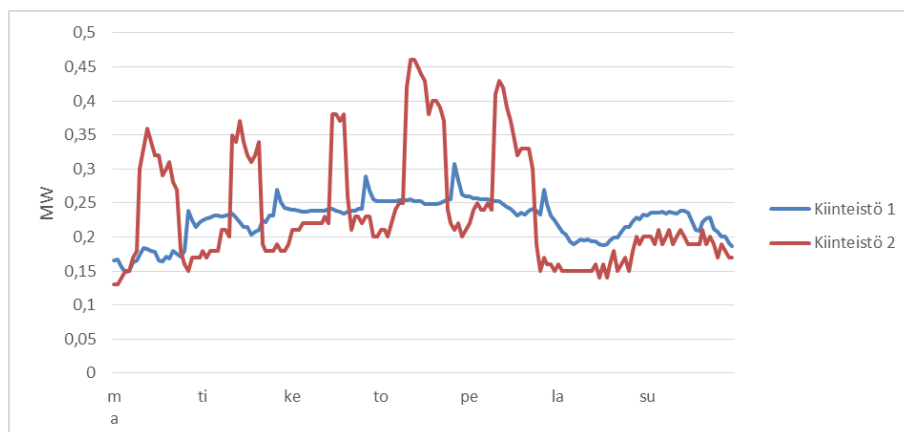
3.4. Lämmöntarve

Kiinteistöjen lämmitysenergian tarve vaihtelee paljon ulkolämpötilan, mutta myös käyttökohteen mukaan. Yleisesti kaukolämpöverkon tehontarve on suurimmillaan talven kylmimpään aikaan ja pienimmillään kesällä. Kesäaikaan lämpöenergia kuluu lähinnä käyttöveden lämmitykseen ja lämpöhäviöihin. Teollisuuskiinteistöissä lämpimän käyttöveden tarve voi olla suhteessa hyvin vähäinen verrattuna suurten tuotantilojen lämmittämiseen kuluvaan energiaan. Tästä johtuen lämmönkulutus voi kesällä pienentyä olemattomaksi [17]. Kuvassa 2 on esimerkki yksittäisen teollisuuskiinteistön lämpötehontarpeen jakautumisesta vuoden aikana.



Kuva 2. Teollisuuskiinteistön lämpötehontarpeen tuntivaihtelukäyrä.

Ulkolämpötilan vaihtelun lisäksi joka kohteessa on oma kulutusprofiilinsa, joka riippuu esimerkiksi tuotantomenetelmästä, lämmityslaitteista ja ilmanvaihtojärjestelmästä. Erilaiset kulutusprofiilit näkyvät vaihteluna mm. eri vuorokaudenaikojen ja viikonpäivien välillä. Kuvassa 3 on esitetty kahden eri teollisuuskiinteistön lämpötehontarve yhden tammikuuisen viikon aikana. Kuvassa näkyy selkeästi tehontarpeen vaihtelu vuorokaudenaikojen sekä viikonpäivien välillä.



Kuva 3. Kahden teollisuuskiinteistön lämpötehontarpeen vaihtelu yhden viikon aikana tammikuussa 2016.

Lämpötehontarpeen selvittämiseksi kannattaa pyrkiä selvittämään kunkin kiinteistön kulu-
tustiedot mahdollisimman tarkkaan. Tuntitason dataa on yleensä saatavissa esimerkiksi
paikalliselta kaukolämpöyhtiöltä.

3.5 Lämpölaitosinvestointi

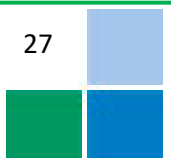
Yksinkertaisin ratkaisu hyödyntää polttokelpoisia biomassajakeita on käyttää niitä polttoai-
neena biolämpölaitoksessa. Puuta poltettaessa puhutaan hakelämpölaitoksesta. Toiminta-
periaatteena on siirtää biomassaa polttamalla tuotettu energia veteen, jota käytetään läm-
mönsiirtoverkossa väliaineena. Biolämpölaitoskokonaisuuden pääosat ovat laitosrakennus,
biopolttoainekattila, polttoaineen-siirtolaitteet, puhaltimet ja pumpput. Laitosrakennuksen si-
sälle mahtuvien osien lisäksi on syytä varata tilaa myös polttoaineenvarastointialueelle sekä
polttoaineen siirtelyyn ja haketukseen/murskaukseen tarvittaville koneille. Lämmitettäviä
kohteita ovat esimerkiksi aluelämpöverkot, kaukolämpöverkon ulkopuoliset keskisuuret
lämmityskohteet, kuten teollisuuskiinteistöt, koulut ja maatilat.

Lämpölaitokset voidaan mitoittaa tarpeen mukaan muutamasta kymmenestä kilowatista
useisiin megawatteihin. Kiinteän polttoaineen (KPA) kattilan mitoituksessa kauko- tai
aluelämpöverkostoon on tärkeää ottaa huomioon kattilalla tuotettava vuotuinen energia-
osuus. Yleisen käsityksen mukaan KPA-kattilaa ei ole tarkoituksenmukaista mitoittaa riittä-
mään koko verkoston tehontarpeelle. Tämä johtuu siitä, että KPA-kattiloiden palamispro-
sessin hallinta on helpointa kattilan toimiessa melko suurella teholla. Tehon pudotessa alle
puoleen nimellistehosta, heikkenee hyötysuhde useimmilla kattilatyypeillä. Kattilan käytön
alarajana on pidetty 20 %:n osuutta mitoistustehosta [18].

Edellä mainittuakin tärkeämpi syy mitoittaa kattilat vain osalle tehontarvetta on niiden kor-
kea hinta. Kiinteän polttoaineen kattilan hinta nousee tehon kasvaessa huomattavasti no-
peammin kuin esimerkiksi kevyellä polttoöljyllä toimivan kattilan. Tästä syystä laitoksen mi-
toittaminen tyydyttämään korkeimmatkin kysyntähuiput voi johtaa korkeampaan energian-
hintaan kuin laitoksen mitoittaminen pienemmäksi ja kulutushuippujen hoitaminen matalam-
man investointikustannuksen menetelmällä, esimerkiksi öljypolttimella. Mitoituksesta riippu-
matta biolämpölaitos tarvitsee joka tapauksessa rinnalleen varalämmönlähteen, jolla läm-
mitys voidaan hoitaa käyttöhäiriöiden ja huoltoseisokkien aikana. Varalämmönlähdettä voi-
daankin käyttää samalla myös huippukuorman tuottamiseen [18].

Korkeiden inventointikustannuksensa ja matalien käyttökulujensa takia biolämpölaitokset
ovat peruskuormalaitoksia, joille tavoitellaan mahdollisimman korkeaa käyttöaikaa. Yleinen
tapa tarkastella lämpölaitoksen käyttöasetetta on nimellistehon käyttöaika (huipunkäyttö-
aika). Se ilmoittaa, montako tuntia kattilaa pitäisi käyttää nimellistehollaan, jotta saavute-
taan tavoitteena oleva vuotuinen energiantuotanto. Toisin sanoen jakamalla vuotuinen
energiamäärä (MWh) laitoksen nimellisteholla (MW) saadaan nimellistehon käyttöaika (h).
Peruslämpöä tuottavalla KPA-kattilalla tulisi nimellistehon käyttöajan olla vähintään 4000
h/a. Jotta riittävä käyttöaika ja sen myötä kannattavuus saavutettaisiin, tulisi peruskuorma-
käytössä olevan kiinteän polttoaineen laitoksen olla 40–60 % verkoston mitoistustehosta.
Tällöinkin tuotettavan energian osuus kokonaisenergiasta on noin 80–90 %. 60 %:n yläpuo-
lella oleva teho-osuus ei enää juurikaan nosta kattilalla tuotettavan energian osuutta koko-
naisenergiasta [18, 19].

Edellä kuvatut tiedot on kerätty kirjoitushetkellä (2017) 10–15 vuotta vanhoista lähteistä.
Laitostoimitusten hintakartoituksen yhteydessä eräs laitostoimittaja painotti kiinteän poltto-
aineen kattiloiden tehonsäädön kehittyneen viime vuosina merkittävästi, minkä ansiosta



kattiloita pystytään hyvin käyttämään jopa 5 %:n osuudella nimellistehosta. Lisäksi laitos-toimittajat tähdensivät, että kattiloita voidaan väliaikaisesti ajaa myös 10–20 %:n yliteholla. Vastaavia arvoja tehon säätöalueesta löytyy myös laitteistovalmistajien nykyisistä esitteistä.

Myös käytettävällä polttoaineella on merkittävä vaikutus laitoksen mitoitukseen ja hintaan. Puupohjaisten polttoaineiden tärkein laitoksen valinnassa vaikuttava ominaisuus on kosteus. Polttoaineen kosteus vaikuttaa lähes kaikkiin kattilalaitosjärjestelmän osiin. Kosteaa haketta poltettaessa polttoainevirta, palamisilmavirta sekä savukaasuvirta ovat väistämättä suuremmat kuin tilanteessa, jossa sama teho tuotetaan kuivalla hakkeella. Tästä johtuen varasto- ja kuljetinjärjestelmät on mitoitettava suurempaa kapasiteettia varten sekä savupiiput ja savukaasupuhaltimet on mitoitettava suuremmille savukaasumäärille. Lisäksi kostea hake tarvitsee suuremman ja massiivisemmän tulipesän kuin kuiva polttoaine. Kattilan ja varastojen koon kasvaessa tarvitaan luonnollisesti myös suuremmat sijoitustilat kattilalaitokselle. Edellä mainituista syistä kuivan polttoaineen laitokset ovat olleet investointikustannuksiltaan noin 70 % vastaavan tehoisten kostealle polttoaineelle mitoitettujen laitosten hinnasta. Kosteaa polttoainetta polttamisessa savukaasun mukana poistuva vesihöyry alentaa myös kattilan hyötysuhdetta [18].

Laitoksen mitoitus on siis osaksi teknisten mahdollisuuksien hahmottamista, mutta ennen kaikkea kustannusten minimoimista. Laskelmissa suuri vaikutus on myös täydentävien ja vaihtoehtoisten energialähteiden tämän hetkisin ja oletettavilla tulevaisuuden hinnoilla.

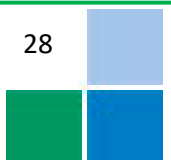
3.6 Case Hyvinkään Sahanmäki

3.6.1 Kysely

Energiaväylä-hankkeen alussa hankkeesta kiinnostuneita yrityksiä lähestyttiin webropol-kyselyllä, jossa selvitettiin yrityksille kertyviä energiahyötykäyttöön soveltuvia jätelajeita tai muita materiaaleja, joita ei itse pystytä hyödyntämään. Kyselyssä tiedusteltiin seuraavien jätelajien syntymistä, niiden nykyistä jätehuoltoratkaisua ja noutoväliä.

1. Puuhake (esim. kokopuuhake, rankahake, hakkuutähde)
2. Sahanpuru/kutterinlastu, halot/pilkkeet
3. Kuormalavat tms. puupohjaiset materiaalit
4. Kuitupohjaiset pakkausmateriaalit (pahvit)
5. Peltobiomassat (esim. ruo'ot, öljy- ja kuitukasvit, vilja- ja sokerikasvit)
6. Rakennus- ja purkujätteet
7. Muovipakkaukset ja muut muovit
8. Rengasromu ja muu kumijäte
9. Metallit
10. Lietteet (karjatalouden, puunjalostusteollisuuden)
11. Öljyt (jäteöljy, bioöljy)
12. Muu (palava) kotitalous/yhdyskuntajäte,

Jakeista 4, 6, 7, 8, 9, 11 ja 12 ovat selvästi luokiteltavissa jätteiksi, joiden polttaminen ei tule kyseeseen jätteenpolttostatuksen välttämiseksi, tai jotka muuten ovat energiahyötykäyttöön soveltumattomia. Kyselyllä kuitenkin saatiin hyödyllistä lisätietoa yritysten toiminnassa syntyvistä jakeista. Tietoa voidaan myös hyödyntää tarkasteltaessa yritysten välisiä materiaalihyötykäyttömahdollisuuksia.



Myöhemmin yrityskäynneillä ja puhelinhaastattelun avulla selvitettiin vielä

- jakeiden tarkemmat määrät
- ominaisuudet (olomuoto, käsittelyt, kosteus ym.)
- säilytys (ulkona, katoksessa, sisällä)

3.6.2 Sivuvirrat

Energiaväylä-hankkeessa yksi näkökulma on selvittää Sahanmäen teollisuusalueella syntyvien jäte- tai sivutuotemateriaalien hyödyntämismahdollisuuksia alueen energiantuotannossa. Sahanmäen yrityksille kohdennetun kyselyn ja haastattelujen mukaan teollisuusalueella syntyy runsaasti jätetuuta sekä jonkin verran viljelykasvien siementen lajittelussa syntyvää esilajitteluerotetta. Muiden jakeiden ei todettu ympäristösyistä soveltuvan poltettavaksi pienen mittakaavan lämmöntuotannossa. Tässä luvussa tarkastellaan edellä mainittujen jakeiden soveltuvuutta hakelämpölaitoksen polttoaineeksi.

Puujäte

Energiaväylä-hankkeen kyselyyn vastanneiden yritysten mukaan puuta syntyy vuosittain arviolta 1 000 tonnia. Tarkemmat tiedot määrästä ja niiden energiasisällöistä on esitetty taulukossa 1. Mukaan on otettu vain määrällisesti merkittävät jakeet, joista saatiin riittävän tarkat tiedot laskelmia varten. Poikkeuksena kuitenkin arvio yrityksen 4 jätetuumäärästä, joka on merkittävä, mutta joka perustuu vain ilmoitettuun jätelavojen tyhjennysväliin. Muissa tapauksissa yritykset ovat itse ilmoittaneet tonnimäärät. Tämän lisäksi yritykset tuottavat jakeita, joiden määrästä ei ole tarkkaa tietoa, tai joiden määrät ovat vähäisiä. Nämä jakeet on esitelty taulukossa 2.

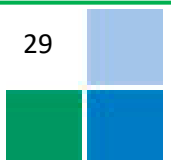
Osa tarkasteltujen yritysten liiketoiminnassa syntyvästä puujätteestä koostuu puhtaasta puusta, jota ovat mm. puun työstämisessä syntyvät höylälastut, sahanpuru, puupöly, laudanpätkät, sekä erilaisten pakkausten tukipuut. Täysin puhtaan puun lisäksi moni yritys ilmoitti, että rikkinäiset kuormalavat ja kelat muodostavat merkittävän osan puujätteestä. Yksi yritys mainitsi mm. puujätteeseen päätyvien rikkinäisten kuormalavojen likaantuvan jonkin verran tuotantokemikaaleilla. Nykyisellään näiden jakeiden käsittelystä vastaavat lähinnä jätehuoltoyritykset. Osa sahatavaran työstämisessä syntyneestä puhtaasta puujätteestä myydään hevostalleille kuivikkeeksi ja kotitalouksille polttopuiksi.

Siemenlajittelun esipuhdistuserote (agrobiomassa)

Sahanmäen teollisuusalueella sijaitseva viljelykasvien siemeniä lajitteleva yritys tuottaa ilmoituksensa mukaan vuosittain noin 200 t siementen lajittelussa syntyvää esipuhdistuserotetta (mm. viljan ja piensiemmenten palasia, korren pätkiä, akanoita). Puhtaan biomassan polttamista ei ole rajoitettu lainsäädännöllä tai muilla määräyksillä, kuten kierrätyspuun polttoa. Alan asiantuntijoiden mukaan [9] [20] esipuhdistuserote voidaan hyvin polttaa puumurskeen seassa ilman teknisiä vaikeuksia. He suosittelivat kuitenkin liikkuvalla arinalla varustetun kattilan valintaa.

Energiasisältö

Hankeyrityksille kohdennetun kyselyn perusteella polttoainekäyttöön soveltuvaa biomassaa syntyy tuotannon sivutuotteena tai vastaanotetaan pakkausmateriaalina vuosittain yhteensä noin 1 200 t. Tästä valtaosa, noin 1 000 t koostuu puuaineksesta, ja noin 200 t siementenlajittelun esipuhdistuserotteesta.



Puuaineksen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo vaihtelee kirjallisuudessa 18,5–20,0 MJ/kg välillä [13]. Suoritetuissa laskelmissa kuiva-aineen tehollisena lämpöarvona on käytetty arvoa 19 MJ/kg. Pakkausmateriaalina käytettävä puu on yleensä varsin kuivaa, mutta jätteen päädyttyään se usein varastoidaan ulkona säiden armoilla, jolloin myös kosteus nousee. Energiasisällön laskennassa puun kosteutena käytettiin arvoja 15 ja 25 paino-%.

Siemeniä lajittelevan yrityksen tilaaman selvityksen mukaan esipuhdistuserotteen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa vastaa jyrshinturpeen arvoa. Tämän tiedon perusteella esipuhdistuserotteen tehollisena lämpöarvona saapumistilassa on käytetty kirjallisuudesta löytyvää arvoa 9,6 MJ/kg [12].

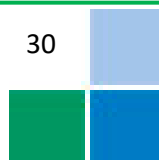
Laskennallisesti näiden biomassojen tehollinen energiasisältö saapumistilassa on 4,4–5,0 GWh. Taulukossa 1 on esitelty polttoaineeksi suunniteltujen sivuvirtojen laskennalliset energiasisällöt.

Taulukko 1. Yrityksissä syntyvät sivuvirtajakeet ja niiden energiasisältö.

Yritys	Jae	Massa (kg)	Tehollinen energiasisältö, ar (MJ/kg)	Tehollinen energiasisältö, 15 % (MJ/kg)	Tehollinen energiasisältö, 25 % (MJ/kg)	Tehollinen energiasisältö, ar (MWh)		
Yritys 1	Puujäte	600 000		15,8	13,6	2 273	-	2 631
Yritys 2	Puujäte	20 540		15,8	13,6	78	-	90
Yritys 3	Puujäte	3 000		15,8	13,6	11	-	13
Yritys 4	Puujäte	241 000		15,8	13,6	913	-	1 057
Yritys 5	Puujäte	160 000		15,8	13,6	606	-	701
Yritys 6	Esipuhdistuserote	200 000	9,6				533	
	yhteensä	1 224 540				4 415	-	5 025

Taulukko 2. Yrityksissä lisäksi syntyvät, määrältään vähäiset jakeet sekä jakeet, joiden energiasisällön arvioiminen ei käytössä olevien tietojen perusteella ole mahdollista.

Yritys	Jae
Yritys 6	Jätepuuta (käytännössä kuormalavoja) 1-2 lavakuormaa vuodessa. Peitattua siementä säkkien rikkoutuessa ja joskus erien vanhentuessa. Erien vanhentuessa määrät suuria, koska yksi erä on kooltaan 31 t.
Yritys 7	Karkeampaa sahanpurua/höylälastua syntyy 2-3 x 27 m3 (lava) vuodessa. Hienompaa puupölyä syntyy normaali vaihtolavallinen ehkä kerran kahdessa kuukaudessa. Laudanpätkiä syntyy noin kuutio/kk.
Yritys 8	Jätepuuta syntyy vuosittain 100-150 t, mutta tämä pääosassa kalusteita ym. Oletettavasti C-luokkaan kuuluvaa puuta. Puhdasta puuta vain muutamia tonneja vuosittain.



Hyvinkään ympäristöviranomaisen näkemys Sahanmäen yritysten jätepuun polttamisesta
Hyvinkään kaupungin ympäristöviranomaisen kanssa käydyn keskustelun perusteella laadittiin seuraava ohjeistus, joka on hyväksytty viranomaisella.

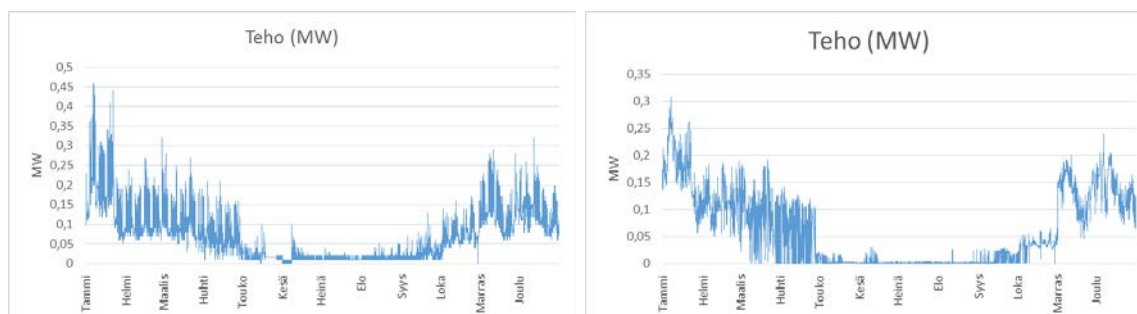
Jätepuun käyttäminen lämpölaitoksen polttoaineena vaatii aina ympäristöluvan. Ennakkotiedon mukaan EU:n MCP-direktiivin vaatimukset tuodaan Suomen kansalliseen lainsäädäntöön valtioneuvoston asetuksella polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista (PIPO) niin, että asetuksen soveltamisen alaraja lasketaan alkamaan 1 MW_{th} tehosta. Mikäli Sahanmäkeen suunniteltu laitos täyttää tulevassa asetuksessa esitetyt vaatimukset ja polttoaine ei testauksen perusteella ylitä Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön -julkaisussa B-luokan kierrätyspuulle esitettyjä raja-arvoja velvoittamien alkuaineiden osalta, ei Hyvinkään kaupungin ympäristöviranomaisen näe estettä ympäristöluvan saamiselle yrityksissä syntyvän jätepuun energiahyötykäyttöön. Lämpölaitosprojektissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon esimerkiksi läheisen lentokentän asettamat rajoitukset Sahanmäessä sallituille savupiipuille.

Lämpölaitoksen lisäksi suunnitellussa laajuudessa toteutettava jätepuun murskaus tarvitsee ympäristöluvan. Myöskään tämän luvan saannille Sahanmäen teollisuusalueelle ei Hyvinkään kaupungin ympäristöviranomaisen lähtökohtaisesti näe estettä.

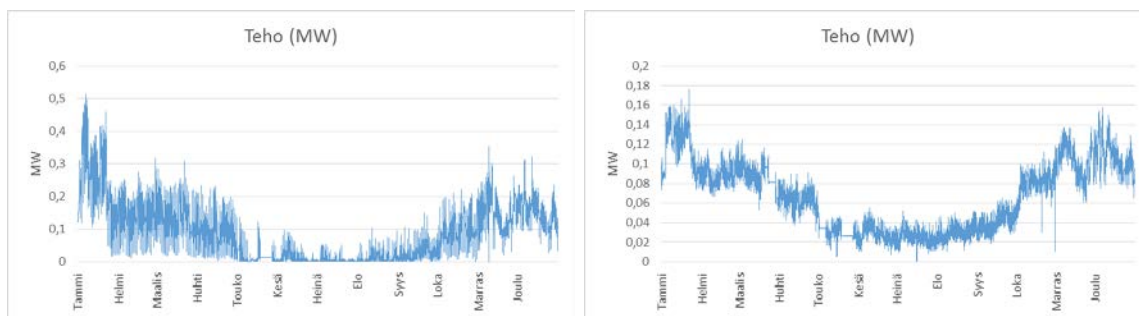
Tarkempi, varsinainen lupa-arviointi tehdään vasta, jos/kun lupahakemus palautetaan Hyvinkään kaupungin ympäristökeskukselle [21].

3.6.3 Energiankulutus

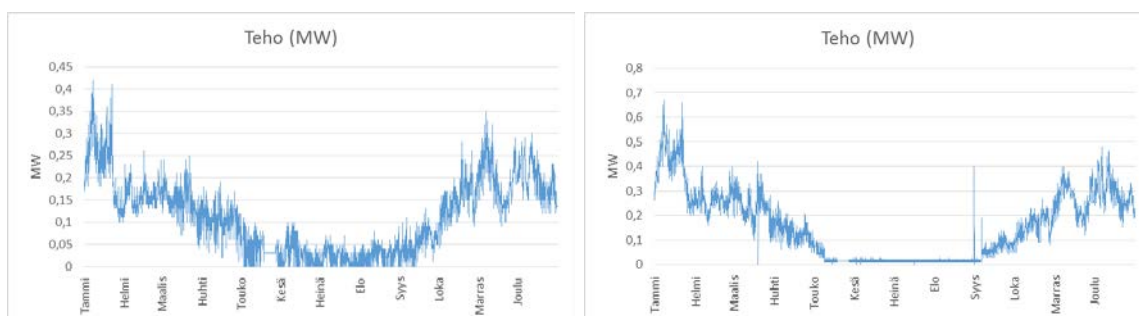
Tarkastelua varten saatiin käyttöön Sahanmäen yritys kiinteistöjen kaukolämmön ja muiden energialähteiden kulutustietoja vuodelta 2016. Kaukolämmön kulutustiedot [MWh, kiinteistöt 1, 3, 4 (osa kulutuksesta), 8, 9, 10] saatiin paikalliselta kaukolämpöyhtiöltä tuntikohtaisesti. Mukana oli myös kaksi kaukolämmöllä lämpiävää kiinteistöä, joista kiinteistön 5 kulutustiedoista saatiin vain kuukausikohtaiset arvot, sekä kiinteistö 6, jonka kaukolämmön kulutustiedot perustuivat pelkkään arvioon. Maakaasun osalta käytössä olivat ainoastaan kuukausikohtaiset kulutusluvut [m³, kiinteistöt 2 ja 4 (osa kiinteistön kulutuksesta)]. Lisäksi mukana olivat sähkölämmitteinen kiinteistö 7, jonka vuotuinen sähkönkulutus perustui arvioon sekä öljylämmitteinen kiinteistö 11, josta tietoon saatiin vain vuotuinen kevyen polttoöljynkulutus. Kuvissa 4–9 on esitetty kiinteistöjen kaukolämmönkulutus vuonna 2016.



Kuvat 4 ja 5. Kiinteistöjen 1 ja 3 kaukolämmön kulutus vuonna 2016.

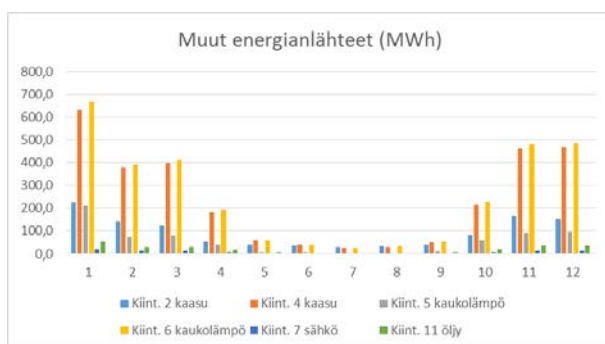


Kuvat 6 ja 7. Kiinteistöjen 4 ja 8 kaukolämmön kulutus vuonna 2016.



Kuvat 8 ja 9. Kiinteistöjen 9 ja 10 kaukolämmön kulutus vuonna 2016.

Kuvassa 10 on esitetty kiinteistöjen muilla energianlähteillä kuukausittain. Kaasun energiasisältö on laskettu käytössä olleesta m³-kulutusdatasta. Kaasun on oletettu olevan normaaliämpötilassa ja -paineessa, ja sen tilavuuden muuntamiseen energiaksi on käytetty kerrointa 10 kWh/m³n [22]. Kevyen polttoöljyn lämpöarvona on käytetty 10,02 kWh/litra [23].

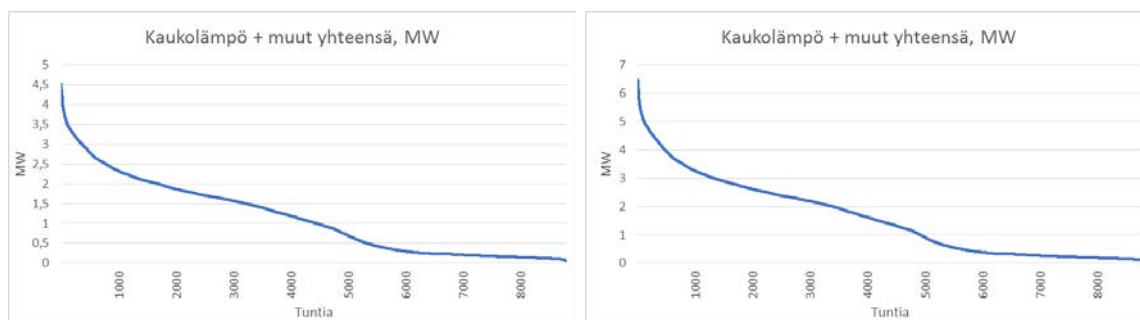


Kuva 10. Kiinteistöjen 2, 4, 5, 6, 7 ja 11 muilla energianlähteillä tuotettu lämpöenergia vuonna 2016.

Kokonaistehontarpeen tarkastelua varten kiinteistöjen kaikkien lämmitysmuotojen kulutus-tiedot yhdistettiin yhteiseksi pysyvyyskäyräksi. Tarkastelu tehtiin kahdelle eri skenaariolle, joista ensimmäisessä (skenaario 1) mukana olivat kiinteistöt 1–4 sekä 8–11. Skenaariossa 2 olivat mukana kaikki 11 kiinteistöä. Kiinteistöissä, joiden osalta tiedossa oli ainoastaan kuukausikohtaiset luvut, kulutettu energia jaettiin kullekin kuukauden tunnille samassa suhteessa kuin kaukolämmön yhteenlaskettu kulutus. Kaasudatasta laskettiin vielä erikseen

lämmitykseen käytetty energia huomioimalla kiinteistökohtaisten kaasupoltinten hyötysuhde. Laskelmissa kaasu- ja öljypoltinten hyötysuhteena käytettiin $\eta = 92 \%$.

Lämmitysenergiankulutuksen pysyvyyskäyrät skenaarioille 1 ja 2 on esitetty kuvissa 11 ja 12. Käyrä kuvaa siis yritysten lämmitykseen käyttämää energiaa, eikä näin ollen ota huomioon kaukolämpöverkostossa tapahtuvia häviöitä.



Kuvat 11 ja 12. Lämpöenergiankulutuksen pysyvyyskäyrä skenaariossa 1 (kiinteistöt 1–4 ja 8–11) sekä skenaariossa 2 (kiinteistöt 1–11).

Pysyvyyskäyristä ja yksittäisten kohteiden kulutusprofiileista voidaan havaita, että kulutus-huippu oli hyvin terävä. Skenaariossa 1 huipputehontarve oli 4,5 MW ja energian kokonais-kulutus noin 10 000 MWh. Skenaariossa 2 vastaavat luvut olivat 6,5 MW ja noin 14 000 MWh. Huipun terävyyttä kuvaa hyvin se, että 2 MW:n hakelaitoksella pystytään tuottamaan skenaarion 1 energiamäärästä ja 3 MW:n laitoksella skenaarion 2 energiamäärästä kum-mastakin yli 80 %. Laskelmissa oletettiin lämpölaitosten tehonsäätöalueeksi 20-100 % ja käyttöasteeksi 100 %. Laskelmien tarkempia tuloksia on esitetty taulukossa 3. Kesäaikana lämpöenergiantarve kiinteistöissä putosi erittäin voimakkaasti, kuten on tyypillistä koh-teissa, joissa lämpöenergiaa käytetään lähes pelkästään rakennusten lämmittämiseen.

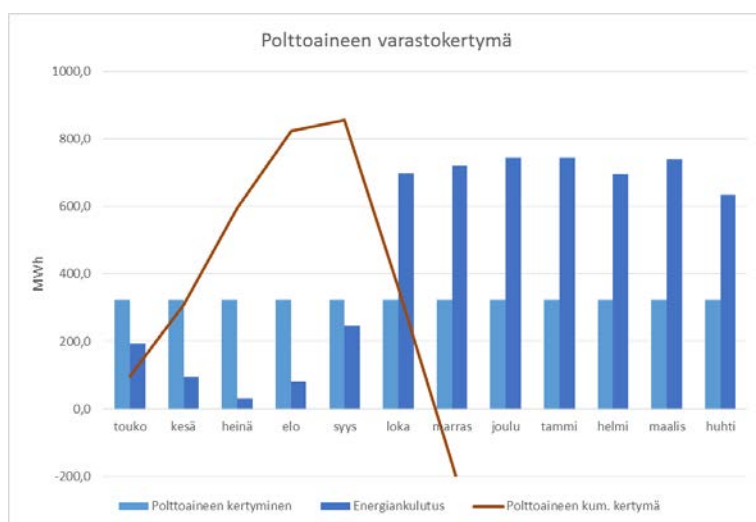
Taulukko 3. Eri tehoisilla hakelämpölaitoksilla tuotettavat laskennalliset energiamäärät skenaarioissa 1 ja 2.

	Teho (MW)	Tuotettu energia (MWh)	Osuus tarpeesta (%)	Huipunkäyttö- aika (h)
Skenaario 1				
1		5623	56,3	5623
2		8343	83,5	4171
3		8978	89,9	2993
Skenaario 2				
1		6050	43,7	6050
2		9716	70,2	4858
3		11763	85,0	3921
4		12372	89	3093

3.6.4 Polttoaineen varastointitarve

Polttoaineen varastoinnille syntyy tarvetta, mikäli polttokelpoista sivuvirtaa ei kuluteta lämmitykseen samaa tahtia kuin sitä tuotetaan. Sahanmäen tapauksessa energiankulutukseen vaikuttavat energiaväylään mukaan lähtevät yritykset (lukumäärä, koko, kulutusprofiili). Myös se, kuinka suuri osuus kulutuksesta pyritään tyydyttämään (laitoskoko, optimoidaanko laitos oman polttoaineen mukaan) vaikuttaa merkittävästi varastointitarpeeseen. Lisäksi eri polttoaineet tarvitsevat eri määrän varastotilaa megawattituntia kohti. Puupolttoainetta pystytään varastoimaan varsin hyvin taivasalla, mutta oletettavasti siemenlajittelukuksen esilajitteluerotteesta puristetut brikitit kärsivät sateen ja lumen vaikutuksesta merkittävästi. Jälkimmäisen kohdalla tilantarve vaatii myös tarkempia mittauksia. Lisäksi tulee ottaa huomioon mahdollinen täydentävä polttoaine, esimerkiksi metsähake, jonka varastointitarve riippuu siitä, miten polttoaine hankitaan. Tilantarve lisääntyy merkittävästi, jos koko lämmityskauden polttoaineet halutaan huoltovarmuussyitä säilyttää omassa varastossa. Ulkoisen polttoainetoimittajan kanssa on myös mahdollisuus sopia säännöllisistä polttoainetoimituksista suoraan lämpölaitoksen polttoainemonttuun, jolloin tilantarve ei välttämättä lisäänty lainkaan. Biomassaterminaalia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös polttoaineen käsittelyyn tarvittavat tilat. Lisäksi käsittelyn ajankohta ja toteutusväli vaikuttavat tilantarpeeseen, sillä murskattaessa puujäte tiivistyy.

Useasta muuttuvasta tekijästä huolimatta tilantarvetta voidaan havainnollistaa laskennallisesti muutamien oletusten turvin. Esimerkiksi skenaarion 1 mukaiselle kiinteistömassalle tuotettaessa lämpöä 1 MW:n laitoksella, varastoitavan puujätteen määrä kehittyy kuvan 13 mukaisesti, jos oletetaan jätepuun tasainen kertyminen. Suurimmillaan puujätteen tarvitsema varastotila on noin 850–1100 m², jos puujätteen varastointitiheytenä käytetään arvoa 1 m²/MWh.



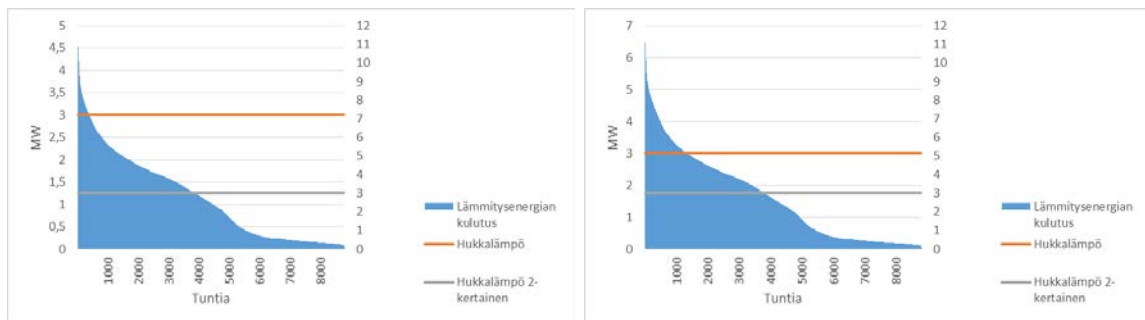
Kuva 13. Varastointitarve skenaarion 1 mukaiselle kiinteistömassalle 1 MW laitoksella (oletukset: tehonsäätöalue 20–100 %, käytettävyys 100 %, hyötysuhde 85 %).

3.6.5 Lämpölaitokselle asetettuja vaatimuksia

- Korkean energiahuoltovarmuuden saavuttamiseksi lämpölaitoksen tulee olla varmatoiminen ja käyttää koeteltua, luotettavaa tekniikkaa. Tekniikan tulee kuitenkin olla niin modernia, että korkea energiatehokkuus ja lainsäädännön asettamat ym. ympäristövaatimukset (mm. PIPO-asetus) saavutetaan.
- Laitoksen tulee olla teholtaan riittävä, eli hakekattilan ja/tai mahdollisen huippu- tai varalämmönlähteen tehon tulee joka tilanteessa ylittää tarvittavaan lämmitystehoon.
- Tuotetun energian tulee olla mahdollisimman edullista. Hakelämpölaitoshankinta tulee mitoittaa niin, että mahdollisimman suuri osuus tarvittavasta energiasta pystytään tuottamaan sillä, kuitenkaan ylimitoittamatta hakekattilaa.
- Hakelämpölaitoksen polttoaineena tulee voida käyttää Sahanmäen teollisuusalueen puujätteestä murskattua kierrätyspuuta, alueella syntyvää siemenlajittelun esipuhdistuserotetta sekä mahdollisesti lisäpolttoaineeksi tarvittavaa metsähaketta.

3.6.6. Hukkalämmön ja hakelämmön yhdistäminen

Suhteutettuna nyt tarkasteltujen yritysten energiankulutukseen Sahanmäen lasivillatehtaan hukkalämpöpotentiaali on suuri. Toteutuessaan ennakoarvioiden mukaisella 3 MW:n teholla hukkalämpöä hyödyntävä energiaväylä täyttäisi skenaarion 1 tarpeesta jopa 98,5 % ja skenaarion 2 tarpeesta 91,7 %. Vielä kaksinkertaisilla kiinteistömäärilläkin (skenaarioiden kulutus x 2) arvot olisivat 78,1 % ja 61,5 %. Tilannetta on havainnollistettu kuvissa 14 ja 15.



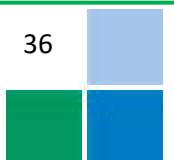
Kuvat 14 ja 15. Lasivillatehtaan hukkalämmön kattavuus skenaarioissa 1 (vasen kuva) ja 2 (oikea kuva) yksinkertaisella ja kaksinkertaisella kiinteistömäärällä.

Yksi hankkeessa tarkasteltava vaihtoehto on lasivillatehtaan hukkalämmön ja teollisuusalueella syntyvän jätepuun energiahyötykäytön yhdistäminen. Yhdistämisessä haasteita aiheuttaa se, että molemmat menetelmät ovat ensisijaisesti soveltuvia peruslämpökuorman tuottamiseen, ei niinkään vara- tai huippukuorman tuottamiseen. Tämä johtuu sekä hukkalämmön talteenoton että hakelämpölaitoksen korkeista investointikustannuksista, ja toisaalta matalista käyttökustannuksista.

Suuren hukkalämpöpotentiaalin ja kiinteistöjen lämpöenergian kulutusprofiiliin takia hukkalämmön ja hakelämmityksen yhdistäminen ei vaikuta houkuttelevalta, mikäli hukkalämmön talteenotto toteutuisi koko 3 MW:n tehoisena. Vasta kaksinkertaisella kiinteistömäärällä skenaarioihin 1 ja 2 verrattuna 3 MW:n hukkalämmön päälle alkaa pysyvyyskäyrällä jäädä hieman enemmän lämpökuormaa. Hakelämpölaitoksen yhdistäminen lämpöverkkoon olisi

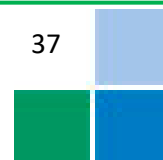
teknisesti mahdollista, mutta tässäkin tapauksessa esimerkiksi 0,5 MW:n laitoksen huipun käyttöajat jäisivät melko mataliksi. Kalliin laitosinventoinnin hakelämmön hinta jäisi tällöin melko korkeaksi. Tämän lisäksi kulutushuippuja täyttämään tarvittaisiin joka tapauksessa kolmas tuotantomenetelmä.

Lähtökohtaisesti kulutusta tarvittaisiin paljon lisää, jotta 3 MW:n hukkalämmöntalteenoton ja hakelämmön yhdistäminen olisi järkevää. Kokonaisuutta kannattaa tarkastella myös pienempiä ratkaisuja yhdistelemällä. Tasaisemman kulutusprofiilin kiinteistöjen liittäminen energiaväylään lisäisi sekä hukka- että hakelämpöratkaisun kannattavuutta.

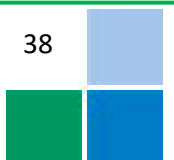


Luvun kolme Lähteet

- [1] Bureau of Energy Efficiency, "General Aspects of Energy Management & Energy Audit.," [Online]. Available: <http://www.em-ea.org/Guide%20Books/Book-1/1.4%20MATERIAL%20%20AND%20ENERGY%20BALANCE.pdf>.
- [2] *Jätelaki*, 2011.
- [3] *Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta*, 2013.
- [4] *Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista*, 2013.
- [5] E. Alakangas, *Suullinen tiedonanto*, VTT, 2017.
- [6] H. Tuohiniitty, *Kirjallinen tiedonanto*, Bioenergia ry, 2016.
- [7] *Ympäristönsuojelulaki, 527/2014*, 2014.
- [8] *Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön – VTT-M-01931-14*, VTT, 2014.
- [9] V.-M. Alanen, *Suullinen tiedonanto*, 2017.
- [10] *Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia*, Ympäristöministeriö, 2014.
- [11] P. Mannisto, *Kirjallinen tiedoksianto*, Uudenmaan ELY-keskus, 2017.
- [12] E. Alakangas, M. Hurskainen, J. Laatikainen-Luntama and J. Korhonen, *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia*, VTT, 2016.
- [13] *Puupolttoaineiden laatuohje, VTT-M-07608-13 - päivitys 2014*, Bioenergia ry, Energiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry, 2014.
- [14] J. P. Luiro and R. Juntunen, *Biomassaterminaalit esiselvitys, Tapion raportteja nro 6*, Tapio Oy, 2016.
- [15] R. Impola and I. Tiihonen, *Biopolttoaineterminaalit, Ohjeistus terminaalien perustamiselle ja käytölle*, VTT, 2011.
- [16] *Biokaasun käyttö maatilalla*, Motiva Oy.
- [17] M. Huhtinen, R. Korhonen, T. Pimiä and S. Urpalainen, *Voimalaitostekniikka*, Opetushallitus, 2013.
- [18] *Hakelämpökeskuksen hankinta*, Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2002.
- [19] *Kaukolämmön käsikirja*, Adato Energia Oy, 2006.



- [20] F. Ek, *Suullinen tiedoksianto*, 2017.
- [21] S. Suominen, *Kirjallinen tiedonanto*, Ympäristövalvontapäällikkö, Hyvinkään kaupungin ympäristökeskus, 2017.
- [22] *Maakaasukäsikirja*, Suomen kaasuyhdistys, 2014.
- [23] Motiva Oy, *Energiatehokkuussopimukset*, 2010.



4. Teknologiset ratkaisut (Ari Laitala)

Energiaväylään liittyviä teknologiaratkaisuja ovat erityisesti ylijäämälämmön talteenoton (LTO) toteuttaminen, kiinteistökohtaiset liitynnät sekä itse matalalämpöverkko. Vaikka näiden osalta kyse ei ole varsinaisesti kyse uudesta teknologiasta, ovat nämä kaikki asiantuntemusta vaativia kokonaisuuksia. Hankkeen projektisuunnitelmassa ne onkin arvioitu erikseen ostettavaksi asiantuntijatyöksi, jolle on näin ollen oma hankintabudjettinsa. Lämpöpumppuliitynnöistä on tehty pienimuotoiset suorahankinnat kesäkuussa ja matalalämpöverkoista syyskuussa 2017. Lämmön talteenottoon liittyvä selvitys on valmistunut tammi-kuussa 2018.

LTO:n järjestämisestä sekä ennen kaikkea saatavilla olevasta lämpötehosta on ollut tarjolla ilmeisen luotettavaa tietoa, jota on voitu hyödyntää projektin alkuvaiheessa.

4.1 LTO

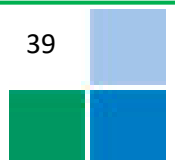
Lasivillatehtaan lämmön talteenotosta on useita selvitettäviä kokonaisuuksia. Mahdollisia ylijäämälämmönlähteitä on useita, mutta teknisesti varmin ja mahdollisesti myös kustannustehokkain vaihtoehto on LTO savukaasuista. Hankkeen alkuvaiheessa lähtökohdaksi on valittu Hanna Suhosen kandidaatintyössään (2016) esittämä arvio lämpötehosta, josta alla siteeraus.

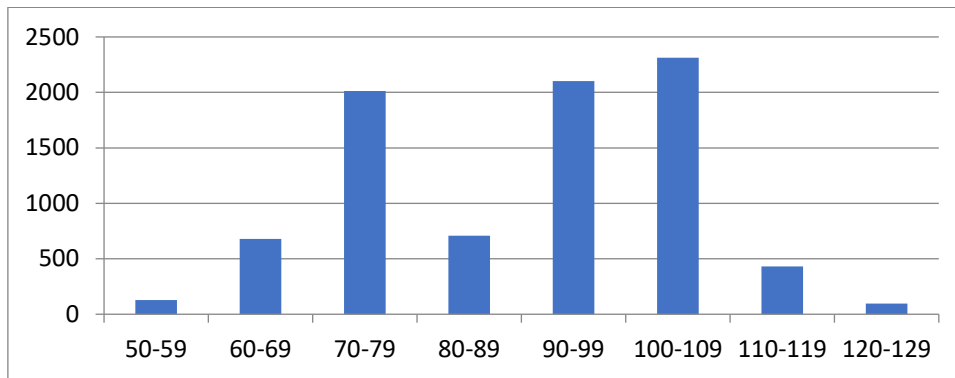
”Hukkalämpöä on sitoutuneena erityisesti kosteisiin savukaasuihin. Savukaasujen mukana poistuu vettä noin 1,5 kg/s. Ylijäämälämpö voidaan ottaa talteen lauhduttimen avulla. Lauhduttimessa savukaasuihin sitoutunut vesihöyry luovuttaa lämpöenergiansa kiertoveteen lauhtumalla. Lämmönsiirtimen suurin teho saavutetaan, mikäli kaikki savukaasuissa oleva vesi lauhtuu vedeksi. Tällöin lämmönsiirtimen teho olisi noin 3390 kW. Kiertovetenä käytetään prosessista poistuvaa vettä, joka on 20 °C:n lämpötilassa. Kaiken lauhtumislämmön siirtyessä kiertoveteen voidaan sen lämpötilaa nostaa 9 °C massavirran ollessa noin 90 kg/s.”

Suhosen työn toisena ohjaajana on toiminut Tuomas Rilla, joka on tehnyt diplomityönsä (2014) kyseisen tehtaan energiatehokkuudesta, joten annettuja lukuja on pidettävä vähintäänkin oikean suuntaisina. Hankkeessa on toistaiseksi arvioitu tehtaalta lähteväksi jatkuvaksi lämpötehoksi 3 MW. Huolto- tms. seisokkien määrä lienee noin kuukauden vuositasolla. Tämän ajoittuneen valtaosin keväaseen.

4.2 Matalalämpöverkko

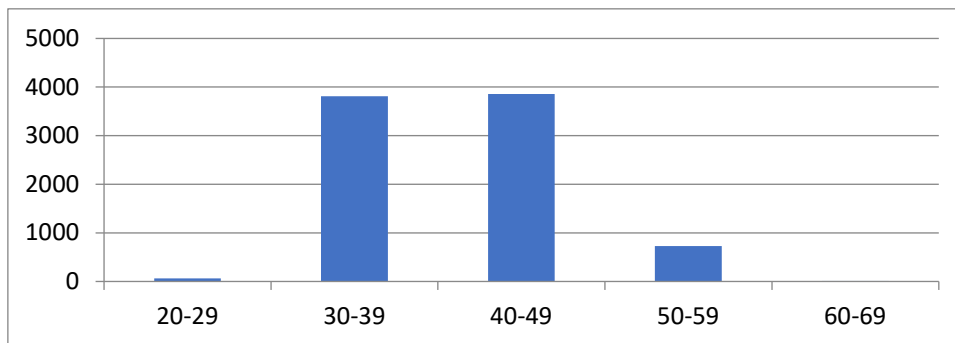
Kaukolämpöverkoissa on lähtevän veden lämpötila tyypillisesti 65-115 Celsiusastetta. Lämpötilaan vaikuttaa mm. ulkolämpötila so. lämmitystarve. Alla on erään Sahanmäen kohteen tuntitason datasta muodostettu histogrammi saapuvan kaukolämpöveden menolämpötilan jakaumasta vuodelta 2016. Kohteessa on ollut n. kahden viikon mittainen lämmitystauko, jonka vuoksi pylväiden tuntisummat jäävät hiukan koko vuoden tuntikertymästä.





Kuvio 4.1. Kaukolämpöveden menolämpötila Sahanmäen esimerkkikohteessa 2016. Vaaka-akselilla on menoveden lämpötilat kymmenen asteen luokissa. Pystyakselilla on vuotuinen tuntikertymä.

Vastaavasti histogrammi on muodostettu paluuvien lämpötilasta.



Kuvio 4.2. Kaukolämmön paluulämpötila samaisessa Sahanmäen esimerkkikohteessa 2016.

Perinteisen kaukolämpöverkon voi katsoa soveltuvan varsin huonosti ylijäämälämmön jakeluun, joka on tyypillisesti matalaa lämpöä, Isoverin tapauksessa lienee noin 30 asteista (Suhonen 2016). Vaikka matalalämpöisen veden kierrättämiselle perinteisessä kaukolämpöputkistossa ei liene sinänsä teknisiä esteitä, voi riittävän lämpötehon saaminen ”normikulutuskohteille” olla kuitenkin mahdotonta, matalamassa lämpötilassa siirtyvän vähäisemmän energiamäärän vuoksi. Tällainen ratkaisu saattaakin olla mielekäs vain tilanteessa, jossa lämpöenergian tarve on huomattavasti vähentynyt.

Lähtökohtaisesti taloudellisin ja toiminnallisuuksiltaan mielekäs ratkaisu on matalalämpöverkon rakentaminen, jossa riittävä energiamäärä saadaan siirtymään putken halkaisijaa kasvattamalla. Samalla voidaan siirtyä käyttämään muoviputkia matalamman siirtolämpötilan johdosta. Tämä alentanee samalla tarvikkekustannuksia, vaikka putken paksuus kasvaakin. Matalampiin siirtolämpötiloihin liittyy lähtökohtaisesti myös pienenevät siirron lämpöhäviöt. Suuri merkitys tässä kuitenkin luonnollisesti on lopullisella putkivalinnalla, joka ratkaisee lopulta myös sen, onko myös varsinainen rakentamiskustannus alhaisempi kuin perinteisessä kaukolämpöverkossa.

Asiaa läpikäydään yksityiskohtaisemmin sekä yleisellä tasolla että Sahanmäen esimerkkiin pureutuen Enersys CM Oy:ltä hankitussa konsulttiselvityksessä ”Energiaväylä - Sahanmäen energiaväylän siirtoverkoston mitoitus”. Työstä esitetään seuraavassa Yhteenveto ja johtopäätökset

4.2.1 Energiaväylä - Sahanmäen energiaväylän siirtoverkoston mitoitus” Yhteenveto ja johtopäätökset (Kari Kauppila)

Työssä mitoitettiin energiaväylätyyppiseen käyttöön sopiva PE-muoviputkiverkosto ja matalalämpötilaisen aluelämmön siirtoon sopiva teräspuutkiverkosto, johon on liitetty 7 suurehkoa teollisuuskuluttajaa (yhteinen lämmön tarve n. 14 GWh/v). Siirtoetäisyyttä ylijäämälämmön syntypaikalta lähimmälle kuluttajalle tulee noin 700 m ja runkokanavan kokonaispituus on noin 2,2 km. Verkostoille tulee hintaa käytetyin olettamuksin nykyhintatasolla (alv 0)

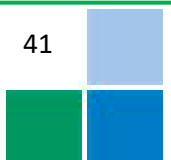
- Muoviputkiverkosto 700 000 € (290 €/kanavametri)
- Matalalämpötilainen teräspuutkiverkosto 850 000 € (350 €/kanavametri)

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 5 - 10 %, tosin kasvuvaraa ei tällöin ole ja pumppauskustannukset nousevat hiukan.
- Keskitettyyn lämpöpumppuun 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 teollisuusinfrastruktuurista (mm. sähkön syötön järjestämisen kustannukset).
- Teräspuutkiston 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.

4.3 Lämpöpumppuliitynnät

Lämpöpumppuhankintoihin liittyvä erillisselvitys on ensimmäinen tähän hankkeeseen tehty konsulttiselvitys. Työ ”Energiaväylän kuluttajan lämpöpumppukeskus” on tehty kesäkuussa 2017. Työ on tilattu EnerSys CM Oy:ltä ja sen on laatinut yrityksen asiantuntija Kari Kauppila. Tässä kohtaa työstä esitetään kappale ”Yhteenveto ja johtopäätökset” alla kappaleessa 5.3.1. Selvityksen tuloksia hyödynnetään erityisesti hankkeen liiketoimintasuunnitelmaa laadittaessa, sillä se sisältää myös hankintaan ja ylläpitoon liittyvää kustannustietoutta.



4.3.1 Energiaväylän kuluttajan lämpöpumppukeskus: Yhteenveto ja johtopäätökset (Kari Kauppila)

”Energiaväylähanke on tarkoitus toteuttaa teollisuusalueella, jossa eri kuluttajien lämpökuormat ja kuormaprofiilit vaihtelevat erittäin paljon. Valittujen tarkastelukohteiden perusteella päätellen tyypillistä näyttäisi olevan lämpöenergian kulutukseen nähden korkeat huipputehon tarpeet ja hyvin pienet minimikuormat ja käyttöveden tarpeet.

Suuressa kaukolämpöverkossa yksittäisten kuluttajien kulutuskäyttäytyminen kompensoituu ja tasaantuu suureen massaan, mutta energiaväylään on tarkoitus kytkeytyä kuluttajakohtaisilla lämpöpumppukeskuksilla, jolloin yksittäisen kuluttajan kulutusprofiili ja muut teknistaloudelliset lähtökohdat on otettava tarkasti huomioon keskusta ja liitäntää suunniteltaessa.

Tämä johtaa todennäköisesti myös siihen, että erityyppisten kuluttajien liittämisen taloudellinen kannattavuus vaihtelee melko voimakkaasti. Periaatteessa parhaimpaan kannattavuuteen voitaisiin päästä kohteessa, jossa on suuri lämpökuorma (mielellään useampi GWh/v) ja maakaasulämmitys, jolloin maakaasua voitaisiin käyttää jatkossakin huipputehon tuottamiseen ja lämpöpumppukeskuksen ominaisinvestointia saataisiin alemmas ja hyötysuhdetta ylemmäs. Tämä tarkoittaa sitä, että sopivissa kohteissa olisi mahdollista saavuttaa selviä säästöjä nykytilanteeseen verrattuna ja päästä kohtuullisen hyvään kannattavuuteen.

Myös suuri jäähdytystarve olisi eduksi, koska lämpöpumppukapasiteettia voitaisiin hyödyntää myös jäähdytykseen ja ajaa lauhdelämpö energiaväylään. Korkealämpötilaisempi ylijäämälämpö on mahdollista ajaa myös suoraan energiaväylään.

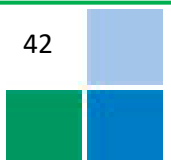
Tarkastellut esimerkkikohteet osoittautuivat kannattavuuden kannalta melko haastaviksi, koska niissä on suhteellisen pienet lämmöntarpeet, mutta lämmöntarpeeseen nähden poikkeuksellisen suuret huipputehon tarpeet ja pienet tai olemattomat minimitehon tarpeet. Toki myös Hyvinkään suhteellisen edullinen kaukolämmön hinta aiheuttaa omat haasteensa kaukolämpöä korvaavan investoinnin kannattavuudelle.

Teollisuuslaitoksen ylijäämälämmön talteenottoon perustuvan energiaväylän peruslämmön lähteen tehon riittävyys ja käytettävät lämpötilatasot tulisi varmistaa ja löytää tapa varmistaa toimitukselle 100 % käytettävyys, koska kuluttajapäähän ei voida eikä kannata rakentaa useinkaan varakapasiteettia.

Markkinoilla ei ole mitä todennäköisimmin tarjolla suoraan energiaväylän lämpöpumppukeskuksiksi soveltuvaa tuotesarjaa, mutta tällainen tuotesarja olisi täysin mahdollista konseptoida, suunnitella ja valmistuttaa tilaustyönä. Suomessa on useita toimittajia, tyypillisesti suurten kylmälaitosten valmistajia, jotka kykenisivät toimittamaan vaadittavan lämpöpumppukeskuksen, kunhan saisivat tätä varten riittävän seikkaperäisen, korkeatasoisen suunnitelman. Tuotesarja kannattaisi kehittää sellaiseksi, että se soveltuisi käytettäväksi mahdollisimman laajasti erilaisissa energiaväyläsovellutuksissa.

Yksi olennaisemmista asioista energiaväylän kehittämisessä on kokonaisuuden optimointi siten, että ylijäämälämmön tuotanto, siirto ja kuluttajalaitteet muodostavat yhdessä optimaalisen kokonaisuuden käyttötoiminta mukaan lukien.

Hyvä tapa saada tällaiseen selvästi kehitysasteella olevaan hankkeeseen konkretiaa ja lisävarmuutta, olisi perustaa pilot-hanke, jossa valittavaan pilot-kohteeseen laadittaisiin tarkempi selvitys ja suunnitelmat. Pienimuotoisen pilot-järjestelmän toteuttaminen voi olla hankalaa Sahanmäen alueella, mutta saattaisi onnistua jossain muualla.”



Luvun neljä lähteet

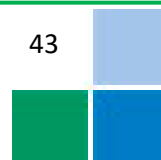
Energiaväylä yhteenveto 2017 <https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projekti-koodi=A72304>

Kauppila, Kari. Energiaväylä - Sahanmäen energiaväylän siirtoverkoston mitoitus. 2017. Viitattu 2.4.2018. Saatavissa: https://www.sykli.fi/Portals/5/xBlog/uploads/2018/3/5/Sahanm%C3%A4enenergiav%C3%A4yl%C3%A4nsiirtoverkosto_FINAL_06032018.pdf

Kauppila, Kari. Energiaväylän kuluttajan lämpöpumppukeskus. 2017. Viitattu 2.4.2018. Saatavissa: https://www.sykli.fi/Portals/5/xBlog/uploads/2018/3/5/Energiav%C3%A4yl%C3%A4nkuluttajanl%C3%A4mp%C3%B6pumppukeskus_FINAL_06032018.pdf

Rilla, T. Diplomityö. 2014. . Viitattu 19.10.2017. Saatavissa: <http://www.doria.fi/handle/10024/98749>

Suhonen, H. Kandidaatintyö. 2016. Viitattu 19.10.2017. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/123354/Kandidaatinty%C3%B6_Suhonen_Hanna.pdf?sequence=2



5. Tietojen keräämisen ja koostamisen hyvät käytännöt (Ari Laitala)

Laajahko kehityshanke, jossa mennään suhteellisen pieniinkin yksityiskohtiin ja jossa kerätään ja käsitellään data-aineistoja joihin liittyy sensitiivistäkin tietoa, vaatii sujuvasti toteutukseen osapuolten välistä luottamusta. Tässä luvussa keskitytään lyhyehkösti niihin toteutustapoihin ja hyviin käytäntöihin, joita tässä hankkeessa on hyväksi havaittu ja käytännössä sovellettu.

Mikäli osapuolten välinen tunnettuus on jo etukäteen olemassa, se voi helpottaa ja sujuvoittaa varsinaisen projektin toteuttamista huomattavasti. Sahanmäen osalta lähtötilanne on ollut poikkeuksellisen suotuisa, sillä alueen yritykset ovat harjoittaneet yhteistä kehitystoimintaa Sahanmäki ry:n puitteissa jo useamman vuoden. Vaikka alueen yritysten välillä ei näyttäisi olevan erityisen paljon alihankinta- tai muita ydinliiketoimintoihin liittyviä verkostosuhteita, on uusia yhteistyön mahdollisuuksia haettu em. yhdistyksen kautta sekä toisaalta tämänkin hankkeen puitteissa, esimerkiksi resurssien jakamiseen liittyen.

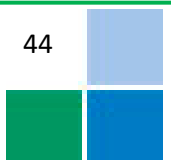
Tällainen yritysysteistyö, jossa alueen toimijat tuntevat toisensa ja jossa on vapaa-ajallekin ulottuvia sosiaalisia suhteita, näyttää selkeästi tukevan innovatiivista yhteistoimintaa. Tämä viesti kuultiin selkeästi myös hankkeen puitteissa järjestetyllä opintomatkalla perehdyttäessä Tanskan matalalämpöverkkoratkaisuihin 12-13.6.2017. Kalundborgissa kuultiin kiertotalouskeskittymälle kehityspalveluja tarjoavan Dansk Symbiosecenterin johtajan Per Møllerin esitys, jossa hän alleviivasi sosiaalisten suhteiden merkitystä alueen kehittymisessä, vaatimattomasta alusta maailmanluokan kiertotalouskeskittymäksi. Esim. alueen johtajien golf-kerholla on aikoinaan ollut tärkeä rooli alueen kehitystoimenpiteitä suunniteltaessa. Nykyään tämä verkostoituminen ulottuu kaikille hierarkiatasoille mm. alueen yritysten järjestämään yhteiseen koulutukseen alueen yritysten työntekijöille. Tämä luonnollisestikin helpottaa myös työvoimaresurssien lyhyt- tai pitkäaikaisempaa yhteiskäyttöä.

Edellä mainittu vahvistaa ennakkokäsityksiä siitä, että kiertotalouden toiminnoissa - jossa paikallisuudella on korostunut merkitys – myös alueen toimijoiden sosiaalisilla suhteilla näyttää olevan oma merkityksensä. Aihepiiristä lienee helposti löydettävissä myös akateemista tutkimusta eikä asian käsittely yleisellä tasolla ole tässä yhteydessä tarkoituksenmukaista. Asiaan pureudutaan muutaman EnergiaVäylä-hankkeen esimerkin kautta, käytännön tekemisen ja kokemisen pohjalta. Heikki Lahtisen kirjoittaman kappaleen 5.1 jälkeen kappaleessa 5.2 käsitellään tarvittavien lähtötietojen keräämistä kyselyllä ja lopuksi kappaleessa 5.3 käsitellään lyhyesti hankkeen puitteissa toteutettuja energia-asioiden katselmuksia Timo Lahden kirjoittamana.

5.1 Yritysvierailut ja yhteiset tilaisuudet (Heikki Lahtinen)

Taustaksi on hyvä hahmottaa logistiikan solmukohtiin keskittyneen LIMOWA ry:n aikaisempi kehitystoiminta yritys- ja logistiikka-alueilla, joissa on haettu yhteistyön toteuttamisen malleja resurssitehokkuuden parantamiseksi yritysten kesken. Tällaisia toimenpiteitä on pyritty tarkastelemaan mm. Hyvinkään Sahanmäessä, jossa toimivat yritykset ovat yksi keskeinen kohderyhmä tälle hankkeelle. Itse asiassa koko idea EnergiaVäylästä, eli yritykset yhdistävästä matalalämpöverkosta, on Sahanmäen yritysten keksimä innovaatio.

Tämä hanke perustuu siis yritysten esille tuomaan ideaan ja tarpeeseen, jota projektiryhmä on lähtenyt toteuttamaan. EnergiaVäylän sidosryhmät voidaan hahmottaa useammalla eri tasolla. Hankkeessa on ollut keskeisinä tarkastelualueina Hyvinkään Sahanmäki ja Mänt-



sälän Kapuli. Koska alueet ovat hyvin erilaisia ja erilaisessa elinkaaren vaiheessa, toimenpiteetkin ovat olleet hyvin erilaisia. Näiden lisäksi hankkeessa on ollut verrokkialueina ja keskustelukumppaneina mm. Hämeenlinnan Moreeni, Porvoon Kilpilahden bioteollisuuspuisto, Vaasan NLC, Seinäjoen Kapernaumi-Roves ja Turun Skanssi. Tässä raportissa kuvattu tekeminen on kohdistunut pääasiassa Hyvinkään Sahanmäkeen, mutta toisaalta moni idea on jalostunut yhteistyössä laajemmankin verkoston kautta. Hanke sai jo alkuvaiheessaan hyvän lähtölaukauksen Kapulin vierailulla, ja uskomme, että EnergiaVäylän toteutuminen kohdealueille tulee toimimaan hyvänä apuvälineenä uusien toimijoiden houkutte- lussa alueelle.

Alueet koostuvat useista erilaisista yrityksistä, joita voidaan pitää tässä primäärisenä kohderyhmänä eli tulevana EnergiaVäylän käyttäjinä. Näitä voivat olla joko ylijäämäenergiaa tuottavat tai sitä käyttävät yritykset. Edelleen on tunnistettavissa infrastruktuuriin ja teknologiaan sekä operointiin ja kunnossapitoon liittyvät toimijat. Lisäksi on helposti nähtävissä, että tällaiseen uuteen innovaatioon liittyy runsaasti osaamista ja tietoa, jota ovat olleet yhdessä meidän kanssamme tuottamassa ja jakamassa lukuisat asiantuntijat, tutkijat ja konsultit. Energia-asioilla on myös oma yhteiskunnallinen merkityksensä, ja siksi tähän voidaan kytkeä mukaan myös kunnat niin energia-alan toimijoina kuin kaavoittajina ja maankäytön ohjaajina kuin muutkin viranomaiset esimerkiksi teemaan liittyvien lupien myöntäjinä. Näitä tahoja on pyritty kuvaamaan eri kerroksina oheiseen taulukkoon.

OSAAMINEN, TUTKIMUS JA KONSULTOINTI			
OPEROINTI JA KUNNOSSAPITO			
INFRASTRUKTUURI JA TEKNOLOGIAT			
KÄYTTÄJÄT/YRITYKSET			
ENERGIAN TUOTTAJAT		ENERGIAN KÄYTTÄJÄT	
SAHANMÄKI	KAPULI	MOREENI	MUUT YRITYSALUEET
JULKINEN SEKTORI			
KUNNAT/(MAANKÄYTTÖ)			
VIRANOMAISET/(YMPÄRISTÖLUVAT)			

Kuvio 5.1 EnergiaVäylän erilaisia sidosryhmiä

Yritykset ja muut sidosryhmät ovat olleet hankkeessa erittäin aktiivisia. EnergiaVäylä on niin kiinnostava ja jopa intohimoja herättävä teema, että olemme saaneet kuulla myös rakentavia, mutta kriittisiäkin kannanottoja. Nämä kaikki ovat varmasti olleet tukemassa tämän uuden tietopohjan luomisessa ja toivomme tämän auttavan osapuolia myös aihepiiriin liittyvässä päätöksenteossa.

Käytännössä itse hanketekemistä ja yhteistyötä sidosryhmien kanssa voidaan hahmottaa aikajanalla, jossa on luokiteltu infotilaisuudet, tutustumismatkat ja -vierailut, workshopit, yritys- ja kiinteistökohtaiset vierailut sekä hankkeen sisäiset ohjausryhmä- ja työkokoukset. Näitä on hahmoteltu karkealla tavalla oheiseen taulukkoon. Näiden lisäksi työhön sisältynyt erittäin suuri määrä muita tapaamisia ja yritysten aktivoimista.

Taulukko 5.1. hankkeen aktiviteetteja vuodenvaihteeseen 2017/2018 ulottuen.

KUUKAUSI	INFOTILAISUUKSIA	VIERAILUJA	TYÖPAJOJA	YRITYSKÄYNTEJÄ	HANKKEEN TYÖKOKOUKSET
Kesäkuu16	KickOff Gasum				
Heinäkuu16					
Elokuu16					
Syyskuu16		Yandex-vierailu			
Lokakuu16					
Marraskuu16		Turun kierros			
Jouluku16		Schenker			
Tammikuu17			Sahanmäen työpaja/Onninen		
Helmikuu17					
Maaliskuu17	Sahanmäen kehittämisip.				
Huhtikuu17					
Toukokuu17			Sahanmäen työpaja/Muuttohaukat		
Kesäkuu17		Tanskan matka			
Heinäkuu17					
Elokuu17					
Syyskuu17			Sahanmäen työpaja/Rentto		
Lokakuu17			Sveitsi/Hyvinkää		
Marraskuu17					
Jouluku17	Loppuseminaari				

5.2 Kysely alueen yrityksille ja energian kulutustietojen kerääminen

Alueen yrityksiltä tarvittavat lähtötiedot on projektisuunnitelmassa jaoteltu alueen lämmitys-energiankulutukseen, rakennusten energiatehokkuuteen sekä energia-arvoa sisältäviin materiaalien ylijäämävirtoihin. Tietojen keräämisessä päätettiin lähteä liikkeelle jalkautumalla alueen yrityksiin. Alkuvaiheessa pidettiin mahdollisena jopa sitä että, että varsinaista kyselyä ei tarvittaisi lainkaan, vaan tarvittavat tiedot saataisiin kerättyä haastatteluin vierailujen yhteydessä.

Osa em. yritysvierailuista toteutettiin yleisellä tasolla tutustuen, ilman etukäteistä tarkempaa suunnittelua. Osasta kohteista oli kuitenkin olemassa ennakkokäsitys siitä, että ne voisivat olla potentiaalisia ylijäämälämmön käyttäjiä, jolloin vierailut toteutettiin katselmustyyppisinä, jolloin pyrittiin luomaan yleiskäsitys kohteen energiatehokkuudesta.

Vaikka hankkeen alussa toteutettujen vierailujen aikana kerättiin varsin tehokkaasti hankkeen toteuttamisen kannalta oleellisia tietoja, päädyttiin lopulta kuitenkin kyselyn järjestämiseen. Kyselyillä saadaan usein varsin kustannustehokkaasti kerättyä yleisluontoista tietoa ja esim. vastaajien mielipiteitä ja näkemyksiä. Kyselyt ovat luonnollinen valinta varsinkin silloin, kun kohderyhmä on suuri ja otanta kyetään tekemään edustavasti.

Tässä hankkeessa lähtökohdat yrityskyselyn onnistumiselle olivat kuitenkin tavanomaisesti poikkeavat. Tyydyttävän tuloksen saamiseksi ei riittä edustava otos kohderyhmästä, vaan jokseenkin kaikilta potentiaalisilta yrityksiltä tarvittiin lähtötiedot. Lisäksi haasteeksi havaittiin se, että vaikka hankkeen tavoitteet ovat varsin selkeät, oli kuitenkin jossain määrin epäselvää, millaisia asioita kyselyllä tulisi yrittää selvittää. Niinpä kysely päätettiin toteuttaa vasta siinä vaiheessa, kun yritysvierailuja oli jonkin verran jo tehty. Esimerkiksi yrityksiltä tarvittava lupa energian kulutustietojen saamiseksi paikalliselta energiayhtiöltä päätettiin lopulta kysyä osana webropol-alustalla toteutettua kyselyä.

Kyselyn tavoitteeksi asetettiin se, että siihen vastaaminen olisi varsin vaivatonta ja yksityiskohtaisemmat tiedot päätettiin selvittää ottamalla myöhemmin uudelleen yhteyttä. Yksi kyselyn tavoitteista oli näin tehostaa myöhempää kontaktointia, jonka tavoitteena oli mm. materiaalivirtojen yksityiskohtaisempi kartoittaminen.

Kyselyn tuloksia ei käydä tässä yksitellen läpi. Kysely ja sen tulokset esitetään tämän raportin liitteessä 1. Kyselystä on poistettu vastaajien yhteystiedot sekä vapaa sanaa osio, jossa on niin ikään ollut vastaajien yhteystietoja.

5.3 Katselmointitoiminta (Timo Lahti)

Kiinteistön tai rakennuksen omistajalta vaaditaan tahtoa ja sitoutumista kehittää toiminnan kannattavuutta ja vastata kustannustehokkain toimin kustannusten esim. energiaverojen jatkuvaan nousuun. Energiakatselmus on tärkeä askel kohti järkevää energiankäyttöä ja -hallintaa. Energiakatselmus ammattilaisen tekemä on varma ja luotettava tapa löytää merkittävimmät ja siten myös taloudellisesti kannattavimmat keinot säästää energiaa ja vähentää energiakustannuksia ja toiminnan hiilidioksidipäästöjä.

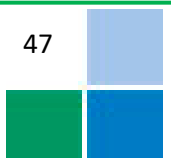
Katselmustoiminnan tarkoituksena on tuottaa mittauksiin ja laskelmiin perustuvaa tietoa kohteen energiankulutuksen jakautumisesta sekä paikallistaa energian ja veden käytön tehostamismahdollisuudet. Katselmuksesta tehty raportti esittää toimenpide-ehdotukset ja selkeät laskelmat potentiaalisista säästöistä, tehtävistä investoinneista sekä taloudellisuudesta sekä muista mahdollisista vaikutuksista, vaikkapa huomioida mahdollisuudet uusiutuvan energian hyödyntämiseen.

Perusteellinen sekä riittävän laaja ja kaikki energian kulutuskohteet kattava raportti ohjaa energiankäytön ja -tehokkuuden säännölliseen seurantaan tavoitteena energiatehokkuuden ylläpito ja jatkuva parantaminen. Lisäksi se opastaa teknistä henkilökuntaa käyttämään laitteita ja järjestelmiä energiatehokkaasti. Raportti voidaan liittää myös kiinteistön PTS – suunnitelmaan ja sitä voidaan käyttää kunnossapitobudjetoinnin työkaluna.

Raportin tulokset siis ohjaavat kiinteistön omistajaa taloudelliseen energiankäyttöön sekä energiatehokkuuden tavoitteelliseen ja aktiiviseen parantamiseen. Alla olevassa taulukossa on listattu ne kohteet, joissa energiatehokkuuden toimivuuteen on tutustuttu lyhyellä kiertokävelyllä.

Taulukko 5.2. Hankkeen puitteissa tehdyt energia-asioihin keskittyneet vierailut Sahanmäen yrityksissä.

30.1.2017	SKS
10.2.2017	Onninen
14.2.2017	Rexel
20.3.2017	Marwe
7.4.2017	Myllyn Paras
11.4.2017	Hankkija

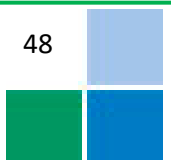


6. Johtopäätökset

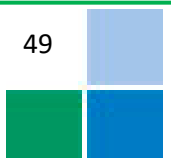
Tällä raportilla on useampi rooli, kuten edellä on jo todettu. Toisaalta se on tarkoitettu itsearviointiohjeistukseksi, joka toivottavasti edesauttaa samantyyppisten alueellisten selvitysten tekemistä jatkossa. Toisaalta tarkoituksena on ollut kuvata aihepiiriä ja sen problematiikkaa ja ratkaisuvaihtoehtoja yleisellä tasolla, toisaalta tavoitteena on ollut käsitellä asioita myös case-spesifisti eli käyden asioita läpi niin, että kerättyjä ja jalostettuja tietoja voidaan suoraan käyttää osan liiketoimintasuunnitelmaa.

Nyt esiin nostettavissa johtopäätöksissä keskitytään erityisesti niihin asioihin, jotka ovat merkityksellisimpiä hankkeen seuraavaa vaihetta silmällä pitäen eli liiketoimintamahdollisuuden tutkimisessa. On toki oletettavaa että näillä näkökohdilla on yleispätevää merkitystä muissakin vastaavan tyyppisissä selvityksissä.

- 1) Paikalliselta energiayhtiöltä saadut kulutustiedot mahdollistavat nopeasti kattavan ja tarkan yleiskuvan saamisen lämmitysenergian käytöstä. Tässä tapauksessa käytössä oli suuntaa antavia laskelmia siitä, millainen alueen kiinteistöjen lämmitysenergiankulutus on, joskin ne osoittautuivat ainoastaan suuntaa antaviksi, vaikka olivatkin käytössä olevien tietojen perusteella moitteetta laadittuja. Todellinen lämmitysenergiakulutus osoittautui kymmeniä prosentteja ennakoitua pienemmäksi.
- 2) Alueen kiinteistöissä suoritetuissa pintapuolisissa katselmuksissa ei havaittuja merkkejä erityisestä energiatehottomuudesta. Osa kiinteistöistä osoittautui ammattilaisten hoitamaksi varsinkin energiankäytön osalta. Myös tämä selittää osaltaan sitä, miksi lämmitysenergian käyttö kokonaisuudessaan osoittautui ennakkokaavai-luja pienemmäksi.
- 3) Alueen säädatan tilastollinen mallinnus sekä aiheeseen liittyvään taustakirjallisuuteen ja tutkimuksiin perehtyminen osoittavat kaikki yhdenmukaisesti, että ilmastonmuutoksella on pidemmällä (vuosikymmenten) tarkastelujaksolla merkitystä. Ilmastonmuutoksen myötä lämmitystarveluku osoittaa alenevaa trendiä, mutta riski kylmimmille talvilämpötiloille ei kuitenkaan ole pienentynyt. Toisin sanoen näyttää selvältä, että lämmitysenergian kysyntä pienenee, mutta huipputehontarve ei. Tämä ohjaa hinnoittelumekanismia entisestään kohti tehopohjaista hinnoittelua ja tulisi ottaa myös energiaväylän liiketoimintasuunnittelussa huomioon.
- 4) Liiketoimintasuunnitteluvaiheessa tulisi edellisen johdosta mahdollisuuksien mukaan kiinnittää huomiota myös lämmitysenergian kysyntäjouston. Miten rakennukset käyttäytyvät ja sisäilmasto käyttäytyy, jos kylmimmillä ulkolämpötiloilla rajoitetaan niiden lämmitysenergia saantia? Asiaa voidaan jossain määrin lähestyä myös laskennallisesti, ilman varsinaisia mittauksiakin.
- 5) Hankkeen projektisuunnitelmassa ennakoitiin, että Sahanmäen alueen energia-arvoa sisältävät jakeet eivät välttämättä ole merkittäviä, mutta asia tulee kuitenkin selvittää. Asiaan lähdettiin perehtymään yritysvierailuin sekä tehdyn kyselyn ohjaamana. Energia-arvoa sisältävien jakeiden määrän osoittauduttua ennakoitua huomattavasti isommaksi. Tämän johdosta päätettiin muodostaa skenaario ”hakelämpölaitos”. Johtopäätöksenä onkin jatkaa tämän skenaarion tarkempaa selvittelyä ainakin kahdesta eri näkökulmasta.



- Ensinnäkin jatkossa on syytä tarkastella, millaisen vaihtoehdon tämä skenaario itsenäisesti toteutettaessa muodostaa. Onko se kustannuskilpailukykyinen esim. suhteessa kaavailtuun energiaväyläratkaisuun? Skenaarion tehnee kilpailukykyiseksi alueen negatiivinen raaka-ainekustannus, mikäli tämä näkökulma sisällytetään tarkasteluun.
 - Toiseksi tulee tarkastella sitä, olisiko tämä tuotantovaihtoehto yhdistettävissä jotenkin ensisijaisena tarkasteltavaan ylijäämälämpötarkasteluun. Tällainen vaihtoehto voisi olla esim. se, että energiaväylässä kiertävä vesi nostettaisiin jo lähtöpäässä 70-80 asteen lämpötilaan eikä kiinteistökohtaisia lämpöpumppuja tarvittaisi välttämättä lainkaan.
- 6) Osana liiketoimintasuunnitelmaa on syytä tarkastella energiaväylää myös kiinteistön omistajien näkökulmasta. Energiaväylän mahdollisesti tarjoamasta edullisesta energiasta on mahdollista hyötyä vain kiinteistön omistuksen kautta tai vaihtoehtoisesti vuokralaissuhteenkin kautta, tehdystä vuokrasopimuksesta riippuen. Tällöin vaihtoehto edulliselle energialle kapitalisoituu kiinteistön arvoon, ainakin teorian mukaan. Tämä arvovaikutus tulisi selvittää, sillä se vaikuttanee sekä investointi-, että liittymishalukkuuteen muutenkin.
 - 7) Ylijäämälämpöä, joka syntyy kutakuinkin jatkuvasti käynnissä olevassa teollisessa prosessissa, on tasaisesti saatavilla (huoltoseisokkeja lukuun ottamatta). Käytännön seurauksena tästä on se, että kylmimmän kauden ulkopuolella suurin osa energiasta menee edelleen hukkaan tai ei tule käytettyä ainakaan lämmitykseen. Ongelma korostuu entisestään siten, että käyttöveden lämmittämiseen menee lämmitysenergiasta alueella hyvin pieni osa (esim. asuinkiinteistökantaan verrattuna).
 - 8) Lämmitysenergian käytön ennakointi pitkällä aikavälillä on haastavaa, sillä silloin siihen liittyy muutoksia myös rakennuskannan laadussa ja määrässä. Uudisrakennuskannan odotetaan olevan huomattavasti energiatehokkaampaa kuin keskimääräisen olemassa olevan rakennuskannan. Toisaalta muutokset rakennuskannan kasvussa voivat olla huomattavia alueella, joilla on täydennysrakennuspotentiaalia. Toisaalta logistiikka- ja teollisuusaluilla muutokset voivat kulkea toiseenkin suuntaan, alueiden profiilien ja vetovoiman muuttuessa. Jonkinlaista spekulointia kehityksen suunnasta lienee tarpeellista ja mahdollistakin tehdä liiketoiminnan suunnitteluvaiheessa.
 - 9) Hankkeen seuraavia vaiheita varten voidaan jo tässä vaiheessa esittää kysymys siitä, miten investoinnin optimointia tulisi lähestyä. Klassiset investointikriteerit: investoinnin sisäinen korkokanta, netto nykyarvo ja takaisinmaksuaika lienevät suosituimpien joukossa. Koska ylijäämälämpö ei käytännöllisesti katsoen ole skaalattavissa ylöspäin (tai alaspäinkään), voi investoinnin optimikohta asettua oleellisesti lämmönlähteen tehosta tai kokonaisenergian määrästä riippuvaiseksi. Tällöin investoinnin optimikohta voikin asettua siten, että kaikkien halukkaiden ei ole järkevää lähteä investointiin mukaan, vaan investointi- tai kannattavuusoptimi asettuukin jonkinlaiseen osatoteutukseen.



Liitteet

Tähän selvitykseen liittyy kolme konsulttiselvitystä, jotka ovat

I Energiaväylän kuluttajan lämpöpumppukeskus

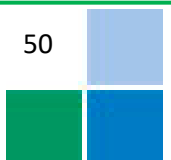
II Sahanmäen energiaväylän siirtoverkosto

III Ylijäämälämmön talteenotto ja varastointi

Näitä selvityksiä ei ole muokattu tämän raportin varsinaisiksi liitteiksi. Selvitykset on saatavilla kukin erikseen hankkeen www-sivuilta.

<https://www.sykli.fi/Kehitt%C3%A4mishankkeet-ja-julkaisut/Projektit-hallinta/ArticleID/94/Energiav%C3%A4yl%C3%A4>

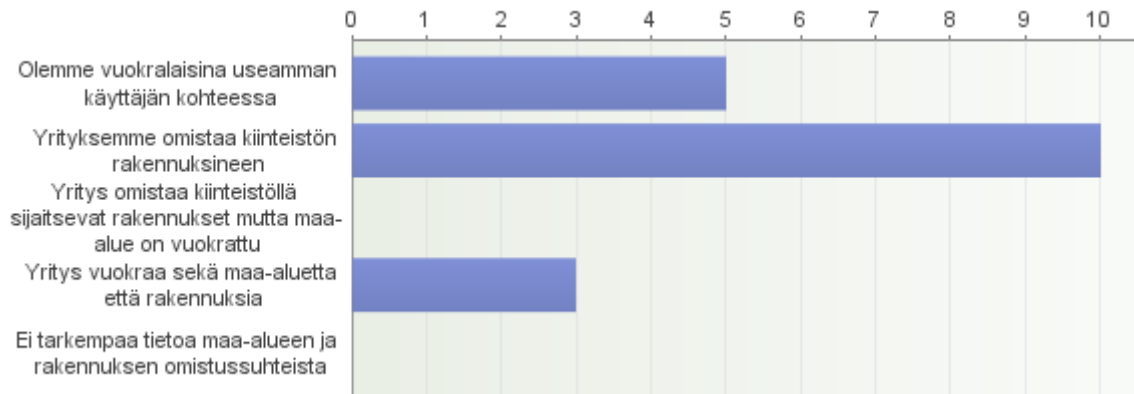
Liitteeksi sen sijaan on lisätty hankkeen alkuvaiheessa toteutetun kyselyn tulokset siten, että vastaajien tunnistetiedot on poistettu.



Liite 1: Energiaväylä kyselyn tulokset

1. Toimipaikan kiinteistötiedot

Vastaajien määrä: 16



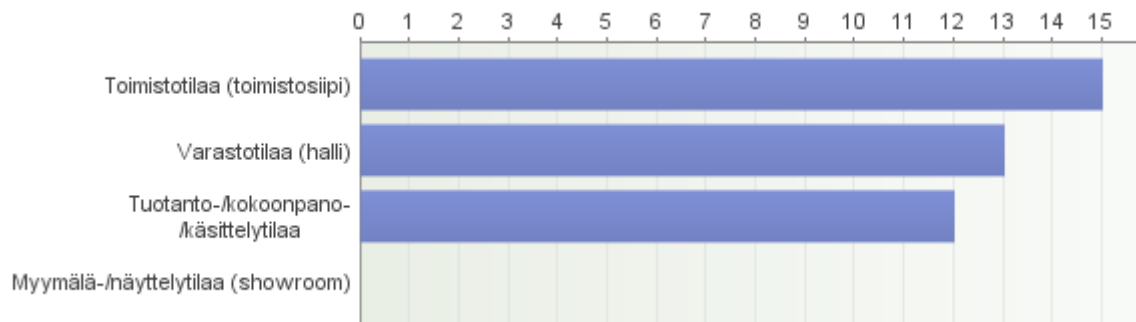
2. Annamme luvan kysyä paikalliselta energia-/jakeluyhtiöltä toimipisteessämme käytetyn energian määriä seuraavasti sillä tarkkuudella kuin se on saatavilla (viimeiset 24 kk mikäli mahdollista.)

Vastaajien määrä: 15

	Kyllä	Ei	Yhteensä	Keskiarvo
Lämmitysenergiankulutus (kaukolämpö, maa/biokaasu)	12	1	13	1,08
Sähköenergiankulutus	14	0	14	1
Harkitsemme vielä asiaa ja toivomme EnergiaVäylä-hankkeen yhteydenottoa asiassa	3	3	6	1,5
Yhteensä	29	4	33	1,19

3. Yrityksellämme (toimipaikallamme) on käytössä rakennuskantaa seuraavasti

Vastaajien määrä: 16



4. Toimipaikan rakennusten lämmitys

Vastaajien määrä: 15

	Kyllä	Ei	Ei tietoa	Yhteensä	Keskiarvo
Kaukolämpö	8	2	1	11	1,36
Maakaasu (biokaasu)	4	5	1	10	1,7
Öljy	3	6	1	10	1,8
Sähkö	4	5	1	10	1,7
Lämpöpumput (maa/ilma)	4	4	1	9	1,67
Omien teollisten prosessien ylijää- mälämpöä kierrättämällä	2	7	0	9	1,78
Yhteensä	25	29	5	59	1,67

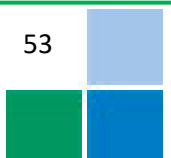
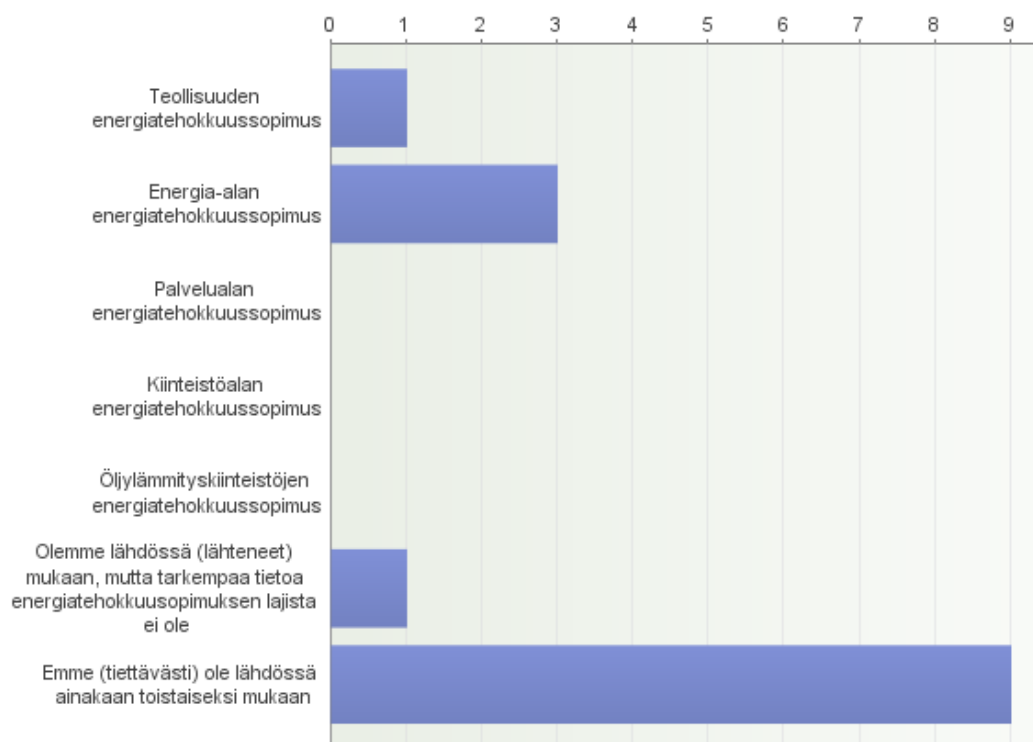
5. Toimipisteen energia-asiat

Vastaajien määrä: 14

	Kyllä	Ei	Ei tietoa	Yhteensä	Keskiarvo
Toimipisteen kiinteistöistä on tehty energiakatselmus vuonna 2015 tai 2016	4	7	2	13	1,85
Toimipisteessämme on tehty energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä viimeisen 3 vuoden aikana.	10	3	1	14	1,36
Toimipisteessämme on suunnitella energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä lähitulevaisuudessa.	6	4	4	14	1,86
Yhteensä	20	14	7	41	1,69

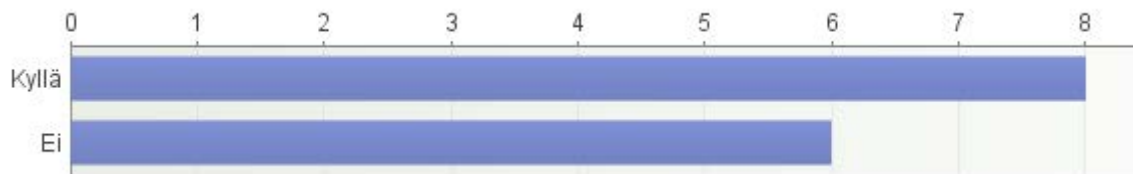
6. Yrityksemme on mukana (lähdössä mukaan) uudella energiatehokkuussopimuskaudella 2017-2025 seuraavasti

Vastaajien määrä: 14



7. Olemme kiinnostuneita saamaan asiantuntijapalautetta toimitilojemme energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista.

Vastaajien määrä: 14



8. Syntykö toimipaikan teollisissa prosesseissa ylijäämäenergiaa (lämpöä), jota tällä hetkellä ei aktiivisesti hyödynnetä?

Mikäli toimipaikassa ei ole varsinaisia teollisia prosesseja, vastaa viimeiseen alakohtaan Kyllä.

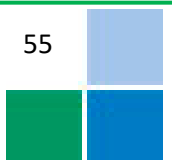
Vastaajien määrä: 15

	Kyllä	Ei	Ei tietoa	Yhteensä	Keskiarvo
Poistohöyrynä (vesihöyrynä)	1	8	0	9	1,89
Prosessikaasuna	1	9	0	10	1,9
Savukaasuna	1	9	0	10	1,9
Jätevesien ja/tai jäähdytysvesien mukana	0	9	0	9	2
Kuivureiden poistokaasuna	1	8	0	9	1,89
Koneellisen jäähdytyksen lauhdelämpönä	1	7	0	8	1,88
Syntyvää ylijäämäenergiaa hyödynnetään jo täysimääräisesti	1	8	0	9	1,89
Toimipaikassamme ei ole toimintoja, joissa ylijäämäenergiaa syntyy	6	3	0	9	1,33
Yhteensä	12	61	0	73	1,83

9. Toimipaikan teollisissa prosesseissa syntyvä ylijäämäenergia

Vastaajien määrä: 10

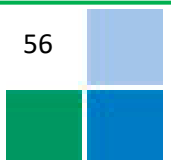
	Kyllä	Ei	Ei tietoa	Yhteensä	Keskiarvo
Vaihtelee huomattavasti vuorokaudenajan mukaan	1	6	2	9	2,11
Vaihtelee huomattavasti viikonpäivän mukaan	2	6	2	10	2
Vaihtelee huomattavasti kuukausien (vuodenaikojen) mukaan	2	5	2	9	2
Yhteensä	5	17	6	28	2,04



10. Toimipaikalla syntyy/käsitellään seuraavia energiajakeita/materiaaleja joille ei ole käyttöä toimipaikan omissa prosesseissa

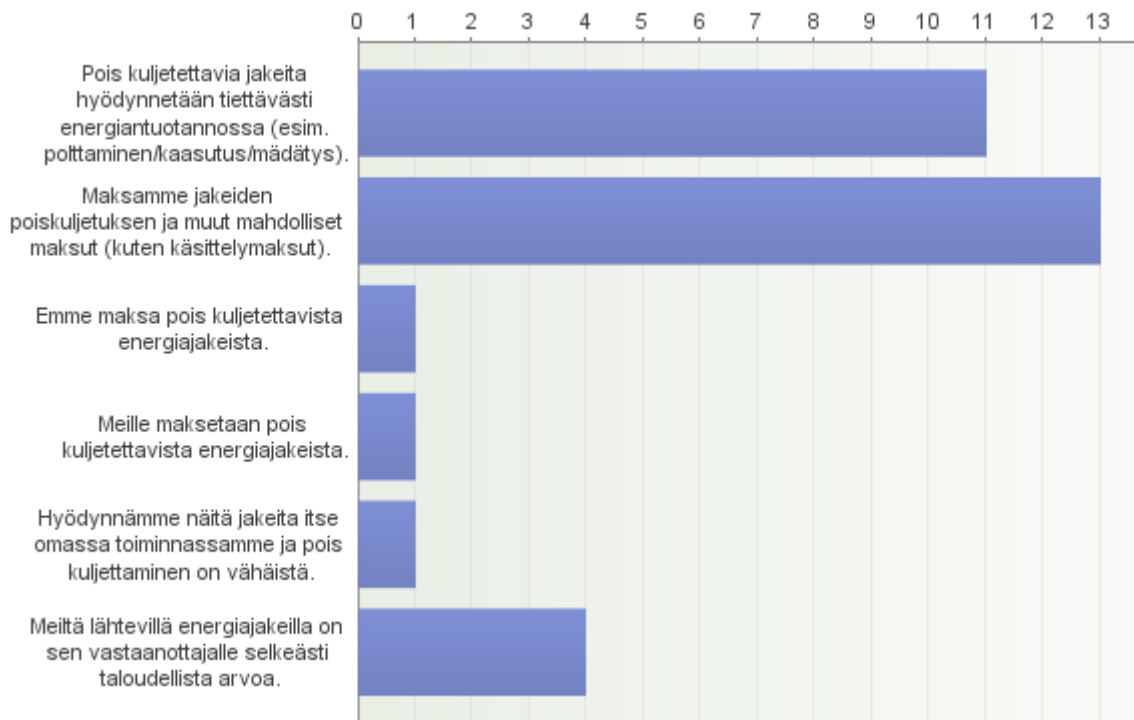
Vastaajien määrä: 15

	Kyllä	Ei	Ei tietoa	Yhteensä	Keskiarvo
Puuhake (esim. kokopuuhake, rankahake, hakkuutähde)	1	9	0	10	1,9
Sahanpuru/kutterinlastu, halot/pilkkeet	1	8	0	9	1,89
Kuormalavat tms. puupohjaiset materiaalit	7	5	0	12	1,42
Kuitupohjaiset pakkausmateriaalit (pahvit)	9	3	0	12	1,25
Peltobiomassat (esim. ruo'ot, öljy- ja kuitukasvit, vilja- ja sokerikasvit)	1	9	0	10	1,9
Rakennus- ja purkujätteet	1	9	0	10	1,9
Muovipakkaukset ja muut muovit	9	3	0	12	1,25
Rengasromu ja muu kumijäte	3	7	0	10	1,7
Metallit	7	5	0	12	1,42
Lietteet (karjatalouden, puunjalostusteollisuuden)	0	9	0	9	2
Öljyt (jäteöljy, bioöljy)	3	8	0	11	1,73
Muu (palava) kotitalous/yhdyskuntajäte	9	3	0	12	1,25
Yhteensä	51	78	0	129	1,63



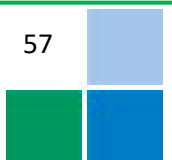
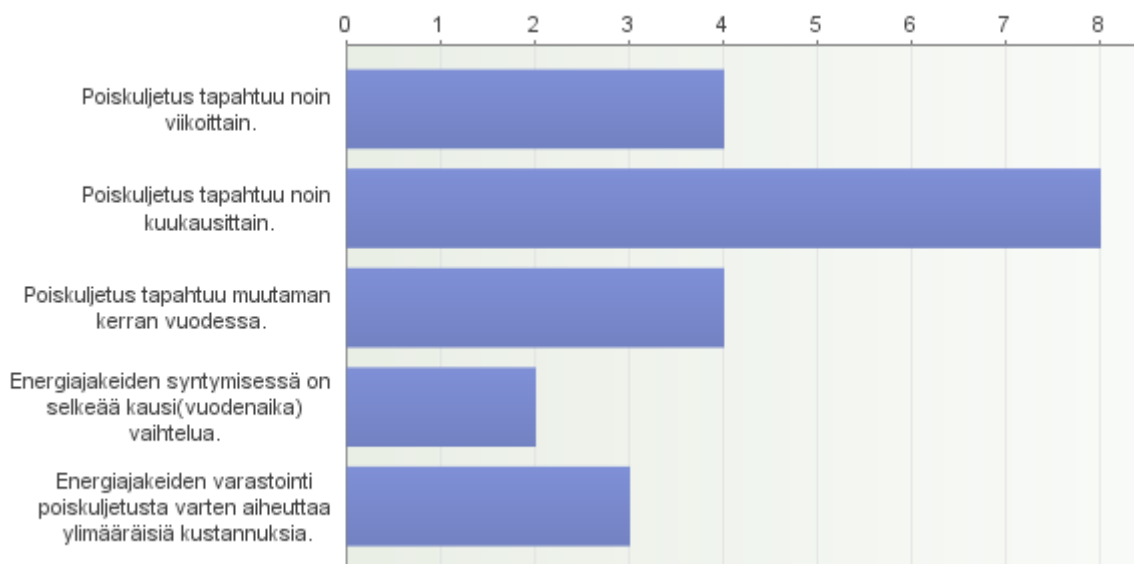
11. Toimipaikan energia-arvoa sisältävien jakeiden poiskuljetus

Vastaajien määrä: 15



12. Energijakeiden poiskuljetuksen syklisyys

Vastaajien määrä: 15



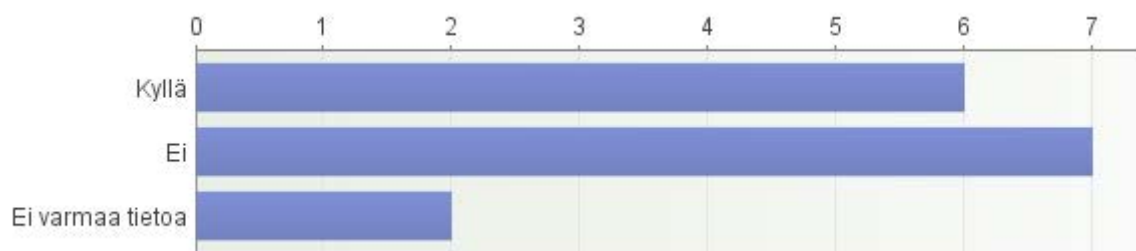
13. Toimipaikallamme on lähiaikojen suunnitelmissa ryhtyä hyödyntämään seuraavia energian lähteitä.

Vastaajien määrä: 15

	Kyllä	Ei	Ei tietoa	Yhteensä	Keskiarvo
Aurinkosähkö (aurinkopaneelit)	2	10	3	15	2,07
Aurinkokeräimet	0	10	3	13	2,23
Maalämpö (maalämpöpumput)	0	11	2	13	2,15
Ilmalämpöpumput	2	9	2	13	2
Kiinteistöllä kerättävä tuulivoima	0	10	2	12	2,17
Yhteensä	4	50	12	66	2,12

14. Onko käytössä järjestelmä, jossa rakennusta tai teollista prosessia viilennetään (aktiivisesti) ulkopuolisella energialla?

Vastaajien määrä: 15



15. Mikäli alueella toteutettaisiin paikallinen energiansiirtoverkko (energiaväylä) tarjoamaan hinnaltaan kilpailukykyistä (lämpö)energiaa, olisimme kiinnostuneita seuraavista mahdollisuuksista.

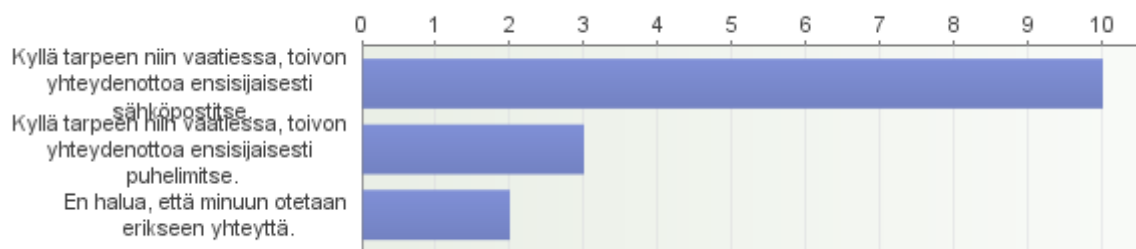
Vastaajien määrä: 13

	Todennäköisesti kiinnostuneita	Vaikeasanoa	Tuskin kiinnostuneita	Yhteensä	Keskiarvo
Rakennuksen (tai sen osan) lämmittämiseen.	9	3	1	13	1,38
Omissa teollisuusprosesseissa (esim. esilämmitys/kuivattaminen).	0	2	8	10	2,8
Syntyvän ylijäämälämmön myyminen väylään.	3	4	4	11	2,09
Yhteensä	12	9	13	34	2,09

16. Minuun voi tarvittaessa ottaa yhteyttä tämän kyselyn (hankkeen) puitteissa.

Toivomme yhteydenottoja myös EnergiaVäylän suuntaan. Katso yhteystiedot yllä.

Vastaajien määrä: 15



17. Minut voi lisätä hankkeen sähköpostilistalle.

Vastaajien määrä: 15

