

Korholan tilalle hakelämmitysjärjestelmä

Timo Päivinen

Opinnäytetyö

Helmikuu 2020

Luonnonvara- ja ympäristöala

Agrologi (AMK), maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Päivinen Timo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 2-2020
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi Korholan tilalle hakelämmitysjärjestelmä		
Tutkinto-ohjelma Maaseutuelinkeinot		
Työn ohjaaja(t) Tero Vesisenaho		
Toimeksiantaja(t) Korholan tila, Pieksämäki		
Tiivistelmä Bio- ja uusiutuvan energian käytön lisääminen on nykyään hyvin yleinen asia niin Suomen, kuin koko maapallon mittakaavassa. Uusiutumattomien polttoaineiden käytön- ja niistä syntyvien päästöjen vähentämisen vuoksi etsitään korvaavia energiamuotoja uusiutuvista ja bioenergiamuodoista, joita käytetään myös maataloilla ja omakotitaloissa. Työssä tutkittiin, onko Korholan tilan nykyisen lämmitysjärjestelmän korvaaminen kokonaan uusiutuvalla energialla kustannuksiltaan järkevä vaihtoehto nykyiseen lämmitysjärjestelmään nähden. Samalla lämmitysjärjestelmä valinnalla tuotettaisiin lämpö myös rakennettavaan konehalliin, jonka yhteyteen rakennukset lämmittävä lämpölaitos tulisi. Lämmitykseen tarvittava puutavara saataisiin omasta metsästä. Tavoitteena on nykyisen sähkönkulutuksen pienentäminen. Valitsemalla uusiutuva energiamuoto lämmönlähteeksi, joka olisi puuhake. Hake voidaan tuottaa lähien energiaksi omasta metsästä saatavilla puilla. Tavoitteena on myös mahdollisimman huoleton ja helppohoitoinen lämmitysjärjestelmä, jolla voitaisiin korvata suora sähkölämmitys. Hakelämmityksen rinnalla on tutustuttu myös maalämpöön ja tämän mahdollisiin kustannuksiin, jolloin hakelämmitykselle on vertailu kohde kustannuksiltaan ja kuluiltaan, etenkin kun molempien laitteistojen hankintahinta kohteeseen on hyvin saman suuruinen. Hake, polttopuu ja maalämpö ovat kaikki hyvin suosittuja lämmitysratkaisuja maataloilla ja omakotitaloissa. Tutkiessa sähkönkulutusta puuhakelämmityksellä on mahdollista saada sähkönkulutus hyvin pieneksi verraten maalämpöön tai sähkölämmitykseen. Investoinnilla on mahdollista saada nykyiseen sähkönkulutukseen nähden rahallista hyötyä.		
Avainsanat (asiasanat) Bioenergia, hake, lämpölaitos, konehalli, avustus		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Päivinen, Timo	Type of publication Bachelor's thesis	Date February 2020
		Language of publication: Finland
	Number of pages 40	Permission for web publication: x
Title of publication A woodchip heating system to the Korhola farm		
Degree programme Agricultural and Rural industries		
Supervisor(s) Vesisenaho, Tero		
Assigned by Korhola farm, Pieksämäki		
Increasing the use of bioenergy and renewable energy is very common nowadays, both in Finland and globally. In order to reduce the use and emissions of non-renewable fuels and to replace them, renewable and bioenergy forms are being sought, which are also used on farms and in single-family homes. The thesis investigated whether replacing the existing heating system of the Korhola farm with renewable energy entirely is a cost-effective alternative compared to the current heating system. With the same heating system, heat would also be produced for a future machine hall which would contain the actual heating plant heating the buildings. The wood needed for heating would come from the forest of the farm. The aim was to reduce current electricity consumption by choosing a renewable form of energy, that is the wood chips as the heat source. The wood chips can be produced to local energy using the wood available from the client's own forest. The aim is also to provide a heating system which is as carefree and easy to maintain as possible and could replace direct electric heating. In addition to wood chips heating, geothermal heating and its potential costs were also studied, which makes comparisons of wood chips heating cost-effective, especially when the purchase price of both equipment is very similar. Wood chips, firewood and geothermal heat are all very popular heating solutions on farms and in private homes. Studying the electricity consumption of wood chip heating indicated that the electricity consumption was very low compared to geothermal energy or electric heating. The investment has the potential to generate financial benefits over current electricity consumption.		
Keywords/tags (subjects) Bioenergy, wood chips, heating plant, machine hall, grant		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto eli opinnäytetyön lähtökohdat.....	5
1.1	Opinnäytetyön aihe	5
1.2	Ajankohtaisuus	8
2	Tietoperusta	10
2.1	Hakelämmitys	10
2.2	Hake	10
2.3	Hakelaitteisto	13
2.3.1	Kattila-/pannuhuone	13
2.3.2	Varastotila.....	14
2.3.3	Hakekattila/poltin	14
2.3.4	Siirto-/syöttölaitteisto	15
2.3.5	Jousipurkain, lattia-/tankopurkain	16
2.3.6	Lämpökanaali.....	18
2.3.7	Vesivaraaja.....	19
2.4	Maalämpö.....	19
3	Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset	20
3.1	Opinnäytetyön tavoitteet.....	20
3.2	Tutkimuskysymykset	21
3.3	Opinnäytetyön rajaus ja rajauksen perustelu	21
4	Menetelmät ja aineisto.....	21
5	Lähtötietoa rakennuksista ja lämmitysjärjestelmien mitoitus.....	22
5.1	Hakelämpökeskuksen mitoitus	22
5.2	Maalämmön mitoitus.....	23

6	Sähkönkulutus.....	24
7	Hankintakustannukset.....	26
8	Käyttökustannukset.....	28
9	Avustukset	29
9.1	Käytettävät avustukset.....	30
9.2	Avustusten saannin edellytyksiä	31
10	Paloturvallisuus	32
10.1	Rakenteiden paloturvallisuus	32
10.2	Laitteiston paloturvallisuus	33
11	Lupa-asiat.....	34
12	Johtopäätökset.....	35
13	Pohdinta.....	37
	Lähteet	39

Kuviot

Kuvio 1. Kartta rakennusten sijoittumisesta	5
Kuvio 2. Nykyisen sähkönkulutuksen jakautuminen	7
Kuvio 3. Eri energiamuotojen käyttömäärät Suomessa v. 2018. Uusiutuvat 37 %	9
Kuvio 4. Uusiutuvien energialähteiden energian kulutus vuonna 2017 maailmassa .	10
Kuvio 5. Laadukasta tasalaatuista puuhaketta	11
Kuvio 6. Epätasalaatuista puumurskaa, jossa mm. palakoko hyvin vaihtelevaa	11
Kuvio 7. Puun kosteuden vaikutus puun energiasisältöön. Vaakaluvut kuvaavat kosteusprosenttia ja pystyluvut kuvaavat puun energiamäärää suhteessa sen painoon kWh/kg	12
Kuvio 8. Kuviossa puumateriaali määriä, jotka korvaavat 10000 litraa polttoöljyä	13
Kuvio 9. Etahackin hakekattila	15
Kuvio 10. Etahackin jousipurkain	16
Kuvio 11. Tankopurkain	17
Kuvio 12. Kolapurkain tasaisella lattialla	17
Kuvio 13. Eristetty neliputkinen taipuisa lämpökanaaliputki	18
Kuvio 14. Lähteet, joista maalämpöä voidaan tuottaa maa, vesi ja kallio.....	20
Kuvio 15. Tutustumiskohteen hakelämpökeskus.....	26
Kuvio 16. Lokero/sulkusyötin, joka on varastoruuvien ja kattilalle menevän ruuvien välissä toimii yhtenä takatulisuojana. Tällä saadaan 100% takatuli suojaus	34

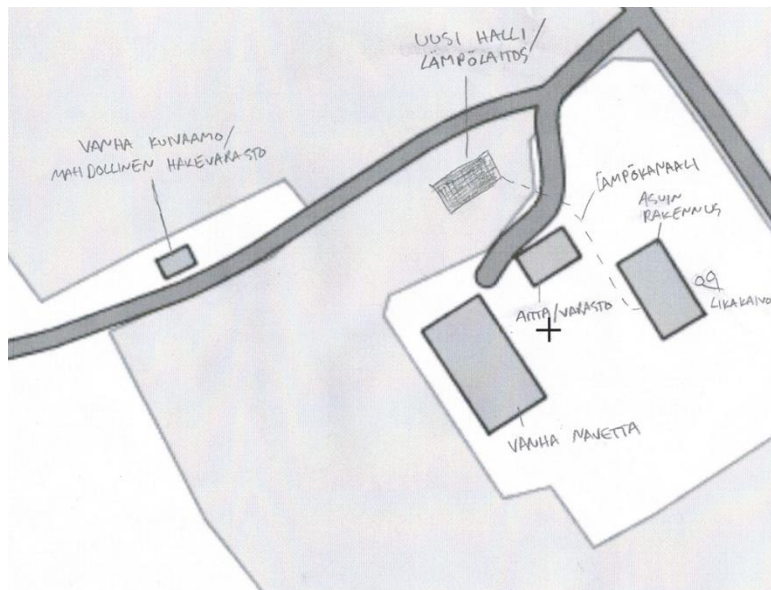
Taulukot

Taulukko 1. Lämmitystehontarve laskelma	23
Taulukko 2. Maalämmön mitoitus.	24
Taulukko 3. Sähkön kulutus ja hinta.....	25
Taulukko 4. Hakelämmitys järjestelmän kustannuksista	27
Taulukko 5. Maalämpöjärjestelmän kustannuksista	27
Taulukko 6. Kustannuksien ja säästön vertailua puusta tehdystä hakkeesta/polttopuusta, nykyiseen ja pelkkään sähkölämmitykseen verraten.....	29
Taulukko 7. Avustuksen määrä, jos kustannukset hyväksyttäisiin.	30
Taulukko 8. Maatalouden investointituki avustukset	31
Taulukko 9. Kustannuksien vertailu eri lämmitysmuodoilla 0,12 € - 0,15 €/ kWh sähkön hinnoilla.	35

1 Johdanto eli opinnäytetyön lähtökohdat

1.1 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Korholan tilalle asuinrakennukseen ja uuteen konehalliin hakelämmitysjärjestelmä, missä lämpökeskus tulisi lämpimän konehallin yhteyteen (ks. kuvio 1). Tarkoituksena oli tutustua näiden kustannuksiin, kuluihin ja mahdollisiin avustuksiin, joita voisi hyödyntää kyseisessä projektissa. Työssä oli tarkoitus huomioida myös asuinrakennuksen muutuskustannukset hakelämmitykseen sopivaksi, jolla voisi korvata pääosin nykyisen sähkö- ja polttopuu lämmityksen, minkä jälkeen lämpö voidaan tuottaa rakennuksiin hakkeella omassa lämpölaitoksessa.



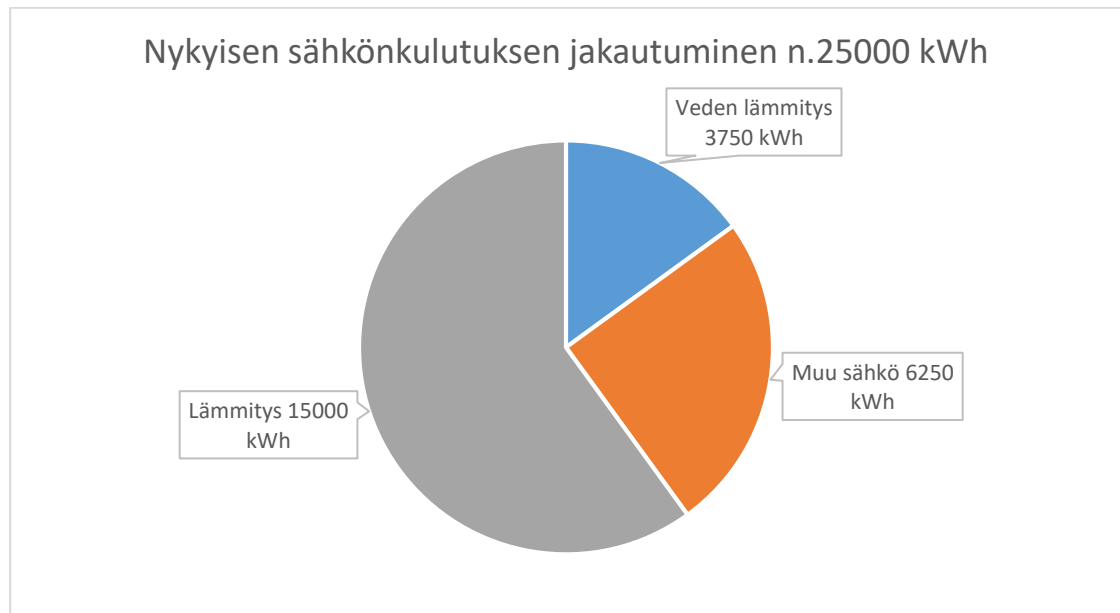
Kuvio 1. Kartta rakennusten sijoittumisesta

Tilalle halutaan mahdollisimman helppohoitoinen ja vaivattomasti toimiva lämmitysjärjestelmä ja lämpökeskus, joka olisi myös mahdollisimman ympäristöystävällinen, taloudellinen ja turvallinen. Mahdollisen uuden lämmitysjärjestelmän toiminnalta vaaditaan paljon arkea helpottavaa automatiikkaa, kuten nuohous, sytytys, palamisen säätäminen, kompakti koko, ei jatkuva toiminen, syttyminen automaattisesti tarvittaessa. Laitoksen tulisi olla energia tehokas ja vähän sähköä kuluttava.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen tilalle, koska talo on peruskorjattu 2000 vuonna. Lämmitysjärjestelmä on toteutettu tällöin suoralla sähköllä, varaavalla takalla, leivinuunilla ja myöhemmin asennetulla ilmalämpöpumpulla. Nykyinen kokonaissähkönkulutus on noin 25000 kWh, mikä sisältää myös maatalouteen ja koneurakointiin tarvittavan sähkön, jonka osuus kokonaiskulutuksesta on hyvin pieni. Sähkönkulutuksesta noin 60 – 75 % kuluu lämmitykseen (ks. kuvio 2). Polttopuita käytetään nykyään noin 20 – 25 m³ jolla saadaan noin 20000 kWh sähkönkulutuksen säästö, kun ei kaikkea lämpöä tuoteta sähköllä. Lämmitykseen käytettyä energiankulutusta haluttaisiin saada pienennettyä mahdollisen lämmitysjärjestelmän muutoksen myötä. (Energialaskuri n.d.)

Työn tilaajan etuna olisi tulevaisuudessa kustannustehokas lämmitysjärjestelmä ja työolosuhteiden parantaminen. Työn suurin merkitys on selvittää mahdolliset kustannukset, avustukset, sekä järjestelmällä saatava rahallinen säästö nykyiseen verrattuna.

Työssä suunniteltu projekti toteutuessaan toisi yrittäjälle mahdollisuuden hyödyntää oman metsän ns. arvotonta puuta omaksi lämmöksi, sekä hieman työtä paikallisille yrittäjille, kuten hakettajalle ja metsäkone yrittäjälle. Mahdollisesti myös, joku, joka aikoo saman tyyppistä ratkaistua tehdä voi hyötyä työstä. Tuloksia voidaan mahdollisesti hyödyntää projektin toteutusvaiheessa mm. laskelmia.



Kuvio 2. Nykyisen sähkönkulutuksen jakautuminen

Lämmitysjärjestelmä on nykyisellään hyvin vaivaton, mutta myös kallis sähkön osuudelta lämmityksessä ja säästöä haettaessa polttopuiden osalta nykyisellä menetelmällä työläs ja paljon kädenjälkiä vaativa lämmitysmuoto. Ajankohtaista lämmitysjärjestelmän muutos myös, koska tilalla on tarvetta lämpimälle konehalli/korjaamo tilalle, jonka lämpö voitaisiin tuottaa myös bioenergialla, joka saataisiin samalla lämpölaitoksella tuotettua kuin asuinrakennuksen lämmitys. Lämpökeskuksen ja konehallin rakentamisen ajankohta olisi mahdollisesti lähivuosina.

Maalämpöä ei ole ajateltu ensisijaisena vaihtoehtona, koska lämpö tuotetaan pääasiassa sähköllä nykyisellä laitteistolla eikä esimerkiksi palamisreaktiolla. Tilalle tarvittaisiin kaksi erillistä maalämpöyksikköä ja kaksi maalämmön keruu piiriä lämmitysjärjestelmän järkevään toteuttamiseen maalämmöllä, sekä huomioitavaa asuessa haja-asutusalueella sähkönjakelun katkotilanteessa näiden järjestelmien toiminnan takaamiseen tarvitsee suuremman varavoimakoneen, kuin nykyaikaisen hake-, pelletti-, klapi- tai turvekattila toimiakseen. Myös mahdollisesti lämmöntuoton kapasiteetin nosto biolämmityskattilalla olisi helpompaa, jos tulevaisuudessa tulee lisää lämmitettävää alaa.

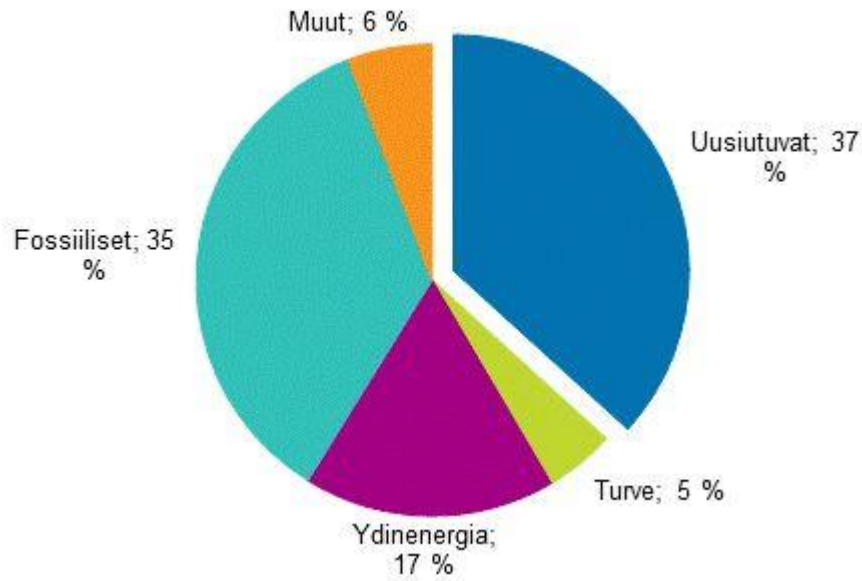
Hakelämmitys kiinnostaa kohteeseen sen vuoksi, koska sen käyttämä polttoaine on uusiutuvaa energiaa ja lämmöntuotantoon voidaan hyödyntää tilalla olevaa metsäpinta-alaa, josta tulee vuosittain lämmitykseen hyödynnettävää ns. arvotonta puumateriaalia. Sekä nykyisten hakelämmitysjärjestelmien pitkälle kehittyminen hyvin automaattisiksi, varmatoimisiksi, energian kulutukseltaan pieniksi sekä ympäristöystävällisiksi.

Opinnäytetyön tekijän osaamista lisää osaamisalueella, mistä on vähän aikaisemmin opiskeltua tietoa. Antaa mahdollisuuden perehtyä rakentamiseen liittyviin asioihin, bioenergiaan ja avustus mahdollisuuksiin.

Työn toimeksiantajat ovat nykyiset Korholan tilan omistajat Leena ja Olavi Päivinen.

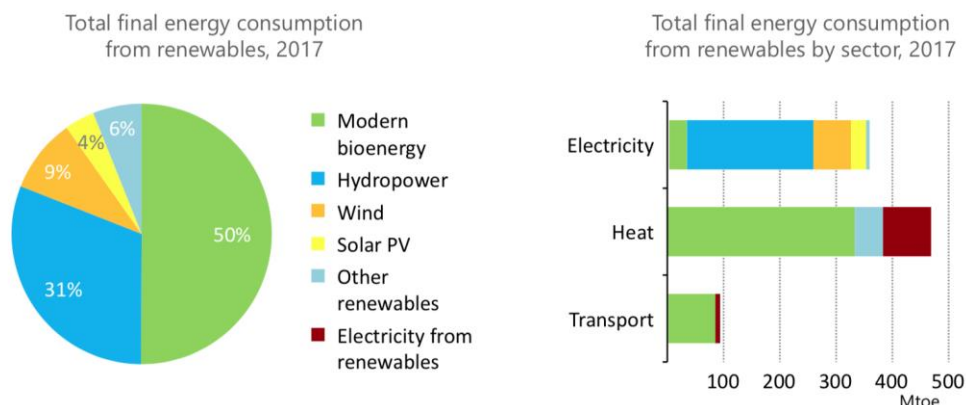
1.2 Ajankohtaisuus

Uusiutuvien energioiden käytön lisäämiseen siirtyminen on ajankohtainen maailman laajuisesti, koska uusiutumattomien luonnonvarojen määrä vähenee, sekä energian käytöstä ja sen tuottamisesta johtuvia päästöjä tulisi saada pienennettyä. Yleisesti sähkönkulutusta tulisi pienentää sen hinnan ja tuotanto tapojen vuoksi. Tulisi suosia ja hyödyntää paikallisesti mielellään lähellä tuotettua uusiutuvaa energiaa, jonka käyttö on myös ympäristöystävällistä nykyistä tekniikkaa hyödyntäen. Tällöin voidaan säästää uusiutumattomia luonnonvaroja ja kasvattaa uusiutuvien energialähteiden käyttöä kuten, aurinkovoima, tuulivoima, biopolttoaineiden käyttö, kuten puu. Suomellakin on tavoitteena, että 2020 luvulla kokonaisenergian loppukulutuksesta olisi yli 50 prosenttia tuotettu uusiutuvalla energialla. (Motiva 2019; Työ- ja elinkeinoministeriö n.d.) Vuoden 2018 uusiutuvien energian käyttömäärä oli Suomessa n. 37 prosenttia (ks. kuvio 3). Uusiutuvan energian käyttöön mm. maatiloilla kannustaa avustusten osuus investointeihin, jotka ovat rahallisesti suuria. (Ruokavirasto 2019.)



Kuvio 3. Eri energiamuotojen käyttömäärät Suomessa v. 2018. Uusiutuvat 37 % (Motiva 2019)

Bio- ja uusiutuvan energian käyttö kehittyy ja lisääntyy myös muualla maailmassa sen käytön ja kehittämisen myötä. Kokonaisenergian kulutuksesta, lämmön tuottamiseen kuluu iso osa energiasta (ks. kuvio 4). Uusiutuvien- ja bioenergian käytön lisääntyminen on maailmanlaajuisesti suuri asia ja se on iso tavoite, että ne olisivat vallitseva energiantuotannonlähde tulevaisuudessa. On odotettavissa maailmanlaajuisesti seuraavan viiden vuoden ajalla uusiutuvienenergiälähteiden käytön lisääntyvän 12,4 % maailmanlaajuisen energiatarpeen täyttämässä vuoteen 2023 mennessä. Lämmönsuus maailma energiankulutuksesta on suuri n. puolet, josta n. 25 % on tuotettu uusiutuvalla energialla ja biomassoilla, loppu n. 75 % on tuotettu muilla energialähteillä kuten uusiutumattomilla fossiilisilla polttoaineilla. Uusiutuvalla energialla tuotetun lämmön kulutuksen odotetaan nousevan 20 % vuoteen 2023 mennessä. (Carbon Brief 2019; IEA 2019.)



Kuvio 4. Uusiutuvien energialähteiden energian kulutus vuonna 2017 maailmassa (Carbon Brief 2019)

2 Tietoperusta

2.1 Hakelämmitys

Hakelämmitystä varten tarvitsee hakelämmityslaitteet, sekä haketta, mistä lämpö tuotetaan. Hakelämmitys perustuu uusiutuvan energianlähteeseen, missä energia tuotetaan puusta polttamalla.

Puuta voidaan käyttää monessa eri muodossa lämmityksessä hakkeen lisäksi, kuten pilke/klapi/halko, pelletti ja briketti. Yleensä näiden poltossa on laitteiden osalta pieniä eroavaisuuksia. Puulämmitys on suosittu lämmitysmuoto omakotitaloissa ja maataloilla. Puuta käytetään paljon myös isoissa lämpölaitoksissa hakkeena/murskana. (Bioenergianeuvoja 2019; Hassinen & Viirimäki 2008.)

2.2 Hake

Hake on koneellisesti puusta pilkottua/silputtua eli haketettua tai murskattua pientä palaa tai rouhetta (ks. kuvio 5). Haketta tehdään metsästä saatavasta runkoaineksesta tai oksa/havu massasta. Pienemmissä lämpölaitoksissa, kuten omakotitalo tai maatila kokoluokassa käytetään yleensä ranka aineksesta tehtyä haketta, koska tästä

tehty hake on tasalaatuista ja toimii niissä parhaiten (ks. kuvio 5) suuremmissa lämpölaitoksissa käytetään myös näiden lisäksi havu/oksa massasta tehtyä haketta, mikä ei ole välttämättä niin tasalaatuista (ks. kuvio 6). Hake tehdään hakkurilla tai murskalla, joka on yleensä traktorin perässä tai kuorma-auton lavalla, mihin puumateriaali syötetään metsäkuormaimella. (Bioenergianeuvoja 2019; Hassinen & Viirimäki 2008.)



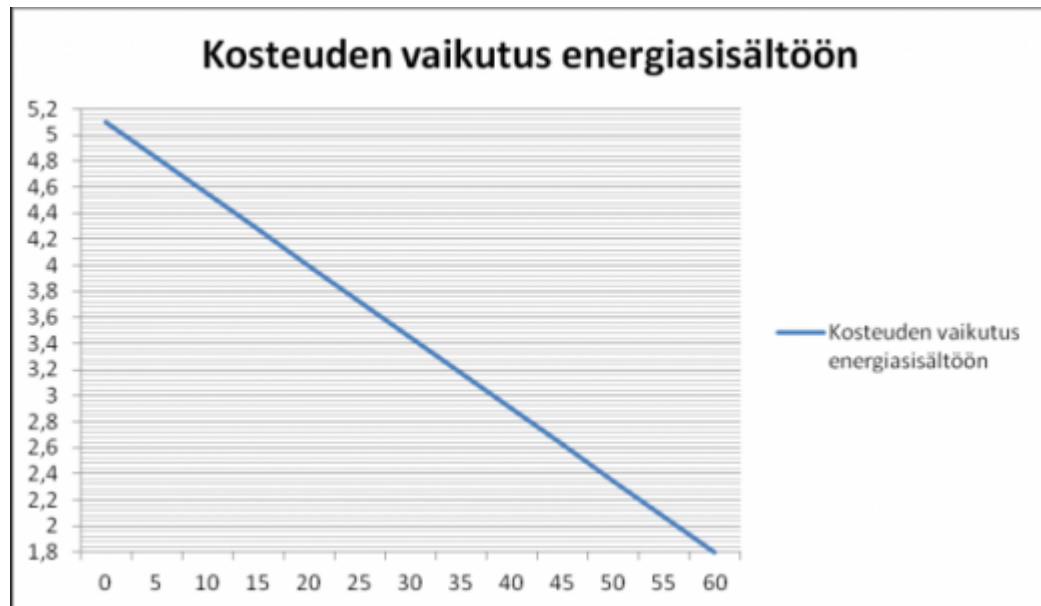
Kuvio 5. Laadukasta tasalaatuista puuhaketta (Bioenergianeuvoja 2019)



Kuvio 6. Epätasalaatuista puumurskaa, jossa mm. palakoko hyvin vaihtelevaa (Bioenergianeuvoja 2019)

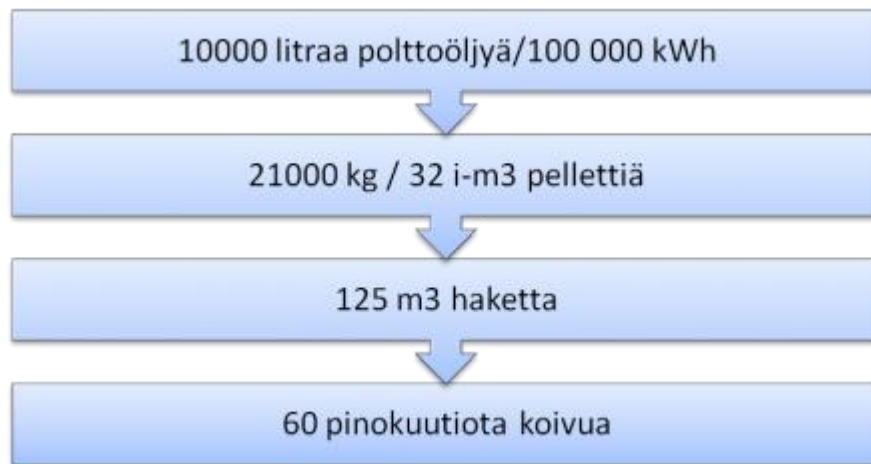
Hakkeen energia sisältöön vaikuttaa sen laatu, kosteus ja mistä se on tehty. Normaaleissa omakotitalo/maatila hakelaitoksissa saadaan paras hyöty, kun hake on kuivaa, tasalaatuista hyvästä tavarasta tehtyä, kuten rankapuusta kuusi, mänty, leppä, haapa

ja koivu. Kosteassa hakkeessa puun energia sisältö on huonompi kuin kuivassa (ks. kuvio 7). (Bioenergianeuvoja 2019; Hassinen & Viirimäki 2008.)



Kuvio 7. Puun kosteuden vaikutus puun energiasisältöön. Vaakaluvut kuvaavat kosteusprosenttia ja pystyluvut kuvaavat puun energiamäärää suhteessa sen painoon kWh/kg (Bioenergianeuvoja 2019)

Määrällisesti haketta tarvitaan lämmityksessä paljon enemmän kuin esimerkiksi öljyä tai pellettiä esimerkiksi 1 kuutiometriä haketta vastaa n. 0,28 kuutiometriä pellettiä tai 80 litraa polttoöljyä, jolloin pystytään tuottamaan kaikilla 0,8 MWh energiaa. Suuremmassa määrässä helpompi saada vertailu kuvaa (ks. kuvio 8) jossa 10000 litraa polttoöljyä on yhtä kuin 32 kuutiometriä pellettiä, 125 kuutiometriä haketta ja 60 kuutiometriä rankapuuta, josta saadaan tuotettu esimerkiksi 125 kuutiometriä haketta. Tämän vuoksi hakelämmityksessä on huomioitava suuremmat varastot/siilot, missä hake varastoidaan ja mistä se lähtee ruuvilla polttoon kattilalle. (Bioenergianeuvoja 2019; Hassinen & Viirimäki 2008.)



Kuvio 8. Kuviossa puumateriaali määriä, jotka korvaavat 10000 litraa polttoöljyä (Bio-energianeuvoja 2019)

2.3 Hakelaitteisto

Hakelaitteistossa on useampia komponentteja, mitkä sijaitsevat yleensä pannuhuoneessa tai erillisessä lämpölaitoksessa, joka voi olla erillinen rakennus tai kontti. Laitteistoon kuuluu pääasiassa hakekattila, syöttölaitteet, missä yleensä on ruuvi kuljettamassa haketta kattilalle ja varaston puolella pyörivä jousipurkain tai edestakaisin liikkuva tanko-/lattiapurkain, millä hake siirretään syöttöruuville.

Järjestelmään kuuluu myös savupiippu ja tarvittaessa vesivaraaja, jossa lämpö voidaan varastoida veteen, sekä lämpökanaaliputkisto mitä pitkin lämpö johdetaan rakennukseen, jos lämmönlähde ei ole lämmitettävässä kohteessa itsessään. (Hassinen & Viirimäki 2008; Ariterm 2014.)

2.3.1 Kattila-/pannuhuone

Kattilahuone on se missä sijaitsee lämmityskattila ja usein myös vesivaraaja. Kattilahuone on rakennuksen yhteydessä oleva erillinen paloeristetty huone tai erillinen rakennus tai lämpökontti, missä laitteisto sijaitsee.

Kattilahuone tulee olla palo-osastoitu erilleen varastotilasta, mistä hake tulee hakekattilalle. Kattilahuone tulee olla rakennettu palamattomasta materiaalista ja sen rakenteiden tulee kestää tulipaloa vähintään 60 minuuttia. Lähes aina kattilahuone

tehdään muuraamalla harkoista ja valamalla betonista. (Hassinen & Viirimäki 2008; Ariterm 2014; Tukes 2019.)

2.3.2 Varastotila

Hakkeen varastotila tulisi olla kattilahuoneen yhteydessä, mistä hake johdetaan ruuvilla hakekattilalle. Varastotilan olisi hyvä olla sen kokoinen, että siihen sopii esimerkiksi vähintään yhden kuukauden käyttötarvetta vastaava hakemäärä, ettei tarvitse useasti täyttää. Varasto voi olla myös pienempi tai isompi riippuen käytettävistä ja rakennettavista tiloista.

Uutta rakennettaessa varastointia kannattaa suunnitella tarkasti, jolloin on mahdollista rakentaa helposti, myös sellaisen varasto, johon haketetaan suoraan aina kun on tarve. Tällöin sen olisi hyvä olla niin suuri, että se kattaa useamman kuukauden varastointitilan, mutta useasti on myös erillinen hakevarasto, mistä haketta siirretään varsinaiseen varastoon esimerkiksi traktorin etukuormaimella, josta se menee kattilalle polttoon. (Hassinen & Viirimäki 2008; Ariterm 2014.)

2.3.3 Hakekattila/poltin

Hakekattilassa tapahtuu hakkeen palaminen, missä on yleensä myös suuri vesitilavuus, missä vesi lämpiää ja josta se voi kiertää esimerkiksi vesivaraajassa lämmittäen suurempaa vesimäärää.

Kattilassa on tulipesä/palopää, missä palaminen tapahtuu arinan päällä ja josta savukaasut lähtevät pois lämmittäen lämmönvaihdinputkistoissa kiertävää nestettä, joista lämpö kerätään talteen. Arinan päältä tuhkat putoavat tuhkatilaan, josta tuhkaruuvi kuljettaa ne tuhkan keräilyastiaan tai keräilytila toimii itsessään ns. tuhka-astian, joka tyhjennetään säännöllisesti.

Hakekattila voi olla jatkuvatoiminen, jossa liekki palaa koko ajan tai katkonaisesti käyvä, joka syttyy ja sammuu automaattisesti tarvittaessa, kuviossa 9 näemme automaattisesti toimivan nykyaikaisen hakekattilan. (Hassinen & Viirimäki 2008; Ariterm 2014; Hargassner n.d.)



Kuvio 9. Etahackin hakekattila

2.3.4 Siirto-/syöttölaitteisto

Syöttöruuvi mikä on kattilan ja varaston välillä voi olla muutamasta kymmenestä sentistä muutamaan metriin pituudeltaan. Ruuvin halkaisija voi vaihdella laitteiston koon ja tekijän mukaan yleensä tämän kokoluokan laitteistoissa ruuvin koko 5 – 8 tuumaa eli noin 12,5 – 20 senttimetriä.

Ruuvi kuljettaa hakkeen kattilalle päin, josta se putoaa vapaalla pudotuksella tai lokerosyöttimellä toiselle syöttöruuville, joka tätä alempana, mikä vie hakkeen kattilan sisään. Tässä välissä tulee olla kaksi takapaloa estävää kohtaa, joista toisen tulee olla vedellä toimiva. Tämä on yleensä alemmassa ruuvissa, millä hake menee kattilaan ja toisena takapaloa estävänä kohtana yleensä on siiloruuvilta kattilaruuville oleva vapaa pudotus tai lokerosyötin (ks. kuvio 16). (Hassinen & Viirimäki 2008; Ariterm 2014; Hargassner n.d.; Tukes 2019.)

2.3.5 Jousipurkain, lattia-/tankopurkain

Hakevaraston puolella on yleisesti käytössä jousipurkain tai lattia-/tankopurkain, jotka siirtävät hakkeen siirtoruuville. Jousipurkain soveltuu hyvin pienempiin varasto kokonaisuuksiin.

Jousipurkaimessa on lautanen, johon on kiinnitetty jousilatat, jotka lautasen pyöriessä siirtävät hakkeen siirtoruuville (ks. kuvio 10) näissä voima siirretään yleensä sähkömoottorilla kulmavaihteen kautta, jossa on sopiva välitys lautasen pyörimälle. (Hassinen & Viirimäki 2008; Ariterm 2014; Hargassner n.d.)



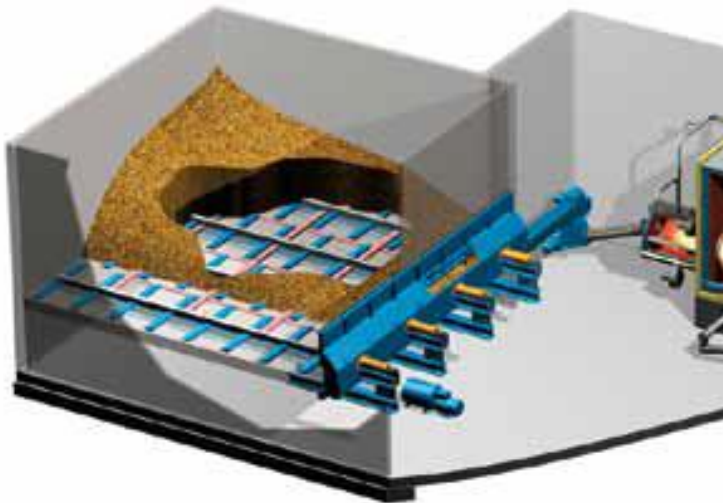
Kuvio 10. Etahackin jousipurkain (Latvaenergia n.d.)

Lattia-/tankopurkain ovat toiminta periaatteeltaan hyvin samanlaiset toistensa kanssa. Tankopurkain soveltuu käytettäväksi pienissä ja keskisuurissa kohteissa kuten jousipurkain ja lattiapurkain vuorostaan isommissa laitoksissa.

Molemmissa purkaintyypeissä liikutellaan pitkittäin pintaa vasten kolia, jotka kuljettavat hakkeen siirtoruuville. Nämä purkainjärjestelmät ovat hieman monimutkaisempi, koska ne vaativat hydraulikka, jossa hydraulisylinterit liikuttavat kolia edes taakaisin (ks. kuviot 11 ja 12). (Hassinen & Viirimäki 2008; Ariterm 2014; Hargassner n.d.)



Kuvio 11. Tankopurkain (Ariterm 2014)



Kuvio 12. Kolapurkain tasaisella lattialla (Ariterm 2014)

2.3.6 Lämpökanaali

Lämpökanaali on eristetty vesiputkisto, joka on eristetty lämpöhäviöiden minimoimiseksi ja se sijoitetaan maan alle noin yhden metrin syvyyteen, mahdollisesti voi laittaa syvempäänkin. Lämpökanaalia pitkin johdetaan lämpö lämmitettävään kohteeseen. (Hassinen & Viirimäki 2008.)

Lämpökanaali putkea on jäykkää ja taipuisaa, joita voidaan käyttää erilaisissa kohteissa, esimerkiksi taipuisaa ns. kiepillä olevaa kanaaliputkea, jota on helppoa käsitellä, voidaan käyttää silloin, kun joudutaan kiertämään esteitä tai jonkin muun vuoksi, jolloin maastoon ei saada tehtyä suoraa tai tasaista kanaalilinjaa, tätä käytetään useimmiten omakotitalo, maatilakokoluokassa ja saneerauskohteissa (ks. kuvio 13). Jäykkä kanaaliputki on yleensä pätkistä kasattavaa ja soveltuu paremmin käytettäväksi silloin kun tehdään tasaisia suoria linjoja. Yleensä jäykkää kanaaliputkea käytetään, kun kanaalien koko kasvaa suureksi ja tehdään isoja runkolinjoja, kuten kaukolämmössä. Samassa lämpökanaalissa voi olla useampia putkia, mikä mahdollistaa siirtää lämpimän käyttöveden ja lämmitysveden samassa lämpökanaalissa. (Meltex 2020; Roponen 2019.)



Kuvio 13. Eristetty neliputkinen taipuisa lämpökanaaliputki (Meltex 2020)

2.3.7 Vesivaraaja

Vesivaraajaa käytetään lämmön varastolähteenä, johon vettä lämmitetään, tällöin hakekattilan ei ole välttämättä tarve olla jatkuvasti päällä. Suuri vesivaraaja voi toimia myös ongelma tilanteissa, vähän aikaa lämmön puskurivarastona. Vesivaraaja voidaan sijoittaa kattilahuoneeseen tai lämmitettävän rakennuksen sisälle.

Yleisesti vesivaraajassa on sisällä kierukka tai erillinen vesitila, jossa lämpiää lämmin käyttövesi ja varaajan ulkokehällä oleva lämminvesitila on käytettävissä lämmitykseen. Lämminvesivaraaja on hyvä varustaa sähkövastuksin, mahdollisia ongelmatilanteita varten, jolloin kattilalaitteisto ei toimi, tällöin lämpö voidaan tuottaa esimerkiksi aurinkopaneeleilla tai valtakunnan verkosta ostettavalla sähköllä.

2.4 Maalämpö

Maalämpö on geotermistä lämpöä, jossa lämpöä kerätään maasta, kalliosta tai vedestä (ks. kuvio 14), johon on varastoitunut auringon tuottamaa lämpöenergiaa.

Maahan tehdään joko poraamalla reikä, syvyydeltään yleensä n. 100 – 200 metriä, joka on ns. lämpökaivo, tai upotetaan/ kaivetaan keruuputkisto maahan tai veteen. Putkistoissa kiertää etanolipohjainen lämmönkeruuneste, joka lämpiää maaperän lämmöstä. Lämmennyt lämmönkeruuneste pumpataan lämpöpumppuun, joka kompressoritekniikkaan perustuen siirtää lämmön lämmitettävään veteen, joka voidaan jakaa rakennuksen lämpö- ja lämminvesijärjestelmään. Maalämpöpumpun toiminta periaate on täysin sama kuin jääkaapissa. (Thermia 2019; Roponen 2019.)

Maalämpökoneiden kehitys on alkanut jo 1970-luvulla, ja alkanut yleistymään enemmän vasta viime vuosikymmenenä niiden laitteistojen kehityttyä. Maalämpö sopii hyvin monenlaisiin käyttökohteisiin, omakotitaloissa hyvin suosittu lämmitysjärjestelmä ja laitteiden kehittymisen myötä saanut myös ison suosion mm. kerros- ja rivitaloissa sekä liike- ja teollisuusrakennuksien lämmönlähteenä. Tämä tekee siitä nykyään hyvin suosittu lämmitysjärjestelmän monenlaisiin eri kohteisiin, sen edullisen, vaivattomuuden ja helppo käyttöisyyden vuoksi. (Lämpöykkönen n.d.; Roponen 2019.)



Kuvio 14. Lähteet, joista maalämpöä voidaan tuottaa maa, vesi ja kallio (Lämpöykkönen n.d.)

3 Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset

3.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyöllä halutaan tutustua tilan lämmitykseen kuluvan sähköenergian korvaamiseen uusiutuvalla bioenergialla, joka voisi olla mahdollisesti hake. Opinnäytetyön mahdollisen toteutumisen myötä, myös työolosuhteita ja -turvallisuutta voidaan parantaa, kun töitä voidaan tehdä lämpökeskuksen yhteyteen tulevassa lämmitettävässä maatala korjaamossa. Tiettyjä töitä voidaan tehdä vuoden- ja kellonajasta riippumatta aina valoisassa ja kuivassa lämpimässä tilassa, johon ei ole keliolosuhteilla vaikutusta, kuten koneiden huolto- ja korjaus toimenpiteitä, lämminpajatila tuo talvella käytettävien työkonien huoltotöiden helpottamista, parantamista, toimintavarmuutta ja käyttöönoton työturvallisuutta, huomioiden tilalla harjoitettavaa teiden ja katujen talvikunnossapito töitä.

Tilalla tärkein tavoite olisi olla mahdollisimman omavarainen lämpöenergian tuotannosta ja lämmön turvaamisesti, mahdollisten pitkien sähkökatkojen aikana, koska omien kokemusten mukaan sähkö ei tule myrskyn jälkeen ensimmäisenä syrjäkylille.

3.2 Tutkimuskysymykset

Saadaanko tilan nykyisestä lämmitystarpeesta johtuva energian kulutus rahallisesti pienennettyä kannattavasti siirtymällä hakelämmitykseen?

Mitä hakelämmitykseen siirtyminen se kustantaa?

Minkälaisiin avustuksiin on tilalla mahdollisuutta?

3.3 Opinnäytetyön rajaus ja rajauksen perustelu

Opinnäytetyön rajaus tehdään halliin, lämpölaitokseen ja varastoon, johon kuuluu näiden kustannuksien selvittäminen, huomioiden myös asuinrakennuksesta tulevat kustannukset, ja toteutus tapa, koska mielestäni toteutus vaiheessa se on suuri osa projektia kustannuksiltaan ja työltään. Rajaus tehdään selkeästi yhteen kokonaisuuteen työn selkeänä pitämisen vuoksi. Ja koska pääasiassa halutaan selvittää lämpölaitoksen ja hallin kustannuksia ja voiko sillä nykyistä sähkönkulutusta pienentää kannattavasti. Opinnäytetyössä ei käsitellä juurikaan muita lämmitys muotoja kuin vertaus kohtana maalämpöä. Eikä kovin laajasti rakennusteknisiä asioita.

4 Menetelmät ja aineisto

Työ on osittain määrällinen ja laadullinen tutkimus. Työn tavoitteiden ratkaisuun tarvitaan matematiikka, tietoa ja tiedonhankintaa. Työssä arvioidaan, kuinka lämmitysjärjestelmän muutos voidaan toteuttaa. Muutosta varten lasketaan hakekattilan te-

hon tarve ja määritetään lämmitysjärjestelmän toteutuskustannukset. Työssä selvitetään myös, paljonko investointiin on mahdollista saada avustuksia. Työssä voidaan hyödyntää mm. eri oppaita.

Laitteistoista saadaan tietoja valmistajilta ja teknisiin tietoihin tutustumalla sekä tutustumalla etukäteen jo rakennettuihin mahdollisiin vastaaviin toteutettuihin projekteihin ja laitteistoihin. Työhön tarvitaan myös suunnitteluapua ammattilaisilta, mm, rakennuspiirustusten osalta. Työ toteutetaan pääasiassa tietokoneella ja tutkimalla eri lähteitä.

Työ aloitettiin keväällä 2019. Kesän 2019 aikana selvitettiin kustannukset kaikilta osin. Lopullinen teksti kirjoitettiin syksyllä 2019 ja alkutalvesta 2020.

Työn luotettavuus perustuu pääosin laskelmiini ja suunnitelmiini, sekä eri tavalla kerättyihin tietoihin. Hinta tiedot perustuvat tarjouksiin, joita on pyydetty suullisesti tai kirjallisesti.

5 Lähtötietoa rakennuksista ja lämmitysjärjestelmien mitoitus

Lämmitettävät kohteet asuinrakennus, joka on noin 250 m² kahdessa kerroksessa, talon tilavuus 690 m³. Konehalli, jonka kooksi suunniteltu n. 150 m² ja korkeus noin 4 – 4,5 metriä, minkä tilavuus on riippuen sisätilan korkeudesta n. 600 – 675 m³. Lämpökeskus tulisi konehallin yhteyteen. Lämpökeskuksesta on matkaa asuinrakennukseen n. 40 – 50 metriä, mikä on myös lämpökanaalin pituus.

5.1 Hakelämpökeskuksen mitoitus

Asuinrakennus on 2000 vuonna nykyaikaiseksi rakenteiltaan peruskorjattu kaksi kerroksinen hirsirunkoinen rakennus. Laskennallinen lämpötehon tarve asuinrakennuk-

nessa $690 \text{ m}^3 * 25 \text{ W/m}^3 = 17,3 \text{ kW}$. Konehalli tulisi uutena lämpöeristettynä rakennuksena n. $600 \text{ m}^3 * 20 \text{ W/m}^3 = 9 \text{ kW}$. Uusi lämpökanaali asuinrakennukseen noin 40-50m, jonka lämpöhäviö laskennallisesti noin $20 \text{ W/m} * 50 \text{ m} = 1 \text{ kW}$. (Arterm n.d.)

Lämpötehon tarve on laskettu olevan hakelämmitys laitteistolta n. $17,3 \text{ kW} + 1 \text{ kW} + 9 \text{ kW} = 27 \text{ kW}$ (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Lämmitystehontarve laskelma

Rakennukset	Tilavuus/ m ³ asukkaat	Teho W/m ³	Tehontarve	Energian tarve MWh/a
Talo	690	25	17,3	35
Lämminkäyttövesi	4			3
Lämmityskanaali	50	20	1,0	9
Konehalli	600	15	9	14
lämmityskanaali	0	20	0,0	0
YHTEENSÄ			27,3	60
			kW	MWh

5.2 Maalämmön mitoitus

Kohteeseen laskettu myös lämmitysjärjestelmän muutos maalämmölle. Maalämmön laskennassa käytetty Thermian maalämpökoneiden jälleenmyyjille tarkoitettua maalämmön mitoitusohjelmaa Thermia Partnelogia. (Roponen 2019.)

Maalämmön mitoituksen suunnittelussa on huomioitu, molemmille rakennuksille omat maalämpökoneikot, joille laskettiin omat maalämpökaivot tai maakeruupiirit (ks. taulukko 2). Mitoitukseen ja kustannuksiin päädyttiin käyttämään maalämpökai-voa sen siistin toteuttamisen, tehokkuuden ja alueella vallitsevan maaperän vuoksi. Maakeruupiirien kaivamista pelloille ei haluta pitkän maapiirin kaivuun vuoksi, sekä alueella kallio on paikoin hyvin pinnassa, mikä vaikeuttaa ja lisää maapiirin tekoa ja toteutus kustannuksia. Maapiirin kaivamisesta pelloille myös vaarana vaurioittaa sa-laojituksia, sekä muut mahdolliset haitat peltoviljelyä huomioiden, sekä maakeruu-piiri on ”vaurioherkempi” kuin kaivo, jos alueella on mahdollisesti kaivuun yms. toimia.

Kaivojen syvyys on noin neljännes maakeruu piirin pituudesta, jolloin päästään saamaan hyötysuhteeseen ja ne voidaan sijoittaa helposti rakennuksien lähelle. Maa-alue on hyvä kaivojen tekoon, koska kallio lähellä maan pintaa, jolloin vähän pinta-maa porausta ja suojaputkitusta. (Roponen 2019.)

Taulukko 2. Maalämmön mitoitus.

Rakennus	Koneikon teho	Maapiirin koko	Lämpökaivon syvyys
Asuinrakennus	17,5 kW	1200 m	2* 150 m
Konehali	8 kW	400 m	150 m
Yhteinen koneikko *	27,5 kW	2400 m *	3* 200 m *

* Yhdellä isolla koneikolla toteutettaessa koneikko tarvitsee optimaalisesti toimiakseen suhteessa isommat keruupiirit, kuin pienimillä koneilla ja niiden omilla keruupiireillä.

6 Sähkönkulutus

Laskennallisesti nykyisellä rakennuskannalla kokonaissähkönkulutus olisi vuodessa noin 45000 kWh vuodessa, jos lämmitykseen ei hyödynnettäisi puuta ja ilmalämpöpumppua. Uuden lämpimänhallin kanssa kokonaissähkönkulutus olisi noin 60000 kWh vuodessa, jos lämmitykseen käytettäisiin vain sähköä (ks. taulukko 7). Nykyisestä noin 25000 kWh kokonaissähkönkulutuksesta kuluu asuinrakennuksen ja koneiden lämmittämiseen n. 3/5 sähkönkulutuksesta eli noin 15000 kWh. Nykyisellä polttopuiden käyttöasteella saadaan noin 20000 kWh sähkönkulutuksen säästö vuodessa, joka nykyiselläänkin vastaa noin 2400 euron vuosisäästöä (ks. taulukko 3). Lämmitykseen käytetään vuodesta riippumatta 20 – 25 m³ pääosin koivusta tehtyä polttopuuta. (Energialaskuri n.d.; Halkoliiteri 2020) Ilmalämpöpumpulla saatua säästöä sähkönkulutuksessa ei huomioida, koska saavutettu säästö kuluu kesällä jäähdytykseen, jota ilmalämpöpumpulla myös tehdään.

Taulukko 3. Sähkön kulutus ja hinta

Laskennallinen sähkönkulutuksen määrä ja hinta lämmitykseen eri lämmitysmuodoilla.

	sähkönkulutus määrä kWh	hinta €/v 0,12 € kWh	hinta €/v 0,15 € kWh
nykyinen	15000	1800 €	2250 €
kokonaan sähköllä	35000	4200 €	5250 €
maalämpö	10000	1200 €	1500 €
hake	1300	156 €	195 €

Thermia Partnerlog ohjelman laskelman mukaan lämpö maalämmöllä tuotettaessa sähkönkulutus olisi n. 10000 kWh/ vuosi sisältäen talon, hallin ja lämpimän käyttöveden lämmityksen. Tällöin saataisiin sähkönkulutusta nykyisestä pudotettua noin 1/3.

Hakelämmitysjärjestelmien myyjien mukaan sähkönkulutus tulisi olemaan n. 800 – 1500 kWh/v, jolloin on tuotettu lämpö talon, hallin ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Hyvälaatuista haketta kuluisi tämän lämpömäärän tuottamiseen noin 120 – 150 m³. (Sahaviita 2019; Yrjänä 2019.)

Kävin tutustumassa ulkopuoliseen kohteeseen, jossa haastattelin omistajaa. Hänellä on iso omakotitalo, jonka lämmitys hoidetaan hakkeella. Kohteessa on 35 kW nykyaikainen hakekattila (ks. kuvio 9) erillisessä lämpökeskus rakennuksessa (ks. kuvio 15), jolla lämmitetään kolme kerroksisen omakotitalo. Talon tilavuus n. 650 m³ ja pinta-ala noin 250 m². Kohteessa kuluu sähköä vuodessa noin 700 – 800 kWh. Tämä sähkönkulutus sisältää hakelaitteiston, puskurivaraajan latauspumpun ja lämmitykseen käytettävän kiertovesipumpun virrankulutuksen, näiden kuluttama virta mitataan omalla sähkömittarilla. Haketta kohteessa kuluu vuodessa noin 60 – 70 m³. (Karjalainen 2019.)

Ulkopuoliseen kohteeseen suhteuttaen sähkön kulutus on hyvin lähellä myyjien arviota sähkönkulutuksesta mitä suunniteltavassa kohteessa mahdollisesti kuluisi. Tällöin sähkön kulutusta olisi mahdollista pienentää nykyaikaisella hakelämmityksellä noin kymmenesosaan nykyisestä lämmitykseen käytettävästä sähkön kulutuksesta, jolloin on myös hallin lämmitys lisänä nykyiseen nähden.



Kuvio 15. Tutustumiskohteen hakelämpökeskus (Karjalainen 2019)

7 Hankintakustannukset

Rakentamis- ja hankintakustannuksia on laskettu taulukoihin 4 ja 5. Rakentamiskustannuksiin on huomioitu hallin rakentaminen, sekä hake vaihtoehdossa kattilahuone mikä nostaa hallin hintaa, tarvittava laitteisto lämmöntuotantoon, asuinrakennuksen muutostyöt, lämpökanaali, hallin lattialämmitys erikseen, vanhan kuivaamon muutostyö hakevarastoksi, sekä varavoimakoneet, joilla mahdollisissa sähkökatko tilanteissa voidaan tuottaa lämmitysjärjestelmän vaatima sähkö. Maalämpökoneet vaativat huomattavasti suuremman aggregaatin kuin hakejärjestelmä, koska käydessään kuluttavat paljon suuremman tehon. Hakelämmitysjärjestelmää saadaan käytettyä normaaleilla suurimmilla bensa aggregaateilla, mutta maalämpökoneet vaativat toimiakseen ison diesel aggregaatin tai pienen traktorilla pyöritettävän aggregaatin.

Laskelmaan on huomioitu myös asuinrakennuksen tehtävät muutostyöt ja lämpökanaali lämmönsiirtoon. Asuinrakennukseen on laskettu uuden vesikiertoisien patteriverkoston toteutus, joka olisi tehtävä molemmissa lämmitysjärjestelmä muutoksissa.

Toteutuskustannukset eivät poikkea ratkaisevasti toisistaan (ks. taulukot 4 ja 5), minkä vuoksi investoinnin hinta puoltaisi käyttämään vain toista vaihtoehtoa. Hinnat, joita laskelmissa on käytetty perustuvat hintatietoihin, joita on selvitetty tuotteiden myyjiltä, internetin vapaisiin hintoihin sekä omaan hintatietämykseen seuraavasti:

- Halli ja lämpökeskus (Hartikainen 2019; Mäkiranta 2019; Roponen 2019)
- Hakelaitteisto (Sahaviita 2019; Yrjänä 2019)
- Asuinrakennuksen muutostyöt, hallin lattialämmitys ja maalämpö (Roponen 2019)
- Aggregaatti (Sahaviita 2019; Roponen 2019; Yrjänä 2019)

Taulukko 4. Hakelämmitysjärjestelmän kustannuksista

Halli+lämpökeskus	85 000 €
Hakelaitteisto sis.varaaja	25 000 €
Lämpökanaali	4 500 €
Asuinrakennuksen muutostyöt	10 500 €
Hallin lattialämmitys	4 000 €
Vanhan kuivaamo rakennuksen muutos hakevarastoksi	6 000 €
Aggregaatti	1 000 €
Yhteensä:	136 000 €

Taulukko 5. Maalämpöjärjestelmän kustannuksista

	erilliset koneikot, kaivoilla	erilliset koneikot, maapiirillä	yhteinen koneikko+pusku rivaraaja, kaivoilla	yhteinen koneikko+pusku urivaraaja, maapiirillä
Halli	75 000 €	75 000 €	75 000 €	75 000 €
Maalämpökoneet	21 500 €	21 500 €	20 500 €	20 500 €
Maalämpökaivot	16 000 €		21 000 €	
Maakeruu piirillä		10 000 €		14 500 €
Asuinrakennuksen muutostyöt	10 500 €	10 500 €	10 500 €	10 500 €
Hallin lattialämmitys	4 000 €	4 000 €	4 000 €	4 000 €
Lämpökanaali			4 500 €	4 500 €
Aggrekaatti	3 000 €	3 000 €	3 000 €	3 000 €
Yhteensä:	130 000 €	124 000 €	138 500 €	132 000 €

8 Käyttökustannukset

Kohteessa rakennettaessa hakelämmitys tai maalämpö järjestelmä ei niiden hankintahinnassa ole ratkaisevaa eroa (ks. taulukot 4 ja 5). Ero saadaan järjestelmien käyttökustannuksista, kuten sähkönkulutus, huolto- ja kunnossapito kulut, sekä käytettävän hakkeen hinnalla. Nykyisellä sähkön hinnalla ja omasta metsästä otettu puu, vieraalla teetettynä/kuljetettuna ja haketettuna, tulee hake- ja polttopuu lämmitys kalliimmaksi kuluiltaan, kuin maalämpö (ks. taulukko 6). 3 sentin sähkönhinnan nousu nykyisestä vaikuttaa positiivisesti, että hakkeella tuotettu lämpö on kiinteiltä kuluiltaan lähes sama kuin maalämmöllä (ks. taulukko 6). Tämä riippuu kuitenkin myös paljon siitä, kuinka lasketaan ns. arvottoman puun hinta, joka mahdollisesti jäisi metsään lahoamaan tai menisi energiaksi puoli-ilmaiseksi, sekä korjataanko puu metsästä itse vai teettämällä urakoitsijalla. Laskelmassa omalle roskapuulle ei ole laskettu hintaa. Laskelmaan on kuitenkin huomioitu reilusti kustannukset, jos puu teetetään ja ajatetaan varastopaikalle hakkuiden yhteydessä, sekä haketetaan vieraalla. Lähteet, joita laskelmissa on käytetty: Huolto/ ylläpito, sähkönkulutus (Hartikainen 2019; Karjalainen 2019; Mäkiranta 2019; Roponen 2019) ja hakkeen/polttopuun kustannukset (Karjalainen 2019; Mottinetti n.d.).

Taulukko 6. Kustannuksien ja säästön vertailua puusta tehdystä hakkeesta/poltopuusta, nykyiseen ja pelkkään sähkölämmitykseen verraten.

	hakelämmitys ostohakkeella		hakelämmitys omahake		maalämpö		sähkö		nykyinen polttopuu/sähkö		nykyinen oma polttopuu/sähkö	
	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa
huolto/ylläpito/v		300 €		300 €		300 €				300 €		300 €
sähkönkulutus kWh /v 0,12€/ kWh	1300	156 €	1300	156 €	10000	1 200 €	35000	4 200 €	15000	1 800 €	15000	1 800 €
osto/oma hake/polttopuu m³	120	1 800 €	50	1 000 €					20	1 000 €	200	700 €
haketus			50	250 €								
kustannukset vuodessa 0,12€ sähköllä		2 256 €		1 706 €		1 500 €		4200		3 100 €		2 800 €
kustannukset vuodessa 0,15€ sähköllä		2 295 €		1 745 €		1 800 €		5 250 €		3 550 €		3 250 €
säästö vrt. sähkölämmitys 0,12€/ kWh		1 944 €		2 494 €		2 700 €		0 €		1 100 €		1 400 €
säästö vrt. sähkölämmitys 0,15€/ kWh		2 955 €		3 505 €		2 550 €		0 €		1 700 €		2 000 €
säästö nykyiseen lämmitykseen sähkö 0,12€/ kWh		844 €		1 094 €		1 600 €						
nykyinen sähkön hinta sis. siirtomaksu				0,12 € kWh								
sähkön hinta 0,03€ nousulla				0,15 € kWh								
osto hake m³ hinta				15 € m³								
oma hakeranka teetettynä				20 € m³								
polttopuu koivu ostettuna				50 € m³								
polttopuu koivu oma				35 € m³								
haketus €/m³				5 € m³								

9 Avustukset

Lämpölaitos- ja halli projektiin on mahdollista hakea maatalouden investointitukea sille osuudelle, joka kohdistuu maatalouteen.

Investointitukea voidaan hakea milloin vaan, jotka käsitellään tukijaksoittain. Tukijaksoja on neljä kappaletta ja ne ovat: 16.10. – 15.1., 16.1. – 15.3., 16.3. – 15.8. ja 16.8. – 15.10. Investointi kohdetta, jolle tukea haetaan, ei saa aloittaa rakentamaan ennen kuin investointi tukipäätös on tullut Ely-keskuksesta. Rakentamisen investointi tuissa tuen määrä on aina yli 7000 €, tämän pienempiin rakentamisiin ei tukea myönnetä. (Ruokavirasto 2019.)

Investointi tukihakemukseen tulee liittää liitetiedostoiksi mm. liiketoimintasuunnitelma, pankin luottolupaus, hakijan verotustiedot, mahdollinen vuokrasopimus, lista veloista, rakentamista koskevat suunnitelmat, jäljennökset viranomaisluvista, myyjän tarjous. (Ruokavirasto 2019.)

9.1 Käytettävät avustukset

Tila sijaitsee c- tukialueella. Tilalla ei ole tällä hetkellä vielä mahdollista saada avustuksia, koska maatalouden yrittäjätulo ei ole tällä hetkellä vaaditulla tasolla, mutta vaadittu yrittäjä tulon täyttämien viiden vuoden sisällä hankkeesta on toteutuva. Tilan on tällöin mahdollista saada konevarasto avustus konehalliin ja energiantuotannon avustuksen lämpölaitokseen vain maatalouteen käytettävään osuuteen lämpölaitoksen kustannuksista. Konevarastoon avustuksen määrä 20 % ja lämpölaitokseen maatalouden osuuteen 40 % hyväksytyistä kustannuksista (ks. taulukko 8). (Ruokavirasto 2019.)

Avustuksen määrä voi olla mahdollisesti noin 23000 € tilalle (ks. taulukko 7), jos rakennuskustannukset hyväksytään ja voidaan saavuttaa avustuksen saannin edellytykset. Avustuksien osuus olisi koko projektin hinnasta noin kuudes osa, mikä on merkittävä summa.

Taulukko 7. Avustuksen määrä, jos kustannukset hyväksyttäisiin.

kohde	avustus prosentti	maatalouden osuus kustannuksista	kustannus	avustuksen määrä
lämminhalli	20 %	100 %	75 000 €	15 000 €
hakelaitteisto.sis	40 %	50 %	39 500 €	7 900 €
kattilahuone ja kanaali				
avustus yhteensä				22 900 €

Taulukko 8. Maatalouden investointituki avustukset (Ruokavirasto 2019)

Tukikohde	Korkotukilainan määrä hyväksytävistä kustannuksista, prosenttia	Korkotuen määrä hyväksytävistä kustannuksista, prosenttia	Avustuksen määrä hyväksyttävistä kustannuksista, prosenttia		Korotus
			AB-tukialue	Muu kuin AB-tukialue	
Lypsy- ja nautakarjatalous (3 §)	60	10	40	35	1 ja 5
Sikatalous (4 §)	65	10	30	30	1 ja 5
Lihasiipikarjatalous (5 §)	65	10	20	20	1 ja 5
Lammas- ja vuohitalous (6 §)	60	10	40	35	1 ja 5
Hevostalous (7 §)	65	10	30	30	5
Mehiläistalous (8 §)	-	-	25	25	5
Turkistalous (9 §)	65	10	-	-	5
Kasvihuonetuotanto (10 §)	65	10	30	30	1 ja 5
Kuivaamo (11 §)	65	10	25	25	2 ja 5
Salaojitus (12 §)	-	-	35	35	3 ja 5
Sadonkorjuukone yhteiskäyttöön (13 §)	-	-	10	10	5
Tuotantovarasto (14 §)	65	10	30	30	5
Konevarasto (15 §)	-	-	20	20	5
Energiantuotanto (16 §)	-	-	40	40	5
Maataloustuotteiden myyntikunnostus (17 §)	-	-	30	30	5
Työympäristöä, tuotantohygieniaa, eläinten hyvinvointia tai ympäristön tilaa edistävät investoinnit (18 §)	-	-			4 ja 5
			30	30	
			35	35	

9.2 Avustusten saannin edellytyksiä

Avustusten/tukien myöntämisessä on tiettyjä ehtoja, joita hakijan ja maatilan tulee täyttää. (Ruokavirasto 2019.)

Hakijan edellytyksinä mm. tulee olla viljelijä, yksityisoikeudellinen yhteisö tai maatalousyrittäjien yhteenliittymä. Tilalla tulee harjoittaa maatalous toimintaa, 18-vuoden ikä ja hakijalla tulee olla riittävä ammattitaito. (Ruokavirasto 2019.)

Maatilan edellytyksinä mm. tilan omistaminen tai vuokraaminen, jos tila vuokrattu tulee olla kirjauspäätös maanmittauslaitokselta vuokrasopimuksesta, jonka tulee kestää vähintään 10 vuotta ja vuokraoikeuden tulee olla siirrettävissä myös kolmannelle osapuolelle, kuten jatkajalla. Maatalouden yrittäjätulo vaatimus 25000 € tulee täyttyä viimeistään viidentenä kalenterivuotena, kun avustus on myönnetty. Maatalouden yrittäjätulon laskennassa vaikuttavat vain maatalouden tuotot, joista vähennetään maatalouden muuttuvat- ja kiinteät kulut, sekä poistot ja velkojen korot. Tilalla

tulee myös noudattaa pakollisia vaatimuksia, jotka perustuvat ympäristö, hygienia ja eläinten hyvinvointiin koskeviin Euroopan unionin ja kansalliseen lainsäädäntöön. (Ruokavirasto 2019.)

10 Paloturvallisuus

Paloturvallisuuteen ja palomääräyksiin tulee kiinnittää paljon huomiota jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa, kuten rakennusten paloluokittelu, joita on kolme paloluokkaa P1, P2 ja P3.

P1 luokassa rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta tulipalossa, kokoa ja henkilömääriä ei ole rajoitettu.

P2 luokassa kantavat rakenteet voivat olla P1 tasoa heikommät, jolloin paloturvallisuutta lisätään rakennuksen eriosien ominaisuuksille, kuten katot, lattiat ja seinät, myös rakennuksen kerros- ja henkilömäärän voidaan rajoittaa riippuen rakennuksen käyttötavasta.

P3 luokassa kantavilla rakenteilla ei ole palonkeston suhteen erityisvaateita, rakennuksen turvallisuus saadaan rajoittamalla sen kokoa ja henkilömäärää riippuen sen käyttötavasta.

Pääasialliset maataloudessa olevat rakennukset kuuluvat paloturvallisuusluokitukseen P3 luokkaan. (Hassinen & Viirimäki 2008; Solmio 2005; Tukes 2019.)

10.1 Rakenteiden paloturvallisuus

Paloturvallisuuden kannalta lämpökeskus tulisi sijoittaa erilleen muista rakennuksista omaksi rakennukseksi, mutta toisen rakennuksen yhteyteen rakennettaessa tulee huomioida palo-osastointi ja muut palomääräykset. Kattilahuone ja polttoainetila on osastoitava erilleen muusta rakennuksesta, sekä myös kattilahuone ja polttoainetila on palo-osastoitava toisistaan erilleen paloturvallisuuden vuoksi.

Yleensä vaaditaan varaston/polttoaine tilan osalta paloluokitus EI30 palo-osastointi, eli 30 minuutin palonkestävyys. Kattilahuoneen tulee olla paloluokituksestaan EI60, jolloin sen palonkestävyys on vähintään 60 minuuttia. Kattilahuone tulee rakentaa palamattomasta materiaalista kuten betonista. Palo-osastoinnilla estetään tulipalossa tulen leviäminen rakenteisiin. Kattilahuoneessa oleva ovi tulee olla palonkestävä, joka aukeaa ulospäin. (Hassinen & Viirimäki 2008; Solmio 2005; Tukes 2019.)

10.2 Laitteiston paloturvallisuus

Laitteiston kunnossapitäminen ja huolto ovat tärkeitä asioita paloturvallisuudessa. Kattilahuoneessa olevalle kattilalle tulee olla hormin poikkipinta-alaan nähden vähintään 1,5 korvausilmakanava, jos tämä ei tule suoraan ulkoa vaan toisen tilan lävitse, tulee se paloeristää. Kattilalta lähtevä savupiipun mitoitus ja tämän liitoskohdat ovat tärkeitä paloturvallisuus asioita, jotka tehtävä huolellisesti. Hakelaitteistossa tulee olla kaksi toisistaan erillään olevaa ja riippumatonta takatulen estojärjestelmää, joiden tulee toimia myös mahdollisten sähkökatkojen aikana. Toinen suojista pitää olla vedellä toimiva sammutusjärjestelmä ja toinen takatulen esto järjestelmä voi olla sulkusyötin, pudotuskuilu tai kannellinen ilmatiivis syöttösiilo. Polttoainevaraston ja kattilahuoneen välinen syöttöruuvi on suuri paloriski takatuli tilanteessa, jonka vuoksi hake tulisi siirtää varastosta kattilalle kahden erillisen syöttöruuvien kautta, joiden välissä mahdollisimman tehokas ja varmatoiminen takapalo suojaus, kuten sulkusyötin tai pudotuskuilu (ks. kuvio 14). (Hassinen & Viirimäki 2008; Solmio 2005; Tukes 2019.) Hakelämmitykseen verrattuna maalämpö järjestelmä on paloturvallisempi, koska ei siinä ole tulta normaalissa toiminnassa, vaikkakin nykyiset hakelämmitysjärjestelmät ovat myös paloturvallisia nykyisten teknisien ratkaisuiden vuoksi.



Kuvio 16. Lokero/sulkusyötin, joka on varastoruuvin ja kattilalle menevän ruuvin välissä toimii yhtenä takatulisuojana. Tällä saadaan 100% takatuli suojaus (Nhk-Keskus 2019)

11 Lupa-asiat

Rakennuslupa on haettava kaikille uudisrakennuksille, laajennuksille, uudisrakentamiseen verrattavaan muutokseen, käyttötarkoituksen olennaiseen muutokseen ja muutoksiin, jotka vaikuttavat rakennuksen terveellisyyteen ja turvallisuuteen.

Halli/lämpökeskus rakennelma on uudisrakennus, jolloin sen rakentamiseen on haettava rakennuslupa.

Rakennuslupa pitää hakea Pieksämäen kaupungin rakennusvalvontaviranomaiselta lupapiste.fi palvelun kautta sähköisesti. Rakennuslupaa hakiessa siinä tulee olla seuraavat liite asiakirjat: rakennuslupahakemus, rakennushankeilmoitus, ulkovärisuunnitelma, ilmoitus vastaavasta työnjohtajasta, ilmoitus kvv–työnjohtajasta, ilmoitus ilmanvaihtolaitteiston työnjohtajasta, rakennusosakohtaiset lämmönläpäisykertoimet, selvitys naapurien kuulemisesta ja suostumisesta, selvitys rakennusjätteen käsittelystä, virallinen karttaote rakennuspaikasta kun asemakaava alueen ulkopuolella, tiedot vesi- ja viemäriiliittymistä, asemapiirros, pääpiirustukset ja suunnitelmat, ener-

giaselvitys sekä muut tarpeelliset selvityksen, kuten valtakirjat, kaupparekisteriotteet, poikkeusluvut. Myös taloon tehtävän lämmitysmuodon muutoksesta on haettava rakennuslupa muutos ja tehtävä siitä asianmukaiset piirustukset. Jos lämmitysjärjestelmäksi valittaisiin maalämpö tulisi hakea kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta toimenpidelupa järjestelmän tekoon. (Pieksämäki n.d.)

12 Johtopäätökset

Sähköenergian kulutusta saataisiin pienennettyä huomattavan paljon siirtymällä nykyaikaiseen hakelämmitykseen, mikä näkyisi myös sähkölaskussa rahallisesti reilulla 2500-3500 € vuodessa, 0,12 € - 0,15 €/ kWh sähkönhinnalla sähkölämmitykseen verraten, kuten myös maalämpö toisi merkittävää säästöä. Nykyiseen lämmitysjärjestelmään verrattuna maalämmöllä tulisi suurempi säästö, kuin hakkeella sähkön 0,12 €/ kWh hinnalla (ks. taulukko 9).

Taulukko 9. Kustannuksien vertailu eri lämmitysmuodoilla 0,12 € - 0,15 €/ kWh sähkön hinnoilla.

	hakelämmitys ostohakkeella		hakelämmitys omahake		maalämpö		sähkö		nykyinen polttopuu/sähkö		nykyinen oma polttopuu/sähkö	
	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa	määrä	euroa
kustannukset vuodessa 0,12€ sähköllä		2 256 €		1 706 €		1 500 €		4200		3 100 €		2 800 €
kustannukset vuodessa 0,15€ sähköllä		2 295 €		1 745 €		1 800 €		5 250 €		3 550 €		3 250 €
säästö vrt. sähkölämmitys 0,12€/ kWh		1 944 €		2 494 €		2 700 €		0 €		1 100 €		1 400 €
säästö vrt. sähkölämmitys 0,15€/ kWh		2 955 €		3 505 €		2 550 €		0 €		1 700 €		2 000 €
säästö nykyiseen lämmitykseen sähkö 0,12€/ kWh		844 €		1 094 €		1 600 €						

Kuluissa ei ole huomioitu rakennuksista tai laitteistoiden hankinnasta tulevia kuluja, mutta nykyisellä sähkön hinnalla suora rahallinen säästö ei ole nykyiseen lämmitys-järjestelmään verraten kovin suuri noin 1000 €. Investoinnin hankinnan maksaminen pelkällä säästöllä sähkössä on pitkäaikainen asia, mutta sähkön hinnan nousu vaikuttaa tuntuvasti, vaikkei olisikaan monia senttejä, varsinkin kun sähkön hinnan nousu on todennäköisempää kuin hinnan laskeminen. Huomioiden kuitenkin nykyisenkin puulämmityksen vaikutus korvaavana sähkönkulutuksen pienentämiseen, olisi hakeella mahdollista saada noin 5000 € säästö lämmitykseen käytettävästä sähkönkulutuksesta (ks. taulukko 3). Mikä vaikuttaisi tuntuvasti laitteistojen hankinnan takaisin maksuun.

Hakelämmitykseen siirtyminen tulisi maksamaan kokonaisuudessaan noin 140000 € ilman avustusta, mikä sisältää uudisrakennukset. Tästä hakelämmityslaitteiston, kaanalin ja asuinrakennuksen muutos työt noin 40000 € (ks. taulukko 4). Mahdollisten avustusten jälkeen lämmitysjärjestelmän muutokselle ja rakennuksille jäisi hintaa noin 115000 €.

Tilalla on mahdollista saada avustuksia. Mahdollinen avustuksen osuus voisi olla hyväksyttävästä investoinnista mahdollisesti noin 23000 € (ks. taulukko 7), mikä laskeaan maatalouden osuudesta investointiin, yksityistalouden osuuteen ei ole tällä hetkellä saatavissa avustuksia, jos lämmitysjärjestelmän muutos toteutetaan pelkästään asuinrakennusta ajatellen ei projektiin ole saatavilla minkäänlaisia avustuksia. Tämän vuoksi on järkevää huomioida lämmitysjärjestelmän muutoksen suunnitelman tekemisen yhteydessä myös tulevat maatalouden tarpeet, jolloin on mahdollista hyödyntää myös avustuksia.

Avustuksia on mahdollista saada myös muihinkin uusiutuvan energian käyttökohteisiin, kuten muun muassa maalämpö-, aurinkovoima-, tuulivoima-, pelletti- ja klapi-lämmitysjärjestelmiin.

13 Pohdinta

Investoinnin tekeminen pelkän sähkönkulutuksen pienentämisen näkökulmassa nykyisestä, ei kovinkaan kannattavaa pelkästään rahassa mitattuna, lasketaan kuluille hintaa, mutta saatava hyöty työolosuhteiden, toimintavarmuuden ja omavaraisuuden kautta eivät ole kaiken kaikkiaan kokonaisuudessa, joka osalta rahassa mitattavissa. Ja kun huomioi kokonaisuudessaan säästön mitä voi saada olisi hakelämmitys mielestäni varteenotettava vaihtoehto. Sähkönkulutus pienenesi hakelämmityksellä paljon nykyisestä, mutta maalämmöllä investoinnin hintaan nähden kulutuksen pieneminen on verraten pieni nykyiseen nähden, mutta jos säästöä ajatellaan siihen nähden, että nykyään kaikki lämpö tuotettaisiin sähköllä, olisi säästö molemmilla merkittävä.

Lämmitysjärjestelmän vaihtoehtona hake on hyvä, mutta muitakin vaihtoehtoja kannattaa miettiä, kuten asuinrakennuksen lämmityksen pitäminen ennallaan ja lisäämällä esimerkiksi aurinkopaneelit, joilla tuottaa sähköä omaan kulutukseen ja ylituotettu sähkö sähköverkkoon, mikä hyvitetään seuraavissa sähkölaskuissa takaisin, järjestelmä toimii niin sanottuna verkkoakkuna. (Freeboenergy n.d.) Periaatteessa voi kesällä tuottaa reilusti oman kulutuksen yli ja käyttää sitä talvella, kun aurinkopaneelit eivät tuota tehokkaasti sähköä. Ja näin pudottaa sähkölaskun määrää.

Myös mahdollisesti leivinuunin tai takan muuttaminen vesikiertoiseksi, jolla voitaisiin mahdollisesti lämmitykseen käytettävää vettä lämmittää vesivaraajan, josta sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi lattialämmitykseen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen, tämän järjestelmän kaveriksi kesäajan lämpimän veden tuotantoon sopisi hyvin aurinkokeräimet. (Tulikivi n.d.; Tulituote 2019.)

Hallin lämmityksen ratkaisua ja jatkuvan lämmityksen todellista tarvetta kannattanee miettiä kustannus syistä, onko välttämättä järkevää. Voisiko vaihtoehtoinen lämmitin olla esimerkiksi puukäyttöinen Airhot lämminilmakehitin, mikä on edullinen hankkia, sisätilan lämmön saa nopeasti nostettua mukavaksi työskentelyä varten ja siinä voi polttaa vaikka epäkuranttia klapia tai vaikka haketta. (Ikavote n.d.) Mielestäni tämä-

kin hyvä vaihtoehto pajan lämpötilan pitämiseen plussan puolella, mutta näillä järjestelmillä ei päästä irti klapien teosta, jota tulisi tehostaa niin, että se olisi mahdollisimman vähän aikaa vievää ja vähän käden jälkiä jättävä.

Lämmitysjärjestelmän muutokseen useita mahdollisia tapoja hakelämmityksen lisäksi, joita kohteessa kannattaa miettiä. Jos järjestelmää aiotaan muuttaa johonkin muuhun nykyisestä, se vaatii arvokkaan investoinnin tekemistä lämmitysmuodosta riippumatta. Sähkönkulutukseen voi miettiä myös elintapojen vaikutusta mihin on totuttu, onko 2 – 3 asteen pudottaminen sisäilman lämpötilasta mahdollisuus, mikä näkyy suoraan lämmityskustannuksissa.

Useiden mahdollisten eri lämmitysratkaisuiden ja energiantuotannon lähteiden kanalta työ olisi kannattanut tehdä alusta lähtien vertaillen kaikkia mahdollisia järjestelmiä, jotka olisivat kohteeseen vartenotettavia, eikä pelkästään tutustua vain yhteen järjestelmään. Vertailu olisi kannattanut tehdä kustannuksiltaan ja hankinta hinnaltaan myös aurinko – ja mahdollisesti tuulivoimasta, sekä myös ihan perinteisestä halokolämmitysjärjestelmästä nykyaikaisella klapi-kattilalla, mikä poikkeaa hakkeesta pääosin vain kattilan ja sen täytön osalta. Kohteeseen on hyvä suunnitella ja laskea myös edellä mainittuja energiantuotannon muotoja jatkossa ennen kuin tekee lopullista päätöstä lämmitysjärjestelmän päivitykseen. Järkevää on myös miettiä pystyisikö tuottamaan myös muun sähkönkulutuksen vaatiman sähkönmäärän, jollakin järjestelmällä, että voisi olla mahdollisesti omavarainen kaikesta sähkönkulutuksesta. Investoitaessa on hyvä laskea ja miettiä myös olisiko järkevää yhdistää esim. hakelämmitysjärjestelmä ja aurinkopaneelit, jolloin voisi tuottaa myös muun käytettävän sähkön järkevän kokoisella investoinnilla, kun lämmitykseen käytettävä sähkö olisi saatu jo minimoitua.

Lähteet

Ariterm. 2014. Aritermin biolämmitys opas. Viitattu 15.3.2019

Bioenergianeuvoja. 2019. Bioenergianeuvoja internet sivusto. Viitattu 16.3.2019.
<http://www.bioenergianeuvoja.fi/>

Carbon Brief. 2019. Artikkelin bioenergian käytöstä. Viitattu 15.11.2019.
<https://www.carbonbrief.org/iea-bioenergy-lead-growth-renewables-over-next-five-years>.

Energialaskuri, n.d. Savon Voiman energialaskuri. Viitattu 10.1.2020.
<https://energiaa.savonvoima.fi/energialaskuri/>

Freeboenergy. n.d. Freebo energyn internet sivusto. Viitattu 4.1.2020.
https://www.freeboenergy.com/?utm_source=pohjolaenergia&utm_medium=redirect&utm_campaign=Old%20site

Halkoliiteri. 2020. Halkoliiterin internet sivujen energia laskuri. Viitattu 12.1.2020.
<http://www.halkoliiteri.com/?id=170>

Hargassner. n.d. Hargassnerin hakekattilat opas. Viitattu 15.3.2019.

Hartikainen, J. 2019. Vieska talojen myyjä. Haastattelu/tarjous hallista. Viitattu 17.11.2019.

Hassinen, U. & Viirimäki, J. 2008. Maatilan hakelämmitysopas. Viitattu 15.3.2019.
http://www.puulakeus.net/docs/109-TgY-Maatilan_hakelammitysopas_lopullinen.pdf

IEA. 2019. Kansainvälisen energiajärjestön internet sivusto. Viitattu 15.11.2019.
<https://www.iea.org/renewables2018/>.

Ikavote. n.d. Ikavoten internet sivusto. Viitattu 3.1.2020.
<http://www.ikavote.info/airhot-lammitin/>

Karjalainen, J. 2019. Tutustuminen omakotitalon hakelämmitys kohteeseen. Haastattelu 27.7.2019

Latvaenergia n.d. Eta-tuotteen Latvaenergian verkkosivuilta. Viitattu 15.3.2019.
<http://www.latvaenergia.fi/fin/index.php/eta-tuotteet/hakekattilat>

Lämpöykkönen. n.d. Maalämpöpumpun ostajan opas Lämpöykkösten internet-sivusto. Viitattu 11.1.2020. https://lampoykkonen.fi/wp-content/uploads/2015/08/mlp_opas.pdf

Meltex. 2020. Meltexin internet- sivusto. Viitattu 10.1.2020.
<https://www.meltex.fi/fi/tuote/mx-4-flex#/productinfo>

Motiva.2019. Motivan internet-sivusto, Uusiutuva energia Suomessa. Viitattu 12.5.2019.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa

Mottinetti. n.d. Mottinetin internet- sivusto. Viitattu 16.1.2020.

<http://mottinetti.fi/haku/toimitusalue/etela-savo/>

Mäkiranta, T. 2019. Kortesianiemi Oy:n tuoteryhmävastaava. Haastattelu/tarjous hallista. 17.11.2019

Nhk-Keskus. 2019. Hakekattila Nhk:n internet sivusto. Viitattu 19.11.2019.

<http://www.nhk.fi/hakekattila-hpk-ra.html>

Pieksämäki. n.d. Rakennus- yms luvat. Pieksämäen kaupungin internet-sivut.

<https://www.pieksamaki.fi/palvelut/rakentaminen-ja-tontit/rakennus-ym-luvat/>

Roponen, O. 2019. Lämpövelhot OY:n osaomistaja. Haastattelu/tarjous 18.10.2019

Ruokavirasto. 2019. Maatalouden investointi tuki kohteet. Ruokaviraston internet sivusto. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/>

Sahaviita, M. 2019 Nhk-Keskus. Haastattelu 5.7.2019

Solmio, H. 2005. Maatilan hakelämmityksen paloturvallisuus. Helsinki: Työtehoseura 2005 Viitattu 19.11.2019

Thermia. 2019. Thermian internet- sivusto. Viitattu 19.11.2019.

<https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/>

Tukes. 2019. Kiinteän polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuus. Viitattu 19.11.2019. <https://tukes.fi/documents/5470659/6424402/Kiinte%C3%A4n%20polttoaineen%20%C3%A4mmityskattiloiden%20turvallisuus/7eca5da3-fb9c-46c7-a1e7-03586057152c>

Tulikivi. n.d. Tulikiven internet- sivusto. Viitattu 4.1.2020.

https://www.tulikivi.fi/tuotteet/TulikiviGreen_W10-Vesilämmitysjärjestelmä

Tulituote. 2019. Tulituotteen internet-sivusto. Viitattu 4.1.2020.

https://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/vesikiertotakka_raataloidyt_paketit/

Työ- ja elinkeinoministeriö. n.d. Työ- ja elinkeinoministeriön internet sivusto. Viitattu. 29.5.2019. <https://tem.fi/uusiutuva-energia>

Yrjänä, S. 2019. Latvaenergia. Haastattelu 5.7.2019

