

Juho Ruohonen

KIINTEISTÖKOHTAINEN PELLETTILÄMMITYS PIENTALOSSA

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2013

KIINTEISTÖKOHTAINEN PELLETTILÄMMITYS PIENTALOSSA

Ruohonen, Juho
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Heinäkuu 2013
Ohjaaja: Kivioja, Teppo
Sivumäärä: 32
Liitteitä: 1

Asiasanat: bioenergia, pelletit, lämmitysjärjestelmät

Työn aiheena oli pellettilämmityksen suunnittelu pientaloon. Työn tilaajana oli helsinkiläinen suunnittelutoimisto Cadpool Oy. Tarkoituksena on lisätä pelletin käyttöä Suomessa lämmitysenergiana ja lisätä näin lämmitysenergian kotimaisuusastetta Suomessa.

Työn tavoitteena oli kehittää lämmitysjärjestelmien vertailu- ja energialaskuri, jonka avulla pystyy vertailemaan pellettilämmityksen kustannuksia muihin lämmitysjärjestelmiin. Toisena tavoitteena työssä oli tuottaa neljään erilaiseen pientalokiinteistöön suunnitelmat öljylämmityksen korvaamiseksi pellettilämmitykseen.

Työssä käydään läpi pellettilämmityksen suunnittelun teoriaa ja aiheeseen liittyviä palomääräyksiä, jotka on annettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa E1, E3 ja E9. Tämän teorian pohjalta on toteutettu pellettilämmitysjärjestelmien suunnittelu neljään esimerkkikohteeseen.

Työ tehtiin osana konseptia, jossa on tarkoitus kehittää kokonaiskonsepti kiinteistökohtaisen pellettilämmityksen toteuttamiseen. Neljä kohdetta, joihin tässä työssä tehtiin suunnitelmat öljylämmityksen korvaamiseksi pellettilämmityksellä, ovat konseptin pilottikohteita. Näissä kohteissa testattiin konseptin toimivuutta ennen varsinaisen toiminnan aloittamista. Työn osana toteutettua lämmitysjärjestelmien vertailua ja energialaskuria voidaan käyttää konseptissa pellettilämmityksen markkinoinnin tukena osoittamaan pellettilämmityksen todelliset kustannukset verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin.

INDIVIDUAL PELLET HEATING SYSTEM IN A ONE-FAMILY HOUSE

Ruohonen, Juho

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

July 2013

Supervisor: Kivioja, Teppo

Number of pages: 32

Appendices: 1

Keywords: bio energy, pellets, heating systems

The subject was to plan a pellet heating system of a one-family house. The orderer for the work was a design company Cadpool from Helsinki. The meaning is to increase the use of pellet as a source of heating energy in Finland and add use of domestic energy resources.

The target of the work was to develop a counter to compare different heating systems and with which client can compare the costs of a pellet heating in an addition to other systems. The other target was to create plans to four different kinds of one-family houses how to replace oil heating with pellet heating.

The work includes the theory of planning of pellet heating and fire regulations related to subject given in Finnish building regulation in parts E1, E3 and E9. Based on this theory the planning of pellet heating systems has been executed to four example houses.

The work was made as a part of concept in which the meaning is to develop general view in executing of individual pellet heating for one-family houses. Four targets were used in this work and the plan of replacing oil heating with pellet heating was part of the pilot project. The concept was tested in these targets before starting the actual operations. The comparison and the counter of different heating systems can be used in this concept as part of marketing and to point the real expenses of pellet heating comparing to other systems.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT	6
2.1	Työn taustat	6
2.2	Työn tavoitteet	7
3	PELETTI LÄMMITYSJÄRJESTELMÄNÄ	7
3.1	Pientalojen lämmitysenergian tuotanto Suomessa	7
3.2	Pellettilämmityksen erityispiirteet	9
3.2.1	Pellettivarasto	9
3.2.2	Pellettikattila	11
3.2.3	Siirtokuljetin	12
3.3	Pellettilämmityksen toiminta	13
4	PELETTILÄMMITYKSEN SUUNNITTELU	14
4.1	Pellettilämmityksen suunnittelussa huomioitavaa	14
4.2	Pellettilämmityksen mitoitus	14
4.3	Polttoainevaraston mitoitus	15
4.4	Pellettivaraston täyttö puhallusautolla.....	15
4.5	Lämpökeskuksen paloturvallisuus	17
5	PELETTILÄMMITYS PILOTTIKOHTTEIDEN SUUNNITTELU	17
5.1	Pilottikohteiden suunnittelu	17
5.2	Pientalo 120m ² saneerauskohde.....	18
5.3	Pientalo 300m ² saneerauskohde.....	19
5.4	Pientalo 500m ² saneerauskohde.....	20
5.5	Pienteollisuusrakennus 1000m ²	22
6	LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU JA ENERGIALASKENTA	22
6.1	Lämmitysjärjestelmien elinkaarilaskennan tavoitteet	22
6.2	Lämmitettävän kiinteistön tiedot	23
6.3	Polttoaineiden hinnat	24
6.4	Lämmitysjärjestelmän kannattavuusvertailu	25
6.5	Laskurin ulkoasu	27
7	LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILULASKENNAN TULOKSET	28
7.1	Laskennan tulosten vertailu	28
7.2	Laskennan tulosten virhetarkastelu	29
8	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Suomessa on yli 200 000 pientaloa, joiden lämmitysjärjestelmänä on öljylämmitys. Öljyn pitkään jatkuneen hinnan nousun johdosta, monella öljylämmittäjällä on paineita vaihtaa lämmitysjärjestelmä edullisempaan ja ekologisempaan vaihtoehtoon. Pellettilämmitys on tähän yksi vaihtoehto, edullisten polttoainekustannusten, suuren kotimaisuus asteen ja ekologisuutensa johdosta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuri, jota voi käyttää apuna vertailtaessa pellettilämmityksen todellisia kustannuksia verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin. Laskuri auttaa lämmitysjärjestelmäsaneeraajaa hahmottamaan, mistä kaikista kustannukset muodostuvat ja mitkä ovat suurimpia kulueriä milläkin lämmitysjärjestelmällä. Toisena tarkoituksena tässä opinnäytetyössä on tuottaa suunnitelmat neljään erityyppiseen pilottikohteeseen, jossa vanha öljylämmitys korvataan pellettilämmitysjärjestelmällä.

Työn tilaaja on Cadpool Oy, joka on helsinkiläinen suunnittelutoimisto. Työn tilaaja on mukana konseptissa, joka kehittää kokonaiskonseptia kiinteistön pellettilämmitykseen. Tämän opinnäytetyön tuloksia voidaan käyttää hyväksi konseptin kehittämisessä ja markkinoinnissa tulevaisuudessa.

2 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Työn taustat

Tämä opinnäytetyö tehdään Cadpool Oy:lle. Työ on osana konseptia, jossa on tarkoitus korvata olemassa olevia öljylämmityksiä uusiutuvalla pellettienergialla. Hankkeessa kehitetään valmis kokonaiskonsepti kiinteistön pellettilämmitykseen. Konsepti pitää sisällään kaikki asiakkaan tarvitsemat tuotteet, palvelut ja verkostot.

Markkinoilla on tällä hetkellä paljon yksittäisiä toimijoita pellettilämmityksen saralla ja alan tuotekenttä muodostuu eri valmistajien yksittäisistä osakomponenteista. Asiakas joutuukin tällä hetkellä itse sovittelemaan tuotteet yhteensopivaksi omaksi kokonaisuudeksi. Tämä on johtanut useisiin toimimattomiin ratkaisuihin alalla ja pellettilämmitys onkin saanut tästä syystä negatiivista mainetta viime vuosina. (Pellettilämmitys työpaja, 2013)

Työn osana oleva pellettilämmitysjärjestelmänsuunnittelu perustuu konseptissa mukana olevien yritysten tuotteilla rakennettavaan pellettilämmitysjärjestelmään neljään erityyppiseen pilottikohteeseen. Kohteet ovat erityyppisiä niin kooltaan kuin käyttötarkoitukseltaan, näin on jouduttu miettimään mahdollisimman laajasti suunnittelua konseptin tuotteilla. Työn osana oleva lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuri antaa selkeän kuvan asiakkaalle, konseptin myyjälle ja suunnittelijalle mitkä ovat uuden pellettilämmityksen todelliset kustannukset verrattuna muihin lämmitysjärjestelmävaihtoehtoihin.

Ehdotus työn toteuttamiseen tuli Cadpool Oy:ltä ja ajatuksena oli toteuttaa lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuri opinnäytetyönä. Työtä laajennettiin jo ennen sen aloittamista niin, että samalla toteutetaan neljän eri pilottikohteen suunnittelu pellettilämmityksen osalta. Tämä antoi lisää näkökulmia laskurin toteuttamiseen ja samalla pystyi arviomaan helpommin, mitä asioita laskurissa tulisi huomioida.

Neljän pellettilämmitys pilottikohteen suunnittelun ansiosta työssä oli perehdyttävä syvemmin pellettilämmitykseen, kuin mitä pelkän lämmitysjärjestelmien vertailu ja

energialaskurin toteuttaminen olisi vaatinut. Jos opinnäytetyönä olisi toteutettu pelkkä lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuri, olisi syventyminen itse pellettilämmityksen toimintaan ja erilaisiin näkökulmiin sen suunnittelussa jäänyt toteuttamatta.

2.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli tuottaa neljään eri pilottikiinteistöön suunnitelmat uudesta lämmitysjärjestelmästä, joihin tullaan saneeraamaan öljylämmityksen tilalle pellettilämmitysjärjestelmä. Työssä mallinnettiin tilanne kohteessa nykyisillä lämmöntuotantoratkaisuilla ja uudella pellettilämmitysjärjestelmäratkaisulla. Näin pystyttiin varmistamaan mittatarkasti uuden järjestelmän dimensiot ja toimivuus kyseisessä kohteessa.

Toisena tavoitteena työssä oli rakentaa lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuri pellettilämmitykselle, jossa sen investointi-, käyttö ja ylläpitokustannuksia pystyy vertailemaan muihin lämmitysjärjestelmiin. Laskurin tarkoituksena on havainnollistaa eri lämmitysmuotojen todellisia kustannuksia verrattuna pellettilämmitykseen. Erityistä huomiota laskurissa on tarkoitus kiinnittää pellettilämmityksen ja maalämmön kustannuseroihin saneerauskohteissa, joissa on vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä lämmönjakotapana.

3 PELLETTI LÄMMITYSJÄRJESTELMÄNÄ

3.1 Pientalojen lämmitysenergian tuotanto Suomessa

Suomessa öljylämmitys on yksi suosituimmista pientalojen lämmitysmuodoista, tällä hetkellä Suomessa on runsaat 200 000 öljylämmitteistä pientaloa. Näiden kohteiden lämmityskustannukset ovat pyrkineet kasvamaan viime vuosina öljyn globaalin hinnan nousun vuoksi. Öljyn käyttäminen lämmitysenergian tuottamiseen ei kasvata Suomen markkinataloutta vaan lisää tuontienergian määrää ulkomailta. Vastaavasti taas puupelletti on puhtaasti kotimainen polttoaine, jota käyttämällä pystytään kas-

vattamaan Suomen energiankäytön kotimaisuusastetta. (Öljyalan keskusliiton www-sivut 2013.)

Puupelletin suosio Suomessa lämmitysenergian tuottamiseen on ollut viime vuosina kasvussa. Pelletin suosion lisääntymistä on auttanut pellettilaitteiston kohtuullinen hankintahinta, edulliset käyttökustannukset ja laitteiston käytön vaivattomuus. Pellettilämmityksessä käytettävä energia on lähes kokonaan kotimaista ja ympäristöystävällistä polttoainetta. Suomessa käytettävä puupelletti on kokonaan metsäteollisuuden sivutuotteista valmistettava biopolttoaine. Pelletin raaka-aineena toimivat sahanpuru, kutterinpuru ja hiontapöly. Pelletin etuna on sen korkea lämpöarvo verrattuna muihin metsäjakeista tuotettaviin polttoaineisiin ja tasainen partikkelikoko mahdollistaa lämmitysjärjestelmän automaattisen toiminnan ilman häiriöitä (Ariterm www-sivut 2013).



Kuva1. Pelletti on metsäteollisuuden sivutuotteista valmistettava polttoaine. (Versowood www-sivut 2013)

Pellettilämmitysjärjestelmä sopii hyvin kohteisiin, joissa on vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä. Erityisesti pellettilämmitys on hinnaltaan kilpailukykyinen kohteissa, joissa on perinteinen patterilämmitys lämmönluovutustapana. Näissä kohteissa pellettilämmitys sopii niin uudis – kuin saneerauskohteisiin. Erityisen kilpailukykyinen pellettilämmitys on, kun haetaan saneerauskohteessa korvaajaa vanhalle öljylämmitysjärjestelmälle. Tällöin pellettilämmitystä puoltaa järjestelmän samankaltainen rakenne kuin öljylämmityksessä, polttoaineen vakaa hintakehitys, järjestelmän helppokäyttöisyys, vähäinen huoltotarve ja kotimainen uusiutuva biopolttoaine. (Motiva 2012.)

3.2 Pellettilämmityksen erityispiirteet

Pellettilämmitysjärjestelmä vaatii moneen muuhun lämmitysjärjestelmään verrattuna paljon tilaa kiinteistöltä. Aina ennen pellettilämmitysjärjestelmään päätymistä tulee varmistua, että kiinteistössä on riittävät tilat järjestelmän toteuttamiseen. Jos kiinteistössä on kovin vähän tilaa käytettävissä lämmöntuotantojärjestelmälle, voidaan tilanetta helpottaa esimerkiksi ulos rakennettavalla pellettivarastolla. Ulos sijoitettu pellettivarasto voi sijaita joko maan päällä verhoiltuna maisemaan sopivaksi tai se voidaan kaivaa maan alle pois näkyvistä ja viemästä tilaa piha-alueelta.

Pellettilämmitys on automaattinen lämmitysjärjestelmä, joka on suunniteltu toimimaan termostaatin avulla automaattisesti. Kuitenkin se vaatii säännöllistä huoltoa ja tarkkailua toimiakseen suunnitellusti. Tällaisia huoltotoimenpiteitä ovat säännöllinen tuhkanpoisto, järjestelmän nuohous kiinteistön muiden tulipisteiden nuohouksen yhteydessä ja pellettivaraston tarkkailu, jotta osataan tilata lisää pellettiä oikeaan aikaan (Pellettienergia [www-sivut](http://www.pellettienergia.fi) 2013).

3.2.1 Pellettivarasto

Pellettilämmitys tarvitsee omat erilliset tilat, jonne se voidaan suunnitella. Suomen rakennusmääräyskokoelman osan E9 mukaan siihen tilaan, jossa kattila sijaitsee, ei voida sijoittaa kuin $0,5\text{m}^3$ kiinteää polttoainetta. Tällainen ratkaisu ei toimi kuin viikkosiiloratkaisuna, joka on täytettävä lämmityskaudella vähintään kahden viikon välein. Näin ollen kiinteistössä on oltava tai sinne on pystyttävä rakentamaan erilliset tilat kattilahuoneelle ja pellettivarastolle, jotka täyttävät rakennusmääräyksissä annetut palomääräykset. (Suomen RakMK E9 2005, 3)

Pellettivarasto vaatii paljon tilaa verrattuna esimerkiksi kevyeen polttoöljyyn, jonka tiheys on kolme kertaa suurempi kuin pelletillä. Pelletin hankintahinta on huomattavasti edullisempaa, kun sitä pystytään ostamaan suuri erä kerralla, joka toimitetaan puhallusautolla suoraan kiinteistön pellettisiiloon. Pienin kertatoimitus irtopellettejä on yleisesti 3 tonnia, joka vaatii kiinteistössä noin 5m^3 siilon. Tämän perusteella voidaan pitää siilon minimikokona 6m^3 tilavuutta, jotta varmistutaan pellettien toimitus-

varmuudesta ennen kuin pelletit loppuvat kokonaan siilosta. Kuitenkin yleisin kerta-toimituserä on 5 tonnia irtopellettejä, joka vaatii jo 8m³ siilon. Tämän kokoista siiloa voidaan pitää perusteltuna ratkaisuna monessa pientalokohteessa, koska 5 tonnia pellettä riittää usein pientalossa vuoden lämmitysenergian tuottamiseen. (VAPO 2005, 60)



Kuva 2. Pellettien varastointiin tarkoitettu säkksiilo ja pneumaattisena siirtojärjestelmänä pelletti-imuri. (Juho Ruohonen 2013)

3.2.2 Pellettikattila

Valittaessa kattilaa pellettilämmitysjärjestelmään on otettava huomioon pelletin erityispiirteet sitä poltettaessa. Pelletin ollessa puuta se tuottaa suuren määrän savukaasuja, verrattuna esimerkiksi kevyeen polttoöljyyn. Runsas savukaasumäärä ja pellettien polttoon sopimattomien konvektiopintojen takia öljynpolttoon suunnitellut kattilat eivät sovellu pelletinpolttoon. Vaikka pelletin poltto tuottaakin muuhun puun polttamiseen verrattuna vähän tuhkaa, on sille varattava kattilassa oma tilansa ja suunniteltava sen poisto kattilasta säännöllisin väliajoin. (LVI-11-10406 2006, 2.)

Suunniteltaessa pellettikattilaa lämmönjakohuoneeseen on siellä otettava huomioon, että kattilalle jää tarvittavat tilat huoltotoimenpiteitä varten. Suunniteltavan kohteen koosta, asukasmäärästä ja käyttötarkoituksesta riippuen on pellettikattilaan hyvä liittää lämminvesivaraaja, joka toimii lämpimänkäyttöveden puskurivarastona ja pidentää samalla kattilan yhtäjaksoisia palamisjaksoja. Varalämmönlähteenä pellettikattilassa yleensä käytetään sähkövastuksia, joiden avulla voidaan tuottaa lämmin käyttövesi mahdollisten häiriötilanteiden aikana ja estää lämmitysjärjestelmän jäätyminen (LVI-11-10406 2006, 2).



Kuva 3. Aritermin pellettikattila jossa pellettipoltin ja kattila on integroitu valmiiksi yhdeksi kokonaisuudeksi. (Ariterm www-sivut 2013.)

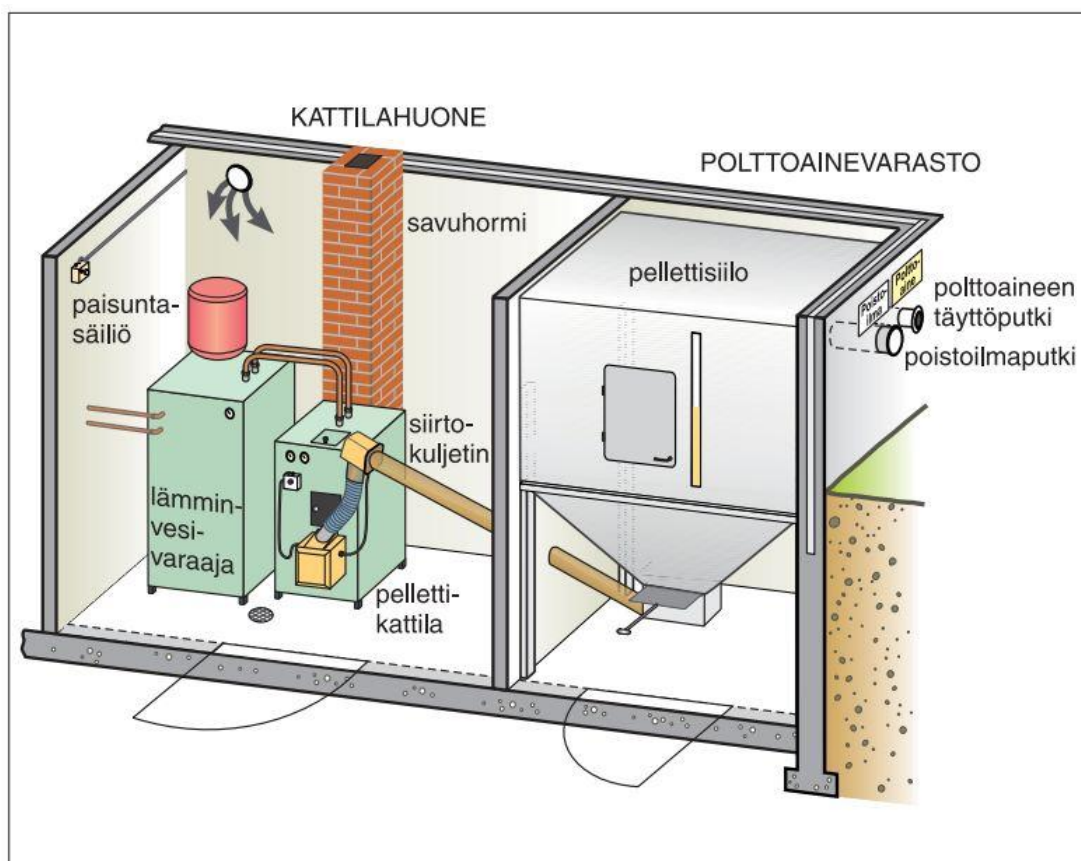
Markkinoilla on tarjolla kahdentyyppisiä ratkaisuja pellettikattilan ja polttimen yhdistämisestä. On olemassa valmiita paketteja, jossa kattila ja poltin on jo valmiiksi integroitu kiinteäksi kokonaisuudeksi, jolloin ne toimitetaan yhtenä kokonaisuutena. Toisessa vaihtoehdossa kattila ja poltin ovat kaksi eri kokonaisuutta, jotka yhdistetään vasta lämmönjakohuoneessa toimimaan keskenään. Tällöin on varmistuttava jo suunnitteluvaiheessa, että kattila ja poltin sopivat yhteen.

3.2.3 Siirtokuljetin

Puupellettien siirto pellettivarastosta polttimelle tapahtuu siirtokuljettimen avulla. Lämmitysjärjestelmän automatiikka ohjaa siirtokuljetinta automaattisesti lämmitystarpeen mukaan. Siirto pellettivarastosta polttimelle tapahtuu automaattisesti, sen mukaan kun poltin tarvitsee polttoainetta. Siirtokuljettimen tulee estää takapalotilanteissa palon leviäminen polttimelta pellettivarastotilaan. (Motiva 2012.)

Siirtokuljetin voi olla ruuvikuljetin, spiraalikuljetin tai pneumaattinen siirtojärjestelmä. Ruuvikuljetin sopii kohteisiin, joissa kattila ja pellettivarasto sijaitsevat samassa tasossa ja voidaan käyttää suoraa taipumatonta kuljetinta. Spiraalikuljetin sopii haastavampiin kohteisiin sen taipuisuuden johdosta. Spiraalikuljettimella pystytään tekemään loivia 45° kulmassa olevia mutkia, jolloin kuljetin voidaan asentaa sellaiseenkin kohteeseen, jossa kattila ja siilo sijaitsevat eri tasoissa. Siirtokuljetinvalmistajilta löytyy lähtökauluksia kuljettimille, jolloin ne voivat lähteä siilolta 360° kulmalla. Tämä ominaisuus helpottaa pellettivarastotilan hyödyntämistä mahdollisimman suurella siilolla.

Pneumaattinen siirtojärjestelmä voidaan toteuttaa pelletti-imurin avulla. Pelletti-imuria voidaan käyttää kun siirtoreitti kattilan ja pellettivaraston välillä on erityisen vaikea tai kun käytetään maanalaista pellettivarastoa. (Triotec Oy:n [www-sivut](http://www.triotec.fi) 2013.)



Kuva 4. Pellettilämmitysjärjestelmäkokonaisuus. (LVI-11-10406 2006, 2)

3.3 Pellettilämmityksen toiminta

Pellettilämmitysjärjestelmä hyvin suunniteltuna toimii automaattisesti termostaatin ohjauksella. Tällöin järjestelmä vaatii vain vähän ylläpitoa kiinteistön käyttäjältä. Pellettilämmitysjärjestelmät ovat kehittyneet viimeisten vuosien aikana huomattavasti ja niiden toiminta onkin parantunut selkeästi. Ennen pelletinpolttamiseen käytettiin paljon kattiloita, jotka olivat tarkoitettu hakkeelle tai muille biopolttoaineille. Niiden käyttäminen pelletinpolttamiseen aiheutti häiriötilanteita, kun pelletinsyöttö polttimelle ei ollut tasaista. Viime vuosina markkinoille tulleet kattilat ovat tarkoitettu vain pelletinpoltoon ja siten niiden toiminta on huomattavasti varmempaa.

(HT-enerco Oy:n www-sivut 2013)

4 PELLETTILÄMMITYKSEN SUUNNITTELU

4.1 Pellettilämmityksen suunnittelussa huomioitavaa

Lämmitysjärjestelmän suunnittelu ja valinta kiinteistökohtaisesti on tärkeää, sillä harvoin on kohteita joihin soveltuu täysin samanlaiset ratkaisut. Tämä korostuu etenkin saneerauskohteissa, joissa vanhat lämmitysjärjestelmälle varatut tilat ja ratkaisut voivat poiketa toisistaan paljonkin. Kiinteistökohtaisella lämmitysjärjestelmän suunnittelulla ja valinnalla pystytään vaikuttamaan merkittävästi käytön aikaisiin kustannuksiin ja järjestelmän ylläpitoon.

Saneerauskohteiden suunnittelussa tulisi tutustua suunniteltavaan kohteeseen ennen suunnittelun aloittamista ja suorittaa tarkemmittaus kohteessa. Näin varmistutaan suunniteltavien tilojen mitoista ja niiden todellisista hyödynnettävistä tiloista. Ennen suunnittelun aloittamista tulisi olla yhteydessä kunnan tai kaupungin paloviranomaiseen ja rakennusvalvontaan, jotta voidaan varmistua kyseisen kunnan käytännöistä ja erityisehdoista.

Samoin tulee selvittää tuleeko tilaan korvausilmaa ja miten sen tuonti on järjestetty. Pellettien hyvälle palamiselle on edellytyksenä riittävä korvausilman saanti. Mahdollisen olemassa olevan hormin mitat ja varmistuttava, että sen sijainti on tarpeeksi lähellä tulevaa kattilaa, jotta kattila pystytään liittämään hormiin. Myös hormin kunto on tarkistettava, voidaanko hormia käyttää sellaisenaan vai vaatiiko se ensin saneerauksen. (Louhisola 2012, 27.)

4.2 Pellettilämmityksen mitoitus

Pellettilämmityksen tilamitoitukseen vaikuttaa suuresti kuinka suurella automaatioasteella järjestelmän halutaan toimivan. Mitä suurempi automaatioaste valitaan, niin sitä enemmän järjestelmä vaatii tilaa kiinteistöstä. Saneerauskohteissa ei useinkaan pystytä vaikuttamaan käytettävissä olevan tilan määrään, vaan laitteet on valittava lämpökeskukseen käytettävissä olevan tilan mukaan. Tällöin järjestelmään ei välttämättä pystytä liittämään kaikkea haluttua automatiikkaa. Käytettävissä oleva tila on

usein rajoittava tekijä varalämmitysjärjestelmälle, eikä näin voida säilyttää vanhaa lämmöntuotantojärjestelmää varalla. Usein pellettilämmityskohteissa varalämmitysjärjestelmänä toimivat pellettikattilassa tai lämminvesivaraajassa olevat sähkövastukset (Louhisola 2012, 31).

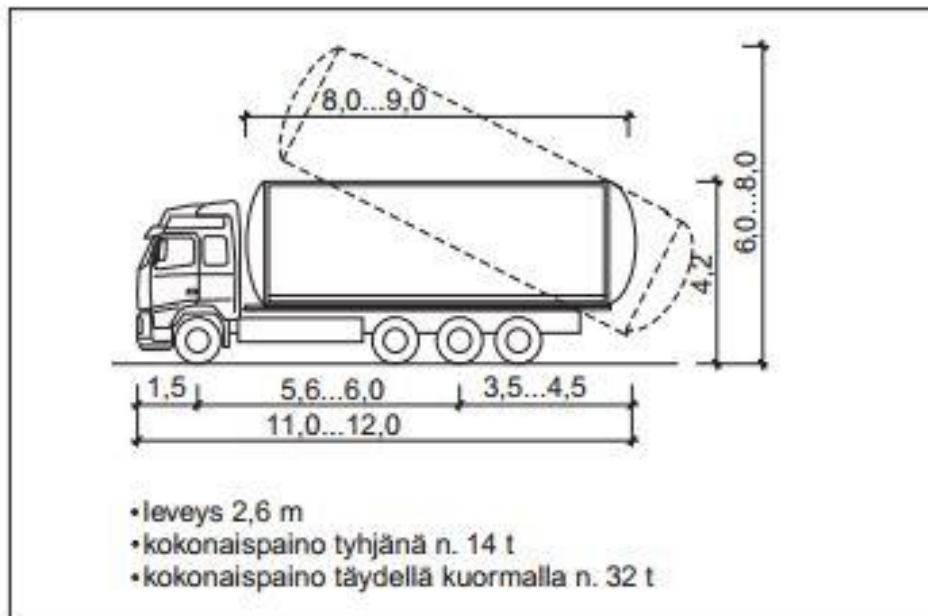
4.3 Polttoainevaraston mitoitus

Pellettien ostaminen polttoaineeksi on edullisinta, kun ne tilataan irtopelletteinä ja toimitetaan puhallusautolla suoraan kiinteistön pellettivarastoon. Suomessa pienin irtotavaran toimituserä on kolme tonnia, joka tarkoittaa noin 5m^3 pellettejä. Jotta pellettien ei tarvitse aina ensin loppua ennen kuin voidaan tilata lisää pellettejä, niin pellettivarasto tulisi mitoittaa vähintään 6m^3 suureksi. Tällöin jää pelivaraa pellettien tilaamisajankohdalle. (VAPO 2005, 60.)

Pellettivaraston sijoittelussa kiinteistössä tulee ottaa huomioon, että suositeltava purkuetäisyys puhallusautolta pellettivarastoon on enintään 15 metriä. Pellettivarastolta tulisi myös pystyä järjestämään kuljettimet niin kattilalle, ettei jouduta käyttämään yli kolme metrisiä kuljettimia. Jos siirtomatka kasvaa pidemmäksi, olisi kuljettimien välissä hyvä olla välivarasto. (VAPO 2005, 65.)

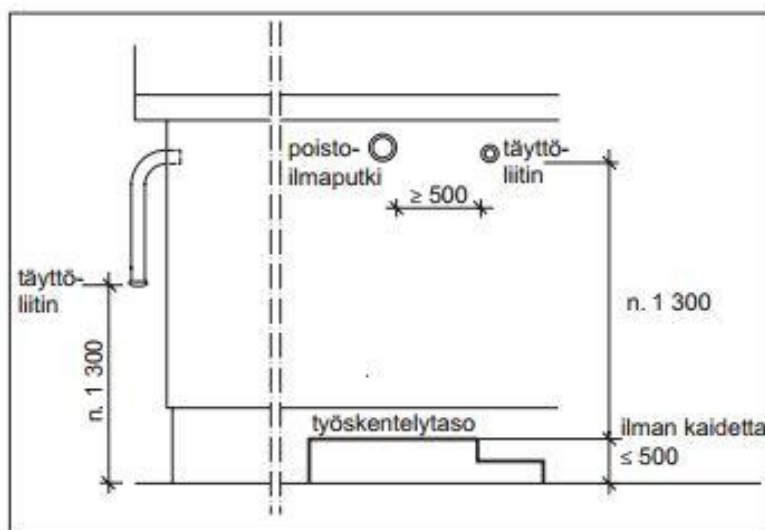
4.4 Pellettivaraston täyttö puhallusautolla

Irtopellettejä käytettäessä tulee suunnittelussa huomioida pellettivaraston täytön onnistuminen kuorma-autolla. Kiinteistölle johtavan tien tulee olla vähintään 3,5 metriä leveä ja kestää 32 tonnin painoinen puhallusauto. Kiinteistön läheisyydessä oltava kääntöpaikka, joka mahdollistaa 11 metrin kääntösäteen. Täyttöetäisyys puhallusautolta pellettivarastoon tulisi olla enintään 15 metriä ja sillä etäisyydellä autolle tulisi olla tasainen paikka, jossa ei ole esteitä nostaa auton lavaa pystyyn. Vapaata tilaa ylöspäin tulisi olla 6 – 8 metriä. (RT 98-10914, 5.)



Kuva 5. Puhallusauton mittoja. . (LVI-11-10406 2006, 6)

Pellettivarasto on varustettava täyttöyhteellä ja poistoilmaputkella. Täyttöyhteen tulee olla standardin SF4428 mukainen ja sen asennuskorkeus ei saa ylittää maasta 1500mm tai vaihtoehtoisesti on suunniteltava asianmukainen työskentelytaso. Poistoilmaputken minimi halkaisija on 160mm ja sen tulee olla vähintään 500mm etäisyydellä täyttöyhteestä. (LVI-11-10406 2006, 6.)



Kuva 6. Täyttöyhteen ja poistoilmaputken sijoittaminen kiinteistön seinään. (LVI-11-10406 2006, 6)

4.5 Lämpökeskuksen paloturvallisuus

Lämpökeskusta suunniteltaessa pientaloon tulee noudattaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osia E1, E3 ja E9. Niissä on annettu määräykset paloturvallisuutta koskien ja annettu ohjeita koskien hyvää rakennustapaa. Suunnittelun yhteydessä on hyvä varmistaa kyseisen kunnan palo- ja rakennusviranomaisilta heidän kantansa määräyksistä, koska heidän tulkintansa määräyksistä ratkaisee katselmuksessa.

Lämpökeskusta suunniteltaessa rakennuksen sisälle on huomioitava lämpökeskuksessa tarvittavat osastoinnit. Lämpökeskuksen ja pellettivaraston välinen seinä on oltava osastoiva. Lämpökeskusta rajaavat seinät, ovet ja ikkunat oltava osastoivia, samoin mahdolliset läpiviennit näiden rakenteiden läpi. Näin ollen pellettiensirtojärjestelmässä on oltava palokatko, kun se tuodaan palo-osastosta toiseen. Savunpoisto on järjestettävä osastoittain. Riittävästä ilmanvaihdosta lämpökeskuksessa ja pellettivarastossa on huolehdittava, jotta vältetään pellettien huonolta palamiselta ja siten keskuksen ylikuumentumiselta (Louhisola 2012, 35).

5 PELLETTILÄMMITYS PILOTTIKOHTTEIDEN SUUNNITTELU

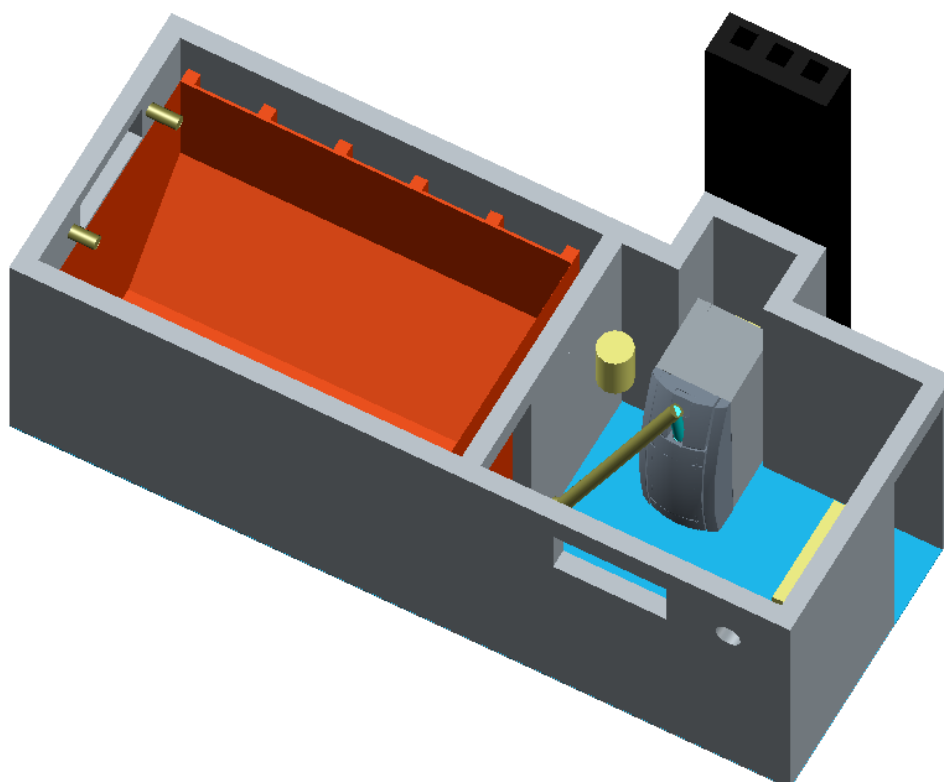
5.1 Pilottikohteiden suunnittelu

Tässä työssä yhtenä osa-alueena oli tuottaa suunnitelmat neljään erityyppiseen pilottikohteeseen, jossa vanha öljylämmitys korvataan pellettilämmityksellä. Suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa suunniteltavan kiinteistön omistaja toimitti piirustukset kohteesta, valokuvat vanhasta pannuhuoneesta, mahdollisesta pellettivarastotilasta ja tiedot nykyisen järjestelmän energiankulutuksesta ja sen toimivuudesta kohteessa. Pohjakuvasta ja valokuvista ilmenee lämmönjakohuoneen ja mahdollisen pellettivaraston mitat. Näiden tietojen perusteella kyseiset tilat mallinnettiin Auto- ja MagiCadin avulla.

Toisessa vaiheessa kohteeseen suunniteltiin pellettilämmitys kohteeseen sopivilla laitteilla. Tilat mallinnettiin jälleen Auto- ja MagiCadin avulla, jolloin pystyttiin havainnollistamaan tuleva tilanne mahdollisimman hyvin ja esittelemään se kiinteistön omistajalle. Tämä helpottaa kiinteistön omistajaa lopullisessa päätöksenteossa pellettilämmityksestä, kun pystyy hahmottamaan mitä tilaan on todellisuudessa tulossa. Mallintamisen yhteydessä kohteista laadittiin pohja- ja leikkauskuvat ja järjestelmäkuvaus, jotta niiden kanssa voidaan hakea tarvittavat rakennusluvut kohteeseen.

5.2 Pientalo 120m² saneerauskohde

Kyseinen kohde on pinta-alaltaan noin 120m² pientalo, jossa on tällä hetkellä öljylämmitysjärjestelmä. Nykyinen öljynkulutus on ollut 3 000 – 3 500 litraa vuodessa. Pannuhuone ja öljysäiliöt sijaitsevat kiinteistön kellarikerroksessa. Kohteessa puretaan vanha öljylämmitysjärjestelmä ja sen tilalle rakennetaan pellettilämmitysjärjestelmä. Kohteessa haasteita luo pellettivarastolle käytävissä oleva tilan mataluus ja suhteellisen suuri energiankulutus kiinteistön pohja pinta-alaan nähden.



Kuva 7. Pientalon pellettilämmitysjärjestelmä mallinnettuna.

Jo suunnittelun alkuvaiheessa todettiin, ettei käytettävissä olevaan pellettivarastotiilaan mahdu riittävän suuri pellettisiiloratkaisu. Suurimpana rajoittavana tekijänä oli tilan mataluus sen ollessa 2,1 metriä korkea. Niinpä päädyttiin paikalla levyistä rakennettavaan siiloratkaisuun, jossa tila voidaan käyttää mahdollisimman tehokkaasti. Valokuvien perusteella kohteen lämmitysjärjestelmätilat täyttävät jo nykyisellään palomääräykset myös pellettilämmitysjärjestelmänä. Lisäyksenä joudutaan kuitenkin asentamaan kattilahuoneen läpikulkevaan muoviviemäriin palomansetit, jotta kattilahuone on osastoiva myös kiinteistön ylempiin kerroksiin (Suomen RakMK E9 2005, 6).

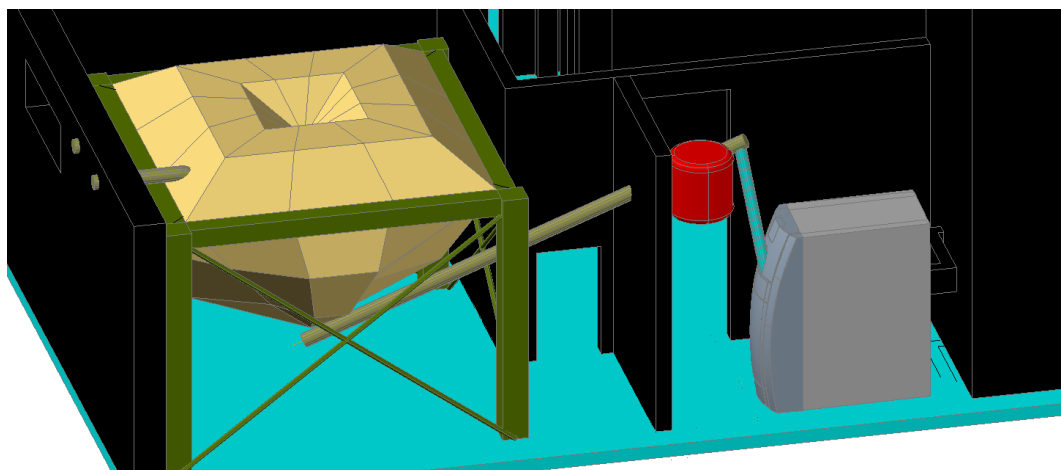
5.3 Pientalo 300m² saneerauskohde

Talo on rakennettu kahdessa eri vaiheessa, ensimmäinen osa noin vuonna 1920 ja laajennus vuonna 1962. Lämmitettävää pinta-alaa kohteessa on noin 300m² ja kiinteistö kuluttaa nykyisellään öljyä 3500l, puuta 10 pino-m³ ja sähköä 8000kWh. Kiinteistö on tyhjillään osan ajan vuodesta ja silloin lämpötila on pudotettuna sisätiloissa. Lämmitysjärjestelmän saneerauksessa varaudutaan tilanteeseen, jossa vuoden energiankulutus on 50 000kWh. Rakennus sijaitsee Hämeenlinnassa.

Kohteessa tällä hetkellä oleva öljylämmitysjärjestelmä sijaitsee talon ensimmäisessä kerroksessa, ne tilat tullaan saneeraamaan sauna- ja pesutiloiksi. Uusi pellettilämmitysjärjestelmä tullaan rakentamaan talon kellarikerrokseen. Kohteen omistaja päätyi pellettilämmitysjärjestelmään sen ekologisuuden ja suuren kotimaisuusasteen johdosta, niin polttoaineen kuin laitteiden osalta.

Kellarikerroksessa ei ollut valmiita tiloja pellettilämmitysjärjestelmälle, vaan ne joudutaan rakentamaan sinne, jotta tilat täyttävät paloturvallisuusmääräykset. Kattilahuoneen ja pellettivaraston väliin rakennetaan osastoiva seinä. Pellettivarastossa päädyttiin käyttämään säkkisiiloa pellettien varastointiin, sen kevytrakenteisuuden ja varmatoimisuuden ansioista. Säkkisiilosta on myös helppo todeta sen täyttöaste varaston ikkunasta katsomalla. Säkkisiilo on varmin ratkaisu tyhjentymään tyhjäksi asti ilman, että pelletti holvaantuu siilon seinämiin.

Pellettien kuljetus siilosta kattilalle hoidetaan spiraalikuljettimen avulla, jota polttimen automatiikka ohjaa lämmitystarpeen mukaan. Kiinteistön omistajan toiveiden mukaisesti kattila sisältää sähkövastuksen, joka toimii varalämmönlähteenä mahdollisissa häiriötilanteissa. Kohteen syrjäisen sijainnin vuoksi alueella esiintyy sähkökatkoja, jotka voivat kestää pidempiäkin aikoja. Tästä syystä pellettikattilalle suunniteltiin suora aggregaattiliitäntä, jolloin kattilaa voidaan käyttää sähkökatkonkin aikana.



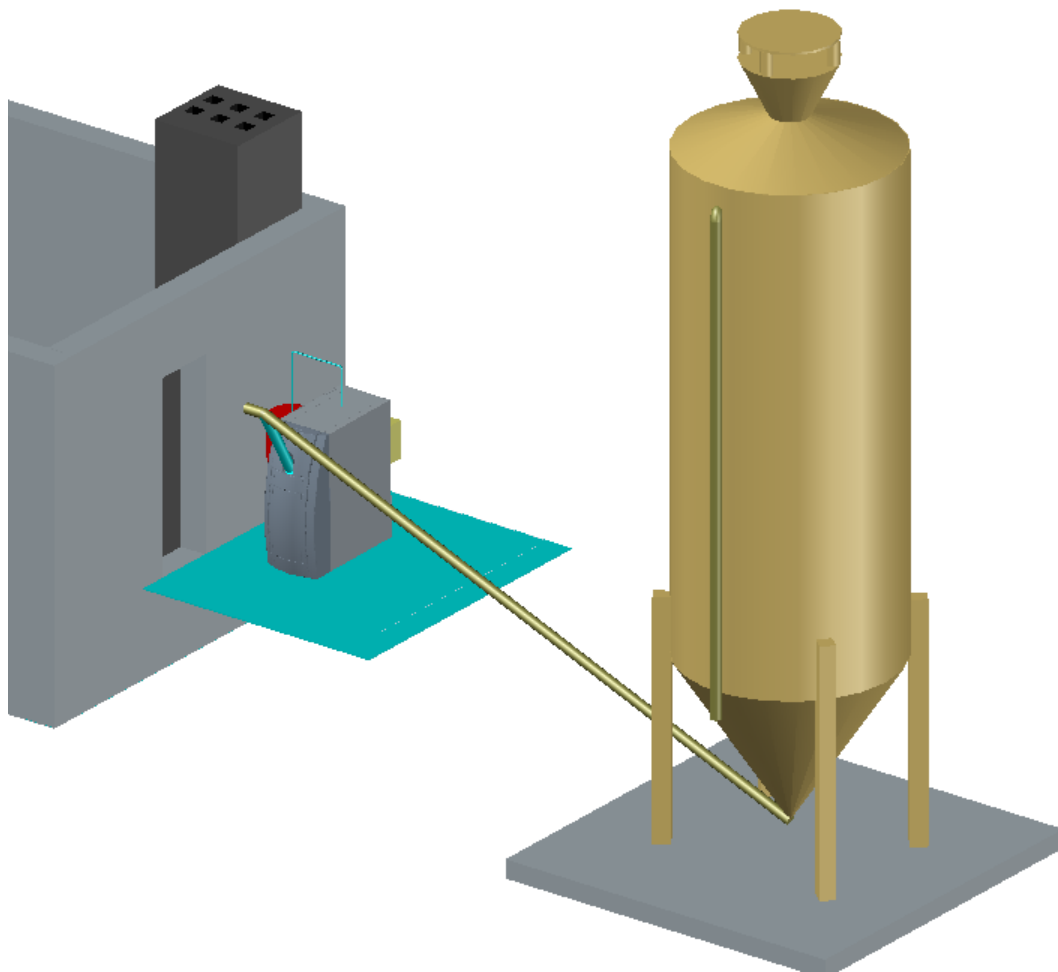
Kuva 8. Säkkisiilo ratkaisu mallinnettuna osana pellettilämmitysjärjestelmää.

5.4 Pientalo 500m² saneerauskohte

Kohde on vanha kansakoulurakennus, jossa tällä hetkellä on öljylämmitysjärjestelmä. Öljyä on kulunut vuosittain 8 000 – 10 000 litraa, joka tarkoittaa pelletinkulutuksena noin 30m³ vuosittain.

Kohteen erikoisuutena on suuri kattilahuone, jonka pinta-ala on noin 20m². Vastavasti varastohuoneen pinta-ala on vain 6m². Tämä aiheutti hankaluuksia pellettivarastoa suunniteltaessa, miten kohteeseen saadaan mahtumaan riittävä määrä pellettejä huomioiden kiinteistön suuren polttoaineen kulutuksen. Näin ollen ainoaksi järkevän kokoiseksi ratkaisuksi jäi ulkosiilo. Pellettien siirto siilolta polttimelle tullaan hoitamaan ruuvikuljettimen avulla.

Kohteeseen suunnitellaan majoituspalveluita tarjoavaa yritystä. Tällaisessa käytössä lämpimän käyttöveden kulutus on usein hetkellisesti suurtakin, sillä lämpimän käyttöveden käyttäjiä on useita. Jotta lämmin käyttövesi ei loppuisi suurien kulutuspiikkien aikana, kattilahuoneeseen suunniteltiin lämminvesivaraaja. Se tasaa lämpimän käyttöveden tarvetta eikä kattilaa ja poltinta tarvitse mitoittaa tällöin niin suuriksi. Näin saadaan polttimelle myös selkeät käyntijaksot, kun se tuottaa kerralla varaajan täyteen lämmintä vettä. Tämä lisää myös polttimen ja kattilan käyttöikä ja vuosihyötysuhdetta.



Kuva 9. Pellettilämmitykseen suunniteltu ulkosiilo mallinnettuna pilottikohteeseen Autocadin avulla.

5.5 Pienteollisuusrakennus 1000m²

Kohde on Viitasaarella sijaitseva teollisuusrakennus, jonka pohjapinta-ala on noin 1000m². Energiaa kohteen lämmittämiseen on kulunut vuosittain noin 86MWh, joka on koostunut 8000 litrasta lämmitysöljyä ja noin 6MWh sähköä. Kiinteistön erikoisuutena on alhainen sisälämpötila 12°C, tämä on lyhentänyt lämmityskautta ja säästänyt näin energiakustannuksia. Kohteessa syntyy prosessin sivutuotteena puupurua, jota on tarkoitus pystyä hyödyntämään lämmitysenergiana tulevaisuudessa.

Kohteessa päädyttiin valmiiseen lämmityskonttiratkaisuun, jossa on valmiiksi asennettuna täydellinen pellettilämmitysjärjestelmä. Kontti tarvitsee ainoastaan liittää olemassa olevaan lämmönjakojärjestelmään lämpökanaalin avulla. Tällaisella ratkaisulla vanha öljylämmitysjärjestelmä voidaan säilyttää varalämmitysjärjestelmänä, mahdollisten laiterikkojen ja huoltojaksojen varalle.

Kattilan mitoituksessa otettiin huomioon, jos kiinteistössä tullaan tulevaisuudessa nostamaan sisälämpötila korkeammaksi 12°C:sta. Näin pellettilämmitysjärjestelmä ei vaadi erityisiä toimenpiteitä, kun lämpötilan nosto tulee ajankohtaiseksi.

6 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU JA ENERGIALASKENTA

6.1 Lämmitysjärjestelmien elinkaarilaskennan tavoitteet

Osana tätä opinnäytetyötä oli tavoitteena tuottaa laskentamalli, jonka avulla pystyy vertailemaan kiinteistöjen lämmitysenergiantarvetta niin investointi-, käyttö- kuin ylläpitokustannuksiltaan halutulla aikajänteellä. Laskentamalliin pystyy syöttämään kiinteistön tietoja eri laajuudessa riippuen siitä kuinka hyvin ne ovat laskurin käyttäjällä tiedossa. Näitä tietoja ovat kiinteistön pinta-ala, kohteessa asuvien henkilöiden lukumäärä, lämmönluovutustapa kiinteistössä ja vanha toteutunut energiankulutus. Laskuri laskee vuotuiset kustannukset annuiteettimenetelmällä, jolloin investointi-

kustannuksia pystytään vertailemaan halutulla korkoprosentilla nykyarvolla annetulla aikajänteellä.

Pellettilämmitykselle vertailtaviksi lämmitysmuodoiksi laskurissa valittiin öljylämmitys, sähkölämmitys, kaukolämpö ja maalämpö. Näin laskurin käyttäjä pystyy vertailemaan kattavasti yleisimpiä lämmitysmuotoja ja niiden kustannuksia. Laskurin toteutus tapahtui Excel työkalulla.

6.2 Lämmitettävän kiinteistön tiedot

Selkein tapa mitata kiinteistön energiankulutusta saneerauskohteessa on muuttaa siinä käytetty polttoaine energiaksi. Laskurissa päädyttiin käyttämään tätä arvoa kiinteistön energian tarpeena, koska se kertoo todellisen käytetyn energian kohteessa. Toinen vaihtoehto olisi ollut käyttää rakentamismääräyskokoelman osan D5 antamia laskukaavoja mitoitukseen, mutta näitä tietoja on vaikeasti saatavissa saneerauskohteista, eivätkä ne aina kerro todellista energiankulutusta vaan ainoastaan teoreettisen kulutuksen.

Laskuriin voi syöttää käytetyn lämmitysöljyn, polttopuiden ja sähkön määrän, jonka jälkeen laskuri laskee kiinteistön käyttämän lämmitysenergian. Nämä tiedot on helppo tarkistaa edellisestä energiayhtiön laskusta, jos ne eivät muuten ole tiedossa. Puun ja öljyn käytetyn energian tiedetään menevän vain lämmitysenergian tuottamiseen. Sähkön kulutus on vaikeampi suhteuttaa, kuinka suuri osa on mennyt lämmitysenergiaksi ja paljonko on ollut muuta taloussähkön kulutusta.

Kiinteistön tiedot				
Huoneiston pinta-ala (m ²)	Huonekorkeus (m)	Asukasmäärä		
305	2,4	6		
Vesikiertoinen patterilämmitys		Vesikiertoinen lattialämmitys		
x				
Talon ominaiskulutus				
	Vanha talo 60-80	Uusi talo 30-50	Matalaenergia 15-25	Passiivitalo 10-15
	x			
				kWh/m ³
Rakennustilavuus				732 m ³
Käyttöveden lämmitys				6 000 kWh/a
Lämpöenergia yhteensä				57,2 MWh/a
Toteutunut energiankulutus				
Öljynkulutus (l/a)	Puunkulutus (m ³ /a)		Sähkönkulutus (kWh/a)	
4 850	10		0	
Toteutunut energiankulutus yhteensä				59,6 MWh/a

Kuva 10. Lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuriin voi syöttää kiinteistön tiedot ja toteutunut energiankulutus.

6.3 Polttoaineiden hinnat

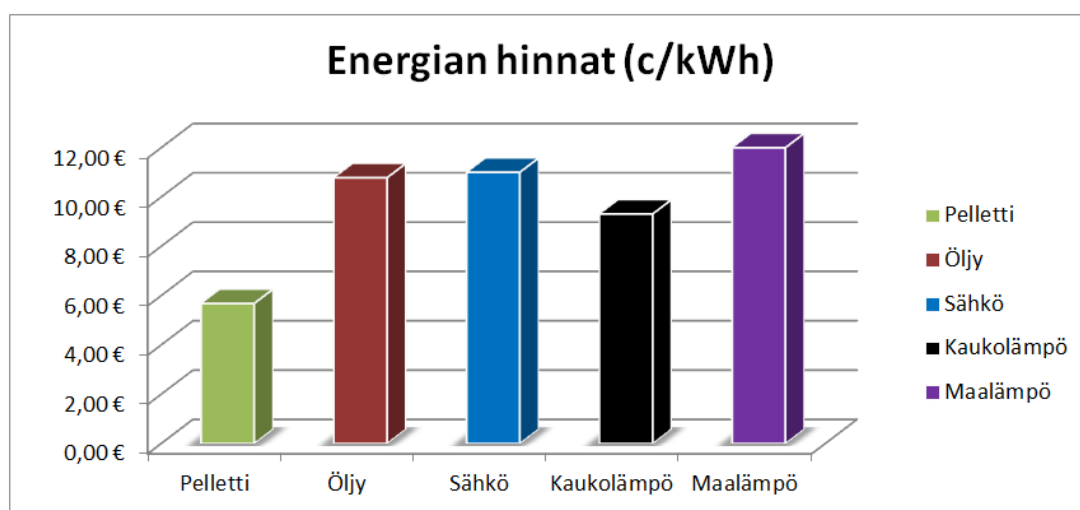
Polttoaineiden hinnoille on tyypillistä nopeinkin hinnan vaihtelut, siksi laskurissa päädyttiin ratkaisuun, jossa käyttäjä voi itse syöttää ajankohtaiset hinnat. Polttoaineiden ajankohtaisen hinnan löytämiseksi laskurissa on polttoaineiden hintojen yhteyteen lisätty linkit, joista voi löytää ajankohtaisen hinnan Internetistä. Linkeissä on pyritty puolueettoman hintatiedon löytämiseen ja siksi käytetty Tilastokeskuksen ja alojen keskusliittojen ylläpitämiä hintatilastoja. Tämä ominaisuus mahdollistaa käyttämään laskurissa myös käyttäjän omia hintoja, jos hänellä on esimerkiksi saatavissa jotain polttoainetta edullisesti.

11.6.2013

Polttoaineiden hinnat		
Pelletti	267,00 €/t	Tilastokeskuksen pelletin kuluttajahinta
Öljy	1,08 €/l	Öljyalan keskusliiton öljyn kuluttajahinta
Sähkö	11,00 c/kWh	Energiamarkkinaviraston sähkönhinta
Kaukolämpö	9,31 c/kWh	Energieollisuus ry:n kaukolämmön hinta
Maalämpö	12,00 c/kWh	Energiamarkkinaviraston sähkönhinta

Kuva 11. Lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuriin voi syöttää polttoaineiden hinnat.

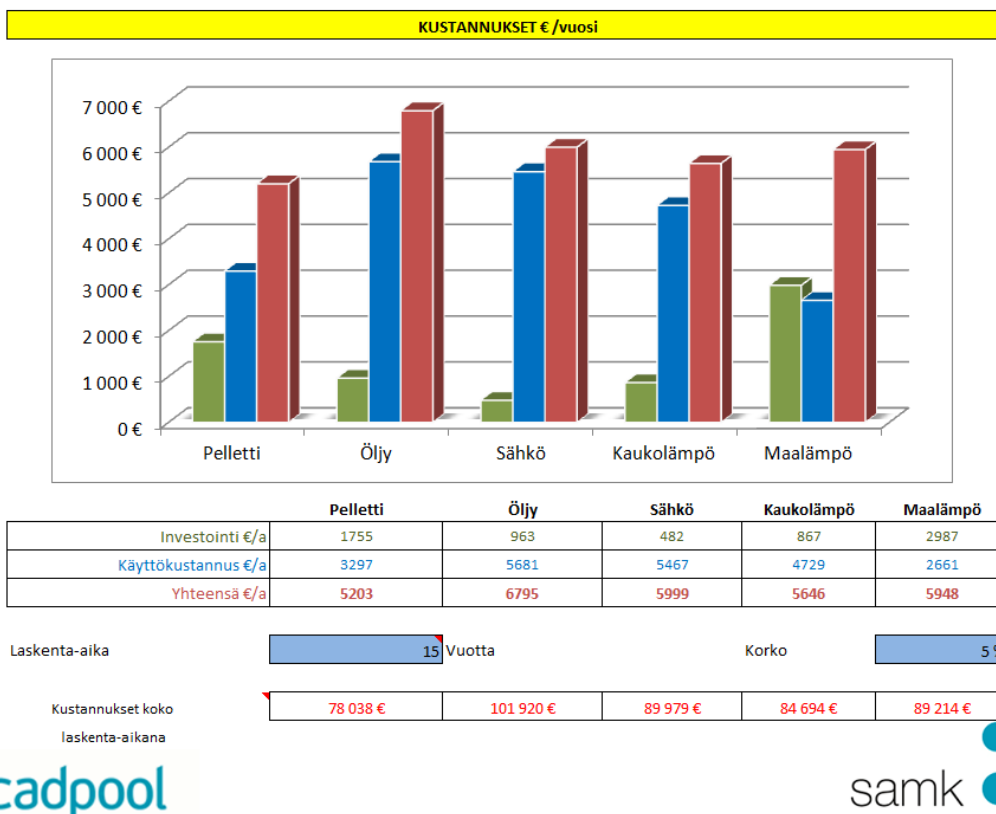
Laskurissa pystyy vertailemaan suoraan polttoaineiden hintoja kilowattituntia kohden ja paljonko polttoaineen käyttäminen vuodessa tulisi maksamaan kyseisessä kiinteistössä. Laskuri laskee kuinka paljon polttoainetta tarvitaan tarvittavan energian tuottamiseen.



Kuva 12. Lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskurissa käytetyt energian hinnat 11.6.2013.

6.4 Lämmitysjärjestelmän kannattavuusvertailu

Lopputuloksena laskurissa voi vertailla eri lämmitysjärjestelmiä investointi-, käyttö- ja kokonaiskustannuksiltaan. Näin voi helposti nähdä, mistä kustannukset eri lämmitysmuodoille muodostuvat syötetyillä tiedoilla.



Kuva 13. Lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskurin lopputuloksena on lämmitysjärjestelmien kannattavuusvertailu.

Lämmitysjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa suuresti, mitkä ovat järjestelmän ylläpitokustannukset vuodessa. Ylläpitokustannuksiin tulee ottaa huomioon järjestelmän huoltokustannukset vuodessa ja vertailtavalla aikajänteellä todennäköisesti uusittavat komponentit. Näitä ovat esimerkiksi maalämpöjärjestelmässä lämpöpumpun kompressorin ja pellettilämmityksessä sytytysvastus ja puhallin.

Investointikustannusten laskemiseen on käytetty annuiteettimenetelmää (1), jossa annetun laskenta-ajan kustannukset annetulla korkoprosentilla muutetaan nykyarvoon. Laskurin käyttäjä voi itse määrittää laskettavan ajanjakson, jolle haluaa investointikustannusten jakautuvan. Samoin käytettävän korkoprosentin voi määrittää itse, jolloin laskuri jakaa investointikustannukset määritetylle ajanjaksolle vuosittaisiksi tasaeriksi.

$$Tasaerä = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} * A \quad (1)$$

n = korkojaksojen lukumäärä

i = korkokanta %

A = investointisumma

Käyttökustannus- kohdassa on huomioitu tarvittavan polttoainemäärän hankintahinta ja järjestelmän vuosittaiset huoltokustannukset. Polttoaineen hankintakustannuksissa tulee ottaa huomioon mahdolliset toimituskustannukset ja verot, joita liittyy aina polttoaineen hintaan. Laskuri huomioi tarvittaessa polttoainemäärässä kattilalle annettun hyötysuhteen, jolloin tarvittavan polttoaineen määrä on todellinen.

Kokonaiskustannuksissa huomioidaan kaikki lämmitysjärjestelmän kustannukset, eli investointi-, käyttö- ja kokonaiskustannukset. Kaikista kustannuksista muodostuu graafinen esitys, jossa niitä on helppo vertailla ja kokeilla laskentaa erilaisilla syöttöarvoilla.

6.5 Laskurin ulkoasu

Laskurin rakenteessa päädyttiin esitystapaan, jossa etusivu toimii pääasiallisena syöttö- ja tulostussivuna. Siihen on selkeä syöttää kiinteistön perustiedot ja samalla sivulla näkee tärkeimmät tulokset. Tällöin laskurista on helppo ottaa tuloste, joka mahtuu selkeästi yhdelle A4-paperille.

Laskentaperusteet ovat omalla sivullaan, jossa määritellään käytettävät polttoaineiden hinnat ja järjestelmien investointikustannukset. Pellettilämmitykselle ja maalämmölle rakennettiin laskuriin oma sivu. Niiden kustannusrakenne on suurempi ja monimutkaisempi kuin muilla järjestelmillä, tällä sivulla on avattu yksiköittäin niiden kustannusrakenne. Tänne voi syöttää kustannukset myös myyjältä saadun tarjouksen perusteella, niin pystyy vertailemaan tarkasti todellisia investointikustannuksia.

Laskurin kolmas sivu Energiakustannukset avaa tarkemmin tarvittavaa energian kulutusta ja määrittelee laskennassa käytettäviä tietoja. Tältä sivulta voi seurata mitä arvoja laskuri käyttää laskennassa ja mistä energian kulutus kiinteistössä koostuu. Perustelut laskennan toiminnasta ja hintojen lähdetiedot ovat näkyvissä laskurissa kyseisen arvon yhteydessä. Viimeisenä laskurissa on ohjesivu, jossa annetaan ohjeita ja perusteita laskurin käyttäjälle.

7 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILULASKENNAN TULOKSET

7.1 Laskennan tulosten vertailu

Lämmitysjärjestelmien vertailu- ja energialaskennan tuloksissa on vertailtu kahta arvoa; kokonaiskustannukset lämmitysjärjestelmällä vuodessa ja kokonaiskustannukset järjestelmällä koko laskettavalla ajanjaksolla. Ajanjaksona laskennassa käytettiin 15 vuotta. Eri lämmitysjärjestelmien elinkaaret ovat hyvinkin eripituisia, joten laskentaan valittiin elinkaareksi 15 vuotta, sen ollessa usein keskiarvo lämmitysjärjestelmän elinkaarelle. Näiden lukujen perusteella pystyttiin toteamaan, mikä lämmitysjärjestelmä on kannattava investointi, kun otetaan huomioon investointi-, käyttö- ja ylläpitokustannukset.

Laskennan tuloksista voidaan päätellä, että pellettilämmitys on kilpailukykyisin vaihtoehto saneerauskohteisiin, joissa lämmönjakotapana on vesikiertoinen patterilämmitys. Tämän hetkisillä energianhinnoilla suora sähkölämmitys nousee kilpailukykyisemmäksi vaihtoehdoksi pienissä alle 150m² kohteissa, johtuen sen matalista investointikustannuksista.

Maalämpö toimii suhteellisen pienellä lämpökertoimella kohteissa joissa on vesikiertoinen patterilämmitys, johtuen lämpöverkon menoveden korkeasta lämpötilasta. Maalämpö toimii vastaavasti korkeammalla lämpökertoimella kohteissa, joissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Toinen syy miksi maalämpö, ei muodostunut työn laskelmissa kannattavaksi vaihtoehdoksi, ovat sen korkeat investointikustannukset.

Öljylämmitys ei noussut missään kohteessa kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi johtuen sen korkeasta polttoaineen hinnasta. Pienissä kohteissa, jotka ovat 200m² tai alle, laskennasta voi huomata ettei öljylämmityksen korvaaminen ole kannattavaa ennen kuin öljylämmitysjärjestelmä on tullut käyttöikänsä päähän. Näissäkin kohteissa öljylämmityksen korvaaminen muulla lämmitysjärjestelmävaihtoehdolla voi muuttua kannattavaksi, jos öljyn hinta alkaa jälleen nousta.

7.2 Laskennan tulosten virhetarkastelu

Lämmitysjärjestelmän kokonaishintaan tarkasteltavana ajanjaksona vaikuttavat suuresti järjestelmän ylläpitokustannukset. Eri järjestelmien elinkaarten ollessa eripituisia, se tulisi huomioida laskennassa ja niiden komponenttien kustannukset, jotka tarvitsee uusia laskettavalla ajanjaksolla.

Energianhinnan vaihtelua 15-vuoden ajanjaksolla on vaikeaa ennustaa, joten laskennassa kokeiltiin jokaiselle kohteelle useita erilaisia energianhintoja. Näin pystyttiin toteamaan miten esimerkiksi sähkön hinnan nousu vaikuttaa pellettilämmityksen kannattavuuteen.

Maalämpöpumput ovat olleet Suomessa sen verran lyhyen ajanjakson, että niiden käyttöikää Suomen olosuhteissa ei tiedetä tarkasti. Ruotsista peräisin olevien kokemusten mukaan kompressorin käyttöikä maalämpöpumpun komponenteista on lyhyin, sen käyttöiän ollessa 5 – 10 vuotta. Uuden kompressorin hinta vaihtelee 2000€ ja 3000€ välillä. Tällaiset kustannukset tulee ottaa huomioon, kun arvioidaan lämmitysjärjestelmän käyttökustannuksia. (Sähköala [www-sivut](#) 2013.)

Pellettilämmitysjärjestelmän käyttöikä on useasti selkeästi pidempi verrattuna maalämpöön. Siinä uusittavia komponentteja on enemmän, mutta niiden hinnat ovat huomattavasti pienempiä maalämpöpumpun kompressoriin verrattuna. Pellettilämmityksessä uusittavia komponentteja ovat lämmityskattilan sytytysvastus, puhallin ja kuljettimen kulutusosat, jotka voidaan joutua uusimaan kerran 15 vuoden aikana. Toisaalta näiden yhteenlaskettu arvo on vain muutamia satoja euroja.

Ainoastaan yhteen vertailtavista kohteista on saatu maalämpötarjous, jota on käytetty apuna arvioitaessa muiden kohteiden investointikustannuksia maalämmölle. Vastavasti pellettilämmityksen investointikustannukset olivat tarkastikin tiedossa konseptilta saadun tiedon perusteella. Tämä saattaa aiheuttaa jonkin verran virhettä lopputuloksissa investointikustannuksia vertailtaessa.

8 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli luoda pellettilämmityskonseptille lämmitysjärjestelmien vertailu- ja energialaskuri, jonka avulla pystyytään vertailemaan pellettilämmityksen todellisia kustannuksia muihin lämmitysjärjestelmiin. Toisena tavoitteena oli toteuttaa neljän erityyppisen pilottikohteen suunnittelu pellettilämmityksen osalta. Työn tulosten on tarkoitus edistää osaltaan pelletin käyttöä Suomessa pientalojen lämmitysmuotona ja lisätä näin Suomen energiankäytön omavaraisuus- ja kotimaisuusastetta.

Työn tuloksena syntyneen lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskurilla suoritettujen simulointien perusteella todettiin pellettilämmitysjärjestelmä erittäin kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi pientalojen lämmitysmuotona. Pellettilämmityksen suurin kilpailija maalämpöjärjestelmä ei osoittautunut niin kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi, johtuen sen suurista investointi- ja käyttökustannuksista.

Neljään eri pilottikohteeseen toteutetut suunnitelmat öljylämmityksen korvaamiseksi pellettilämmityksellä, vahvisti näkökulmaa suunnittelun tärkeydestä pellettilämmityksen toteuttamisessa. Pellettilämmitys on saanut osakseen paljon negatiivista mainetta kohteista, joissa ei ole panostettu lämmöntuotantojärjestelmän suunnitteluun tarpeeksi.

Työn aikana esittelin pellettilämmityskonseptille niin lämmitysjärjestelmien vertailu ja energialaskuria kuin pilottikohteen suunnitelmaa. Näistä tilaisuuksista saadun palautteen perusteella molemmista osa-alueista työssä muotoutui lopulliset versiot. Välipalautteet auttoivat hahmottamaan millainen lopputuloksen tulisi olla ja kehitys-ideat sain heti käyttöön, jolloin töiden muokkaaminen oli vielä helppoa.

Opinnäytetyötä aloittaessani tuntui, että pellettilämmitys on jo entuudestaan tuttu aihe. Työn edetessä sain kuitenkin huomata, että on paljon seikkoja joita ei ennen ole osannut ottaa huomioon ja monia uusia asioita tuli opittua työn aikana. Työn aikana oppi myös millaista on toimia osana konseptia, jossa on edustajia useista eri yrityksistä.

LÄHTEET

Ariterm Oy www-sivut 2013. Viitattu 30.4.2013

<http://195.67.82.150/ariterm/Pellettiesite%20130213%20low%20res.pdf>

HT- enerco Oy www-sivut 2013. Viitattu 16.5.2013

<http://www.htenerco.fi>

Motiva 2012. Pientalon lämmitysjärjestelmät. Viitattu 6.5.2013

<http://www.motiva.fi/>

Motiva. 2012. Puupelletti lämmittää puhtaasti ja uusiutuvasti. Viitattu 30.4.2013

<http://www.motiva.fi/>

Louhisola, R. 2012. Puupellettilämmitys suunnitteluopas. Espoo. Espoon kaupunki.

LVI-11-10406. Puupellettilämmitys. 2006. Rakennustieto Oy. Viitattu 2.5.2013

<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Pellettienergia www-sivut 2013. Viitattu 6.5.2013

<http://www.pellettienergia.fi/>

Pellettilämmitys työpaja, Jyväskylä, 4.4.2013

RT 98-10914. Ajoneuvojen mittoja. 2008. Rakennustieto Oy. Viitattu 6.5.2013

<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Suomen RakMK E9. 2005. Kattilahuoneiden ja polttoaine varastojen paloturvallisuus. Ohjeet 2005. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Sähköala www-sivut 2013. Viitattu 10.6.2013

Triotec Oy www-sivut 2013. Viitattu 2.5.2013

<http://www.triotec.fi/>

VAPO. 2005. Pellettikirja.

Versowood group www-sivut 2013. Viitattu 6.5.2013

<http://www.versowood.fi/>

Öljyalan keskusliiton www-sivut 2013. Viitattu 30.4.2013.

<http://www.oil.fi/fi/lammitys/oljylammitys-suomessa>

LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU

INVESTOINTI- JA ENERGIALASKURI



Kiinteistön nimi

Talo Seppälä

Kiinteistön osoite

XXXX

XXXX

Nykyinen lämmitysmuoto

Öljylämmitys

Kiinteistön tiedot

Huoneiston pinta-ala (m ²)	Huonekorkeus (m)	Asukasmäärä
300	2,4	5

Vesikiertoinen patterilämmitys
x

Vesikiertoinen lattialämmitys

Talon ominaiskulutus

Vanha talo 60-80	Uusi talo 30-50	Matalaenergia 15-25	Passiivitalo 10-15	kWh/m ³
x				

Rakennustilavuus

Käyttöveden lämmitys

Lämpöenergia yhteensä

720	m ³
5 000	kWh/a
55,4	MWh/a

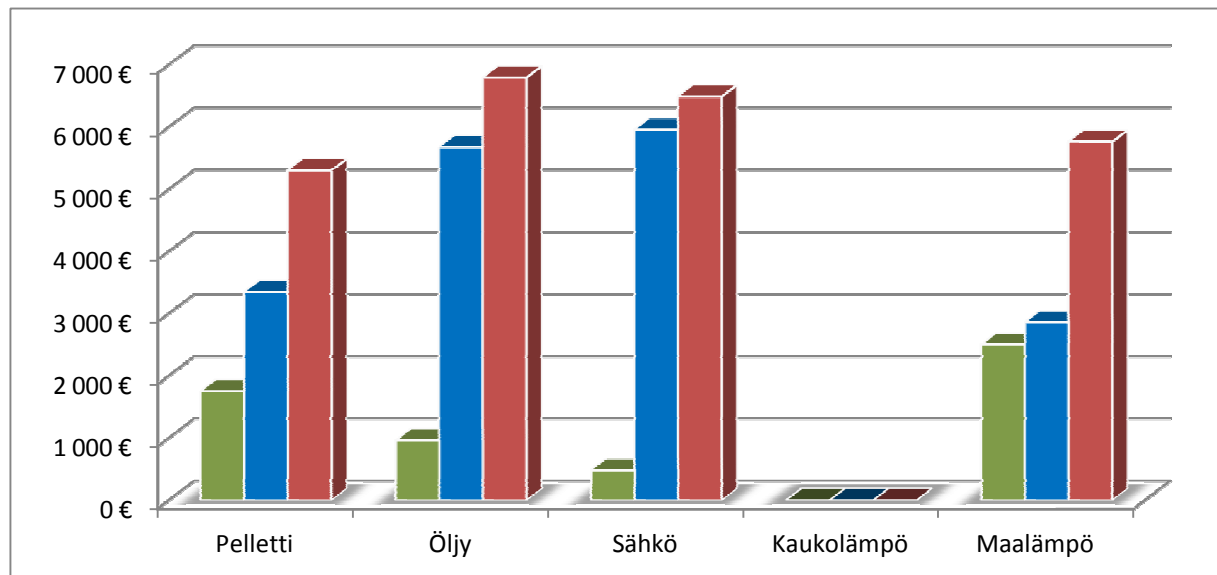
Toteutunut energiankulutus

Öljynkulutus (l/a)	Puunkulutus (m ³ /a)	Sähkönkulutus (kWh/a)
3 500	10	8 000

Toteutunut energiankulutus yhteensä

54,1	MWh/a
------	-------

KUSTANNUKSET €/vuosi



	Pelletti	Öljy	Sähkö	Kaukolämpö	Maalämpö
Investointi €/a	1755	963	482	0	2505
Käyttökustannus €/a	3347	5681	5959	0	2859
Yhteensä €/a	5303	6795	6491	0	5764

Laskenta-aika

15 Vuotta

Korko

5 %

Kustannukset koko
laskenta-aikana

79 538 €	101 920 €	97 366 €	0 €	86 464 €
----------	-----------	----------	-----	----------

Pellettilämmitys

	Lisätietoja	Kustannus € (sis. ALV 24%)	
Laitteet		13 220	
Kattila	Ariterm Biomatic +40 rosterilla	9 500	
Automaatio		0	
Siilo	Triotec säkkisiilo (sis. täyttöyht.)	3 520	
Siirtojärj.		0	
Piippu	Saneeraus tarvittaessa	0	
Muut	Paisunta-astia	200	
Asennus		5 000	
Purkutyöt		1 000	
LVI-asennus		1 000	
Sähkötyöt		500	
Rakennustyöt		2 000	
Muut työt		500	
Yhteensä		18 220	

Maalämpö

	Lisätietoja	Kustannus € (sis. ALV 24%)	
Laitteet		21 500	
Porakaivo	sis. siirtojärjestelmän	8 000	
Maakeruupiiri		0	
Lämpöpumppu		8 000	
Lämmönjako	Vaatii matalalämpö patterit	5 000	
Muut		500	
Asennus		4 500	
Purkutyöt		0	
LVI-asennus		1 000	
Sähkötyöt		1 000	
Rakennustyöt		1 500	
Kaivuutyöt		1 000	
Muut työt		0	
Yhteensä		26 000	

Energian hinnat

	Energian hinta c/kWh	Lisätiedot
Pelletti	5,68 €	Hinta sisältäen toimituksen ja verot
Öljy	10,78 €	Hinta sisältäen toimituksen ja verot
Sähkö	12,00 €	Hinta sisältäen sähkön, siirron ja verot
Kaukolämpö	0,00 €	Hinta sisältäen energian ja kausimaksut
Maalämpö	12,50 €	Hinta sisältäen sähkön, siirron ja verot. Yleensä kallimpaa sähköä kuin pelkällä sähköllä lämmittäväällä

Vuotuiset polttoainekustannukset

		Pelletti	Öljy	Sähkö	Kaukolämpö	Maalämpö
Tarvittava energia	MWh/a	55	51	49	50	20
Polttoaineen tarve	t/a	11,8	5 122	l/a		
Polttoaine kustannukset	€/a	3 147 €	5 531 €	5 909 €	0 €	2 459 €
Varaston koko	m3	18,9	4,3	Koko vuoden polttoaine tarve laskettuna		

Laskennassa käytettävät kiinteistön tiedot

Kiinteistön ominaiskulutus	55,4	MWh/a
Vanha energiankulutus	54,1	MWh/a
Laskennassa käytettävä energiankulutus	55,4	

Talon ominaiskulutus

Vanha talo 60-80	Uusi talo 30-50	Matalaenergia 15-25	Passiivitalo 10-15	kWh/m3
70	0	0	0	
x	0	0	0	

Maalämmön laskentatiedot

Vesikiertoinen patterilämmitys

Patterilämmitys	17,5	MWh/a RakMk D5 mukaan SPF 2,5
Käyttövesi	2,2	MWh/a RakMk D5 mukaan SPF 2,3
Yhteensä	20	MWh/a

Vesikiertoinen lattialämmitys

Lattialämmitys	14	MWh/a RakMk D5 mukaan SPF 3,4
Yhteensä	17	MWh/a

Polttoaineiden hinnat

Pelletti	267,00 €	€/t
Öljy	1,08 €	€/l
Sähkö	12,00 €	c/kWh
Kaukolämpö	0,00 €	c/kWh
Maalämpö	12,50 €	c/kWh

[Tilastokeskuksen pelletin kuluttajahinta](#)

[Öljyalan keskusliiton öljyn kuluttajahinta](#)

[Energiamarkkinaviraston sähkönhinta](#)

[Energiateollisuus ry:n kaukolämmönhinta](#)

[Energiamarkkinaviraston sähkönhinta](#)

Vanha lämmitysjärjestelmä

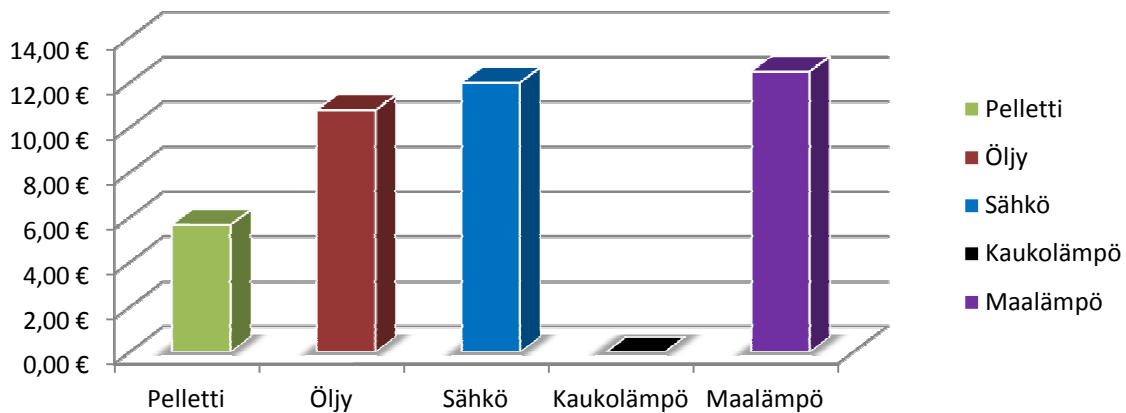
Vanhan lämmitysjärjestelmän hyötysuhde

88 %

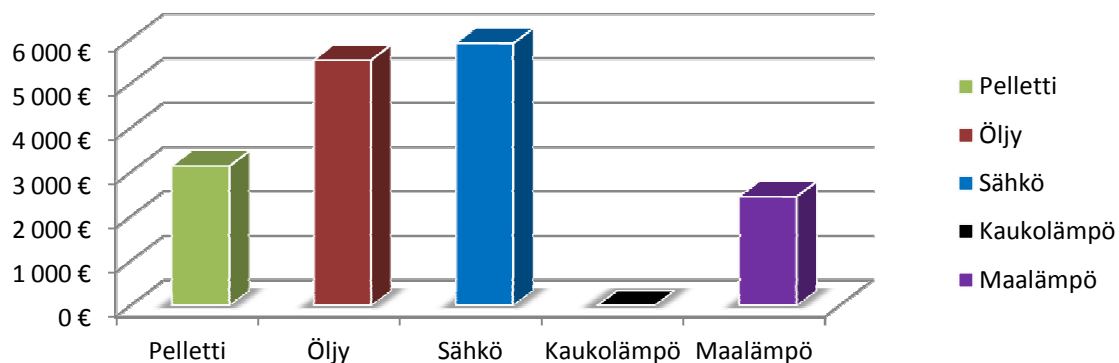
Uuden lämmitysjärjestelmän investointi- ja kunnossapitokustannukset

	Investointikustannus	Kunnossapito-	Lisätiedot
	Lämmöntuotanto	kustannus	
	€	€/a	
Pelletti	18 220 €	200 €	Kattilan käyttöikä huomioitu 15 vuotta
Öljy	10 000 €	150 €	
Sähkö	5 000 €	50 €	
Kaukolämpö	0 €	0 €	
Maalämpö	26 000 €	400 €	Kompressorin käyttöikä huomioitu 10 vuotta

Energian hinnat (c/kWh)



Vuotuiset polttoaine kustannukset (€/a)



Siniset solut ovat syöttösoluja, joihin käyttäjä voi syöttää tietoja.

Valkoiset solut ovat tulossoluja, joita ei pääse muokkamaan.

Merkinnällä "x" pystyy valitsemaan käytettävän arvon talon ominaiskulutuksessa ja lämmönjakotavassa.

Energiakustannukset välilehdeltä näkee laskennassa käytettävät arvot ja perusteet.

Maalämmön laskenta perustuu RakMk:n osaan D5 ja siellä annettuihin ohjeisiin.