

Omakotitalon energiasaneeraus

Petri Keronen

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2020

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

KERONEN, PETRI:
Omakotitalon energiasaneeraus

Opinnäytetyö 66 sivua, joista liitteitä 12 sivua
Joulukuu 2020

Opinnäytetyössä on perehdytty omakotitalojen energiatehokkuuden parantamisessa huomioitaviin eri tekijöihin. Lähtökohtana on ollut ympäristölle aiheutuvien rasitusten huomioiminen asumisen ja pientalojen energiankäytön osalta ja sen tuoma vaikutus korjausrakentamiseen Suomen ympäristötavoitteisiin pyrittäessä.

Tavoitteena työssä on tuoda esille näkökulmia rakennusten energiatehokkuuden parantamisen lähtökohtien suhteesta omakotitaloasumiseen sekä korjausrakentamisen yhteiskunta- ja ympäristövaikutusten osalta suhteutettuna kestävään kehitykseen. Tavoitteena opinnäytetyössä oli Tampereella 1950-luvulla rakennettuun omakotitaloon tehdyn perusparannuksen ja energiasaneerauksen tutkiminen sekä rakenteiden toimivuuden rakennusfysikaalisella laskennalla pyrittiin etsimään kriittisiä kohtia tarkempia tutkimuksia varten. Tutkimusten tekemisen tarkoituksena on arvioida ja määritellä energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävien korjausten kohdentamista.

Mahdollisista energiansäästökohteista omakotitaloasumisessa ja rakennusten energiankäytöstä on työssä kerrottu pientaloista tehtyjen tilastojen perusteella. Energiatehokkuuden parantamista varten on työhön kerätty tietoa erinäisten lakien, määräysten sekä asetusten tuomista vaatimuksista saneerausten suorittamiseen. Energiatehokkuuteen tähtäävien korjaus- ja kunnostuskohteiden toteuttamisen lähtökohdaksi on työssä esitetty rakenteen lämpö- ja kosteusteknisten laskelmien perusteella tehtyjä kuvaajia niiden rakenteellisesta toiminnasta. Teoreettisen aineiston lisäksi työssä käsiteltiin erilaisten omakotitalojen energiatehokkuutta käytännössä ja niissä toteutunutta energiankulutusta.

Tehtyjen laskelmien ja rakennusfysikaalisten kuvaajien sekä toteutuneiden energiankulutustietojen perusteella, työssä arvioitiin energiasaneerauksen osalta tehtävien muutosten hyötyjä ja vaikutuksia. Hyötyjä määriteltiin energiatehokkuuden parantumisen vaikutuksena energiankulutukseen ja kulutuksen vähentymisen vaikutusta ympäristöön aiheutuviin hiilidioksidipäästöihin.

Laskelmien sekä tulosten pohjalta esitetyt parannukset olisivat kannattavia rakennuksen energiankulutuksen sekä ympäristöhaittojen kannalta. Opinnäytetyössä olevat laskelmat ja tiedot voisivat toimia työssä käytettyjen rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävien saneerausten hankesuunnittelussa pohjatietona.

Asiasanat: energiasaneeraus, energiatehokkuus, hankesuunnittelu, hiilidioksidipäästöt, kestävä kehitys, lämpö- ja kosteustekninen, rakennusfysikaalinen

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management

KERONEN, PETRI:
Energy renovation of detached house

Bachelor's thesis 66 pages, appendices 12 pages
December 2020

The thesis have examined different factors what should attention in the improvement of the efficiency of detached house. The point of departure has been the effect of the living to the stresses which are caused to the environment's to strike to Finland's enviromental objectives.

The objective of work is to bring out points of view from relation of the starting points for the improvement of the energy efficiency of the detached house living to sustainable development. In the thesis the objective was to examine a repair and energy renovations of a detached house that has been built in Tampere in the 1950's and examine an attempt was made the functionality of the structures with physical calculations to find the critical sections of the structures, to the for a new researching. The purpose of the doing of studies is to estimate and the focusing of the corrections which aim at the improvement of the energy efficiency.

Possible energy saving targets in detached houses and the energy use of buildings have been described in the work for the basis of statistics. For improvement of the energy efficiency, information has been collected on the requirements of various laws, regulations and ordinances for carrying out renovations. As a starting point to for the implementation of repair, in thesis have presented to structural performance based on thermal and humidity calculations. In addition to the theoretical material, the work dealt with the energy efficiency of various detached houses in practice and the energy consumption realized in them.

Based on the calculations made and graphs of the physicals and with realized information of the energy consumption, in thesis regard benefits and effects of the changes in to made energy efficiency renovation. The benefits were defined as an effect of the improving of the energy efficiency on the energy consumption and to the environment to the caused carbon dioxide emissions.

The improvements presented on the based of the results would be profitable in terms of the building's energy consumption and environmental impact. The calculations in the thesis could serve as a basic information in the project planning of renovations the energy efficiency to the buildings.

Keywords: energy renovation, energy efficiency, project planning, carbon dioxide emissions, sustainable development, thermal and moisture engineering, building physical,

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN	8
2.1	Energiankulutus	9
2.1.1	Kotitalous sähkö	10
2.1.2	Lämmitysenergia	10
2.1.3	Määräykset korjaus- ja muutostöiden osalta	11
2.1.4	Ympäristö lähtökohdat	13
2.2	Energiatehokkuus	18
2.2.1	Lisälämmöneristys	19
2.2.2	Rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta	21
2.2.3	Lämmitys energian tuottaminen	26
2.2.4	Ilmanvaihto	39
2.2.5	Energiatehokkuuteen liittyen	42
3	Energiasaneerauksen hyötyjä käytännön kohteessa	45
3.1	Energiasaneeraus kohteen tietoja	45
3.1.1	Eristykset	45
3.1.2	Lämmitysjärjestelmä	48
3.1.3	Energian tuottaminen	48
3.1.4	Energiatehokkuus	49
3.1.5	Energiatehokkuus tulokset ja yhteenveto	50
5	POHDINTA	51
	LÄHTEET	52
	LIITTEET	55
	Liite 1. Lämmönlähteiden energiamäärät ja päästöt	55
	Liite 2. Materiaalien lämmönjohtaminen	57
	Liite 3 Lämpö- ja pintavastus	60
	Liite 4. COP- ja SCOP	61
	Liite 5. Energiavaraajan valinta	64
	Liite 6. Energiatthokkuus arvoja	65
	Liite 7. Sähkön kulutus ja tuotanto	66

ERITYISSANASTO

Absoluuttinen	suhteellinen
Alapalokattila	alaosassa arinalle laskeutuvan puun palaminen
COP	lämpöpumppujen hyötykerroin
SCOP	edellinen hyötykerroin ilmasto vyöhykkeittäin
E-luku	energiankulutus neliometriä kohden (kWh/m ²)
energianloppukäyttö	kuluttajien käyttämä sähköenergia
energiasaneeraus	energiankulutuksen leikkaus
energiatehokkuus	kokonaisenergian suhteellinen kulutus
energiatodistus	todistus rakennuksen energian kulutuksesta
etupesä	erillinen kattilan tulipesään liitettävä tulipesä
hankesuunnittelu	hankkeen alustava suunnittelu toteutukseen
hiilineutraali	luonnon ja ympäristön käyttämän hiilen tasapaino
höyrypitoisuus	ilman sisältämä vesihöyry
ilmanpitävyyysluku	rakennuksen ilmanvaihtumiskerrat (1/h)
integroitu pellettipoltin	kiinteäasennus kattilaan
iv-kone	ilmanvaihtokone
kaksoispesäkattila	kattilassa kaksi erillistä tulipesää
kastepiste	rakenteen kohta, jossa kosteus on 100%
kasvihuonekaasu	ilmakehässä maapallolle lämpöä sitova kaasu
kokonaislämmönvastus	materiaalien lämmönjohtavuuksien summa m ² K/W
kosteuskäyrä	kuvaaja kosteuden kulkemisesta rakenteessa
kuumakaasukierukka	lämpöpumppuenergian siirtoväline
kyllästyspitoisuus	ilman sisältämä vesihöyry tiivistymättä vedeksi
lambda-arvo	materiaalin lämmönjohtavuus W/ (m K)
lämmitysenergia	asumisen ja lämpimän käyttö veden lämmittäminen
lämmönlähde	lämpöenergian tuottamiseen käytettävä energia
lämpöenergia	lämmityksessä tarvittava energia
lämpökäyrä	kuvaaja lämmön kulkemisesta rakenteessa
maankäyttö- ja normitalo	rakennuksen luokitus energiankäytön osalta
rakennuslaki	rakentamista ohjaava laki
optimaalinen	paras mahdollinen
passiivirakenne	energiaa kuluttamattoman talon rakenne

peruskunnostus	kunnostaminen alkuperäiselle tasolle
perusparannus	kunnostaminen paremmalle tasolle
pintavastus	rakennusosan pinnan lämmönvastus
rakennusmääräys- kokoelma	rakennuslain pohjalta tehdyt määräykset
rakennusosakohtainen	rakenteelliset osat rakennuksessa
rakennusfysikaalinen	fysiikan vaikutus rakenteessa
rakenneosa	rakenteen sisältämä osa
SEER	ilmastoinnin hyötysuhteen kerroin
Terawatti	tuhat miljardia wattia
toteutussuunnittelu	hankkeen toteuttamisen suunnittelu
ylläpitolämmitys	lämmittäminen asuinkäytön ulkopuolella
yläpalokattila	tavanomainen polttaminen puuta lisäämällä
U-arvo	lämmönläpäisykerroin

1 JOHDANTO

Omakotitalon energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Rakennuksen käyttö on tekijä, joka säättää lopullisen kokonaisenergiankulutuksen määrän. Kiinnittämällä huomiota rakennuksen oikeaan käyttöön ja ylläpitämiseen on rakennuksella parhaat edellytykset toimia oikein ja suunnitellusti. Asumis- ja käyttötottumuksien muutoksella kokonaisenergiakulutukseen voidaan myös vaikuttaa. Rakennuksen teknisen toimivuuden sekä käytöstä johtuvan kokonaiskulutukseen ollessa optimaalinen ja energiansäästö koetaan olevan tarpeellinen, on seuraava vaihe siihen liittyvä hankesuunnittelu. Siinä teknisten vaihtoehtojen vertailun perusteella haetaan ratkaisua energiatehokkuuden parantamiseksi.

Teknisten energiatehokkuutta parantavien tekijöiden jaottelu voidaan tehdä aluksi kolmeen pääryhmään, lämmöneristykseen ja lämpöenergian tuottamiseen sekä energiankäyttöön. Jaottelu selkeyttää osa-alueiden valintaa, joihin energiasaneeraus halutaan kohdentaa hankesuunnittelussa. Pääryhmät sisältävät monia eri teknisiä ratkaisuja, joista toteutussuunnittelussa lopulta on valittuna ratkaisut energiasaneerauksen toteutukseen.

Perusparannusten määrä tuo energiatehokkuuden parantamiseen erinäisiä vaatimuksia. Lupamenettelyitä vaativiin energiasaneerauksiin on tietyt määräykset täyttyttävä. Lisäämällä lämmöneristystä tulisi lähtökohtaisesti U-arvon puolittua ja vastaavasti energiatodistuksessa olevan E-luvun pienentyä vähintään 20%. Ympäristöministeriön asetuksissa on annettu tarkat rakennusosakohtaiset U-arvot, sekä energiankulutusarvot neliometriä kohden ja E-luku arvot rakennusluokittain.

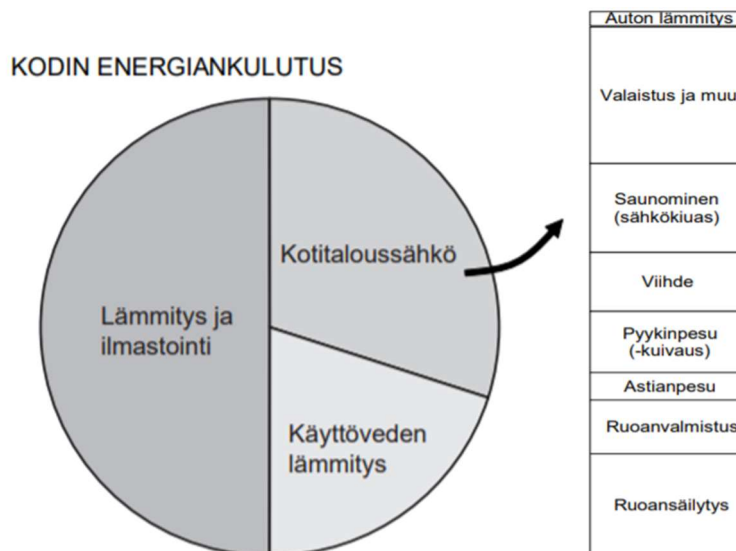
Tässä työssä tarkastellaan edellä mainittujen pääkohtien teknisten ratkaisujen vaikutuksia määräyksissä esitettyihin energiatehokkuus arvoihin laskennallisesti, sekä esimerkkitapahtumana perusparannetun ja energiasaneeratun kohteen ratkaisujen vaikutuksiin. Näiden antamia hyötyjä luonnehditaan käyttäjän ja ympäristön hiilidioksidipäästöjen kannalta.

Opinnäytetyö rajataan omakotitalon korjaus- ja muutostyöhön, sekä yleisimpiin taloteknisiin lämmön- ja energiantuotto laitteisiin ja lämmöneristys ratkaisuihin.

2 ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN

2.1 Energiankulutus

Omakotitalojen energiasaneeraukset koostuvat yksittäisistä parannuksista laaja mittaisiin saneerauksiin. Saneeraukset kuluttaja voi aloittaa tottumuksia muuttamalla ja kodinkoneiden energialuokkaa parantamalla. Kotitaloussähkön osuus on reilu neljäsosa kokonaiskulutuksesta ja laitteiden energiatehokkuus on yksi monista kotitaloussähkön kulutukseen vaikuttavista osatekijästä. Kuvio 1:ssä on esitetty esimerkkitilanteena sähkölämmittävän 120 m²:n omakotitalon ja nelihenkisen perheen energian kulutuksen jakautumista. Kappaleessa 2 *Energian säästäminen* tullaan käyttämään esimerkkitilanteena kuvio 1:n yhteydessä esitettyä omakotitaloa ja käyttöä.



KUVIO 1. Kodin energiakulutus (Tuomaala, 356)

Omakotitalon, kokonaisenergiakulutuksesta n. 70% kuluu lämpöenergian tuottamiseen. Tavoiteltaessa suurempia energiasäästöjä olisi energiasaneeraus kohdennettava lämpöenergian tuottamistarpeen vähentämiseen teknisillä menetelmillä tai energiatehokkaampaan lämmitysjärjestelmään ja laitteistoon. Taulukossa 1. esitetään eri rakentamisen aikakausina energiakulutuksen jakauma.

TAULUKKO 1. Kulutuksen jakauma kohteissa eri aikakausina. (Tuomaala, 358.)

Taulukko 1. Suomen rakennuskannan energiankulutus – paljonko eri aikakausina rakennetut asuintalot kuluttavat.

Kulutus	... 1960	1960 ...	1970 ...	1980 ...	2003 ...	*Ekotalo
Energia hyvän sisäilman lämpötilan ylläpitämiseen, kWh/m² vuodessa						
Lämmitys	160–180	160–200	120–160	100–140	80–120	40–60
Laitteistojen sähkönkulutus, kWh/m² vuodessa						
Talotekniikka	20–30	20–30	20–40	20–40	10–30	10–30
Asukkaiden energiankulutus, kWh/m² vuodessa						
Lämmin vesi	20–60	20–60	20–60	20–60	20–50	20–40
Kotitaloussähkö	20–40	20–40	20–40	20–40	20–40	20–30
Yhteensä, kWh/m² vuodessa						
Asuminen	220–310	220–330	180–300	160–280	130–240	90–160

* Rakennus jonka suunnittelun lähtökohdaksi on valittu ympäristömyönteisyys ja energiatehokkuus – ja joka voidaan toteuttaa kaupallisesti helposti saatavissa olevilla tuotteilla

Taulukossa on havaittavissa lämmityksen energiamäärän osuus kokonaisenergian kulutuksesta rakennus m²:ä kohden vuodessa. Lämmitystä lähemmin tarkasteltaessa ja eri energian säästökohteiden mahdollisuuksia etsittäessä ja niiden kohdentamisessa, lämmityksen energiatarve voidaan jakaa osa-alueisiin. Lämmöneristys ja lämmitysenergian tuottaminen, sekä energiankäyttö ovat kolme suurinta tekijää, jotka vaikuttavat omakotitalon lämmitysenergiankulutukseen.

Laajamittaisemmat energiasaneeraukset hankkeesta riippuen, vaativat erinäisiä lupamenettelyitä ja vaatimuksia toteuttamiseen. Maankäyttö- ja rakennuslaki ja sen pohjalta täydentävät rakentamismääräyskokoelman osat, sekä Ympäristöministeriön asetukset säätelevät rakentamista Suomessa. Ympäristöministeriö on antanut asetuksen energiatehokkuuden parantamisesta 2013. Ympäristöministeriön asetus 4/13 Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä.

Lähtökohtina hankkeessa ovat myös ympäristöystävällisyys, sekä hiilidioksidipäästöjen ja muiden kasvihuonekaasujen alentaminen. Energiatehokkuuden parantamisella ja hiilineutraalisempien menetelmien käytöllä energian tuottamiseen on suuri osuus Suomen ilmastopäästötavoitteissa. Tavoitteena Suomessa on hiilidioksidineutraalisuus vuoteen 2035 mennessä. Rakennusten lämmityksen osuus loppukäytöstä on 26%. (Motiva 2020, Energian loppukäyttö.)

Energiatehokkuuden merkittävä parantaminen vaatii myös merkittäviä investointeja. Energiasäästöihin kohdistuviin saneerauksien kuluihin on Suomessa saanut hakea tukia ja avustuksia.

2.1.1 Kotitaloussähkö

Omakotitalossa kotitaloussähkön energiakulutuksen osuus kokonaiskulutukseen normitaloissa ei ole kovinkaan suuri m²:ä kohden vuositasolla mitattuna. Nelihenkisen perheen kulutus 120m²:n omakotitalossa, 40kWh/m² x 120 m² = 4800 kWh vuodessa. (Taulukko 1. s.9.) Myöskään 2000-luvulla ei ole kotitaloussähkön vuosikulutuksessa merkittävää muutosta kokonaiskulutukseen tapahtunut. Lähtökohtaisesti omakotitalon energia tehokkuuden parantamiseen kodintekniikan muuttamisella tehokkaimpaan energialuokkaan, ei saavuteta kovin suurta energiasäästöä.

2.1.2 Lämmitysenergia

Lämmitysenergian kulutus jakautuu kolmeen osa-alueeseen. Rakennusosien lävitse johtuva lämpöenergia on n. 50% kaikesta talossa käytettävästä lämmitysenergiasta. Ilmanvaihdon osuus on n. 30% ja lämpimän käyttöveden osuus 20%. (Ympäristö.fi 2016)

Esimerkkinä prosentuaaliset jakaumat ovat 2000-luvun normitalon arvoja mukailuvia. Rakennusosakohtainen lämmitysenergian kulutuksen jakautuminen:

- Yläpohja n. 12%.
- Ulkoseinät n.15%.
- Alapohja n. 8%.
- Ikkunat ja ovet n.15%.
-

Prosenttiarvot ovat hankesuunnittelun alkuvaiheessa suuntaa antavia arvoja energiasaneerausten kohdentamiseen, kuinka lämpöhäviöt jakautuvat rakennusosien välillä. Prosentti osuuksien tarkoituksena on havainnollistaa rakennusosien lämmöneristyksen parantamisen vaikutusta lämmitysenergiatarpeisiin.

Ilmanvaihdon kulutuksen osuus vaihtelee 20–40%:n välillä lämmitysenergian kulutuksesta. Ero muodostuu käytettävästä ilmanvaihtojärjestelmästä. Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla voidaan saavuttaa painovoimaiseen tai koneelliseen poistoilmanvaihtoon nähden energiasäästöjä. Säästö perustuu tuloilman lämmittämiseen poistoilman lämpöenergialla iv-koneen lämmöntalteenottolaitteella.

Käyttövedenlämmittämisen kulutuksen osuus vaihtelee 15-20%:n välillä lämmitysenergian kulutuksesta. Käyttövedenlämmityksen energiakulutukseen voidaan vaikuttaa jonkin verran tehokkaammin eristetyllä sähkölämmivesivaraajalla, putkien eristyksellä, sekä automaattisilla hanoilla, mutta vaikutukset eivät ole kovinkaan merkittäviä. Suurempien lämpimän käyttöveden energiasäästöjen aikaansaamiseksi täytyisi muuttaa käyttöveden lämmitysjärjestelmää. Kustannussäästöjä käyttöveden lämmitykseen sähkövaraajalla voidaan saada käyttämällä suurempaa lämminvesivaraajaa, joka lämmitetään yöaikana kaksiaikasähköllä.

2.1.3 Määräykset korjaus- ja muutostöiden osalta

Laajamittaiset energiasaneeraukset, joissa muutetaan rakenteita ja taloteknisiä järjestelmiä vaativat lupamenettelyä ja sen myötä vaatimuksia energiatehokkuuden parantamiseen.” Energiatehokkuutta on parannettava rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa”. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 117 g §.)

Ympäristöministeriön asetuksessa on erinäisiä vaatimuksia, jotka ovat lupien saannin edellytyksenä. On kuitenkin olemassa poikkeustapauksia asetuksen määräysten noudattamisessa. Ympäristöministeriön asetus 4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöiden ensimmäisessä pykälässä kerrotaan poikkeuksista, jotka pohjautuvat Maankäyttö- ja rakennuslaissa 117 g esitettyihin rakennuksiin, joihin vaatimuksia ei sovelleta.

Omakotitalon energiasaneerausten näkökulmasta rakennukset, joihin ei korjaus- ja muutostöiden osalta vaatimuksia sovelleta ovat

- rakennuksen kerrosala alle 50 m²
- loma-asunto, jonka käyttö alle 4 kk:ta vuodessa
- tilapäinen rakennus, jonka käyttö aika on alle 2 vuotta
- teollisuus- ja korjaamorakennus
- muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettu rakennus
- suojeltava rakennus.

Luvanvaraiseen korjaus- ja muutostyöhankkeeseen ryhtyvän on suunniteltava toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseen lupaa haettaessa. Toimenpiteiden parannukset voidaan esittää seuraavasti:

- Rakennusosakohtaisesti.
- Lämmitysenergian kulutuksena.
- E-lukuna.

Rakennusosakohtaisesti rakenteiden U-arvon tulisi puolittua. Joiltakin osin rakenteen U-arvon puolittaminen voi olla liian haasteellinen esim. alapohja. Alapohjalle ei ole annettu U-arvo vaatimusta muuta kuin, alapohjarakenteen U-arvo ei saa heikentyä korjaus- ja muutostöiden vaikutuksesta. Uusittavissa ovissa ja ikkunoissa U-arvon on oltava vähintään 1.0 W/m²K ja vanhoja kunnostettaessa U-arvo ei saa heikentyä. (Ympäristöministeriön asetus 4/13.) Taloteknisten järjestelmien parannuksesta on esitetty erinäisiä vaatimuksia Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13.

Energiankulutus tulee lämmitysenergian osalta olla enintään 180 kilowattituntia rakennusneliötä kohden (180 kWh/m²). E-luvun tulee olla enintään 0,8 kertaa alkuperäinen E-luku. (Ympäristöministeriön asetus 4/13.)

Korjaus- ja muutostyön laajuuden mukaan suoritetaan tarvittavat lupamenettelyt. Korjaus- ja muutostyön osalta eri lupamenettely muotoja ovat

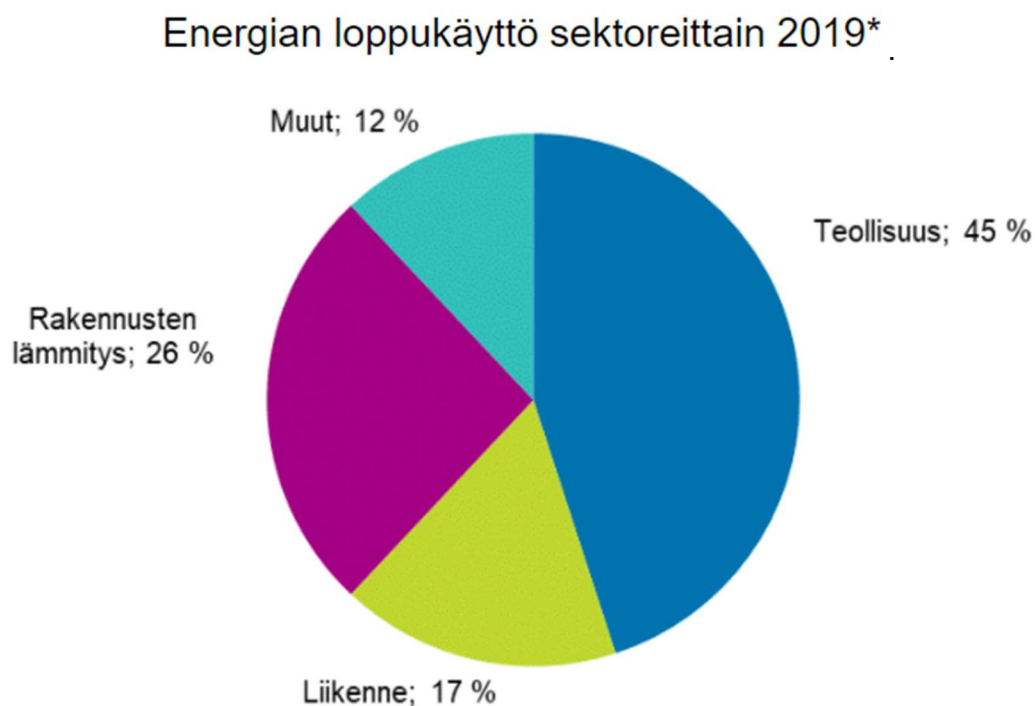
- ilmoittaminen
- toimenpidelupa
- talotekniikan muuttaminen/ linjasaneeraus
- rakennuslupa.

Talotekniikan muuttamista/ linjasaneerausta ja rakennuslupaa varten täytyy energiasaneeraushankkeella olla pääsuunnittelija, vastaava työnjohto sekä suunnitelmat ja piirustukset. Pääsuunnittelijan tehtävä on laatia hankkeen toteutussuunnitteluvaiheessa lakien, määräysten ja asetusten pohjalta piirustukset ja suunnitelmat lupahakemuksen. Vastaavan työnjohtajan tehtävä on hoitaa hankkeen suorittaminen laadittujen suunnitelmien ja piirustusten mukaisesti saneerauksen toteutusvaiheessa. Suunnittelusta ja suunnittelijan, sekä vastaavan työnjohtajan tehtävistä ja vaatimuksista on kerrottu rakennusmääräyskokoelmassa.

2.1.4 Ympäristö lähtökohdat

Euroopan unionin tavoitteena on hiilineutraalisuuden saavuttaminen ennen vuotta 2050. EU:n tavoite oli päästöjen vähentämiseen vuoden 1990 tasosta kaksikymmentä prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Suomi osana EU:ta saavutti ajanjaksolle asetetut tavoitteet. Suomen tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalisuus vuonna 2035. (Valtionneuvosto 2020)

Suomen päästötavoitteilla on vaikutuksia myös rakentamisessa. Lähinnä rakennusten lämmitykseen käytettävän energian ja sen aiheuttamien päästöjen myötä. Välillisesti myös kiinnittämällä huomiota tarvikkeiden ja palveluiden tuottamiseen rakentamisessa, voidaan vaikuttaa päästöihin. Kuviossa 2. on esitetty energian loppukäytön jakautumista eri kohteisiin.



KUVIO 2. Energian loppukäyttö (Tilastokeskus 2020, Energian hankinta ja kulu- tus.)

Asuntojen energiatehokkuutta parantamalla ja energiankulutuksen vähenemisen myötä päästöt vähenevät. Asumismuodoista erillisten pientalojen ja osana niitä omakotitalojen osuus on prosentuaalisesti toiseksi suurin. Taulukossa 2 on esi- tetty asumismuotojen määrien kehittymistä.

TAULUKKO 2. Asumismuodot (Tilastokeskus 2020 Asuminen.)

Asunnot ja asuinolot

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Asunnot yhteensä, tuhatta	2 210	2 512	2 808	3 003	3 042	3 076
Erilliset pientalot, %	42,3	40,3	40,5	38,6	38,3	37,9
Rivi- ja ketjutalot, %	11,8	13,5	13,6	13,6	13,5	13,5
Asuinkerrostalot, %	42,5	43,5	44,0	45,9	46,4	46,9

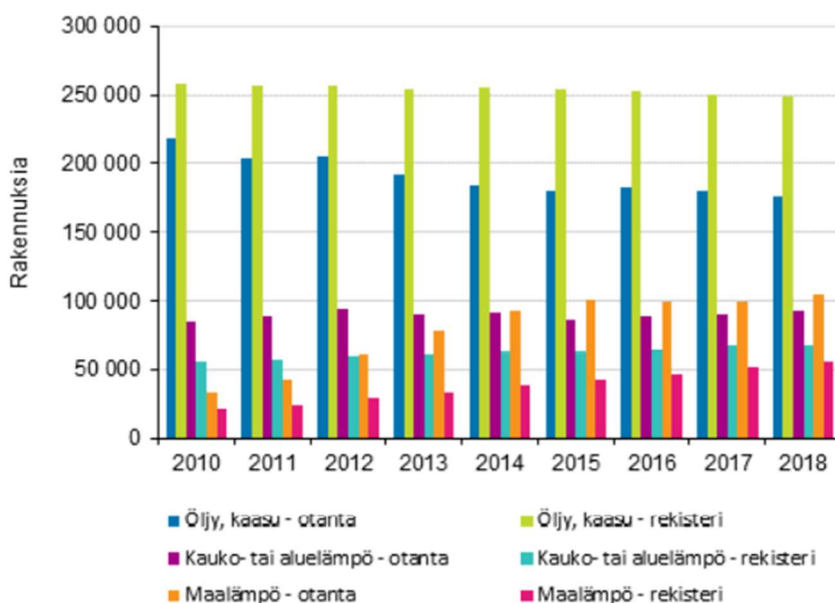
Erillisten pientalojen lukumäärässä on huomioitu kaikki erilliset rakennukset. Maankäyttö- ja rakennuslaissa ja asetuksissa on määritelty ne rakennukset joita, asetuksen mukaiset energiatehokkuuteen tähtäävät parannusten ohjeet eivät koske. Rakennukset kuluttavat kuitenkin energiaa lähinnä talvikautena ylläpidon kautta ja rakennusten ylläpitolämmityksestä luopuminen on riski rakennuksen rakenteille ja toimivuudelle. Esimerkkinä saunarakennukselle tai kesämökille pakkasien aiheuttamat vahingot ja niiden korjaaminen nostaa rakennustuotannollisesti päästöjä. Erillisistä pientaloluokan rakennuksista yli puolet koostuu muista kuin omakotitaloista. Taulukossa 3 on esitetty rakennuksien määriä sekä määrien kasvua eri aikoina.

TAULUKKO 3. Asumismuodot (Tilastokeskus 2020, asuminen.)

	1980	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019
	Tuhatta							
Asuinrakennukset	840	1 005	1 111	1 235	1 290	1 294	1 301	1 308
Erilliset pientalot	773	908	993	1 102	1 150	1 152	1 157	1 163
Rivi- ja ketjutalot	23	53	66	76	81	81	82	83
Asuinkerrostalot	44	45	52	57	60	61	61	62
Muut rakennukset	92	158	189	211	222	229	230	230
Kesämökkit	252	368	451	489	503	507	510	512
Saunat ¹⁾	548	932	1 212	1 502	1 631	1 651	1 671	1 686

Lämmitysenergian tuottamiseen tarvittavalla energialähteillä on suurin osuus asumisesta johtuvien päästöjen määrästä. Kuviossa 3 on esitetty otantatutkimuksen ja rekisteritiedoissa olevia rakennusten lämmönlähteitä omakoti- ja paritaloissa ja määrien kehittymistä 2010-luvulla.

Otanta- ja rekisteritietojen välillä on havaittavissa eroja lämmönlähteitä käyttävien rakennusten määrästä. Uusiutumattomien energialähteiden laskusuunta, kaukolämmön osuuden vähäinen muutos ja maalämmön nousu, ovat selkeästi nähtävissä, sekä uusiutumattomien lämmönlähteiden suurta osuutta omakoti- ja paritalojen osalta.



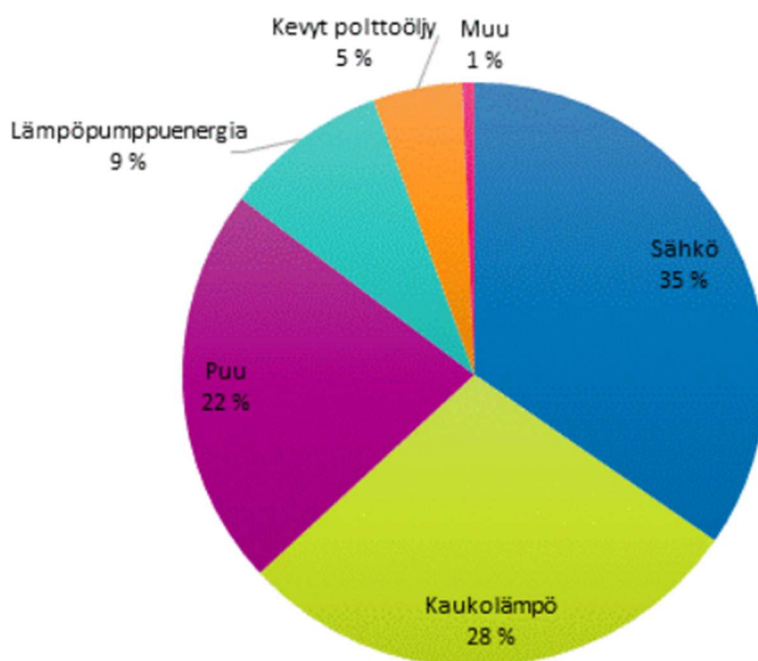
KUVIO 3. Lämmön lähteet omakoti- ja paritalossa 2010-luvulla. (Tilastokeskus 2019, Asumisen energiakulutus 2018.)

Omakotitalojen lämmöntuottamisessa n. puolet käyttää energiamuotona uusiutumattomia lämmönlähteitä ja lähinnä öljyä. Öljyn korvaaminen muulla kuin uusiutumattomalla energialähteellä, saadaan päästöjä alennettua. Otantatutkimuksen mukaan öljyä ja muita lämmönlähteitä käyttävien rakennusten määrän vähentyminen on ollut n. 50000 rakennusta. Toisena olevaan maalämpöön nähden öljyä ja muita käyttäviä rakennuksia on edelleen n.70000 enemmän. (KUVIO 3.)

Vähentymisellä on ollut osaltaan vaikutus Suomen päästötavoitteiden saavuttamisessa 20 prosentin alentamisessa. (Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi, Tilannekuva) Suomen nykyisessä tavoitteessa hiilineutraalisuus vuoteen 2035 mennessä. Kuviossa 3. esitettyjen 170000:n asunnon käyttämän öljyn korvaaminen vähemmän päästöjä tuottavalla energialla olisi merkittävä vaikutus myös nykyisen päästötavoitteen saavuttamiseen. (Valtionneuvosto 2020.)

Esimerkkinä laskettaessa; 170 tuhannen omakoti- ja paritalon kulutusta Ympäristöministeriön asetuksen 14/3 mukaisella rakennuksen neliömäärään enimmäiskulutuksella 180 kWh/m² ja 120 neliömetrin rakennuksen kulutusta kWh:na, 170000 rakennusta x 180 kWh/m² x 120 m² = 3672000000 kWh = 3,672 TWh. Esimerkin laskettu omakoti- ja paritalojen osuus prosentuaalisesti on n.5.5 %.

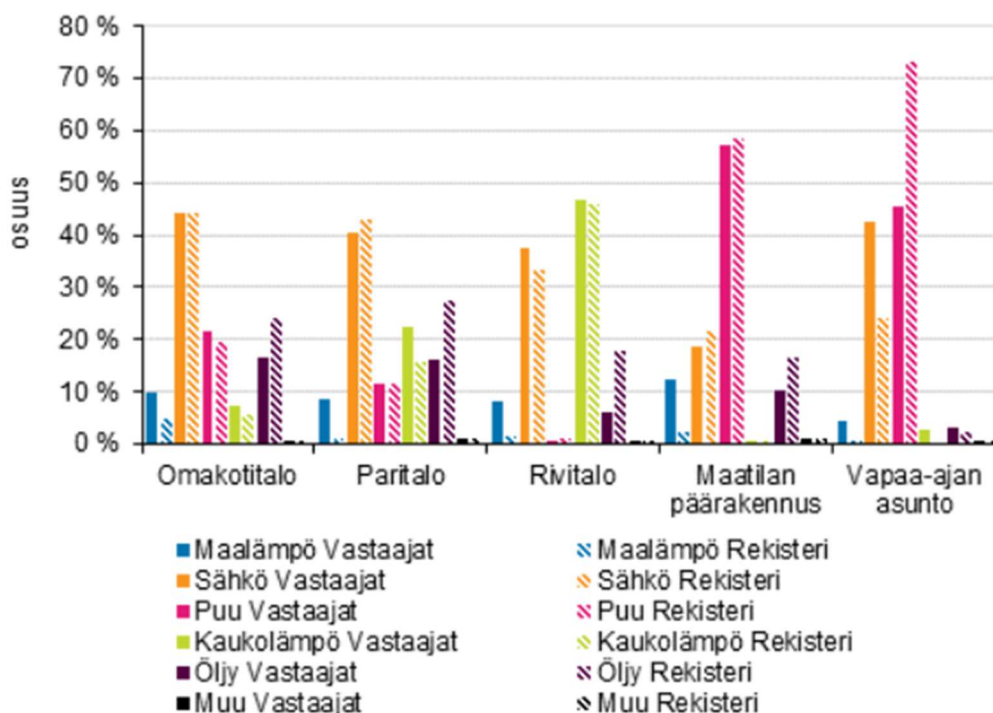
Vuonna-2018 asumiseen kului Suomessa yhteensä vajaa 66 Terawattituntia energiaa. (Tilastokeskus 2019, Asumisen energiankulutus.) Kuviossa 4 on esitetty lämpöenergian lähteiden jakaumaa eri lämmönlähteiden kesken.



KUVIO 4, Asumisen energiankulutus lähteittäin (Tilastokeskus 2019.)

Omakotitalon ja muiden pientalojen päälämmön lähteinä käytetään yleisesti öljyn sekä maa- ja kaukolämmön lisäksi puuta ja sähköä. Eri päälämmönlähteiden jakautumista prosentuaalisesti ja niiden käyttöä pienrakennuksissa on esitettyinä KUVIO 5:ssä.

Lämmityksen päälämmönlähde kyselyvastausten ja rekisterin mukaan pientalotyypeittäin – yksikkötason vertailu



KUVIO 5. Lämmönlähteiden yksikkökohtainen vertailu pientaloissa. (Tilastokeskus 2019, Asumisen energiakulutus 2018.)

Omakotitalon energiatehokkuuden parantamisella voidaan vaikuttaa lämpöenergian tuottamisen vähentämiseen ja sen vaikutuksesta päästöjen vähentymiseen. Energiatehokkuuden parantamiselle rakennuksen käyttötarkoitus ja fysiikanlait rakennusteknisesti asettavat tietyt rajat. Päästöjen alentamisen lisäämiseksi on keskityttävä energianlähteisiin ja niistä aiheutuviin päästöihin ja mahdollisuuksiin niiden vähentämiseksi.

Omakotitalossa mahdollisuuksia ovat uusiutuien energiamuotojen käyttäminen ja muiden energioiden käytön hyötysuhteen parantamisen kautta saatavat mahdollisuudet. Lämmitystavan ja lämmönlähteen muuttaminen vaativat investointeja ja suunnittelua. Suunnitteluun ja laskemiseen sekä investointien kohdentamiseen hyödyllisesti on eri lämmitysmuodoille laskettuja päästökertoimia ja lämmityksessä käytettävän energian sisältämiä energiamääriä ja käytöstä aiheutuvia päästömääriä. Liitteessä 2 on esitetty lämmitysenergian päästömääriä ja energia-arvoja sekä päästökertoimia. LIITE 2

2.2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuuden merkittävä parantaminen vaatii suunnittelua laskemista ja oikeita rakennusmenetelmiä. Suunnittelulla ja rakennuksen rakenteiden kunnon arvioinnilla ja tutkimuksilla saadaan hoidettua hankkeelle kannattavin toteutuksen ratkaisumalli. Energiatehokkuuden parantamisen tarkoitus on hukkaenergian minimoinnin ja energiatehokkaampien laitteiden myötä tuoda säästöjä energiatarpeen vähentymisestä käyttäjälle sekä päästöjen myötä ympäristölle.

2.2.1 Lisälämmöneristys

Lämmöneristyksen lisäämisellä saadaan pienennettyä lämmönjohtumista rakenteiden lävitse hukkalämpönä. Lämpöeristemateriaalin kerros paksuuden kasvattamisella saadaan pienennettyä rakenneosan lämmönjohtavuutta eristeiden osalta. Laskettaessa yleisesti rakenteen U-arvoa, on rakenneosalle laskettava kokonaislämmönvastus R_T . Laskemalla rakennusosan sisältämän kaikkien eri rakennusmateriaalien lämmönjohtavuudet ($W / (m K)$) jaettuna niiden vahvuuksilla ja jokaisen rakenneosan materiaalien tulokset summaamalla yhteen, sekä sisä- ja ulkopintavastukset saadaan kokonaislämmönvastus R_T . U-arvo on yhden suhde kokonaislämmönvastukseen $U = \frac{1}{R_T} W / (m^2 K)$. (C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012.)

Kaikilla rakenteen materiaaleilla on omat lambda-arvot ja rakennusmateriaalin vahvuutta kasvattamalla sen lämmönjohtavuuden arvo pienenee. Tämän seurauksena lämmönjohtavuutta ja U-arvoa pienennettäessä useimmiten rakenneosan vahvuus kasvaa. Poikkeuksena on, jos vaihdetaan eristysmateriaali tehokkaampaan eristysmateriaaliin. Myös rakenneosan lämpötekniseen toimivuuteen vaikuttava tekijä on kosteus. Veden lämmönjohtamisarvo on suurempi kuin ilmalla, ja tämän vuoksi rakenteen sisällä vallitseva kosteus prosentti on tärkeä tekijä eristeiden lämmönjohtavuuteen. Esimerkkinä mineraalivilla, jonka tiheys vaihtelee $10-250 \text{ kg/m}^3$ välillä, niin suurin osa mineraalivillasta on ilmaa suhteutettuna eristeen tilavuuteen. Veden lämmönjohtamisarvo on $n.0.60 W / (m K)$ ja eristeen arvo on $0,050 W / (m K)$ 10 celsius asteen lämpötilassa ja 50:n % kosteudessa. Kosteusprosentin kasvaessa veden määrä kasvaa eristeessä.

Kosteuden määrä ja lämmönjohtavuus eristeessä lisää koko eristeen lämmönjohtavuutta ja eristeen lambda-arvo kasvu heikentää rakenneosan U-arvoa eristeen osalta. Siksi onkin tärkeä laskea rakenteen lämpötermien vaikutus kosteustekniseen toimivuuteen ja kastepisteen sijoittuminen rakenteessa. U-arvon ja kastepisteen laskemisella rakenteessa saadaan rakenneosan toiminta lämpö- ja kosteusteknisesti toimimaan energiatehokkaasti ja vältetään kosteuden tuomat muut haittavaikutukset rakenteisiin.

Kaikilla rakenneosan materiaaleilla on omat lämmönjohtavuus arvot ja vaikutus kokonaislämmönvastukseen. Lämpöeristeillä ja eristeiden paksuudella on suurin vaikutus kokonaislämmönvastukseen ja rakenneosan paksuuteen esim. ulkoseinän vahvuuteen. Rakenneosien eri materiaalien lämmönjohtavuuksia mm. erilaiset eristeet, puu, betoni ym. on esitetty liitteessä. (Liite 3.) Lämpöeristeen lämmönjohtumisella eri lämmöneristemateriaalien välillä on eroavaisuuksia, ja eri valmistajien tuotteiden välillä. Taulukossa 4. on esitetty eri eristeiden materiaalien lambda-arvoja λ (W/ (m K)).

TAULUKKO 4a. Eristeiden eristysarvoja (Jokinen 2016, 79.)

Taulukko 1. Eri lämmöneristemateriaalien lämmönjohtavuuksia [2].

	Paras arvo	Yleisesti käytössä oleva arvo	Heikoin arvo
	W/mK	W/mK	W/mK
Tyhjiöeriste	0,002	0,007	0,010
Aerogeelit	0,014	0,017	0,018
Fenolivaahto	0,020	0,022	0,023
Polyuretaani (PIR/PUR)	0,021	0,023	0,028
Suulakepuristettu polystyreeni XPS	0,027	0,035	0,040
Paisutettu polystyreeni EPS	0,029	0,035	0,040
Mineraalivillat (lasi- ja kivivilla)	0,029	0,035	0,044
Puukuitueristeet	0,036	0,038	0,045

Eristeiden tekniset vaatimukset rakenteissa eivät rajoitu ainoastaan niiden kykyyn toimia lämmönkulkua vastustavana rakennusmateriaalina. Eristeiden materiaalien valinta määräytyy myös eristeen muiden fyysisten ominaisuuksien suhteen käyttökohteessa

- eristettävän tilan mittojen mukaan
- kosteus, lämpö- ja ääniteknisiin vaatimusten mukaan
- kykyyn vastaan ottaa erilaisia voimia, kuten tuuli ja puristus
- eristeen höyryn- ja ilmanvastuskykyyn.

Lämpöeristemateriaalin koostumuksen ominaisuudet määrittelevät eristeen soveltuvuuden käyttökohteeseen tai rakenneosaan. Eristeiden ominaisuuksia voidaan jaotella, kosteuden kestävyden, ilma- ja höyrytiiviuden sekä puristus- ja taivutuslujuuden, palo- ja sisäilmavaatimusten mukaan määriteltäessä kohteeseen oikeaa eristemateriaalia.

Taulukossa 4a. esitettyjen kolmen tehokkaimman, tyhjiöeriste, aerogeeli ja fenolivahto eristemateriaalien käyttö on vähäistä rakennusten tavanomaisessa eristämässä. Niitä on käytetty teknisinä eristeinä talotekniikassa ja kodinkoneissa, mutta on myös saatavana muuhunkin eristämiseen. Taulukossa 4b. on esitetty tavallisesti käytettyjen eristemateriaalien käyttöä ja teknisiä tietoja. Taulukossa 4b. on käytetty valmistajien sivuilta saaduilla tietoja. Tiedot ovat yleisesti tuotteita käsitteleviä ja tietojen lähteenä oleva aineistoiden sivustot on esitetty liitteessä 7.

TAULUKKO 4b. Eristemateriaalien käyttöominaisuudet (Kingspan. n.d.; Finnfoam 2020.; Finnfoam n.d.; Paroc 2020.; VTT 2016.)

ERISTEMATERIAALI	PURISTUS- JA TAIVUTUSLUJUUS kPa	PALO- JA SISÄILMA- LUOKKA	KOSTEUS kg/m, TIIVIYS μ	λ W/m K	YLEINENKÄYTTÖ RAKENTEESSA
Polyuretaani (Kingspan)	Puristus: ≥ 100	Palo: RtF C-s1, d0	$\mu = 35$	0,021	Seinä, katto, välipohja, tuulensuoja, tekniset
Polystyreeni XPS (Finnfoam)	Puristus: 200/200 Taivutus > 300	Palo: NPD, E Sisäilma: M1	Kosteus%: $t\% < 1$	0,035	Routaeristys
Polystyreeni EPS (Finnfoam)	Puristus: 100/40 Taivutus: 150	Palo: NPD, E Sisäilma: M1	Kosteus%: $t\% < 3$	0,031	Lattia maanvarainen
Mineraalivillat (Paroc)	NPD	Palo: A1, A2-s1, d0 Sisäilma: NPD	WS / WL: $\leq v1 / \leq 3$ läpäisy MU: 1	0,036	Seinä, katto, välipohja, tuulensuoja, tekniset, palonkestävä
Puukuitueristeet (Ekovilla)	NPD	Palo: E Sisäilma: M1	$\mu = 2,3$	0,038	Seinä, katto, välipohja, tuulensuoja

2.2.2 Rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta

Lämpötilajakauman selvittämisen rakennusosan sisällä, lähtökohtana on rakenteen sisä- ja ulkopuolella vallitsevat eri lämpötilat. Lämpötilojen muutosten laskeminen rakennusosan sisällä on selvittävää ensin. Lämpötilojen muutoksista piirrettävän käyrän olosuhteille valitaan tyypillinen olosuhde esimerkiksi ulkolämpötila $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sisälämpötila $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ talviaikana. Lämmönjohtavuus λ avulla voidaan määrittää lämmönvastus R . Lisäksi rakenteen pinnassa aiheutuva poikkeama lämpötilasta huomioidaan pintavastuksena.

Lämmönjohtavuus (λ) = $1 \frac{W}{m^{\circ}C}$ kertoo lämpötehon määrän yhden metrin vahvuisen materiaalin lävitse kulkemiseen, lämpötilaeron ollessa yhden asteen. (Ralf Lindberg, 425.) Taulukossa 5. on esitetty eristeidenmateriaalien λ -arvoja lämpötilakäyrän määrittämisessä tarvittavia lämmönjohtavuuksia $\lambda = (W / (m^{\circ}C))$ ja rakennekerrosten lämmönvastuksia $R = m^2\text{ }^{\circ}C / W$.

TAULUKKO 5. Eristeiden lämmönjohtavuuksia ja rakennekerrosten lämmönvastukset lämpötilakäyrän määrittämiseen. (Lindberg, 426.)

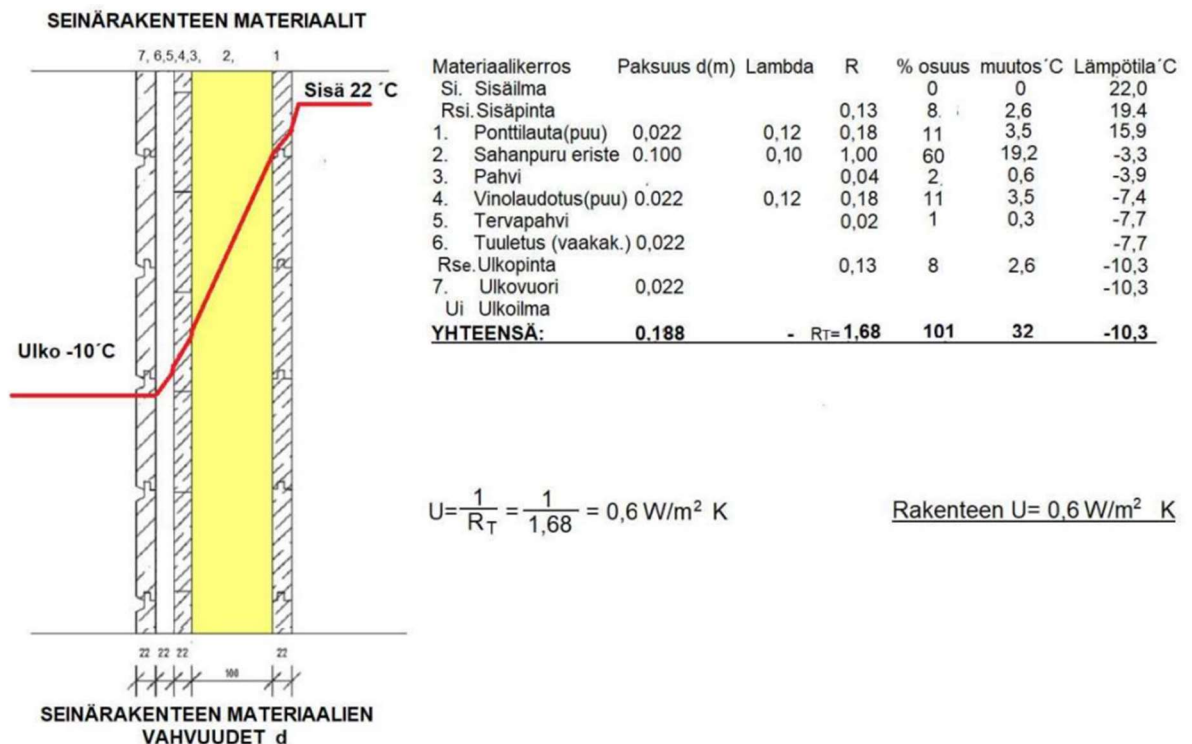
Taulukko 1. Materiaalien lämmönjohtavuuksia.

Materiaali	λ W m $^{\circ}$ C	Laskentaan sopiva arvo
Puupohjaiset eristeet		
– sahanpuru	0,08...0,14	0,1
– puukuitulevy	0,05...0,13	0,09
– puukuitueriste	0,05	0,05
– puu	0,12	0,12
Mineraalivillat		
	0,04...0,05	0,05
Muovipohjaiset eristeet		
– polystyreeni	0,041	0,04
– polyuretaani	0,03	0,03
Muut eristeet		
– kevytsora	0,08...0,1	0,1
– siporex	0,09...0,15	0,12
– vaahtolasi, solulasi	0,05	0,05
Muut materiaalit		
– betoni	1,7	1,7
– kivi	3,5	3,5
– lasi	2,0	2,0
– teräs	50	50

Taulukko 2. Rakennekerrosten lämmönvastuksia.

Materiaalikerros	Paksuus d mm	Lämmönvastus R m 2 $^{\circ}$ C W
Mineraalivilla	200	4,0
Puukuitueriste	200	4,0
Polystyreeni	200	4,5
Polyuretaani	100	3,5
Kevytsora	300	3,0
Siporex	300	3,0
Puu	200	1,5
Betoni	100	0,06
Teräs	1	0
Kipsilevy	13	0,06
Huokoinen puukuitulevy	12	0,2
Sisäpinta		0,13
Ulkopinta		0,07
Sisäpinta maanvaraisessa laatassa		0,3

Esimerkkinä lasketaan seinärakenteena käytetyn purueristeisen rakenteen eristyksen osalta U-arvo, sekä piirretään ja määritellään lämpötiläkäyrän sijoittuminen rakenteeseen. Kuviossa 6 on esitetty rakennekerroksen materiaalien lämmönjohtavuus ja laskettu materiaaleille lämmönvastukset $R = \frac{d(m)}{\lambda (W/(m \cdot C))}$. Laskemalla yhteen jokaisen materiaalin lämmönvastus R, ja lisäämällä sisä- ja ulkopuolen pintavastukset saadaan selvitettyä rakenteen kokonaislämmönvastus R_t . Kokonaislukua R_t tarvitaan rakennusosan U-arvon laskemiseen. U-arvo on kokonaislämmönvastuksen R_t :n käänteisluku $1/R_t$. Lämmönkulkua rakenteen lävitse kuvattaessa lämpökäyrällä tarvitaan R_t :tä, kun lasketaan rakenteen materiaakerroksille suhteellinen % osuus materiaalin lämmönvastuksen R suhteella kokonaislämmönvastukseen $R^* \% / R_t$. Lämpötilan muutos saadaan suhteellisen % osuudella kokonaislämpötilan muutoksesta. Laskenta ja lämpökäyrän piirtäminen on tehty Rakennusosien fysikaalinen toiminta julkaisussa kerrottujen asioiden perusteella. Kuvio 6:ssa on käytetty taulukossa 5. esitettyjä arvoja lämpökäyrän piirtämisessä. (Lindberg, 425- 427.)



KUVIO 6. Lämmönkulku seinärakenteessa, lämmönvastukset ja U-arvo.

Lämmönvastusten ja lämmönkulkemisen kuvaaminen on suuntaa antava. Karkeasti tehdyn laskelman tarkoituksena on esittää U-arvon ja lämpötilakäyrän määrittelyminen. Rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta julkaisun pohjalta on tehty kuviossa 6. määritelmät ja laskelmat. Julkaisussa on luonnehdittu myös esimerkki julkaisun laskenta tapaa,” Eri kerrosten lämpötilat voidaan esittää myös matemaattisina kaavoina, mutta edellä oleva esitys on myös käyttökelpoinen.” (Lindberg, 427.)

Rakennusosien pintavastuksen lambda-arvoista sisä- ja ulkopinnassa, sekä niihin vaikuttavista tekijöistä ja lämmönvastusta laskettaessa eri rakennusosille on kerrottu tarkasti C4 Suomen rakentamismääräyskokoelmassa lämmöneristys ohjeet 2003, Ympäristöministeriön 2002 antamat asetukset. Siinä kerrotaan myös erilaisten ohuiden ainekerrosten lämmönvastuksien, kuten muovikalvojen ja pahvien osalta käytettäviä laskenta-arvoja. (C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012.)

Pintavastuksilla ja ohuilla rakennekerroksilla ei ole kovinkaan suurta suhteellista osuutta kokonaislämmönvastukseen ja rakenteen energiatehokkuuteen, mutta ne ovat hyvä huomioida osana rakennusfysikaalisesti oikein toimivaa rakennetta. Pintavastuksen arvo määräytyy lämpöenergian sisä- ja ulkopinnan, sekä kulku-suunnan mukaisesti ylä- ja alasuunnassa tai vaakatasossa. Näiden tekijöiden mukaan määräytyy pintavastuksen arvo. (C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012.) Rakennusosan ulkopuolisen pintavastuksen arvoon suuresti vaikuttava tekijä on ilmaraon paksuus. Ilmarako toimii myös tuuletusrakona ulkovuoren ja eristepinnan välissä ja on tärkeä tekijä eristeiden toimivuuden kannalta.

Rakennusfysikaalisen toimivuuden määrittelyssä on rakenteen kosteusjakauma toinen määriteltävä tekijä. Määrittelemällä kosteuden jakautumista, kyllästyspitoisuus esitetään rakennusosan lävitse piirrettävällä kosteuskäyrällä vesihöyryn tiivistymisestä rakennusosan lämmöneristeiden kosteusteknisen toimivuuden määrittelyyn eri lämpötiloissa. Kyllästystilan ilmoittamiseen voidaan käyttää RH=100 % ja kyllästyspitoisuus ilmoitetaan g/m³ tai kyllästystilaa vastaavana osapaineena Pa. (Ralf Lindberg, 427.) Taulukossa 6. on esitetty kyllästyspitoisuusikäyrän määrittelyyn ja laskentaan tarvittavia kyllästyspitoisuuksia v_k ja kyllästystilan osapaineita p_k eri lämpötiloissa.

TAULUKKO 6. Eri lämpötilojen vaikutus vesihöyryn määrään (Lindberg, 428.)

Taulukko 4. Vesihöyryn kyllästyspitoisuus v_k ja kyllästystilan osapaine p_k .

t °C	v_k g/m ³	p_k Pa	t °C	v_k g/m ³	p_k Pa	t °C	v_k g/m ³	p_k Pa
-20	0,87	102	-3	3,89	485	14	12,10	1602
-19	0,95	111	-2	4,19	524	15	12,86	1708
-18	1,04	122	-1	4,51	566	16	13,65	1820
-17	1,14	135	0	4,85	611	17	14,49	1939
-16	1,25	149	1	5,21	658	18	15,37	2064
-15	1,38	164	2	5,58	708	19	16,30	2197
-14	1,52	181	3	5,98	762	20	17,28	2337
-13	1,67	200	4	6,40	818	21	18,31	2484
-12	1,83	221	5	6,84	878	22	19,40	2640
-11	2,01	242	6	7,31	941	23	20,54	2805
-10	2,20	266	7	7,80	1008	24	21,74	2979
-9	2,40	292	8	8,32	1079	25	23,00	3162
-8	2,61	319	9	8,87	1154	26	24,32	3355
-7	2,84	348	10	9,45	1234	27	25,71	3559
-6	3,08	379	11	10,06	1318	28	27,17	3773
-5	3,33	412	12	10,71	1408	29	28,70	3999
-4	3,60	447	13	11,38	1502	30	30,31	4237

Vesihöyryllä ollessa rakennusosan ulko- ja sisäpuolella kosteuspitoisuuksissa eroa, niin höyrypitoisuusero pyrkii tasaantumaan eripuolten välillä vastusten suhteessa. Vesihöyryn tasaantumista eri puolten välillä ja rakennekerrosten vastustusta vesihöyryn materiaalien lävitse kulkemiseen kuvaa vesihöyryvastus Z_v . (Lindberg, 428.)

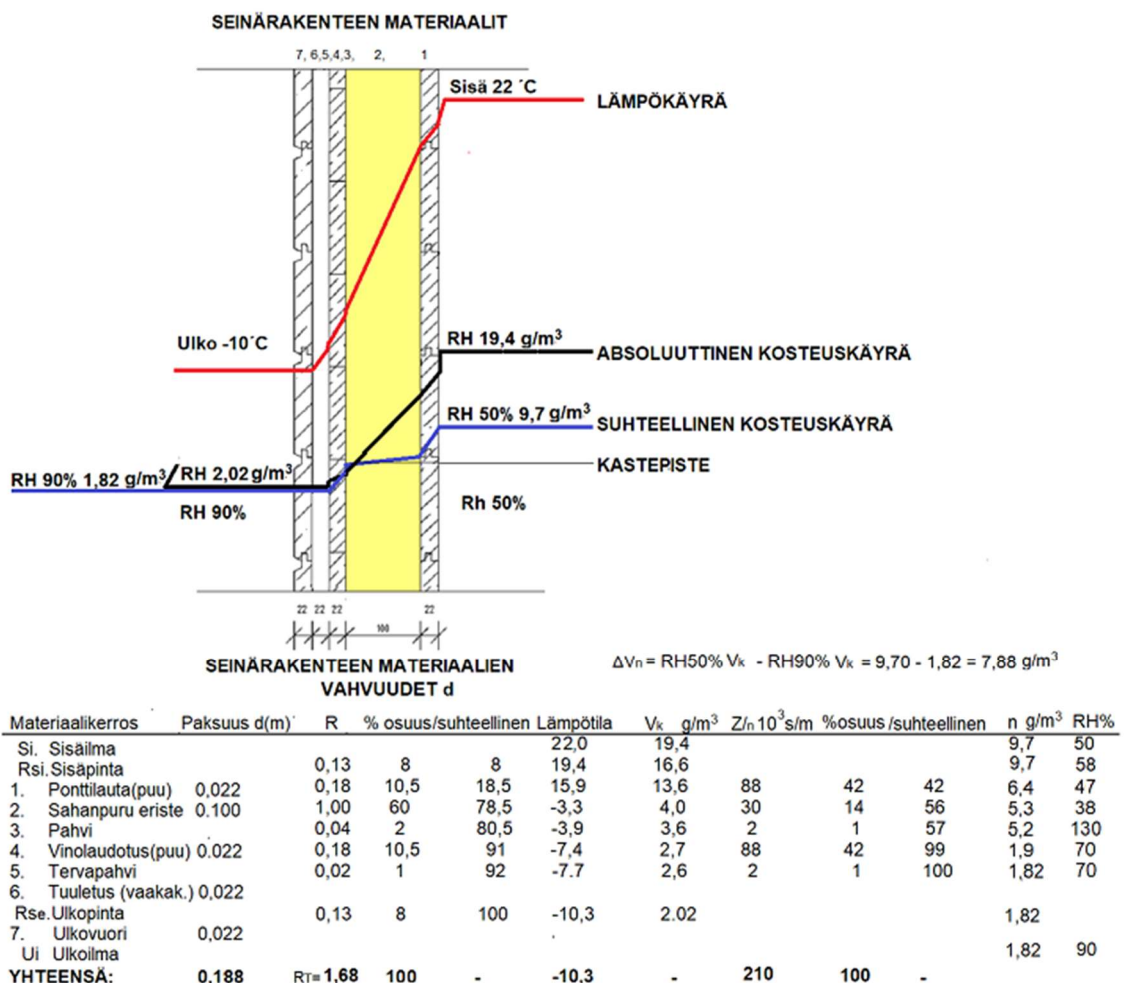
Taulukossa 7 on annettu materiaaleille vesihöyryn vastus Z_v suhteessa materiaalin paksuuteen ja sopiva arvo laskentaan.

TAULUKKO 7. Materiaalien vesihöyry vastukset (Lindberg, 429.)

Taulukko 5. Materiaalikerrosten vesihöyryn vastuksia Z_v .

Materiaalikerros	Paksuus mm	Z_v 10 ³ s/m	Laskentaan sopiva arvo
Polyeteenikalvo	0,2	> 2000	3500
Ilma	100	4	4
Betoni	100	30...1000	150
Puu	100	30...500	400
Siporex	100	10...50	30
Mineraalivilla	100	4...12	8
Polystyreeni	100	70...110	100
Polyuretaani	100	600...7500	1300
Kipsilevy	13	1,6...4,5	4
Huokoinen kuitulevy	12	2,5...3,5	3
Kovalevy	3,2	2,5...3,5	3
Vaneri	13	15...80	50
Maalit		5...120	
Linoleum matto		200	
Muovimatto		500	

Kuviossa 7. on kuvattuna rakennusfysikaalisen toiminnan käyrät ja kastepiste taulukoiden 6. ja 7. kyllästyspitoisuus ja vesihöyryvastus arvoilla laskettuna. Absoluuttinen kosteuskäyrä kuvaa absoluuttista höyryn kyllästyspitoisuutta eri lämpötiloissa ja sen sisältämää kosteuden määrää g/m^3 . Suhteellinen kosteuskäyrä kuvaa sisäpuolen 50 %:n ja ulkopuolisen 90 %:n välistä kosteuspitoisuuksien tasaantumista RH:n suhteen. Absoluuttisen ja suhteellisen kosteuskäyrän leikkaus kohdassa vesihöyryn ylittäessä 100% kosteus tiivistyy vedeksi. Kosteuskäyrien leikkauskohta näyttää rakenteessa kastepisteen sijainnin esitetyissä olosuhteissa. Kastepiste rakenteen sisällä eristeessä lisää eristeiden lämmönjohtavuutta ja pienentää niiden lämmön eristyskykyä. Tarkoituksena kuvion 7. esimerkinä käytetyn seinärakenteen rakennusfysikaalisen toiminnan esittämisellä on tuoda esille asioita, joiden huomioiminen lisäeristystä suunniteltaessa on otettava huomioon. Rakenteiden oikean toiminnan varmistamiseksi olisi tehtävä useampia laskelmia eri olosuhteissa ja niitä vertailemalla hakea toimivin ratkaisu.



KUVIO 7. Lämpökäyrä, kosteuskäyrät ja kastepiste

2.2.3 Lämmitysenergian tuottaminen

Lämmitysenergian tuottamisen osalta energiasaneerauksessa on rakennuksessa olevalla lämmönjakamisjärjestelmällä merkitys mahdollisuuksiin lämmöntuottamistavan muuttamiseen. Vesikiertoisella lämmityksellä on monia vaihtoehtoja energiatehokkaampaan lämpöenergian tuottamiseen, verrattuna suoralla sähköllä ilman vesikiertojärjestelmää olevaan järjestelmään. Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän rakentaminen energiasaneerauksessa lisää investointien määrää ja itsensä takaisinmaksuaikaa merkittävästi, mutta on kuitenkin mahdollista rakentaa. Vesikiertojärjestelmän lämmitysenergian tuottamismuotoja ovat

- maalämpö järjestelmät
- ilmavesilämpöpumppu
- poistoilmalämpöpumppu
- puukattila
- sähkökattila
- pelletti- ja hakepoltin
- kaukolämpö.

Vesikiertolämmityksen käyttämän energian rinnalle voidaan asentaa tukilämmitysjärjestelmiä lämpöenergian tuottamiseen ja alentaa näin päästöjen määrää ja saada kustannussäästöjä. Erilaisia yleisesti käytettyjä tukilämmitysjärjestelmiä vesikiertojärjestelmässä ovat

- energiavaraaja
- aurinkokeräimet
- vesikiertotakka tai tulisija
- poistoilma- ja ilmalämpöpumppu.

Suoralla sähköllä toteutettua lämmitysjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseksi yleisesti käytettyjä lämmitys- ja energiamuotoja ovat

- ilmalämpöpumppu
- tulisijat
- aurinkosähkö.

Energiavaraaja

Energiavaraajalla saadaan hyötyä vesitilavuutta kasvattamalla ja varastoimalla energiaa veteen käytettäväksi vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. Energiaa ladataan varaajaan esim. aurinkoenergialla myöhemmin käytettäväksi. Varaajaan saadaan liitettyä aurinkokeräimet, vesikiertoiset tulisijat ja lämpöpumput ym. riippuen varaajan varustetasosta. Energiavaraajissa on mahdollista liittää useampi energialähde ja se voidaan asentaa olemassa olevan kattilan rinnalle osaksi kiertovesilämmitysjärjestelmää. Energiavaraajan veden lämmittäminen tapahtuu lämmitysvesikierukalla, sähkövastuksella tai kuumakaasukierukalla.

TAULUKKO 8 Energiavaraajan teknisiä tietoja (Akvaterm 2019, 3.)

Nimike	Leveys [mm]	Korkeus [mm]	Paino [kg]	Tilavuus [l]	PN [bar]	Eristys [mm]	Seisonta-häviö [W]	Energia-luokka	LVI-nro
AKVA EK 300*	710	2000/2060**	140	284,0	3	100	66,0	B	5235100
AKVA EK 500*	800	2000/2060**	170	450,0	3	100	74,0	B	5235054
AKVA EK 750*	950	2080/2140**	210	749,2	3	100	94,0	B	5235056
AKVA EK 1000*	1050	2100/2210**	240	958,4	3	100	106,0	B	5235058
AKVA EK 1500*	1250	2130/2240**	300	1486,4	3	100	128,0	C	5235060
AKVA EK 2000*	1400	2190/2300**	350	1972,4	3	100	145,0	C	5235062
AKVA EK 2500*	1500	2250/2360**	380	2500	3	100			5235101
AKVA EK 3000	1600	2280/2390**	420	3000	3	100			5235064
AKVA EK 4000	1800	2350/2450**	500	4000	3	100			5235102
AKVA EK 5000	2000	2500/2600**	630	5000	3	100			5235103
AKVA EK 6000	2150	2500/2600**	780	6000	3	100			
AKVA EK 7500	2150	3000/3100**	940	7500	3	100			

*) Tuotteet on valmistettu Ecodesign-asetuksen EU No 814/2013 mukaisesti ja sen alaiset tuotteet ovat CE-merkittyjä. ** Min./max.

Taulukossa 8. on esitetty energiavaraajien tilan ja painon asettamia vaatimuksia, sekä teknisiä tietoja järjestelmän suunnittelua ja laskentaa varten. Sopivan energiavaraajan valintaan ja sen antaman energiatehon laskemiseen karkeasti voi käyttää 100 litraa x 10 kWh/ vrk. Taulukossa 9. esitetty lämmityskattilan rinnalle asennettava varaajan mitoitusta. (Ariterm 2017, 4.)

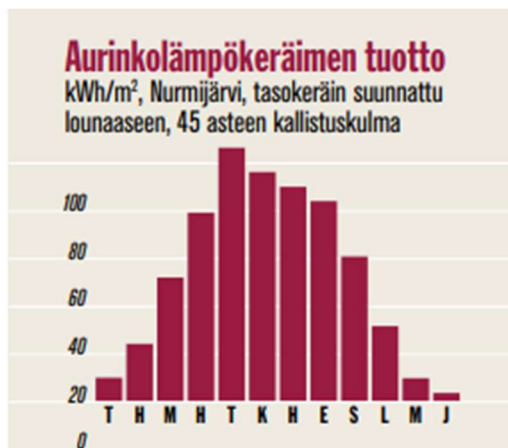
TAULUKKO 9. Varaajan koko suhteessa energian määrään (Ariterm 2017, 4.)

Varaajan koko (litraa)	Lämpömäärä kWh/vrk
1000	105
1500	160
2000	210
2500	260
3000	315
4000	420

Energiavaraajan mitoituksesta puulämmityskattilaan ja energian tarpeen jakautumisesta vuositasolla, sekä huippuenergiasta varaajan mitoitusperiaatteena on kerrottu Aritermin, se on lämpöä esitteessä, joka on liitteessä 5. Esitteessä on kerrottu esimerkkinä talonlämmityksen tehontarve ja puukattilan antamia energiatehoja suhteutettuna energiavaraajan kokoon ja tehon tarpeeseen. LIITE 5.

Aurinkokeräimet

Etelä-Suomessa aurinkosäteilyn määrä vuodessa on neliömetrille vaakatasossa laskettuna n. 1000 kilowattituntia. Vaihtelevista olosuhteista riippumatta Suomessa saadaan auringosta energiaa tarpeeksi sen hyödyntämisen lämpö- ja sähköenergian tuottamiseen, jonka tuottamat hiilidioksidipäästöt ovat vähäisiä ja aurinkoenergia on ilmaista. Kuviossa 8. on esitetty aurinkolämpökeräimen tuottoa. (Motiva 2016, 2.)



KUVIO 8. Esimerkki eri kuukausina lämmöntuotosta / kWh/m² (Motiva 2016, 2.)

Auringonsäteilyä kerätään lämpöenergiaa talteen aurinkolämpökeräimellä. Keräimen sisällä kiertävä neste tai ilma ottaa talteen auringonsäteilyä lämpöä, ja lämpöenergia lämmittää energiavaraajassa olevan käyttö- ja lämmittämiseden. Aurinkolämpökeräimistä yleisimpiä ovat taso- ja tyhjiöputkikeräin. Tyhjiöputkikeräin on yleisin n. 50 % osuudella, tasokeräimet n.30 %, muovikeräimen osuus n. 12 % ja ilmakeräimien osuus alle 1 % maailman markkinoista. (Eicker 2014, 206.)

Vesikiertotakka tai tulisija

Tulisijasta voidaan ottaa vesikierrolla lämpöenergiaa ja johtaa lämpöenergia lämmitysveteen samalla tavalla kuin aurinkolämpöjärjestelmässä, tulisijan kuorimuurauksen ja tulipesän väliseen tilaan asennettavalla keräysputkistolla. Vanhaan tulisijaan voi olla vaikea saada keräysputkisto jälkikäteen asennettua. Lämmönkerääminen tulisijasta voidaan toteuttaa vesikiertoisella takkasydämellä tai lämmönvaihtimella, joka on mahdollista asentaa vanhaankin tulisijaan mittojen sen salliessa. Nunnauunin takan tulisijaan asennettavalla lämmönvaihtimella saatavia veden lämmitysarvojen määriä ovat

- tulevan veden lämpötila-alue 20-70 °C.
- lähtevän veden lämpötila-alue 40-80 °C.
- veteen siirtyvä lämpöenergia 5-10 kWh, riippuen tulevan veden lämpötilasta. (Nunnauuni, 2020.)

Kuviossa 8 on esitetty vesikiertotakkasydämen teknisiä tietoja



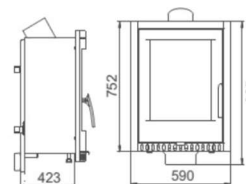
Valencia Aqua vesikiertotakkasydän

€995.00

kuva:
01

VALENCIA Aqua

Weight	77 kg
Regulation range	4 ÷ 12 kW
Heat capacity	98 ÷ 190 m ³
Flue outlet	top
Fuel	wood, briquet
Flue gas flow - wood / briquet	8,8 / 6,3 g/s
Draught	12 Pa
Certificates	1,5



Erillinen tuloilmansyöttö

- Teho: 8 kW
- Teho veteen: 4 kW
- Lämmityskapasiteetti: 98 ÷ 190 m³
- Mitat: 825×590×410 mm
- Hormin halkaisija: 150 mm (Yläputkiliitin)
- Savukaasujen lämpötila: - 304C
- Piipun veto 12 Pa

KUVIO 8. Vesikiertotakkasydän (Kotituli, 2019.)

Tulisija on hyvä tukilämmitysmuoto ja uusiutuvaa energiaa käyttävä lämmönlähte. Puulla lämmittäminen on edullista ja tulisijan hyviä ominaisuuksia ovat lämmönvarastointi, lämpöenergian nopea luovutus säteilemällä ja muista engialähteistä riippumaattomana toiminta varalämmitysmuotona. Tulisijoihin asennettävien lämmönkeräys järjestelmien lisäksi on mahdollista ottaa lämpöenergiaa

talteen tulisijan savukaasujen sisältämästä lämpöenergiasta savuhormiin asennettavalla lämmöntalteenottoputkistolla tai lämmönvaihtimella.

Poistoilmalämpöpumppu

Myös poistoilmahormista saadaan kerättyä lämpöenergiaa poistoilmalämpöpumpun välityksellä. Kohteisiin, joissa on painovoimainen ilmanvaihto tai halutaan tehostaa ilmanvaihtoa, on mahdollisuus asentaa saneerauskohteisiin tarkoitettu poistoilmalämpöpumppu, jolla lämpö siirretään poistolämmöstä vesikiertojärjestelmään. Saneerauskohteisiin tarkoitettujen pienempien poistoilma, sekä ilmave-silämpöpumppujen toiminta periaate on sama kuin tehokkaammassa malleissa.

Ilmalämpöpumppu

Ulkoilmasta, maaperästä sekä rakennuksen poistoilmasta voidaan lämpöpumpputekniikalla siirtää lämpöenergiaa käytettäväksi rakennuksen lämmittämiseen. Ilmalämpöpumpulla lämpöenergia siirretään rakennukseen ilmanvälityksellä erillisellä sisäyksiköllä. Ilmalämpöpumppu voidaan asentaa muiden lämmitysjärjestelmien rinnalle ja esimerkiksi suoralla sähköenergialla lämmitettävän rakennuksen kohdalla tehokas vaihtoehto energiatehokkuuden parantamiseen.

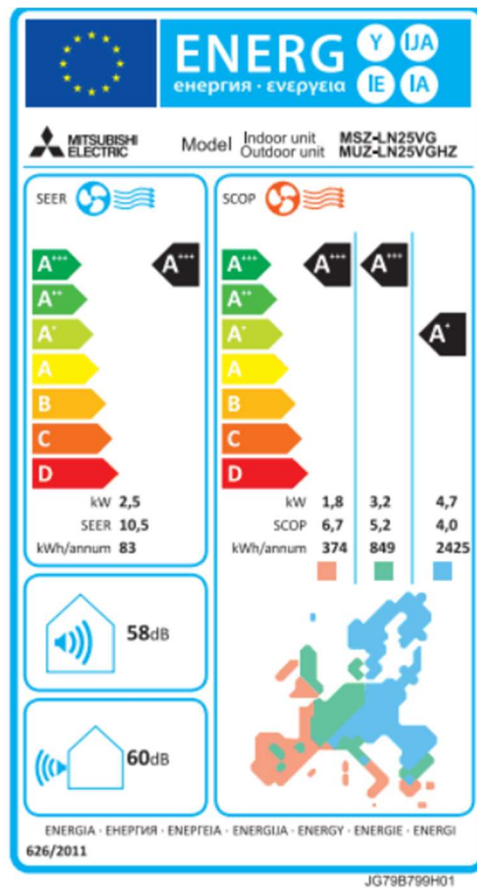
Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäaineeseen ja sen fysikaalisiin ominaisuuksiin olomuodon vaihtumiseen kaasusta nesteeksi. Kylmäaineesta riippuen sen olomuoto vielä nestemäinen n. -25 C asteessa ja tätä korkeammassa lämpötilassa alkaa neste höyrystymään kaasuksi. Kylmäaineen ollessa kaasu muodossa ja matalassa lämpötilassa esim. n. - 20 C asteessa kaasu sitoo lämpöenergiaa sitä ylemmästä lämpötilasta. Kun kaasun lämpötila on kohonnut ja kun se puristetaan kasaan nesteeksi, niin sen lämpötila nousee ja tästä saadaan otettua lämpöenergia talteen. Esimerkkinä pakastin, jossa pakastimen sisältä höyrystimen kaasuun kerätään ensin lämpöenergiaa ja kaasu puristettaessa nesteeksi aiheutuu lämpötilan nouseminen. Sitten neste lauhdutetaan pakastimen sisätilan ulkopuolella niin lämpöenergia siirtyy pakastimen sisältä huonetilaan. Tätä kiertoa, jossa kaasu ja siihen kerätty lämpöenergia puristetaan kasaan nesteeksi aiheuttaen lämmön nousun ja nesteen lämmönsiirtyminen lauhduttuksen jälkeen muuttaa sen nesteestä takaisin kaasuksi, ohjataan termostaatilla halutun lämpötilan saamiseksi. Tällä tavoin voidaan säädellä rakennuksessa lämpötilaa höyrystimellä jäähdytystä tai lauhduttimella lämmitystä.

Ilmalämpöpumppu lämmitysjärjestelmään kuuluu ulkoyksikkö, jossa on höyrystin keräämässä ulkoilmasta lämpöenergiaa sekä sisäyksikkö, jolla lauhduttimen läpi ilmavirran avulla siirretään lämpöenergiaa rakennuksen lämmittämiseksi. Lämpöpumppujen käyttövoimana toimii sähkö. Sähkö käyttää ja pyörittää sisäyksikön ilmapuhallinta sekä ulkoilmasta höyrystimen lämpöenergiaa keräävää tuuletinta ja kaasun nesteeksi puristavaa kompressoria. Lämpöpumppujen hyöty suhdetta voidaan havainnollistaa sähköllä saatavaan lämpöenergian tuottamiseen yhdellä kWh:lla. Jos 1 kWh sähköä käytetään suoran lämmityksen sijasta lämpöpumpun käyttämiseen, saadaan lämpöpumpulla keskimäärin noin kolme kertaa enemmän lämpöenergiaa. Lämpöpumpun hyötysuhteeseen vaikuttaa ulkoilman lämpötila.

Hyötysuhteesta käytetään nimityksiä COP- ja SCOP-kerroin. COP-kerroin on vanhempi tapa hyötysuhteen ilmoittamiseen ja kertoimella ilmoitetaan lukema 7 asteen lämpötilassa saatava hyöty yhdellä kWh:lla. Esimerkiksi jos yhdellä sähkö kWh:lla saadaan 3 kWh:n lämpöenergia on COP-kerroin kolme (COP 3). Lämpöpumpulla saadaan hyötyä vielä yli -20 C asteen ulkoilmasta, mutta hyöty suhde laskee alle kahteen -15C asteen jälkeen. SCOP-kerroin on ilmastovyöhykkeittäin määräytyvä ja ilmoitettu hyötysuhde. (Motiva 2018, 17.)

Ilmalämpöpumppua voidaan myös käyttää huoneiston ilman viilennykseen, joka samalla poistaa kosteutta huoneiston sisäilmasta. Ilmalämpöpumpun sisäyksikössä on ilmansuodattimet, joiden kautta ilma jaetaan huoneistoon poistaen samalla ilmasta epäpuhtauksia. Huoneiston ilman jäähdytyksen yhteydessä käytetty SEER-arvo ilmoittaa samalla tavalla kuin lämmityksen hyötysuhteen, ilmaisemalla yhdellä kWh:lla saadun jäähdytystehon ja tämän hyötysuhteen. Kylmälaitteiden tavoin lämpöpumput jaotellaan energiatehokkuus luokkiin. Energialuokat ilmoitetaan ilmalämpöpumpuissa jäähdytyksen ja lämmityksen osalta.

Kuviossa 9. on esimerkki Mitsubishin ilmalämpöpumpun energia tehokkuuden luokituksista ja teknisistä tiedoista energian tuottamiseen. Energiatehokkuuden ilmastoluokan mukaiset SCOP-arvot Euroopassa ja niiden mukaiset energiatehokkuuden luokat. Lämpöenergian maksimi lämpöenergia tehot luokittain ja jäähdytys energia SEER-arvot sekä laitteen aiheuttamat melu- ja äänihaittojen desibeli arvot ovat myös ilmoitettu.



KUVIO 9. Ilmalämpöpumpun energiatehokkuusluokat ja teknisiä tietoja (Biottori, Ilmalämpöpumppu Mitsubishi Electric. Kuvakokoelma.)

Tulisijat

Puusta saatavaa lämpöenergiaa voidaan hyödyntää lämmittämiseen ja ruoanvalmistukseen ja myös sähkölämmitteisen pientalon energiatehokkuuden parantamiseen. Erilaisia tulisijoja ruoanvalmistukseen ovat leivinuunit ja puuliedet, joiden käyttäminen ruoanvalmistuksen lisäksi lämmittävät samalla huoneistoa. Tulisijoista on olemassa monia eri malleja ja niiden eriyhdistelmiä. Tulisijojen käyttämisen hyötyinä ja etuina ovat

- puusta saatavan lämpöenergian tuottamisen ekologisuus ja tehokkuus lämmönlähteenä
- niiden mahdollisuus varastoida ja luovuttaa lämpöenergiaa
- polttamisen ja palamiseen tarvittavan ilman saannin kasvaminen tehostaa rakennuksen ilmanvaihtumista energiatehokkaasti
- tulisijassa puusta nopeasti saatava lämpöenergia tarvittaessa, esimerkiksi saunan ja puukiukaan lämmittämisessä
- polttopuun saanti ja edullisuus sekä tulisijan toiminta pientalojen varalämmitysjärjestelmänä muista energioista riippumattomana.

Aurinkosähkö

Auringon säteilyn energia voidaan hyödyntää myös muuttamalla aurinkoenergia sähköksi. Sen sähköksi muuttaminen vaatii aurinkopaneelit, jotka vastaan ottavat auringon säteilyn. Auringon säteilyenergian mukaan määräytyy paneelien tuottama sähköenergia, samalla tavoin kuin aurinkolämpökeraimilla lämpöenergian määrä Kuvion 8:n s.27. aurinkokeräimet kappaleessa.

Aurinkopaneeleita asentamalla n.12 m², niin niillä on saatavissa hetkellisesti noin 3000 watin sähköteho riippuen aurinkopaneeleista ja n.2000 kWh tuotto vuositasolla sijainnista ja sääoloista riippuen. Käytössä olevia aurinkopaneeleita on kahta eri tyyppiä piistä valmistettua, yksi- ja monikidepaneeleita. 90 prosenttia käytetyistä aurinkopaneeleista on piistä valmistettuja ja niiden hyötysuhde on tavallisesti n. 15-17 %. (Motiva, 2020.) Yksikide paneeleilla hyötysuhde voi olla yli 20 % ja niillä saadaan sähköenergiaa enemmän pilvisellä säällä verrattuna monikiteisiin, joilla on taas saatavissa suurempi hetkittäinen sähkön tuotto.

Aurinko paneelien tuottama jännite on tasavirtaa, joka on mahdollista käyttää sellaisenaan tai muuntaa vaihtosähköksi ja liittää rakennuksen sähköverkossa käytettäväksi invertterillä. Invertterillä muutetaan sarjaankytketyiltä aurinkopaneelilta tulevan korkeajännitteisen ja matala ampeerisen sähkö vaihtovirraksi sähkölaitosten tuottaman sähköenergian jakeluverkoston mukaiseksi. Aurinkopaneelien tuotto voi ylittää aurinkoenergian kiinteistössä käytettävään sähkön tarpeen. Tämä ylijäämä sähkö on invertterin välityksellä myytävissä sähköverkkoon.

Ylijäämä sähkö myyntiä varten tarvitsee tehdä sähkönmyyntisopimus sähkölaitoksen kanssa. Aurinkosähkö pientuotantolaitokselle sähkölaitos antaa tuotantokäyttöpaikka tunnuksen sopimuksen tekoa varten ja sähköyhtiö käy tarkistamassa aurinkosähkö pientuotantolaitoksen ennen sähkön tuotannon aloittamista.

Maalämpö.

Maalämpöjärjestelmien toiminta perustuu lämpöpumpputekniikkaan samalla tapaa kuin, kappaleessa ilmalämpöpumppu sivulla 29-31 energian tuottamiseen lämpöpumppua käyttämällä. Maalämpö eroaa ilmalämmöstä siten, että ilmasta energian keräämisen sijaan lämpö kerätään maasta ja erillistä ulkoyksikköä ei ole ilmalämpöpumppujen tapaan. Maan lämpöenergia johdetaan nesteiden välityksellä putkella maasta erilliseen sisäyksikköön, josta lämpöpumppu ottaa lämpöenergian talteen. Sisäyksikön lämmittämä vesi käytetään rakennuksen sekä käyttöveden lämmittämiseen. Maasta talteen otettava lämpö saadaan kallioon porattavasta lämpökaivosta tai lämmönkeruu putkistolla maasta tai vesistöstä. Maassa oleva lämpötila on n. 10 celsiusta, josta energia otetaan talteen. Maassa kiertävällä nesteellä voidaan myös viilentää rakennusta esimerkiksi ilmastointilaitteen tuloilman esilämmityskennossa kierrättämällä lämmönkeruupiirin nestettä.

Maalämpöpumppujen hyötysuhde on vähän parempi kuin ilma- ja poistoilmalämpöpumpuilla. Maalämpöpumppujen energiatehokkuus ja energialuokat ilmoitetaan samoin kuin, muissakin lämpöpumppumalleissa. Maalämpöjärjestelmä on vähän kalliimpi toteuttaa kuin muut lämpöpumppujärjestelmät.

Maalämpöjärjestelmän hintaa nostaa lämmityspotkiston asentaminen maaperään ja vesistöön tai lämpökaivon tekeminen maahan/kallioon. Maalämmönkerääminen pohjavesialueella tai vesistöstä vaatii erillisen luvan. (Motiva 2018, 23-29). Myös energiakaivon tekeminen lähelle naapuruston rajaa voi tarvita rajanaapurin suostumuksen. Tarkempia ohjeita ja määräyksiä on Ympäristöministeriön vuonna 2013 julkaisemasta päivitetystä Janne Juvosen ja Toivo Lapinlammen Energiakaivokaivo-oppaassa.

Ilmavesilämpöpumppu

Ulkoilmasta saadaan otettua lämpöenergiaa ilmavesilämpöpumpulla samalla tavoin kuin, ilmalämpöpumpulla. Saatu lämpöenergia johdetaan ilmavesilämpöpumpun sisäyksikössä veteen, joka käytetään rakennuksen lämmitys- ja käyttöveden lämmitykseen. Ilmavesilämpöpumpun hyötysuhde on samaa luokkaa muiden lämpöpumpumallien kanssa sekä energiatehokkuus ja energialuokka ilmoitetaan samalla tavalla. Ilmavesilämpöpumpun hyötyä parantaa mahdollisuus tuotetun lämpöenergian varastointiin sisäyksikön energiavaraajaan tai lisäenergia-varaajaan. Esimerkiksi talvella päiväaikaan lämpötilan ollessa korkeampi varastoinnalla lämpöenergiaa yöaikaan varten. Uudemmissa kaikissa lämpöpumppumalleissa on mahdollista ohjelmoida lämpöpumpun toimintaa etukäteen sekä etäkäyttö mahdollisuus.

Ilmavesilämpöpumppujärjestelmään kuuluu ulkoyksikkö lämmönkeräämiseen ulkoilmasta ja sisäyksikkö, jossa lämpöenergia otetaan talteen ja varastoidaan sisäyksikössä olevaan lämmitys- ja käyttövesivaraajaan. On myös olemassa energiasaneeraukseen tarkoitettu sisäyksikkö, jossa ei ole itsessään varaajaa, vaan sisäyksikkö kytketään osaksi käytössä olevaa lämmitysjärjestelmää.

Ilmavesilämpöpumpun ulkoyksikkö on ilmalämpöpumpun ulkoyksikköä tehokkaampi ja näin ollen myös kooltaan suurempi. Toimintaperiaatteet ovat ulkoyksiköissä kuitenkin samat. Ulkoyksiköissä toimintahäiriön tai jos pakkasta on yli -30 celsius astetta, kytkeytyy ulkoyksikön lämpöpumppu automaattisesti pois käytöstä ja sisäyksikköä on mahdollista käyttää suoralla sähköenergialla. Kylmissä olosuhteissa lämmönkeräämiseen tarvittavan laitteen sisältämän kylmäaineen höyrystyminen ei tapahdu odotetusti. Näin ollen kylmäainepiirin paineen alentuessa on lämpöpumpun kompressorin toiminta estetty, jottei kompressorissa tapahtuisi nesteiskua ja vaurioittasi laitetta. Nykyisin kylmäaineena käytetään yleisesti R410 A:ta, jonka kiehumispiste on n. -60 celsiusastetta, joka mahdollistaa lämpöenergian ottamisen yli -30 celsiusasteesta.

Ulko- ja poistoilmasta lämpöenergiaa ottavat lämpöpumput eivät vaadi yleensä lupamenettelyitä. Kaupunkien ja kuntien rakennusvalvonnassa on annettu ohjeistus tarvittavista menettelyistä. Periaatteena ulkoyksikön sijoittamiseen on että, lupamenettelyitä ei tarvita, jos se ei haittaa ja häiritse ympäristöä.

Poistoilmalämpöpumppu

Muiden lämpöpumppujen tavoin poistoilmalämpöpumppujen lämpöenergian tuottaminen perustuu sähköllä käytettävän laitteiston ja kylmäaineen välityksellä tapahtuvaan lämpöenergian tuottamiseen. Energia otetaan nimensä mukaan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän poistoilmasta ja johdetaan vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Erillistä ulkoyksikköä järjestelmässä ei ole, vaan poistoilmalämpöpumppu sisältää energiatuottamisen tarvittavan lämpöpumpun energian tuottamista varten sekä energiavaraajan lämpöenergian käyttöä ja varastointia varten samassa rakennuksen sisätilaan asennettavassa yksiköstä samoin kuin, maalämpöjärjestelmässä.

Hyötysuhteen COP- ja SCOP-arvojen mukaan poistoilmalämpöpumppujärjestelmässä on muita lämpöpumppujärjestelmiä alahaisempi hyötysuhde ja lämmitysteho poistoilman virtauksen ollessa alle 60 %. Suuremmalla poistoilma virtauksella hyötysuhde kasvaa ylittäen muiden lämpöpumppujen hyötysuhteen arvot. Poistoilmalämpöpumpussa on sähkövastukset lisänä lämmöntuottamista ja häiriötilannetta varten. Liitteessä 4 on taulukoitu eri järjestelmien teknisiä tietoja ja laitteiden hintoja. LIITE 4.

Puukattila

Uusiutuvana energialähteenä puuta voidaan hyödyntää ja käyttää lämmitysenergian tuottamiseen puukattiloissa. Lisäksi on olemassa yhdistelmäkatiloita, joissa on mahdollista käyttää useampaa energianlähdettä. Puulämmitteiset lämmityskattilat jaotellaan eri ryhmiin puun polttotavan tai polttopesän mukaisesti. Polttotavan mukaan kattilat jaotellaan ala- ja yläpalokattiloihin ja tulipesien mukaisesti etu- ja kaksoispesäkattiloihin. Kummassakin kattila tyypissä poltosta ja savukaasuista otetaan lämpöenergia talteen ja johdetaan kattilaveteen käytettäväksi rakennuksen lämmitys- ja käyttövesijärjestelmässä.

Puukattilalla pystytään hoitamaan rakennuksen lämmittämisen ja lämpimänkäytöveden tarve ilman muita energiamuotoja. Kattiloihin on kuitenkin mahdollista asentaa sähkövastus varaenergian lähteeksi. Puun poltosta lämmityskattilalla saatavasta energiasta määrästä on kerrottu liitteessä 5 sekä puun polttoaineena sisältämiä energia-arvoja liitteessä 1. LIITE 1.; LIITE 5.

Sähkökattila

Sähkökattilalla saadaan tuotettua rakennukseen tarvittava lämmitys- ja lämminkäyttövesi. Sähkökattilalla säästö mahdollisuudet ovat lähinnä tuottaa lämpöenergia edullisemmalla kaksiaikäsähköllä yöaikana ja varastoida energia varajaan käytettäväksi päiväsaikaan sähköenergian hinnan ollessa korkeampi. Ympäristövaikutuksiin voi vaikuttaa valitsemalla sähköyhtiön, joka käyttää vähemmän fossiilisia polttoaineita sähköntuotannossa.

Vesikiertojärjestelmään asennettavia kattiloita on useita malleja käyttötarkoituksen mukaan. Sähkökattiloita on pienempiä kattilamalleja, joita käytetään esimerkiksi maalämmön yhteydessä lämpöenergian saannin varmistamiseksi. Lisäksi on kehitetty yhdistelmäkattiloita eli hybridikattiloita, joihin saadaan liitettyä useampia lämpöenergian lähteitä esimerkiksi aurinkokeräimellä tuotettu energia.

Pelletti- ja hakepoltin

Pellettipolttimella ja hakepolttimella saadaan tuotettua pientalojen lämpöenergia käyttämällä uusiutuvia energialähteitä. Polttimella tuotettu lämpöenergia vaatii lämmityskattilan, jossa palamisella tuotettu energia siirretään lämmitysjärjestelmän veteen. Palamisen palokaasujen vuoksi on kattilan oltava polttamiseen tarkoitettu ja liitettynä savuhormiin. Poltin voidaan liittää yhdistelmä- ja puukattilaan sekä on mahdollista asentaa öljypolttimen tilalle öljypoltinkattilaan.

Pelletti- ja hakepolttamisella suoritettavan energiantuottamislaitteiston vaatima tilantarve on huomioitava järjestelmän valintaa tehtäessä. Järjestelmällä voidaan tuottaa lämpöenergia automaattisesti toimivalla polttotapahtumalla. Varsinainen tilan tarve koostuu polttoaineen varastoinnista. Varaston olisi hyvä sijaita kuivassa tilassa ja poltettavan materiaalin hankinta on edullisempaa suuremmissa erissä. Esimerkiksi pellettiä voidaan hankkia samoin kuin polttoöljyä säiliöautolla tuoden. Pelletti- ja hakepolttimella lämpöenergian tuottojärjestelmä koostuu

- ohjainyksiköstä, joka ohjaa järjestelmän automaattista toimintaa
- poltinosasta, joka polttaa käytettävän polttoaineen
- polttoaineen siirto laitteesta säiliöstä polttimelle
- säiliöstä polttoaineen varastointiin.

Taulukossa 10 on esitetty suoran ja varaavan lämmityksen polttamisessa kuluvan pelletin tai hakkeen määrää, suhteutettuna vuotuisen 20000 kWh:n lämpöenergiämäärän saamiseksi. Lisäksi taulukossa on vertailtu tekniikan kehityksen tuomaa hyötyä. Taulukossa esitetyistä järjestelmistä tehokkaimmassa järjestelmässä poltin on integroitu pellettikattilaan, jossa poltin on kiinteäosa kattilaa.

TAULUKKO 10. Pelletti- ja hakepolttimen kulutus (Tuomi 2013, 51)

<i>Pellettilämmitys</i>	<i>Vanha teknologia</i>		<i>Nykyaikainen teknologia</i>	
	<i>Suora lämmitys</i>	<i>Varaava lämmitys</i>	<i>Suora lämmitys</i>	<i>Varaava lämmitys</i>
<i>Laitetyyppi</i>	<i>Pelletin kulutus, kWh/v</i>			
<i>Hakepoltin ja kattila</i>	30769	28571	26667	25000
<i>Pellettipoltin ja kattila</i>	28571	26667	25000	23529
<i>Integroitu pellettikattila</i>	26667	25000	23529	22222

<i>Hakelämmitys</i>	<i>Vanha teknologia</i>		<i>Nykyaikainen teknologia</i>	
	<i>Suora lämmitys</i>	<i>Varaava lämmitys</i>	<i>Suora lämmitys</i>	<i>Varaava lämmitys</i>
<i>Laitetyyppi</i>	<i>Hakkeen kulutus, kWh/v</i>			
<i>Alapalokattila</i>	33333	28571	30769	26667
<i>Hakepoltin ja kattila</i>	30769	26667	26667	23529
<i>Hake-etupesä ja kattila</i>	36364	30769	30769	26667

Kaukolämpö

Kaukolämmöllä voidaan hoitaa omakotitalon lämmitysenergian tarve lämmitys- ja käyttöveden osalta. Lämpöenergia ostetaan kaukolämpöverkosta samoin kuin sähköenergia ostetaan sähköverkosta. Energia tuotetaan voimalaitoksissa ja siirretään infraverkoston välityksellä käyttökohteiden tarpeisiin. Energian määrää käyttökohteen kulutuksen osalta seurataan mittarilla ja mittarilukeman mukaan veloitetaan energiankäytöstä.

Kaukolämpöenergian käyttäminen rakennuksen lämmitysjärjestelmässä tapahtuu lämmönsiirtimen välityksellä ja erillistä varaajaa ei tarvita. Tarvittavan pientalon lämmitys- ja käyttöveden jakaminen tapahtuu lämmönjakokeskuksella. Keskus on tehdasvalmisteinen kokonaisuus, joka korvaa rakennuksessa olevat lämmönjakolaitteet kiertovesipumpun ja paisuntasäiliön sekä mittarit, säätö ja varolaitteet. (Motiva 2011, 20)

2.2.4 Ilmanvaihto

Asuin tai muussa oleskelukäytössä olevassa tilassa on sisäilmastoon ja ilmanvaihtumiseen annettu ohjeistus Ympäristöministeriön asteuksissa rakennusta käyttävien henkilömäärän mukaan ja ilmavirta rakennusneliometriä kohden. (Suomen säädöskokoelma 1009/2017)

Ilmanvaihdon osuus on n.30% omakotitalossa tarvittavasta lämpöenergiasta. Ilmanvaihdon kautta poistuvan lämpöenergian hyödyntämiseen on olemassa erilaisia ratkaisuita. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottolaitteella saadaan otettua yli 70% poistoilmasta lämpöenergiaa ja käyttää energia tuloilmanlämmitykseen. Poistoilmasta saadaan otettua lämpöenergiaa hyötykäyttöön myös poistoilma- lämpöpumpulla käytettäväksi uudestaan rakennuksen lämmitykseen.

Poistoilmasta lämmön talteen ottaminen energiatehokkuutta parantamiseen on talokohtainen asia riippuen rakennuksen seinä- ja eristysrakenteista sekä olemassa olevasta ilmanvaihtojärjestelmästä. Tiiviys on tärkeäosa osa seinärakenteen rakennusfysikaalista toimintaa ja ilmanvaihtoa energiatehokkuuteen ja lämmöntalteenottoon suhteutettuna. Esimerkiksi painovoimaisen ilmanvaihdon vaihtaminen koneelliseen ilmanvaihtoon hirsirakennuksessa tai höyrysuluttomissa rakenteissa vaatii taloteknistä osaamista suunnittelussa ja toteuttamisessa. Väärinlaisella ilmanvaihdolla voidaan aiheuttaa ongelmia rakenteille ja niiden toimivuudelle sekä sisäilman laadulle.

Lähtökohtaisesti talotekniikan muuttamiseen tarvitaan lupamenettelyitä ja näin ollen ilmanvaihdon muuttaminen vaatii myös talotekniikan muuttamiseen pääsuunnittelijan. Lupamenettelyitä vaativiin ilmanvaihtoa koskeviin muutoksiin on energiatehokkuudesta ja Ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenotolle annettu määräyksiä Ympäristöministeriön asetuksissa. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13)

Ilmanvaihdon toteuttamisen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteelle ja ilmanvaihdon ominaissähkökulutukselle sekä rakennuksen tiiviiden ilmanpitävyysluville on annettu vähimmäisvaatimuksia energiantehokkuuden suhteen. Liitteessä 6 on kerrottu eri aikakausina ilmanvaihdolle asetettuja arvoja. (LIITE 6.)

2.2.5 Energiatohokkuuteen liittyen

Osiassa energiatohokkuuteen liittyen, käydään läpi energiatohokkuuteen liittyviä asioita käytännön esimerkkien kautta. U-arvoista ja lämmitysjärjestelmien muuttamisen kustannuksista ja niiden vaikutuksesta energialuokitukseen ja lämmitysenergiasta aiheutuvin päästöihin sekä kolmen eri rakenteisen omakotitalon ja lämmitysjärjestelmän vaativia energiamääriä käsiteltynä yleisellä tasolla.

Ympäristöministeriön asetuksen mukaiset rakenteiden U-arvot energiatohokkuuden parantamisesta ovat vähimmäisarvoja, jota rakennuslupaa vaativat muutokset edellyttävät. Rakennuksen energiatohokkuuden parantamisen asetetun vaatimuksen mukainen rakenteiden U-arvon puolittaminen ei aina ole mahdollista rakennuksen rakennusteknisistä asioista ja rakenteista johtuen. Rakenteen U-arvon parantaminen on vähäisemmässä määrin mahdollista toteuttaa, rakennuksen kokonaisenergiatohokkuudelle annetun kulutuksen energiankäytön osalta, osatekijänä energiasaneerauksessa. Taulukossa on annettu eri rakenteilta vaadittuja U-arvoja eri aikakausina.

TAULUKKO 10. U-arvojen kehitys ja rakenteiden vaadittuja U-arvoja. (C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2010.); (C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012.); (Energiatohokas koti 2020.); (Ympäristö.fi 2018, 5-12.); (Ympäristöministeriö n.d., 8.)

U-arvojen kehitys

C3/1978	C3/1985	C3/2003	C3/2007	VTT suositus 2008, (30-40%) 30%	TTY suositus 2008	Vertailuarvo 2010	Vertailuarvo 2012	Asetuksen 4/13 perälaularvo	Vertailuarvo ehdotus L0 2018
0.29	0.28	0.25	0.24	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17

Rakenteiden U-arvoja eri vuosina

Rakenne U-arvo	1978	2003	2007	2010	2012	Matala, Passiivienergia	
Seinä	0,29	0,25	0,24	0,17	0,17	0,12	0,08-0,12
Hirsiseinä				0,4	0,4		
Yläpohja	0,23*	0,16	0,15	0,09	0,09	0,08	0,07
Alapohja	0,23*	0,20	0,15*	0,17*	0,17*	0,10*	0,08*
Maan vast. rak.		0,25	0,24	0,16	0,16	0,12	0,10
Ikkuna, ovi	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0	<0,8	<0,6
Katto ikkuna		1,5	1,5				

*(arvojen määrittämisessä kokoon m² ja rakenteen sijoittumiseen tarkennuksia)

Taulukkoon 11 on kerätty Pirkanmaalla sijaitsevien vuosien 1939 -1955 aikana rakennettujen omakotitalojen energian kulutustietoja. Tiedot on saatu haastattelemalla talojen omistajia lämmityksen osalta rakennuksissa käytettävistä lämmitysjärjestelmistä ja lämmönlähteenä käytettävästä energiasta sekä laskutuetuista energiamääristä. Taulukossa on rakennusten seinärakenne ja siitä laskettu yksinkertainen U-arvo sekä energiatietojen perusteella laskettu energiankulutus kWh asuinneliötä kohden.

TAULUKKO 11. Rakennusten energiatehokkuus

<u>Seinän rakenne</u>	<u>d(m)</u>	<u>λ</u>	<u>R</u>	<u>Lämmitys energia kWh</u>	<u>Asuin m²</u>	<u>kWh/m²</u>
<u>HIRSIRUNKO</u> -paneeli -hirsi -ilmarako vuorilauta YHTEENSÄ	0,015 0,130 0,022 0,022 0,19	0,12 0,12	0,125 1,08 0,13 1,34 U=1/R=0,75	<u>SÄHKÖPATTERIT</u> <u>PUU KIUAS JA</u> <u>KAMINA</u> puu 8500 sähkö10074* (*kokonaiskulutus 13074- 3000 2 hlö kulutus) 19074	140	18574/ 140 133
<u>TIILIVUORATTU</u> <u>PUURUNKO</u> -paneeli -ponttilauta -sahanpuru -vinolaudoitus -rapattu tiilivuoraus YHTEENSÄ	0,015 0,022 0,10 0,022 0,100 0,32	0,12 0,12 0,10 0,12 0,06	0,125 0,18 1,0 0,18 1,6 3,08 U=1/R=0,32	<u>PUUKATTILA</u> <u>VESIKIERTO-</u> <u>LÄMMITYSPAT-</u> <u>TERIT</u> puu 42500* (*puu 25 m ³ pino- m ³ 1700 kWh) sähkö 3200* (*kokonaiskulutus 8200 -5000 4 hlö ku- lutus) 45700	300	45700/ 300 152
<u>LAUTAVER-</u> <u>HOTTU</u> +(rap- paus) -paneeli -ponttilauta -sahanpuru -vinolauta -rappaus -ilmarako -ulkovuori YHTEENSÄ	0,015 0,022 0,10 0,022 0,015 0,044 0,022 0,24	0,12 0,12 0,10 0,12 1,6	0,125 0,18 1,0 0,18 0,01 0,13 1,63 U=1/R=0,61	<u>VESIKIERTO</u> <u>LÄMMITYSPAT-</u> <u>TERIT</u> kaukolämpö 31820* sähkö 6816* (*Tampereen Sähkö kaukolämpö sähkön kokonaiskulutus 10816-4000 3 hlö) 38636	240	38636/ 240 161

TAULUKKO 12. Lämmitysjärjestelmien vertailua lämpöenergiälähteiden mukaan. (Jäsپی 2017)

ESIMERKKI-TALO 150 m ²	Öljylämmitys	Sähkölämmitys	Maalämpöpumppu	Ilma-vesilämpöpumppu
Kulutus/vuosi	2200 litraa	20 000 kWh	7500 kWh	10 000 kWh
Energian hinta	0,6–1,0 €/litra	13 snt/kWh	13 snt/kWh	13 snt/kWh
Lämmityskustannus/vuosi	1300–2200 €	2600 €	1000 €	1300 €
Säästö/vuosi vs öljylämmitys	0 €	kalliimpi	300–1200 €	0–1100 €
Lämmitysjärjestelmän saneerauskustannus	5000 €	–	13 000–17 000 €	10 000 €
Takaisinmaksuaika vrt öljylämmitys	–	–	yli 7 vuotta	parhaimmillaan 5 vuotta
Huom! Rakennuksen koko, eristys, käyttöveden kulutus ja vuotuinen säänvaihtelu vaikuttavat kulutukseen ja säästöön.	Öljyn hinta vaihtelee. Saneerauskustannus nousee, jos myös säiliö pitää uusia.	Uudet rakennusmääräykset vaativat sähkölämmitystaloon lisäeristystä tai ilmalämpöpumppuja.	Lämpökaivon poraaminen nostaa investoinnin hintaa.	Vuosisäästö ja takaisinmaksuajan pituus riippuvat energian hinnasta.

Esimerkilaskelma on tehty tammikuun 2016 energianhinnoin. © Kaukora Oy 1/2017. Muutosvarauksin.

Taulukossa 12 on lämpöenergiälähteitä ja mukana vertailussa on öljylämmitys uusiutumattomana energianlähteenä. Taulukkoon 13 on kerätty taulukoista 12 lämmitysenergiälähteitä suhteutettuna öljylämmityksen energiamäärään. Taulukossa 12 vertaillaan omakotitaloissa käytettyjen lämmitysenergiamuotojen osalta ympäristölle aiheutuvien kasvihuonekaasujen määriä.

TAULUKKO 13. Energiälähteiden päästö arvoja (Tampereen kasvihuonekaasupäästöt 2017, 17.); (Ilmastolaskuri 2020); (Taulukko 12, 42.); (Motiva 2020. CO₂); (Ympäristöministeriö n.d., 5)

LÄMMITYSENERGIA	PÄÄSTÖARVO g/ kWh	PÄÄSTÖ (g) x 20 000 kWh	VERTAUS % ÖLJY	ENERGIA *** (kerroin2018)
POLTTOÖLJY	11,85	237000	100	1
SÄHKÖ	0,141**	2820	1,2	1,2
VIHERSÄHKÖ	0	0	0	
KAUKOLÄMPÖ (Tampere)	0,249**	4980	2,1	0,5
POLTTOPUU	0	0	0	0,5
PELLETTI	0	0	0	0,5
HAKE	0	0	0	0,5
MAALÄMPÖ COP (COP-2,7= 20000 / 7500)	0 tai 0,141	0 tai 1058	0,5	
LÄMPÖPUMPPU (Ilma- ja poistoilma sekä ilmavesilämpöpumppu) (COP-2 = 20000 / 10000)	0 tai 0,141	0 tai 1410	0,6	

*Paikkakunnittain eroja kaukolämmön päästöissä, **arvo on tarkistettu lähteen tietolähteestä. ***Energiamuotokerroin on vertailukerroin energialla tuotetun energiahyöty suhteessa ympäristövaikutuksiin.

Energiatehokkuudesta kirjoitettuja uutisointeja

Energia tehokkuuden parantamisesta aiheutuvat investointien kustannukset energiasaneerauksien ja käyttökustannuksien osalta ovat tapauskohtaisia. Esi-merkkinä on lehdissä julkaistuja suuntaa antavia käyttökustannuksista eri lämmitysenergioiden välillä sekä energiatehokkuuden parantamisen kustannuksista energialuokan parantamisen suhteen.

Yle.fi 2017 julkaistussa P. Virosen kirjoittamassa uutisessa kerrotaan eri lämmitysmuotojen käyttökustannuksista. Uutisessa kerrotaan Mikko Nurhosesta, energiatekniikkaan erikoistuneen diplomi-insinöörin tekemistä energiamuotojen kokeiluista omakotitalossaan Mikkelissä. Nurhonen on vertaillut keskikokoisen omakotitalonsa kustannuksia eri lämmitysmuodoilla ja silloisilla hinnoilla. Sähkön kokonaishinnaksi on arvioitu 11 senttiä kilowattitunnilta, koroksi kolme prosenttia ja kuoletusajaksi 30 vuotta. Sähkön hinnassa on mukana energian, siirron ja verojen osuus. Hakelämmityksellä vuoden lämmityskustannukset ovat omalla puulla tuhat euroa. Vertailussa olleiden muiden lämmitysmuotojen vuotoiset kustannukset vertailussa olivat:

- ilmavesilämpöpumppu 1630 euroa.
- sähkö ja poistoilmalämpöpumppu 1830 euroa.
- maalämpö 1840 euroa.
- sähkö ja ilmalämpöpumppu 2180 euroa.
- uunilämmitys 2280 euroa
- kaukolämpö Mikkelissä ESE:ltä 2590.
- suora sähkö 2900 euroa.
- öljy 3290 euroa. (Yle 2017.)

Uunilämmityksen arvon Nurhonen on laskenut omilla puilla niin, että tulisijalla saadaan kolmasosa lämmitystarpeesta. 160-neliöisen omakotitalon lämmitystarve on 25 000 kilowattituntia, kerrotaan Yle.fi uutisoinnissa. (Yle 2017.)

Rakennuslehdessä Jaana Ahti-Virtanen on 2014 kirjoittanut Pientaloteollisuus PTT ry:n johtaja, diplomi-insinööri Kimmo Rautiainen kertomaa energialuokista ja niiden parantamisen kustannuksista sekä investointien hyödyistä pientaloasumisessa. Rautiainen on kertonut kehityksestä pientalojen energiatehokkuuden osalta ilmantiiviudessa ja lämmöntalteenotossa sekä energialuokan parantamisen mahdollisuuksista. (Rakennuslehti 2014)

Rakennusten energialuokat on jaoteltu luokkiin A-G. Vuonna 2014 julkaistun Rakennuslehden uutisen mukaan uudisrakennukset olivat pääosin B- ja C-luokkaa. Tehokkuusluokan nostaminen C:stä B luokkaan, 120 -neliöisen talon osalta voidaan toteuttaa maalämmöllä ja passiivirakenteilla, joiden kustannukset olisivat maalämmön osalta noin 15 000-20 000 euroa ja passiivirakenteet olisivat perusrakenteita noin 10 000 euroa kalliimmat. Tehokkuusluokan nostaminen B:stä A-luokkaan vaatisi hyvän maalämpöpumpun ja omaa energiantuotantoa. Maalämmön osuus olisi noin 15 000-20 000 euroa ja aurinkokeräinten ja aurinkosähköjärjestelmän noin 15 000 euroa. (Rakennuslehti 2014.)

Korjausrakentamisen energiasaneerausten lähtökohtana voisi olla, uudisrakentamista lähinnä koskeva Rakennuslehden julkaisema Kimmo Rautiaisen kertoma, ”Energiatehokkuus ei ole irrallinen juttu. Budjetin ja tilantarpeen määrittelyn jälkeen aloitetaan energiasuunnittelu. On tärkeää, ettei tehdä ylisuuria taloja eikä hukkaneliöitä. Suunnitteluun kannattaa satsata, kokonaisuus on hallittava ja mahdolliset muutokset on tehtävä riittävän ajoissa.” (Rakennuslehti. 2014.)

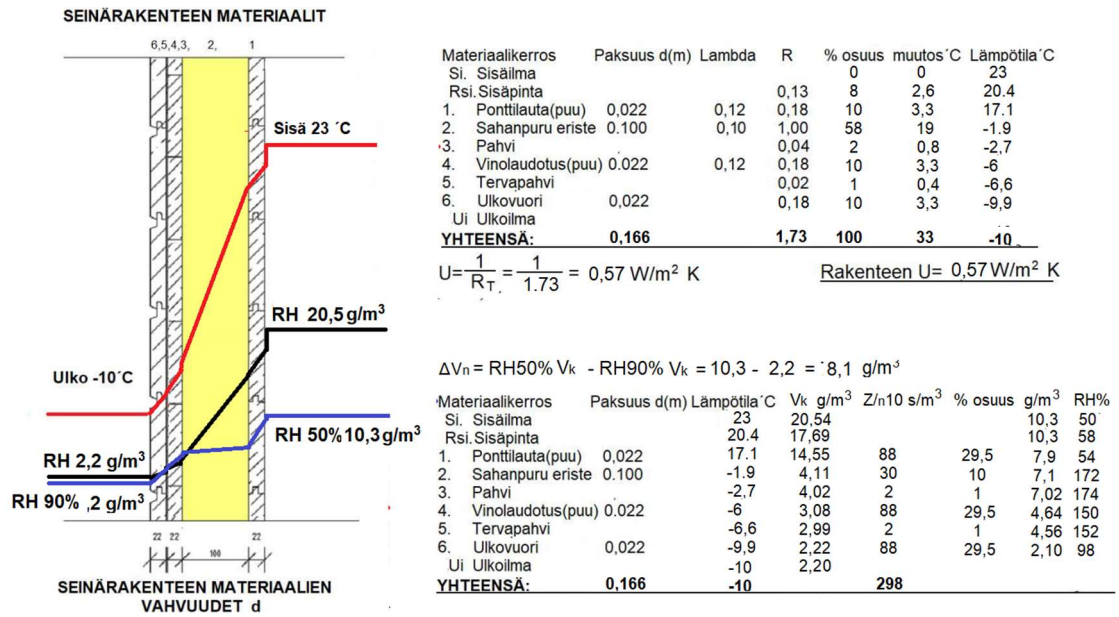
3 ENERGIASANEERAUKSEN HYÖTYJÄ KÄYTÄNNÖN KOHTEESSA

3.1 Energiasaneeraus kohteen tietoja

Energiasaneeraus kohde sijaitsee Tampereella Vehmaisten kaupunginosassa. Omakotitalo on 1950-luvulla rakennettu ns. rintamamiestalo, johon on tehty perusparannuksen yhteydessä rakenteiden eristysten parantaminen. Rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen kattilalämmitys, jonka päälämmön lähteenä on ollut polttoöljy. Rakennuksen asuinitilat jakautuvat kolmeen kerrokseen ollen n. 140 m² ja lisäksi kiinteistöön kuuluu erillinen n. 32 m² lämmitettävä talousrakennus. Perusparannuksen lähtökohtana oli lämmitysenergiankulutuksen pienentäminen, joka oli vuodessa 2000-3000 litran välillä ja keskimäärin n. 2500 litraa polttoöljyä asuinrakennuksen osalta. Talousrakennuksen energiantarve oli polttopuu energiaa n.6 m³ pilkettä ja 2000 kWh sähköä. Asuinrakennuksen energiasaneerauksia olivat 2000-luvulla tehdyt lämmöneristyksen parantaminen ja polttopuun käytön lisääminen rakentamalla uudet tulisijat rakennukseen. Asuin rakennuksessa lopetettiin polttoöljyn käyttäminen päälämmönlähteenä vuonna 2012 lisäämällä polttopuun käyttöä ja ottamalla pelletti uudeksi energiamuodoksi. Vuonna 2018 jatkui energiasaneeraus ilma- ja ilmavesilämpöpumpulla lämpöenergian tuottamisen osalta, käytössä olleiden sähkön, polttopuun ja pelletin käytön vähentämiseksi. Vuonna 2020 rakennuksessa otettiin käyttöön aurinkosähköenergia ja aloitettiin aurinkosähkön tuottaminen ja hyödyntäminen rakennuksen lämmityksen ja asumisen sähköenergian tarpeisiin.

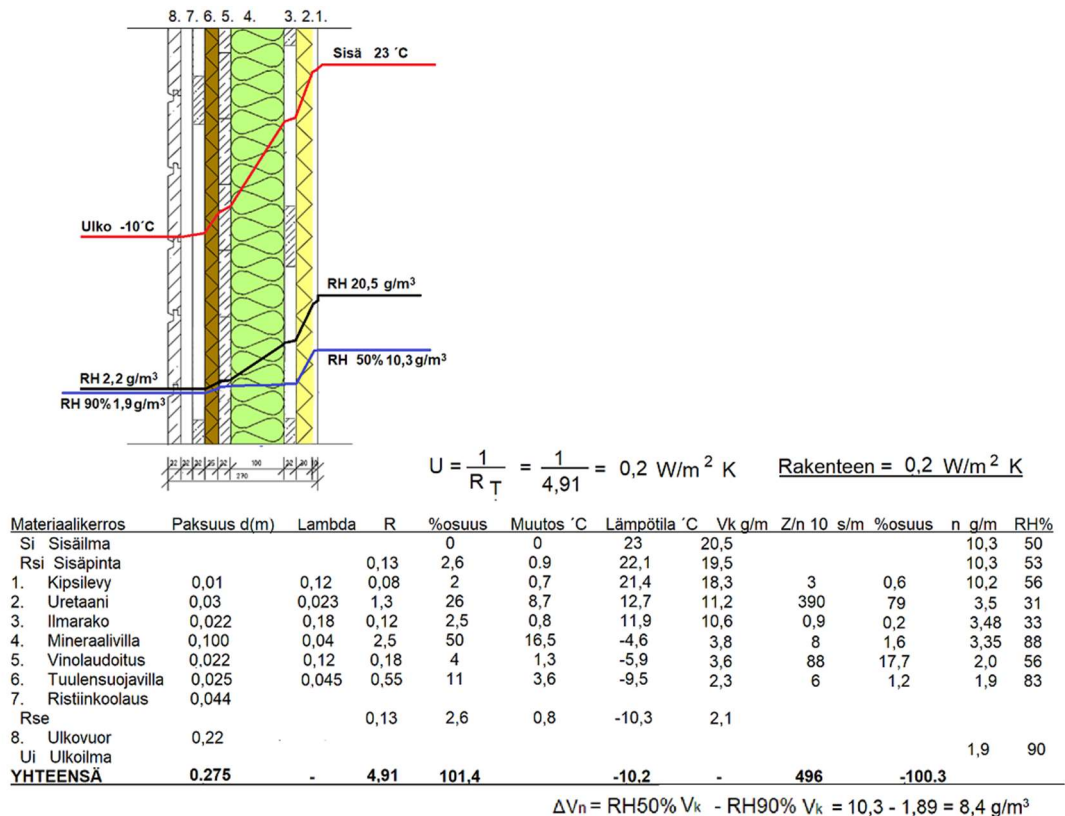
3.1.1 Eristykset

Rakennuksessa alkuperäisenä seinärakenteena on ollut vino- ja ponttilaudoitettu 100mm. tolpparunko ja eristeenä sahanpuru ja lastu. Runkorakenteen vahvuus oli n.150mm ja vuorilaudoitus oli naulattu suoraan vinolaudoitukseen ilman ilmarakoa. Kuviossa 12. on esitetty alkuperäisen rakenteen rakennusfysikaalinen toimiminen. Kuviossa on nähtävissä kosteuskäyrien osoittamana kriittistä toimintaa eristyksen osalta sekä laskennallisesti suhteellisen kosteuden nousu yli sadan prosentin. Suhteellinen kosteuden arvot eivät voi esitetysti ylittää 100%.



KUVIO 11. Vanha seinärakenne

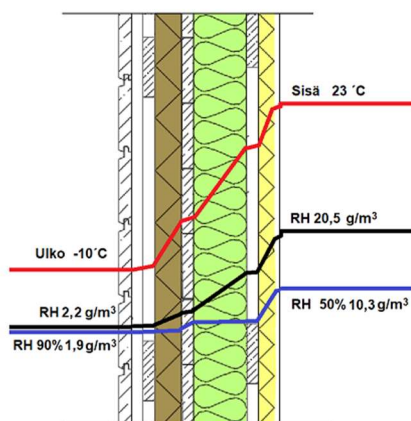
Omakotitalon perusrakenteessa tehdyn seinä eristeiden vaihtamisen ja rakenteen muuttamisen vaikutukset rakennusfysikaalisesti. Korjatun rakenteentechnisten arvojen muuttamisen vaikutukset U-arvoon sekä lämpö- ja kosteustekniset käyrät ovat kuvattuna kuviossa 12.



KUVIO 13. Korjatun seinärakenteen rakennusfysikaalinen toiminta.

Kuviossa 13 laskettu U-arvo on parantunut noin kolmasosaan alkuperäisestä. Kosteuskäyrien osalta on tapahtunut kehitystä lähtökohtaiseen rakenteeseen verrattuna, kun käyrät eivät leikkaa toisiaan. Kuitenkin kosteus prosentti RH nousee yli 80 prosenttiin vinolaudoituksen sisäpinnassa. Näin ollen tulisi tehdä tarkempia laskelmia ja tarvittaessa kosteuden mittaus oikean toiminnan varmistamiseksi.

Kuviossa 14. on tehty kuvion 13 rakenteen toimivuuden parantamiseksi tuulensuojaeristeeseen muutos ja kuvattu muuttamisen vaikutukset rakenteen toimintaan. Tuulensuoja eristeen vahvuuden 50 mm ja paremman Lambda-arvon 0,33 W/m² K myötä on havaittavissa kehitystä U-arvon suhteen. Nyt myös kosteuskäyrät ja RH-arvot ovat parantuneet.



$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,86} = 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K} \quad \text{Rakenteen} = 0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Materiaalikerros	Paksuus d(m)	Lambda	R	%osuus	Muutos °C	Lämpötila °C	V _k g/m	Z/n 10 s/m	%osuus/suhteellinen	n g/m	RH%
Si Sisäilma				0	0	23	20,5			10,3	50
Rsi Sisäpinta			0,13	2,2	0,7	22,3	19,9			10,3	51
1. Kipsilevy	0,01	0,12	0,08	1,4	0,5	21,8	19,2	3	0,6	0,6	10,2
2. Uretaani	0,03	0,023	1,3	22,1	7,2	14,6	12,5	390	79	79,6	3,6
3. Ilmarako	0,22	0,18	0,12	2,0	0,7	13,9	12,1	1	0,2	79,8	3,58
4. Mineraalivilla	0,100	0,04	2,5	43	14,1	-0,2	4,7	8	1,6	81,4	3,45
5. Vinolaudoitus	0,022	0,12	0,18	3,0	1	-1,2	4,5	88	17,7	99,1	2,1
6. Tuulensuojavilla	0,05	0,033	1,5	25,5	8,4	-9,6	2,3	6	1,2	100,3	1,9
7. Ristiinkoolaus	0,044										
Rse			0,13	2,2	0,7	-10,2	2,24				
8. Ulkokuori	0,22									1,9	90
Ui Ulkoilma											
YHTEENSÄ	0,030	-	5,86	101,4		-10,2	-	496	-100,3		

$$\Delta V_n = RH50\% V_k - RH90\% V_k = 10,3 - 1,89 = 8,4 \text{ g/m}^3$$

KUVIO 14. Tuulensuojaeristeen parantaminen rakenteessa.

Ulkopuolisen eristämisen vaikutus rakennusfysikaalisen toiminnan parantumisesta perustuu, seinärakenteen sisäpuolen rakennekerrosten lämpötilan nousuun. Lämpötilakäyrän osoittama rakenteiden kerrosten lämpötilan nouseminen vaikuttaa kosteuspitoisuuksiin rakenteessa kosteuskäyriä ja laskelmien osoittamalla tavalla lämpötilan suhteessa kosteuspitoisuuksiin.

3.1.2 Lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön rakennuksissa lämmitysenergia tuotetaan pääosin lämpöpumpputekniikalla. Varalämmitysmuotoina lämmityskattilan osalta ovat mahdollisuus pelletin, puun, sähkön sekä polttoöljyn käyttämiseen. Lisäksi rakennuksessa olevat tulisijat takka, puuliesi ja leivinuuni sekä talousrakennuksen takka ja puukiuas ovat vara- ja lisälämmityksenä tarvittaessa.

Ilmavesilämpöpumpulla tuotetaan asuinrakennuksessa tarvittava lämpöenergia lämmitys- ja käyttöveden osalta. Lämmönjako tapahtuu lämpöpatterien kautta ja kellarikerroksessa olevalla vesikiertoisella lattialämmityksellä. Talossa on koneellisesti hoidettu ilmanvaihto ja lämmöntalteenoton hyötysuhde on 70 prosenttia. Talousrakennuksen osalta lämmitysenergia tuotetaan pääosin ilmalämpöpumpulla ja varalla ovat sähköpatterit.

Lämmitysjärjestelmän ja kulutuksessa tarvittavan sähköenergian saannin tukena on aurinkosähköenergia. Aurinkosähkön pientuotantolaitoksen aurinkopaneelien pinta-ala on noin 13 m² ja teholuokka on 3 kWh. Aurinkosähkön pientuotantolaitos on yhdistettynä sähköverkkoon, jonka myötä ylijäämä sähkö voidaan myydä sähköverkossa.

3.1.3 Lämpö energian tuottaminen

Rakennusten ja käyttöveden lämmitysenergia tuotetaan pääosin lämpöpumppujen käyttämällä sähköenergialla. Rakennuksen lämmitysenergian tuottamiseen vuositasolla lisäksi käytettävät puupohjaiset lämmönlähteet ovat:

- polttopuu n. 3600 kWh (n.5 irtom³).
- pelletti n. 2000 kWh (400 kg).

Aurinkosähkön kokonaistuotanto on n. 1900 kWh:a vuodessa, josta sähköverkkoon myytävän ylijäämä sähkö osuus on 1066 kWh:a ja kulutuksen käytettävän aurinkosähkön osuus on 834 kWh:a vuodessa. Rakennuksen lämmityksen ja ilmanvaihdon sekä jäähdytyksen osuus kulutuksesta on n.700 kWh:a vuodessa. Muulla kuin sähköllä ja lämpöpumpuilla tuotettu lämmitysenergian määrä on yhteensä 7200 kWh:a vuodessa

3.1.4 Energiatohokkuus

Energiatohokkuutta mitataan sähkölaskuista saatujen tai muiden energianhankinnasta saatujen määrien mukaan vuositasolla suhteutettuna energiakulutukseen asuinneliöitä kohden kWh/m². Taulukossa 14 esitetään eri ajankasoina toteutunutta energiakulutusta ja energiatohokkuuden kehitystä rakennuksissa tehtyjen energiasaneerausten vaikutuksesta. Sähkönkulutuksen osalta liitteessä 7 on Tampereen Sähkölaitoksen sivuilta saatujen paikkakohtaisia kulutus- ja tuotantotietoja, jotka ovat sähkönkulutuksen osalta laskelmissa.

TAULUKKO 14. Rakennuksen energian kulutuksen kehitys

VUOSI- asuin- m ²	U-ARVOT asuinraken- nus	ÖLJY määrä / kWh	PUU määrä / kWh	PEL- LETTI määrä / kWh	SÄHKÖ kWh	LÄMPÖ PUMPPU hyöty- suhde	YHT: kWh/ m ²
<2012 120m²	ylä- 0,49 seinä-0,57 ala- 0,4	2500 29625	6,5 i-m ³ 6565		+ 8000		44190/ 120 <u>368</u>
2012 172m²	ylä- 0,1 seinä - 0,2 kellari-0,56 lattia- 0,22	500 5925	10 i-m ³ 10100		+ 10000 - 3000(2hlö) 7000		23025/ 172 <u>134 kWh</u>
2013	(2012)		6,5 i-m ³ 6565	100 kg 500	+ 14534 - 3000(2hlö) 11534		18599/ 172 <u>108</u>
2017	(2012)		10 i-m ³ 10100	1200 kg 6000	+ 5947 - 3000(2hlö) 2947		19047/ 172 <u>111</u>
2019	(2012)		5 i-m ³ 5050	400 kg 2000	+ 7294- 1500(1hlö) 5794	19047- (5050+2000) = 11997 / 5794 = 2,07	12844/ 172 <u>75</u>
2020	(2012)		5 i-m ³ 5050	400 kg 2000	+ 6700* - 1500(1hlö) = 5200 -834 (käytetty au- rinkosähkö) = 4366	19047- (5050+2000) = 11997 / 5200 = 2,3	11416/ 172 <u>66</u>

* Sähkömittarilukeman mukainen kulutus 8.12.2020 on 6057 ja 6700 on arvioitu kulutus.

3.1.5 Energiatehokkuus tulokset ja yhteenveto

Omakotitalossa tehtyjen parannusten tarkastelussa ja lähtökohtaan verrattuna saavutetut tulokset energiatehokkuudessa ovat parantuneet oleellisesti. Energiankulutus neliometriä kohden oli ennen talon perusparannusta ja energiasaneerausta kaksinkertainen tehokkuusarvoon 180 kWh/m²:n nähden, joka on vaadittu vähimmäisarvo energian kulutukseen kWh/m² lupatoimia edellyttävissä korjaus- ja muutostöissä. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13)

Vuosikulutusten tasolla tarkasteltaessa ja vertailtaessa kulutuksen lähtökohtana olleisiin ennen vuotta 2012 energiamääriin ja päästöihin, niin energiatehokkuuden parantumisen hyötyjä ympäristölle ovat kasvihuonekaasujen väheneminen ja kiinteistölle energiasäästöt. Parannuksista saatuja hyötyjen määriä olivat:

- ympäristölle vuonna 2012 öljynkäytön vähentymisen myötä päästöjen vähentyminen oli (4680 g – 936 g) 3744 g,
- vuonna 2012 energian kulutus vähennys oli (44190 kWh – 23025 kWh) 21165 kWh,

hyöty aiheutui lähinnä rakenteiden U- arvon parantumisen myötä.

Vuonna 2013 öljyn käytön korvaaminen pelletillä ja sähköllä vähensivät päästöjen osuutta 936 g. Lämmitysenergiasta n.38 % 18599 kWh:n energiasta tapahtui puuperäisellä lämmitysenergialla. Vuonna 2017 lämmitysenergiasta tuotettiin n.85 % 19047 kWh:n energiatarpeesta puuperäisellä lämmitysenergialla.

Vuonna 2019 kokonaisenergiankulutus oli 12844 kWh. Lämmitysenergian tuottamisesta tapahtui ilma- ja ilmavesilämpöpumpulla noin 45 % ja puupohjaisilla energianlähteillä 55%. Vuoden 2020 lämmitysenergiankulutus oli 11416 kWh:a, josta aurinkosähköjärjestelmän osuus oli 7,3 %, puuperäisten 44,2 % ja lämpöpumppujen osuus 51,5 %.

Kehitystä verrattuna kWh/m² suhteen, niin vuoden 2010 arvosta noin 1/6 osa on 66 kWh/m² ja vuoden 2020 arvo. Laskelmissa ei ole mukana jäädytyksen osuutta kulutukseen sekä aurinkosähkön ylijäämä n.1100 kWh:a on jätetty huomioimatta.

4 POHDINTA

Energiatehokkuuden parantaminen kaikissa asumisen muodoissa on merkittävässä osassa Suomen päästötavoitteissa ja pyrittäessä kohti kestäväää kehitystä. Rakennusten lämmittäminen on eilinehtona asumiseen Suomessa pohjoisen sijainnin vuoksi ja täten rakennusten lämmityksestä aiheutuvien ympäristörasitusten vähentäminen huomioidaan rakentamisessa energiatehokkuuteen nojaten.

Pien- ja omakotitaloasuminen on Suomessa yleisin asumismuoto. Suomessa asumisen lämmitysenergia on noin neljäsosa kaikesta yhteiskunnan käyttämästä energiasta ja yli puolet asumisesta tapahtuu pientaloissa. Valtaosa pientaloista on omakotitaloja ja näin ollen omakotitalojen energiatehokkuus ja energiasaneerausten suorittaminen lisää korjausrakentamisen tarvetta ympäristöasioiden vaikutuksesta. Omakotitalojen lämmityksessä käytettävien uusiutumattomien energiamuotojen muuttamista uusiutuviin ja vähemmän kasvihuonekaasuja aiheuttaviin lämmitysmuotojen kustannuksiin on haettavissa energia-avustusta, joka puolestaan lisää entisestään korjausrakentamisen tarvetta ja merkitystä.

Korjaus- ja muutostöiden osalta on energiasaneerauksiin annettu määräyksiä ja asetettu energiatehokkuudelle raja-arvoja, jotka lupamenettelyitä vaativissa perusparannuksissa on täytyttävä. Tämä puolestaan lisää tarvetta korjausten suunnittelun ja valvonnan osalle, määräysten mukaiseen hyvää rakentamistapaa noudattavaan hankkeen toteuttamiseen.

Omakotitalojen perusparantamisella ja energiasaneerauksilla on myös muita näkökulmia, kuin ympäristövaikutukset. Rakenteiden uudistamisen, energian kustannussäästöjen ja asumismukavuuden parantamisen kautta saatava rahallinen hyöty sekä rakennuksen arvon nousu suhteutettuna korjausten laatuun, ovat myös tärkeitä saneerauksia suunniteltaessa huomioitavia asioita. Opinnäytetyön osana on omakotitaloon vuosina 2010-2020 tehtyjen perusparannusten ja energiasaneerausten vaikutusten tutkiminen. Parannusten vaikutukset ovat olleet merkittäviä kohteen energiankulutuksen vähentymisen ja ympäristölle aiheutuvien päästöjen alenemisen osalta. Rakentamisessa tekniikan ja kehityksen tuomien uusien mahdollisuuksien myötä sekä uusien määräysten ja asetusten tasolle päivittämisellä, saataisiin rakennusten energiatehokkuutta parannettua.

LÄHTEET

Akvaterm. 2019. Energiavaraajat. Luettu 16.11.2020.

https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2016/09/AKVATERM_0919_ver4_web.pdf

Ariterm. 2017. Se on lämpöä, Luettu 16.11.2020.

<https://www.ariterm.fi/wp-content/uploads/2014/01/Puul%C3%A4mmitys.pdf>

Biottori. n.d. Ilmalämpöpumppu Mitsubishi Electric. Luettu 22.11.2020.

<https://www.biottori.fi/tuote/ilmalampopumppu-mitsubishi-msz-insarja-lammitys-kayttoon>

C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2010. Rakennetun ympäristön osasto Rakennusten lämmöneristys. Määräykset.

C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2012. Lämmöneristys, Ohjeet. Luonnos.

Suomen säädöskokoelma 1009/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

Eicker, U. 2014. Energy efficient buildings with solar and geothermal resources. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley.

Energiatehokas koti. 2020. Luettu 3.12.2020. https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/suuntaa-antavia_ohjearvoja

Finnfoam. 2020. XPS. Luettu 26.11.2020. https://www.finnfoam.fi/application/files/2015/7227/0774/Finnfoam_XPS_tekniset_tiedot_28.10.2019.pdf

Finnfoam n.d. Tuotteet. Luettu 26.11.2020.

<https://www.finnfoam.fi/tuotteet/ff-eps/tekniset-tiedot>

Halkoliiteri. 2020. Energialaskuri. Absent Oy. Luettu 5.11.2020. <http://www.halkoliiteri.com/?id=170>

Ilmastolaskuri. 2020. Laskentaperusteet. Luettu 5.11.2020.

<http://www.ilmastolaskuri.fi/fi/calculation-basis?country=2&year=10746>

Jäspi. 2017. Tehovatti. Säästäminen lämmittää. Luettu

25.11.2020. https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/11/JASPI_Tehovatti-Air_esite_web.pdf

Jokinen, J. 2016. Rakentajainkalenteri. Nykyaikaisten rakenteiden lämmöneristyskyky. Luettu 19.11.2020. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK160301.pdf>

Kingspan. n.d. Koolthetm K12 Runkoeriste. Luettu 26.11.2020. <https://www.kingspan.com/fi-fi/tuotteet/eristeet/kooltherm/kooltherm-k12-runkoeriste>

Lindberg, R. Rakennusosien rakennusfysikaalinen toiminta. Luettu 12.11.2020. www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040302.pdf

Kotituli. 2019. Valencia Aqua. Luettu 17.11.2020. 2019.

<https://www.kotituli.fi/takkasydamet-vesikierto-takkasydamet/valencia-aqua-vesikiertotakkasydan?zenid=pihjb2pqg2k3r92lmgtr6f93>

Maankäyttö ja rakennuslaki 117g § (16.12.2016/1151)

Motiva. 2011. Pientalon lämmitysjärjestelmät. Luettu 27.11.2020.

<http://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf>

Motiva. 2016. Auringosta lämpöä ja sähköä. Luettu 17.11.2020.

https://www.motiva.fi/files/13518/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_2016.pdf

Motiva. 2018, Lämpöpumppujen hankinta opas. Luettu 23.11.2020. http://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankintaopas_kunat_ja_taloyhtiot.pdf

Motiva. 2020. Aurinkosähköteknologiat. Luettu 23.11.2020.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahko-jarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat

Motiva. 2020. CO₂-päästöt. Luettu 7.12.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet

Motiva. 2020. Energian loppukäyttö. Luettu 3.11.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto

Maalämpöpumppu Nibe. 2016. Luettu 9.10.2020. <https://www.nibe.fi/assets/documents/17897/M11556-3.pdf>

Multiheater. n.d. Luettu 9.12.2020. <https://www.multiheater.fi/wp-content/uploads/2019/03/Multiheater-esite-CostellaOy-2017-WEB.pdf>

Nunnauuni. 2020. Tulisijan veden lämmitys arvot. Luettu 17.11.2020.

<https://www.nunnauuni.com/fi/innovaatiot/nunnauuni-aqua/>

Paroc. 2020. Tuotetiedot. Luettu 26.11.2020. <https://www.paroc.fi/tuotteet/ra-kennuseristeet/yleiseristeet-eristelevyt-ja-eristematot/paroc-extra>

Rakentamismääräykset. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Rakennuslehti. 2014. Tämän verran maksaa a-energialuokkaan pääseminen. Luettu 27.11.2020. [https://www.rakennuslehti.fi/2014/07/ /](https://www.rakennuslehti.fi/2014/07/)

Taloon.fi. 2020. Ilmalämpöpumppu. Luettu 9.12.2020. <https://www.taloon.com/il-malampopumppu-bosch-compress-7000-aa-7-kw>

Taloon.fi. 2020. Ilmavesilämpöpumppu. Luettu 9.12.2020. <https://www.taloon.com/ilmavesilampopumppu-nibe-split>

Taloon.fi. 2020. poistoilmalämpöpumppu. Luettu 9.12.2020. <https://www.taloon.com/poistoilmalampopumppu-f750-rst-nibe>

Tampereen kasvihuonekaasupäästöt. 2017. CO2-raportti. Luettu 7.12.2020. https://www.tampere.fi/material/attachments/uutiskeskus/tampere/c/sFLezCjLJ/CO2-raportti_Tampere_21032018.pdf

Tampereen Sähkölaitos. 2020. Kirjautuminen. (asiakas.sähkölaitos.fi/kulutus). Luettu 8.12.2020. <https://www.sähkölaitos.fi>

Tilastokeskus. 2019. Asumisen energiankulutus 2018. Luettu 5.11.2020. https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_fi.pdf

Tilastokeskus. 2019. Korjattu 18.6.2020. Luettu 5.11. 2020. https://www.stat.fi/til/asen/2019/asen_2019_2020-11-19_kuv_001_fi.html

Tilastokeskus. 2020. Asuminen. Asunnot ja asuinolot. Luettu 3.11.2020. https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_asuminen.html

Tilastokeskus 2020. Energian hankinta ja kulutus. Luettu 3.11.2020. http://www.stat.fi/til/ehk/2019/04/ehk_2019_04_2020-04-17_kuv_014_fi.html

Tuomaala, P. Energiatehokkaiden pientalojen suunnittelu. Luettu 30.11.2020. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090301.pdf>

Tuomi, S. 2013. Motiva. Luettu 27.11.2020. https://www.motiva.fi/files/9249/Selvitys_rakennusten_biokattilalammittajien_energiatehokkuusneuvonnan_toteuttamiseksi_ja_neuvonnan_vaikutusten_arvioimiseksi.pdf

Valtioneuvosto. 2020. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Luettu 5.11.2020. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

VTT. 2016. Asiakasraportti. Luettu 26.11.2020. https://ekovilla.com/wp-content/uploads/2020/03/VTT_asiakasraportti_DynPuukuitu.pdf

Yle. 2017. Insinööri. Luettu 7.12.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-9454377>

Ympäristöopas. 2013. Energiakaivo. Luettu 24.11.2020. https://helda.helsinki.fi/bitstream/hadle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4

Ympäristö.fi. 2016. Kuinka lämmitysenergia jakaantuu. Päivitetty 2018. Luettu 2.11.2020. <https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/taloyhtiot/energiatehokkuus/energiankulutus/kulutuskajakauma>

Ympäristö.fi 2018. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkupe- räisiä suunnitteluarvoja. Luettu 3.12.2020. PDF.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13.

Ympäristöministeriö n.d. Ympäristöministeriön kuulumiset ja viimeisimmät ta- pahtumat. Luettu 3.12.2020. <https://research.tuni.fi/uploads/2019/01/320ed99a-x253995.pdf>

LITTEET

Liite 1. Lämmönlähteiden energiamäärät ja päästöt

TAULUKKO 15. Energiamäärät ja päästöt (Ilmastolaskuri, 2020.)

Kerroin	Arvo	Yksikkö	Vuosi	Lisätietoja	Lähde
Suomen keskimääräinen ostosähkö, päästökerroin	158.00	gCO ₂ /kWh	2019	SUOMI: Viiden vuoden liukuva keskiarvo. FINLAND: Five year moving average. INTERNATIONAL: Global emission factor for purchased electricity is calculated based on IEA statistics using five year specific emissions between 2007 and 2011 (546, 539, 533, 529 and 536 gCO ₂ /kWh).	Tilastokeskus, tilastovuosi 2017. Motiva 2019 mukaan.
Uusiutuville energialähteillä tuotettu sähkö ja lämpö (vihreä sähkö ja aurinkolämpö), päästökerroin	0.00	gCO ₂ /kWh	2019		Mälkki H., Hongisto M., Turkulainen T., Kuisma J. & Loikkanen T. 1999. Vihreän energian kriteerit ja elinkaariarviointi energiatuotteiden ympäristökilpailukyyn arvioinnissa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
Puuperäiset polttoaineet (puuhake, pelletti), päästökerroin	0.00	gCO ₂ /kWh	2019	SUOMI: IPCC:n ohjeen mukaan biomassan energiakäyttö on nollapäästöistä, mutta päästöt tulisi laskea maakäyttösektorilla. FINLAND/INTERNATIONAL: Energy use of biomass has calculation value zero. According to IPCC guidelines, biomass emissions are calculated on land use sector.	IPCC FAQs Q2-10
Pelletti, lämpöarvo	3 000.00	kWh/m ³	2019		Motiva Oy. 2018. Polttoaineiden lämpöarvoja
Kevyt polttoöljy, lämpöarvo	11.85	kWh/l	2019	INTERNATIONAL: GHG Protocol standard Emission Factors from Cross-Sector Tools guidelines	Motiva Oy. 2018. Polttoaineiden lämpöarvoja
Kevyt polttoöljy, päästökerroin	261.72	gCO ₂ /kWh	2019	INTERNATIONAL: Emission factor used is based on GHG Protocol guidelines.	Tilastokeskus. 2019. Polttoaineluokitus.
Maakaasu, lämpöarvo	9.89	kWh/m ³	2019		Motiva Oy. 2018. Polttoaineiden lämpöarvoja
Maakaasu, päästökerroin	199.10	gCO ₂ /kWh	2019		Tilastokeskus. 2019. Polttoaineluokitus.

TAULUKKO 16. Polttopuun lämpöarvot (Halkoliiteri 2020)

Puulaji	Lämpöarvo kWh/kg	Energiasisältö kWh/i-m ³	Energiasisältö kWh/p-m ³
Koivu	4,15	1010	1700
Mänty	4,15	810	1360
Kuusi	4,10	790	1320
Leppä	4,05	740	1230
Haapa	4,00	790	1330

- Rakennuksissa käytettävien energiamuodon kertoimien lukuarvot (suluissa aikaisemmat):
 - Sähkö 1,20 (1,7)
 - Kaukolämpö 0,50 (0,7)
 - Kaukojäähdytys 0,28 (0,4)
 - Fossiiliset polttoaineet 1,00
 - Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,50

(Ympäristöministeriö n.d., 5.)

Liite 2. Materiaalien lämmönjohtaminen

TAULUKKO 17. Materiaalien lämmönjohtaminen (C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012.)

1 (3).

Taulukko 3. Rakennusaineiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_U) sekä tiheyksiä (ρ) ja ominaislämpökapasiteetteja vakioaineessa (c_p) Taulukossa esitetyt rakennusaineiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot pätevät Suomessa tavanomaisissa käyttöolosuhteissa, jotka vastaavat keskimäärin ilman lämpötilaa 10 °C ja 50 % (± 10 %) suhteellista kosteutta.

Aine, tarvike	Tiheys (ρ) kg/m ³	Ominaislämpö- kapasiteetti (c_p) J/(kg K)	Lämmön- johtavuuden suunnitteluarvo (λ_U) W/(m K)
LÄMMÖNERISTEET JA TÄYTEAINEET			
mineraalivilla, levy ja matto	10–200	1030	0,050
solumuovilevy, paisutettua polystyreeniä	10–50	1450	0,035
grafiittipohjainen eriste	10–50	1450	0,050
tavallinen eriste	10–20	1450	0,080
solumuovipuru, polystyreeniä	10–20	1450	0,080
solumuovilevy, suulakepuristusmenetelmällä valmistettua polystyreeniä			
ponneaineena CFC 12 ¹⁾	20–65	1450	0,035
muu ponneaine	20–65	1450	0,040
solumuovilevy, polyuretaania (PUR tai PIR)			
ponneaineena CFC 11 ¹⁾	28–55	1400	0,030 ²⁾
ponneaineena pentaani	28–55	1400	0,024 ³⁾
ponneaineena pentaani	28–55	1400	0,033 ²⁾
ponneaineena pentaani	28–55	1400	0,030 ³⁾
ruiskutettavat tai valettavat polyuretaanieristeet			
umpisoluinen eriste	28–55	1400	0,033
avosoluinen eriste	28–55	1400	0,045
solasilevy	100–150	1000	0,065 ⁴⁾
puukuitueriste, levy	30–50	1600	0,050
pellava, levy ja matto	30–50	1600	0,050
lastuvillalevy	250–450	1470	0,080
korkilevy	150	1500	0,045
paisutettu	200	1500	0,050
paisutettu	400	1500	0,065
koneellisesti puhallettavat kuitueristeet yläpohjassa ⁵⁾			
mineraalivilla	15–60	1030	0,050
puukuitueriste	20–70	1600	0,050
seinässä			
puukuitueriste ⁶⁾	35–70	1600	0,050
kutterinlastu			
löysänä	80	1600	0,140
sullottuna	120	1600	0,080
sahanpuru			
löysänä	120	1600	0,120
sullottuna	200	1600	0,080
sekoite kutterinlastun kanssa, 1:1	140	1600	0,070

1) CFC-tuotteiden valmistus on kielletty, mutta näitä tuotteita on olemassa olevissa rakenteissa.
2) Tehdasvalmisteiset levyt ilman diffuusiotiivistä pintaa tai lämmöneriste on paisutettu eristetilassa ja täyttää sen kokonaan.
3) Tehdasvalmisteiset levyt, joissa on vähintään 50 µm paksut yhtenäiset metallipinnat tai lämmöneriste on paisutettu vähintään 50 µm paksujen yhtenäisten metallikerrosten väliin ja on molemmin puolin kauttaaltaan näihin kiinni liimautunut.
4) Lämmöneristelevyt on saumattu esimerkiksi bitumilla.
5) Uusissa rakennuksissa puhallettavaan eristyspaksuuteen sisältyy valmistajan ilmoittama painumavara.
6) Lämmöneriste on märkäpuhallettu.

2 (3).

Aine, tarvike	Tiheys (ρ) kg/m ³	Ominaislämpö- kapasiteetti (c_p) J/(kg K)	Lämmön- johtavuuden suunnittelu-arvo (λ_U) W/(m K)	
kalsiumsilikaattilevy	150	1000	0,050	
	300	1000	0,070	
	600	1000	0,10	
	1000	1000	0,16	
kevytbetonimurske	400	1000	0,15	
kevytsora	200–400	1000	0,10	
koksikuona	700	1000	0,25	
masuunikuona, rakeistettu	150	900	0,10 ⁷⁾	
	250	900	0,12 ⁷⁾	
KIVIMATERIAALIT				
asfaltti	2100	1000	0,70	
betoni	2000	1000	1,35	
	2200	1000	1,65	
	2400	1000	2,0	
	1 % terästä	2300	1000	2,3
	2 % terästä	2400	1000	2,5
betonireikäkivet muurattuina ⁸⁾	1400	1000	0,55	
betonitäyskivet muurattuina	2000	1000	1,2	
karkaistu kevytbetoni elementteinä	400	1000	0,10	
	450	1000	0,12	
	500	1000	0,135	
	600	1000	0,175	
harkkoina ohut- ja liimasaumoin	400	1000	0,12	
	450	1000	0,13	
	500	1000	0,145	
	600	1000	0,185	
kevytsorabetoni paikalleen valettuna tai elementteinä	650	1000	0,20	
	800	1000	0,24	
	1000	1000	0,35	
	1200	1000	0,45	
	1400	1000	0,55	
	1600	1000	0,70	
valetut kevytsorabetonieristeet ylä- ja alapohjassa	400	1000	0,11	
	500	1000	0,13	
	600	1000	0,17	
kevytsorabetoniharkot muurattuina rakosaumat	650	1000	0,20	
	10 mm täydet saumat	650	1000	0,24
⁷⁾ Käytettäessä täyteainetta yläpohjan lämmöneristeenä ilman yläpuolista tiivistävää kerrosta on annettuun λ_U -arvoon lisättävä 0,02 W/(m K).				
⁸⁾ Reikäkiven tiheytenä käytetään bruttotiheyttä eli massa jaettuna tilavuudella ottamatta huomioon reikävähennystä.				

Aine, tarvike	Tiheys (ρ) kg/m ³	Ominaislämpö- kapasiteetti (c_p) J/(kg K)	Lämmön- johtavuuden suunnittelu-arvo (λ_{ij}) W/(m K)
lasi	2500	750	1,0
linoleum	1200	1400	0,17
muovi			
akryyli	1050	1500	0,20
polyamidi (nylon)	1150	1600	0,25
polyasettaatti	1410	1400	0,30
polyeteeni LD	920	2200	0,33
polyeteeni HD	980	1800	0,50
polykarbonaatti	1200	1200	0,20
polypropeeni	910	1800	0,22
polyvinyylikloridi (PVC), jäykkä	1390	900	0,17
PVC, joustava, 40 % pehennin	1200	1000	0,14
solumuovi	270	1400	0,10
puu	450 500 700	1600 1600 1600	0,12 0,13 0,18
tekstiilimatto	200	1300	0,060
TIIVISTYSAINEET			
polyeteeni-vahto	70	2300	0,050
polyuretaani-vahto	70	1500	0,050
silikoni	1200	1000	0,35
silikonivahto	750	1000	0,12
METALLIT			
alumiini	2800	880	160
kupari	8900	380	380
lyijy	11300	130	35
messinki	8400	380	120
pronssi	8700	380	65
rauta	7500	450	50
teräs	7800	450	50
ruostumaton teräs	7900	460–500	30–17
sinkki	7200	380	110
LUONNONKIVET			
gneissi	2400–2700	1000	3,5
graniitti	2500–2700	1000	2,8
hiekkakivi	2600	1000	2,3
kalkkikivi			
pehmeä	1800	1000	1,1
kova	2200	1000	1,7
liuskekivi	2000–2800	1000	2,2
marmori	2800	1000	3,5
vuolukivi	3000	1000	6,4
MAALAJIT			
savi tai siltti	1200–1800	1670–2500	1,5
hiekkä, sora tai moreeni	1700–2200	910–1180	2,0

Aine, tarvike	Tiheys (ρ) kg/m ³	Ominaislämpö- kapasiteetti (c_p) J/(kg K)	Lämmön- johtavuuden suunnittelu-arvo (λ_{ij}) W/(m K)
KAASUT			
ilma	1,23	1008	0,025
hiilidioksidi	1,95	820	0,014
argon	1,70	519	0,017
krypton	3,56	245	0,0090
ksenon	5,68	160	0,0054
VESI			
jää			
–10 °C	920	2000	2,3
0 °C	900	2000	2,2
lumi			
pehmeä	200	2000	0,12
osittain tiivistynyt	300	2000	0,23
tiivis	500	2000	0,60
vesi			
10 °C	1000	4190	0,60
80 °C	970	4190	0,67

Liite 3. Lämpö- ja pintavastus

TAULUKKO 18. (C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2010.)

16

5 LÄMMÖNVASTUKSIA

5.1 Pintavastus

5.1.1

Ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien pintavastuksina käytetään taulukossa 2 esitettyjä arvoja.

TAULUKKO 2. SISÄ- JA ULKOPUOLINEN PINTAVASTUS R_{si} JA R_{se}

Sisäpuolinen pintavastus R_{si} , ($m^2 \cdot K$)/W			Ulkopuolinen pintavastus R_{se} , ($m^2 \cdot K$)/W		
Lämpövirran suunta					
vaakasuora	ylöspäin	alaspäin	vaakasuora	ylöspäin	alaspäin
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Väliarvot 0°–90° saadaan lineaarisesti interpoloimalla.

TAULUKKO 3. TUULETTUMATTOMAN ILMAKERROKSEN LÄMMÖNVASTUS R_g

Rajoittavien pintojen emissiviteetti	Ilmaraon paksuus d_g mm	Lämmönvastus R_g , ($m^2 \cdot K$)/W		
Lämpövirran suunta				
		vaakasuora	ylöspäin	alaspäin
yleinen tapaus: ei heijastavia pintoja $\epsilon > 0,8$	5	0,11	0,11	0,11
	10	0,15	0,15	0,15
	20	0,17	0,16	0,18
	50–100	0,18	0,16	0,21
toinen pinta heijastava $\epsilon < 0,2$	5	0,17	0,17	0,17
	10	0,27	0,23	0,29
	20	0,36	0,25	0,43
	50–100	0,34	0,27	0,61

TAULUKKO 5. OHUEN AINEKERROKSEN LÄMMÖNVASTUS R_q

Katon rakennetyyppi	Lämmönvastus R_q , ($m^2 \cdot K$)/W
Toinen pinta jäykkää alustaa, esim. lautaseinää vasten*)	0,02
Jäykkien pintojen välissä*)	0,04

*) Lämmönvastus sisältää sekä ainekerroksen lämmönvastuksen, että sen ja jäykän pinnan, lautakerroksen tms. väliin muodostuvan ohuen ilmakerroksen lämmönvastuksen.

Liite 4. COP- ja SCOP-arvot

1 (2).

5.1 Ilmalämpöpumpun lämmöntuotanto

Laitteesta riippuen noin -25 asteen pakkasilla, uusi pumpumalli tuottaa lämpöä enää COP* 1–2:n verran laitteesta riippuen. Parhaimmat laitteet toimivat jopa -30 asteen pakkasella, jolloin lämpökerroin on hieman yli 1. Kovilla pakkasilla laitteen antoteho on heikoimmillaan.

5.2 Ilmalämpöpumpun hankinta

Harkitse valintakriteereitä, kun valitset ilmalämpöpumpun. Tärkeintä on valita oikean tehoinen laite ja sijoittaa se toiminnan kannalta parhaaseen paikkaan. Mikäli oikean laitteen ja sijoituspaikan valinta on vaikeaa, kannattaa ottaa yhteys asentajaan tai myyjäliikkeeseen. Hanki ilmalämpöpumppu, jonka toimivuus on testattu pohjoisissa oloissa luotettavasti.

Ilmalämpöpumpun hankinnassa tulee huomioida seuraavia asioita:

- Vertaa laitteiden takuuaikaa ja takuun sisältöä keskenään.
- Vertaa laitteiden COP-arvoja keskenään erilaisissa lämpötilaolosuhteissa. Kun ulkona on +7 lämpökerroin COP on noin puolet korkeampi kuin -20 asteen lämpötilassa.
- Vertaa laitteiden #SCOP-arvoja keskenään. Ole tarkkana, että vertailut keskenään saman ilmastovyöhykkeen SCOP-arvoja. Pakollisena energiamerkissä on ilmoitettava vain Keski-Euroopan vertailupaikkakunnan arvo, joka on useimmiten ainoa energiamerkissä ilmoitettu SCOP-arvo. Pohjoisimman vertailupaikkakunnan Helsingin olosuhteissa SCOP-arvo on heikompi kuin Keski-Euroopan (Strasbourg-arvo) ja Pohjoisemmassa Suomessa SCOP-arvo on Helsingin SCOP-arvoa heikompi. Myös ilmalämpöpumpun antoteho laskee lämpökertoimen laskiessa.
- Tarkista myyjältä laitteen lämpökerroin, antoteho ja toimivuus kovilla pakkasilla, parhaimmat uudet laitteet toimivat jopa -30 asteen pakkasella sähkölämmitystä kannattavammin.
- Hanki ilmalämpöpumppu asennettuna. Näin et jää pumpun toimittajan ja asentajan vastuuerimielisyyksien uhriksi vika- tai neuvotapauksessa.
- Tee asennuksesta kirjallinen sopimus.
- Vaadi takuutapauksia sekä huoltoa varten yhteystiedot kirjallisina. Selvitä, mitä takuu koskee: kompressorin, laitetta, takuutyötä.
- Vaadi asentajalta käyttöönottopöytäkirja, käyttöönotto-opastus pumpulle ja järjestelmälle osana talosi lämmitysjärjestelmää. Käy läpi myös laitteen suodatusominaisuudet, niiden huollon tarve ja ohjeet sekä jäähdytyksen toiminta ja energiankulutus.
- Varmista pumpun asentajan pätevyys (EUCERT tai vastaava). Pumpun saa asentaa vain sellainen asentaja tai yritys, jolla on kylmäainepätevyys ja sähköpätevyys (tukes.fi). Listan EUCERT-sertifioituista asentajista löydät osoitteesta <http://www.sulpu.fi/laatumerkit-ja-sertifikaatit>.
- Valitse luotettava myyjä. Hanki ilmalämpöpumppu teknisesti osaavasta ja taloudellisesti vakaasta yrityksestä.

(Motiva 2018, 17.)

2 (2).

TAULUKKO 19. Lämpöpumppulämmitysjärjestelmien teknisiä tietoja ja hintoja (Maalämpöpumppu Nibe 2016, 2.); (Taloon 2020, Ilmalämpöpumppu.); (Taloon 2020, Ilmavesilämpöpumppu.); (Taloon 2020, poistoilmalämpöpumppu.); (Multi-heater n.d., 4.)

JÄRJESTELMÄ	COP	SCOP	kWh	LUOKKA	HINTA (TALOON.FI)
Maalämpö (NIBE F1255 1,5-6)	4,7	5,5	6	A++	8000 €
Ilmalämpö (ILP) (BOSCH COMPRESS 7000 aa)		4,6	7	A	1800 €
Ilma- vesilämpö (VILP) (NIBE SPLIT)	4,4		6	A++	8000 €
Poistoilmalämpö (PILP) (NIBE F750)		4,5	5	A++	9000 €
Poistoilmalämpö (PILP saneeraus malli MULTIHEATER 30)	4		3		2500 €

PERUSTIETOA PUULÄMMITYKSESTÄ

■ Lämpötehon tarve asuinrakennuksessa

Rakennuksen lämpötehon tarve muodostuu kahdesta perusasiasta, rakennuksen lämpöhäviöistä ja lämpimän käyttöveden kulutuksesta. Noin 2/3 kuluu rakennuksen lämpöhäviöihin ja 1/3 lämpimän käyttöveden tuottamiseen.

Lämpötehon tarve asuinrakennuksissa on 15 – 25 W/rakennuskuutio riippuen lämmöneristyksistä ym.

■ Lämpötehon tarpeen laskeminen

Esimerkki	
Asuinrakennus	
Pinta-ala	180 m ²
Huonekorkeus	2,60 m
Rakennuksen tilavuus	180 x 2,6 = 468 m ³
Lämmön huipputehon tarve	468 x 20W = n. 9,4 kW
Rakennuksen lämpöhäviöt vuodessa	22 000 kWh
Lämmin vesi vuodessa	7 000 kWh
Energian kokonaiskulutus vuodessa	29 000 kWh

Lämpimän veden vaatima energia vaihtelee suuresti riippuen asukasmäärästä ja veden käyttötottumuksesta mutta laskennallisena arvona tässä tapauksessa voidaan käyttää n. 7000 kWh.

■ Puu polttoaineena



Puu on energian lähteenä:

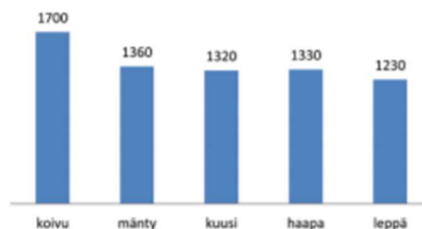
- kotimainen
- uusiutuva
- ympäristöystävällinen
- edullinen

Puuta kasvaa Suomessa tällä hetkellä enemmän kuin sitä kulutetaan. Lämmitykseen käytettävä puu on usein ns. jäännöspuuta hakkuutähteistä tai nuorten metsien raivauksesta. Lämmön tuottaminen puulla on ympäristöystävällistä ja kestävää kehitystä tukevaa. Puu on luontaisesti uusiutuva ja esim. hiilidioksidipäästöiltään neutraali polttoaine. Kasvava puu sitoo sen hiilidioksidimäärän jonka poltettava puu tuottaa.

■ Lämmitykseen sopivat puulajit Suomessa

Kaikki Suomen yleisimmät puulajit sopivat hyvin lämmitykseen. Puulajeista koivun tiheys on suurin eli tilavuudella mitattuna sen lämpöarvo on paras, mutta painolla mitattuna eri puulajien energiasisältö on lähes sama.

Tehollinen lämpöenergia 20 % kosteudella kWh / pino-m³



■ Puun vuotuinen kulutus

Esimerkin asuinrakennus kuluttaa energiaa 29000 kWh vuodessa. Kuivalla ns. sekapuulla, jonka energiasisältö on esim. 1400 kWh/pm³ kulutus olisi n. 21 pm³ (pino-kuutiota) vuodessa.

Vastaavalla energiankulutuksella muiden polttoaineiden kulutus olisi:

- pelletti 10 irtokuutiometriä = 6,5 tonnia
- hake 40 irtokuutiometriä
- öljy 2,9 kuutiometriä

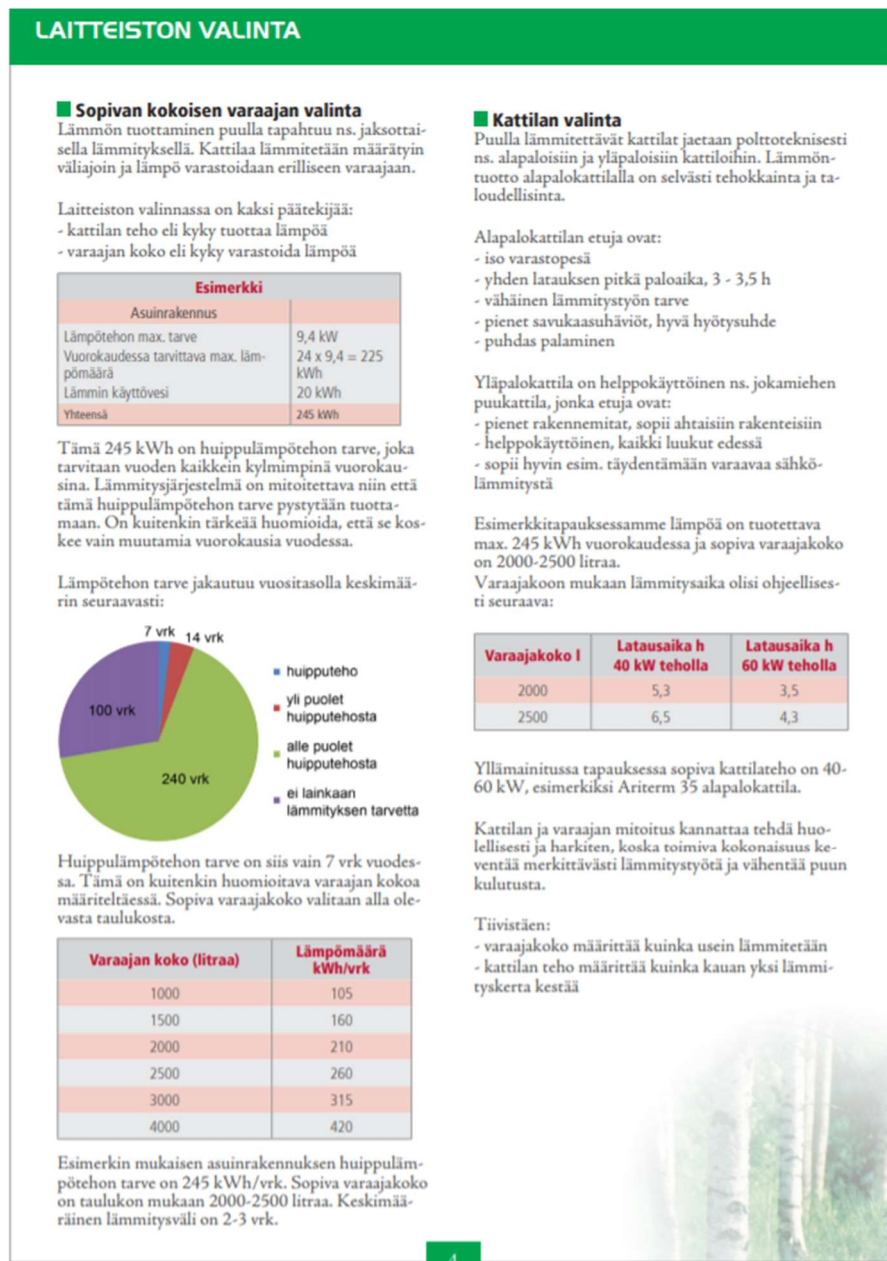
■ Käytä aina kuivaa puuta

Pystystä kaadetun puun kosteus on 40 – 50 %. Lämmitykseen käytetyn puun sopiva kosteus on n. 20 %. Tämä taso saavutetaan noin 1 vuoden ulkokuivauksella.

Liian kostean puun käyttö tuo merkittäviä haittoja kuiten:

- puun kulutuksen merkittävä kasvu
- lämmitystyön määrän ja ajan kasvu
- kattilan puhdistustarpeen kasvu
- haitallisten päästöjen kasvu
- lämmityskattilan käyttöiän merkittävä lyheneminen

Kuivata siis puu pinossa, älä lämmityskattilassa tai ylipäätään missään tulisijoissa!



KUVIO 15. Energiavaraajan valinta (Ariterm 2017, Se on lämpöä, 3-4.)

TAULUKKO 20. Polttopuun kulutus (Tuomi 2013, 51.)

Liitetaulukko 1. Pientalon vanhojen ja nykyaikaisten pilkekattiloiden vuosihyötysuhde suorassa ja varaavassa lämmityksessä kattilatyypeittäin.

Pikelämmitys	Vanha kattila		Nykyaikainen kattila	
	Suora lämmitys	Varaava lämmitys	Suora lämmitys	Varaava lämmitys
Kattilatyyppi	Hyötysuhde, %			
Kaksoispesäkattila	40	60	45	70
Yläpalokattila	45	65	50	70
Alapalokattila	50	70	60	80
Käänteispalokattila	55	75	65	85
Etupesä ja kattila	50	70	55	75

Liite 6. Energiatehokkuus arvoja

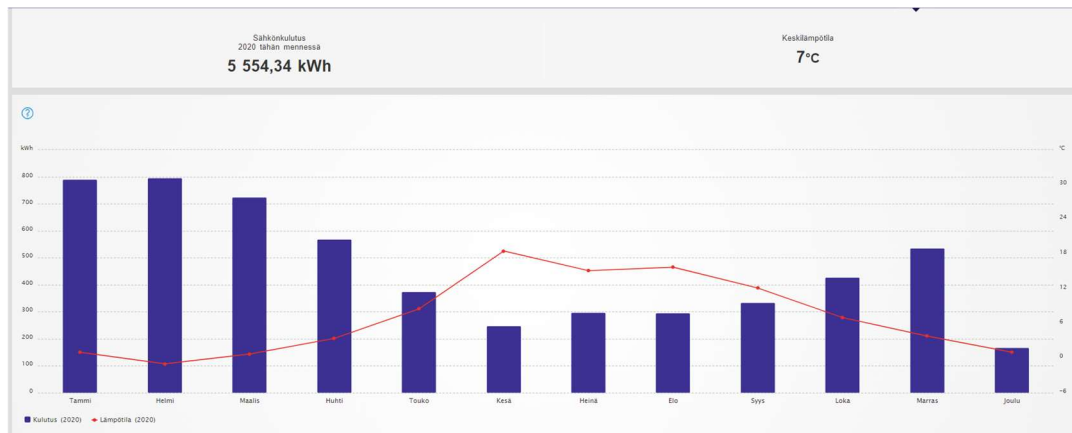
TAULUKKO 21. U-arvoja (Energiatehokaskoti 2020.)

Vaipanosien vertailuarvot	Normitalo 2008	Normitalo 2010	Matalaenergia-talo	Passiivitalo
Seinä (W/m ² ,K) Hirsiseinä (W/m ² ,K)	0,24	0,17 0,40	0,12	0,08-0,10
Yläpohja (W/m ² ,K)	0,15	0,09	0,08	0,07
Alapohja (W/m ² ,K) - maanvarainen - ryömintätilaan rajoittuva - ulkoilmaan rajoittuva	0,24 0,19 0,15	0,16 0,17 0,09	0,12 0,10 0,08	0,10 0,08 0,08
Ikkunat ja ovet (W/m ² ,K)	1,4	1,0	0,8	0,4-0,7
Ilmanpitävyys, n ₅₀ -luku (1/h)	4,0	2,0	<1,0	<0,6
LTO-laitteen vuosihyötysuhde	30 %	45 %	>70 %	> 80 %
Ilmanvaihdon ominaissähköteho (kW/m ³ ,s)	<2,5	<2,5	<2,0	<1,5

Liite 7. Toteutunut sähkön kulutus ja tuotanto.

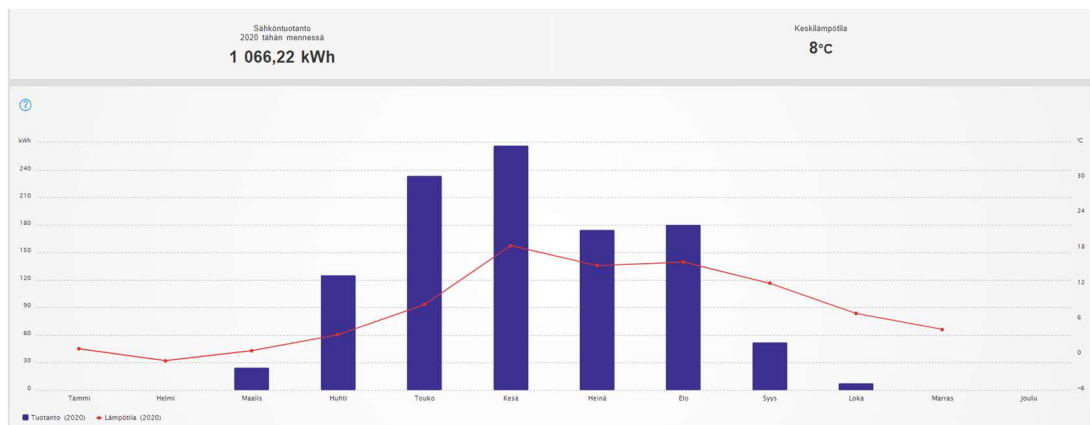
1 (2)

1. Ostosähkön vuosikulutus 2020.

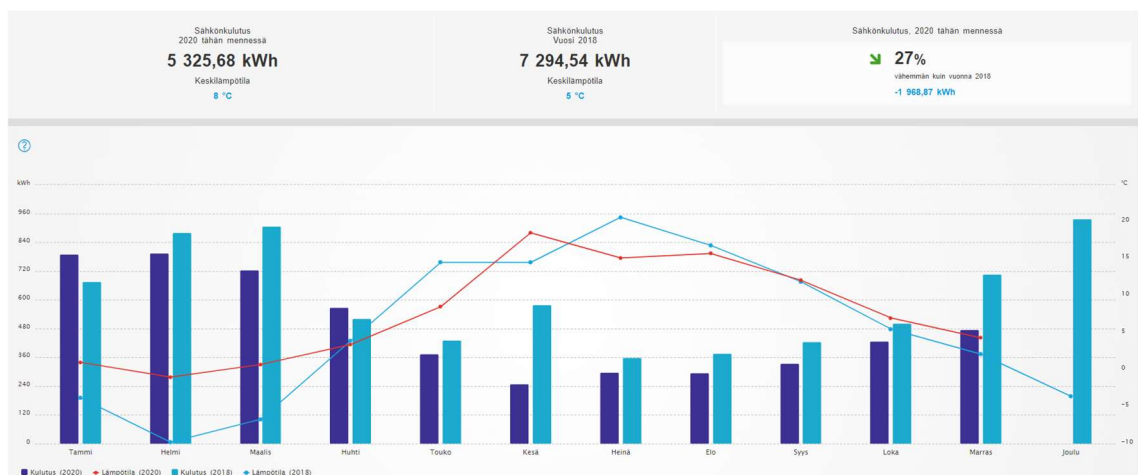


*Vuoden 2020 sähkönkulutuksesta puuttuu osa joulukuun kulutuksesta. Näyttöleikkeellä oleva kuvio on otettu 8.12.2020. Mittarilukeman mukaan kulutus 8.12.2020 on 6057 kWh: Kokonaiskulutus arvio vuodelle 2020 on n. 6700 kWh.

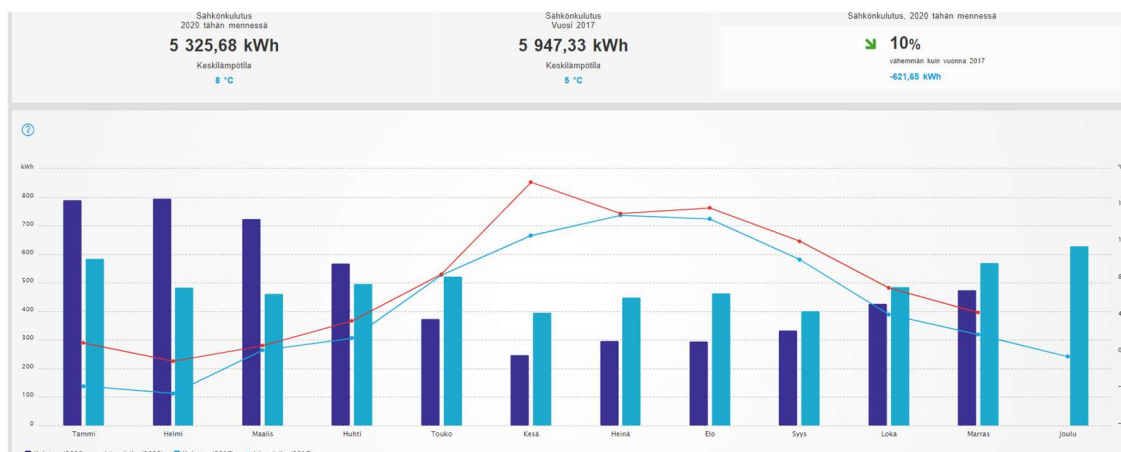
2. Ylijäämä sähkö 2020.



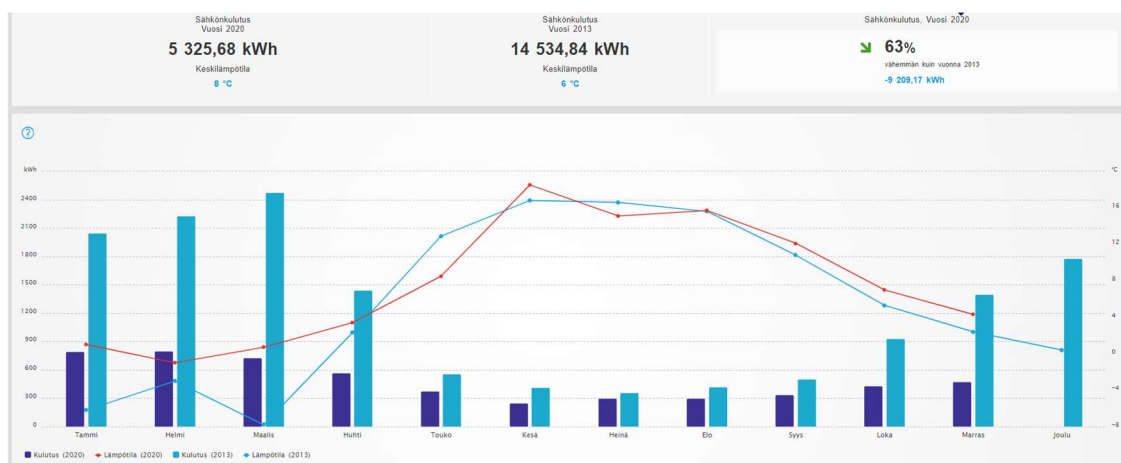
3. Ostosähkö vuosikulutus 2019



4. Ostosähkö vuosikulutus 2017



5. Ostosähkö vuosikulutus 2013



KUVIO 16. Kulutustiedot 1-5
(Tampereen Sähkölaitos 2020.)