

Pauli Nyberg

# Omakotitalon lämmitysjärjestelmän muutostyön kannattavuuden arviointi

Opinnäytetyö

LVI-insinööri

Talotekniikan koulutus

2023



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	insinööri (AMK)
Tekijä	Pauli Nyberg
Työn nimi	Omakotitalon lämmitysjärjestelmän muutostyön kannattavuuden arviointi
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
Vuosi	2023
Sivut	49 sivua, liitteitä 47 sivua
Työn ohjaaja	Teemu Lahikainen

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuskohteena oli omakotitalo, jonka rakennusvuosi on 1979. Vuonna 2019 kiinteistöön asennettiin ilma-vesilämpöpumppu, joka kytkettiin vanhaan patterilämmitysjärjestelmään. Patterilämmitysjärjestelmän alkuperäinen mitoituslämpötila on 80/60 °C. Korkea mitoituslämpötila vaikuttaa ilma-vesilämpöpumpun energiatehokkuuteen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ilma-vesilämpöpumpunkohteen energiankulutukset kolmessa eri skenaariossa: alkuperäisellä patteriverkostolla ja kahdella eri matalalämpöisellä vaihtoehdolla. Tavoitteena oli myös arvioida matalalämpöverkoston investoinnin kannattavuutta. Matalalämpöisen järjestelmän vaihtoehdot ovat patterilämmitys- ja lattialämmitysjärjestelmä.

Opinnäytetyössä tutkittiin rakennuksen rakenteet alkuperäisistä leikkauspiirustuksista sekä varmistettiin rakennustapa rakenneavauksilla. Tutkitun tiedon perusteella rakenteiden U-arvot määriteltiin lämpöhäviölaskentaa varten. Lämpöhäviölaskenta toteutettiin MagiCad Room -ohjelmistolla. Lämpöhäviölaskennan tuloksien perusteella kohteeseen suunniteltiin matalalämpöinen patterilämmitys- ja lattialämmitysjärjestelmä. Lämmityspiirustuksista laskettiin materiaali- ja työaikamäärä LVI-toimialan työehtosopimuksen mukaisesti. Investoinnin kannattavuutta arvioitiin nettonykyarvo- sekä takaisinmaksuaikamenetelmällä. Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät ovat LVI-alan ohjeiden ja määräysten mukaisia sekä tutkittuun tietoon perustuvia.

Matalalämpöinen patterilämmitysjärjestelmä laskee lämmityskauden energiankulutusta 24 %. Investoinnin nettonykyarvo on -996 € ja suora takaisinmaksuaika 13,4 vuotta. Taloudellisena investointina matalalämpöinen patterilämmitysjärjestelmä ei ole erityisen kannattava. Talotekniikka-alan ammattilaiset pystyvät suunnittelemaan ja asentamaan lämmityspatterit itse, mikä tekee saneeraustyöstä taloudellisesti kannattavamman. Lattialämmitysjärjestelmä laskee energiankulutusta 30 %. Energiatoimenpiteen nettonykyarvo on -8 090 € ja suora takaisinmaksuaika 30,6 vuotta. Takaisinmaksuaika on erittäin pitkä ja investointikohteena kannattamaton. Lattialämmitysjärjestelmän kokonaiskustannuksista noin 30 % muodostui ala- ja välipohjarakenteiden muutostöistä.

**Asiasanat:** patterilämmitys, lattialämmitys, energiaremontti, ilma-vesilämpöpumppu

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Pauli Nyberg
Thesis title	Assessment of the profitability of the modification of the heating system of a detached house
Commissioned by	Southeastern Finland University of Applied Sciences
Time	2023
Pages	49 pages, 47 pages of appendices
Supervisor	Teemu Lahikainen

## ABSTRACT

The subject of the study was a detached house which was built in 1979. In 2019, an air-to-water heat pump was installed in the property, which was connected to the radiator heating system. The rated temperature of the original radiator heating system is 80/60 °C. The high rated temperature affects the energy efficiency of the air-to-water heat pump. The objective of the study was to find out the energy consumption of an air-to-water heat pump in three scenarios: with the original radiator system and two different low-temperature options. Another objective was also to assess the return on the investment of a low heat system. Options for a low heat system are either radiator heating or floor heating systems.

The building's structures were examined from the original sectional drawings and they were confirmed by opening the construction. Based on the data examined, the structures' U-values were determined for the heat loss calculation. The heat loss calculation was performed with the MagiCad Room -programme. Based on the results of the heat loss calculation, a low-temperature radiator heating and underfloor heating system were designed. The material and amount of the working time were calculated using the HVAC collective agreement. The profitability of the investment was assessed by net present value and payback time methods. The used methods in the thesis are in accordance with the instructions and regulations of the HVAC industry and based on researched information.

The low temperature radiator system lowered the heating season energy consumption by 24 %. The investment's net present value is -996 € and the direct payback time is 13.4 years. A low temperature radiator heating system is not an economically viable solution. HVAC professionals can design and install heating radiators by themselves, which makes the renovation work financially more affordable. An underfloor heating system would cut the energy consumption by 30 %. The net present value of energy efficiency measure is -8 090 € and the direct payback time is 30.6 years. The payback time is very long and thus unprofitable as an investment target. 30 % of the total cost of the underfloor heating system was formed by the flooring and base floor conversion work.

**Keywords:** radiator heating, underfloor heating, energy renovation, air-water heat pump

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KOHTEEN TAUSTATIEDOT.....	8
2.1	Lämmitysjärjestelmä.....	9
3	LÄMPÖOLOT JA LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT .....	10
3.1	Ilma-vesilämpöpumppu .....	10
3.2	Radiaattorilämmitys.....	13
3.3	Lattialämmitys .....	15
4	TILAKOHTAINEN LÄMPÖTEHON TARPEEN MÄÄRITYS.....	19
4.1	Lämmönjohtavuus .....	19
4.2	Lämpövastus.....	19
4.3	U-arvo .....	20
4.4	Johtumislämpöhäviötehon tarve.....	21
4.5	Vuoto- ja korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve .....	24
4.6	Tilakohtainen lämpötehon tarve .....	27
5	TYÖEHTOSOPIMUKSEN MUKAINEN URAKKALASKENTA.....	28
5.1	Putkityö .....	28
5.2	Eristystyö.....	30
5.3	Normituntihinnan määrittäminen urakkalaskennassa .....	32
6	INVESTOINNIN KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI.....	32
6.1	Suora takaisinmaksuaika .....	33
6.2	Nettonykyarvomenetelmä.....	33
7	MENETELMÄT, LASKENTA JA MITOITUSMENETELMÄT .....	34
7.1	Rakenteiden U-arvon määrittäminen.....	34
7.2	Magicad Room -ohjelmisto.....	35
7.3	Kohteen mallintaminen.....	36
7.4	Mitoitusarvojen määrittäminen .....	37

7.5	Tilakohtainen mitoituslämpöhäviöteho .....	37
7.6	Meno- ja paluuveden lämpötilojen valinta .....	38
8	TULOKSET .....	40
8.1	Energialaskennan tulokset .....	40
8.2	Investointilaskelmien tulokset.....	41
8.2.1	Patterilämmityssaneerauksen nettohyötyarvo ja suora takaisinmaksuaika .....	42
8.2.2	Lattialämmityssaneerauksen nettohyötyarvo ja suora takaisinmaksuaika .....	43
9	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	44
9.1	Tulosten pohdinta.....	45
9.2	Tulosten hyödyntämismahdollisuudet .....	46
9.3	Kehittämissidea ja jatkotutkimusaiheet .....	47
	LÄHTEET .....	48
	LIITTEET	
	Liite 1. Tutkittavan kohteen rakenneavaukset	
	Liite 2. A-osan välipohjarakenteen U-arvolaskenta, patterilämmitys	
	Liite 3. A-osan välipohjarakenteen U-arvolaskenta, lattialämmitys	
	Liite 4. B-osan alapohjarakenteen U-arvolaskenta	
	Liite 5. MH4-tilan alapohjarakenteen U-arvolaskenta, patterilämmitys	
	Liite 6. MH4-tilan alapohjarakenteen U-arvolaskenta, lattialämmitys	
	Liite 7. A- ja B-osan ulkoseinärakenteen U-arvolaskenta	
	Liite 8. MH4-tilan ulkoseinärakenteen U-arvolaskenta	
	Liite 9. Yläpohjarakenteen U-arvolaskenta	

- Liite 10. Alkuperäisien lattiarakenteiden teoriaosuus ja korjaustoi-  
menpiteet
- Liite 11. Lattialämmityksen lisälämpöhäviön laskenta
- Liite 12. Lämpöpiirustus 1. krs, patterilämmitys
- Liite 13. Lämpöpiirustus kellari, patterilämmitys
- Liite 14. Lämpöpiirustus 1. krs, lattialämmitys
- Liite 15. Lämpöpiirustus kellari, lattialämmitys
- Liite 16. Lattialämmityspiirustus 1. krs
- Liite 17. Ilma-vesilämpöpumpun lämmityskauden energiankulutus-  
laskelma (lämmitysverkoston mitoitustilapötila 80/60 °C)
- Liite 18. Ilma-vesilämpöpumpun lämmityskauden energiankulutus-  
laskelma (lämmitysverkoston mitoitustilapötila 55/35 °C)
- Liite 19. Ilma-vesilämpöpumpun lämmityskauden energiankulutus-  
laskelma (lämmitysverkoston mitoitustilapötila 35/30 °C)
- Liite 20. Patterilämmityksen normituntilaskenta
- Liite 21. Lattialämmityksen normituntilaskenta
- Liite 22. Eristystyön normituntilaskenta
- Liite 23. ARA:n energia-avustuslaskelma, patterilämmitys
- Liite 24. Nettonykyarvon ja suoran takaisinmaksuajan laskenta,  
patterilämmitys 55/35 °C
- Liite 25. ARA:n energia-avustuslaskelma, lattialämmitys
- Liite 25. Nettonykyarvon ja suoran takaisinmaksuajan laskenta,  
lattialämmitys 35/30 °C
- Liite 27. Tarvikkeiden massalista

## 1 JOHDANTO

Lämpöpumppuja on asennettu valtava määrä 2000-luvulla suomalaisiin saneerauskiinteistöihin. Venäjän hyökkäyssota Ukrainaan laukaisi energiakriisin, joka on vaikuttanut positiivisesti lämpöpumppumarkkinoihin. Markkinoita on kiihdyttänyt myös Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen myöntämät energia-avustukset fossiilisista lämmitysmuodosta luopuville. Suomen lämpöpumppuyhdistys SULPU:n tilastojen mukaan vuonna 2022 myytiin 19 000 ilma-vesilämpöpumppua ja 12 000 maalämpöpumppua.

Vanhemmissa kiinteistöissä patteriverkosto on yleisin lämmönjakotapa. Kun lämpöpumppu kytketään vanhaan patteriverkostoon, lämpöpumpun energiatehokas lämmöntuottokyky heikentyy verrattuna matalalämpöjärjestelmiin. Matalalämpöjärjestelmällä tarkoitetaan, että meno- ja paluueden mitoituslämpötilat ovat alhaisempia kuin perinteisessä patterilämmitysjärjestelmässä.

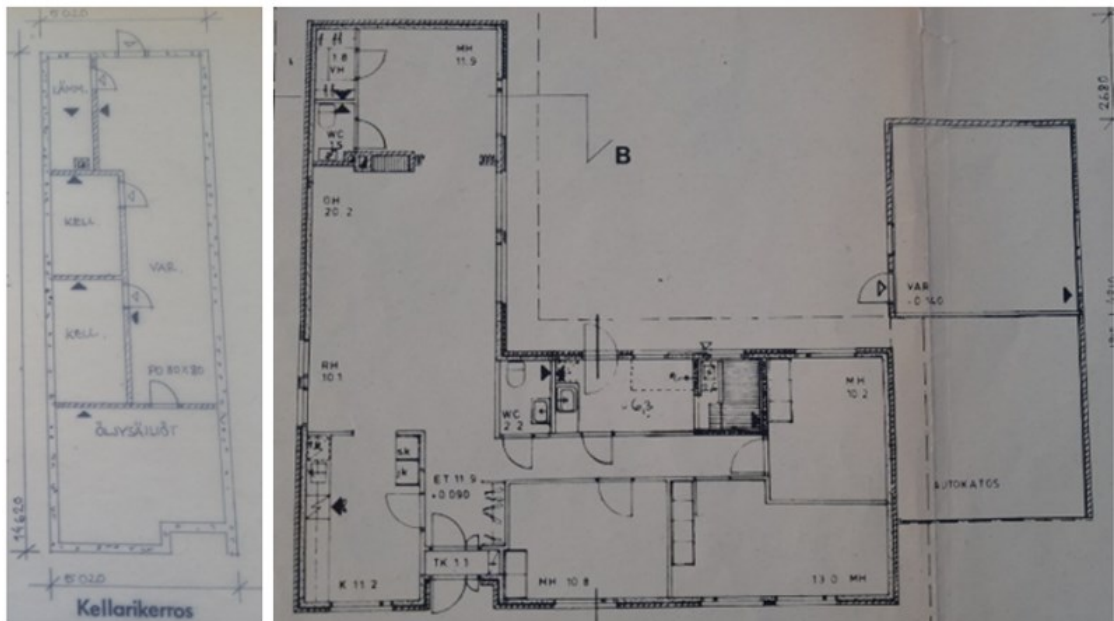
Tutkimuksen tavoitteena on parantaa ilma-vesilämpöpumppukohteen energiatehokkuutta matalalämpöjärjestelmällä ja selvittää saneeraustoimenpiteen investointikannattavuutta. Tutkittaviksi investointitoimenpiteiksi valittiin lattialämmitys- ja matalalämpöinen patterilämmitysjärjestelmä. Tutkittavan kohteen patteriverkosto on 44 vuotta vanha, mutta täysin toimintakuntoinen. Patteriverkostossa ei ole havaittu vuotoja tai korroosiota, joten vanhaa putkistoa hyödynnettäisiin matalalämpöisessä patterilämmitysjärjestelmässä. Energiatoimenpide sisältää vanhojen lämmityspatterien purkutyön, uusien lämmityspatterien mitoituksen sekä asennuksen. Lattialämmitysjärjestelmän asennus vaatii huomattavia rakenteiden muutostoimenpiteitä sekä uuden lämmönjako- ja luovutusputkiston. Kohteen alkuperäinen lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötila on 80/60 °C. Mitoituslämpötilalla tarkoitetaan lämmitysjärjestelmän meno- ja paluueden lämpötiloja mitoitusolosuhteissa, joka on Lahdessa -29 °C.

Opinnäytetyössä tutkitaan alkuperäiset leikkauspiirustukset lämpöhäviölaskentaa varten. Rakenteiden tekotapa tutkitaan rakenneavauksilla, jotta lattialämmitysjärjestelmän asennuskustannukset voidaan ottaa huomioon mahdollisimman tarkasti. Suunnittelu toteutetaan AutoCad-ohjelmistolla ja sen lisäosilla. Materiaalikustannukset ja työaika määritetään suunnitelmien pohjalta.

Työaikalaskennassa noudatetaan talotekniikka-alan työehtosopimusta. Lämmityskauden energiankulutukset arvioidaan NIBE-DIM -lämpöpumppumitoitusohjelmalla. Alkuperäisen lämmitysjärjestelmän energiankulutusta verrataan suunniteltuihin matalalämpöisiin lämmitysjärjestelmiin. Matalalämpöisten lämmitysjärjestelmien investointikannattavuutta arvioidaan nettonykyarvomenetelmällä ja suoralla takaisinmaksuajalla.

## 2 KOHTEEN TAUSTATIEDOT

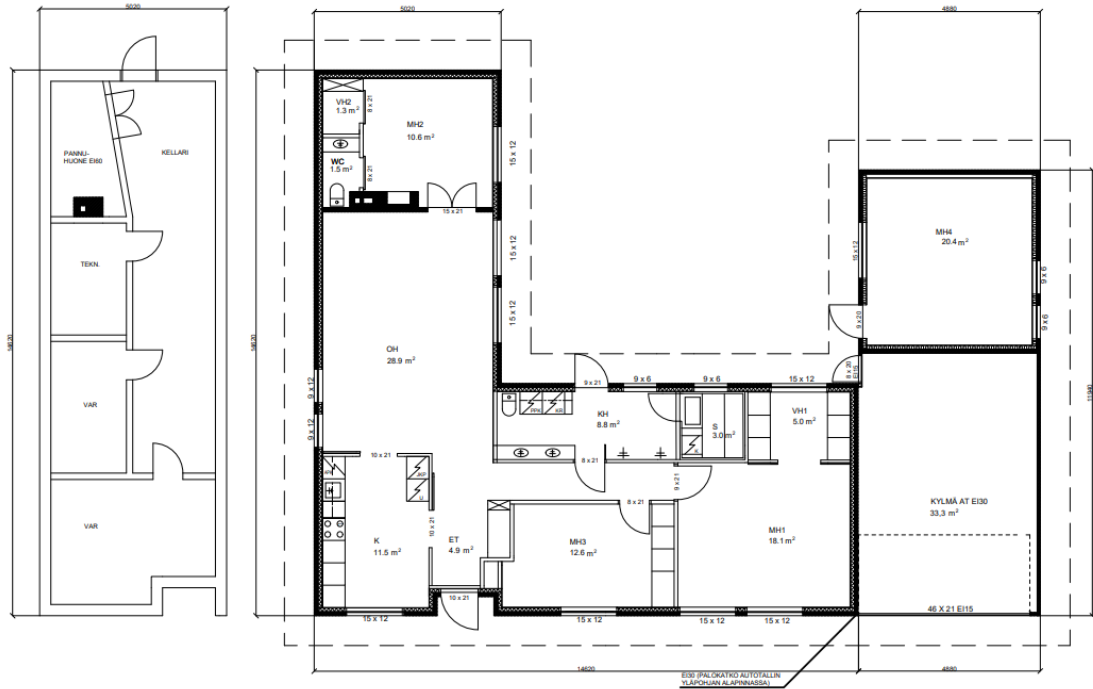
Tutkittava rakennus sijaitsee Lahdessa, ja sen alkuperäinen suunnittelu on aloitettu vuonna 1978 ja lopputarkastettu vuonna 1979. Rakennukseen oli suunnitteilla kokonaisvaltainen remontti, jossa sisäilmasto-olosuhteet, energiatehokkuus sekä uusien asukkaiden tilakohtaiset käyttötarpeet huomioitaisiin. Kohteessa on 1. kerroksessa koneellinen poistoilmanvaihto ja kellaritilassa painovoimainen. Energiatehokkuuden parantamiseksi kiinteistöön on suunnitteilla lämmitysjärjestelmän meno- ja paluueden alentaminen, jotta lämpöpumpun hyötysuhde paranee. Kuvassa 1 on esitetty alkuperäiset pohjapiirustukset.



Kuva 1. Alkuperäiset pohjapiirustukset

Kiinteistön virallinen kokonaispinta-ala on 229 m<sup>2</sup>, joista asuinpinta-alaa on 120 m<sup>2</sup>. Kaavamukainen rakennusoikeus on 269 k-m<sup>2</sup>, joten rakennusoikeutta tontille on jäljellä 40 k-m<sup>2</sup>. Alkuperäinen pohjapiirustus ei ole olemassa olevan

rakennuksen mukainen, koska kiinteistöstä ei ole olemassa muutospirustuksia. Kuvassa 2 on esitetty kaikki vuosien aikana tehdyt muutostyöt sekä uudet suunnitellut muutokset pohjaratkaisuihin.



Kuva 2. Uusi pohjapiirustus

Kiinteistön suunniteltu kokonaispinta-ala on 263 m<sup>2</sup>, josta lämmitettyä asuinpinta-alaa on 140 m<sup>2</sup>. Autokatos on muutettu kylmäksi autotalliksi. Opinnäytetyössä A-osalla tarkoitetaan kellaritilan yläpuolisia tiloja ET, K, OH, MH2, WC ja VH2. B-osalla tarkoitetaan KH-, S-, VH1-, MH1- ja MH3-tiloja.

## 2.1 Lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön alkuperäisenä lämmitysjärjestelmänä toimi öljykattila vesikiertoisella radiaattorilämmityksellä, jossa meno- ja paluueden mitoituslämpötilat olivat 80/60 °C. Kellaritila lämpiää lämmitysjärjestelmän ja 1. kerroksen lämpöhäviöillä. Vuonna 2017 öljylämmityslaitteistosta luovuttiin huonon kunnon vuoksi ja tilalle asennettiin puukattilajärjestelmä, koska polttopuuta oli saatavilla kiinteistön omistajalle lähes ilman kustannuksia. Samalla vaihdettiin radiaattoreiden patteriventtiilit. Vuonna 2019 kiinteistö vuokrattiin ja päälämmönlähteeksi valittiin ilma-vesilämpöpumppu, joka kytkettiin puukattilan rinnalle.

Ilma-vesilämpöpumppu on kytketty 750 litran energiavaraajaan, jossa on esilämmityskierukat lämpimälle käyttövedelle.

### **3 LÄMPÖOLOT JA LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT**

Ympäristön lämpötila vaikuttaa ihmisen yleistilaan ja työtehokkuuteen. Liikunta tai fyysinen työ nostaa kehon lämpötilaa, joten lämmönsiirtyminen kehon ja ympäristön välillä lisääntyy. Kehon aineenvaihdunnassa tuotetun lämmön pitää poistua ympäristöön, jotta ruumiin lämpötila ei nousisi liian korkeaksi. Ihmiset kokevat sisälämpötilan yksilöllisesti, mutta tyytyväisten osuus korkeimmillaan ja tyytymättömien osuus matalimmillaan on, kun huonelämpötila 21 °C. Oikea huonelämpötila mahdollistaa tehokkaamman työskentelyn työympäristössä ja lisää asuinrakennuksissa asumismukavuutta. Ihmiselle oikea lämpötila saavutetaan silloin, kun huoneen lämpötila ei aiheuta tukalaa oloa, kylmyyttä tai väsymystä. Yksilöitten väliset erot esimerkiksi vaateuksessa, aineenvaihdunnassa ja muissa elimistöön liittyvissä toiminnoissa vaikuttavat lämpötilan kokemiseen hieman eri tavalla. Vaateusta lisäämällä tai vähentämällä voidaan mahdollistaa yksilölle parempi olo. Vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä termostaatilla voidaan vaikuttaa huonelämpötilaan muutama asteen verran, joten yksilölliset toiveet voidaan huomioida lämpötilatuntemuksen osalta. /1, s. 7./

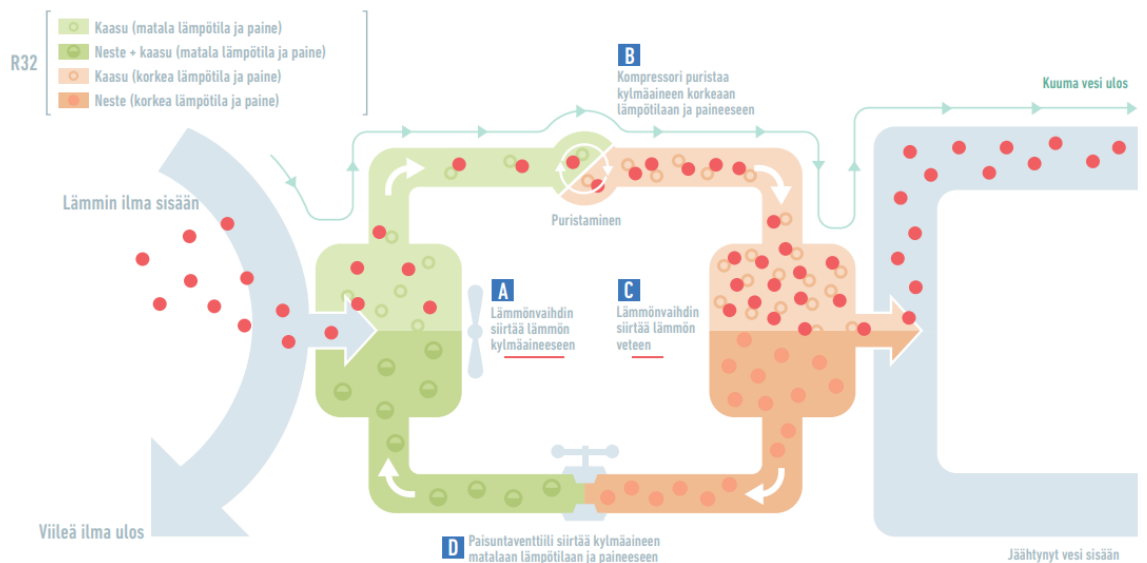
Operatiivinen lämpötila tarkoittaa ihmisen tuntemaa ympäröivää lämpötilaa. Operatiivisessa lämpötilassa huomioidaan ympäröivien pintojen keskimääräinen säteily, säteilyn lämmönsiirtokerroin, ilman kuivalämpötila ja konvektiivinen lämmönsiirtokerroin. Operatiivinen lämpötila poikkeaa usein huoneen oleskeluvyöhykkeen ilman lämpötilasta. /2, s. 12./

#### **3.1 Ilma-vesilämpöpumppu**

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan tuottaa lämmitysenergiaa vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, jossa lämpöpumppu hyödyntää ulkoilmassa olevaa lämpöenergiaa. Yleisimmät ilma-vesilämpöpumput ovat split- tai monoblock-malleja. Monoblock-mallissa kylmäainepiiri sijaitsee ulkoyksikössä ja laitteisto kytketään esimerkiksi sisätiloissa olevaan varaajaan vesikiertoisella

putkistolla. Split-mallit ovat kaksiosaisia, joissa sisä- ja ulkoyksikön välille asennetaan kylmäaineputkisto. /3./

Ilmavesilämpöpumpun toimintaperiaate perustuu kylmäaineen kiertoprosessiin. Ulkoilma puhalletaan höyrystimen läpi, jossa kylmäaineeseen sitoutuu lämpöenergiaa. Lämpöenergian siirtyminen kylmäaineeseen aiheuttaa faasimuutoksen nesteestä höyryksi. Höyrystynyt kylmäaine kulkeutuu kompressorille, jossa kylmäaine puristetaan korkeampaan paineeseen. Korkeampi paine nostaa kylmäaineen lämpötilaa, jonka jälkeen kuuma kylmäaine luovuttaa lauhduttimessa lämpöenergiaa lämmitysverkostoon. Kylmäaine tiivistyy nesteeksi lauhduttimessa ja siirtyy paisuntaventtiilille, jossa kylmäaineen painetasoa lasketaan. Alhaisempi painetaso laskee lämpötilaa ja kiertoprosessi alkaa alusta. /1, s. 377./ Kuvassa 3 on esitetty ilma-vesilämpöpumpun kylmäaineen kiertoprosessi lämmitysjärjestelmässä.



Kuva 3. Kylmäaineen kiertoprosessi lämmitysjärjestelmässä /4, s. 10/

Lauhduksen luovuttama lämpöteho lämmitysverkostoon on huomattavasti suurempi kuin kompressorin käyttämä sähköteho. Lauhduksen lämpöteho muodostuu kompressorin sähkötehosta ja höyrystimen ilmaisenergiasta. /1, s. 377./ Nykyisin ilma-vesilämpöpumput ovat inverter-malleja, joissa lämmitys-teho säädetään kompressorin kierroslukunopeudella. Kyseisellä toimenpiteellä on paljon hyötyjä, kuten esimerkiksi kompressorin eliniän pidentyminen ja

hyötysuhteen paraneminen. Se vähentää myös kompressorin käynnistymisestä johtuvaa lyhytkestoista sähkövirran kulutushuippua. /3./

Ulkolämpötilan laskiessa noin -15 - -30 celsiusasteeseen, lämpöpumpun hyötysuhde ja antoteho heikentyvät huomattavasti. Kovilla pakkasilla ilma-vesilämpöpumppu ottaa käyttöön sähkövastuksen, ja lämpöpumppu saattaa sammuttaa kokonaan. Sähkövastuksen teho on oltava riittävä kiinteistön lämmitys ja käyttöveden tuottamista varten. Ilma-vesilämpöpumpun mitoituksessa huomioidaan kiinteistön vuosittainen energiankulutus, lämmityksen huipputehontarve sekä lämpimän käyttöveden tuotto. Ilma-vesilämpöpumpun mitoituksessa on huomioitava, että -20 celsiusasteen lämpötilassa tuotto on noin 50 % vähemmän kuin laitteen nimellisteho, joka yleensä on annettu standardin EN14511 mukaan +7 celsiusasteen lämpötilassa. Pohjoisiin olosuhteisiin suunnitellut ilma-vesilämpöpumput säilyttävät paremmin tehonsa kylmissä olosuhteissa. Liian pienitehoisen ilma-vesilämpöpumpun valinta vaikuttaa sähkövastuksen käyttötunteihin ja järjestelmän vuosittainen energiankulutus on suurempi. /3./

Lämpöpumppujen COP (Coefficient of Performance) tarkoittaa lämpökerrointa. Lämpökerroin ilmaisee, kuinka paljon lämpöpumppu pystyy tuottamaan lämpöenergiaa kyseisellä hetkellä sähkönototehoon verrattuna. Lämpökertoimeen vaikuttaa lämpöpumpun höyrystymis- ja lauhtumislämpötilat. COP-arvo 3 tarkoittaa, että lämpöpumpun ottosähköteho on esim. 1 kW ja lämpöpumppu pystyy tuottamaan 3 kW:n teholla lämpöenergiaa. /5, s. 9./ Lämpöpumpun lämpökerroin voidaan laskea, kun tiedetään ottosähköteho ja lämpöpumpun tuottama lämmitysteho. Kaavassa 1 on esitetty laskentatapa.

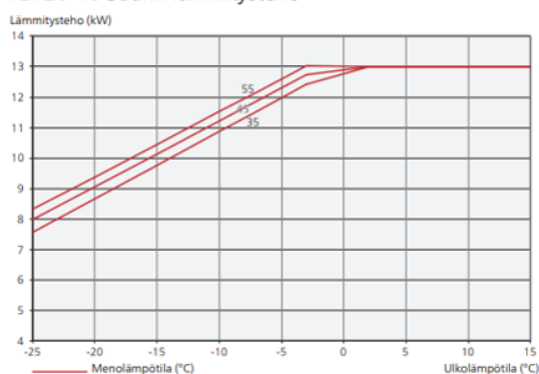
$$COP = \frac{\phi}{P_k + P_a} \quad (1)$$

jossa	$COP$	lämpöpumpun lämpökerroin	[-]
	$\phi$	lämpöpumpun tuottama lämpöteho	[W]
	$P_k$	kompressorin ottosähköteho	[W]
	$P_a$	apulaitteiden ottosähköteho	[W]

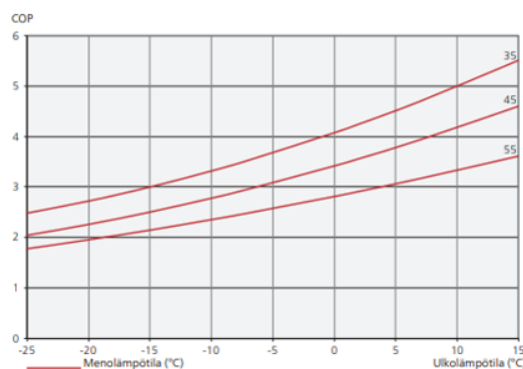
Lämpöpumpun lämpökerroin paranee, kun lämpötilaero on mahdollisimman pieni ulkoilmanlämpötilan ja lämmitysverkoston menoveden välillä. Lämpöpumpuvalmistajat ilmoittavat lämpökertoimen lämpökerroinstandardin mukaisesti, jossa on ilmoitettu lämpöpumpun lämpötilaolosuhteet. /5, s. 9./ Kuvassa 4 on esitetty Nibe F2120-16 ilma-vesilämpöpumpun lämmitystehon ja lämpökertoimen muuttuminen ulkolämpötilan suhteen.

### F2120-16

F2120-16 Suurin lämmitysteho



F2120-16 COP



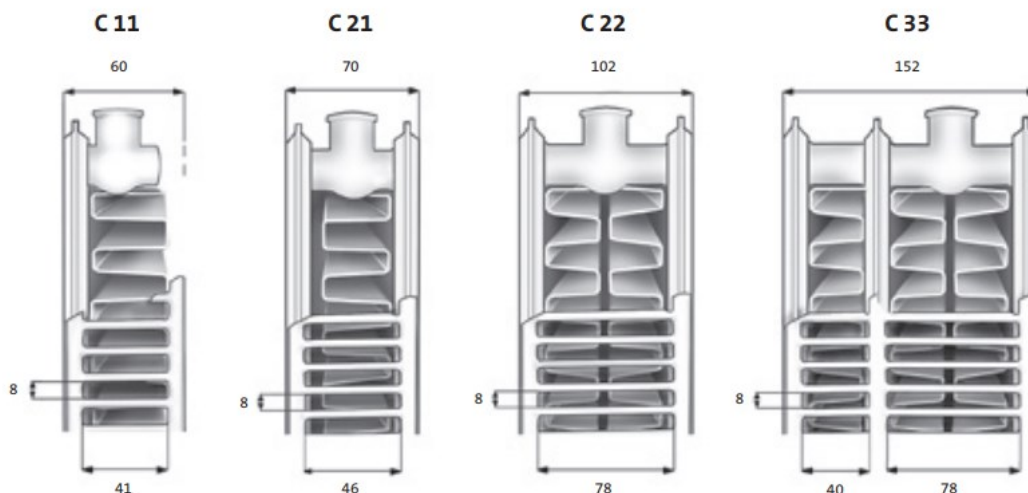
Kuva 4. Nibe F2120-16 ilma-vesilämpöpumpun lämmitystehon muuttuminen ulkolämpötilan suhteen /6, s.15/

Kuvaajista voidaan todeta, että menoveden lämpötila vaikuttaa lämmitystehoon ja lämpöpumpun COP-arvoon. -15 °C ulkolämpötilassa Nibe F2120-16 toimii lämpökertoimella 3 tuottaessa lämmitysverkostoon 35 °C menovettä 9,8 kW teholla. Vastaavasti tuottaessa 55 °C menovettä lämpökerroin laskee noin 2,2 ja tuottaa lämpötehoa 10,4 kW.

## 3.2 Radiaattorilämmitys

Yleisin patterityyppi on levyradiaattori, joka on tehty poimutetusta teräslevystä. Poimuttamalla teräslevyn jäykkyys paranee ja vesisolat muodostuvat. Levyradiaattoria voidaan valmistaa yksi-, kaksi- tai kolmileyvyisenä, joka vaikuttaa radiaattorin lämmönluovutustehoon. Kuitenkaan kaksileyvyisen patterin lämpöteho ei kaksinkertaistu verrattuna kahteen yksileyvyiseen patteriin. Radiaattorilämmityksessä käytetään tyyppimerkintöjä. Ensimmäinen numero tarkoittaa poimutettujen teräslevyjen määrää, jossa vesi virtaa. Toinen numero kertoo

patterityypin konvektiopeltien määrän. /1, s. 160./ Kuvassa 5 on esitetty Purmon Compact -sarjan levyradiaattoreita.

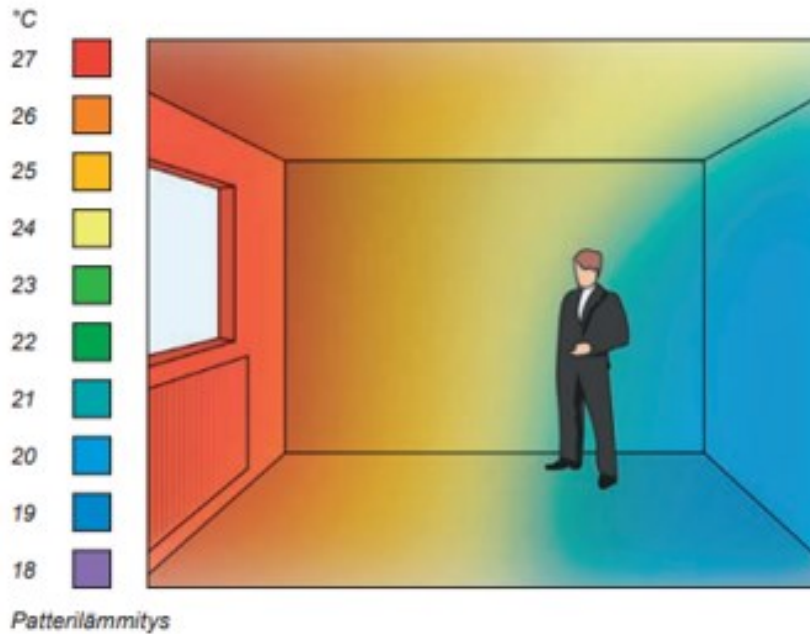


Kuva 5. Purmo Compact -sarjan levyradiaattorit /7, s.14/

Lämmityspatterit valitaan yleensä ikkunan levyisenä ja samassa tilassa olevat patterilämmittimet ovat korkeudeltaan samoja. Vakiomallisena lämpöpatterit ovat leveydeltään 500–2000 mm ja korkeudeltaan 300, 400, 450, 600 ja 900 mm. Levypatterin teho kasvaa konvektiopeltien avulla, koska lämmityspatterin lämmönluovutuspinna-ala on sidoksissa tehon määrään. /1, s. 160./

Radiaattorilämmittimien saneerausvaihtoehtoja kannattaa harkita, kun käyttöikä on yli 40 vuotta tai radiaattoreissa voidaan havaita esim. ruostetta tai vuotoja. Vanhoihin lämmitysputkistoihin sekä radiaattoreihin kertyy sakkaa ajan myötä, joka heikentää lämmönluovutustehoa huonontuneen vedenvirtauksen takia. Jos kohteessa on lämmönlähteenä maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppu, voidaan radiaattorisaneerauksella vaikuttaa lämpöpumpun hyötysuhteeseen. Jos kohteeseen asennetaan pinta-alaltaan suuremmat radiaattorit, voidaan lämpöpumpulla tuottaa matalalämpöisempää vettä. Radiaattorilämmitysjärjestelmässä voidaan tavoitemaksimilämpötilana pitää 45 Celsiusastetta, joka toteutuu talven kylmimpinä hetkinä (esim. säävyöhyke II, -29 °C). On kuitenkin syytä huomata, että radiaattoreiden vaihtotyö on usein taloudellisesti kannattamaton energiatoimenpide. /8./

Radiaattorilämmitysjärjestelmässä huoneen lämpötilajakauma on usein epätasainen /2, s.14/. Kuvassa 6 on esitetty radiaattorilämmitteisen huonetilan lämpötilajakaumaa.



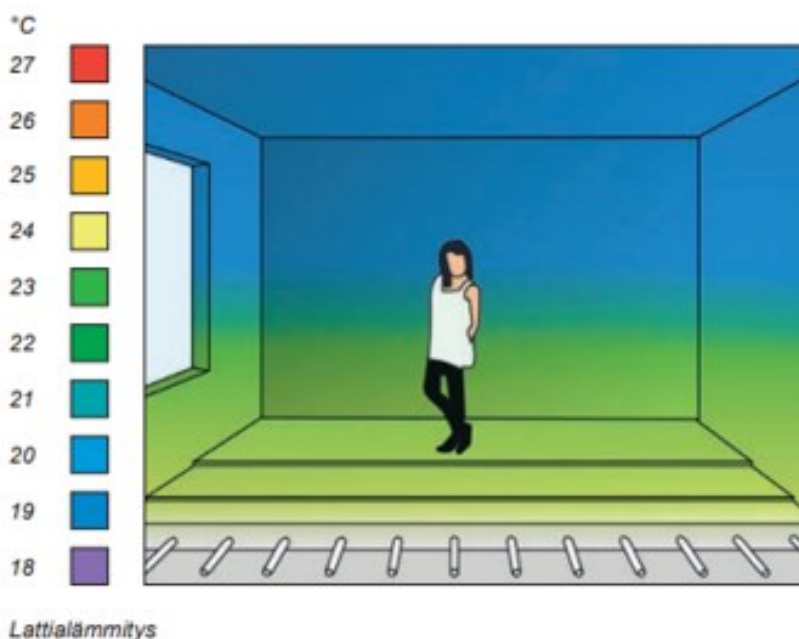
Kuva 6. Radiaattorilämmityksessä huonetilan lämpöjakauma /2, s. 14/

Usein lämmönluovuttimesta kauimpana oleva alue jää hiukan viileämmäksi kuin muut huonetilan alueet. Epätasainen lämpötilajakauma voidaan korjata nostamalla huonelämpötilaa, mutta lämmönluovuttimen läheisyydessä lämpötila nousee tavoitelämpötilaa korkeammaksi. Korkeampi huonelämpötila vaikuttaa lämmitysenergian kulutukseen. Yhden celsiusasteen lämpötilanmuutos huonetilassa vaikuttaa lämmityskuluihin noin 5 prosenttiyksikköä. /2, s. 14–15./

### 3.3 Lattialämmitys

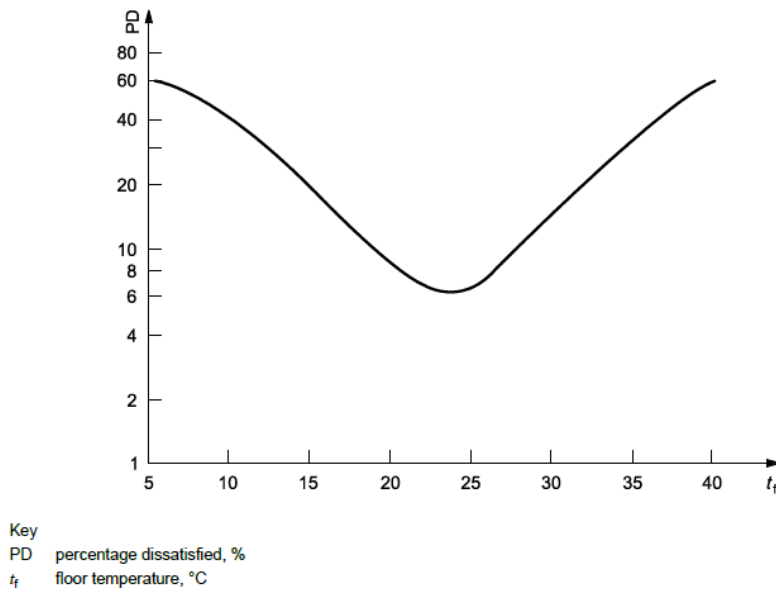
Lattialämmityksen etuja radiaattorilämmitykseen on huomaamaton lämmönluovutin (lattiarakenne), joka mahdollistaa vapaammin arkkitehtisuunnittelun sekä huonekalujen sijoittamisen /2, s. 15/. Lattialämmityksen lämmönsiirto perustuu pääosin säteilylämpöön, joten lattialämmityksellä on suuri vaikutus operatiiviseen lämpötilaan. Korkeampi operatiivinen lämpötila mahdollistaa lattialämmitysjärjestelmässä hiukan matalamman ilman lämpötilan verrattuna radiaattorilämmitykseen. /2, s. 12./ LK Systems:n lattialämmityksen suunnitteluohjeissa suositellaan huoneen mitoituslämpötilaksi 20 °C.

Lattialämpöjärjestelmässä lämmönluovutuspinna-ala on huomattavasti suurempi kuin radiaattorijärjestelmässä, joten lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötila voi olla matalampi. Matalampaa menoveden lämpötilaa voidaan hyödyntää lämpöpumppukohteissa, koska lämpöpumpun hyötysuhde paranee alhaisemmasta menoveden lämpötilasta. Lattialämmityksessä lämpötilajakauma on tasaisempi ja muodostuu pystysuunnassa. /1, s.182–183./ Kuvassa 7 on esitetty lattialämmitetyn huonetilan lämpötilajakauma.



Kuva 7. Lattialämmitetyn tilan lämpötilajakauma /2, s. 14/

Lattialämmityksen etuna on lämmin lattiapinta, joka estää alilämpöisen lattiarakenteen epämieluisan tunteen jaloissa. Standardissa EN ISO 7730 on esitetty tyytymättömien osuus lattialämpötilan suhteen. Vain 6 % ihmisistä on tyytymättömiä, kun lattiarakenteen pintalämpötila on 24 Celsiusastetta. /9, s. 8./ Kuvassa 8 on esitetty tyytymättömien osuus lämpöoloihin lattiapintalämpötilan suhteen.



Kuva 8. Tyytymättömien osuus lämpöoloihin lattiapintalämpötilan suhteen /9, s. 8/

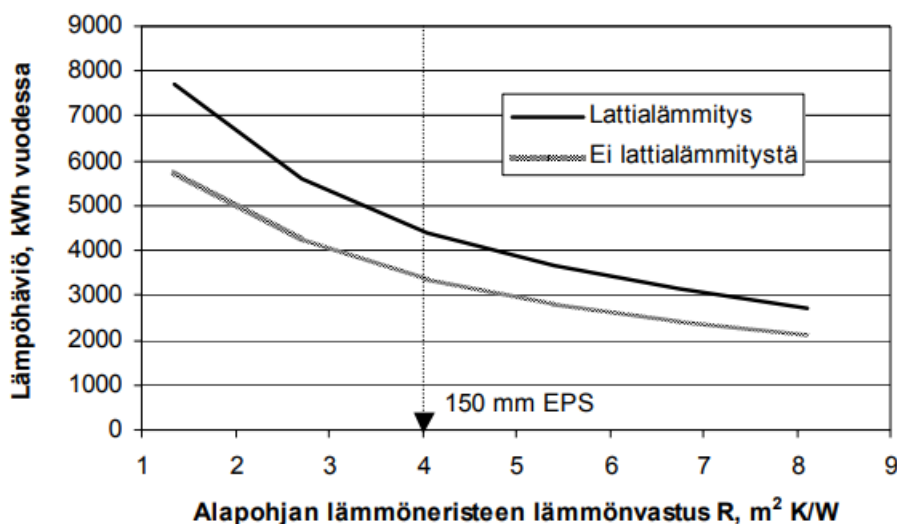
Lattian pintalämpötilan ollessa 20–27 °C saavutetaan 10 % tyytymättömien osuus lämpöoloihin. Lattialämmityksen suunnittelussa pintalämpötila on maksimissaan oleskelualueella 29 °C ja reunavyöhykkeille 35 °C. Mitoitussisälämpötilana käytetään 20 °C /10, s.6/. Yleisesti suunnittelussa keskimääräiseksi pintalämpötilaksi suositellaan 27 °C, koska korkeampi pintalämpötila vaikuttaa pinnoitteen kestävyteen lattiarakenteessa /2, s. 12./ Keskimääräisen lattianpinnan lämpötilan ollessa 27 °C ja 20 °C sisälämpötilalla mitoitustehoksi saadaan 77 W/m<sup>2</sup>, joka yleensä riittää kiinteistöjen lämmitystehoksi /11, s. 3/.

Vanhoissa lattialämmityksissä taloissa on ollut huonoja kokemuksia lämpöolojen suhteen, koska lattianpintalämpötila on ollut suhteellisen korkea. Alhainen vaipan eristyskyky ja koneellinen poistoilmanvaihto on vaikuttanut suureen lämmitystehontarpeeseen, joten korkea menoveden lämpötila on nostanut lattiapintalämpötilan liian korkeaksi. Rakennusten energiavaatimusten kiristyminen on vaikuttanut lämmitystehon pienentymiseen. Ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenotto ja tuloilman lämmitys on vaikuttanut päälämmönlähteen lämmitystehon sekä lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötilan pienentymiseen. /1, s. 183./

Lattialämmitysjärjestelmässä ikkunoiden läheisyydessä saattaa tuntua kylmän ilmavirtauksen aiheuttamaa vedontunnetta, koska ikkunan alapuolella lämmönluovutusteho on heikompaa kuin radiaattorilämmityksessä. Erityisesti

lattia­lämmitys­kohteissa ikkunoiden lämmöneristys­kyvyllä on merkitystä tilojen käyttö­mukavuuteen. Perusparannus­kohteissa lattia­lämmitys­järjestelmän suunnittelussa pitää huomioida riittävä alapohjan eristävyys, jotta alapohjan lämpöhäviöt ovat kohtuullisella tasolla. Riittävä lämmöneristävyys vastaa vuoden 2003 (Suomen rakentamismääräys­kokoelman osa C3) määräyksiä, jossa todetaan maata vastaan olevalle rakenneosalle U-arvoksi  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . /12, s.1./

Tampereen teknillisessä yliopistossa on tutkittu lattia­lämmitetyn alapohjarakenteen rakennus­fysikaalista toimintaa. Tutkimuksessa tarkasteltiin alapohjarakennetta, jossa alapohjaeristeenä oli käytetty EPS-eristettä. Lattia­lämmitys­putket oli asennettu betonikerroksen puoleen väliin. Laskelmissa oli käytetty ulkolämpötilana Jyväskylän tilastollista keskilämpötilaa. Tutkimuksessa käytettiin standardin ISO 13370 mukaista laskentamenetelmää. Laskelmilla selvitettiin alapohjan lämpöhäviöitä eri lämmöneristepaksuuksilla lämmitetyssä sekä lämmittämättömässä alapohjarakenteessa. /13, s. 58./ Kuvassa 9 on esitetty  $150 \text{ m}^2$  alapohjarakenteen lämpöhäviön (kWh) riippuvuus eristepaksuudesta.



Kuva 9.  $150 \text{ m}^2$  alapohjarakenteen lämpöhäviön (kWh) riippuvuus eristepaksuudesta /13, s. 58/

Tulokset osoittivat, että lattia­lämmitys lisää alapohjan lämpöhäviöitä 31–33 % verrattuna lattia­lämmittämättömään alapohjarakenteeseen /13, s. 58/.

## 4 TILAKOHTAINEN LÄMPÖTEHON TARPEEN MÄÄRITYS

Tilakohtaisen lämpötehon tarpeen määrittämiseen tarvitaan rakenneosien pinta-  
alat ja rakennepaksuudet, ilmanvaihdon tilavuusvirrat, rakennuksen ilmatila-  
vuus ja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot.

### 4.1 Lämmönjohtavuus

Rakennusmateriaalien eristyskykyä voidaan vertailla lämmönjohtavuuden  
avulla, jonka yksikkönä käytetään  $W/(m\ K)$ . Lämmönjohtavuus riippuu merkit-  
tävästi rakennusmateriaalin huokoisuudesta, koska huokoinen materiaali si-  
sältää enemmän ilmaa. Ilma johtaa lämpöä huonosti ja sen lämmönjohtavuus  
on  $0,026\ W/(m\ K)$ . Materiaalin tiheydellä on myös merkittävä vaikutus läm-  
mönjohtavuuteen. Tiheyden kasvaessa materiaalin lämmönjohtavuus kasvaa  
ja eristyskyky heikkenee. Hyvä eristyskyky saavutetaan usein huokoisilla ja  
kevyillä eristysmateriaaleilla. /1, s. 71./ Rakenteiden lämpöhäviölaskennassa  
käytetään lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja ( $\lambda_u$ ). Lämmönjohtavuuden  
suunnitteluarvot on esitetty seinä- ja yläpohjarakenteelle standardissa SFS EN  
ISO 6946 ja alapohjarakenteelle SFS EN 13370.

### 4.2 Lämpövastus

R-arvo ( $m^2\ K)/W$  ilmaisee lämpövastusta, jonka määrittelee rakenteen pak-  
suus sekä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo. R-arvon laskenta on esitetty  
kaavassa 2.

$$R = \frac{d}{\lambda_u} \quad (2)$$

jossa	$R$	rakennusosan kokonaislämpövastus [ $m^2\ K/W$ ]
	$d$	rakennekerroksen paksuus [m]
	$\lambda_u$	rakennekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo [ $W/(m\ K)$ ]

Rakenneosien pintojen ja ympäristön välistä lämpövastusta kutsutaan pintavastukseksi, joka otetaan huomioon lämpövirran suunnan perusteella. Sisä- ja ulkopuoliset pintavastukset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Rakennusosien pintavastusarvot  $R_{si}$  ja  $R_{se}$  /14, s. 20/

Surface resistance $m^2 \cdot K/W$	Direction of heat flow		
	Upwards	Horizontal	Downwards
$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

NOTE 1 The surface resistances apply to surfaces in contact with air. No surface resistance applies to surfaces in contact with another material.

NOTE 2 The values for internal surface resistance are calculated for  $\varepsilon = 0,9$  and with  $h_{T0}$  evaluated at 20 °C. The value for external surface resistance is calculated for  $\varepsilon = 0,9$ ,  $h_{T0}$  evaluated at 10 °C, and for  $v = 4$  m/s.

Kokonaislämpövastuksen ( $R_T$ ) laskennassa otetaan huomioon rakenneosien ja pintavastuksien lämpövastukset. Rakenteen kokonaislämpövastus ( $R_T$ ) lasketaan kaavalla 3.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (3)$$

jossa	$R_T$	rakennusosan kokonaislämpövastus	$[m^2 \text{ K/W}]$
	$R_{si}$	sisäpuolen pintavastus	$[m^2 \text{ K/W}]$
	$R_1, R_2, \dots, R_n$	rakennekerroksien lämpövastukset	$[m^2 \text{ K/W}]$
	$R_{se}$	ulkopuolen pintavastus	$[m^2 \text{ K/W}]$

### 4.3 U-arvo

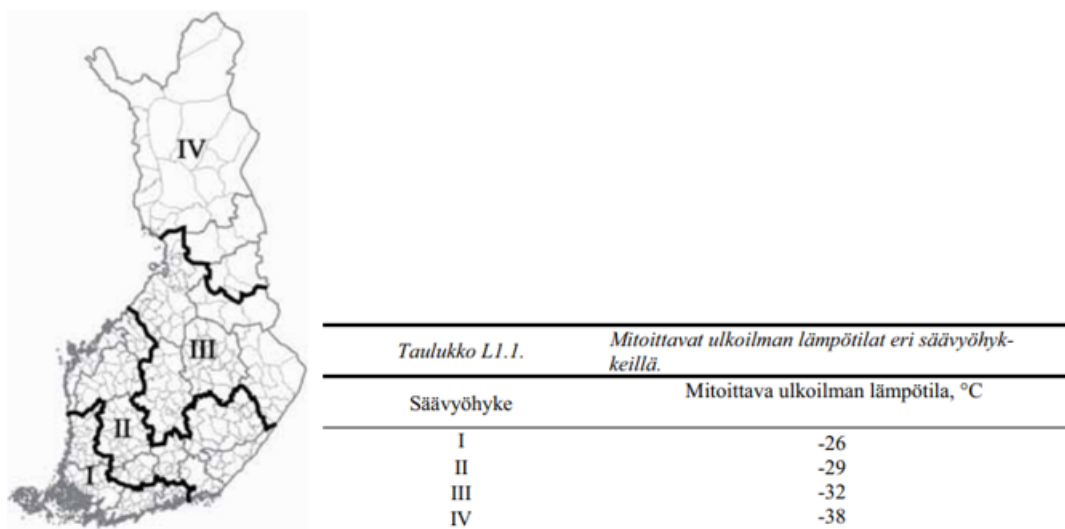
U-arvo (U) tarkoittaa lämpövirran tiheyttä, kun se läpäisee yhden neliömetrin suuruisen rakenteen läpi yhden kelvinasteen lämpötilaerolla. U-arvon yksikönä käytetään  $W/(m^2 \text{ K})$ , jota kutsutaan myös lämmönläpäisykerroimeksi. /1, s. 440./ U-arvon määrittämiseen tarvitaan rakenteen paksuus, rakenneratkaisun tunteminen sekä materiaalien lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo ( $\lambda_u$ ). Kokonaislämpövastuksen ( $R_T$ ) käänteisluku on lämmönläpäisykerroin (U), jonka lasketa on esitetty kaavassa 4.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (4)$$

jossa  $U$  lämmönläpäisykerroin [W/(m<sup>2</sup> K)]  
 $R_T$  rakennusosan kokonaislämpövastus [m<sup>2</sup> K/W]

#### 4.4 Johtumislämpöhäviötehon tarve

Rakennusosan johtumislämpöhäviöteho voidaan laskea, kun tiedetään rakennusosan U-arvo, pinta-ala ja rakennuspaikan mukainen mitoituslämpötilaero. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017 määrittelee sisäilman mitoituslämpötilaksi 21 °C. Mitoitusulkolämpötila määritetään säävyöhykkeen perusteella, joka on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Säävyöhykkeet ja mitoitusulkolämpötilat /15, s. 11/

Rakennusosan johtumislämpöhäviöteho lasketaan kaavalla 5.

$$\phi_{rakennosa} = U A \Delta_t \quad (5)$$

jossa  $\phi_{rakennosa}$  rakennusosan johtumislämpöhäviöteho [W]  
 $U$  rakennusosan lämmönläpäisykerroin [W/m<sup>2</sup> K]  
 $A$  rakennusosan pinta-ala [m<sup>2</sup>]



Taulukko 3. Lisäkonduktanssin ohjearvoja ulkoseinän liitoskohdille ylä-, ala- ja välipohjarakenteille /17, s. 19/

Ulkoseinä- materiaali	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runko- materiaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni maan- vast.	betoni ryöm. tila	kevyt- betoni ryöm. tila	puu ryöm. tila
betoni	0,08	-	0,04	0,00	-	-	0,24	0,28	-	--
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,10	0,00	-	0,09	0,08	0,03	-
kevytsora- betoni	0,13	-	0,04	0,07	-	-	0,15	0,11	-	-
tiili	0,08	-	0,04	0,00	-	-	0,17	0,06	-	-
puu	-	-	0,05	-	-	0,05	0,10	-	-	0,06
hirsi	-	-	0,04	-	-	0,00	0,11	-	-	0,09

Taulukossa 4 on esitetty lisäkonduktanssin ohjearvoja ulkoseinien nurkkaliitostokohdille sekä seinärakenteen ja ikkuna- ja ovikarmien välillä.

Taulukko 4. Lisäkonduktanssin ohjearvoja ulkoseinien nurkkaliitoskohtien sekä seinärakenteen ja ikkuna- ja ovikarmien välillä /17, s. 19/

Liitos	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt- betoni	kevyt- sora- betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla <sup>*)</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

<sup>\*)</sup> Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

Kylmäsiltojen lämpöhäviötehon määrittämisessä tarvitaan kylmäsilan pituus sekä mitoittava lämpötilaero sisä- ja ulkolämpötilan välillä. Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviöteho lasketaan kaavalla 6.

$$\phi_{\text{kylmäsilta}} = \Psi_k l_k \Delta_t \quad (6)$$

jossa	$\phi_{\text{kylmäsilta}}$	kylmäsilan johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\Psi_k$	kylmäsilan lisäkonduktanssi	[W/m K]
	$l_k$	kylmäsilan pituus	[m]
	$\Delta_t$	mitoittava lämpötilaero sisä- ja ulko- lämpötilan välillä	[K]

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviötehon laskennassa otetaan huomioon rakennusvaipan rakenneosat, ikkunat, ovet ja kylmäsilat. Rakennusvaipan lämpöhäviöteho lasketaan kaavalla 7.

$$\phi_{joht} = \phi_{us} + \phi_{yp} + \phi_{ap} + \phi_{ikkuna} + \phi_{ovi} + \phi_{kylmäsilta} \quad (7)$$

jossa	$\phi_{joht}$	rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\phi_{us}$	ulkoseinien johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\phi_{yp}$	yläpohjan johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\phi_{ap}$	alapohjan johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\phi_{ikkuna}$	ikkunoiden johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\phi_{ovi}$	ovien johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\phi_{kylmäsilta}$	kylmäsilan johtumislämpöhäviöteho	[W]

#### 4.5 Vuoto- ja korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve

Vuotoilmavirta on rakennusvaipan lävitse kulkeutuva hallitsematon ilmavirtaus, joka syntyy rakennusvaipan yli vallitsevasta paine-erosta. Rakennusvaipan sisä- ja ulkopuolen paine-ero syntyy lämpötilaerosta, tuulen voimakkuudesta ja ilmanvaihtojärjestelmän käyttötavasta. Vuotoilman suuruus riippuu rakennusvaipan liitos- ja saumakohtien tiivyydestä. /17, s. 22./

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku ( $q_{50}$ ) tarkoittaa yhden neliömetrin lävitse kulkeutuvaa ilmavirtausta 50 Pa paine-erolla, jonka yksikkö on  $m^3/(h \cdot m^2)$ . Rakennuksen ilmanvuotoluku ( $n_{50}$ ) kuvaa rakennuksen ilmatilavuuden vaihtumiskerrointa, joka kertoo vuotoilmamäärän rakennusvaipan lävitse suhteessa ilmatilavuuteen yhden tunnin aikana 50 Pa paine-erolla. Taulukossa 5 on esitetty tyypillisiä  $n_{50}$ - ja  $q_{50}$ -lukuja rakennustavan sekä rakennuksen käyttötavan perusteella. /17, s. 8./

Taulukko 5. Rakennustavan mukaisia tyypillisiä ilmanvuotolukuja /17, s. 22/

Tavoite-ilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset $n_{50}$ -luvut, 1/h	Tyypilliset $q_{50}$ -luvut, $m^3/(h m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 määrittelee lämpöhäviön laskennassa rakennusvaipan ilmanvuotoluvuksi  $4 m^3/(h m^2)$ , jos rakennuksen ilmanvuotolukua ei todenneta mittamalla. Rakennuksen ilmanvuotoluku ( $n_{50}$ ) voidaan laskea, kun tiedetään rakennusvaipan ilmanvuotoluku ( $q_{50}$ ), sisäpinta-ala ja sisätilavuus. Rakennuksen ilmanvuotoluku lasketaan kaavalla 8.

$$n_{50} = \frac{\left(\frac{q_{50} A_{vaippa}}{x}\right)}{V} \quad (8)$$

jossa	$n_{50}$	rakennuksen ilmanvuotoluku	[1/h]
	$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku	[ $m^3/(h m^2)$ ]
	$A_{vaippa}$	rakennusvaipan sisäpinta-ala (alapohja mukaan luettuna)	[ $m^2$ ]
	$x$	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35	[-]
	$V$	sisätilavuus	[ $m^3$ ]

Rakennuksen kerroskorkeus vaikuttaa kaavan 8 x-arvoon. Suomen rakennusmääräyskokoelman Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta määrittelee x-kertoimen seuraavasti: ”kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3 m. Vain maapinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon.”

Lämpöhäviölaskennassa vuotoilmamäärä lasketaan kaavalla 9.

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{50} A_{\text{vaippa}}}{3600 x} \quad (9)$$

jossa	$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta	[m <sup>3</sup> /s]
	$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku	[m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )]
	$A_{\text{vaippa}}$	rakennusvaipan sisäpinta-ala (alapohja mukaan luettuna)	[m <sup>2</sup> ]
	3600	yksikönmuuntokerroin, m <sup>3</sup> /h → m <sup>3</sup> /s	[-]
	x	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35	[-]

Vuotoilmavirtauksen lämpenemisen lämpötehon määrittäminen on esitetty kaavassa 10.

$$\phi_{v, \text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{tulo}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (10)$$

jossa	$\phi_{v, \text{vuotoilma}}$	tilakohtainen vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve	[W]
	$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2	[kg/m <sup>3</sup> ]
	$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000	[J/(kg °C)]
	$q_{v, \text{tulo}}$	tuloilman tilavuusvirtaus	[m <sup>3</sup> /s]
	$T_s$	sisäilman lämpötila	[°C]
	$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkolämpötila	[°C]

Koneellisessa poistoilmajärjestelmässä korvausilman lämpeneminen huonetilassa otetaan huomioon lämmitystehon määrittämisessä kaavan 11 mukaisesti.

$$\phi_{korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v, tulo} (T_s - T_k) \quad (11)$$

jossa	$\phi_{korvausilma}$	tilakohtainen korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve	[W]
	$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2	[kg/m <sup>3</sup> ]
	$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000	[J/(kg °C)]
	$q_{v, tulo}$	tuloilman tilavuusvirtaus	[m <sup>3</sup> /s]
	$T_s$	sisäilman lämpötila	[°C]
	$T_k$	korvausilman lämpötila	[°C]

#### 4.6 Tilakohtainen lämpötehon tarve

Rakennuksen lämpötehon tarve lasketaan tilakohtaisesti, kun tiloihin on tarkoitus mitoittaa huonekohtaisia lämmönluovuttimia. Huonekohtainen lämpötehon tarve muodostuu pääosin rakennusvaipan johtumislämpöhäviöstä, ilmavuo- doista sekä korvausilman lämpenemisen tarpeesta huonetilassa. Tilakohtainen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla 12.

$$\phi_{tila} = \phi_{joht} + \phi_{vuotoilma} + \phi_{korvausilma} \quad (12)$$

jossa	$\phi_{tilat}$	tilakohtainen lämpötehon tarve	[W]
	$\phi_{joht}$	tilakohtainen rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho	[W]
	$\phi_{vuotoilma}$	tilakohtainen vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve	[W]
	$\phi_{tuloilma}$	tilakohtainen korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve	[W]

## 5 TYÖEHTOSOPIMUKSEN MUKAINEN URAKKALASKENTA

LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille määrittelee LVI-asennuksille työmenetelmän, materiaalin ja vaativuuden mukaisen työajan sekä palkan. LVI-alan työehtosopimusta voidaan hyödyntää urakan työaikalaskennassa. Urakkapalkkausmenetelmää käytetään pientalotyömailla, kun arvioitu työnkesto on 24 NH ja muilla rakennustyömailla 100 NH. /18, s. 90./ Normitunti (NH) tarkoittaa tietylle asennustyölle arvioitua työnkestoa.

### 5.1 Putkityö

Putkiasennuksen normitunnit määräytyvät putkikoon, materiaalin, menetelmän ja laiteasennusten normituntien summasta. Taulukossa 6 on esitetty teräsputken normituntikertoimet (NH/m) putkikoon ja liitostavan perusteella.

Taulukko 6. Metalliputkien normituntikertoimet/m putkikoon ja liitostavan mukaan /18, s. 104/

Sarake	1	2	3
Ulkohalkaisija Du	Hitsattavat NH/m	Kierrelitoksen NH/m	Puristamalla NH/m
- 22	0,40	0,40	0,30
- 35	0,50	0,45	0,34
- 54	0,55	0,50	0,38
- 63	0,60	0,55	0,41
- 76,1	0,65	0,60	0,45
- 88,9	0,70	0,65	0,49
- 114,3	0,80	0,70	0,53
- 139,7	0,90	0,80	
- 168,3	1,10	0,90	
- 219,1	1,30	1,10	
- 273,0	2,00	1,80	
- 323,9	2,10	2,00	

Asennettaessa esimerkiksi ulkohalkaisijaltaan 35 mm teräsputkea puristusliitosmenetelmällä normituntikerroin on 0,34 NH/m. Työnkesto saadaan kertomalla putkimäärä normituntikerroimella (NH/m). Lämmönjakohuoneeseen asennetuista putkistoista taulukon 5 normitunteihin lisätään 35 % olosuhdelisä. /18, s. 104./

Lämmityspatterin ja kiertoilmakoneiden asennusaika määräytyy painon ja virtauspiirin kytkentämäärän mukaan /18, s. 112/. Taulukossa 7 on esitetty lämmityspatterin ja kiertoilmakoneiden normituntikertoimet (NH/kpl).

Taulukko 7. Lämmityspattereiden ja kiertoilmakoneiden normituntikertoimet (NH/kpl) /18, s. 112/

Paino kg	1 NH/kpl	2 NH/kpl	3 NH/kpl
- 15	0,90	1,10	0,15
- 35	1,00	1,20	0,25
- 60	1,50	1,70	0,75
- 100	2,00	2,20	1,25
- 150	2,50	2,70	1,75
- 200	3,00	3,20	2,25

Taulukon 7 sarakkeessa 1 on esitetty yhteen virtauspiiriin kytkettävät lämmityslaitteet ja sarakkeessa 2 useampaan virtauspiiriin kytkettävät. Sarakkeessa 3 on esitetty lämmityslaitteen tyhjentämiseksi, irrotukselle, uudelleen kiinnitykselle ja lämmityslaitteen täyttämiseksi normituntikertoimet (NH/kpl). /18, s.112./

Asennuspaikan ahtaus tai korkealle asennettu laite tai putki hidastaa asennustyötä. Taulukossa 8 on esitetty olosuhdelisiä ahtauden ja korkeuden perusteella.

Taulukko 8. Ahtaiden asennuspaikkojen ja korkealle asennettujen laitteiden ja putkistojen olosuhdelisät /18, s. 98/

Työskentelytila kanavassa jonka leveys on alle 0,6 metriä ja syvyys yli 1,2 metriä	+ 25 %
Vapaan työskentelytilan korkeus 0,9 metriä	+ 50 %
Vapaan työskentelytilan korkeus 1,8 metriä	+ 25 %
Työskentelykorkeus lattiasta tai maasta putkeen yli 5,0 metriä	+ 25 %
Työskentelykorkeus lattiasta tai maasta putkeen yli 8,0 metriä	+ 50 %

Taulukon 8 olosuhdelisät huomioidaan asennustyön normituntilaskennassa.

Haittatekijä ei liity asennus- tai purkutyöhön, mutta vaikuttavat silti välillisesti sovittuun työn suorittamiseen. Saneeraustyön vaikutus sovittuun työnkestoon otetaan huomioon saneerauslisällä. /18, s. 101./ Haittatekijät ja saneeraustyömaan vaikutus korvataan haitta- ja saneerauslisällä, jotka on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Haitta- ja saneerauslisä /18, s. 102/

RAKENNUSTYYPPI	HAITTALISÄ	SANEERAUSLISÄ		
	Haittalisä %	Rakennus poistettu käytöstä %	Rakennus käytössä, työalue ei %	Työalue käytössä %
Asuinrakennukset (kerros, rivi- ja pientalot, vapaa-ajan asunnot, asuntolat ja vastaavat)	7	7	13	18
Palvelutalot, majoitusrakennukset, hotellit ja vastaavat	7	8	13	18
Varastorakennukset, parkkihallit, teollisuushallit, myymälä hallit, pysäköintitalot ja vastaavat	16	6	7	13
Sairaalat, hoitolaitokset ja vastaavat	16	13	20	23
Lasten päiväkodit, monitoimitilat, opetusrakennukset ja vastaavat	16	7	13	21
Liikerakennukset, myymälät, toimistorakennukset ja vastaavat	16	7	13	22
Muut rakennukset	16	7	13	22
Sellaisissa tapauksissa, joissa työ on verrattavissa uudistyöhön	Rak.tyypin mukaan	0	0	0
Suojelukohde	Rak.tyypin mukaan	Suojelukohteissa saneeraustaulukkolisiin lisätään 5 %-yksikköä		

Haittalisä määräytyy rakennuksen tyypin mukaan. Normaalitalojen haittalisänsuus on 7 % ja erikoistaloissa 16 %. Saneerauslisä määräytyy rakennuskohteen käytöstä. /18, s. 102./ Esimerkiksi jos omakotitalossa asutaan remon-  
tin aikana, on työalue käytössä, joten saneerauslisä on 18 %. Jos rakennus-  
kohde on poistettu käytöstä, on saneerauslisä taulukon 11 mukaisesti 7 %.

## 5.2 Eristystyö

Eristystyölle on määritelty eristystyön vaativuuden mukainen urakkayksikkö (yks./m tai yks./kpl) ja rahakerroin (€/yks.). Putkieristysalan urakkahinnoittelun rahakerroin on 4,05 €/yks. /18, s. 13./ Eristystyön urakkayksiköitä on esitetty taulukossa 10 putken halkaisijan ja mineraalivillakourueristeen paksuuden mukaan.

Taulukko 10. Mineraalivillakourueristeen urakkayksiköitä (yks./m) /18, s. 124/

**Mineraalivillakouruilla tehdyt eristystyöt****IA 1 Valmiiksi päällystettyjen kourujen kiinnitys langalla ja teippaamalla**

Putken ulko Ø mm	Mineraalivillakourujen paksuus, mm			
	50	60	80	100
0 - 36	0,34	0,35	0,38	0,41
37 - 54	0,35	0,37	0,42	0,44
55 - 76	0,40	0,41	0,45	0,48
77 - 114	0,44	0,46	0,49	0,54
115 - 146	0,47	0,49	0,54	0,57
147 - 178	0,52	0,53	0,58	0,62
179 - 220	0,58	0,59	0,66	0,69
245	0,60	0,64	0,68	0,74
273	0,65	0,68	0,74	0,78
324	0,73	0,77	0,80	0,87
365	0,79	0,81	0,89	0,95
406	0,85	0,89	0,96	1,03
508	0,93	0,99	1,04	1,12

Taulukon 10 mukaisilla urakkayksiköillä voidaan laskea työhinta, kun tiedetään putkieristysmetrit.

Näkyviin jäävistä käyristä ja t-haaroista maksetaan + 50 % yksikköhinnasta putkikoon ja eristevahvuuden mukaisesti. Lämmönjakohuoneen eristystyön olosuhdelisä on + 25 % taulukon 10 urakkayksiköihin. Saneeraustyömailla urakkalisä maksetaan taulukon 11 mukaisesti. /18, s. 122, 124./

Taulukko 11. Urakkalisä saneeraustyömailla /18, s. 122/

Asuinrakennukset	Korotus
Asukkaat ja/tai asukkaan huonekalut asunnossa	26 %
Asunto tyhjennetty	20 %

Muut rakennukset	Korotus
Rakennus käytössä	23 %
Rakennus poistettu käytöstä	17 %

Saneeraustyömaan urakkalisä määräytyy asuinrakennuksissa huoneistojen asukkaiden asumiskäytännöstä ja huonekalujen olemassaolosta asunnossa, jossa tehdään eristystyötä. Muissa rakennuksissa urakkalisä määräytyy, onko rakennus käytössä vai poistettu käytöstä.

### 5.3 Normituntihinnan määrittäminen urakkalaskennassa

Työnhinnan määrittämiseen urakkalaskennassa liittyy paljon erinäisiä tekijöitä. Yritysten kulurakenne, tavoitekate, riskikyky ja rakennusalan suhdanteiden vaikutus yritystoimintaan vaikuttaa työnnoinnointeluun. Urakkalaskennassa käytetty tuntihinta perustuu haastateltavan LVI-alalla toimivan urakanlaskijan laskentatapaan. Kaavassa 13 on esitetty laskentamenetelmä urakkalaskennassa käytetylle tuntihinnalle.

$$x = \left( \frac{1,72 \cdot 19,45}{0,8} \right) 1,24 \quad (13)$$

jossa	x	urakkalaskennan tuntihinta	[€]
	1,72	työntekijän sivukulujen kerroin	[-]
	19,45	palkkatilaston mukainen keskimääräinen aikapalkka	[€]
	0,8	yrityksen kateprosentti	[-]
	1,24	arvolisävero 24 %	[-]

Laskennassa on käytetty LVI-alalla palkkatilaston mukaista keskimääräistä aikapalkkaa, joka on 19,45 € /19/. Työntekijän sivukulujen kertoimena on käytetty 1,72, joka sisältää työnantajan lakisääteisiä maksuja työntekijästä. Yrityksen kateprosenttina on käytetty 20 %, joka laskennassa huomioidaan nimitäjällä 0,8. Osamäärä kerrotaan vielä 1,24, jotta summa sisältäisi 24 % alv-osuuden. Urakkalaskennan tuntihinnaksi laskettiin 51,85 €.

## 6 INVESTOINNIN KANNATTAVUUDEN ARVIOINTI

Perinteisiä investointihankkeiden arviointimenetelmiä ovat suora takaisinmaksuaika ja nettonykyarvomenetelmä. Investoinnilla tarkoitetaan hankintamenoa, jonka tarkoituksena on tuottaa tulevaisuudessa voittoa. Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa hankintameno, vuosittainen nettovuositulo, investoinnin pitoaika, jäännösarvo ja laskelmissa käytettävä laskentakorko. Hankintamenolla tarkoitetaan investointiin sijoitettua pääomaa. Investoinnin nettovuositulo tarkoittaa rahallista voittoa, josta on vähennetty vuosittaiset kulut. Vaikutusaika määritetään yleensä investoinnin fyysisen, taloudellisen ja teknisen käyttöajan

mukaan. Jäännösarvolla tarkoitetaan investoinnin vaikutusajan jälkeistä arvoa. Jäännösarvo voi olla negatiivinen ja hankalasti arvioitava, joten jäännösarvo on usein määritelty nolllaksi. Reaalinen laskentakorko huomio investointilaskelmissa tulevaisuuden rahavirrat laskentahetken raha-arvon mukaisesti. /20, s. 13./

## 6.1 Suora takaisinmaksuaika

Suora takaisinmaksuaikamenetelmä on laskennallisesti yksinkertainen, mutta menetelmä ei ota huomioon esimerkiksi inflaatiota, korkokuluja ja tulovirtaa takaisinmaksuajan jälkeen. Investointiin sijoitettu rahamäärä jaetaan investoinnin nettovuositulolla. Tulokseksi saadaan vuosimäärä, kun sijoitettu pääoma on saatu kokonaan takaisin. Takaisinmaksuaikamenetelmässä asetetaan yleensä jokin tavoitevuosimäärä. Tavoitevuosimäärän alittuessa investointi on laskennallisesti kannattava. Yleensä takaisinmaksumenetelmää käytetään rinnakkaisanalyysinä monipuolisemman menetelmän kanssa. /20, s. 25./ Kaavassa 14 on esitetty suoran takaisinmaksuajan laskenta.

$$TMA = \frac{H}{NCF} \quad (14)$$

jossa	<i>TMA</i>	suora takaisinmaksuaika	[-]
	<i>NCF</i>	investoinnin nettovuositulo	[€]
	<i>H</i>	investoinnin hankintameno	[€]

## 6.2 Nettonykyarvomenetelmä

Nettonykyarvomenetelmässä (Net Present Value, NPV) investointi diskontataan laskentahetkeen, jotta tulevaisuuden voitot ovat vertailukelpoisia rahan nykyarvoon verrattuna. Laskennassa otetaan huomioon rahanarvon heikkeneminen eli inflaatio. Nettonykyarvomenetelmässä verrataan investoinnin kannattavuutta johonkin vähäriskiseen sijoitukseen. Positiivinen nettonykyarvo tarkoittaa, että investointi on kannattavampi kuin vähäriskinen sijoitus. /20, s. 24./ Nettonykyarvon laskenta on esitetty kaavassa 15.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - H \quad (15)$$

jossa	<i>NPV</i>	nettonykyarvo	[€]
	<i>n</i>	investoinnin pitoaika vuosina	[-]
	<i>t</i>	ajan symboli	[-]
	<i>NCF</i>	investoinnin nettovuositulo	[€]
	<i>i</i>	reaalinen laskentakorko	[-]
	<i>H</i>	investoinnin hankintameno	[€]

## 7 MENETELMÄT, LASKENTA JA MITOITUSMENETELMÄT

Tutkimus aloitettiin tutustumalla alkuperäisiin ARK- ja LVI-piirustuksiin. Kohteen tutustumiskierroksella radiaattoreiden mallit ja koko tarkastettiin. Tutustumiskierroksella todennettiin jälkiasennettujen raitisilmaventtiileiden sijainnit, jotka otetaan huomioon lämpöhäviölaskennassa. Lämmitysjärjestelmän mitoitustilapöytä tarkastettiin lämmönsäätimen asetuksista sekä meno- ja paluuväiden lämpötilaero. Tutkittavan kohteen rakenneratkaisut on selvitetty alkuperäisten suunnitelmien pohjalta sekä todennettu rakenteiden avauksilla. Rakeneavaukset on esitetty liitteessä 1. Tutkitun tiedon perusteella on päädytty alapohjan korjaustoimenpiteisiin, jos lattialämmitysjärjestelmä asennetaan kohteeseen. Lämpöhäviölaskenta on aloitettu rakenteiden U-arvon määrittämisellä rakenneavausten ja alkuperäisten piirustuksien pohjalta. Lämpöhäviölaskenta on toteutettu AutoCad-ohjelman lisäosalla MagiCad Room ja lämmitysjärjestelmän mitoitus ja suunnittelu MagiCad-ohjelmalla.

### 7.1 Rakenteiden U-arvon määrittäminen

U-arvot on määritetty puuinfo.fi sivuston Excel-pohjaisella laskentaohjelmalla, joka on tarkastettu Tampereen teknillisessä yliopistossa. Seinä-, väli- ja yläpohjarakenteiden määrittelytapa pohjautuu standardin SFS-EN ISO 6946 ja alapohjarakenne SFS-EN 13370 mukaiseen laskentamenetelmään. /21; 22./ Rakenteiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoina on käytetty SFS-EN ISO 10456 + AC mukaisia arvoja. Liitteissä 2–9 on esitetty laskurissa käytetyt laskenta-arvot. Laskentaohjelmassa on valittavissa yleisimmät

rakennusmateriaalit. Kaikkia kohteen rakennusmateriaalien nimiä ei löytynyt valikosta, joten liitteisiin on korjattu rakennemateriaalin nimet (korjattu nimi on esitetty suorakulmion muotoisessa kehyksessä punaisella tekstivärillä).

## 7.2 Magicad Room -ohjelmisto

MagiCAD Room -ohjelmistolla voidaan laskea lämmitystehontarve tilakohtaisesti. Ohjelmaan määritellään rakenteiden, ulko-ovien ja ikkunoiden U-arvot. Mallintamisessa käytettiin valmista projektin aloituspohjaa, joka pohjautuu suomalaisille ja eurooppalaisille suunnitteluohjeille ja -standardeille /23/. Mallinnus aloitettiin rakenneosien määrittämisellä. Taulukossa 12 on esitetty MagiCad Room -ohjelmistossa käytetyt U-arvot lämmönjakotavan perusteella.

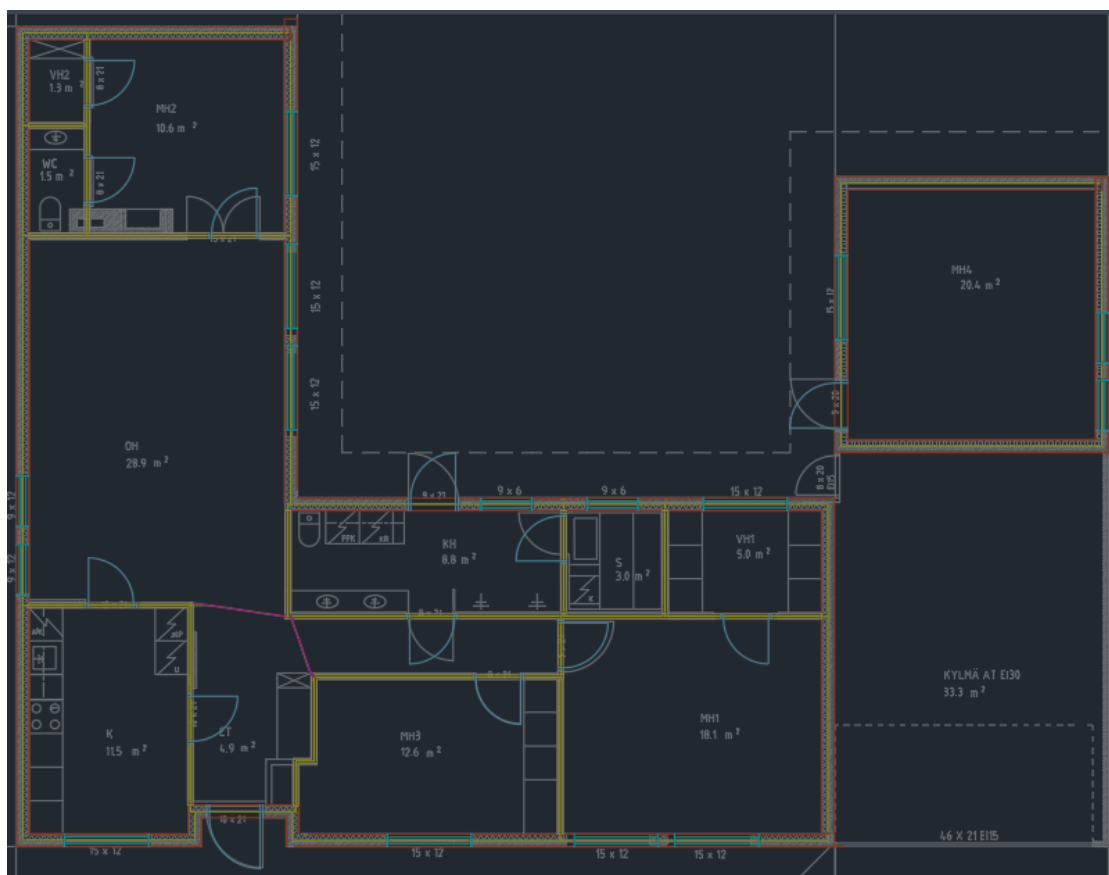
Taulukko 12. Rakenneosien U-arvot lämmönjakotavan perusteella

U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]		
Rakenne ja tila	Patterilämmitys	Lattialämmitys
Yläpohja	0,14	0,14
Seinä A- ja B-osa	0,32	0,32
Seinä MH4	0,40	0,40
Välipohja A-osa	0,42	0,34
Alapohja B-osa	0,20	0,20
Alapohja MH4	0,17	0,16
Ikkunat	2,10	2,10
Ovet	0,7	0,7

Patterilämmityksessä on käytetty olemassa olevien rakenteiden U-arvoa. A-osalla ja MH4-tilassa alapohjarakenne on puukorotettu lattiarakenne. Lattialämmityksen suunnittelussa on otettu huomioon puukorotetun lattiarakenteen purkutyö sekä alapohjaeristeiden uusiminen. Alapohjaeristeiden uusiminen parantaa lämmöneristyskykyä A-osan välipohjassa 0,42:sta 0,34:n W/m<sup>2</sup> K. MH4 osalta lattiarakenteen U-arvo paranee 0,17:sta 0,16:sta W/m<sup>2</sup> K. B-osan lattia on kaksoislaattarakenne, johon lattialämmitys on suunniteltu tehtäväksi urittamalla, joten alapohjan U-arvo on sama kuin patterilämmitteisessä suunnitelmassa. Alkuperäisien alapohjarakenteiden teoria ja korjausmenetelmät on esitetty liitteessä 10. Tutkittavan rakennuksen suunnittelu on aloitettu vuonna 1978, joten alkuperäisien ikkunoiden ja ovien U-arvovaatimukset ovat vuoden 1978 Suomen rakennusmääräyskokoelman C3:n mukaisia.

### 7.3 Kohteen mallintaminen

Tutkittavan kohteen pohjapiirustus kopioitiin MagiCAD Room -projektiin, jotta rakennus voidaan mallintaa tilakohtaisesti lämmitystehontarvelaskentaa varten. Kuvassa 11 on esitetty mallinnus tutkittavasta kohteesta.



Kuva 11. Tilakohtainen mallinnus

Mallintaminen aloitettiin ulkoseinätyypin valinnalla, joka oli määritetty MagiCAD Room -projektin alkuvaiheessa. Ulkoseinien piirtämisen jälkeen ulko-ovet ja ikkunat määritettiin pohjapiirustuksen perusteella oikealle paikalle. Tilakohtainen lämmitystehontarvelaskenta vaatii lämmitysalueiden määrittämisen, joten tilat jaettiin huonekohtaisesti väliseinärakenteilla. OH-tila, eteinen ja B-osan käytävä jaettiin virtuaalisinällä (kuvassa 11 violetit viivat), jotta lämmityssuunnitelmassa voidaan huomioida tarkemmin aluekohtainen lämmitystehontarve.

## 7.4 Mitoitusarvojen määrittäminen

Mallintaminen tehtiin patteri- ja lattialämmitysjärjestelmälle erikseen, jossa huomioitiin U-arvot, mitoituslämpötilat, koneellinen poistoilmanvaihto ja vuotoilman määrä. Taulukossa 13 on esitetty käytetyt mitoitusarvot lämmönluovutusjärjestelmän perusteella.

Taulukko 13. Mitoitusarvot lämmönluovutustavan perusteella

Lämmitysjärjestelmä	Patterilämmitys	Lattialämmitys
Sisälämpötila [°C]	21	20
Märkätilan lämpötila [°C]	22	21
Ulkolämpötila [°C]	-29	-29
Alapohjan lämpötila [°C]	7,6	7,6
Kellarin lämpötila [°C]	14	14
Poistoilmavirta [l/s]	50	50
Vuotoilmavirta [1/h]	0,15	0,15

Operatiivisen lämpötilan vaikutus huonelämpötilaan on huomioitu lämpöhäviölaskennassa lattialämmitysjärjestelmälle, jossa on käytetty 1 °C matalampaa mitoituslämpötilaa. 20 °C mitoituslämpötilaa suositellaan käytettäväksi esimerkiksi LK Systems:n lattialämmityksen suunnitteluohjeessa. Märkätiloissa on käytetty 1 °C korkeampaa mitoituslämpötilaa. Ulkolämpötila ja alapohjan alapuolinen lämpötila on määritetty teoriaosuuden otsikon 4.4 mukaisesti. Kellarin lämpötila on mitattu vuoden 2022 kylmimpänä ajanjaksona, jolloin lämpötila oli 14 °C. Poistoilmavirran määrä perustuu ilmanvaihtokertoimeen 0,5 1/h, joka on esitetty vuoden 1978 Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D2. Vuotoilmavirta on laskettu teoriaosuuden 4.5 otsikon mukaisesti.

## 7.5 Tilakohtainen mitoituslämpöhäviöteho

Lattialämmityksen lisälämpöhäviö on 31–33 % perustuen Tampereen teknillisen yliopiston tekemään tutkimukseen lattialämmitetyn alapohjarakenteen rakennusfysikaalisesta toiminnasta. Alapohjien lisälämpöhäviöt on laskettu kaavalla 16.

$$\phi_{\text{lisälämpöhäviö}} = U A \Delta_t 0,32 \quad (16)$$

jossa	$\phi_{rakenneosa}$	rakenneosan lisälämpöhäviö	[W]
	$U$	rakenneosan lämmönläpäisykerroin	[W/m <sup>2</sup> K]
	$A$	rakenneosan pinta-ala	[m <sup>2</sup> ]
	$\Delta t$	mitoitettava lämpötilaero	[K]
	0,32	lisälämpöhäviökerroin	[-]

Alapohjarakenteen lisälämpöhäviö on lisätty MagiCad Room -ohjelmistolla laskettuun lattialämmityksen huonekohtaisiin lämpöhäviöihin. Laskenta on esitetty liitteessä 11. Taulukossa 14 on esitetty radiaattori- ja lattialämmityksen huonekohtaiset sekä kokonaislämpöhäviötehot.

Taulukko 14. Mitoituslämpöhäviötehon vertailu

Mitoituslämpöhäviötehon vertailu		
Tila	Radiaattorilämmitys [W]	Lattialämmitys [W]
VH2	134	133
WC	106	106
MH2	1019	1006
OH	2155	2133
K	612	608
ET	209	210
KH	440	440
KÄYTÄVÄ	24	27
MH1	1299	1279
S	574	565
VH1	410	407
MH3	944	936
MH4	1918	1893
Yhteensä	9844	9742

Radiaattorilämmityksen mitoitusslämpöhäviö on 9,8 kW ja lattialämmitysjärjestelmän 9,7 kW.

## 7.6 Meno- ja paluuveden lämpötilojen valinta

Lämmitysjärjestelmien suunnittelu toteutettiin AutoCad-ohjelman lisäosalla MagiCad. Kohteen päälämmitysmuotona toimii ilma-vesilämpöpumppu, joka on kytketty 750 litran energiavaraajaan. Ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhteen parantamiskeinona mitoitettiin uudet lämpöpatterit mahdollisimman alhaiselle

verkoston mitoituslämpötilalle. Toisessa vaihtoehdossa patterilämmitys puret-  
taisiin ja uudeksi lämmönluovutustavaksi asennettaisiin lattialämmitysjärjes-  
telmä. Taulukossa 15 on esitetty vanhat levyradiaattorit sekä niiden tilalle  
suunnitellut uudet lämmönluovuttimet.

Taulukko 15. Vanhat levyradiaattorit ja suunnitellut lämmönluovuttimet

Tila	Mitoituslämpöhäviö [w]	80/60 -järjestelmän patterityypit	55/35 -järjestelmän patterityypit
VH2	134	10-400-600	C11-400-600
WC	106	10-400-600	C11-400-600
MH2	1019	11-500-1400	ULOW E2-500-1400
OH	2155	10-500-3000	C22-500-3000
		10-500-2000	C22-500-2000
K	612	11-600-1200	C22-600-1200
ET	209	10-400-600	C22-400-600
KH	440	10-500-1000	C22-500-1000
KÄYTÄVÄ	24	-	-
MH1	1299	11-400-2200	C22-400-3000
S	574	10-500-1000	C22-500-1200
VH1	410	10-500-1200	C21-500-1200
MH3	944	10-600-1400	C22-600-1600
MH4	1918	10-500-2000	C22-500-2000
		10-500-1400	C22-500-1400
Yhteensä	9844		

Alkuperäiset levyradiaattorit olivat mitoituslämpötilaltaan 80/60 °C ja lämmön-  
luovuttimet patterityypiltään 10 tai 11. Menoveden lämpötila tarkastettiin läm-  
mönsäätimen asetuksista sekä verkoston lämpötilaero meno- ja paluuputkiin  
asennetuista lämpötilamittareista. Lämmönluovuttimet valittiin saman korkui-  
sina, jotta putkikytkennät onnistuvat ilman putken lyhentämistä tai jatkamista.  
Myös mahdollisuus leveämmän lämmönluovuttimen asennuksesta tarkastet-  
tiin paikan päällä. MH2 osoittautui hankalimmaksi mitoitusluovutukseksi. Alkupe-  
räisen suunnitelman mukaan mitoitettiin C33-typin lämmönluovutin, mutta  
kiinteistön omistajan toiveesta lämmönluovutin vaihdettiin huomattavasti si-  
rompaan ULOW E2-500–1400. ULOW-typin patteritehoa on parannettu si-  
säänrakennetulla puhaltimella, joten ne sopivat hyvin matalalämpöiseen patte-  
rilämmitysjärjestelmään. Uuden patterilämmitysjärjestelmän mitoituslämpötila  
laski 55/35 °C. Kustannussyistä loput lämmönluovuttimet mitoitettiin Purmon  
C-sarjan lämmönluovuttimilla. Pääosin lämmönluovuttimien tyyppi oli C22,  
joka on huomattavasti sirompi kuin C33. Lämpöpiirustukset on esitetty liit-  
teissä 12–13. Piirustuksissa on esitetty vanha lämmitysverkosto sekä uudet  
lämmönluovuttimet.

Lattialämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilaksi valikoitui 35/30 °C. Pienen lämpötilaeron takia tilavuusvirtaus on huomattavasti suurempi kuin patterilämmityksessä. Kohteeseen suunniteltiin uudet lattialämmityksen jakojohdot sekä lattialämmityssuunnitelma. Lattialämmityspiirustukset on esitetty liitteessä 14–16.

## 8 TULOKSET

Lämmityskauden energiankulutus on laskettu NIBE-DIM-mitoitusohjelmalla. Taloteknisille saneerauksille työaika määrä on laskettu LVI-työehtosopimuksen 1.3.2023 – 28.2.2025 mukaisilla normitunneilla. Putkiasennustyön normitunnit on laskettu Rakennusliiton julkaisemalla putkialan laskurilla ja eristystyön osuus Excel-laskentaohjelmalla. Energiatohokkuustoimien investointien kannattavuuslaskelmissa on käytetty nettonykyarvomenetelmää ja suoraa takaisinmaksuaikaa. Laskennassa on oletettu, että investointiin on haettu ARA:n energia-avustusta. Avustuksen suuruus on maksimissaan 4000 € tai 6000 €, kun energiantoimenpiteellä pyritään nollaenergiatasoon. Energia-avustuksen määrä on laskettu ARA:n energia-avustuslaskurilla.

### 8.1 Energialaskennan tulokset

NIBE-DIM ohjelmistosta valittiin kohteeseen sopiva NIBE F2120-16 ilmave-silämpöpumppu sekä määriteltiin kohteen mitoituslämpöhäviöteho, lämmönluovutusverkoston mitoituslämpötilat, mitoittava ulko- ja sisälämpötila. Laskenta on esitetty liitteissä 17–19. Taulukossa 16 on esitetty lämmönjakotavan sekä mitoituslämpötilojen suhteen lämmityskauden ostoenergiamäärät.

Taulukko 16. Lämmitysjärjestelmän ostoenergiamäärät mitoituslämpötilojen suhteen

Lämmitysjärjestelmä	Mitoituslämpötila [°C]	Lämmityskauden ostoenergiamäärä [kWh/a]
Patterilämmitys	80/60	9502
Patterilämmitys	55/35	7189
Lattialämmitys	35/30	6685

Alkuperäisen patteriverkoston mitoituslämpötila oli 80/60 °C ja ostoenergiamäärä 9502 kWh/a. Patterisaneeraustyön jälkeinen mitoituslämpötila on 55/35

°C. Mitoituslämpötilan muutoksen jälkeinen ostoenergiamäärä lämmityskaudelle on 7189 kWh. Matalalämpöinen patterijärjestelmä laskee energiankulutusta 24 %. Lattialämmitysjärjestelmä mahdollisti mitoituslämpötilan alentamisen 35/30 °C. Lattialämmitysjärjestelmän lämmityskauden ostoenergiamäärä on 6685 kWh/a, joka tarkoittaa 30 % laskua energiankulutuksessa.

## 8.2 Investointilaskelmien tulokset

Putkiasennustyön ajan arvioimisessa on käytetty lämmityspiirustuksia, jotka on esitetty liitteissä 12–16. Normituntilaskuriin määritettiin putkimetrit, putkiston laitteet, kytkentäputket olemassa olevaan laitteistoon, purettavat putket, lämpöpatterit, jakotukit ja jakotukkikaapit. Laskennassa määriteltiin, että rakennus on poistettu käytöstä, koska kiinteistöön oli suunnitteilla kokonaisvaltainen remontti. Laskennassa saneerauslisäprosentti ja rakennustyyppin mukainen haittalisä oli yhteensä 14 %. Liitteissä 20–22 on esitetty normituntilaskenta putki- ja eristystyölle. Sähkötöiden työnkestoksi määriteltiin 4 normituntia, joka perustuu haastateltavan sähköalan ammattilaisen arvioon. Putki-, eristys- ja sähkötyön normituntihinnaksi laskettiin kaavan 13 (s. 32) mukaisesti 51,85 €. Lattiarakenteen purkutyölle, ala- ja välipohjaeristeiden asennukselle, reikien poraukselle ja lattialämmityspotkien uritustyölle ei ole laskettu työn hintaa, koska kiinteistön omistaja suorittaa kyseiset rakennustoimenpiteet. Taulukossa 17 on esitetty työn laadun mukaan normitunnit, työn ja tarvikkeiden kustannuserät sekä yritys, josta tarjouspyyntö on kysytty.

Taulukko 17. Saneerausvaihtoehtojen normitunnit ja kustannusarviot

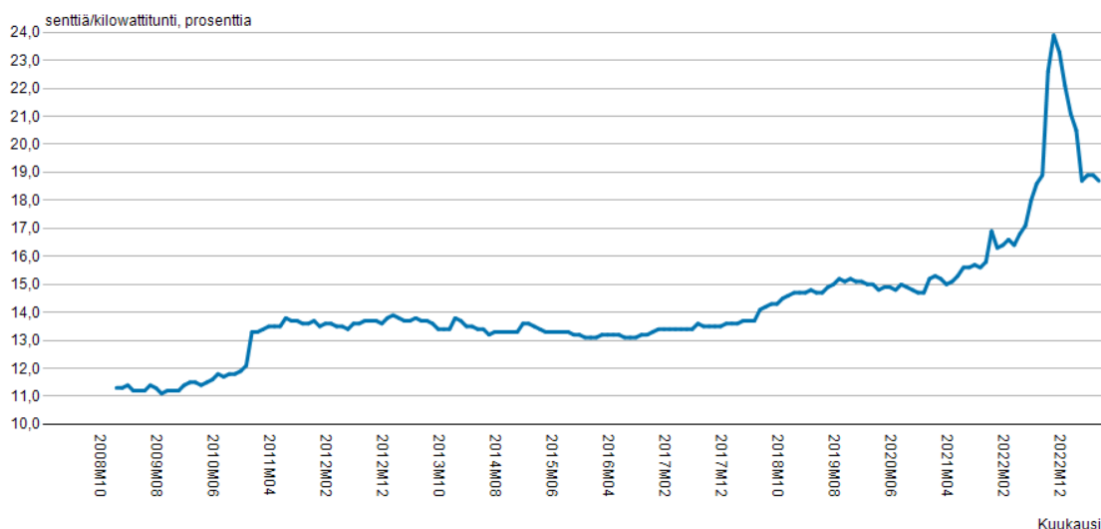
Lattialämmitys				
Työn laatu	Normitunnit (NH)	Työn hinta (€)	Tarvikkeet/konevuokra (€)	Tarjouspyyntö
Putkityö	75,8	3927,6	5790,2	Dahl Oy / LK Systems
Eristystyö	6,2	321,5	479,0	Dahl Oy
Pistorasiat jakotukeille	4,0	207,4	31,1	Onninen Oy
A- ja MH4 lattiavalutyö (urakkatarjous)	-	4017,6	-	Ahveniston rakennuspalvelu Oy
Alapohjaeristeiden asennus	-	-	1186,5	Stark Oy
Lattialämmityksen uritustyö	-	-	250,0	HRK-konevuokraamot
Reikien poraustyö	-	-	25,0	HRK-konevuokraamot
<b>Yhteensä</b>	<b>86,0</b>	<b>8474,1</b>	<b>7761,8</b>	

Patterilämmitys				
Työn laatu	Normitunnit (NH)	Työn hinta (€)	Tarvikkeet (€)	Tarjouspyyntö
Putkityö	30,7	1590,2	4277,1	Dahl Oy

Lattialämmityssaneerauksen normituntien summa oli 86 NH ja kokonaiskustannus 16 236 €. Patterisaneeraustyön kestoksi laskettiin 30,7 NH ja kokonaisurakkahinnaksi 5867 €.

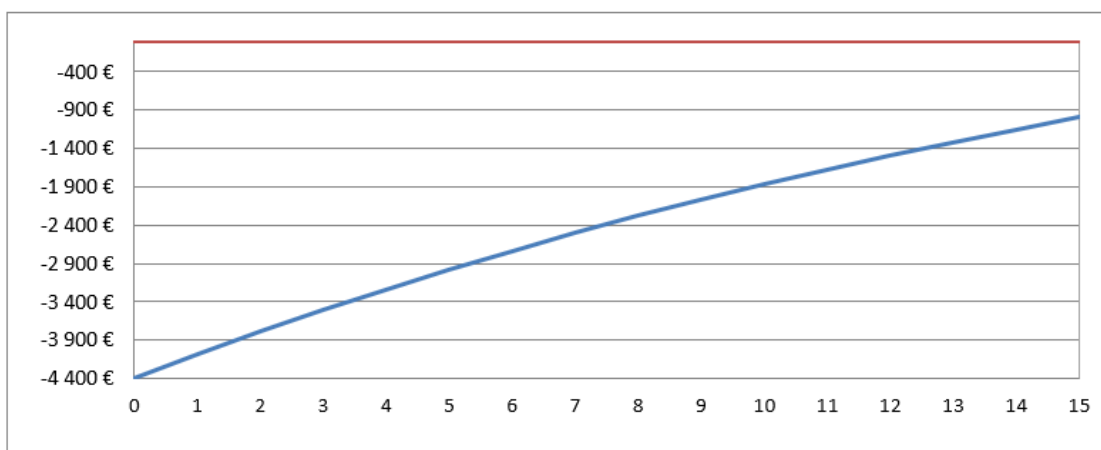
### 8.2.1 Patterilämmityssaneerauksen nettonykyarvo ja suora takaisinmaksuaika

Patterilämmityssaneerauksen investointiarvioksi laskettiin 5867 €, energiaavustukseksi 1467 € (laskenta esitetty liitteessä 23) ja lämmityskauden energiansäästöksi 2313 kWh. Laskenta toteutettiin skenaariolla: sähkön hinta 141,8 €/MWh. Arvio perustuu tilastokeskuksen julkaisemiin sähkön keskimääräiseen verolliseen kokonaishintaan vuosina 2009–2023. Kuvassa 13 on esitetty sähkön hinnan kehitys tammikuusta 2009 heinäkuuhun 2023.



Kuva 12. Sähkön hinnan kehitys tammikuusta 2009 heinäkuuhun 2023, Kotitalousasiakas, vuosikulutus > 15 000 kWh) /24/

Tarkasteluajaksi valittiin 15 vuotta ja reaaliseksi laskentakoroksi 5 %. Kuvassa 14 on esitetty kuvaaja patterisaneerauksen nettonykyarvosta.

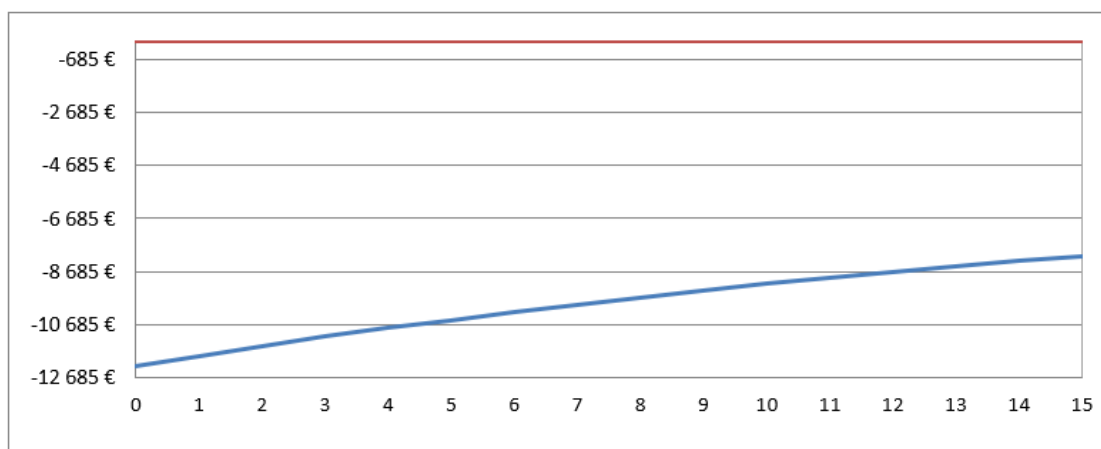


Kuva 13. Nettonykyarvo patterilämmityssaneeraukselle

Investointilaskelman nettonykyarvo on -996 € ja suora takaisinmaksuaika 13,4 vuotta (laskenta esitetty liitteissä 24).

### 8.2.2 Lattialämmityssaneerauksen nettonykyarvo ja suora takaisinmaksuaika

Lattialämmityssaneerauksen investointiarvio oli 16 236 €, energia-avustus 4000 € (laskenta esitetty liitteessä 25) ja lämmityskauden energiansäästö 2817 kWh. Laskentaskenaario on muuten samanlainen kuin patterilämmityksessä. Kuvassa 15 on esitetty kuvaaja lattialämmityssaneerauksen nettonykyarvosta.



Kuva 14. Nettonykyarvo lattialämmityssaneeraukselle

Investointilaskelman nettonykyarvo on -8 090 € ja suora takaisinmaksuaika 30,6 vuotta (laskenta esitetty liitteissä 26).

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkittavan kohteen alkuperäisinä mitoituslämpötiloina on käytetty 80/60 °C ja järjestelmä on ollut käytössä 44 vuotta. Kirjallisuudessa lämmitysputkistolle ja lämpöpattereille arvioidaan 30–100 vuoden teknistä käyttöikä. Teknisen käytön perusteella on vaikea tehdä investointi- tai korjaustoimenpidepäätöksiä, joten tutkimuksessa tarkasteltiin taloudellista näkökulmaa.

Opinnäytetyössä tutkittiin perusteellisesti rakennuksen rakenteet, jotta U-arvon määrittäminen ja rakenteiden korjaustoimenpiteiden kustannusarvio olisi mahdollisimman luotettava. Menoveden lämpötila tarkastettiin lämmönsäätimen asetuksista sekä verkoston lämpötilaero meno- ja paluuputken välillä. Lämpöhäviölaskenta toteutettiin MagiCad Room -ohjelmistolla, jossa huomioitiin uudet pohjaratkaisut. Lämpöhäviölaskennan perusteella suunniteltiin vaihtoehtoiset lämmitysjärjestelmän energiaremontit. Työtuntilaskelma perustuu LVI-työehtosopimuksen normitunteihin, ja kipsivalulattiatyöstä kysyttiin urakkatarjous. Lämmityskauden energiankulutus laskettiin NIBE-DIM-lämpöpumppumitoitusohjelmalla. Investointilaskentaan valittiin nettonykyarvo- sekä takaisinmaksuaikamenetelmä. Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät ovat LVI-alan ohjeiden ja määräysten mukaisia sekä tutkittuun tietoon perustuvia. Tutkimuksessa yritettiin välttää olettamuksia, jotta tutkimuksen tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia.

Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät sopivat mielestäni kyseiseen tutkimukseen. Putki- ja eristystyön kokonaiskustannukset voisi selvittää kilpailuttamalla paikalliset LVI-alan yritykset, mutta henkilökohtainen kiinnostus opiskella LVI-alan työehtosopimusta sekä urakkatarjouksen laatimista vaikutti menetelmän valintaan. Opinnäytetyössä laadittiin rakennuslupaprosessiin vaadittavat ARK- ja LVI-piirustukset. Kiinteistön omistaja voi hyödyntää piirustuksia ja tutkimuksen tuloksia rakennuslupa- ja saneerausprojektissa. Jos lämmitysjärjestelmän energiatoimenpiteisiin ryhdytään, on mielenkiintoista verrata toteutuneita kustannuksia tutkimuksessa laskettuihin arvioihin.

## 9.1 Tulosten pohdinta

Laskennallisesti patterilämmityssaneeraus laskee lämmityskauden energiankulutusta 24 %. Energiatoimenpiteen nettonykyarvo oli -996 € ja suora takaisinmaksuaika 13,4 vuotta. Taloudellisena investointina kyseinen toimenpide ei ole erityisen kannattava, mutta sen lopullinen kannattavuus riippuu investoijan tavoitteista. Vaihtoehtoisena toimenpiteenä oli lattialämmitysjärjestelmä, jonka nettonykyarvo on -8 090 € ja suora takaisinmaksuaika 30,6 vuotta. Takaisinmaksuaika on erittäin pitkä ja investointikohteena kannattamaton. Alkuperäiseen patterilämmitysjärjestelmään verrattuna energiankulutus laski 30 %. Matalalämpöinen patterilämmitys- ja lattialämmitysjärjestelmien energiankulutus poikkeaa yllättävän vähän, ainoastaan 504 kWh/lämmityskausi. Lattialämmityssaneerauksen kustannuksista noin 30 % muodostui väli- ja alapohjarakenteen eristysmateriaalikustannuksista sekä kipsivalulattian urakkatyöstä. Laskennassa jätettiin huomioimatta työnosuudesta reikien poraus, alapohjaeristeiden asennus, lattiarakenteen purku sekä lattialämmitysputkiston uritustyö, koska kiinteistön omistaja suorittaisi kyseiset rakennustoimenpiteet itse. Jos edellä mainitut rakennustoimenpiteet teettäisi ulkopuolisella, investoinnin kannattavuus laskisi entisestään.

Lämpöhäviölaskennassa lattialämmitysjärjestelmän alapohjan lisälämpöhäviönä käytettiin +32 %, joka perustuu Tampereen teknillisen yliopiston tutkimukseen. Lähtökohtana oli, että lattialämmitysjärjestelmän mitoitusohjelmäärä olisi ollut patterilämmitysjärjestelmää korkeampi, koska alapohjan lämpöhäviöitä on enemmän. Tutkittavassa kohteessa lattialämmitysjärjestelmän asentaminen vaatii 80 m<sup>2</sup> ala- ja välipohjarakenteiden muutostöitä (kokonaispinta-ala 140 m<sup>2</sup>). MH4-tilassa alapohjan U-arvon muutos ei ollut merkittävä, mutta kellarin ja 1-kerroksen välipohjan U-arvo laski 0,42 W/m<sup>2</sup>K:sta 0,34 W/m<sup>2</sup>K:iin. Lattialämmitysjärjestelmän mitoituksessa huomioitiin operatiivinen lämpötila. Mitoituslämpötilana käytettiin patterilämmitysjärjestelmään verrattuna yhden celsiusasteen matalampaa sisälämpötilaa. Laskennan lopputulos oli, että lattialämmitysjärjestelmän mitoitusohjelmäärä oli 9,7 kW ja patterilämmitysjärjestelmän 9,8 kW. Lämpöhäviölaskenta todistaa, että lämmönjakotavalla ei ole suurta merkitystä tutkittavan kohteen mitoitusohjelmäärään. Operatiivisen lämpötilan huomioiminen kompensoi alapohjan lämpöhäviöt.

Tutkimuksen lopputulokseen vaikuttaa moni asia. ARA:n myöntämä avustusraha on merkitykseltään suuri yksittäinen tekijä investointilaskelmissa. Laskelmissa oletettiin 15 vuoden keskimääräiseksi sähkön hinnaksi 141,8 €/MWh. Sähkön hinnalla on suuri merkitys investointihankkeen kannattavuuden arvioinnissa. Kalliimmalla sähkön hinnalla investointikannattavuus paranee. Tulevaisuuden hintatason arvioiminen on mahdotonta, etenkin kun käynnissä on energiakriisi. Investointilaskelmissa on käytetty 5 % reaalista laskentakorkoa. Reaaliseen laskentakoron määrittämiseen vaikuttaa arvioitu inflaatio tai deflaatio sekä yksityishenkilön henkilökohtainen mielipide vähäriskisen sijoituksen prosentuaalisesta tavoitevoitosta. Tutkimuksessa ei huomioitu rakennuslupaprosessin, valvontatyön ja mahdollisista saneerauslainasta johtuvia kustannuseriä. Opinnäytetyöprosessiin kuului lupapiirustusten laatiminen, joten normaalissa saneerausprojektissa tulisi lisäksi suunnittelukustannuksia. Mitoitustilanteen muutoksen vaikutusta energiavaraajan lämpöhäviöihin ei otettu huomioon tutkimuksessa. Energiavaraajan lämpöhäviöiden merkitystä kokonaisenergiankulutukseen voidaan pitää alhaisena, koska kellaritila lämpiää osittain energiavaraajan hukkalämmöllä.

## 9.2 Tulosten hyödyntämismahdollisuudet

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää omakotitaloprojekteissa, joissa lämmönlähteenä on lämpöpumppu ja lämmitysjärjestelmän mitoitustilanteen korkea. Talotekniikka-alan ammattilaiset pystyvät suunnittelemaan ja asentamaan lämmityspatterit itse, mikä tekee saneeraustyöstä taloudellisesti kannattavamman. Lattialämmitysjärjestelmän asentaminen on investointinäkökulmasta hankala. Lattialämmitysvaihtoehtoa kannattaa harkita, jos alkuperäinen patteriverkosto on saneerauskuntoinen. Kannattavuuteen vaikuttaa myös kiinteistön pohjaratkaisu. Tutkittavassa kohteessa lattialämmitysrunkoputkisto oli pitkä, joka vaikuttaa materiaali- ja asennuskustannuksiin. Alapohjarakenteen kunnostaminen lattialämmitysjärjestelmälle oli kokonaiskustannuksista noin 30 %. Jos lattialämmityksen jakotukit olisi mahdollista asentaa lämmönlähteen viereen ja urittaa lattialämmityspotki betonilattiaan, investointi olisi todennäköisesti kannattavampi.

### 9.3 Kehittämisidea ja jatkotutkimusaiheet

Omakotitaloissa suuria energiankulutuslähteitä ovat vanhat ilmanvaihtojärjestelmät, yläpohjan lämpöhäviöt ja lämpimän käyttöveden tuottaminen. Tutkittavan kohteen lämmin käyttövesi esilämmitetään lämmitysverkoston energiavaraajassa, jossa varaajan lämpötila muuttuu ulkolämpötilan mukaisesti. Ympäristöministeriön asetus 1047/2017 rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista määrittelee lämpimän käyttöveden lämpötilaksi 55–65 °C, jotta vältetään legionellabakteerin muodostuminen käyttövesijärjestelmässä. Nykyisessä järjestelmässä riittävä käyttöveden lämpötila on tuotettu sähkövastuksella 100 litran käyttövesivaraajassa. Matalampi lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötila vaikuttaa lämpimän käyttöveden esilämmitystehoon ja lisää energiankulutusta sähkövastuksella varustetussa käyttövesivaraajassa.

Kehittämisideana olisi purkaa sähkökäyttöinen lämminvesivaraaja ja asentaa tilalle lämpöpumpuille tarkoitettu käyttövesivaraaja. Kyseinen toimenpide vaatii vaihtoventtiilikytken, eli moottorikäyttöisen 3-tieventtiilin. Vaihtoventtiilikytkenässä lämpöpumppu tuottaa tarpeen mukaan lämpöenergiaa joko lämmitysverkoston energia- tai käyttövesivaraajaan. Kehittämisidea vähentäisi sähkövastuksen käyttöä lämpimän käyttöveden tuottamisessa. Nykyinen käyttövesivaraaja on vuodelta 2007. Käyttövesivaraajan tyypillinen käyttöikä on noin 20 vuotta, joten varaajan vaihtotyöhön kannattaa varautua sekä selvittää kustannusarviot lämminvesivaraajan vaihtotyöstä.

Jatkotutkimusaihe voisi käsitellä vaihtoehtoisia energiatoimenpiteitä. Tutkimuksessa voitaisiin tarkastella yläpohjan lisäeristyksen ja ilmanvaihtojärjestelmän saneeraustyön vaikutusta lämmityskauden energiankulutukseen. Kyseiset energiatoimenpiteet vaikuttavat kiinteistön lämpöhäviötehoon sekä lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötiloihin.

Toinen jatkotutkimusaihe voisi käsitellä aurinkopaneelijärjestelmän investointikannattavuutta lämpöpumppukohteessa. Tutkimus käsitelisi aurinkosähköjärjestelmän integroimista lämpöpumpun automaatiojärjestelmään. Jatkotutkimuksen tuloksia voitaisiin hyödyntää täydentävänä tai vaihtoehtoisena energiatoimenpiteenä.

## LÄHTEET

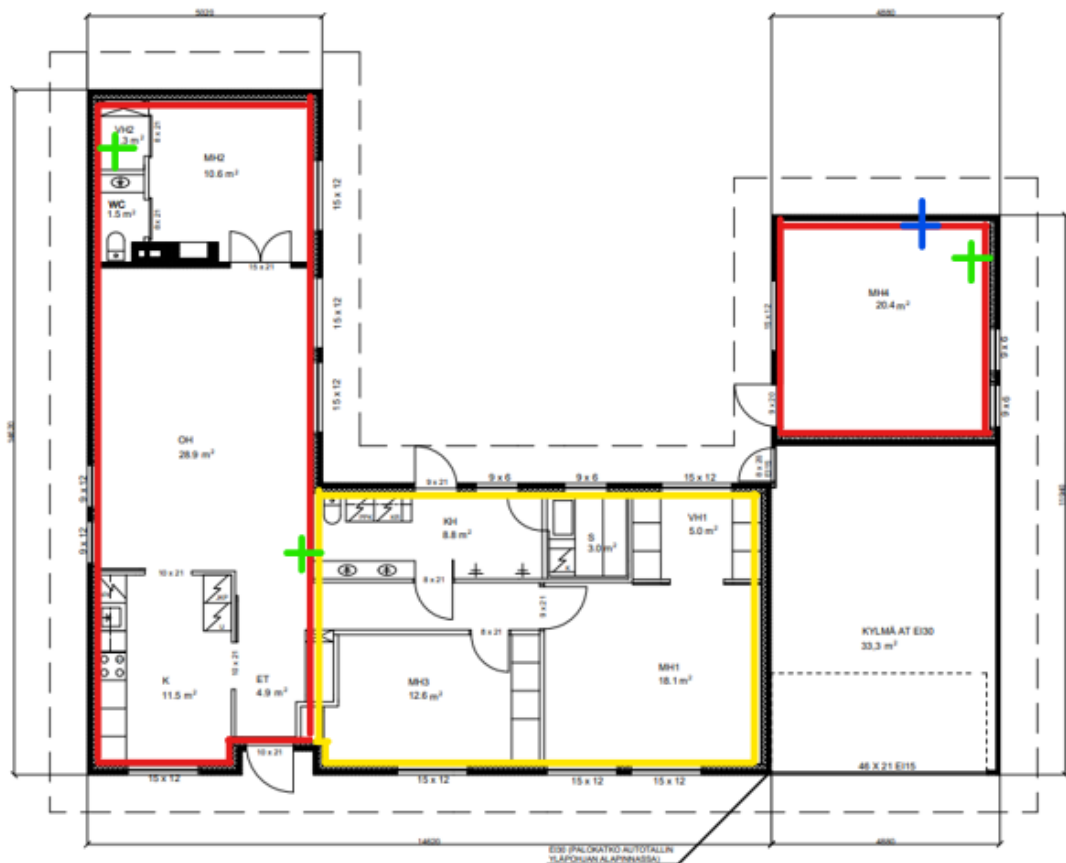
1. Seppänen, O. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty painos. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry. 2001
2. Lattialämmitys- ja viilennysratkaisut kerrostaloissa. Uponor Oy. PDF-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://www.uponor.com/getmedia/89c52ac3-b220-4d7c-bf15-85e6a932dd18/uponor-ll-lv-ratkaisut-kerrostaloissa-kasikir?sitename=Finland&disposition=attachment> [viitattu 18.6.2023].
3. Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP). Motiva Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 21.12.2022. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva-energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu> [viitattu 18.7.2023].
4. Ilmasta veteen lämpöpumput, Aquarea. Panasonic. PDF-dokumentti. 2020. Saatavissa: [https://www.panasonicproclub.com/uploads/FI/catalogues/FI%20A2W\\_cbook\\_20\\_LR.pdf](https://www.panasonicproclub.com/uploads/FI/catalogues/FI%20A2W_cbook_20_LR.pdf) [viitattu 20.8.2023].
5. Lämpöpumppujen hankintaopas kunnat ja taloyhtiöt. Motiva Oy. PDF-dokumentti. 2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen\\_hankintaopas\\_kunnat\\_ja\\_taloyhtiot.pdf](https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankintaopas_kunnat_ja_taloyhtiot.pdf) [viitattu 20.6.2023].
6. Nibe F2120 ilma-vesilämpöpumppu. Nibe Energy Systems Oy. PDF-dokumentti. 2016. Saatavissa: <https://www.nibe.fi/assets/documents/19137/M12010-1.pdf> [viitattu 20.8.2023].
7. Tekninen esite. Purmo Group, PDF-dokumentti. 2018. Saatavissa: [https://www.purmo.com/public/prod/bcd2c0f2-6156-46c6-99cd-ddcde7354507/11515/8e64f9e9b0210a44798cb3581d6cf8c1/fi-fi-files-purmo\\_technicalbrochure\\_fi\\_0718\\_web.pdf](https://www.purmo.com/public/prod/bcd2c0f2-6156-46c6-99cd-ddcde7354507/11515/8e64f9e9b0210a44798cb3581d6cf8c1/fi-fi-files-purmo_technicalbrochure_fi_0718_web.pdf) [viitattu 20.8.2023].
8. Huonelämpötilat, patterit ja termostaatit. Motiva Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 17.1.2023. Saatavilla: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys/huonelampotilat\\_patterit\\_ja\\_termostaatit](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/huonelampotilat_patterit_ja_termostaatit) [viitattu 19.7.2023].
9. SFS-EN ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
10. SFS-EN 1264-2:2021:en. Water based surface embedded heating and cooling systems. Part 2: Floor heating: Methods for the determination of the thermal output using calculations and experimental test.
11. Suunnitteluohje. LK Systems. PDF-dokumentti. 2020. Saatavissa: [https://asset.productmarketingcloud.com/api/assetstorage/4330\\_d5aa0f7a-9676-4519-9611-940ecbdf5b27](https://asset.productmarketingcloud.com/api/assetstorage/4330_d5aa0f7a-9676-4519-9611-940ecbdf5b27) [viitattu 22.7.2023].
12. RT 52-10801. Rakennustieto. Vesikiertoinen lattialämmitys. 2003

13. Leivo, V. & Rantala, J. Alapohjarakenteen fysikaalinen toiminta. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto. 2005.
14. SFS-EN ISO 6946:2017:en. Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods (ISO 6946:2017, Corrected version 2021-12)
15. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017
16. Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arvot ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Ilmatieteen laitos. PDF-dokumentti. 2012. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia53-3.pdf> [viitattu 4.7.2023].
17. Suomen rakentamismääräyskokoelma, Energialaskenta, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, 2018
18. LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 1.3.2023–28.2.2025. LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry & Rakennusliitto ry. PDF-dokumentti. 2023. Saatavilla: [https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2023/04/Talotekniikka\\_LVI\\_TES\\_2023\\_2025\\_www.pdf](https://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2023/04/Talotekniikka_LVI_TES_2023_2025_www.pdf) [viitattu 25.7.2023].
19. Talotekniikka-ala. Rakennusliitto ry. WWW-dokumentti. Päivitetty 18.8.2023. Saatavilla: <https://rakennusliitto.fi/palkat-ja-tyoehdot/sopimusalat/talotekniikka-ala/> [viitattu 29.10.2023].
20. Kiiskinen, S. Yritysten strategiset investoinnit: Strategisen ja taloudellisen näkökulman integrointi päätöksenteossa. Laskentatoimen ja tilintarkastuksen maisteriohjelma. 2021.
21. Puurakenteen U-arvon määrittäminen. Puuinfo Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 24.9.2021. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/mitoitustyokalu/puurakenteen-u-arvon-maarittaminen/> [viitattu 4.6.2023].
22. Alapohjan U-arvon määrittäminen. Puuinfo Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 3.11.2011. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/mitoitustyokalu/alapohjan-u-arvon-maarittaminen/> [viitattu 4.6.2023].
23. Projektien aloituspohjat standardien mukaisesti. MagiCAD Group. WWW-dokumentti. Päivitetty 2023. Saatavilla: <https://www.magicad.com/fi/feature/localised-project-templates/> [viitattu 4.7.2023].
24. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin 2008M01-2023M07. Tilastokeskus. WWW-dokumentti. Saatavilla: [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_ehi/statfin\\_ehi\\_pxt\\_13rb.px/table/tableViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/table/tableViewLayout1/) [viitattu 30.10.2023].
25. Maanvastainen kaksoislaatta tai puukorotettu lattia. Sisäilmasto ry. Päivitetty 3.3.2020. Saatavilla: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-kaksoislaatta-tai-puukorotettu-lattia> [viitattu 5.4.2023].

## Tutkittavan kohteen rakenneavaukset

### Rakenneavaukset

Rakenneavauksilla tarkastettiin rakenteiden kunto ja tekotapa. Tutkittua tietoa käytettiin tulevissa leikkauspiirustuksissa ja lämpöhäviölaskennassa. Kuvassa 15 on esitetty punaisilla ääri viivoilla puukorotetut lattiat ja keltaisella kaksoislaattalattia. Lattian rakenneavauskohdat on merkitty vihreällä rastilla ja seinärakenteen sinisellä.

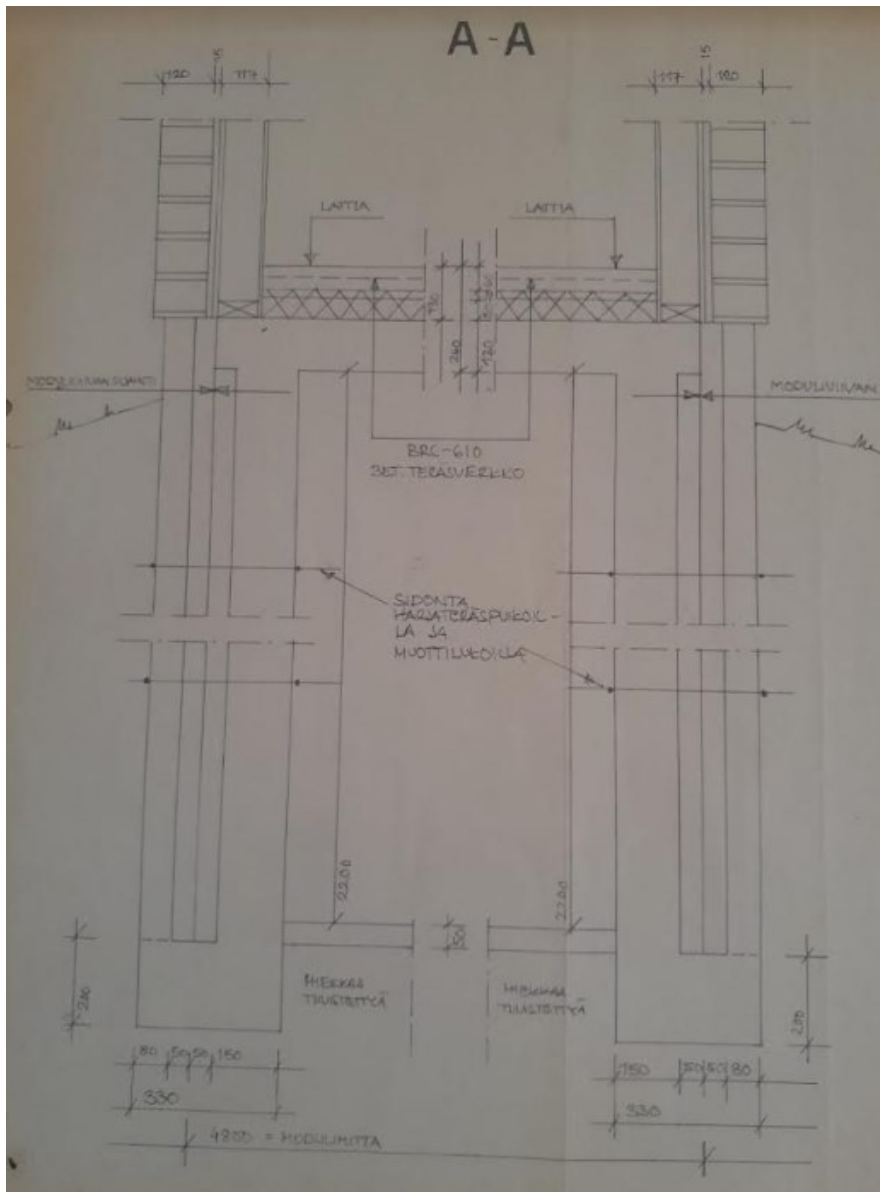


Kuva 15. Lattiarakennealueet ja rakenneavauskohdat

Lattiarakennetyypit määriteltiin rakenneavauksien perusteella. Opinnäytetyössä asuinrakennuksen puukorotetusta lattiarakenteesta käytetään nimeä A-osa ja kaksoislaattalattiasta B-osa. MH4-tila on alkuperäisten suunnitelmien pohjalta varasto.

## Lattiarakenteet

A-osan alkuperäinen leikkauspiirustus on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. A-osan alkuperäinen leikkauspiirustus

A-osan lattiarakenne ei ole alkuperäisen lattiarakennesuunnitelman mukainen. Puukorotettu lattiarakenne on kellarikerroksen päällä. Alapuolinen kellaritilan lämpötila on mitattu alhaisimmillaan 14 °C, joten korkean suhteellisen kosteuden muodostuminen lattiarakenteeseen on epätodennäköistä. Kosteusteknisesti riskialttiimmat kohdat ovat ulkoseinärakenteen vieressä, koska lämpötila on alhaisempi reuna-alueilla. A-osalle reuna-alueelle tehtiin yksi lattiarakenneavaus VH2-tilan nurkkaan. Kuvassa 17 on esitetty rakenneavaus, jossa on tarkastettu aistinvaraisesti alajuoksun kunto sekä mitattu rakenteen paksuus.



Kuva 17. Rakenneavaus A-osalta

Alajuoksun materiaalina oli painekyllästetty lankku, jonka alapuolisena kosteussulkuna oli käytetty bitumikermiä. Betonilaatan päällä oli höyrynsulkumuovi, runkorakenteena 123 x 48 mm lankku ja lämmöneristeenä mineraalivilla. Lattiapäällysmateriaalina oli 20 mm mäntylankkulattia, joka soveltuu puukorotetulle lattiarakenteelle höyryn läpäisevyyden takia. Kantavan välipohjan betonivalun paksuus oli 130 mm.



Kuvassa 19 on esitetty olohuoneen rakenneavaus, jossa näkyy kylpyhuoneen alapohjarakenne.



Kuva 19. A-osan ja kylpyhuoneen välinen rakenneavaus

Betonilaatan paksuus B-osalla on 100 mm ja alapohjaeristemateriaalina styrox. Olohuoneen puukorotettu lattiarakenne oli suojattu kosteudelta höyrinsulkumuovilla. Olohuoneen ja KH1-tilan väliseinän alajuoksupuun alla oli käytetty kosteussuojana bitumikermiä.

MH4-tilasta ei ole olemassa alkuperäistä leikkauspiirustusta. Rakenneavauksessa tutkittiin pohjalaatan alapuolinen eristys sekä puukorotetun lattiarakenteen kunto ja rakennekaksuus. Alapohjarakenne on maanvarainen, joten kosteusteknisesti riskialttiimpi kuin kellarikerroksen päällä oleva A-osa. Kuvassa 20 on esitetty MH4-tilan rakenneavaus.



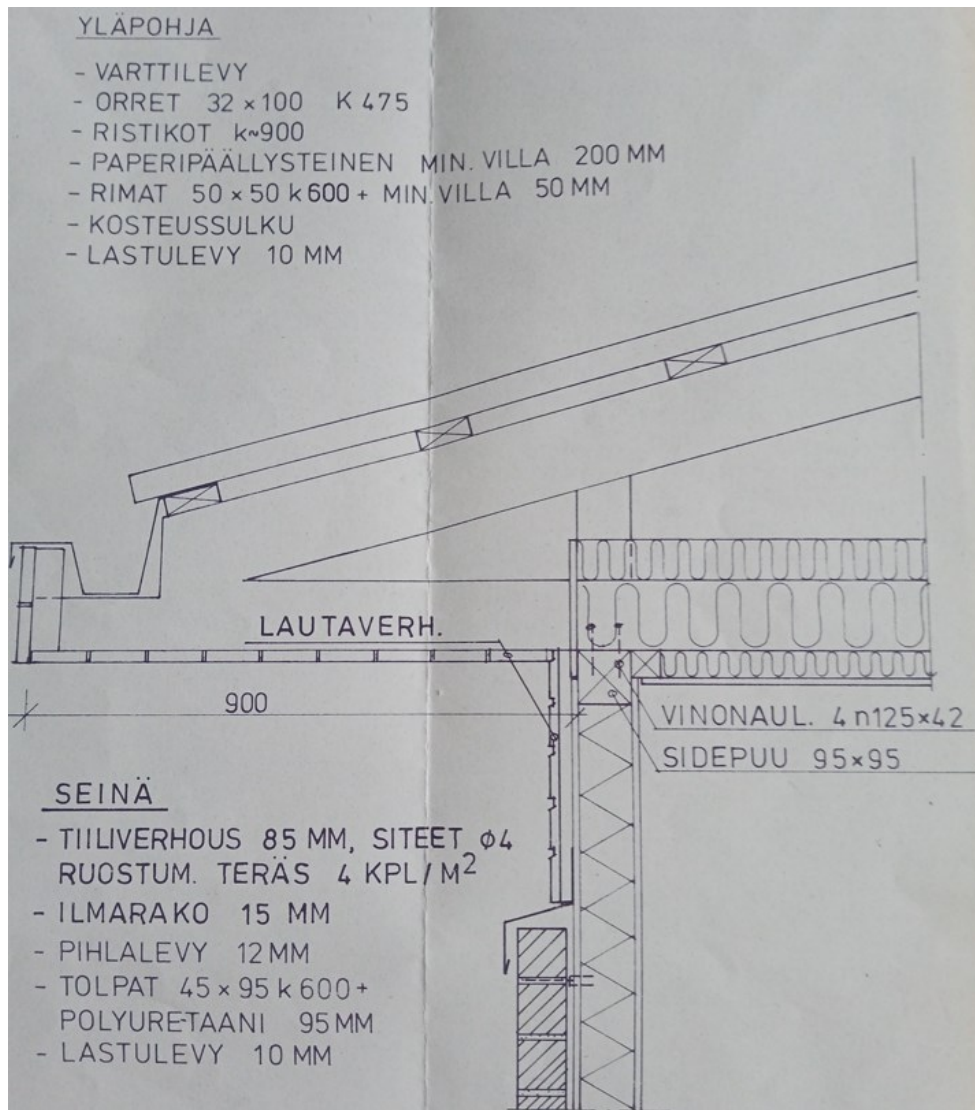
Kuva 20. Rakenneavaus MH4-tilasta

Sorapedin päälle on asennettu eristeeksi 90 mm Urelit-levy. Eristeen päällä on höyrynsulkumuovi ja 90 mm betonivalu. Betonivalun ja puukorotetun lattiarakenteen välissä on toinen höyrynsulkumuovi. Lattiarunkona on käytetty 98 x 48 mm lankkua, eristeenä mineraalivillaa ja pintamateriaalina 20 mm mäntylankkulattia.

### **Ulkoseinä ja yläpohja**

Tutkittavan kohteen ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet ovat Makrotalo Oy:n valmistamia seinäelementtejä, joissa on käytetty polyuretaanieristettä. Ulkoseinä- ja yläpohja ovat A- ja B-osalla lähes alkuperäisen leikkauspiirustuksen mukaisia.

Alkuperäinen leikkauspiirustus on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Alkuperäinen leikkauspiirustus

Tiiliverhouksen paksuus on kuvasta poiketen 120 mm paksu ja seinärakenne tuulettuu vaakalautaverhouksen yläpuolelle. Yläpohjarakenteen eristyskerros on 100 mm paksumpi kuin alkuperäisessä piirustuksessa.

MH4-tilasta ei ole olemassa leikkauspiirustusta, joten ulkoseinä tutkittiin rakenneavauksella. Kuvassa 22 on esitetty MH4-tilan rakenneavaus.



Kuva 22. MH4-tilan rakenneavauskuva

Höyrynsulkumuovin takana on 123 x 48 mm kantava runkotolpparakenne ja eristeenä mineraalivilla. Rakenneavauksessa todettiin tuulensuojalevyn puuttuminen.

### **Lattialämmityksen yhteydessä väli- ja alapohjaeristeiden uusiminen**

A-osan puurunko ja mineraalivillaeristeet puretaan ja korvataan kovalla eristeellä sekä kipsivalulla.

A-osan välipohjarakenne:

- pintamateriaali: vinyylilattia
- vinyylin alusmateriaali
- kipsivalu 50 mm
- XPS-eriste 80 mm
- kantava betonivalu 130 mm

Rakenteen U-arvo on 0,34 W/(m<sup>2</sup> K).

MH4-tilan alkuperäinen puukorotettu lattiarakenne puretaan ja korjataan kaksoislaattalattiarakenteeksi. Pohjalaatan päällimmäiseksi eristemateriaaliksi on valittu 70 mm XPS-eriste.

MH4-tilan alapohjarakenne:

- pintamateriaali: vinyylilattia
- vinyylin alusmateriaali
- kipsivalu 50 mm
- XPS-eriste 70 mm
- betonivalu 90 mm
- höyrynsulkumuovi
- Urelit-levy 90 mm

Rakenteen U-arvo on 0,16 W/(m<sup>2</sup> K).

## A-osan välipohjarakenteen U-arvolaskenta, patterilämmitys

RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen alapohja (lämpövirran suunta alaspäin)		
RAKENNEKERROKSL <input type="button" value="λ-arvoja"/>		ILMARAKOJEN TIEDOT <input type="button" value="Esim. korjaustasoista"/>
<i>Sisäpinta</i>		
1	Mäntylankkulattia	Ulkopuolen tuuletusrakoa <input type="button" value="Ei tuuletusrakoa"/>
	Kerroksen paksuus [d] 20,0 mm	Ilmarakojen korjaustekijä <input type="button" value="Korjaustaso 0"/>
	Lämmönjohtavuus [λ] 0,130 W/mK	
2	Lämmöneriste (sisältää koolaukse	<b>METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT</b>
	Kerroksen paksuus [d] 123,0 mm	Muuraussiteiden tyyppi <input type="button" value="Ei muuraussiteitä"/>
	Lämmönjohtavuus [λ] 0,050 W/mK	
	Koolaussuunta (p / v) p	<b>KOOLAUKSEN TIEDOT</b>
3	Betonilaatta	Koolauspuun leveys [b] <input type="button" value="48 mm"/>
	Kerroksen paksuus [d] 130,0 mm	Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ] 0,130 W/mK
	Lämmönjohtavuus [λ] 2,500 W/mK	Pystykoolauksen k-jako [s] <input type="button" value="300 mm"/>
4	Ei rakennekerrosta	
5	Ei rakennekerrosta	
6	Ei rakennekerrosta	
7	Ei rakennekerrosta	
8	Ei rakennekerrosta	
<i>Ulkopinta</i>		

**RAKENNE / LÄMPÖVIRTA**

The diagram illustrates the heat flow through the floor structure. It shows a cross-section with three main layers: a top layer (Mäntylankkulattia), an insulation layer (Lämmöneriste), and a concrete slab (Betonilaatta). Red arrows indicate the direction of heat flow: downwards through the top layer, upwards through the insulation layer, and downwards through the concrete slab. A vertical air gap (Ilmarako) is shown with a horizontal heat flow arrow. The angle between the top and bottom layers is labeled as max 60 degrees.

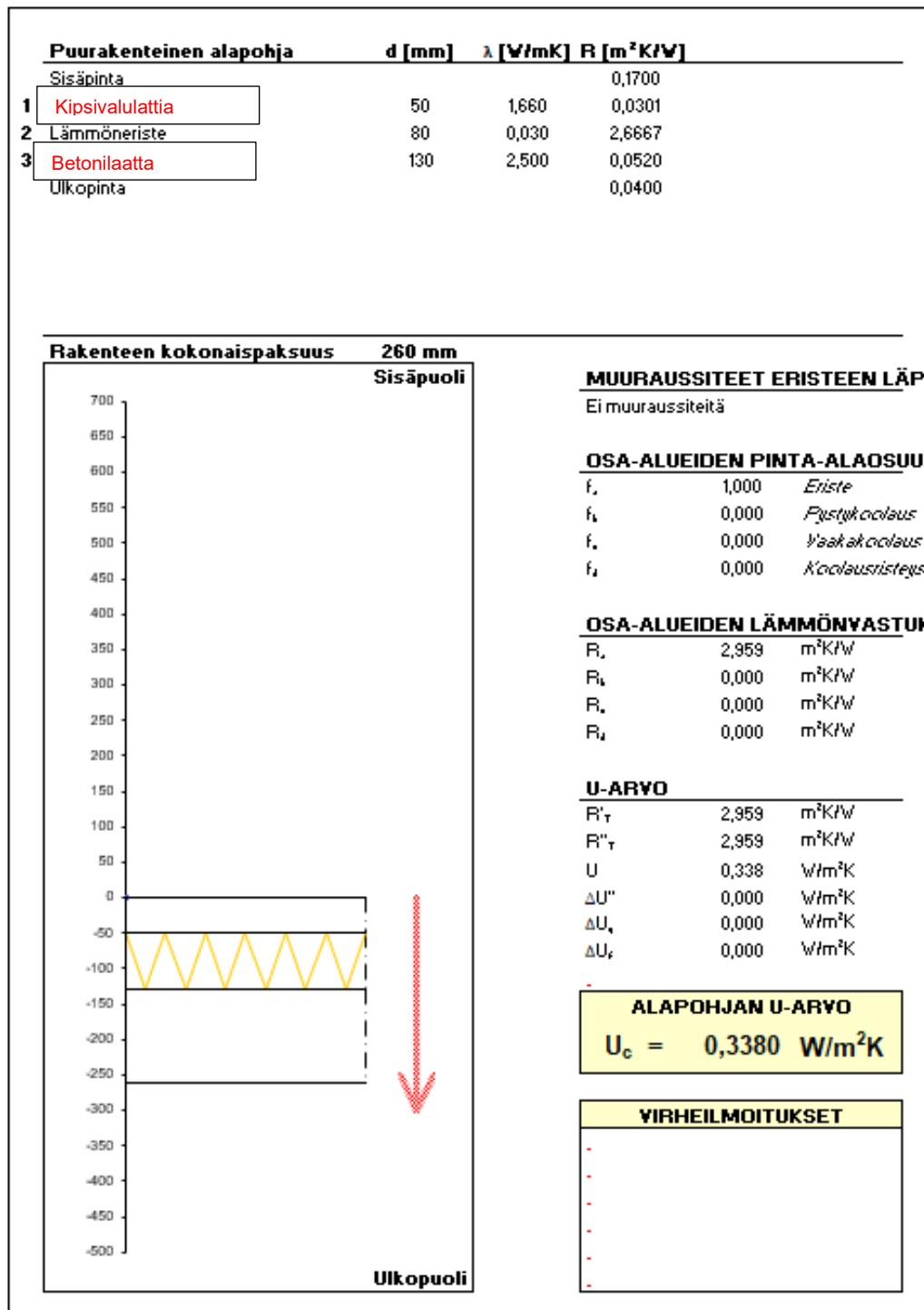


## A-osan välipohjarakenteen U-arvolaskenta, lattialämmitys



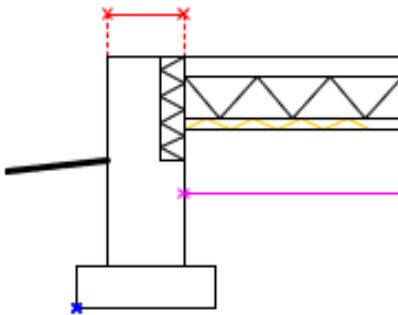
RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen alapohja (lämpövirran suunta alaspäin)		
RAKENNEKERROKSL $\lambda$ -arvoja		ILMARAKOJEN TIEDOT Esim. korjaustasoista
<i>Sisäpinta</i>		
1	Kipsivalulattia Kerroksen paksuus [d] 50,0 mm Lämmönjohtavuus [ $\lambda$ ] 1,660 W/mK	Ulkopuolen tuuletusrako Ei tuuletusrakoa Ilmarakojen korjaustekijä Korjaustaso 0
2	Lämmöneriste Kerroksen paksuus [d] 80,0 mm Lämmönjohtavuus [ $\lambda$ ] 0,030 W/mK	<b>METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT</b> Muuraussiteiden tyyppi Ei muuraussiteitä
3	Betonilaatta Kerroksen paksuus [d] 130,0 mm Lämmönjohtavuus [ $\lambda$ ] 2,500 W/mK	<b>KOOLAUKSEN TIEDOT</b> Koolauspään leveys [b] Ei koolausta
4	Ei rakennekerrosta	
5	Ei rakennekerrosta	
6	Ei rakennekerrosta	
7	Ei rakennekerrosta	
8	Ei rakennekerrosta	
<i>Ulkopinta</i>		

**RAKENNE / LÄMPÖVIRTA**



## B-osan alapohjarakenteen U-arvolaskenta

RAKENTEEN TIEDOT		Info
Perusmaan tyyppi	Hiekka tai sora	
Alapohjan tyyppi	Maanpäällinen alapohja	
Reunan lisäeristys	Vaakaeriste	
Kellarin seinätyyppi	Ei kellaria	
<b>Pinta-ala [A] ja ympärysmitta [P]</b>		
Alapohjan pinta-ala [A]	54,6 m <sup>2</sup>	
Alapohjan ympärysmitta [P]	25,6 m	
Perusmuurin paksuus [w]	330 mm	
		<b>REUNAN VAAKAERISTEEN TIEDOT</b>
Lämmönjohtavuus [λ]	0,050 W/mK	
Paksuus	50 mm	
Leveys [D]	1000 mm	
<b>RAKENNEKERROKSL</b> <span style="float: right;">λ-arvoja</span>		
<i>Sisäpinta</i>		
1	Betonilaatta	
	Kerroksen paksuus [d]	100,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	2,500 W/mK
2	Polystyreeni (EPS)	
	Kerroksen paksuus [d]	170,0 mm
	Lämmönjohtavuus [λ]	0,050 W/mK
3	Ei rakennekerrosta	
4	Ei rakennekerrosta	
5	Ei rakennekerrosta	
6	Ei rakennekerrosta	
<i>Ulkipinta</i>		
<b>LAATAN REUNAN RAKENNE</b>		
<b>Mittaviivojen selitykset</b>		
	= perusmuurin paksuus [w]	
	= vaakaeristeen leveys [D]	
		

<b>ALAPOHJA</b>	<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/mK]</b>	<b>R [m<sup>2</sup>K/W]</b>
Sisäpinta			0,17
<b>1</b> Betonilaatta	100	2,500	0,04
<b>2</b> Polystyreeni (EPS)	170	0,050	3,40
Ulkopinta			0,04

**Sisäpuoli**

**Ulkopuoli**

**SUhteellinen LATTIAMITTA**

A	54,6	m <sup>2</sup>
P	25,6	m
B'	4,261	m

**LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

w	0,330	m
d <sub>l</sub>	7,630	m
$\lambda_{p,kerros}$	2,000	W/mK
R <sub>si</sub>	0,170	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>se</sub>	0,040	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>f</sub>	3,440	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>t</sub>	0,974	m <sup>2</sup> K/W

**SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

z	-	m
d <sub>w</sub>	-	m
R <sub>w</sub>	-	m <sup>2</sup> K/W

**U-ARVO**

$\Psi_{si}$	-0,02	
U <sub>si</sub>	0,21	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>se</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>te</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K

**ALAPOHJAN U-ARVO**

**U<sub>c</sub> = 0,2017 W/m<sup>2</sup>K**

**VIRHEILMOITUKSET**

-

-

## MH4-tilan alapohjarakenteen U-arvolaskenta, patterilämmitys

## MH4 puukorotetun lattiarakenteen osuus U-arvosta

## Alapohjan U-arvo eristeen kohdalta

Materiaali:	Lämmönjohtavuus $\lambda$ (W/mK)	Paksuus (m)	R-arvo d/ $\lambda$
Mäntylankkulattia	0,13	0,02	0,15
Mineraalivilla	0,05	0,098	1,96
$R_{s1}$			0,17
$R_{s2}$			0,04
RT_eriste			2,32
U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)			0,43

## Alapohjan U-arvo rungon kohdalla

Materiaalit:	Lämmönjohtavuus $\lambda$ (W/mK)	Paksuus (m)	R-arvo d/ $\lambda$
Mäntylankkulattia	0,13	0,02	0,15
Puurunko	0,13	0,098	0,75
RT_puu=			0,91
U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)			1,10

## Yläikiarvo

	Suhde paksuudesta	
Eriste	0,252 (m)	
Puurunko	0,048 (m)	
Runkoväli	0,3 (m)	
1/RT'	0,54 (m <sup>2</sup> K/W)	
RT'	1,86 (W/m <sup>2</sup> K)	

## Alalikiarvo

	Suhde paksuudesta		
Eriste	0,252 (m)		
Puurunko	0,048 (m)		
Runkoväli	0,3 (m)		
Materiaali:	Lämmönjohtavuus $\lambda$ (W/mK)	Paksuus (m)	R-arvo d/ $\lambda$
Mineraalivilla	0,05	0,098	1,96
Puurunko	0,13	0,098	0,75
1/RT''_puu+eriste	0,64 (m <sup>2</sup> K/W)		
RT''_puu+eriste	1,56 (W/m <sup>2</sup> K)		

## RT''

Materiaali:	Lämmönjohtavuus $\lambda$ (W/mK)	Paksuus (m)	R-arvo d/ $\lambda$
Mäntylankkulattia	0,13	0,02	0,15
RT''_puu+eriste			1,56
RT'' (m <sup>2</sup> K/W)			1,71
RT	1,79 (m <sup>2</sup> K/W)		
U-arvo	0,56 (W/m <sup>2</sup> K)		

Syötettävä lämmönjohtavuusarvo	0,066 [W/m K]
--------------------------------	---------------

## RAKENTEEN TIEDOT

Info

Perusmaan tyyppi

Alapohjan tyyppi

Reunan lisäeristys

Kellarin seinätyyppi

### Pinta-ala [A] ja ympärysmitta [P]

Alapohjan pinta-ala [A]	20,4 m <sup>2</sup>
Alapohjan ympärysmitta [P]	15,6 m
Perusmuurin paksuus [w]	330 mm

## RAKENNEKERROKSL

*Sisäpinta*

- 1 **Puukorotettu lattiarakenne**

Kerroksen paksuus [d]	118,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,066 W/mK
- 2 

Kerroksen paksuus [d]	90,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	2,500 W/mK
- 3 

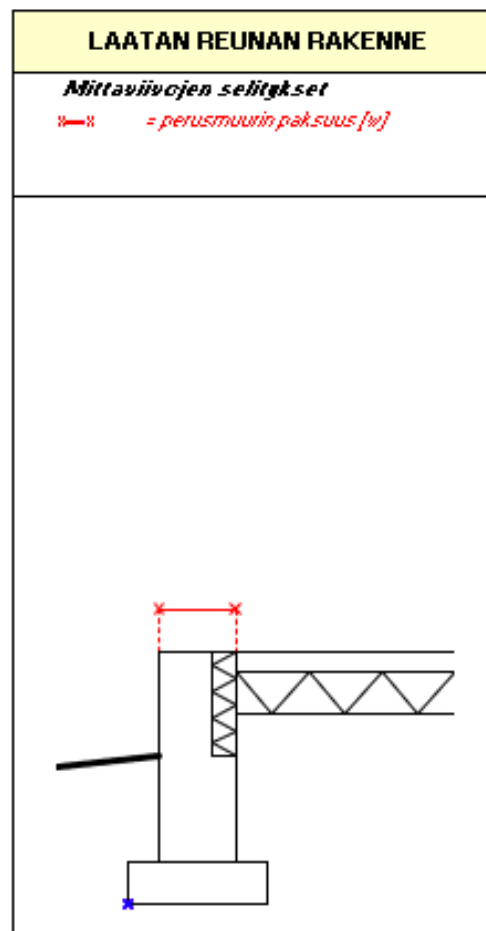
Kerroksen paksuus [d]	90,0 mm
Lämmönjohtavuus [λ]	0,030 W/mK
- 4
- 5
- 6

*Likkipinta*

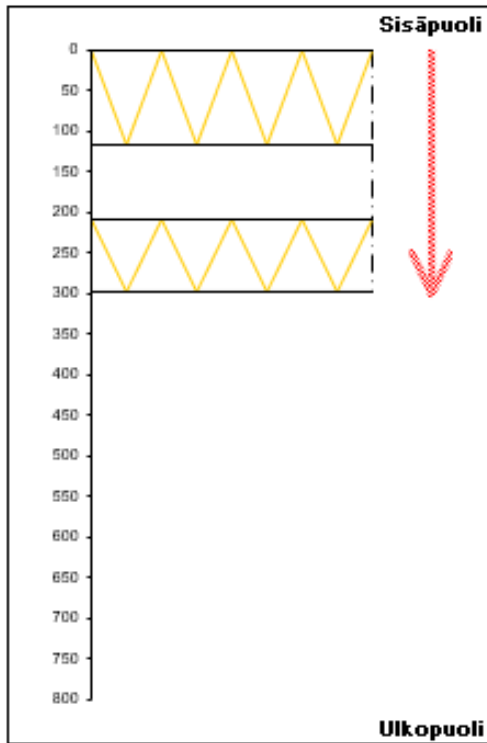
## LAATAN REUNAN RAKENNE

### Mittaviivojen selitykset

$w$  = perusmuurin paksuus [w]



<b>ALAPOHJA</b>		<b>d [mm]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/mK]</b>	<b>R [m<sup>2</sup>K/W]</b>
	Sisäpinta			0,17
<b>1</b>	<b>Puukorotettu lattiarakenne</b>	118	0,066	1,79
<b>2</b>	Betonilaatta	90	2,500	0,04
<b>3</b>	Polyuretaani (PU)	90	0,030	3,00
	Ulkopinta			0,04

**SUhteellinen LATTIAMITTA**

A	20,4	m <sup>2</sup>
P	15,6	m
B'	2,615	m

**LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

w	0,330	m
d <sub>i</sub>	10,398	m
$\lambda_{p, \dots}$	2,000	W/mK
R <sub>s,i</sub>	0,170	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>s,e</sub>	0,040	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>f</sub>	4,824	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>a</sub>	0,598	m <sup>2</sup> K/W

**SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

z	-	m
d <sub>w</sub>	-	m
R <sub>w</sub>	-	m <sup>2</sup> K/W

**U-ARVO**

$\Psi_{w,r}$	0,00	
U <sub>f</sub>	0,17	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>w</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>l,w</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K

**ALAPOHJAN U-ARVO**

$$U_c = 0,1725 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**VIRHEILMOITUKSET**

-  
-

## MH4-tilan alapohjarakenteen U-arvolaskenta, lattialämmitys

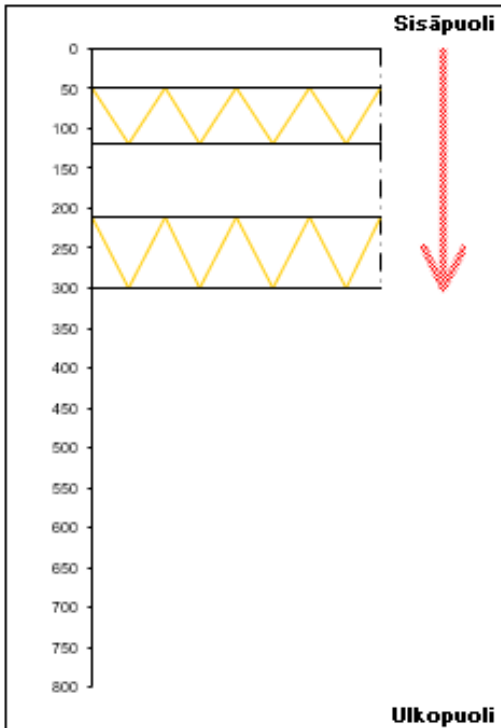
RAKENTEEN TIEDOT		Info
Perusmaan tyyppi	Hiekka tai sora	
Alapohjan tyyppi	Maanpäällinen alapohja	
Reunan lisäeristys	Ei lisäeristystä	
Kellarin seinätyyppi	Ei kellaria	
<b>Pinta-ala [A] ja ympärysmitta [P]</b>		
Alapohjan pinta-ala [A]	20,4 m <sup>2</sup>	
Alapohjan ympärysmitta [P]	15,6 m	
Perusmuurin paksuus [w]	330 mm	
<b>RAKENNEKERROKSE</b> $\lambda$ -arvoja		
<i>Sisäpinta</i>		
1	Kipsilaatta	
	Kerroksen paksuus [d]	50,0 mm
	Lämmönjohtavuus [ $\lambda$ ]	1,660 W/mK
2	Polyuretaani (PU)	
	Kerroksen paksuus [d]	70,0 mm
	Lämmönjohtavuus [ $\lambda$ ]	0,030 W/mK
3	Betonilaatta	
	Kerroksen paksuus [d]	90,0 mm
	Lämmönjohtavuus [ $\lambda$ ]	2,500 W/mK
4	Polyuretaani (PU)	
	Kerroksen paksuus [d]	90,0 mm
	Lämmönjohtavuus [ $\lambda$ ]	0,030 W/mK
5	Ei rakennekerrosta	
6	Ei rakennekerrosta	
<i>Ulkipinta</i>		

**LAATAN REUNAN RAKENNE**

*Mittaviivojen selitykset*

»» = perusmuurin paksuus [w]

ALAPOHJA	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Sisäpinta			0,17
1 Kipsilaatta	50	1,660	0,03
2 Polyuretaani (PU)	70	0,030	2,33
3 Betonilaatta	90	2,500	0,04
4 Polyuretaani (PU)	90	0,030	3,00
Ulkopinta			0,04

**SUHTEELLINEN LATTIAMITTA**

A	20,4	m <sup>2</sup>
P	15,6	m
B'	2,615	m

**LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

w	0,330	m
d <sub>i</sub>	11,549	m
$\lambda_{p,.....}$	2,000	W/mK
R <sub>i</sub>	0,170	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>sr</sub>	0,040	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>e</sub>	5,399	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>s</sub>	0,598	m <sup>2</sup> K/W

**SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS**

z	-	m
d <sub>w</sub>	-	m
R <sub>w</sub>	-	m <sup>2</sup> K/W

**U-ARVO**

$\psi_{sr}$	0,00	
U <sub>f</sub>	0,16	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>sr</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>lw</sub>	-	W/m <sup>2</sup> K

**ALAPOHJAN U-ARVO**

$$U_c = 0,1569 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**VIRHEILMOITUKSET**

-
-

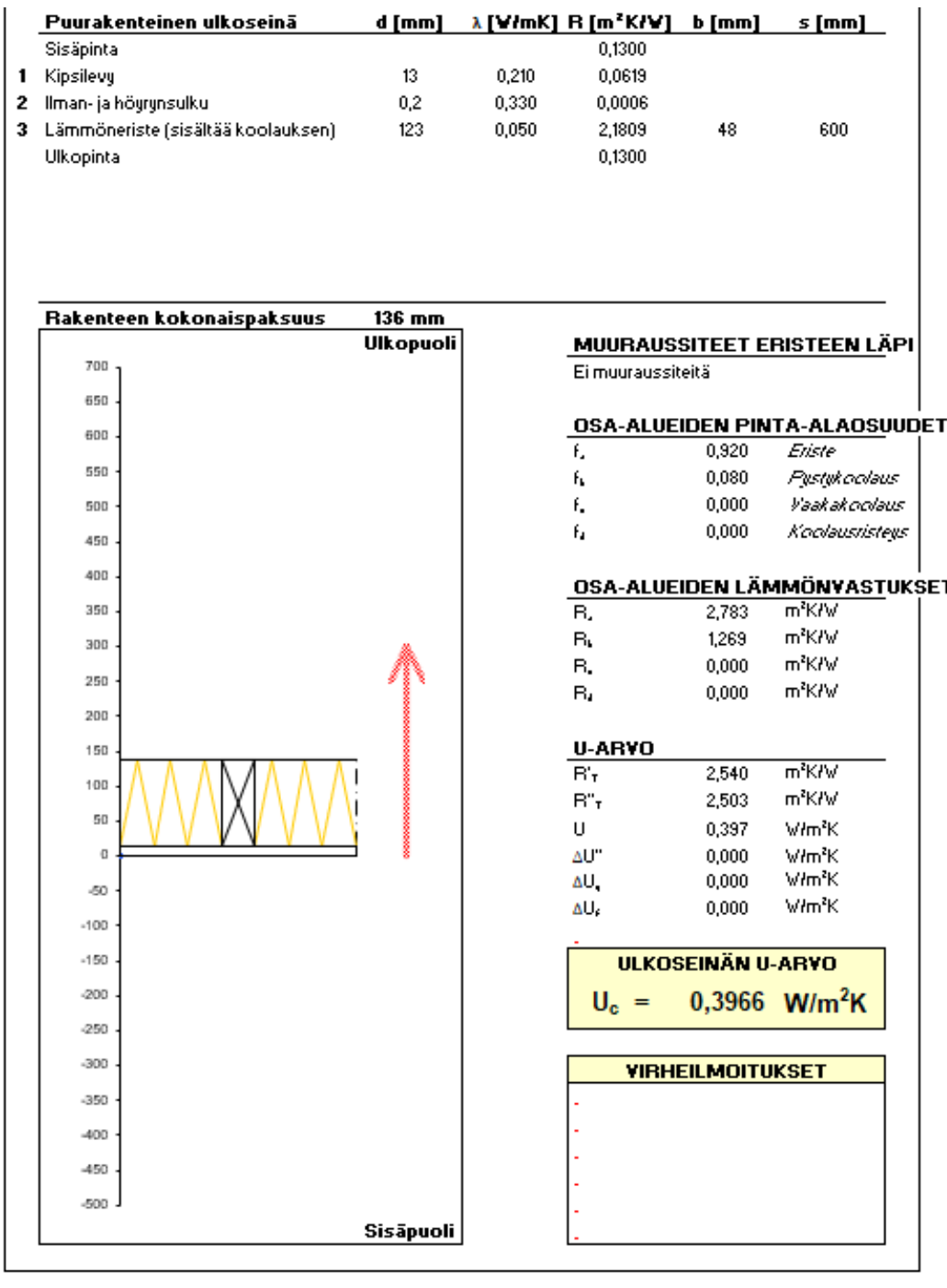
## A- ja B-osan ulkoseinärakenteen U-arvolaskenta

RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen ulkoseinä (lämpövirran suunta vaakasuoraan) <input type="button" value="▼"/>		
<b>RAKENNEKERROKSL</b> <input type="button" value="λ-arvoja"/>		<b>ILMARAKOJEN TIED</b> <input type="button" value="Esim. korjaustasoista"/>
<i>Sisäpinta</i>		
1	Lastulevy <input type="button" value="▼"/> Kerroksen paksuus [d] 10,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,140 W/mK	Ulkopuolen tuuletusrako Hyvin tuulettuva <input type="button" value="▼"/> Ilmarakojen korjaustekijä Korjaustaso 0 <input type="button" value="▼"/>
<b>METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT</b>		
2	Lämmöneriste (sisältää koolaukse <input type="button" value="▼"/> Kerroksen paksuus [d] 95,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,030 W/mK Koolaussuunta (p / v) p <input type="button" value="▼"/>	Muuraussiteiden tyyppi Ei muuraussiteitä <input type="button" value="▼"/>
<b>KOOLAUKSEN TIEDOT</b>		
3	Kuitulevy <input type="button" value="▼"/> Kerroksen paksuus [d] 12,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,070 W/mK	Koolauspuun leveys [b] 45 mm <input type="button" value="▼"/> Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ] 0,130 W/mK Pystykoolauksen k-jako [s] 600 mm <input type="button" value="▼"/>
4	Ei rakennekerrosta <input type="button" value="▼"/>	
5	Ei rakennekerrosta <input type="button" value="▼"/>	
6	Ei rakennekerrosta <input type="button" value="▼"/>	
7	Ei rakennekerrosta <input type="button" value="▼"/>	
8	Ei rakennekerrosta <input type="button" value="▼"/>	
<i>Ulkopinta</i>		
<div style="text-align: center;"><b>RAKENNE / LÄMPÖVIRTA</b></div>		



## MH4-tilan ulkoseinärakenteen U-arvolaskenta

RAKENTEEN TIEDOT		Info	
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen ulkoseinä (lämpövirran suunta vaakasuoraan)			
RAKENNEKERROKSL $\Lambda$ -arvoja		ILMARAKOJEN TIEDOT Esim. korjaustasoista	
<i>Sisäpinta</i>			
1	Kipsilevy	Ulkopuolen tuuletusrako	Hyvin tuulettuva
	Kerroksen paksuus [d] 13,0 mm	Ilmarakojen korjaustekijä	Korjaustaso 0
	Lämmönjohtavuus [ $\Lambda$ ] 0,210 W/mK	<b>METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT</b>	
2	Ilman- ja höyrynsulku	Muuraussiteiden tyyppi	Ei muuraussiteitä
<b>KOOLAUKSEN TIEDOT</b>			
3	Lämmöneriste (sisältää koolaukse	Koolauspuun leveys [b]	48 mm
	Kerroksen paksuus [d] 123,0 mm	Koolauspuun lämmönjohtavuus [ $\Lambda$ ]	0,130 W/mK
	Lämmönjohtavuus [ $\Lambda$ ] 0,050 W/mK	Pystykoolauksen k-jako [s]	600 mm
	Koolaussuunta (p / v) p	<b>RAKENNE / LÄMPÖVIRTA</b>	
4	Ei rakennekerrosta		
5	Ei rakennekerrosta		
6	Ei rakennekerrosta		
7	Ei rakennekerrosta		
8	Ei rakennekerrosta		
<i>Ulkopinta</i>			



## Yläpohjarakenteen U-arvolaskenta

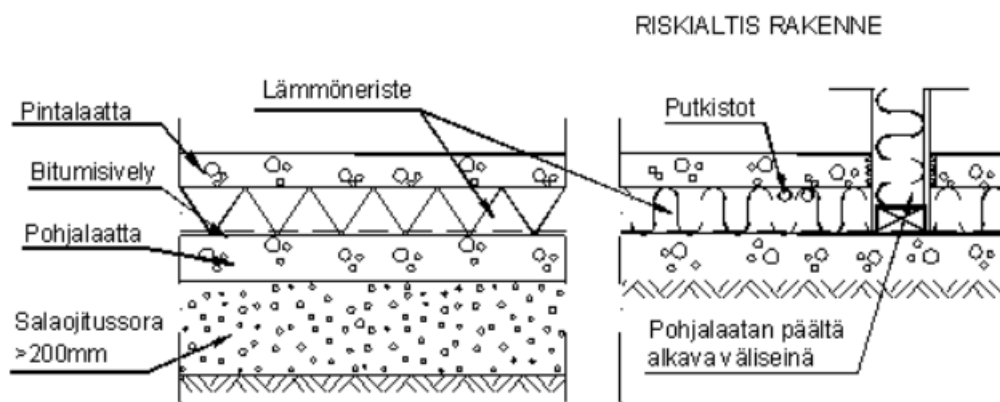
RAKENTEEN TIEDOT		Info
TARKASTELTAVA RAKENNE: Puurakenteinen gläpohja (lämpövirran suunta glöspäin)		
<b>RAKENNEKERROKSL</b> <span style="float: right;">λ -arvoja</span>		<b>ILMARAKOJEN TIEDOT</b> <span style="float: right;">Esim. korjaustasoista</span>
<i>Sisäpinta</i>		
1	Kuitulevy Kerroksen paksuus [d] 10,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,140 W/mK	Ulkopuolen tuuletusrako Ei tuuletusrakoa Ilmarakojen korjaustekijä Korjaustaso 0
2	Ilman- ja höyrynsulku	<b>METALLISTEN MUURAUSSITEIDEN TIEDOT</b>
3	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) Kerroksen paksuus [d] 50,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,050 W/mK Koolaussuunta (p / v) v	Muuraussiteiden tyyppi Ei muuraussiteitä
4	Lämmöneriste (sisältää koolaukse) Kerroksen paksuus [d] 123,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,050 W/mK Koolaussuunta (p / v) p	<b>KOOLAUKSEN TIEDOT</b>
5	Lämmöneriste Kerroksen paksuus [d] 177,0 mm Lämmönjohtavuus [λ] 0,050 W/mK	Koolauspuun leveys [b] 48 mm Koolauspuun lämmönjohtavuus [λ] 0,130 W/mK Pystykoolauksen k-jako [s] 900 mm Vaakakoolauksen k-jako [s] 600 mm
6	Ei rakennekerrosta	<b>RAKENNE / LÄMPÖVIRTA</b> 
7	Ei rakennekerrosta	
8	Ei rakennekerrosta	
<i>Ulko-pinta</i>		



## Alkuperäisien lattiarakenteiden teoriaosuus ja korjaustoimenpiteet

### Kaksoislaattalattia

Kaksoislaattalattiassa pohja- ja pintalaatan väliin asennetaan eristekerros, jonka alapuolella on höyrynsulkumateriaali. Nykymääräysten ja ohjeiden mukaan yksinkertainen betonilaattalattia on kosteusteknisesti parempi ratkaisu kuin kaksoislaattalattia. /25./ Kuvassa 23 on esitetty periaatepiirustus kaksoislaattalattiarakenteesta.

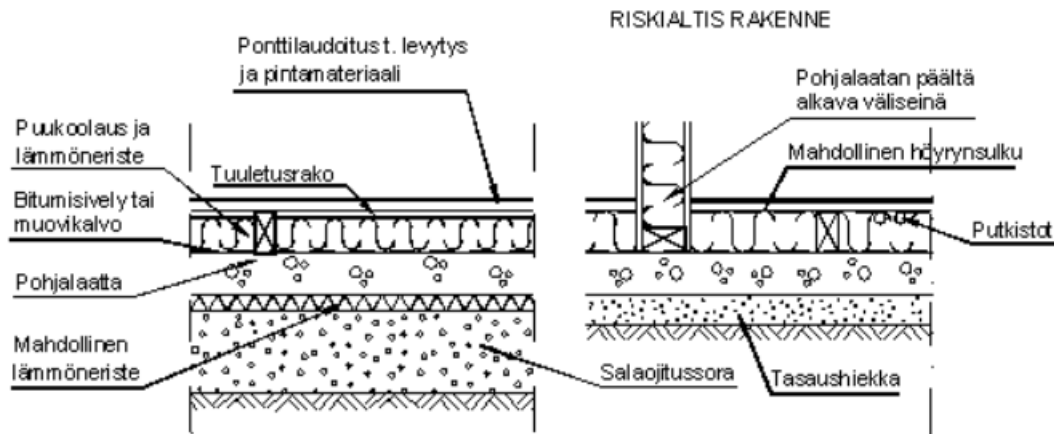


Kuva 23. Kaksoislaattalattiarakenne /25/

Kaksoislaattalattia luokitellaan nykypäivänä riskirakenteeksi. Riskialttius riippuu käytetystä eristemateriaalista, pohja- ja huleveden mahdollisesta pääsystä lattiarakenteeseen sekä alapohjaan asennetuista putkistoista. Kastuneeseen rakenteeseen voi muodostua esim. sädesieniä, jotka vaikuttavat sisäilman laatuun. /25./

### Maanvarainen puukorotettu alapohja

Puukorotettu lattiarakenne luokitellaan riskirakenteeksi. Pohjalaatan päälle asennetaan höyrynsulkumateriaali, joka estää maakosteuden siirtymisen puu- ja eristemateriaaliin. Lämmöneristeenä käytetään usein pehmeää eristemateriaalia kuten esim. mineraalivillaa. Ulko- ja väliseiniä alajuoksu-puut asennetaan pohjalaatan päälle, jossa kosteussulkuna käytetään esim. bitumikermiä. /25./ Kuvassa 24 on esitetty riskirakenteeksi luokiteltavan puukorotetun lattiarakenteen periaatteellinen leikkauspiirustus.



Kuva 24. Puukorotettu lattiarakenne /25/

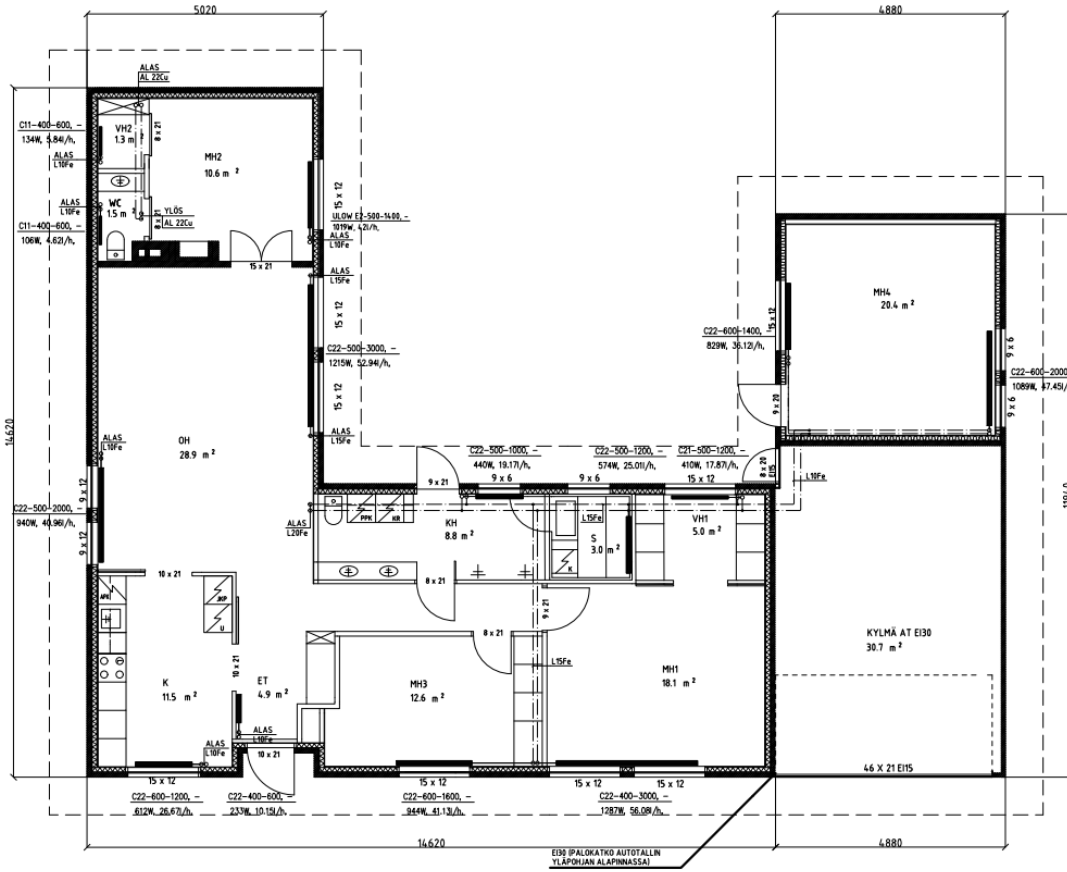
Pohjalaatan päälle rakennettu puukorotettu lattiarakenne on ongelmallinen kosteusteknisesti. Pohjalaatan alapuolinen lämpötila reuna-alueilla voi laskea 5–10 celsiusasteeseen, joten puurakenteen alapintaan voi muodostua korkea suhteellinen kosteus. Korkea suhteellinen kosteus voi aiheuttaa mikrobi- ja homevaurioita. Mahdollinen pohjalaatan alla oleva eristekerros vähentää kosteusriskiä puu- ja eristemateriaalille. Huleveden kulkeutuminen rakenteeseen ja sisäpuoliset vesivahingot vaurioittavat rakennetta laajalta alueelta, koska veden leviäminen rakenteessa on nopeaa. Kapilaarikatkon toimimattomuus nostaa riskiä maakosteuden siirtymisestä lattiarakenteeseen. Lattiapinnoitteena ei saisi käyttää höyrytiivistä materiaalia, koska rakenteen ja sisäilman välinen vesihöyryn diffuusio estyy. /25./

Korjaustarve todetaan rakenneavauksilla ja mahdollisilla mikrobinäytteenotolla puu- ja eristemateriaalista. Yleisimpiä korjaustoimenpiteitä on ulkopuolisen kosteuden hallinta kuten huleveden johtaminen hallitusti pois alapohjarakenteesta. Ulkoreunojen tai sokkelin lisäeristäminen vähentää korkean suhteellisen kosteuden muodostumista lattiarakenteelle. Ulko- ja väli-seinien alapuolelle lisätään bitumikermi tai nostetaan alajuoksupuut harkkojen päälle. Puukorotettu lattiarakenne voidaan poistaa kokonaisuudessaan ja muuttaa kaksoislaattalattiaksi, jossa ei ole käytetty kosteudelle herkkiä materiaaleja. /25./

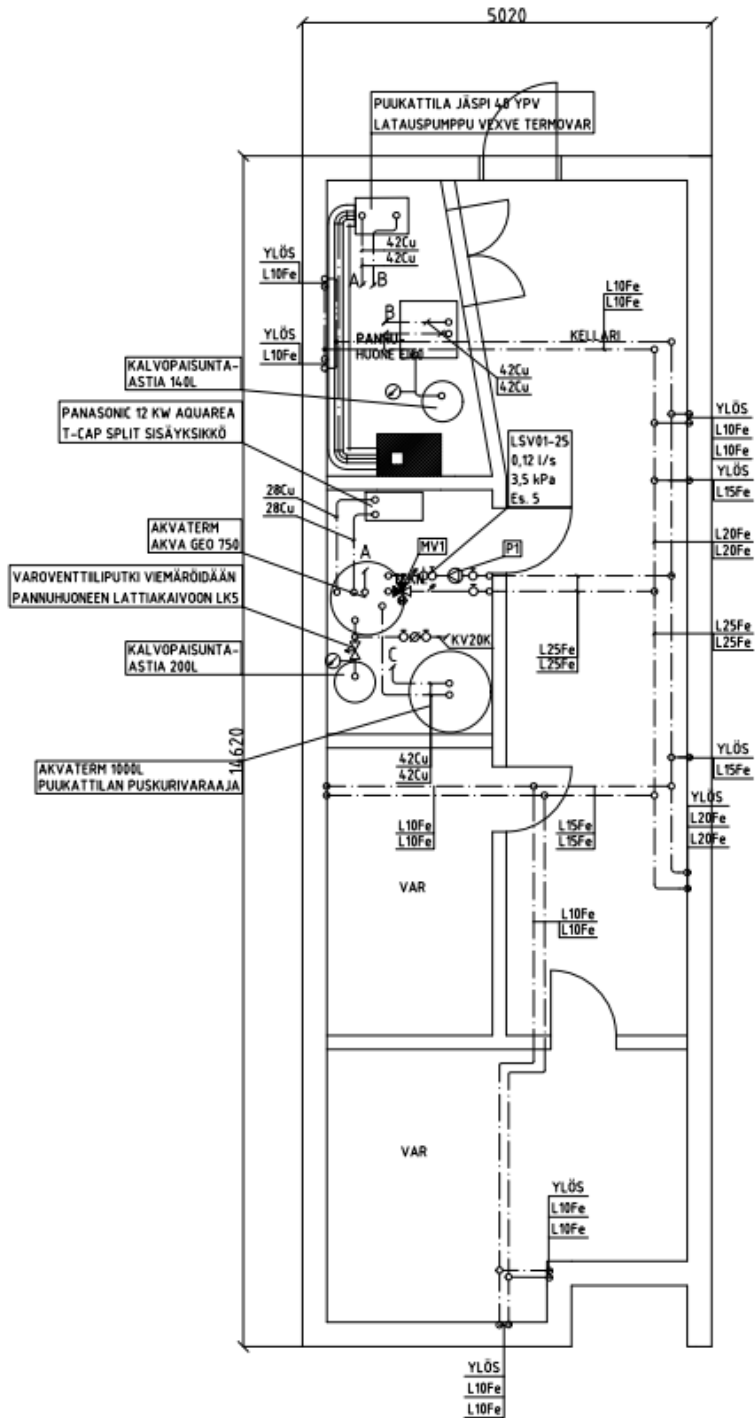
## Lattialämmityksen lisälämpöhäviön laskenta

Huone	Mitoituslämpöhäviö Mag/Cad Room [W]	Alapohjan mitoituspinta-ala [m <sup>2</sup> ]	Ala- tai välipohjan U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]	Lämpötilaero [K]	Kerroin	Alapohjan lisälämpöhäviö [W]	Kokonaismitoitustulostuslämpöhäviö [W]
VH2	132	1,9	0,34	6	0,32	1	133
WC A-OSA	104	2,3	0,34	6	0,32	2	106
MH2 A-OSA	998	13	0,34	6	0,32	8	1006
OH A-OSA	2112	31,5	0,34	6	0,32	21	2133
K A-OSA	600	12,6	0,34	6	0,32	8	608
ET A-OSA	205	7,4	0,34	6	0,32	5	210
KH B-OSA	432	9,8	0,2	13,4	0,32	8	440
KÄYTTÄVÄ B-OSA	23	5,0	0,2	12,4	0,32	4	27
MH1 B-OSA	1264	19,1	0,2	12,4	0,32	15	1279
S B-OSA	562	3,6	0,2	12,4	0,32	3	565
VH1 B-OSA	402	5,8	0,2	12,4	0,32	5	407
MH3 B-OSA	925	13,3	0,2	12,4	0,32	11	936
MH4	1879	21,8	0,16	12,4	0,32	14	1893
<b>Yhteensä</b>	<b>9638</b>	<b>147,1</b>	-	-	-	<b>104</b>	<b>9742</b>

Lämpöpiirustus 1. krs, patterilämmitys

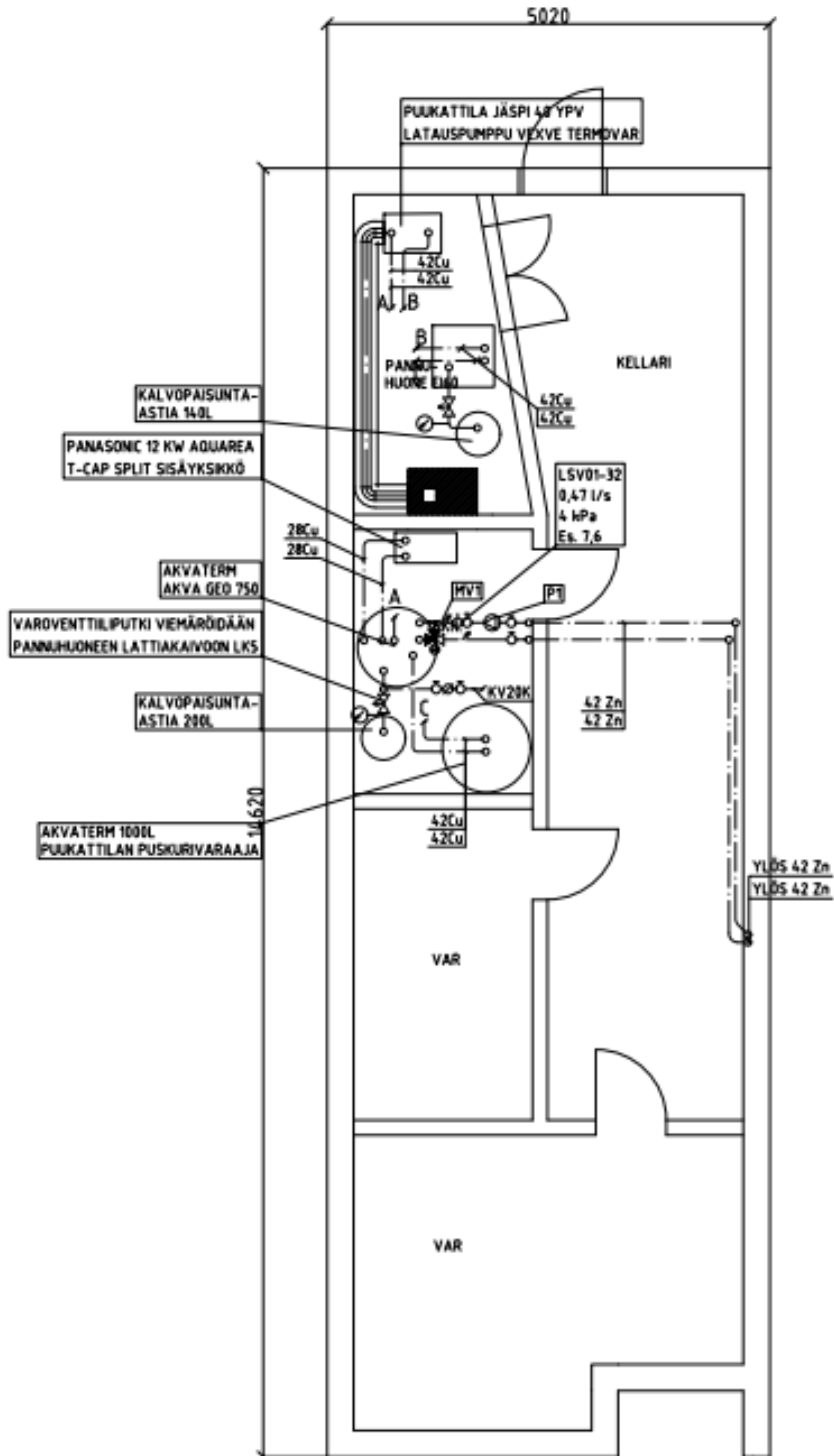


Lämpöpiirustus kellari, patterilämmitys





Lämpöpiirustus kellari, lattialämmitys





## Ilma-vesilämpöpumpun lämmityskauden energiankulutuslaskelma (lämmitysverkoston mitoituslämpötila 80/60 °C)

### ENERGIA JA TEHO

#### KOHTEEN TIEDOT

Tilojen lämmityksen tarve	23 790 kWh/vuosi
- josta käyttöveden osuus	0 kWh/vuosi
Lämmitystehontarve	9,8 kW

#### LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia	-Sähkö	9 502 kWh/vuosi
-------------	--------	-----------------

#### SÄÄSTÖT

Energiansäästö	14 288 kWh/vuosi
CO2 säästöt	2 877 kg/vuosi

#### SÄÄTIEDOT

Vuoden keskilämpötila	4,6 °C
Mitoittava ulkolämpötila, MUT	- 29,0 °C

#### RAKENNUKSEN OLOSUHTEET

Sisälämpötila	21,0 °C
Tilojen lämmitys pysähtyy	17,0 °C
Lämmitys meno MUT:ssa	80 °C
Lämmitys paluu MUT:ssa	60 °C

### LÄMPÖPUMPPU

#### ENERGIALASKENNAN TULOKSET

-NIBE F2120-16 3*400 V		
LP:n tuottama energia		22 265 kWh/vuosi
LP:n kuluttama energia		7 882 kWh/vuosi
Lisäenergia, hyötysuhdekorjattu		1 524 kWh/vuosi
Lämmityksen kiertopumppu		95 kWh/vuosi
Energianpeitto		94 %
Vuosilämpökerroin, LP		2,8
Vuosilämpökerroin, järjestelmä		2,5
Kiinteä tai vaihteleva lauhdutus	Vaihteleva	
Lämpöpumpun teho MUT:ssa		0,0 kW
Ottoteho MUT:SSA		0,0 kW
Laskennallinen lisäteho		9,8 kW
Tehopeitto		0 %
Tasapainolämpötila		- 14,4 °C

#### MUUTA

Astetunnit	111 667 K·h
Käyttöaika	4 375 h
Lämmityksen kiertopumpun teho	3 W
Kerupiirin pumpun teho	0 W
Lämmityksen virtaus	0,12 kg/s

## Ilma-vesilämpöpumpun lämmityskauden energiankulutuslaskelma (lämmitysverkoston mitoituslämpötila 55/35 °C)

### ENERGIA JA TEHO

#### KOHTEEN TIEDOT

Tilojen lämmityksen tarve	23 790 kWh/vuosi
- josta käyttöveden osuus	0 kWh/vuosi
Lämmitystehontarve	9,8 kW

#### LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia	-Sähkö	7 189 kWh/vuosi
-------------	--------	-----------------

#### SÄÄSTÖT

Energiansäästö	16 601 kWh/vuosi
CO2 säästöt	3 339 kg/vuosi

#### SÄÄTIEDOT

Vuoden keskilämpötila	4,6 °C
Mitoittava ulkolämpötila, MUT	- 29,0 °C

#### RAKENNUKSEN OLOSUHTEET

Sisälämpötila	21,0 °C
Tilojen lämmitys pysähtyy	17,0 °C
Lämmitys meno MUT:ssa	55 °C
Lämmitys paluu MUT:ssa	35 °C

### LÄMPÖPUMPPU

#### ENERGIALASKENNAN TULOKSET

-NIBE F2120-16 3*400 V		
LP:n tuottama energia		23 387 kWh/vuosi
LP:n kuluttama energia		6 690 kWh/vuosi
Lisäenergia, hyötysuhdekorjattu		403 kWh/vuosi
Lämmityksen kiertopumppu		97 kWh/vuosi
Energianpeitto		98 %
Vuosilämpökerroin, LP		3,5
Vuosilämpökerroin, järjestelmä		3,3
Kiinteä tai vaihteleva lauhdutus	Vaihteleva	
Lämpöpumpun teho MUT:ssa		0,0 kW
Ottoteho MUT:SSA		0,0 kW
Laskennallinen lisäteho		9,8 kW
Tehopeitto		0 %
Tasapainolämpötila		- 22,2 °C

#### MUUTA

Astetunnit	111 667 K·h
Käyttöaika	4 517 h
Lämmityksen kiertopumpun teho	3 W
Kerupiirin pumpun teho	0 W
Lämmityksen virtaus	0,12 kg/s

## Ilma-vesilämpöpumpun lämmityskauden energiankulutuslaskelma (lämmitysverkoston mitoituslämpötila 35/30 °C)

### ENERGIA JA TEHO

#### KOHTEEN TIEDOT

Tilojen lämmityksen tarve	22 630 kWh/vuosi
- josta käyttöveden osuus	0 kWh/vuosi
Lämmitystehontarve	9,7 kW

#### LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia	-Sähkö	6 685 kWh/vuosi
-------------	--------	-----------------

#### SAÄSTÖT

Energiansäästö	15 945 kWh/vuosi
CO2 säästöt	3 254 kg/vuosi

#### SÄÄTIEDOT

Vuoden keskilämpötila	4,6 °C
Mitoittava ulkolämpötila, MUT	- 29,0 °C

#### RAKENNUKSEN OLOSUHTEET

Sisälämpötila	20,0 °C
Tilojen lämmitys pysähtyy	16,0 °C
Lämmitys meno MUT:ssa	35 °C
Lämmitys paluu MUT:ssa	30 °C

### LÄMPÖPUMPPU

#### ENERGIALASKENNAN TULOKSET

-NIBE F2120-16 3*400 V		
LP:n tuottama energia		22 181 kWh/vuosi
LP:n kuluttama energia		5 909 kWh/vuosi
Lisäenergia, hyötysuhdekorjattu		448 kWh/vuosi
Lämmityksen kiertopumppu		327 kWh/vuosi
Energianpeitto		98 %
Vuosilämpökerroin, LP		3,8
Vuosilämpökerroin, järjestelmä		3,4
Kiinteä tai vaihteleva lauhdutus	Vaihteleva	
Lämpöpumpun teho MUT:ssa		0,0 kW
Ottoteho MUT:SSA		0,0 kW
Laskennallinen lisäteho		9,7 kW
Tehopeitto		0 %
Tasapainolämpötila		- 20,5 °C

#### MUUTA

Astetunnit	104 983 K·h
Käyttöaika	4 443 h
Lämmityksen kiertopumpun teho	3 W
Keruupiirin pumpun teho	0 W
Lämmityksen virtaus	0,46 kg/s

## Patterilämmityksen normituntilaskenta

[etusivu](#)

Mom.4. LÄMMITTIMITYSPATTERIT JA KIERTOILMAKOJEET		1. Yhteen virtauspiiriin kytkettävät			2. Useampaan kuin yhteen virtauspiiriin kytkettävät			3. Tyhjennys, irrotus, uudelleen kiinnitys ja täyttö		
Paino kg	Nimike	Määrä kpl	Normiaika NH/kpl	Yhteensä NH	Määrä kpl	Normiaika NH/kpl	Yhteensä NH	Määrä kpl	NH/kpl	Yhteensä NH
-15	Lämmitin	3	0,90	2,70		1,10	0,00	3	0,15	0,45
-35	"-	3	1,00	3,00		1,20	0,00	3	0,25	0,75
-60	"-	6	1,50	9,00		1,70	0,00	6	0,75	4,50
-100	"-	2	2,00	4,00		2,20	0,00	2	1,25	2,50
-150	"-		2,50	0,00		2,70	0,00		1,75	0,00
-200	"-		3,00	0,00		3,20	0,00		2,25	0,00
Valmiina toimitetut putkilämmittimet ja käyttövesipatterit			0,90	0,00						
<b>NORMIAIKASUMMA</b>				<b>18,70</b>			<b>0,00</b>			<b>8,20</b>

## NORMAALITALO

		NH	NH
SANEERAUSLISÄ 5-30%	7 %		
SISÄPUOLISTEN ASENNUS	1,07		
YHT	1,14	26,90	30,67
ULKOPUOLISTEN ASENNUS	1,07	0,00	0,00
<b>NORMIAIKOJEN SUMMA</b>			<b>30,67</b>

## Lattialämmityksen normituntilaskenta

Mom. 1. METALLIPUTKET JA HITSATTAVAT TERÄSPUTKET / PURISTAMALLA				VAATIVUUSLISÄT JA OLOSUHDELISÄT									
				lisä: Lämönjakuhuonelisä									
Nimike				35 %	35 %	50 %	1 %	1 %	1 %	1 %			
Punistamalla DU	Määrä m	Normiaika NH/m	Yhteensä NH	Punistamalla DU	Määrä m	Määrä m	Määrä m	Määrä m	Määrä m	Määrä m	Määrä m	Yhteensä NH	
-22	0	0,30	0,00	-22								0,00	
-35	38	0,34	12,92	-35		4,0						0,48	
-54	14	0,38	5,32	-54		2,0						0,27	
-63	0	0,41	0,00	-63								0,00	
-76,1	0	0,45	0,00	-76,1								0,00	
-88,9	0	0,49	0,00	-88,9								0,00	
-114,3	0	0,53	0,00	-114,3								0,00	
<b>NORMIAIKASUMMA</b>				<b>NORMIAIKASUMMA</b>				<b>NORMIAIKASUMMA</b>				<b>18,24</b>	<b>0,74</b>

JAKOKAAPPIEN, LAATIKOIDEN JA JAKOTUKKIEKOKOAMINEN			
Putkilukumäärä	Määrä kpl	Normiaika NH	Yhteensä NH
-12	1	1,50	1,50
13 - 30	1	2,50	2,50
30 -		4,00	0,00
Valmiiksi koottu jakokaappi tai jakolaatikko	2	0,30	0,60
<b>NORMIAIKASUMMA</b>			<b>4,60</b>

Mom. 6. PUMPUT, *KOMPRESSORIT JA *KESKUSPÖLYNIMURILAITTEET					Mom. 7. SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ (SEKOITUSRYHMÄ)					
					Säätöjärjestelmä, jossa on moottorikäyttöinen säätöventtiili ja pumppu					
Paino kg	Nimike	Määrä kpl	Normiaika NH/kpl	Yhteensä NH	Putken DU	Määrä kpl	Normiaika NH/kpl	Yhteensä NH		
-35	pumppu,kompres tms	1	1,20	1,20	-22		2,00	0,00		
-50	"-		1,50	0,00	23 - 54		11,00	0,00		
-70	"-		2,00	0,00	55 - 114,3		15,00	0,00		
-100	"-		2,50	0,00	114,4 -		19,00	0,00		
-150	"-		3,00	0,00	219,1 -		22,00	0,00		
-200	"-		3,50	0,00	Säätöjärjestelmä, jossa on 3-venttiili					
-250	"-		4,00	0,00	Putken DU	Määrä kpl	Normiaika NH/kpl	Yhteensä NH		
-300	"-		4,50	0,00	23 - 54	1	4,00	4,00		
-400	"-		5,00	0,00	55 - 114,3		5,00	0,00		
-500	"-		6,00	0,00	114,4-		6,00	0,00		
-700	"-		7,00	0,00	219,1 -		8,00	0,00		
-1000	"-		8,00	0,00	Magneettiventtiili ohituksineen					
					Paineentasausventtiili ohituksineen					
<b>NORMIAIKASUMMA</b>					<b>NORMIAIKASUMMA</b>				<b>1,20</b>	<b>4,00</b>

LIITE 1. KYTKENNÄT MUILLA PUTKILLA								Kylpyhuone-elementtien ja valmiiksi eristettyjen hormistojen kytkentä toisiinsa				
UUSI PUTKI				VANHA PUTKI				50 % LISÄ				
Nimike	ulkohalkaisija DU	kpl	NH/kpl	yht.NH	ulkohalkaisija DU	kpl	NH/haara	yht.NH	DU	kpl	yht.NH	
	-22		0,15	0,00	-22		0,50	0,00	-22		0,00	
	-35		0,25	0,00	-35	2	0,70	1,40	-35		0,00	
	-63		0,35	0,00	-63		0,90	0,00	-63		0,00	
	-88,9		0,55	0,00	-88,9		1,10	0,00	-88,9		0,00	
	-114,3		0,70	0,00	-114,3		1,30	0,00	-114,3		0,00	
	-139,7		0,85	0,00	-139,7		1,50	0,00	-139,7		0,00	
	139,8-		1,00	0,00	139,8-		1,70	0,00	139,8-		0,00	
<b>NORMIAIKASUMMA</b>				<b>0,00</b>	<b>NORMIAIKASUMMA</b>				<b>1,40</b>	<b>0,00</b>		





## ARA:n energia-avustuslaskelma, patterilämmitys



## RAKENNUKSEN TIEDOT

Asuinhuoneistojen lukumäärä:	1	Rakennustyyppi:	Omakotitalo
Lämmitetty nettoala:	140,00	Käyttötarkoitukseluokka:	1a-c
<b>Energiatehokkuuskorjauksien tavoitetaso</b>		<b>E-luvun muutostarve</b>	
	normaali	Lähtötilanteen E-luku	415,00
		E-luvun muutostarve	183
		<b>Tavoite E-luku</b>	<b>232</b>

## KUSTANNUSLASKURI

Avustusprosentti	Kokonaiskustannus	%	Hyväksyttävät
Syötä 20 % avustettavaa kulua sisältävien summa:		20 %	- €
Syötä 50 % avustettavaa kulua sisältävien summa:	5 867 €	50 %	2 934 €
Syötä 100 % avustettavaa kulua sisältävien summa:		100 %	- €
Muu:		35 %	- €
Muu:		56 %	- €
<b>Yhteensä:</b>	<b>5 867 €</b>	<b>50 %</b>	<b>2 934 €</b>

## AVUSTUSLASKURI

Myönnettävä avustus enint.	1 467 €
Avustusprosentti kaikista kuluista	25 %
Avustusprosentti tukikelpoisista kuluista	50 %

## Nettonykyarvon ja suoran takaisinmaksuajan laskenta, patterilämmitys 55/35 °C



## TOIMENPITEEN TALOUDELLINEN KANNATTAVUUS

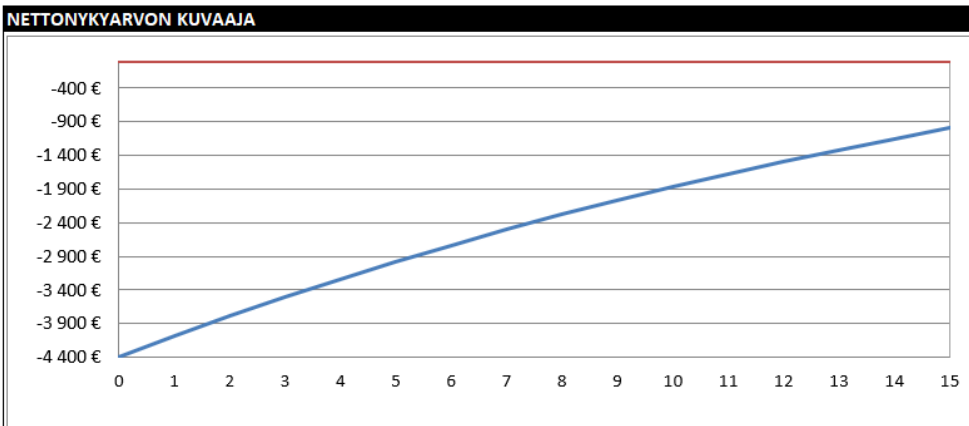
TOIMENPIDE:	Hanke 1
PÄIVÄMÄÄRÄ/TEKIJÄ:	6.3.2018 / Etunimi Sukunimi

LASKENTA-ARVOT	
Tarkastelu-aika	15 a
Reaalinen laskentakorko	5,0 %

TOIMENPITEEN SÄÄSTÖVAIKUTUKSET			
Sähkö	Energian säästö	2,313	MWh/a
	Yksikköhinta	141,8	€/MWh
	Energian hinnan nousu	0,0	%/a
Sähkö	Energian säästö		MWh/a
	Yksikköhinta		€/MWh
	Energianhinnan nousu		%/a
Energialaji 3	Energian säästö		MWh/a
	Yksikköhinta		€/MWh
	Energianhinnan nousu		%/a
Vesi	Veden säästö		m <sup>3</sup> /a
	Yksikköhinta		€/m <sup>3</sup>
	Veden hinnan nousu		%/a
Muut kuin energiaan liittyvät säästöt vuodessa	Summa	0	€/a

TOIMENPITEEN KUSTANNUKSET	
Investoinnin suuruus	4 400 €
Huolto- ja korjauskustannukset vuosittain	0 €/a
Kertaluonteinen huolto- ja korjauskustannus	0 €/a
Huolto- ja korjauskustannuksen toteutusvuosi	0 a

TALOUDELLISET TUNNUSLUVUT LASKENNAN TULOKSENA	
Energia- ja vesikustannusten nettosäästöt vuodessa	328 €/a
Toimenpiteen nettosäästö vuodessa	328 €/a
Suora takaisinmaksuaika	13,42 a
Nettonykyarvo	-996 €
Sisäinen korkokanta	1,43 %



## ARA:n energia-avustuslaskelma, lattialämmitys



Asuinrahoitus- ja kehittämisselitys

## RAKENNUKSEN TIEDOT

Asuinhuoneistojen lukumäärä:	1	Rakennustyyppi:	Omakotitalo
Lämmitetty nettoala:	140,00	Käyttötarkoitusluokka:	1a-c
<b>Energiatohokkuuskorjauksien tavoitetaso</b>		<b>E-luvun muutostarve</b>	
normaali		Lähtötilanteen E-luku	415,00
		E-luvun muutostarve	183
		<b>Tavoite E-luku</b>	<b>232</b>

## KUSTANNUSLASKURI

Avustusprosentti	Kokonaiskustannus	%	Hyväksyttävät
Syötä 20 % avustettavaa kuluja sisältävien summa:		20 %	- €
Syötä 50 % avustettavaa kuluja sisältävien summa:	16 236 €	50 %	8 118 €
Syötä 100 % avustettavaa kuluja sisältävien summa:		100 %	- €
Muu:		35 %	- €
Muu:		56 %	- €
<b>Yhteensä:</b>	<b>16 236 €</b>	<b>50 %</b>	<b>8 118 €</b>

## AVUSTUSLASKURI

Myönnettävä avustus enint.	4 000 €
Avustusprosentti kaikista kuluista	25 %
Avustusprosentti tukikelpoisista kuluista	49 %

## Nettonykyarvon ja suoran takaisinmaksuajan laskenta, lattialämmitys 35/30 °C



## TOIMENPITEEN TALOUDELLINEN KANNATTAVUUS

TOIMENPIDE:	Hanke 1
PÄIVÄMÄÄRÄ/TEKIJÄ:	6.3.2018 / Etunimi Sukunimi

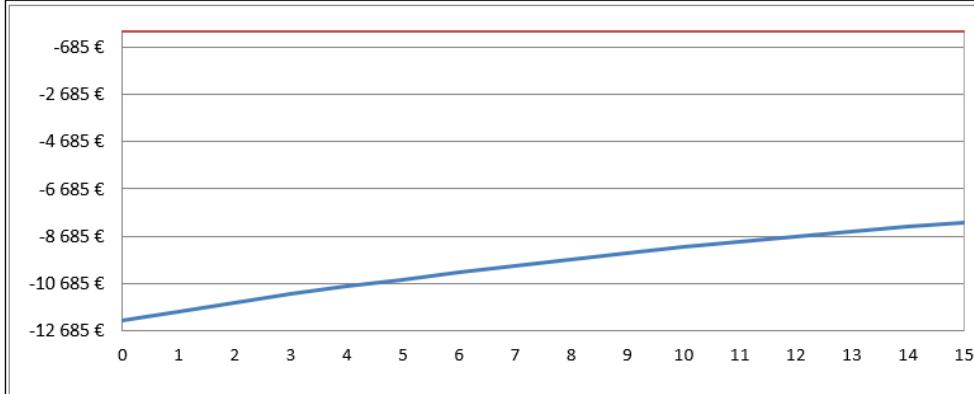
LASKENTA-ARVOT	
Tarkasteluaika	15 a
Reaalinen laskentakorko	5,0 %

TOIMENPITEEN SÄÄSTÖVAIKUTUKSET			
Sähkö	Energian säästö		2,817 MWh/a
	Yksikköhinta		141,8 €/MWh
	Energian hinnan nousu		0,0 %/a
Sähkö	Energian säästö		MWh/a
	Yksikköhinta		€/MWh
	Energianhinnan nousu		%/a
Energialaji 3	Energian säästö		MWh/a
	Yksikköhinta		€/MWh
	Energianhinnan nousu		%/a
Vesi	Veden säästö		m <sup>3</sup> /a
	Yksikköhinta		€/m <sup>3</sup>
	Veden hinnan nousu		%/a
Muut kuin energiaan liittyvät säästöt vuodessa	Summa		0 €/a

TOIMENPITEEN KUSTANNUKSET	
Investoinnin suuruus	12 236 €
Huolto- ja korjauskustannukset vuosittain	0 €/a
Kertaluonteinen huolto- ja korjauskustannus	0 €/a
Huolto- ja korjauskustannuksen toteutusvuosi	0 a

TALOUDELLISET TUNNUSLUVUT LASKENNAN TULOKSENA	
Energia- ja vesikustannusten nettosäästöt vuodessa	399 €/a
Toimenpiteen nettosäästö vuodessa	399 €/a
Suora takaisinmaksuaika	30,63 a
Nettonykyarvo	-8 090 €
Sisäinen korkokanta	-7,83 %

## NETTONYKYARVON KUVAAJA



## Tarvikkeiden massalista

Lattialämmitysrungot			
Tuote	LVI-numero	kpl/m	
Vexve AMV 3121, DN25, Kvs 8	4023182	1	kpl
TERÄSPUTKI ZN 42x1,5x6000 RM	498011	14	m
TERÄSPUTKI ZN 35x1,5x6000 RM	498010	4	m
TERÄSPUTKI ZN 28x1,5x6000 RM	498009	34	m
KAKSOISNIPPA MUSTA 1 ONNLINE	728006	7	kpl
SUPISTUSKAKSOISNIPPA MUSTA 1 1/2x1 1/4 ONNLINE	724522	2	kpl
SUPISTUSKAKSOISNIPPA MUSTA 1x3/4 ONNLINE	724513	1	kpl
PURISTUSLIITIN UK ZN 35x1 1/4 UK, RM	486568	9	kpl
PURISTUSLIITIN SK ZN 35x1 SK, RM	486584	6	kpl
PURISTUSLIITIN SK ZN 42x1 1/2 SK, RM	486623	2	kpl
PURISTUS T-YHDE SK ZN 35x1x35 RM	486471	2	kpl
PURISTUS T-YHDE ZN 35 RM	486456	1	kpl
PURISTUSKÄYRÄ 90 S/S ZN 35 RM	486415	4	kpl
PURISTUSKÄYRÄ 90 S/S ZN 42 RM	486416	12	kpl
PURISTUSKÄYRÄ 90 S/S ZN 28 RM	486414	8	kpl
PURISTUS T-SUPISTUSYHDE ZN 42x35x42 RM	486497	2	kpl
PURISTUS SUPISTUSYHDE U/S ZN 42x28 RM	486597	2	kpl
PURISTUSLIITIN UK ZN 28x3/4 RM	486566	4	kpl
LINJASÄÄTÖVENTTIILI STAD TA 1 1/4 PN25 TA52851-132	4014211	2	kpl
PALLOVENTTIILI ONNLINE EM 1 1/4 SK PN25	3711115	3	kpl
LINJASÄÄTÖVENTTIILI STAD TA 3/4 PN25 TA52851-120	4014207	1	kpl
PALLOVENTTIILI ONNLINE EM 3/4 SK PN25	3711113	1	kpl

ALPHA1 32-80 180	99199597	1	kpl
KIERRELIITIN GRUNDFOS LIITIN G2xRP 1 1/4	4616557	1	kpl
C-PIDIN 211 Zn ONNLINE 40-43mm M8 ERISTETTY	3219449	8	kpl
C-PIDIN 211 Zn ONNLINE 32-35mm M8 ERISTETTY	3219448	6	kpl
C-PIDIN 211 Zn ONNLINE 26-28mm M8 ERISTETTY	3219447	20	kpl
Jalkaruuvi m8x80mm	-	34	kpl
Nailontulppa 10 mm	-	14	kpl
Jatkomutteri m8	-	14	kpl
Kierretanko m8x2000mm	-	2	kpl
ROCKWOOL FLEX KIVIVILLAKOURU 28/30 1,0/16m	3109052	34	m
ROCKWOOL FLEX KIVIVILLAKOURU 35/30 1,0/16m	3109056	4	m
ROCKWOOL FLEX KIVIVILLAKOURU 42/30 1,0/14m	3109061	14	m
Alumiiniteippi 50 mm x 50 m		2	kpl

<b>Lattialämmitystuotteet</b>			
Lattialämmitysjakotukki, 2-lähtö, (ei venttiileitä)	-	1	kpl
Pintamallin asennuskaappi, 2-lähtö		1	kpl
Lattialämmitysjakotukki, 9-lähtö, (ei venttiileitä)	-	1	kpl
Uppomallin asennuskaappi, 9-lähtö	-	1	kpl
Toimilaite	-	10	kpl
Langaton termostaatti	-	5	kpl
16 mm lattialämmityspotki	-	725	m
Esim. LK Kiinnitinsanka 12-20 (270 kpl/paketti)	241 81 47	3	kpl
Esim. TAIVUTUSKULMA ROTH 16-18mm PVC	2016500	22	kpl
<b>Sähkötuotteet</b>			
ASENNUSKAAPELI OPAL MMJ 3x1,5 S 10M OPAL	ANZ560	1	kpl
ASENNUSPUTKI OPAL TAM 20 TAIPUIZA MUOVI 10M	1135007	1	kpl
PISTORASIA JUSSI 1S/16A/IP21 PPJ 0X VAL	2406131	2	kpl
<b>Lattiaeristeet</b>			
XPS-levy 80 mm		64	m2
XPS-levy 70 mm		20	m2

<b>Purmo</b>
C11-400-600
C11-400-600
ULOW E2-500-1400
C22-500-3000
C22-500-2000
C22-600-1200
C22-400-600
C22-500-1000
C22-400-3000
C22-500-1200
C21-500-1200
C22-600-1600
C22-500-2000
C22-500-1400

