



# 90- luvun pientalon energiatehokkuuden parantaminen

Alexi Setälä

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2023

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Rakennustuotanto

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Rakennustuotanto

SETÄLÄ, ALEKSI

90- luvun pientalon energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 11 sivua  
Huhtikuu 2023

---

Viimevuosina Suomessa kiristyneiden uudisrakennusten energiatehokkuusvaatimusten, energian hinnan ja hiilipäästöjen ansiosta myös kiinnostus korjauskohteiden energiatehokkuusparannuksia kohtaan on kasvanut. Suomen vanha rakennuskanta ei ole kovin energiatehokasta ja korjaustoimenpiteillä voidaan saada merkittäviä parannuksia rakennusten energiatehokkuuteen.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä on melko joustava, joka mahdollistaa erilaiset parannussuunnitelmat kohteesta riippuen. Korjauskohteet suunnitellaan aina omina kohteinaan niiden erillaisuuksien takia ja joustavat säädökset mahdollistava jokaiseen kohteeseen toimivan korjaussuunnitelman tekemisen.

Energiatehokkuutta parannettaessa on tärkeää huomioida rakennuksen ja sen rakenteiden toimiminen myös remontin jälkeen. Rakennusta on syytä tutkia rakennusfysikaalisesti, mutta myös ilmanvaihdon kannalta, jotta sisäilmaongelmia ei pääse syntymään.

Energiatehokkuusremonttia suunnitellessa asiakasta kiinnostaa usein myös konkreettiset saatavat hyödyt remontista. Remontin takaisinmaksuaika sekä vuotuiset säästöt ovat kuluttajalle merkittävä asia remonttia suunnitellessa.

Opinnäytetyön tuloksina suunniteltiin energiatehokkaita rakenteita ja korjaussuunnitelmia siitä, miten vanhat rakenteet korjataan. Tehdyistä rakenteista tehtiin laskelmia niiden energiatehokkuudesta, kustannuksista sekä takaisinmaksuajoista. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että energiatehokkuuden parantaminen on tehokkainta tehdä muiden remonttien yhteydessä kustannusten tasaimiseksi. Tuloksien perusteella voidaan todeta, että Suomen rakennuskannassa on paljon rakennuksia, jotka vaativat parannuksia energiatehokkuuteen.

---

Asiasanat: energiatehokkuus, lämmöneristäminen, kannattavuus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Construction Engineering  
Construction Production

SETÄLÄ, ALEKSI:  
Improving the Energy Efficiency of a 90s Small House

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 11 pages  
April 2023

---

During the recent years, the energy efficiency requirements for new small houses have tightened in Finland, and the energy efficiency improvements in the areas of interest have also increased. Old buildings in Finland are not very energy efficient and big improvements can be made with small renovations to building's electricity usage and energy efficiency.

The regulations of the Ministry of the Environment for renovation works are quite flexible, which enables different improvement plans depending on the project. Repair projects are always planned as separate projects due to their differences, and flexible regulations enable a repair plan that works for each project to be made.

While improving the energy efficiency, it is important to consider the functioning of the building even after the renovation. The building should always to be examined in terms of building physics, but also in terms of ventilation so that indoor air problems do not arise.

When planning an energy efficiency renovation, the customer is often interested of benefits and costs of the renovation project. The payback period of the renovation and the annual savings are important things for the consumer while planning the project.

---

Key words: energy efficiency, insulation, viability

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	Pientalon energiatehokkuuden parantaminen.....	8
2.1	Pientalon energiankulutuksen jakautuminen .....	8
2.2	Energiatehokkuuden historiaa.....	8
2.3	Vanhan pientalon energiatehokkuuden parantamisen keinot.....	9
2.3.1	Lämmitysjärjestelmän vaihtaminen.....	9
2.4	Energiatehokkuus korjausrakentamisessa .....	10
2.5	Energiatehokkuuden strategia .....	11
2.6	Rakennusfysiikka osana korjausrakentamista .....	11
2.7	Uusi asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta ...	12
3	ESIMERKKIKOHTTEEN ESITTELY .....	13
3.1	Rakennuksen tiedot .....	14
3.2	Rakenteet.....	14
3.2.1	Ulkoseinien rakenne .....	14
3.2.2	Yläpohjan rakenne.....	15
3.2.3	Alapohjan rakenne.....	16
3.3	Rakennuksen energiatehokkuus nykyisillä rakenteilla .....	16
3.4	Alkuperäisten rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen ...	17
4	ESIMERKKIKOHTTEEN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN	18
4.1	Ulkoseinien eristeiden vaihto .....	18
4.1.1	Uusi rakenne .....	18
4.1.2	Rakenteen energiatehokkuus.....	19
4.2	Ulkoseinän sisäpuolinen lisäeristys.....	19
4.2.1	Uusi rakenne .....	20
4.2.2	Rakenteen energiatehokkuus.....	21
4.3	Yläpohjan eristeiden vaihto .....	21
4.3.1	Uusi rakenne .....	21
4.3.2	Rakenteen energiatehokkuus.....	22
4.4	Rakennusfysikaaliset tarkastelut.....	22
4.5	Rakenteiden tiiveys.....	24
4.6	Muita tapoja energiatehokkuuden parantamiseen .....	24
4.6.1	Ikkunoiden ja ovien parantaminen .....	25
4.6.2	Aurinkoenergian hyödyntäminen .....	25
4.6.3	Esimerkkikohteen lämmitysjärjestelmän vaihto .....	26
5	TULOKSET.....	27

5.1 Remonttien hinnat .....	27
5.1.1 Ulkoseinän eristeiden vaihto .....	28
5.1.2 Ulkoseinän lisäeristäminen .....	28
5.1.3 Yläpohjan eristeiden vaihto .....	28
5.2 Takaisinmaksuajat .....	29
5.2.1 Ulkoseinän eristeiden vaihdon takaisinmaksuaika .....	29
5.2.2 Ulkoseinän lisäeristämisen takaisinmaksuaika .....	30
5.2.3 Yläpohjan eristeiden vaihdon takaisinmaksuaika .....	30
5.3 Parhaimmat vaihtoehdot remontin toteuttamiseen .....	31
5.4 Saadut hyödyt .....	32
6 POHDINTA .....	33
LÄHTEET .....	35
LIITTEET .....	37
Liite 1. Esimerkkikohteen laskennallinen energiankulutus ja E-luku ...	37
Liite 2. Ulkoseinän eristeiden vaihdon U-arvo laskenta ja kosteustarkastelu .....	41
Liite 3. Saatuja tuloksia ostoenergian määrästä eri korjausvaihtoehdoilla .....	42
Liite 4. Ulkoseinän lisäeristämisen U-arvo laskenta ja kosteustarkastelut .....	43
Liite 5. Yläpohjan eristeiden vaihdon U-arvo laskenta ja kosteustarkastelut .....	44
Liite 6. Excel laskenta rakennustöiden kustannuksista .....	45

**ERITYISSANASTO**

Rakennustilavuus	Rakennustilavuus on rakennuksen vaipan ulkopinnan rajaama ala, joka rajoittuu uloimpaan lämpimään rakennekerrokseen.
Ilmatilavuus	Ilmatilavuus on rakennuksen sisäpintojen rajaaman alueen tilavuus. Ilmatilavuuteen ei lasketa mukaan välipohjia.
U-arvo	U-arvo eli lämmönläpäisykerroin on lämpövirran tiheys joka läpäisee rakennusosan. U-arvo tunnettiin aiemmin nimellä k-arvo.
E-luku	Energiamuotojen kertoimilla painotettu ostoenergian laskennallinen ominaiskulutus.
Lambda	Lambda-arvo kertoo materiaalin lämmönjohtavuudesta. Lambda kertoo kuinka hyvin materiaali johtaa lämpöä lävitseen kun lämpötilaero ainekerrosten välillä on yksikön suuruinen.
Energialuokka	Energialuokka eli energiankulutusasteikko ilmaisee kilowattituntien määrän jonka rakennus tarvitsee neliometriä kohden normaalikäytössä. Tässä luokituksessa energialuokka A on paras ja G huonoin.

## 1 JOHDANTO

Suomessa on suuri määrä pientaloja, jotka ovat korjausrakentamisen tarpeessa. Rakennusten energiakustannukset ovat nousseet vuoden 2022 energiakriisin takia. Energiamääräykset ovat viime vuosina tiukentuneet etenkin uusien rakennusten, mutta myös korjauskohteiden kohdalla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja suunnitella korjausrakentamisehdotuksia vuonna 1990 -valmistuneelle puurakenteiselle pientalolle. Työ tehdään Kingspan Insulation Oy:n toimeksiannosta. Työ rajattiin 90-luvulla valmistuneisiin rakennuksiin, sillä vanhemmalle rakennuskannalle on tehty jo useita energiatehokkuutta parantavia remontteja ja tutkimuksia, mutta tuloksia uudemmista rakennuksista on verrattain vähän.

Korjausrakentamista suunnitellessa on aina otettava huomioon vanhat olemassa olevat rakenteet. Niihin tehtävät korjaustoimenpiteet tulee suunnitella tarkasti, jotta rakenteisiin ei pääse syntymään kosteusvauroita. Rakenteen tiiveys tulee aina varmistaa ja saada mahdollisimman hyväksi, jotta ilmanvaihto toimii toivottulla tavalla.

Esimerkkikohteessa keskitytään rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen ulkoseinien ja yläpohjan osalta. Myös muita korjauksia, joista voidaan saada merkittäviä energiasäästöjä tullaan kommentoimaan. Rakennuksen energiankulutuksesta 16 % johtuu ulkoseinistä ja 12 % yläpohjasta. Lämmöneristysten parantamisella näissä rakenteissa voidaan siis saada merkittäviä hyötyjä.

Tässä opinnäytetyössä tullaan suunnittelemaan kohteelle muutama korjausrakentamisehdotus ulkoseinien ja yläpohjan osalta. Rakenteet suunnitellaan kosteusteknisesti turvallisiksi ja säädösten mukaisiksi. Rakenteista tehdään U-arvo laskelmat sekä kosteustekniset tarkastelut. Rakennuksen tietojen perusteella rakennukselle lasketaan E-luku sekä laskennallinen energiankulutus, joiden avulla arvioidaan korjaustavoilla saatavia energiasäästöjä. Kohteeseen suunniteltavalle remontille tehdään myös kustannusarvio sekä arvio remontin takaisinmaksuajasta.

## **2 Pientalon energiatehokkuuden parantaminen**

Viimeaikainen energian hinnan nousu ja lainsäädännön muutokset ovat lisänneet kiinnostusta vanhojen rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen.

### **2.1 Pientalon energiankulutuksen jakautuminen**

Ympäristöhallinnon yleisen verkkopalvelun tietokannan mukaan pientalojen energiankulutuksesta noin puolet koostuu rakennuksen lämmityskustannuksista. Lämpimän veden osuus on n. 20 % ja kotitaloussähkön n. 30 %. Lisäeristämällä ja rakennuksen tiiveyttä parantamalla voidaan pienentää rakennuksen lämmityskustannuksia huomattavasti, sillä lämpöhukka pienenee jolloin tarvittava os-toenergian määrä pienenee. (Pientalon energiankulutus ja päästöt 2016)

### **2.2 Energiatehokkuuden historiaa**

U-arvo vaatimukset ovat Suomessa tiukentuneet merkittävästi etenkin viimeisen 50 vuoden aikana. Taulukossa 1 on esitetty U-arvo vaatimusten muuttuminen ajan myötä. Vielä vuonna 1975 uudisrakennuksen ulkoseinän vaadittu U-arvo oli  $0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Nykyään, vuonna 2023, vaadittava U-arvo uudisrakenteen ulkoseinälle on  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja voidaan olettaa, että vaatimukset tulevat jatkossa tiukentumaan. Muuttuneiden säädösten myötä uudisrakennusten energiatehokkuus on parantunut ajan myötä.



TAULUKKO 1. U-arvovaatimusten muuttuminen vuosittain. (Ikkunoiden ja ovien energiatehokkuus 2021, 4)

	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,40	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maavarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0

## 2.3 Vanhan pientalon energiatehokkuuden parantamisen keinot

Vanhoissa pientaloissa on useita hyviä keinoja parantaa rakennusten energiatehokkuutta. Rakennusten vanhat ikkunat ja ovet eivät usein ole kovin energiatehokkaita, joten niiden uusiminen on yksi suositeltava keino. Vanhoissa rakennuksissa on usein käytetty lämmöneristeinä purueristeitä ja lasi- tai mineraalivillaa, jotka eivät lämmönvastukseltaan pärjää nykyaikaisille PIR-, PUR- ja fenolieristeille. Eristeiden vaihtaminen tai lisäeristäminen onkin usein tehokkain tapa parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Kovia eristeitä käytettäessä eristekerroksesta voidaan tehdä myös huomattavasti aiempaa tiiviimpi, joka mahdollistaa pienemmän lämpöhukan ja vähentää kylmäsiltoja. Kyseisissä vaihtoehtoissa on kuitenkin huomioitava ilmavaihdon toimivuus, jotta sisäilma- tai kosteusongelmia ei pääse syntymään.

### 2.3.1 Lämmitysjärjestelmän vaihtaminen

Muita hyviä tapoja parantaa vanhojen rakennusten energiatehokkuutta on vaihtaa lämmitysmuotoa. Vanhoissa rakennuksissa yleisimpiä lämmitysmuotoja ovat öljy- ja sähkölämmitys joista pois vaihtaminen esimerkiksi kauko- tai maalämpöön pienentää rakennuksen ostoenergiankulutusta sekä hiilijalanjälkeä. Fossilisista polttoaineista luopuminen on yksi osa Suomen ilmastostrategiaa, jolloin vaihtoehtoa voidaan pitää suositeltavana.

## 2.4 Energiatehokkuus korjausrakentamisessa

Uudisrakentamisen tiukkenneiden U-arvo vaatimusten ohella myös korjausrakentamisen vaatimuksia on tiukennettu. Rakenteiden energiatehokkuuden parantamisessa eristys ja eristyksen parantaminen on isossa osassa. Ympäristöministeriö on vuonna 2013 julkaissut määräyskokoelman 4/13, jossa käsitellään rakennusten energiatehokkuuden parantamista korjaus ja muutostöissä. Asetus koskee vain rakennusluvan vaatimaa korjausrakentamista ja siinä on esitetty kolme eri vaihtoehtoa rakennusten energiatehokkuuden parantamiselle. (Ympäristöministeriön asetus 4/13 2013)

Yksi vaihtoehto on yksittäisten rakenneosien U-arvojen parantaminen. Ulkoseinien osalta asetuksessa todetaan, että alkuperäinen U-arvo tulee puolittaa, kuitenkin niin, että arvo on enintään  $0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . Yläpohjan kohdalla pätee myös U-arvon puolitusvaatimus, mutta uuden U-arvon tulee olla enintään  $0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . Alapohjan osalta asetuksessa todetaan, että parannustoimenpiteet tulee tehdä mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriön asetus 4/13 2013, 2.)

Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa myös pienentämällä rakennuksen laskennallista E-lukua. Pientalojen kohdalla uuden laskennallisen E-luvun tulee olla 80 % alkuperäisestä E-luvusta. (Ympäristöministeriön asetus 4/13 2013, 3.)

Kolmas tapa energiatehokkuuden parantamiseen on rakennuksen standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen pienentäminen. Pientalojen kohdalla standardikäyttöön perustuvan energiankulutuksen maksimiarvo on  $180 \text{ kWh/m}^2$  (Ympäristöministeriön asetus 4/13 2013, 3.)

Eristämisen lisäksi muita korjaustapoja energiatehokkuuden parantamiseen on taloteknisten järjestelmien parantaminen sekä etenkin vanhemmissa rakennuk-

sisä ikkunoiden ja ovien U-arvojen parantaminen. Asetuksessa vaadittu taso ikkunoille ja oville on enintään 1,0 W/m<sup>2</sup>K. (Ympäristöministeriön asetus 4/13 2013, 2.)

## **2.5 Energiatohokkuuden strategia**

Suomessa on luotu vuonna 2018 osana rakennusten energiatohokkuusdirektiiviä strategia, jonka tavoitteena on luopua fossiilisista polttoaineista ja leikata olemassa olevien rakennusten päästöistä 40 % vuoteen 2050 mennessä. Strategiaa on päivitetty vuonna 2020. Etenkin vanhoissa rakennuksissa (ennen vuotta 2000) lämmitysenergian keskimääräinen kulutus on melko korkea ja strategian tavoitteena on laskea näitä kulutuslukuja. (Ympäristöministeriön julkaisu 2020, 10.)

## **2.6 Rakennusfysiikka osana korjausrakentamista**

Korjausrakentamista suunnitellessa vanhojen rakennusten ja niiden rakenteiden toimiminen tulee varmistaa myös remontin jälkeen. Eristeiden vaihdossa ja lisäeristämisessä riskitekijöiksi nousee usein rakenteen riittävän tuulettumisen takaaminen, ilmavuodot sekä kastepisteen muodostuminen rakenteen sisälle. Mikäli näitä asioita ei oteta huomioon, rakenteeseen voi tiivistyä kosteutta, joka pahimmissa tapauksissa johtaa homeen syntymiseen sekä kosteusvaurioihin. Rakennuksen ilmanvaihdon toimivuudesta tulee huolehtia rakennuksen tiiveyden parantamisen jälkeen, sillä korjauksen myötä rakennuksen ilmanvaihdon korvausilman kulkua voi olla tarpeen parantaa etenkin rakennuksissa joissa ilmanvaihto on painovoimainen tai perustuu koneelliseen poistoon.

Tässä työssä korjattavien rakenteiden kosteustarkastelut ja muut rakennusfysiikkaaliset tarkastelut tehdään DOF-Lämpö 2.2 -ohjelmistoa käyttämällä. Rakennetta tutkittaessa on tärkeä varmistua ettei rakenteen sisään pääse syntymään kondensaatiovaikutuksia eikä rakenteeseen jää rakennusaikaista kosteutta.

## 2.7 Uusi asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta

EU-parlamentti hyväksyi maaliskuussa 2023 uuden lakiesityksen koskien rakennusten energiatehokkuuden parantamista. Esityksen mukaan kaikkien uusien rakennusten tulisi olla päästöttömiä vuodesta 2028 lähtien. Lisäksi kaikki uudet rakennukset tulisi varustaa aurinkoenergiatekniikalla vuoteen 2028 mennessä, mikäli se on teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa. Korjauskohteita aurinkoenergiaan siirtyminen tulisi tehdä vuoteen 2032 mennessä. (Rakennusten energiatehokkuus: EU-parlamentti hyväksyi kantansa, 2023.)

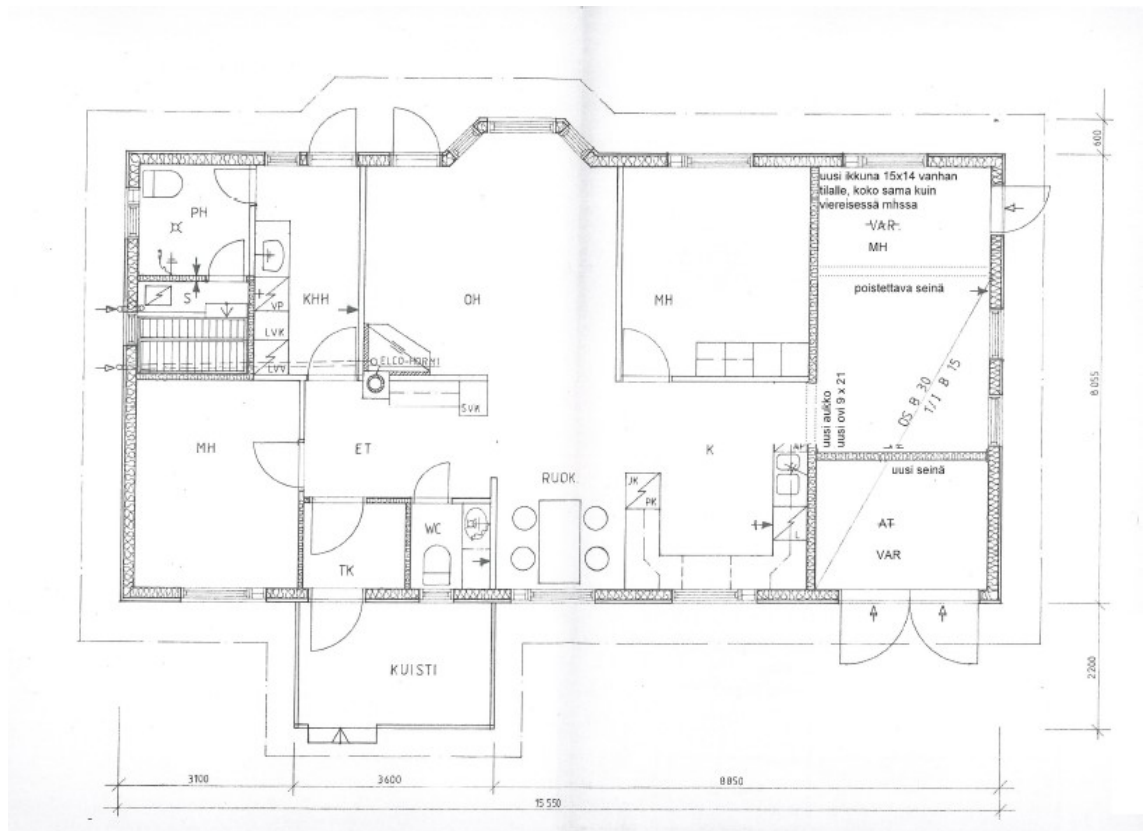
Merkittäviä ja eniten suomalaisia koskeva kohta esityksessä on rakennusten energiatehokkuusluokan parantaminen. Kaikkien asuinrakennusten Suomessa tulisi saavuttaa vähintään energialuokka E vuoteen 2030 mennessä ja luokka D vuoteen 2033 mennessä. Vaikka tässä työssä esimerkkitapahtumana käytetty rakennus täyttää jo vaatimukset, on työssä esitetyt ratkaisut suositeltavia rakennuksiin jotka eivät vielä täytä luokkia, sillä rakennusten eristyksen parantaminen on helppo ja melko kustannustehokas tapa parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ja energiatehokkuusluokkaa. (Rakennusten energiatehokkuus: EU-parlamentti hyväksyi kantansa, 2023.)

Rakennusteollisuuden asiamies Jani Kemppainen kertoo blogissaan epäilevänsä ettei muutokset tule kokonaisuudessaan voimaan Suomessa. Kemppainen uskoo muutosten koskevan lähinnä teollisuusrakennuksia. Hänen mukaansa asuinrakennuksille on myös tulossa korjauksia, mutta ei niin suuressa mittakaavassa kuin lakiesityksessä esitetään. Lopulta voimaan tulevat lait ja asetukset säädetään kolmikantaneuvotteluissa ja kansalliset lainsäädännöt astuisivat voimaan vuoden 2026 alussa. (Kemppainen 2023.)

### 3 ESIMERKKIKOHTTEEN ESITTELY

Työssä käytettävä rakennus on Pirkanmaalla sijaitseva puurakenteinen pientalo. Rakennus on valmistunut vuonna 1990. Kohde on yksikerroksinen. Kohteeseen on tehty koneellinen tulo-poisto -ilmanvaihto vuonna 2019. Kohteessa on tehty v. 2019 muutostyö jossa entinen autotalli on muutettu lämpimäksi huoneistotilaksi ja varastoksi. Samassa yhteydessä yksi ikkuna on uusittu ja rakennukseen on lisätty yksi ovi sekä ikkuna.

Rakennuksen pohjapiirustus on esitetty kuvassa 1. Rakennuksessa on maanvarainen alapohja, jonka energiatehokkuuden parantamista ei sisällytetä tähän työhön sen haastavuuden vuoksi. Rakennuksen ulkoseinät ja suurin osa ikkunoista on alkuperäisessä kunnossa.



KUVA 1. Rakennuksen pohjapiirustus.

### 3.1 Rakennuksen tiedot

Yksikerroksisen rakennuksen pinta-ala on 126,4m<sup>2</sup>. Kohteen rakennustilavuus on 457m<sup>3</sup> ja ilmatilavuus 379m<sup>3</sup>. Rakennuksen sisäkorkeus on 2500mm. Rakennuksen lämmitys tapahtuu sähköpattereilla ja niiden tukena on ilma-ilmalämpöpumppu Daikin FTXTM40M2V1B vm. 2019. Kohteen mitat ja tilavuudet on laskettu olemassa olevien piirustusten perusteella. Kohteen ilmanvaihtokone on malliltaan Vallox 110 mv ja vuosimalliltaan 2019. Kohde on sähkölämmitteinen, joten myös lämmin käyttövesi lämpiää sähköllä. Saunassa sijaitseva varaaja on malliltaan RST Jäspi vls 200s 3.0 KW 3-v. Varaajan vuosimalli on 2020. Lämpimän käyttöveden putkisto on eristämätön. Kosteissa tiloissa on käytössä lattialämmitys. Kohteen E-luku ja laskennallinen energiankulutus on laskettu yllä olevien tietojen avulla.

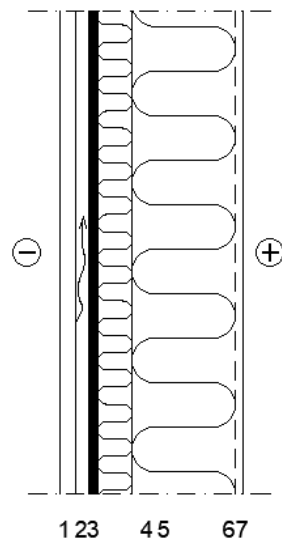
### 3.2 Rakenteet

Kohteen alkuperäiset rakenteet on saatu rakennekuvista ja rakenteiden pinta-alat laskettu ARK- sekä pohjakuvista. Katon ala kohteessa on 198,98m<sup>2</sup>. Kohteen ulkoseinien ala on 156,95m<sup>2</sup>.

#### 3.2.1 Ulkoseinien rakenne

Ulkoseinien rakenne on esitetty kuvassa 2. Rakenne on melko tyypillinen 90-luvun pientalon rakenne. Ulkopuolen julkisivuna on ulkovuorilauta. Ulkovuorilaudan ja tuulensuojalevyn välissä on 20 mm ilmarako. Seinän runko on toteutettu kahdella eri runkopuulla. Ulommaisena kerroksena on 45x45 mm runkopuut ja sisempänä 45 x 145 mm runkopuut. Runko on toteutettu k600 jaolla. Runkopuiden välissä on mineraalivillakerrokset 50 mm + 150 mm. Seinän sisäpinnassa on höyrynsulku sekä 12 mm lastulevy sisäpuolisena pintamateriaalina. Alkuperäisen ulkoseinän U-arvo on 0,21 W/m<sup>2</sup>K. Kohteen alkuperäiset ikkunat ovat kolmelasisia MSKL-ikkunoita.

### Alkuperäinen Rakenne



#### Rakenne

- 1 Ulkovuorilauta 22 mm/16 mm
- 2 Ilmarako 20 mm
- 3 Tuulensuojalevy 12 mm
- 4 Puurunko 45x45 mm + 45x145 mm k600
- 5 Mineraalivilla 50 + 150 mm
- 6 Höyrynsulku
- 7 Lastulevy 12 mm/ Gyproc 13 mm

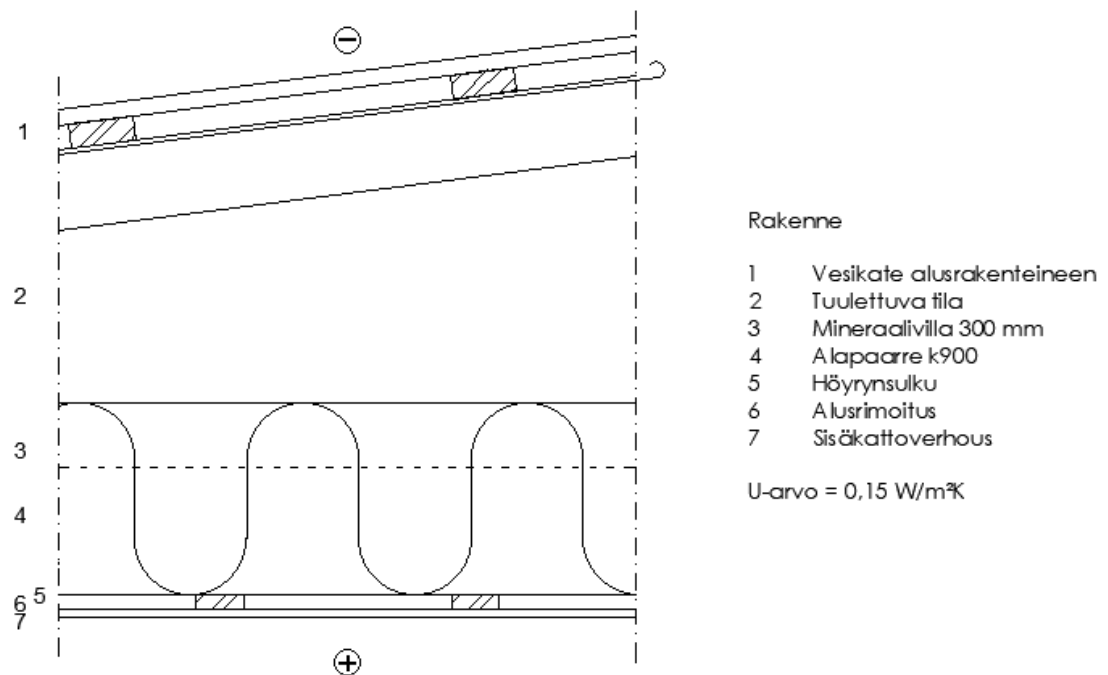
U-arvo = 0,21 W/m<sup>2</sup>K

KUVA 2. Ulkoseinien alkuperäinen rakenne.

### 3.2.2 Yläpohjan rakenne

Kohteen yläpohjan rakenne on esitetty kuvassa 3. Katto on toteutettu kaltevuudella 1:2,5. Yläpohjassa vesikatteen alla on kattoruoteet sekä aluskate. Katon rakenne on toteutettu kattoristikoidilla. Eristyksenä yläpohjassa on 300 mm mineraalivillaa. Eristeiden alla katossa on höyrynsulku, alusrimoitus sekä sisäkattoverhous kiinnitettynä alusrimoitukseen. Yläpohjan U-arvo on 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

### Alkuperäinen Rakenne



KUVA 3. Kohteen alkuperäinen yläpohjarakenne.

#### 3.2.3 Alapohjan rakenne

Maanvaraisessa alapohjassa pintarakenteena toimivat lattiapäällyste sekä 60 mm paksuinen teräsbetonilaatta. Teräsbetonilaatan alla on yhteensä 150 mm styroksia sekä tiivistetty sorakerros. Rakenteen energiatehokkuutta on hankalaa lähteä parantamaan paikallavaletun betonilaatan takia, joten sen lisäeristämistä ei oteta huomioon tässä työssä. Alapohjan U-arvo on 0,22 W/m<sup>2</sup>K.

#### 3.3 Rakennuksen energiatehokkuus nykyisillä rakenteilla

Laskentapalvelun työkalun (Laskentapalvelut.fi. 2023) perusteella rakennuksen nykyiseksi E-luvuksi saadaan 238 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa, jolloin rakennus sijoittuu energialuokkaan D. Korjausehdotusten vaikutuksia on helppo vertailla vakioitun käytön sähkönkulutuksen mukaan, joka vaikuttaa suoraan sähkölaskun suuruuteen. Nykytilassaan rakennuksen laskennallinen vakioitun käytön sähkönkulutus on 22977 kWh/v (Liite 1).



### 3.4 Alkuperäisten rakenteiden energiatehokkuuden parantaminen

Tässä työssä keskitytään rakenteiden energiatehokkuuden parantamiseen lähinnä lämmöneristystä parantamalla. Alapohjan lisäeristämisen haastavuuden takia sitä ei tulla huomioimaan työssä, joten tehtävät korjausehdotukset kohdistuvat rakennuksen ulkoseiniin ja yläpohjaan. Rakenteen ulkoseinän U-arvon ollessa  $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$  rakenteen uuden U-arvon tulisi olla alkuperäinen U-arvo  $\times 0,5$  tai enintään  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Ympäristöministeriön asetus 4/13 2013, 2). Samat säädökset koskevat myös rakennuksen yläpohjaa. Korjausehdotuksia tehtäessä tarkkaillaan myös rakennuksen E-luvun muuttumista DOF-Techin laskentapalvelun energialaskennan työkalun avulla sekä rakennuksen vakioidun käytön sähkönkulutuksen muuttumista. (Laskentapalvelut.fi. 2023)

## 4 ESIMERKKIKOHTTEEN ENERGIA TEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Rakennuksen energiatehokkuuden parantamista lähdetään suunnittelemaan ulkoseinien osalta kahdella eri ratkaisulla, eristeiden vaihdolla ja sisäpuolisella lisäeristämällä ja yläpohjan osalta yhdellä ratkaisulla: eristeiden vaihdolla. Korjausehdotukset suunnitellaan tehtävän Kingspanin Therma -eristelevyillä. Therma eristelevyt ovat polyuretaanieristelevyjä.

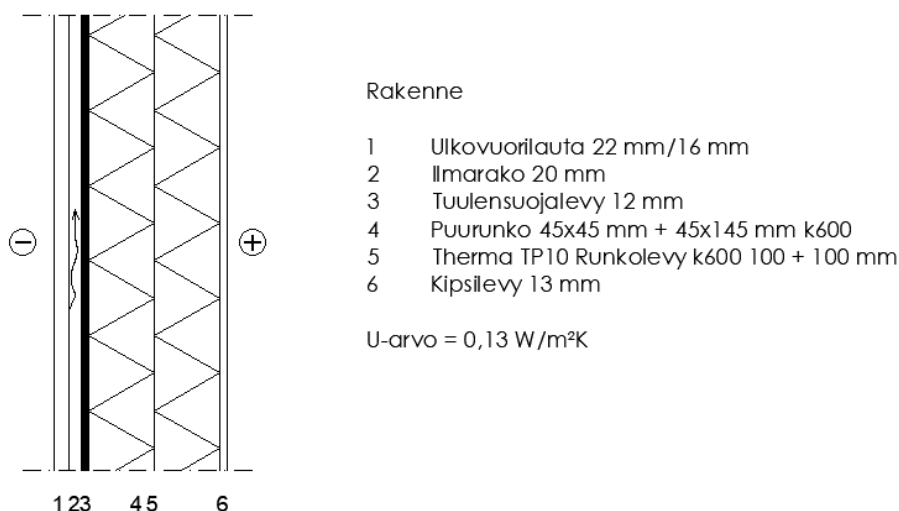
### 4.1 Ulkoseinien eristeiden vaihto

Ulkoseinien eristeiden vaihto tehdään Therma TP10 Runkolevyllä, joka on valmiiksi sopivan kokoinen k600 runkoon. Therma TP10 Runkolevy on PIR-eristelevy, jossa on kuituvapaa ydin ja diffuusiotiivis alumiinilaminaatti molemmin puolin. Kyseisen levyn kanssa rakenteessa ei tarvitse erikseen höyrynsulkua sillä Therma -levyn pintalaminaatti toimii rakenteessa höyrynsulkuna. TP10 Runkolevyn lambda on 0,022 W/(mK). (Therma TP10 Runkolevy 2023.)

#### 4.1.1 Uusi rakenne

Vanhasta rakenteesta poistetaan ulkoseinän sisäpuolinen levytys sekä höyrynsulku. Seinän sisällä rungon välissä olevat 50 + 150 mm paksuiset mineraalivillaeisteet poistetaan ja korvataan 100+100 mm paksuisilla TP10 Runkolevyillä. Uusittu rakenne on esitetty kuvassa 4. Eristelevyt vaahdotetaan runkoon kiinni Therma -vaahdotusohjeen mukaisesti (Kingspan Therma-vaahdotusohje 2023, 5.), niin että rakenne on tiivis. Levyjen väliset saumat teipataan kiinni rakenteen tiiveyden varmistamiseksi. Lopullinen sisäpuolen materiaali voi olla lähes mikä vain, sillä sen pystyy joko kiinnittämään suoraan runkopuihin tai tekemään väliin koolauksen, johon pintamateriaali voidaan kiinnittää. Tässä rakenteessa pintamateriaalina on käytetty 13 mm kipsilevyä, joka voidaan kiinnittää suoraan runkopuihin. Uuden rakenteen U-arvoksi saadaan 0,13 W/m<sup>2</sup>K, joka alittaa ympäristöministeriön asetuksen vaatimuksen (Liite 2).

### Eristeiden vaihto



KUVA 4. Uusittu rakenne eristeiden vaihdon vaihtoehdolla.

#### 4.1.2 Rakenteen energiatehokkuus

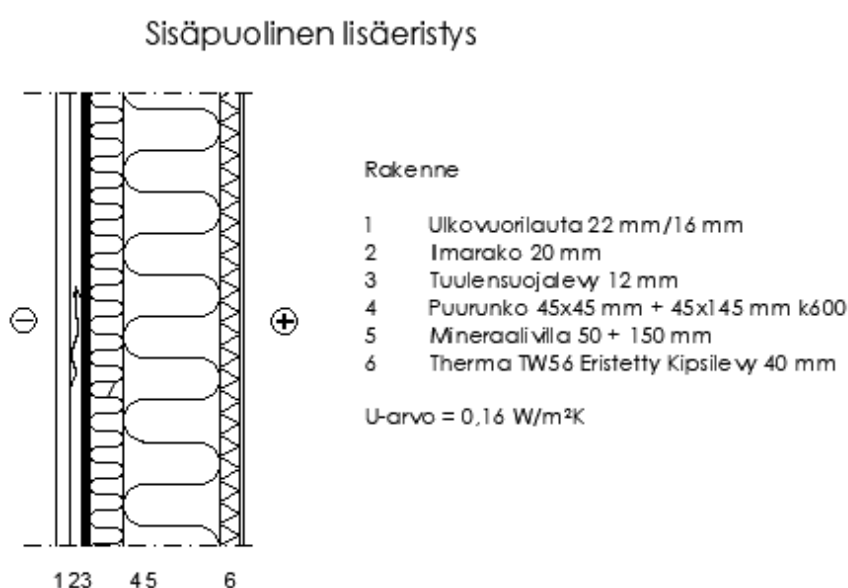
Uuden rakenteen E-luvuksi saadaan laskentapalvelun energialaskennan työkalun (Laskentapalvelut.fi. 2023) mukaan 217 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Pelkällä ulkoseinän eristeiden vaihdolla energialuokkana pysyy D. Uuden rakenteen laskennallinen vakioidun käytön sähkönkulutus on 20714 kWh/v. Laskennallinen vakioidun käytön sähkönkulutus laskee siis 2263 kWh/v (Liite 3).

#### 4.2 Ulkoseinän sisäpuolinen lisäeristys

Sisäpuolinen lisäeristys tehdään Therma TW56 Eristetyllä Kipsilevyllä. Therma TW56 Eristetty Kipsilevy on PIR-eristelevy johon on liimattu pintalevyksi 9 mm:n reunaohennettu kipsilevy. Levyssä on toisella puolella diffuusiotiivis laminaatti. Kyseisen levyn kanssa rakenteessa ei tarvitse erikseen höyrynsulkua sillä Therma -levyn pintalaminaatti toimii rakenteessa höyrynsulkuna. TW56 Eristetyn Kipsilevyn lambda on 0,029 W/(mK). (Therma TW56 Eristetty Kipsilevy 2023.)

#### 4.2.1 Uusi rakenne

Vanhasta rakenteesta poistetaan ulkoseinän sisäpuolinen levytys sekä joko poistetaan tai rei'itetään vanha höyrynsulku. Seinän rakenne pysyy muuten samanaikaisena kuin alkuperäisessä rakenteessa. Mineraalivillakerrosten päälle kiinnitetään TW56 Eristetty Kipsilevy runkopuihin. Kyseisessä levyllä lisäeristettäessä sisäpuolelle ei tarvita erillistä pintamateriaalia, sillä eristelevyissä kiinni oleva kipsilevy toimii sisäpuolisena pintamateriaalina. Uusittu rakenne on esitetty kuvassa 5. Eristelevyt vaahdotetaan kiinni toisiinsa Therma -vaahdotusohjeen mukaisesti (Kingspan Therma-vaahdotusohje 2023, 5.), niin että rakenne on tiivis. Levyjen väliset saumat teipataan kiinni rakenteen tiiveyden varmistamiseksi. Uuden rakenteen U-arvoksi saadaan 0,16 W/m<sup>2</sup>K, joka alittaa ympäristöministeriön asetuksen vaatimuksen (Liite 4).



KUVA 5. Uusittu rakenne sisäpuolisen lisäeristämisen vaihtoehdolla.

#### 4.2.2 Rakenteen energiatehokkuus

Uuden rakenteen E-luvuksi saadaan laskentapalvelun energialaskennan työkalun (Laskentapalvelut.fi. 2023) mukaan  $225 \text{ kWh/m}^2$  vuodessa. Pelkällä ulkoseinän lisäeristämällä energialuokkana pysyy D. Uuden rakenteen laskennallinen vakioidun käytön sähkönkulutus on  $21563 \text{ kWh/v}$ . Laskennallinen vakioidun käytön sähkönkulutus rakennuksessa laskee  $1414 \text{ kWh/v}$  (Liite 3.)

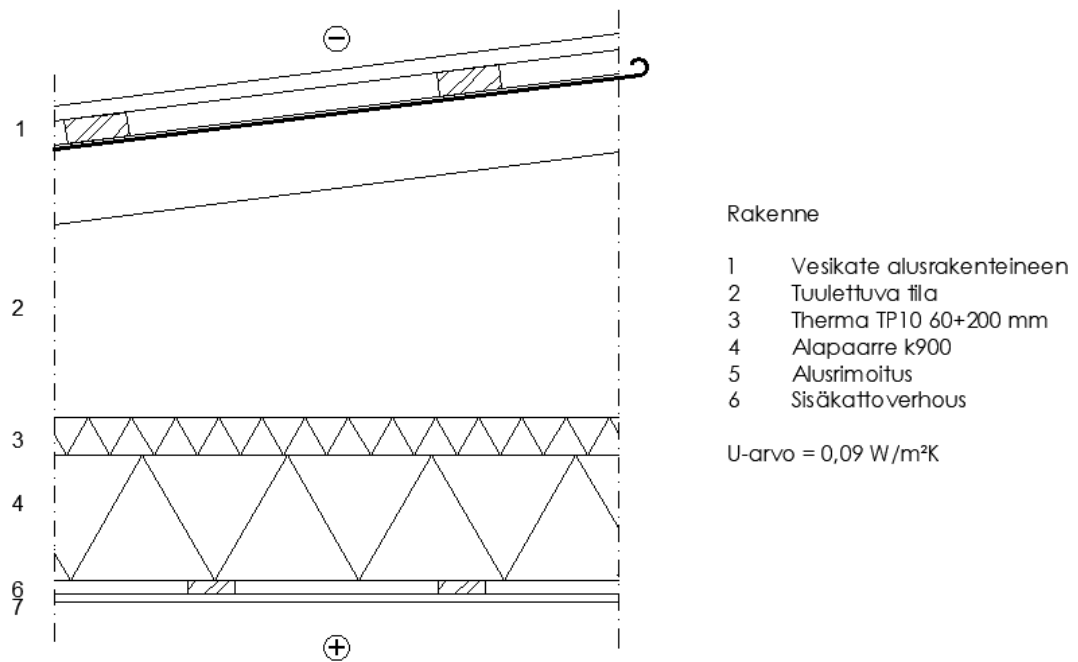
#### 4.3 Yläpohjan eristeiden vaihto

Yläpohjan eristeiden vaihto tehdään Therma TP10 Harjakattoeristeellä. Therma TP10 Harjakattoeriste on PIR-eristelevy, jossa on kuituvapaa ydin ja diffuusiotiivis alumiinilaminaatti molemmin puolin. Kyseisen levyn kanssa rakenteessa ei tarvitse erikseen höyrynsulkua sillä Therma -levyn pintalaminaatti toimii rakenteessa höyrynsulkuna. TP10 Harjakattoeristeen  $\lambda$  on  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (Therma TP10 Harjakattoeriste 2023.)

##### 4.3.1 Uusi rakenne

Vanhasta rakenteesta poistetaan yläpohjan sisäpuolinen sisäkattoverhous, alusrimoitus ja höyrynsulku. Yläpohjassa osittain kattoristikoiden välissä ja osittain omana kerroksenaan olevat mineraalivillan poistetaan rakenteesta. Mineraalivillan paksuus yläpohjassa on  $300 \text{ mm}$ . Vanhan yläpohjarakenteen U-arvo on  $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . Vanhat mineraalivillaeristeet korvataan TP10 Harjakattoeristelevyillä joiden yhteispaksuus on  $260 \text{ mm}$ . Uusi eristekerros kiinnitetään osittain kattoristikoiden väliin ja osittain eristeet tulevat olemaan yhtenäisenä kerroksena. Uusien eristelevyjen päälle tehdään koolaus  $22 \times 45 \text{ mm}$  puilla. Koolaukseen kiinnitetään uusi sisäverhouslevy, joka tässä esimerkissä on kipsilevy. Uusi rakenne on esitetty kuvassa 6. Eristeet kiinnitetään kattoristikoiden alapaarteisiin Therma -kiinnitysohjeen mukaisesti. Uusitun yläpohjarakenteen U-arvo on  $0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (Liite 5).

## Uusi rakenne



KUVA 6. Yläpohjan uusittu rakenne.

#### 4.3.2 Rakenteen energiatehokkuus

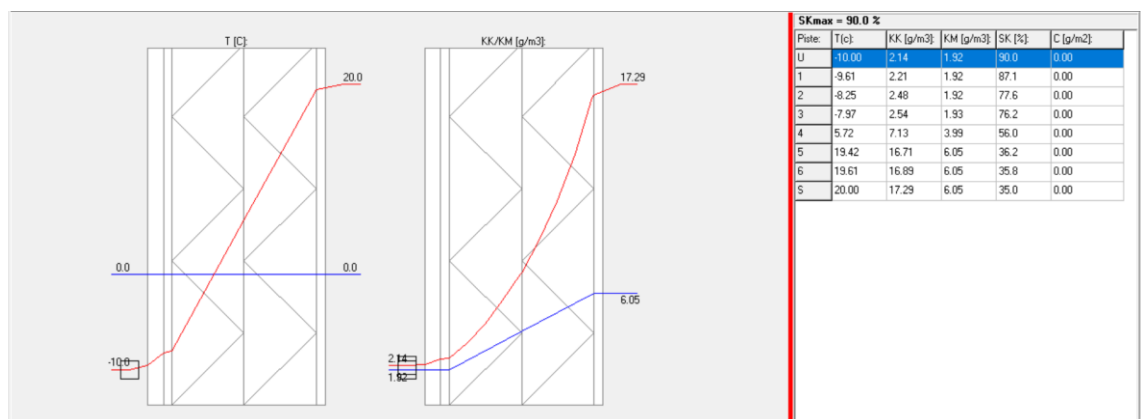
Uuden rakenteen E-luvuksi saadaan laskentapalvelun energialaskennan työkalun (Laskentapalvelut.fi. 2023) mukaan 218 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Pelkällä yläpohjan eristeiden vaihdolla rakennuksen energialuokkana pysyy D. Uuden rakenteen avulla rakennuksen laskennallinen vakioidun käytön sähkönkulutus on 20826 kWh/v. Laskennallinen vakioidun käytön sähkönkulutus rakennuksessa laskee 2151 kWh/v (Liite 3).

#### 4.4 Rakennusfysikaaliset tarkastelut

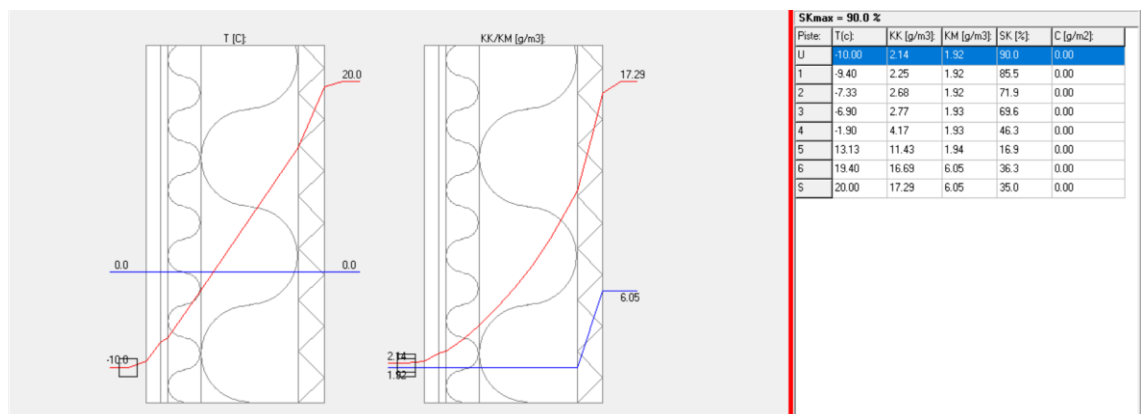
Uutta rakennetta tehtäessä tulee aina varmistaa, että rakenne on rakennusfysikaalisesta näkökulmasta toimiva. Riskeinä rakenteessa voisi olla mm. kondensoituminen ja kosteuden kerääntyminen, jolloin rakenne voisi homehtua. Kuvissa 7,8 ja 9 on esitetty rakenteiden lämpö- ja kosteuskäyttäytymisen käyrät sekä lukuarvot taulukossa. Oikeanpuoleisessa kosteuskäyttäytymistä kuvaavassa kuvaajassa käyrät eivät kohtaa missään rakenteessa ja taulukosta nähdään että

rakenteen maksimikosteus on rakenteen ulkopinnassa, jolloin voidaan todeta ettei rakenteissa tapahdu kosteuden tiivistymistä. Vasemmanpuoleinen kuvaaja esittää rakenteen lämpötilan eri rakennekerroksissa. Kuvaaja sisälämpötila on +20°C ja ulkolämpötila -10°C (Liitteet 2, 4 ja 5).

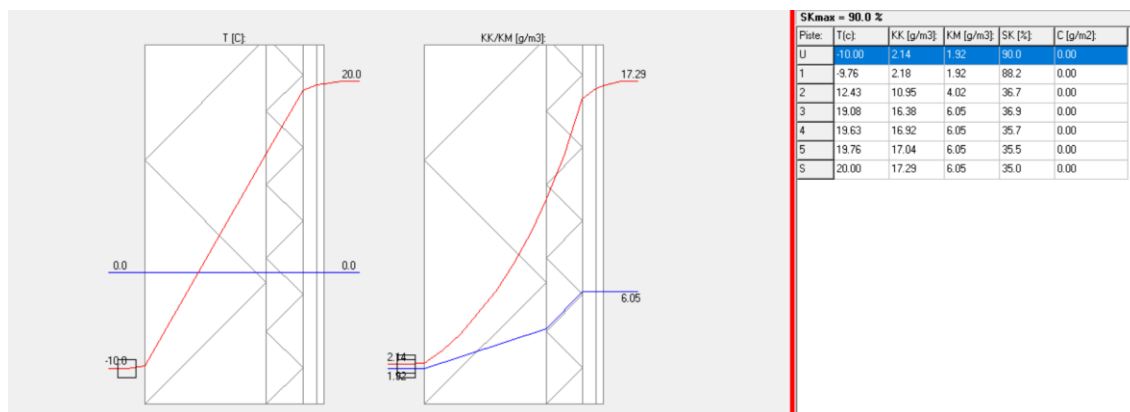
Rakenteet on todettu rakennusfysikaalisesta näkökulmasta toimiviksi. Rakenteisiin liittyy silti riskejä, sillä rakennusaikana rakenteen väärin tai huolimattomasti tekeminen saattaa johtaa rakenteen toimimattomuuteen tai kosteushaittojen syntyyn. Erityishuomiota täytyy kiinnittää rakenteen rakennusaikaiseen kosteuteen. Kosteutta ei saa jäädä rakenteen sisään, joten kaikki rakennusmateriaalit tulisi varastoida sateelta suojaan ja asentaa rakenteisiin vasta kun ne ovat täysin kuivia. Rakenteen tiiveys täytyy varmistaa ja teippaukset sekä saumatukset tehdä kunnolla, sillä huonosti tiivistettyyn rakenteeseen syntyy helposti kylmäsiltoja sekä ilmavuotoja, jotka saattavat vahingoittaa rakennetta esimerkiksi kuljettamalla sen sisään ei haluttua kosteutta.



KUVA 7. Ulkoseinien eristeiden vaihdon lämpö- ja kosteuskäyrät.



KUVA 8. Ulkoseinien lisäeristämisen lämpö- ja kosteuskäyrät.



KUVA 9. Yläpohjan eristeiden vaihdon lämpö- ja kosteuskäyrät.

#### 4.5 Rakenteiden tiiveys

Laskelmissa rakenteen  $q_{50}$  lukuna on käytetty arvoa 4.44. Säännösten mukaan ilmanvuotolukuna on sallittua käyttää alle 4 arvoa vain jos arvo on mitattu tai sillä on erillinen hyväksyntä. Kingspanin aiempien projektin perusteella on huomattu, että Kingspan Therma eristeratkaisuilla ilmanvuotoluku on lähes poikkeuksetta lähellä yhtä. Pienempi ilmanvuotoluku mahdollistaisi suuremmat pudotukset laskennallisessa ostoenergian määrässä ja pienentäisi E-lukua huomattavasti. Näitä säästöjä ei kuitenkaan voida huomioida tässä työssä, sillä esimerkkikohteelle ei ole mahdollista tehdä kyseisiä mittauksia tämän työn puitteissa.

#### 4.6 Muita tapoja energiatehokkuuden parantamiseen

Lisäeristämisen ja eristeiden vaihdon lisäksi on muitakin hyviä tapoja parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Tässä kappaleessa on käsitelty muutamia muita tapoja energiatehokkuuden parantamiseen. Saadut energiasäästön on laskettu laskentapalvelun energialaskennan työkalulla (Laskentapalvelut.fi) tekemällä esimerkkikohteen alkuperäisiin rakenteisiin korjausehdotuksia. Saaduissa säästöissä ei ole huomioitu kyseisen remontin kustannuksia ja takaisinmaksuaikoja.



#### 4.6.1 Ikkunoiden ja ovien parantaminen

Ikkunoiden ja ovien uusiminen on yksi yleisimmistä sekä toimivimmista tavoista parantaa rakenteen energiatehokkuutta. Uudet ja paremmalla U-arvolla varustetut ovet ja ikkunat parantavat niin rakenteen tiiveyttä, kuin myös pienentää rakennuksen lämpöhäviöitä. Energialaskennan työkalun avulla saadaan laskettua ikkunoiden ja ovien osalta melko merkittäviä säästöjä. Ikkunoiden päivittäminen uudiskohteen vertailuarvojen mukaiseksi vähentää ostoenergian tarvetta 3329 kWh/v. Ulko-ovien uusiminen pienentää rakennuksen ostoenergiankulutusta 699 kWh/v. Säästölukemat ovat melko isoja, mutta ovi- ja ikkunaremonttia suunniteltaessa tulee huomioida, että ikkuna- sekä oviremontit ovat melko kalliita ja takaisinmaksuajat tulevat nousemaan säästöjen määrästä huolimatta pidemmiksi kuin eristämiseen liittyvillä vaihtoehdoilla. Toisaalta, ikkunaremontti parantaa asumisviihtyvyyttä, sillä ikkunan pintalämpötila nousee.

#### 4.6.2 Aurinkoenergian hyödyntäminen

Aurinkoenergian hyödyntämisestä on haastava laskea todellisia vaikutuksia säästöihin, sillä siihen vaikuttaa paneelien määrä, suunta sekä olemassa olevat kattorakenteet. Rakennusta tarkastellessa huomataan, että katon isot lappeet suuntautuvat länteen ja itään. Optimaalisin suunta paneeleille olisi etelä, mutta lännen puoleista lapetta voidaan hyödyntää aurinkosähkön keräämisessä etenkin ilta-aikoina.

Laskennassa katoille on laskettu 10kWp:n aurinkopanelisto, jonka kokonaistuotosta huomioidaan max. 25 % realistisen tuloksen saamiseksi. Laskelmien mukaan tämänkaltaisen panelisto tuottaisi vuodessa 2250 kWh. Lukemaa voidaan pitää melko pienenä remontin hintaan verrattuna ja takaisinmaksuaika tulee kasvamaan melko pitkäksi. Panelistolla voitaisiin kuitenkin pienentää suoraan ostoenergian määrää ja kesäkausina jopa myymään sähköä markkinoille, joten vuositason säästöt tulisivat olemaan euromäärissä suuremmat kuin ostosähkön määrässä.

#### **4.6.3 Esimerkkikohteen lämmitysjärjestelmän vaihto**

Esimerkkikohteen alueelle ei ole saatavilla kaukolämpöä. Uudeksi lämmitysjärjestelmäksi kohteelle voisi pohtia maalämpöä, joka tulisi varmasti pitkällä tähtäimellä halvemmaksi ja ekologisemmaksi vaihtoehdoksi kuin suorasähkölämmitys. Maalämpöön siirtyminen vaatisi kuitenkin mittavia remontteja, porauksia sekä välineistön hankkimista. Maanlämpöön siirryttäessä kohteessa tulisi mm. uusia lämmönjako vesikiertoiseksi, sillä maalämmöllä ei voi lämmittää sähköpatereita. Investointi nousisi todennäköisesti kohtuuttoman suureksi.

## 5 TULOKSET

Tehdyistä korjausrakentamisehdotuksista tehtiin kustannuslaskelmat ja remontin hinnan suuruutta vertailtiin saatuihin säästöihin sekä remontin takaisinmaksuajkaan. Laskelmissa on otettu huomiin tarvittavien rakennus- ja purkutöiden kustannukset sekä rakentamiseen käytettävien materiaalien kustannukset. Työn hintana laskelmissa on käytetty 18 €/h ja sosiaalikuluina 70 %, jolloin työn kokonaishinnaksi muodostui 30,6 €/h. Rakennusosien purku- ja rakennustöiden menekit on otettu Rakennustöiden menekit 2020 -oppaasta (Rakennustöiden menekit 2020).

Rakennusmateriaalien ja Kingspan eristelevyjen hinnat ovat Starkin nettisivuilta (Stark 2023.)

Takaisinmaksuaika on laskelmissa laskettu kolmella eri vaihtoehdolla realistisen tuloksen saamiseksi, sillä vuoden 2022 energiakriisi on korottanut sähkön hintaa merkittävästi. Laskelmissa on käytetty vuoden 2022 energian keskihintaa, energian keskihintaa viimeisen viiden vuoden ajalta sekä energian futuurihintaa vuodelle 2024. (Nasdaq 2023.)

### 5.1 Remonttien hinnat

Remonttien hintoihin vaikuttavat purettavien rakenteiden määrät, rakentamisen määrä sekä materiaalien määrä sekä hinta. Laskennoissa on otettu huomioon jätteiden siirrot ja jätelavan hinta. Erilaisten kiinnikkeiden hintoja ei ole mukana laskelmissa. Saumavaahdon ja teipin menekki on laskettu Kingspanin vaahdotus- ja teippausohjeiden mukaisesti (Kingspan Therma-vaahdotusohje 2023, 5), (Kingspan Therma-teippausohje 2023.)

Pintakäsittelykustannuksia ei ole otettu laskelmissa huomioon, sillä talon iän myötä pintaremontti olisi muutenkin ajankohtainen. Kohteen mahdollisia sähkötyöiden suunnittelua- ja kustannuksia ei ole huomioitu kustannuslaskelmissa. Muiden rakennustuotteiden menekit on arvioitu valmistajan ilmoittamien tietojen mukaan. Materiaalien menekkeihin on laskettu mukaan hukkaprosentti (Liite 6).

### 5.1.1 Ulkoseinän eristeiden vaihto

Eristeiden vaihdossa purku- ja rakennustöiden kustannuksen eivät ole kovin suuria. Materiaalikustannukset nousevat melko suuriksi, sillä Therma -levytystä tarvitaan ulkoseinään kahden kerroksen verran. Materiaalien kustannuksia nostaa lisäksi uusien kipsilevyjen hankinta. Remontin kustannuksissa ei ole huomioitu saunan pintamateriaalien uusimista. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty remontin kokonaiskustannukset.

TAULUKKO 2. Ulkoseinien eristeiden vaihdon kustannukset.

Purkutyöt	Rakennustyöt	Materiaalit	YHT:
855€	870€	13 230€	14 955€

### 5.1.2 Ulkoseinän lisäeristäminen

Ulkoseinän lisäeristämisessä kustannukset ovat huomattavasti pienemmät eristeiden vaihtoon verrattuna, sillä purku- ja rakennustöitä on vähemmän. Eristeitä tarvitaan vain yksi kerros, joten myös materiaalikulut laskevat huomattavasti. Samalla myös remontista saatava energiankulutuksellinen hyöty pienenee huomattavasti, mutta remontin kustannusten takia myös lisäeristys -vaihtoehto on erittäin käyttökelpoinen. Lisäeristämisessä ei ole huomioitu saunaa tai märkätiloja mukaan laskentaan, sillä niiden rakenteiden muuttaminen vaatisi myös tilojen muuttamista. Alla olevassa taulukossa 3 on esitetty kustannuksen rakennuksen lisäeristämisestä.

TAULUKKO 3. Rakennuksen lisäeristämisen kustannukset.

Purkutyöt	Rakennustyöt	Materiaalit	YHT:
706€	282€	3287€	4275€

### 5.1.3 Yläpohjan eristeiden vaihto

Yläpohjan eristeiden vaihdossa suurin osa remontin kustannuksista koostuu remontin materiaalikuluista. Kuluja syntyy etenkin kahdesta eristelevykerroksesta

sekä katon uudesta kipsilevytyksestä. Alla olevassa taulukossa 4 on esitetty remontin kustannukset.

TAULUKKO 4. Yläpohjan eristeiden vaihdon kustannukset.

Purkutyöt	Rakennustyöt	Materiaalit	YHT:
774€	607€	9541€	10922€

## 5.2 Takaisinmaksuajat

Kohteen remonttien takaisinmaksuajat on laskettu kolmella eri energianhinnan vaihtoehdolla. Tällä pyritään kompensoimaan nykyajan vaikeaa ja epävakasta energiatilannetta sekä energianhinnan heittelyä. Energianhinta on viimeisen vuoden aikana vaihdellut paljon, joten arviota todellisesta takaisinmaksuajasta on haastavaa tehdä. Takaisinmaksuajan laskelmissa on käytetty laskentakorkona 0 %, sillä nykyisillä koroilla sekä viimeaikaisella koron heittelyllä todellinen korko on haastava laskea. Laskelmia tarkastellessa on kuitenkin hyvä huomioida todellisten takaisinmaksuaikojen olevan hieman laskelmia suuremmat laskentakoron sekä inflaation takia.

### 5.2.1 Ulkoseinän eristeiden vaihdon takaisinmaksuaika

Ulkoseinän eristeiden vaihdon kokonaishinnaksi tuli 14955€. Ratkaisulla saaduksi vuotuiseksi energiansäästöksi alkuperäiseen seinärakenteeseen verrattuna saatiin 2263 kWh/v. Taulukossa 5 on esitetty remontin takaisinmaksuaika kolmella eri energianhinnan vaihtoehdolla edellä mainittuihin lukuihin perustuen.

TAULUKKO 5. Takaisinmaksuaika ulkoseinien eristeiden vaihdolla.

Takaisinmaksuaika	Sähkön hinta:	Vuotuinen säästö (€)	Takaisinmaksuaika (vuotta)
Sähkön keskihinta (2022)	20,2 snt/kWh	453€	33
Sähkön futuuri (2024)	12,74 snt/kWh	288€	52

Sähkön keskihinta viim. 5-vuotta:	8,74 snt/kWh	198€	76
--------------------------------------	--------------	------	----

### 5.2.2 Ulkoseinän lisäeristämisen takaisinmaksuaika

Lisäeristämisen kokonaishinnaksi tuli 4275€. Ratkaisulla saaduksi vuotuiseksi energiansäästökseksi alkuperäiseen seinärakenteeseen verrattuna saatiin 1414 kWh/v. Taulukossa 6 on esitetty remontin takaisinmaksuaika kolmella eri energianhinnan vaihtoehdolla edellä mainittuihin lukuihin perustuen.

TAULUKKO 6. Takaisinmaksuaika ulkoseinien lisäeristämisellä.

<b>Takaisinmaksu- aika</b>	Sähkön hinta:	Vuotuinen säästö:	Takaisinmaksuaika (vuotta)
Sähkön keskihinta (2022)	20,2 snt/kWh	283€	15
Sähkön futuuri (2024)	12,74 snt/kWh	180€	24
Sähkön keskihinta viim. 5-vuotta	8,74 snt/kWh	124€	35

### 5.2.3 Yläpohjan eristeiden vaihdon takaisinmaksuaika

Yläpohjan eristeiden vaihdon kokonaishinnaksi tuli 10 922€. Kyseisellä remontilla rakennuksen laskennallista energiankulutusta saatiin laskettua 2151 kWh/vuosi. Myös yläpohjan takaisinmaksuajat laskettiin kolmella eri energianhinnalla. Tulokset on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Yläpohjan eristeiden vaihdon takaisinmaksuajat.

<b>Takaisinmaksu- aika</b>	<b>Sähkön hinta:</b>	<b>Vuotuinen säästö:</b>	<b>Takaisinmaksu- aika (vuotta)</b>
Sähkön keskihinta (2022)	20,2 snt/kWh	430€	25
Sähkön futuuri (2024)	12,74 snt/kWh	274€	40
Sähkön keskihinta viim. 5-vuotta	8,74 snt/kWh	188€	58

### 5.3 Parhaimmat vaihtoehdot remontin toteuttamiseen

Remontin takaisinmaksuaikojen sekä ostoenergian säästöjen perusteella toimivin vaihtoehto esimerkikohteelle olisi yhdistää yläpohjan eristeiden vaihto sekä seinien sisäpuolinen lisäeristäminen parhaiden tulosten aikaansaamiseksi. Näiden kahden ratkaisun vuotuiseksi laskennallisen energiakulutuksen säästöksi saadaan 3565 kWh/vuosi ja remontin kokonaiskustannuksiksi tulee 14 497€.

Remontin takaisinmaksuaika on laskettu jälleen kolmella eri energiahinnan vaihtoehdolla. Laskennalliset takaisinmaksuajat ja vuotuiset säästöt on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Takaisinmaksuajat lisäeristämällä ja yläpohjan eristeiden vaihdolla.

<b>Takaisinmaksu-aika</b>	Sähkön hinta:	Vuotuinen säästö:	Takaisinmaksu-aika (vuotta)
Sähkön keskihinta (2022)	20,2 snt/kWh	720€	20
Sähkön futuuri (2024)	12,74 snt/kWh	454€	32
Sähkön keskihinta viim. 5-vuotta	8,74 snt/kWh	312€	47

#### 5.4 Saadut hyödyt

Saatujen tulosten perusteella lyhyin takaisinmaksuaika remontille saadaan sisäpuolisella lisäeristämällä. Ratkaisun negatiivisena puolena voidaan pitää sitä, että uusi sisäpuolinen eriste syö tilaa pois sisätilasta.

Yläpohjan ja ulkoseinän eristeiden vaihdolla saadaan huomattavasti suurimmat hyödyt energiatehokkuuden kannalta. Ratkaisuja yhdistelemällä rakennuksesta saataisiin reilusti energiatehokkaampi, kuin mitä rakennus oli alkuperäisessä tilassaan.

Ikkunoiden sekä ovien vaihdolla saadaan merkittäviä hyötyjä ja etenkin jos mukaan yhdistetään eristeiden vaihto saadaan myös rakennuksen tiiveyttä parannettua ja energiahukkaa pienennettyä. Etenkin rakennuksissa joissa ilmanvaihto on painovoimainen tai koneelliseen poistoon perustuva tulee tiiveyden paraneminen huomioida ilmanvaihdon kannalta.

Uuden lakiesityksen, koskien rakennusten energiatehokkuuden parantamista (Rakennusten energiatehokkuus: EU-parlamentti hyväksyi kantansa, 2023), mukaan rakennuksissa tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään aurinkoenergiaa ja laskentapalvelun energialaskennan työkalun (Laskentapalvelut.fi. 2023) avulla saatujen arvojen perusteella aurinkopaneelien avulla saataisiinkin pienennettyä rakennuksen ostosähkönkulutusta.



## 6 POHDINTA

Opinnäytetyössä tehtyjen suunnitelmien ja tutkimusten perusteella voidaan todeta, että eristeiden vaihto ja lisäeristäminen ovat tehokkaita tapoja rakennuksen energiahukan vähentämiseen, sekä energiatehokkuuden parantamiseen. Esi-merkkikohteessa ulkoseinän ja yläpohjan lämmönläpäisykertoimet olivat jo valmiiksi hyvällä tasolla, joten muutokset eivät näy kohteessa niin konkreettisesti, mutta samoja korjaustapoja käyttämällä voitaisiin parantaa ison osan Suomen rakennuskannan pientalojen energiatehokkuutta merkittävästi.

Etenkin ulkoseinän eristeiden vaihdon osalta takaisinmaksuaika nousi melko pitkäksi. Vaikka rakenteen U-arvo parani merkittävästi, materiaalikustannukset nousivat sen verran suuriksi ettei energiasäästöjä syntynyt riittävästi laskemaan takaisinmaksuaikaa niin lyhyeksi, että pelkän eristeiden vaihdon sisältävä remontti olisi järkevä.

Yläpohjan eristeiden vaihtoa sekä ulkoseinän lisäeristämistä voidaan pitää kohteelle hyvinä vaihtoehtoina. Remonttikustannukset ovat suhteessa paljon pienemmät verrattuna ulkoseinän eristeiden vaihtoon. Materiaalikustannukset ovat myös maltillisemmat joten myös takaisinmaksuaika jää kohtuulliselle tasolle, etenkin jos energian hinta pysyy vuoden 2022 tasolla tai jatkaa kasvuaan.

Nykyajan energiakriisitilanteessa energian hinnan muutoksia on vaikea arvioida ja muutoksia saattaa tapahtua nopeasti, joten remontin todellisia vaikutuksia on haastava arvioida. Todennäköisesti talvikuukausina energian hinta tulee myös jatkossa olemaan korkeammalla kuin kesällä. Talvikuukausina ostoenergian määrä on suurempi rakennuksissa, sillä rakennusta täytyy lämmittää enemmän. Korjausvaihtoehtojen hyödyt tulevat siis todennäköisesti olemaan hieman laskelmia suuremmat, sillä talvikuukausien ostoenergian määrä tulee pienenemään suhteessa enemmän kuin kesäkuukausien.

Tulevaisuudessa korjausrakentamista sekä energiatehokkuutta koskevien määräysten todennäköisesti tiukentuessa olisi tärkeää suorittaa rakennuksille kunnol-

linen kuntotutkimus ennen korjausrakentamisen suunnittelua. Hyvällä kuntotutkimuksella voitaisiin varmistua olemassa olevista rakenteista sekä kantavien rakenteiden kunnosta. Tämä helpottaisi korjauskohteen energiatehokkuuden parantamisen suunnittelua sekä työn tekemistä oikein. On myös huomioitavaa, että korjauskohteet tulee aina suunnitella ammattilaisen johdolla oikein ja hyvän rakennustavan mukaisesti.

Opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, ettei pelkät energiatehokkuusparannukset ole välttämättä vielä ajankohtaisia ainakaan kaikkiin 90-luvun pientaloihin. Energiatehokkuuden parantaminen onkin usein hyvä lisätä muihin tarvittaviin ja ajankohtaisiin remontteihin kuten pintamateriaalien ja julkisivun uusimisiin, jotka ovat yleensä tämän ikäluokan taloille tyypillisiä ajankohtaisia toimenpiteitä. Energiatehokkuuden parantaminen muiden korjausten yhteydessä laskee remontin kustannuksia ja pienentää takaisinmaksuaikaa, jolloin uusituista rakenteista saadaan irti isompi hyöty. Aiemmin tehtyjen tutkimusten sekä työssä esitetyn U-arvon kehittymiskäyrästä voidaan myös todeta, että Suomessa on suuri määrä 50-luvun jälkeen valmistuneita pientaloja, jotka vaativat remonttia energiatehokkuuden parantamiseksi.

## LÄHTEET

Pientalon energiankulutus ja päästöt. 2016. Ympäristöhallinto. Ymparisto.fi. Viitattu 16.2.2023. [Korjaustieto > Pientalon energiankulutus ja päästöt \(ymparisto.fi\)](#)

HSY ilmastoinfo. Ikkunoiden ja ovien energiatehokkuus. Energianeuvonta.fi. 2021. energianeuvonta.fi. Viitattu 16.2.2023. [Ikkunoiden tiivistäminen ja kunnostaminen \(energianeuvonta.fi\)](#)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 4/13. 2013. Pdf-dokumentti. Viitattu 14.3.2023. [1 \(edilex.fi\)](#)

Ympäristöministeriön ilmoitus. 2020. Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU), muutettuna direktiivillä 2018/844/EU, artiklan 2a mukainen ilmoitus, Pdf-dokumentti. Viitattu 15.3.2023. [Suomen-EPBD-2a-ilmoitus final 10-03-2020-242AE19E\\_F497\\_4A38\\_8DF2\\_95556530BA53-156573.pdf \(ym.fi\)](#)

Rakennusten energiatehokkuus: EU-parlamentti hyväksyi kantansa. 14.3.2023. Euroopan parlamentti. [www.europarl.europa.eu](#). Viitattu 20.3.2023. [Rakennusten energiatehokkuus: EU-parlamentti hyväksyi kantansa | Ajankohtaista | Euroopan parlamentti \(europa.eu\)](#)

(Kemppainen, J. 2023. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uusimisen kanssa kannattaa pitää pää kylmänä. Rakennusteollisuus-blogi. 22.3.2023. Viitattu 27.3.2023. [Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uusimisen kanssa kannattaa pitää pää kylmänä | Rakennusteollisuus RT ry | Blogi \(wordpress.com\)](#)

Laskentapalvelut.fi. 2023. D.O.F tech Oy. [www.laskentapalvelu.fi](#). Viitattu 12.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. [www.Laskentapalvelut.fi - Energialaskenta, E-luku, U-arvot](#)

Therma TP10 Runkolevy. 2023. Kingspan Eristeet. [www.kingspan.com](#). Viitattu 6.4.2023. [Therma TP10 Runkolevy \(kingspan.com\)](#)

Kingspan Eristeet. 2023. Kingspan ohjekortti nro 101 Therma-vaahdotusohje 2023. Pdf-dokumentti. Viitattu 9.3.2023. [kingspan-therma-foaming-instructions-fi-fi \(1\).pdf](#)

Therma TW56 Eristetty Kipsilevy. 2023. Kingspan Eristeet. [www.kingspan.com](#). Viitattu 6.4.2023. [Therma TW56 Eristetty Kipsilevy \(kingspan.com\)](#)

Therma TP10 Harjakattoeriste. 2023. Kingspan Eristeet. [www.kingspan.com](#). Viitattu 6.4.2023. [Therma TP10 Harjakattoeriste \(kingspan.com\)](#)

Rakennustieto. 2020. Rakennustöiden menekit 2020. Viitattu 12.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. [RT-tietoväylä | Ratu KI-6035 \(rakennustieto.fi\)](#)

Stark Suomi. 2023. Stark Oy. [www.stark-suomi.fi](#). Viitattu 10.3.2023. [Stark-suomi.fi - rautakauppa - rakentaminen & remontointi | STARK verkkokauppa](#)

Nasdaq market prices. 2023. Nasdaq. [www.nasdaqomx.com](#). Viitattu 10.3.2023. [Market Prices - Nasdaq \(nasdaqomx.com\)](#)

Kingspan Eristeet. 2023. Kingspan ohjekortti nro 108 Therma -teippausohje 2023. Pdf-dokumentti. Viitattu 9.3.2023. [kingspan-therma-taping-instructions-fi-fi \(1\).pdf](#)

## LIITTEET

## Liite 1. Esimerkkikohteen laskennallinen energiankulutus ja E-luku

1 (4)

## ENERGIATODISTUS 2018

**LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä**

Rakennuksen nimi ja osoite:	<b>Pientalo</b>
Pysyvä rakennustunnus:	-
Rakennuksen valmistumisvuosi:	<b>1990</b>
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	<b>Asuintalo</b>
Todistustunnus:	
Energiatodistus on laadittu:	
Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä:	<b>13.02.2023</b>

	Energiatohokkuusluokka
<b>A</b>	
<b>B</b>	
<b>C</b>	
<b>D</b>	<b>D 2018</b>
<b>E</b>	
<b>F</b>	
<b>G</b>	

Rakennuksen laskennallinen energiatohokkuuden vertailuluku eli E-luku	<b>238</b>
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	<b>124</b>
(Huom! Ylläoleva on 2018 säädösten vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	

kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>vuosi

Todistuksen laatija:	Yritys:
<b>Aleksi Setälä</b>	<b>TAMK</b>
Sähköinen allekirjoitus:	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:
<b>15.02.2023</b>	<b>15.02.2033</b>

Huom! Todistuksessa esitettyjä lukuja/laskentatuloksia ei tule käyttää Lämpöpumpujen/lämmitysjärjestelmän valintaan.

2 (4)

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIA TEHO KUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiakulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	126.4												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Sähkö / Sähkö												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 110 MV (25-100 L/s)												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)									
Sähkö	22977	182	1.20	218.1									
Puu	5000	40	0.50	19.8									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2657	21.0											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				238									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustaieikko	Erilliset pientalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...84</td> <td>B: 85 ... 139</td> <td>C: 140 ... 176</td> </tr> <tr> <td>D: 177 ... 256</td> <td>E: 257 ... 386</td> <td>F: 387 ... 456</td> </tr> <tr> <td>G: 457 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...84	B: 85 ... 139	C: 140 ... 176	D: 177 ... 256	E: 257 ... 386	F: 387 ... 456	G: 457 ...		
A: ...84	B: 85 ... 139	C: 140 ... 176											
D: 177 ... 256	E: 257 ... 386	F: 387 ... 456											
G: 457 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	D												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kerroimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovelu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, suolanpiloilmmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
<p>Suosituksat on esitetty yksityiskohtaisemmin sivulla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>													

3 (4)

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Asuintalo (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistusvuosi	1990	Lämmitetty nettoala	126.4	m²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4.44	m³/(h m²)		
	A m²	U W/(m²K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	158.95	0.21	32.98	21.37
Yläpohja	198.98	0.15	29.85	19.35
Alapohja	129.97	0.22	28.59	18.54
Ikkunat	16.80	2.10	35.28	22.88
Ulkio-ovet	9.66	1.40	13.52	8.77
Kylmäsiilat	-	-	14.02	9.09
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m²	U W/(m²K)	g kohtisuora-arvo	
Pohjoinen	0.90	2.10	0.70	
Itä	8.78	2.10	0.70	
Etelä	1.08	2.10	0.70	
Länsi	6.06	2.10	0.70	
Koillinen	-	-	-	
Kaakko	-	-	-	
Lounas	-	-	-	
Luode	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Vallox 110 MV (25-100 L/s)			
	Ilmavirta tulo/poisto (m³/s) / (m³/s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m³/s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
Pääilmavaihtokoneet	0.051 / 0.051	0.96	-	C
Erillispoistot	-	-	80.7	-4.70
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.051 / 0.051	0.96	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		76.7 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Sähkö / Sähkö			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuk- sen hyötysuhde	Lämpö- kerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m²vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	1.00	80 %		2.50
LKV:n valmistus	1.00	75 %		0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökerrotimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	3000.00		
Ilmalämpöpumppu	1	4424.00		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm³/(m²vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m²vuosi)		
Lämmin käyttövesi	484.00	28		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m²	Kuluttajalaitteet W/m²	Valaistus W/m²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	80 %	2.00	3.00	
Valaistus	10 %			6.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka		Asuintalo (Erilliset pientalot)		
Rakennuksen valmistumisvuosi		1990		
Lämmitetty nettoala, m²		128.4		
E-luku, kWhE/(m²vuosi)		238		
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m²vuosi)	
Sähkö	22977	1.20	27572	218.1
Uusiutuva polttoaine (Puu)	5000	0.50	2500	19.8
YHTEENSÄ	27977		30073	237.9
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	
Lämpö ulkoilmasta		2844	22.60	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus				
		Sähkö kWh/(m²vuosi)	Lämpö kWh/(m²vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m²vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	94.4	
Tuloilman lämmitys			3.8	
Lämpimän käyttöveden valmistus			44.2	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		3.4		
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.0		
YHTEENSÄ		26.9	142.4	0
(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		16771	133	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		479	4	
Lämpimän käyttöveden valmistus		3570	28	
Jäähdytys		0	0	
(2) sisäilman vuotolman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m²vuosi)	
Aurinko		3470	27.45	
Ihmiset		1329	10.51	
Kuluttajalaitteet		1993	15.77	
Valaistus		684	5.25	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä		415	3.28	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.5 (8.1.2023)		



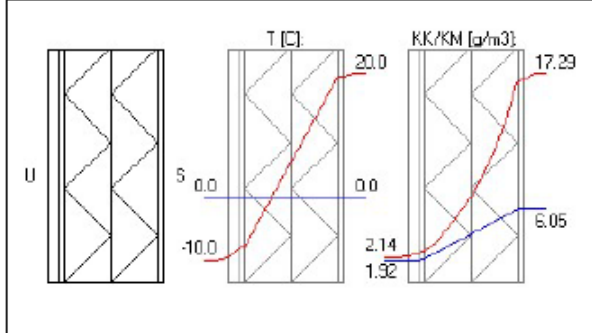
## Liite 2. Ulkoseinän eristeiden vaihdon U-arvo laskenta ja kosteustarkastelu

1 (1)

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 21.3.2023	Tunnus:

## Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.128 W/m<sup>2</sup>K  
 Paksuus: 247.000 mm  
 Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
 Paino: 34.61 kg  
 Hinta: 0.00 euro  
  
 Vesihöyryn vastus: 3.133e+05 m<sup>2</sup>hPa/g  
 Vesih. läpäisykerroin: 3.192e-06 g/m<sup>2</sup>hPa  
 Lämmönvastus: 7.815 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, ulko: 0.130 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, sisä: 0.130 m<sup>2</sup>K/W  
 Kulma (0-90): 90.000



## Rakenteen kerrostiedot:

## Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Tuulettuva ilmarako	22.00	0.0489	1.000000e+00	0.00	1.30
2 Puukuitulevy, kova	12.00	0.1300	5.138889e-12	0.00	1000.00
3 Therma TP10 Runkolevy	100.00	0.0220	1.777860e-13	0.00	32.00
4 Therma TP10 Runkolevy	100.00	0.0220	1.777860e-13	0.00	32.00
5 Kipsilevy	13.00	0.2100	2.000000e-11	0.00	730.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):
3 Sahatavara (syitä va	0.1200	8.0	0.00	450.00	—
4 Puurunko	0.1200	8.0	0.00	450.00	—

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

## Lämpötilat ja kosteudet:

## 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-10.00	2.14	1.92	90.0	0.00
1	-9.61	2.21	1.92	87.1	0.00
2	-8.25	2.48	1.92	77.6	0.00
3	-7.97	2.54	1.93	76.2	0.00
4	5.72	7.13	3.99	56.0	0.00
5	19.42	16.71	6.05	36.2	0.00
6	19.61	16.89	6.05	35.8	0.00
S	20.00	17.29	6.05	35.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

## Lisätiedot:

## Liite 3. Saatuja tuloksia ostoenergian määrästä eri korjausvaihtoehdoilla

1 (1)

TP 10 Runkolevy ulkoseinään

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUUDESTA				
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	126.4			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Sähkö / Sähkö			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 110 MV (25-100 L/s)			
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö	20996	166	1.20	199.3
Puu	5000	40	0.50	19.8
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2657	21.0		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				220

TW56 Eristetty Kipsilevy ulkoseinään

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUUDESTA				
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	126.4			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Sähkö / Sähkö			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 110 MV (25-100 L/s)			
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö	21563	171	1.20	204.7
Puu	5000	40	0.50	19.8
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2657	21.0		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				225

TP10 Harjakattoeriste yläpohjaan

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUUDESTA				
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	126.4			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Sähkö / Sähkö			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Vallox 110 MV (25-100 L/s)			
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö	20626	165	1.20	197.7
Puu	5000	40	0.50	19.8
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2657	21.0		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				218

## Liite 4. Ulkoseinän lisäeristämisen U-arvo laskenta ja kosteustarkastelut

1 (1)

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 21.3.2023	Tunnus:

<b>Rakenteen päätiedot:</b> U-arvo: 0.164 W/m <sup>2</sup> K Paksuus: 273.500 mm Pinta-ala: 1.00 m <sup>2</sup> Paino: 32.86 kg Hinta: 0.00 euro  Vesihöyryn vastus: 3.574e+05 m <sup>2</sup> hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 2.798e-06 g/m <sup>2</sup> hPa Lämmönvastus: 6.092 m <sup>2</sup> K/W Pintavastus, ulko: 0.130 m <sup>2</sup> K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m <sup>2</sup> K/W Kulma (0-90): 90.000			
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

Rakenteen kerrostiedot:						Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)	
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:		
1 Tuulettuva ilmarako	22.00	0.0489	1.000000e+00	0.00	1.30		
2 Puukuitulevy, kova	12.00	0.1300	5.138889e-12	0.00	1000.00		
3 Mineraalivilla	50.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	50.00		
4 Mineraalivilla	150.00	0.0460	1.050000e-10	0.00	30.00		
5 Therma TW56 Anselmi	39.50	0.0290	3.079740e-14	0.00	182.00		
KYLMAŠILTA:		LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):	
3 Sahatavara (syitä va	0.1200	8.0	0.00	0.00	450.00	—	
4 Puurunko	0.1200	8.0	0.00	0.00	450.00	—	

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
U	-10.00	2.14	1.92	90.0	0.00	
1	-9.40	2.25	1.92	85.5	0.00	
2	-7.33	2.68	1.92	71.9	0.00	
3	-6.90	2.77	1.93	69.6	0.00	
4	-1.90	4.17	1.93	46.3	0.00	
5	13.13	11.43	1.94	16.9	0.00	
6	19.40	16.69	6.05	36.3	0.00	
S	20.00	17.29	6.05	35.0	0.00	

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

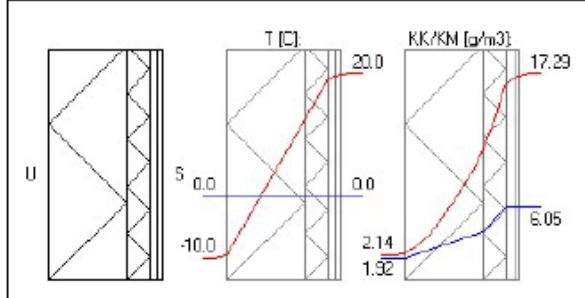
## Liite 5. Yläpohjan eristeiden vaihdon U-arvo laskenta ja kosteustarkastelut

1 (1)

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 21.3.2023	Tunnus:

## Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.091 W/m<sup>2</sup>K  
 Paksuus: 294.000 mm  
 Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
 Paino: 28.03 kg  
 Hinta: 0.00 euro  
  
 Vesihöyryn vastus: 7.304e+05 m<sup>2</sup>hPa/g  
 Vesih. läpäisykerroin: 1.369e-06 g/m<sup>2</sup>hPa  
 Lämmönvastus: 10.950 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, ulko: 0.100 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, sisä: 0.100 m<sup>2</sup>K/W  
 Kulma (0-90): 0.000



## Rakenteen kerrostiedot:

## Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Therna TP10 / TF70 /	200.00	0.0220	1.497870e-13	0.00	32.00
2 Therna TP10 / TF70 /	60.00	0.0220	4.645840e-14	0.00	32.00
3 Suljettu ilmapäli	22.00	0.0977	1.830000e-10	0.00	1.30
4 Kipsilevy	12.00	0.2400	4.500000e-12	0.00	1200.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):
1 Sahatavara (syitä va	0.1200	5.3	0.00	450.00	—
3 Sahatavara (syitä va	0.1200	8.3	0.00	450.00	—

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

## Lämpötilat ja kosteudet:

## 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-10.00	2.14	1.92	90.0	0.00
1	-9.76	2.18	1.92	88.2	0.00
2	12.43	10.95	4.02	36.7	0.00
3	19.08	16.38	6.05	36.9	0.00
4	19.63	16.92	6.05	35.7	0.00
5	19.76	17.04	6.05	35.5	0.00
S	20.00	17.29	6.05	35.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

## Lisätiedot:

## Liite 6. Excel laskenta rakennustöiden kustannuksista

1 (3)

KUSTANNUSLASKENTA						
US1 (2xTP10)						
Purkutyt	Rakennusosa	Määrä (m2)	tth/m2	Hinta työ	YHT (h):	Työn hinta (€):
	Levytyksen purku ja höyrynsulun poisto	115,34	0,15	30,6	17,3	529,4
	Jätteiden siirrot (ulkoseinät)	115,34	0,05	30,6	5,8	176,5
	Vanhon eristeiden poisto	Vaikutus niin pieni ettei huomoida				0,0
	Märkätilojen seinien purkutyt	10,31	0,2	30,6	2,1	63,1
	Jätteiden siirrot (märkätila)	10,85	0,05	30,6	0,5	16,6
	Saunan purku (koolaus, villoitus, panelit)	4,14	0,25	30,6	1,0	31,7
	Lauteiden irroitus (purku)	1,2m x 2m	1	30,6	1,0	30,6
	Jätteiden siirrot (sauna)	4,5	0,05	30,6	0,2	6,9
	YHT:		2,55		27,9	854,7
Rakennustyöt	Uusien eristelevyjen asennus,saunaus ja teippaus k600	129,79	0,08	30,6	10,4	317,7
	Seinien levytys	125,65	0,12	30,6	15,1	461,4
	Vedeneristysten korjaus	1,2	0,25	30,6	0,3	9,2
	PH ja sauna seinien laatoitus	1,4	0,6	30,6	0,8	25,7
	Saunan panelointi	4,14	0,2	30,6	0,8	25,3
	Saunan lauteet kiinnitys	1,2m x 2m	1	30,6	1,0	30,6
	YHT:		2,25		28,4	869,9
Materiaalikustannukset		Määrä (m2)	Hinta (€/m2)	YHT:		
	Kingspan TP10 Runkolevy k600	272,559	34,46 €	9 392,27 €		
	Saumavaahto	272,559	Pullon hinta: 9,50 €	Tarvittava määrä (L) 2507,5428	Hinta: 529,37 €	
	Saumateippi	Tarvittava määrä: 70m	Rullan hinta: 88 €	Hinta yht: 176 €		
	Kipsilevy	138,215	17,60 €	2 432,58 €		
	Tasoite	125,65	20€/säkki	Ardex A 828		
	Pohjamaali	125,65	176€/prk	Futura 3 9L		
	Pintamaali	125,65	153€/prk	Luja 7 Himmeä9L		
	Seinälaattojen menekki niin pieni ettei oteta huomioon - Lisätään laatoista, vesieristeestä ja silikonista 100€					
	Jätelava			700 €		
	Saunan mahdollisia lauteiden/panelien uusintaa ei oteta laskennassa huomioon.					
	Materiaalit YHT:			13 230,23 €		
	Remontin hinta yhteensä:			14 954,90 €		
Takaisinmaksuaika:				Vuodessa saatu säästö:		Takaisinmaksuaika (vuotta):
	Säästetty sähkön määrä/v	2263 kWh/v				
	Sähkön keskihinta 2022:	0,2 snt/kWh	452,60 €			33
	Futuuri 2024 (14.3.2023)	0,1274 snt/kWh	288,31 €			52
	Sähkön keskihinta viimeiset 5-vuotta:	0,0874 snt/kWh	197,79 €			76
	Therma levyjen hinnat STARK Kingspan Therma hinnasto (10.3.2023)					
	Muiden tuotteiden hinnat STARK 10.3.2023					

2 (3)

## KUSTANNUSLASKENTA

<b>US2 TW56</b>						
<b>Rakennusosa</b>		<b>Määrä (m2)</b>	<b>tth/m2</b>	<b>Hinta työ</b>	<b>YHT (h):</b>	<b>Työn hinta (€):</b>
Purkutyöt	Levytyksen purku ja höyrynsulun poisto	115,34	0,15	30,6	17,3	529,4
	Jätteiden siirrot (ulkoseinät)	115,34	0,05	30,6	5,8	176,5
	YHT:		0,2		23,1	705,9
Rakennustyöt	Uusien eristelevyjen asennus,saumaus ja teippaus	115,34	0,08	30,6	9,2	282,4
	YHT:		• 0,156		9,2	282,4
<b>Materiaalikustannukset</b>		<b>Määrä (m2)</b>	<b>Hinta (€/m2)</b>	<b>YHT:</b>		
Kingspan TW56 Anselmi 40mm		121,107	19,13 €	2 317,16 €		
Saumavaahto		121,107	Pullon hinta: 9,50 €	Tarvittava määrä (L) 387,5424	Hinta: 81,81 €	
Saumateippi		Tarvittava määrä: 30m		Rullan hinta: 88 €	Hinta yht: 88 €	
Tasoite		115,34	28€/säkki	Ardex A 828		
Pohjamaali		115,34	176€/prk	Futura 3 9L		
Pintamaali		115,34	153€/prk	Luja 7 Himmeä9L		
Koolauspuut		480,58 metriä	1,13 €	543,06 €	Sahatavara havu 25x100mm	
Jätelava				700 €		
Materiaalit YHT:				3 286,98 €		
Remontin hinta yhteensä:				4 275,21 €		
<b>Takaisinmaksuaika:</b>				<b>Vuodessa saatu säästö:</b>	<b>Takaisinmaksuaika (vuotta):</b>	
Säästetty sähkön määrä/v		1414 kWh/v				
Sähkön keskihinta 2022:		0,2 snt/kWh		282,80 €		15
Futuuri 2024		0,1274 snt/kWh		180,14 €		24
Sähkön keskihinta viimeiset 5-vuotta:		0,0874 snt/kWh		123,58 €		35

Therma levyjen hinnat STARK Kingspan Therma hinnasto 10.3.2023

Muiden tuotteiden hinnat STARK 10.3.2023

