

**1980-LUVULLA RAKENNETUN PIENTALON  
ULKOSEINÄRAKENTEEN LISÄERISTYSTYÖN KANNATTAVUUDEN  
ARVIOINTI**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeen ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

syksy, 2018

Petri Lahti

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus  
Hamk, Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Petri Lahti	<b>Vuosi</b> 2018
<b>Työn nimi</b>	1980-luvulla rakennetun pientalon ulkoseinärakenteen lisäeristystyön kannattavuuden arviointi	
<b>Työn ohjaaja</b>	Anssi Knuutila	

---

#### TIIVISTELMÄ

Valitsin opinnäytetyön aiheen omasta kiinnostuksesta tutkia vanhan pientalon energiansäästötapoja ja energiasaneeraustyön taloudellista kannattavuutta. Työ on rajattu selvittämään 1980-luvulla rakennetun tyyppillisen pientalon seinärakenteen energiatehokkuuden parantamisen vaikutusta energiankulutukseen ja energiakustannuksiin.

Työssä käsitellään yleisesti pientalon energiankulutusta ja tapoja, joilla sitä voitaisiin vähentää. Lisäksi tässä työssä kerrotaan korjaus- ja muutostöiden työnkulusta, tehtävistä ja toimenpiteistä. Ulkoseinärakenteen lisäeristämiseen esitellään kaksi lisäeristystapaa. Lisäeristysratkaisujen toiminnallisena perusteena on rakennusfysikaaliset laskelmat.

Esimerkkikohteena opinnäytetyössä on Varsinais-Suomessa sijaitseva vuonna 1984 rakennettu puuverhoiltu omakotitalo. Rakennusosana tarkastellaan ulkoseinärakennetta. Seinärakenteen energianparannussaneeraukseen suunnitellaan sisä- ja ulkopuolinen lisäeristysvaihtoehto. Nykyisestä ja lisäeristetyistä rakenteista tarkastellaan rakenteiden toimivuutta laskemalla rakennusfysikaalisia arvoja. Energiasaneeraukselle lasketaan takaisinmaksuaika ja pohditaan saneerauksen kannattavuutta taloudellisesta näkökulmasta.

Tulokset osoittivat, että esimerkkikohteen ulkoseinärakenne oli aikakautensa rakennusmääräyksissä vaadittuja U-arvoja huomattavasti paremmin lämmöneristävä ja pelkästään energiansäästöä ajatellen lisäeristystyö opinnäytetyössä suunnitelluilla eristystavoilla tulisi olemaan taloudellisesti kannattamaton.

Opinnäytetyö vahvisti jo olemassa olevaa ajatustani siitä, että suunniteltaessa energianparannustyön aloittamista, on kohteen ja alkuperäisten rakenteiden kunnollinen kuntokartoitus sekä ammattitaitoinen suunnittelija erittäin arvokkaita saneeraustyön onnistumisen kannalta.

<b>Avainsanat</b>	Energiaparannus, perusparannus, korjausrakentaminen, pientalo, seinärakenne
<b>Sivut</b>	64 sivua, joista liitteitä 14 sivua



Degree Programme in Construction Engineering  
Visamäki

---

<b>Author</b>	Petri Lahti	<b>Year</b> 2018
<b>Subject</b>	Evaluation of cost-effectiveness of additional external insulation	
<b>Supervisor</b>	Anssi Knuutila	

---

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to explore the ways to save energy in a low-rise house and the economic viability of energy-saving renovation. The thesis was limited to investigate the effect of improving the energy efficiency of the wall structure of a typical low-rise house built in the 1980s on the energy consumption and energy costs.

The thesis deals with the energy consumption of a low-rise house and how to reduce it. The progress of repair and alteration work and measures taken are also discussed. Two additional insulation methods are discussed for additional insulation of the external wall structure. Building physical calculations were used for the functional constraints of the additional insulation solutions.

The target building was a wood-clad single family house built in the Southwest of Finland in the early 1980s. The energy-saving of the exterior wall structure for renovation was provided with an additional insulation. The functionality of current and additionally insulated structures were considered by calculating the building physical values. The payback time for the energy renovation was calculated and the profitability of the renovation was considered from an economic point of view.

The results showed that the exterior wall structure of the target building was considerably better heat-insulating than the U-values required in the building regulations of the period. Therefore, additional insulation work with the designed insulation methods would not be economically viable. Building physical calculations showed that both additional insulation solutions are functional structural solutions. The thesis confirmed that when planning an energy improvement or renovation work, a proper condition evaluation of the existing structures and a professional designer are essential for the success of the work.

**Keywords** Energy improvement, refurbishment, renovation, low-rise house, wall structure

**Pages** 64 pages including appendices 14 pages



# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PIENTALOJEN ENERGIANKULUTUS JA SEN MUODOSTUMINEN.....	2
3	1980–LUVUN PIENTALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN KORJAUS- JA MUUTOSTÖIDEN YHTEYDESSÄ.....	5
3.1	Energiansäästön mahdollisuudet 1980-luvulla rakennetussa pientalossa.....	5
3.2	Yläpohjan lisäeristäminen .....	6
3.3	Seinä rakenteen lisäeristäminen.....	7
3.3.1	Seinä rakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen lasivillalla .....	8
3.3.2	Seinä rakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen kivivillalla .....	9
3.3.3	Seinä rakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen selluvillalla .....	9
3.3.4	Seinä rakenteen sisäpuolinen lisäeristäminen XPS-levyllä .....	10
3.3.5	Seinä rakenteen sisäpuolinen lisäeristäminen PIR-levyllä .....	10
3.4	Ikkunoiden energiasaneeraus .....	11
3.5	Ulko-ovien energiasaneeraus.....	12
3.6	Vaipan tiivistäminen.....	13
4	RAKENNUSTEKNISTÄ ENERGIASANEERAUSTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ .....	14
4.1	Rakennusosakohtaisen vaatimuksen osoittaminen.....	15
4.2	Rakennuksen laskennallinen vuotuinen energiankulutus .....	16
4.3	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E-luku (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	16
4.4	Rakennuksen teknisten järjestelmien uusinta tai perusparannus.....	16
4.5	Takaisinmaksuaika taloudellisessa tarkastelussa.....	17
4.6	Energiatehokkuuden parantaminen usean korjauksen yhteisvaikutuksena ....	17
5	KORJAUSRAKENTAMISEN YHTEYDESSÄ TOTEUTETTAVAN ENERGIASANEERAUKSEN ALOITUS .....	17
5.1	Luvat ja määräykset .....	18
5.2	Suunnitelmat ja selvitykset .....	18
5.2.1	Asemapiirros.....	19
5.2.2	Pohja- ja leikkauspiirustus .....	19
5.2.3	Julkisivupiirustus.....	19
5.2.4	Rakennuksen kunnosta laadittujen selvitysten sisältö.....	19
5.2.5	Rakennepiirustukset .....	20
5.2.6	Purku- ja suojaussuunnitelman sisältö.....	20
5.2.7	Kosteusvaurion ja korjaussuunnitelman sisältö.....	20
5.3	Takaisinmaksuaika.....	20
5.4	Rakennustyön kustannukset .....	21
5.5	Kotitalousvähennys .....	21
6	SEINÄRAKENTEEN RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA.....	21
6.1	Tekniset periaatteet .....	22
6.2	Rakenteiden ilmanpitävyys ja höyrytiiviyys .....	22

6.3	Seinärakenteen tuulensuoja .....	23
6.4	Rakenteiden tuuletusvälit ja tuuletustilat.....	23
6.5	Puu-ulkoerohous .....	23
6.6	Maanvastaiset seinärakenteet.....	23
6.7	Rakenteen johtumislämpöhäviön laskeminen.....	23
6.8	Rakenneosan johtumislämpöenergian laskeminen .....	25
6.9	Konvektio.....	25
6.9.1	Luonnollinen konvektio .....	25
6.9.2	Pakotettu konvektio .....	26
6.10	Kosteus .....	27
6.11	Suhteellinen kosteus (RH) .....	27
6.12	Seinärakenteen suhteellisen kosteuden (RH) jakauman laskenta.....	28
6.13	Seinärakenteen homehtumisriski .....	32
6.14	Seinärakenteen viistosateen vaikutus .....	33
6.15	Tekninen käyttöikä .....	34
7	ESIMERKKITALO .....	34
7.1	Esimerkkitalon seinärakenne .....	34
7.2	Seinärakenteen lisäeristys.....	38
7.3	Seinäelementin U-arvot .....	39
7.4	Seinärakenteen diffuusiovesihöyryn määrä sekä lämpötila .....	39
7.5	Seinärakenteen homehtumisriski .....	40
7.6	Seinärakenteen lisäeristyksestä saatava säästö energiakustannuksissa .....	41
7.7	Lisäeristämistyön kustannusarvio .....	41
7.8	Seinärakenteen lisäeristämisen takaisinmaksuaika esimerkkikohteen suunnitelmien pohjalta laskettuna.....	42
8	TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA .....	43
8.1	Seinärakenteen lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet.....	43
8.2	Seinärakenteen nykykunto.....	43
8.3	Seinärakenteen energiasaneerauksen takaisinmaksuaika .....	44
9	YHTEENVETO .....	45
	LÄHTEET .....	47
	HAASTATTELUT.....	50

## Liitteet

Liite 1	Takaisinmaksuaikalaskelma seinärakenne
Liite 2	Seinärakenteen purku- ja materiaalikustannuksia
Liite 3	Pohjakuva
Liite 4	Rakenneleikkaukset
Liite 5	Vesihöyryn diffuusiolaskelma alkuperäinen rakenne
Liite 6	Vesihöyryn diffuusiolaskelma ulkopuolelta lisäeristetty rakenne
Liite 7	Vesihöyryn diffuusiolaskelma sisäpuolelta lisäeristetty rakenne
Liite 8	Seinärakenteen u-arvo laskelmat

- Liite 9 Tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot
- Liite 10 Asunkannan ikäjakauma vuonna 2016
- Liite 11 Seinä rakenteiden vesihöyryn diffuusiopiirrokset
- Liite 12 Oulun rakennusvalvonnan lupaprosessissa vaadittavat asiakirjat laajenuskohteissa
- Liite 13 Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981–2010
- Liite 14 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta



## 1 JOHDANTO

Suurin osa Suomen nykyisestä pientalokannasta on rakennettu 1980-luvun aikana. Myös useiden talotehtaiden suosima elementtirakentaminen nosti suosiotaan 1980-luvulla ja sitä aloitettiin enemmässä määrin käyttämään pientalojen rakentamisessa. Rakentamismääräyksiä päivitettiin myös paljon 1980-luvun aikana ja rakentamistapojen paljous teki rakentamisen laadusta kirjavaa. 1980-luvulla rakennetut pientalot ovat suurimmilta osin yli 30 vuotta vanhoja. Kuten autot myös talot vaativat huoltoa, ja hyvin hoidetussa talossa voi monien rakenteiden tai rakenneosien käyttöikä kasvaa oikeanlaisilla huoltotoimenpiteillä jopa huomattavasti. Monista tämän aikakauden taloista löytyy kuitenkin rakenteita, ja materiaaleja jotka ovat tulleet teknisen käyttöikänsä päähän, ja vaativat siksi uusimista tai korjausta. Suomessa korjausrakentamista ohjaavat määräykset velvoittavat myös hankkeeseen ryhtyvää tutkimaan onko korjaus- tai muutostyön yhteydessä mahdollista parantaa kiinteistön energiatehokkuutta.

1980-luvulla rakennetut pientalot näyttävät ulkonäöllisesti hyvin samalta kuin nykypäivänä rakennetut pientalot. Eroavaisuudet nykyrakentamisessa, ja 1980-luvulla rakennetussa pientalossa tulevatkin rakenteellisissa rakenneratkaisuissa, ja sen myötä myös energiatehokkuudessa.

Ulkoseinärakenteen energian säästötoimia pystytään nykypäivänä tekemään monin eri ratkaisuin 1980-luvulla rakennettuihin rakennuksiin. Opinnäytetyössä tutkitaan esimerkkitalon tämänhetkistä ja korjausehdotuksena olevan ulkoseinärakenteen teknistä toimintaa. Tutkimusmenetelmänä on laskennallinen tarkastelu, jolla selvitetään seinärakenteen lämmönläpäisevyyttä ja kosteuskäyttäytymistä. Tuloksien pohjalta päätetään ulkoseinän lisäeristystapa, ja lasketaan työn taloudellisia kustannuksia. Kustannusarvion avulla pohditaan saadaanko lisäeristämällä kohtuullista takaisinmaksuaikaa.

Opinnäytetyön teema valikoitui, koska korjausrakentaminen ja energiasaneeraus ovat minua kiinnostavia aihealueita. Aihe on myös ajankohtainen useissa 1980-luvulla rakennetuissa pientaloissa tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa. Mielestäni rakennusinsinöörin koulutus antaa erittäin hyvän tietopohjan tutkia ja suunnitella korjaus- ja muutostyön yhteydessä tehtävää energiansäästösaneerausta.

## 2 PIENTALOJEN ENERGIANKULUTUS JA SEN MUODOSTUMINEN

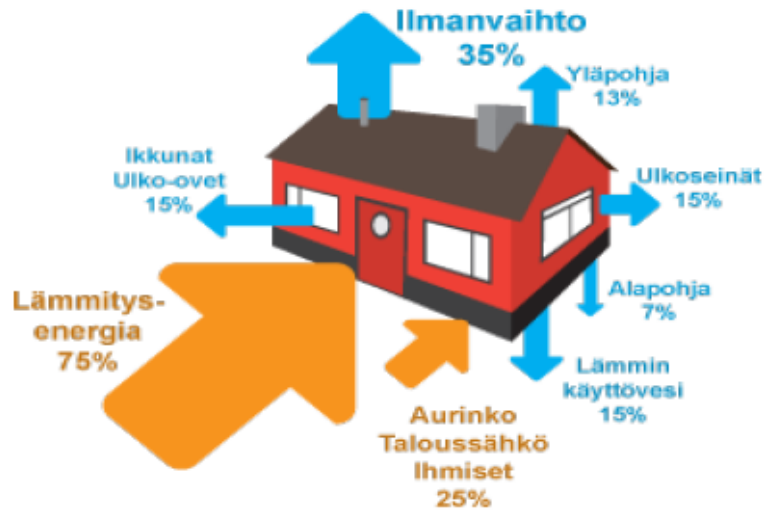
Pientaloksi määritellään erillISRakennukset kuten omakotitalot ja kytketyt rakennukset eli niisanotut paritalot ja rivitalot. Pientaloissa voi olla 1-3 kerrosta. (Maankäyttö- ja rakennuslaki § 2.)

Pientaloissa energiaa käytetään eniten lämpimien tilojen lämmitykseen. Tämän lisäksi energiaa kuluu seuraavaksi eniten käyttöveden lämmitykseen, taloussähköön sekä mahdollisesti tilojen viilennykseen. Rakennuksen energiankulutus on riippuvainen muun muassa sen maantieteellisestä sijainnista. Taulukossa 1. esitellään pientalon kokonaisenergiankulutuksen osuuksia.

Taulukko 1. Pientalon energiankulutus (Ympäristöhallinto 2016)

<b>PIENTALON ENERGIANKULUTUS</b>	<b>OSUUS</b>
Lämmitys	50 %
Taloussähkö	30 %
Käyttöveden lämmitys	20 %
*(Jäähdytys)	2 %
*jos käytössä	

Ratkaisevasti pientalojen energiankulutukseen vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmän sekä rakennuksen ulkovaipan lämpöhäviöt. Kuvassa 1. esitellään pientalon lämpöhäviöiden osuuksia rakennusosien ja teknisten järjestelmien kautta.

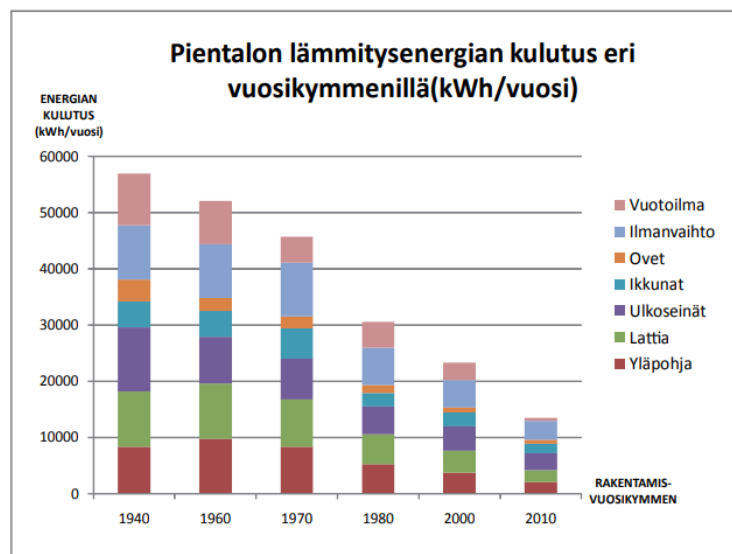


Kuva 1. Pientalojen lämpöhäviöiden koostuminen (Puuinfo 2013)

Oleskelutilojen lämpötilat on suositeltavaa pitää noin 21-22 celsiusasteessa ja välttää näin yllämmittämistä. Huoneissa joissa nukutaan, voidaan pitää vielä muutaman asteen alempaakin lämpötilaa. Passiivitaloissa, joissa ulkovaippa on tiivis sekä energiatehokas, käyttöveden lämmitykseen voi kuluu jopa 35 % käytetystä energiasta, mutta vastaavasti tilojen lämmitysenergiaan tarvittava määrä on pienempi. Pientalossa taloussähköä kuluu eniten viihde-elektronikkaan, lvi - kylmälaitteisiin, keittölaitteisiin sekä valaistukseen. Ihmisten elintavoista sekä asukkaiden lukumäärästä johtuen taulukossa 2. olevat taulukon kulutusmäärät voivat vaihdella huomattavasti. Taulukossa 2. on tavanomaisen pientalon vuotuisen sähkönkulutuksen osuuksia ja kuvassa 2. esitetään pientalojen sähkönkulutuksia eri vuosikymmenillä.

Taulukko 2. Sähkölämmitteisen omakoti- tai rivitalon (120m<sup>2</sup>, neljä henkilöä, tavanomainen varustelutaso) vuotuinen sähkönkulutus (Vattenfall n.d)

	Kulutus kWh/vuosi
Lämmitys	9 600
Veden lämmitys	3 600
Kylmälaitteet	600
Kiuas	1 000
Ruoanvalmistus ja astianpesu	680
Kodin elektroniikka	700
Pyykinpesu ja -kuivaus	600
LVI-laitteet	600
Auton lämmitys	400
Muu kulutus	700
Yhteensä vuodessa	18 480



Kuva 2. Pientalon lämmitysenergian kulutus eri vuosikymmenillä (Oulun kaupungin rakennusvalvonta)

### 3 1980–LUVUN PIENTALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN KORJAUS- JA MUUTOSTÖIDEN YHTEYDESSÄ

Pientalon energiansaneerauksen tavoitteena on rakennuksen kokonaisenergiakulutuksen vähentäminen. Rakennuksen toimivuutta on hyvä käsitellä kokonaisuutena, johon eri osatekijät vaikuttavat. Hyvän korjausrakentamisen lähtökohtana on, että tehtävien korjausten tulee mahdollistaa ja edesauttaa tulevia, muiden rakennusosien ja järjestelmien korjauksia. Kun suunnitellaan pientalon energiatehokkuuden parantamistoimenpiteitä muuttamalla tai parantamalla olemassa olevia rakenneratkaisuja, voidaan samalla uusia ja usein on myös järkevää uusia teknisen käyttökänsä saavuttaneet rakenneosat saman työn aikana. Aina ei kuitenkaan ole paras ratkaisu katsoa asiaa näin kapeakatseisesti. Jos rakenne on toimiva ja terve, kannattaa miettiä saadaanko energiansäästöä kajoamatta toimivaan terveeseen rakenteeseen ja parantamalla esimerkiksi lämmityslaitteiston tai ilmanvaihdon laitteistoja hyötysuhteiltaan paremmaksi. (Ojanen, Nykänen & Hemilä 2017, 8)

Alla on lueteltu asumismukavuuteen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä, jotka voivat olla merkinä mahdollisesta energiasaneerauksen tarpeesta.

Rakenteiden mahdollisesta puutteellisesta toiminnasta johtuvia:

- Asunnossa on vedon tunnetta
- Rakenteeseen pääsevä ulkoilma heikentää lämmöneristystä ja alentaa pintalämpötilaa
- Kylmä lattia
- Ullakon puhalluseristeet siirtyvät ilmavirtauksien mukana
- Kosteuden tiivistyminen pinnoille
- Ilmanvaihto ei toimi suunnitellusti

Asumisviihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä

- Alhainen huonelämpötila
- Korkea huonelämpötila
- Vaihteleva huonelämpötila
- Kuiva ilma
- Tunkkaisuus
- Epämiellyttävä haju
- Hajut muista asunnoista ja tiloista

(Puuinfo, 2013, Pientalon Energiasaneeraus korjaustarpeen arviointi)

#### 3.1 Energiansäästön mahdollisuudet 1980-luvulla rakennetussa pientalossa

Rakenteiden lämmöneristystason parantaminen ei ole käytännössä mahdollista tehdä ilman mittavia toimia kaikkien rakenteiden osalta. Siksi on

tärkeämpää pitää tavoitteena hyvää energiatehokkuutta niissä korjauksissa, joissa tämä on mahdollista tehdä. (Ojanen, ym 2017, 8)

Rakennusteknisiä energiansäästön toimenpiteitä on 1980-luvulla rakennetuissa pientaloissa usein miten taloudellisesti järkevää tehdä silloin, kun kohteessa tehdään rakennusosaan muutenkin tehtävää korjausta tai uudistusta vaurion tai osan huonon kunnon vuoksi. Vain energiaparanuksia ajatellen tehtävässä rakenneosan uusinnassa tai parannuksessa voivat investointikustannukset nousta niin isoiksi, että energiansäästöllä saatavat taloudelliset säästöt luovat pitkän maksuajan työn investointiin nähden ja vievät pohjan saneerauksen taloudellisesta kannattavuudesta.

Pientalon lämmitystarpeen pienentämiseksi voidaan harkita esimerkiksi seuraavia toimenpiteitä

- yläpohjan lisäeristäminen
  - ulkoseinien lisäeristys
  - ikkunoiden ja ovien vaihtaminen energiatehokkaampiin
  - lämmitysverkoston perus-säätö
  - lämmityksen säätöjärjestelmien uusiminen/automatisoiminen
  - ilmanvaihdon lämpöhäviön pienentäminen laitteistoa uusimalla
- (Lappalainen 2010, 133)

Korjausrakentamisessa haasteena on olemassa olevan rakennuksen nykytilanteen riittävän hyvä tuntemus. Tämä edellyttää tietämystä muun muassa aiemmin tehtyjen korjausten ja muutosten sekä niiden vaikutusten kartoittamista rakennuksen toiminnan kannalta. Joissain tapauksissa yhteen rakennusosaan tehdyt korjaukset voivat heikentää muiden rakennusosien, järjestelmien tai koko rakennuksen toimintaa. Tästä syystä vaikutukset rakennuksen toimintaan kokonaisuutena on selvitettävä jo aivan hankkeen alussa. (VTT Oy, 2017)

Jokainen talo sekä rakenneosat on yksilöllinen, ja siksi energiasaneeraus onkin suunniteltava huolellisesti aina tapauskohtaisesti parhaan kosteusteknisen toimivuuden ja ulkonäöllisesti hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Yhteen rakennusosaan tehtävät muutokset voivat vaikuttaa koko rakennuksen toimivuuteen ja siksi onkin aina erittäin tärkeää varmistaa uusien sekä vanhojen rakennusosien toimivuus keskenään ja ajatella rakennusta toimivana kokonaisuutena. Hyviä ohjeita ja tulkintoja pientalon energiasaneerauksiin liittyen löytyy Oulun Rakennusvalvonnan internet-sivuilta. (Oulun kaupungin rakennusvalvonta)

### 3.2 Yläpohjan lisäeristäminen

Yläpohjan lisäeristäminen on usein yksinkertainen ja tehokas tapa parantaa energiatehokkuutta. Yläpohjan kautta voi poistua jopa 20 % lämmitysenergiasta. Lisäeristysmateriaali tulee aina olla sellainen, että olemas-

sa olevaan vanhaan eristeeseen ei muodostu kosteusvaurioriskiä. Vanhan eristeen kunto tulisi aina tarkastaa ennen lisäeristyskerroksen asentamista. Yläpohjan riittävä tuulettuminen on myös varmistettava lisäeristystyön yhteydessä ja tarvittaessa lisätä tuuletusta päätykolmioiden kautta. Taulukossa 3. on esitetty eri vuosikymmenillä rakennettujen pientalojen vaatimia tyypillisiä lisäeristyskerroksien paksuuksia, joilla päästään U-arvo vaatimukseen 0,09 (W/m<sup>2</sup>k). (Oulu, Rakennusvalvonta, 2013)

Ennen yläpohjan lisäeristämistä pyritään seuraavat asiat selvittämään:

- Ilman- / höyrynsulun riittävä tiiveys
- Toimiva yläpohjan tuuletus päätykolmioissa ja/tai räystäältä
- Ulkoseinien vapaa ja riittävä tuuletusväli
- Tuulenojainten asennus
- Savuhormien määräysten mukainen paloeristys
- Ilmanvaihtokanavien sekä viemärin tuuletusputken eristys
- Kulkusillan asennus riittävään korkeuteen

Taulukko 3. Yläpohjan lisäeristämisen vaatimukset vuoden 2012 tasolle pääsemiseksi (Oulun kaupungin rakennusvalvonta)

Vuosi tai vuosikymmen, jolloin talon yläpohja on eristetty.	Lämmön- läpäise- vyysarvo ( U-arvo) [W/m <sup>2</sup> K]	Tyypillinen lisäläm- mönneristeen paksuus, jotta päästään U-arvoon 0,09 (W/m <sup>2</sup> K). Eristeen lämmönjohtavuus on 0,035 (W/mK) .[mm]
1940-luku	0,35	300
1950-luku	0,35	300
1962	0,41	300
1969	0,35	300
1974	0,35	300
1979	0,23	240
1985	0,22	240
2003	0,16	180
2008	0,15	160
2010	0,09	0
2012	0,09	0
2012 passiivitalo	0,06	

### 3.3 Seinärakenteen lisäeristäminen

Pientalon seinärakenne voidaan lisälämmönneristää ulkopuolelta tai vaihtoehtoisesti toteuttaa se sisäpuolisella ratkaisulla. Jos ulkoseinärakenteessa on esimerkiksi puutteellinen tuuletus, voidaan kosteusteknistä toimivuutta parantaa ulkopuolelta tehtävän lisäeristämisen yhteydessä.

Toteutustavan valinnassa ja toteutuksessa tulee aina arvioida seinän kosteustekninen toiminta ja mahdolliset ilmavuodot. Kosteustekniseen toimintaan vaikuttavat seinässä olevat vanhat materiaalit ja lisäeristämisen yhteydessä asennettavat uudet rakennusmateriaalit.

Lisäeristämisen suunnittelussa tulisi erityisesti huomioida seinään kohdistuva viistosade ja varmistaa julkisivun sadeveden pitävyys. Seinärakenteen toimiva ja riittävä tuuletus on rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta tärkeää. Ikkunoiden liitokset ja tiiviit sekä aukkoihin sopivat ikkunapellitykset on myös toimivan rakenteen perusedellytys. Ilmastonmuutoksesta johtuvasta keskimääräisestä talvien keskilämpötilojen noususta johtuen lumi satanee tulevaisuudessa useimmin vetenä kuin lumena ja seinärakenne altistuu kosteudelle useammin kuin ”ennen vanhaan”. Seinärakenteen lämmöneristävyyden kasvaessa seinässä kosteuden kuivuminen sekä lämpövuotojen aiheuttama rakenteiden kosteus kuivuu rakenteesta pois hitaammin. (Siikanen U., 2017, 67)

### 3.3.1 Seinärakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen lasivillalla

Esimerkiksi Isover rkl-31 Facade on jäykkä, pitkiltä sivuilta pontattu, tuulensuojapinnoitteella pinnoitettu eristelevy eli niin sanottu tuulensuojalevy. Rkl-31 Facade-levyn tuulensuojapinnoite suojaa tuulta ja kosteutta vastaan, pinnoite on myös erittäin hyvin vesihöyryä läpäisevä. Isover rkl-31 Facade tuotteen lämmönjohtavuus  $\lambda$  Declared-arvo on 0,031 W/mK. Tuulensuojaeristettä käyttämällä vältetään kylmäsillat ja voidaan tehdä energiatehokkaampia rakenteita. Rkl-31 Facade on valmistettu epäorgaanisesta ja kemiallisesti neutraalista materiaalista, eikä se sisällä korroosiota aiheuttavia ainesosia. RKL-31 Facade on lahoamaton ja hajuton tuote eikä se tarjoa homesienille otollista kasvualustaa. Tuote täyttää rakennusmateriaalien päästoluokan M1.

(Isover 2018)

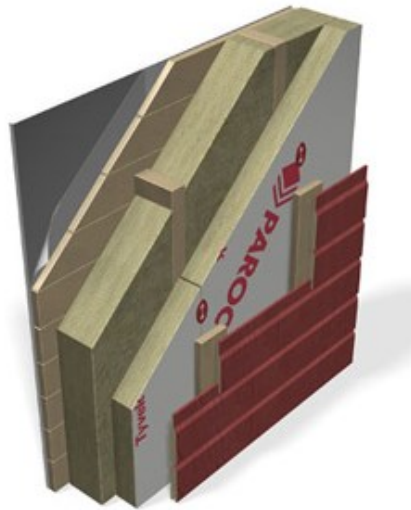


Kuva 3. Lasivillaeristeisen seinän lisälämmöneristäminen ulkopuolelta (Isover n.d)



### 3.3.2 Seinärakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen kivivillalla

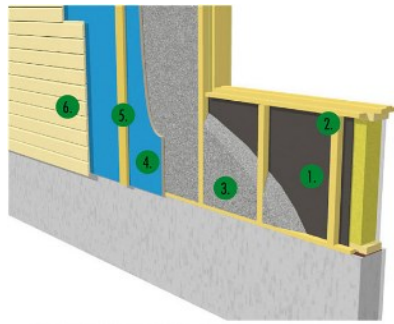
Esimerkiksi Paroc Cortex pro on paloturvallinen, kivivillasta tehty jäykkä tuulensuojaeriste P1-, P2- ja P3-paloluokan rakennuksien tuulettuviin julkisivuihin. Eristeeseen integroitu tuulitiivis ja vesihöyryä läpäisevä pinnoite suojaa rakenteen tuulelta ja sateelta. Pinnoite täyttää RakMK C4-ohjeen tuulensuojan tuulitiiviydestä sekä RakMK E1-määräyksen P1-, P2- ja P3-paloluokan rakennusten tuulettuvan julkisivun tuulensuojan paloturvallisuudesta. Lisäksi pinnoite läpäisee vesihöyryä hyvin, jolloin mahdollinen kosteus pääsee kuivumaan turvallisesti eikä rakenteeseen synny tiivistyvän kosteuden aiheuttamia ongelmia. Levyjen leveys ja pituus on 1200mm x 1800 mm. Levyjä valmistetaan 40, 50, 55, 70mm:n paksuuksina. Tuotteen lämmönjohtavuuden lambda desing arvo on 0,032 W/mK. (Paroc 2018)



Kuva 4. Kivivillaeristeen seinän lisälämmöneristäminen ulkopuolelta (Paroc n.d)

### 3.3.3 Seinärakenteen ulkopuolinen lisäeristäminen selluvillalla

Esimerkiksi puukuidusta valmistettava Ekovillalevy on pinnoittamaton, pehmeä ja kimmoisa lämmöneristyslevy, joka sopii hygrooskooppisuutensa vuoksi hyvin juuri puurakentamiseen. Eriste soveltuu sekä uudis-, että korjausrakentamiseen. Ekovilla-levyn pituus ja leveys on 870 x 565 ja varastopaksuudet ovat 45, 50, 75, 100, 125 ja 150 mm. Ekovillan lämmönjohtavuuden lambda desing arvo on 0,039 W/mK. (Ekovilla 2018)



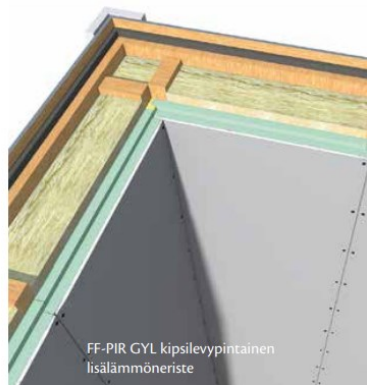
Kuva 5. Selluvillaeristeisen seinän lisälämmöneristäminen ulkopuolelta (Ekovilla n.d)

### 3.3.4 Seinärakenteen sisäpuolinen lisäeristäminen XPS-levyllä

XPS-levy on solumuovi, jonka pääraaka-aine on polystyreeni. XPS-levy on suulakepuristettua polystyreeniä eli kansainväliseltä lyhenteeltään XPS lämmöneriste. XPS-levyn erinomaiset ominaisuudet perustuvat sen solurakenteeseen. XPS-levyn solurakenne on täysin yhtenäinen ja suljettu. lämmönjohtavuuden lambda desing arvo on 0,040 W/mK. Se poikkeaa oleellisesti EPS:n eli styroksin solurakenteesta.

### 3.3.5 Seinärakenteen sisäpuolinen lisäeristäminen PIR-levyillä

Ulkoseinissä esimerkiksi Finnfoam-PIR-eristelevykerros asennetaan olemassa olevan rakenteen sisäpuolelle. Eristelevy toimii rakenteessa niin höyrynsulkuna kuin lisälämmöneristeinä ilman erillisen lisärungon rakentamista. Seinien sisäpuolisena eristelevynä voidaan käyttää myös esimerkiksi Finnfoamin FF-PIR 40/70 GYL -tuotteita, joissa on joko 30 mm tai 60 mm eristelevy, johon on tehtaalla liimattu 9 mm reunaohennettu kipsilevy. GYL tuotteilla nopeutetaan asentamista huomattavasti, kun yhdellä työvaiheella saadaan asennettua lämmöneriste ja kipsilevytys. FF-PIR GYL levyn lämmönjohtavuuden lambda desing arvo on 0,023 W/mK. (finnfoam 2018)



Kuva 6. FF-PIR GYL levyillä seinän lisälämmöneristäminen sisäpuolelta (Finnfoam 2018)

### 3.4 Ikkunoiden energiasaneeraus

Ennen päätöstä aloittaa ikkunasaneeraus on erittäin tärkeää tutkia nykyisten ikkunoiden tekniset ominaisuudet sekä kunto. Tieto olemassa olevista ikkunoiden mallista, kunnosta sekä ominaisuuksista auttaa arvioimaan ikkunasaneerauksen energiansäätön mahdollisuutta sekä kustannuksia. 1980-luvulla käytettiin jo yleisesti kolme-lasisia ikkunoita joissa U-arvot olivat noin  $2,1 \text{ W}/(\text{km}^2)$ . Ikkunoissa on tärkeitä huomioida koko ikkunan U-arvo. Lasin U-arvo saadaan helposti hyväksi, mutta karmin ja puitteen hyvän U-arvon toteuttaminen on vaikeampaa. Jos tarkastuksessa todetaan ikkunat hyväkuntoiseksi ja ehjiksi, riittää usein vain ylläpito-huolto ja tiivistys. Tiivisteiden vaihtoväli vaihtelee tiivistetyypin mukaan. Itseliimautuvat tiivisteet pitäisi vaihtaa jopa muutaman vuoden välein kun taas silikoni tiivisteet voivat säilyä hyvässä kunnossa jopa 15 vuotta. Jos vanha tiiviste on toiminut hyvin, kannattaa tilalle etsiä samantyyppinen sekä mallinen tiiviste. Ikkunakarmin ja seinän välinen liitos voi usein olla syynä vedon tunteeseen ja hallitsemattomaan ilmapuotoon. Tiivistämällä väli estetään kostean sisäilman ulkoa tulevan kylmän ilman, sadetveden ja lumen pääsy ikkunan välitilaan. Tiivistyksellä saadaan myös parannettua rakennuksen ääneneristävyyttä. Tiivistämällä seinän ja ikkunakarmin väli voidaan lämmitysenergiaa säästää jopa 15 %, ja kustannukset ovat hyvin pienet ikkunoiden vaihtoon verrattuna. Tiivistämisen yhteydessä on aina tarkastettava ilmanvaihdon säädöt, jotta korvausilma saadaan hallitusti tuotua rakennukseen.

Ikkunoiden pellitykset ovat tärkeä osa seinärakennetta. Hyvä kaltevuuskulma vesipellille on noin 30 astetta. Vesipellin tiiveys ja toimivuus estää veden ja lumen pääsyn seinärakenteeseen ja on näin ollen tärkeä olla tiiviisti asennettuna karmiin ja muihin liittyviin rakenteisiin. Taulukossa 4. on esitetty tyypillisiä U-arvoja ikkunoiden sekä ovien osalta 1980-luvulta. (Oulu rakennusvalvonta, 2014)

Taulukko 4. Tyypillisiä U-arvo vaatimuksia ikkunat ja ovet (Oulu Rakennusvalvonta 2014)

1978 määräykset, (tasauslaskenta alkaa, referenssiarvot )	lämpimän tilan ikkunan valoaukko	2,1
	lämpimän tilan näyteikkuna	3,1
	lämpimän tilan oven umpiosa	0,7
	puolilämpimän tilan ikkunan valoaukko	3,1
	puolilämpimän tilan oven umpiosa	2
1985 määräykset	lämpimän tilan ikkunan valoaukko	2,1
	lämpimän tilan näyteikkuna	3,1
	lämpimän tilan oven umpiosa	0,7
	puolilämpimän tilan ikkunan valoaukko	3,1
	puolilämpimän tilan oven umpiosa	2

### 3.5 Ulko-ovien energiasaneeraus

Kehysovet yleistyivät 1970-luvulla teollisesti valmistettuina ovina ja mahdollistivat lämmöneristyskerroksen lisäämisen oven kehysten väliin. Kehysovien kehitys jatkuu vielä tänäkin päivänä. Oviin kehitetään uusia rakenneratkaisuja, ovien paksuuksia ja eristemääriä kasvatetaan sekä tiivisteitä parannetaan. Uusien ovien lämmöneristysominaisuudet ovat jo erinomaisia. Jos ulko-ovi on hyvässä kunnossa niin usein riittää, että oveen tehdään mahdollisesti tarvittavat tiivistykset tiivisteet uusimalla ja oven karmin sekä seinän välisen liitoksen tarkastamalla ja tarvittaessa tiivistämällä nämä. Ulko-ovia ei ole talossa läheskään yhtä monta kuin esimerkiksi ikkunoita, tämän vuoksi ovikorjaus ei ole energiakorjausmuodoista välttämättä kaikkein tehokkain. Tosin uusi ulko-ovi kohottaa asunnon ilmettä ja voi olla turvallisuuden kannalta parempi vaihtoehto kuin vanha ovi. Taulukossa 5. on esitetty ulko-ovien U-arvoja eri vuosikymmeniltä. (Oulu rakennusvalvonta, 2013)

Taulukko 5. Ulko-ovien ohjeidenmukaisia lämmöneristävyysarvoja eri vuosikymmeniltä (Oulu rakennusvalvonta 2013)

Muutokset lämmöneristävyysarvoissa	Lämmöneristävyysarvot (U-arvot) [W/m <sup>2</sup> K]	Arvioitu energian kulutus oven kautta, rakennus 150 m <sup>2</sup> , ovipinta-ala 4,2 m <sup>2</sup> , kWh/vuosi
1950-lukuun asti	5,80	n. 4000 (ikkunallinen ovi)
1960-luku	3,49	n. 2500 (ikkunaa 50 %)
1970-luvun alku	3,14	n. 2100
1975 - energiakriisin jälkeen	2,10	n. 1400
2000-luku	1,40	n. 1000
2010	1,00	n. 700
Erittäin energiatehokas talo	0,40	n. 300

### 3.6 Vaipan tiivistäminen

Uudet rakennukset rakennetaan erittäin ilmatiiviiksi. Ilmatiiviyden edut on ymmärretty vasta 2000-luvulla ja vanhat rakennukset eivät yleensä ole kovin tiiviiksi rakennettu. Hyvä ilmatiiviyys yhdistettynä hyvään ilmanvaihtoon vähentää lämmityskustannuksia ja parantaa sisäilman laatua. Vanhan rakennuksen lämmitysenergiasta jopa 25 % voi poistua vuotoilman mukana. Rakennuksen tiiveys voidaan määrittää asiantuntijan tekemän tiiveysmittauksen avulla. Mittauksen apuna kannattaa käyttää myös lämpökameraa vuotokohtien paikantamiseen. Helpoimmin voidaan tiivistää ovien, ikkunoiden liitokset sekä rakenneosien läpiviennit, mutta myös itse höyryn- ja ilmansulut on mahdollista tiivistää esimerkiksi energiasaaneeraus tai muun korjauksen yhteydessä.

(Oulu rakennusvalvonta 2013)

Ilmanvuotoluku  $q_{50}$  kertoo 50 pascalin alipaineessa rakenteiden läpi virtaavan vuotoilmamäärän suhteutettuna rakennuksen vaipan pinta-alaan yhden tunnin aikana [m<sup>3</sup>/(h·m<sup>2</sup>)]. Ilmanvuotoluku määritellään rakennuksen tiiveysmittauksella. Kuvassa 7. on pientalojen tyyppillisiä ilmanvuotolukuja eri vuosikymmeniltä.

Pientalojen tyypillisiä ilmanvuotolukuja eri vuosikymmenillä	
Rakennusvuosi	Ilmanvuotoluku [1/h]
1950-luku	12
1960-luku	10
1970-luku	8
1980-luku	6
1990-luku	4
2000-luku	4
2010-luku	2

Passiivitalo	< 0,6
Erinomainen	< 1,0
Normaali	n. 3,0
Heikko	n. 8,0

Kuva 7. Tyypillisiä ilmanvuotolukuja eri vuosikymmeniltä sekä ilmatiiveysluvun arviointi (Oulu rakennusvalvonta 2013)

#### 4 RAKENNUSTEKNISTÄ ENERGIASANEERAUSTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöiden yhteydessä säädetään Suomen ympäristöministeriön asetuksella 4/13 ja tämän päivityksessä, asetuksessa 2/17. Asetus 4/13 on tullut voimaan 1.9.2013 ja lisäasetus 2/17 1.6.2017. Asetus koskee kaikkia pinta-alaltaan yli 50 m<sup>2</sup> asuinrakennuksia. Energiaremontin suunnittelija voi valita neljästä vaihtoehdosta toteuttaa energiatehokkuusremontti. Säädös on tehty joustavaksi, jossa voi valita aina kohteeseen sopivimman tavan toteuttaa energiaparannus. Alla on lueteltu neljä vaihtoehtoa parannuksen toteutukselle, joista kolme ensimmäistä on vaihtoehtoisia. Kuvassa 8. on esitetty rakennusosien U-arvo vaatimuksia eri aikakausilta. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13 2013 & 2/17 2018)

- Energiaparannuksen voi suunnitella tehtävän rakennusosakohtaisesti. Tällöin uusittujen tai korjattujen rakennosien kuten ikkunoiden, ovien, ulkoseinien tai alapohjan tarvitsee täyttää säädöksessä 4/13 määrätyt U-arvot.
- Alentaa rakennuksen standardienergiakulutusta. Tässä vaihtoehdossa pienennetään rakennuksen normaalikäytöstä tulevaa energiakulutusta suhteessa rakennuksen pinta-alaan. Energiankulutusta tarkastellaan vuositasolla.
- Pienentää rakennuksen E-lukua.
- Rakennuksen teknisten LVIS - järjestelmien uusinta tai perusparannus.

Korjausrakentamisen säädökset on pyritty tekemään joustaviksi, joissa pystytään ottamaan olemassa olevan rakennuksen tekniset ominaisuudet huomioon, sekä toteuttamaan haluttaessa vain takaisinmaksuajaltaan kustannustehokkaasti toteutettavat ratkaisut.

#### 4.1 Rakennusosakohtaisen vaatimuksen osoittaminen

Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13 on kerrottu rakennusosakohtaiset parannukset suhteessa vanhaan tasoon sekä enimmäisarvot. Vähimmäisvaatimuksena on puolittaa vanhan rakenteen U-arvo ja enimmäisvaatimuksena on asetettu nykyyudisrakentamisen vaatimustaso. Vanhan rakenteen lämmönläpäisyarvot pyritään selvittämään mahdollisimman tarkasti rakenne tutkimalla, käyttämällä olemassa olevia piirustuksia ja suunnitelmia rakenteesta tai arvioimalla rakennusluvan hakemisvuoden mukaan vallinnutta rakentamistapaa ja silloista määräystäsoa. Jos samanaikaisesti korjataan useampia rakennusosia, voidaan vaatimuksenmukaisuus osoittaa tasauslaskennalla.

Rakennusosakohtaiset vaatimukset:

**Yläpohja:** alkuperäinen U-arvo\*0,5, mutta kuitenkin enintään nykyvaatimustaso 0.09 W/(m<sup>2</sup> K).

**Ulkoseinä:** alkuperäinen U-arvo\*0,5, mutta kuitenkin enintään nykyvaatimustaso 0.17 W/(m<sup>2</sup> K).

**Uusien ovien sekä ikkunoiden** U-arvo on oltava vähintään 1.0 W/(m<sup>2</sup> K). Korjattaessa vanhoja ikkunoita tai ovia parannetaan energiatehokkuutta mahdollisuuksien mukaan.

**Alapohja:** alapohjan U-arvoa parannetaan mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13 2013 § 4)

W/(K·m <sup>2</sup> )	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
Ryömintätällainen 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

Kuva 8. Rakennusosien U-arvo vaatimuksia eri aikakausilta. ( Ympäristöministeriö 2014)

#### 4.2 Rakennuksen laskennallinen vuotuinen energiankulutus

Käytettäessä toista vaihtoehtoa, että vähennetään rakennuksen vuotuista standardienergiankulutusta, energiaa jota käytetään; lämmitykseen, sähkölaitteisiin tai jäähdytykseen on sen suunnittelun sekä toteutuksen noudatettava vaatimusta  $\leq 180 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  pien- rivi ja ketjutaloissa. Laskennassa voidaan käyttää uudisrakentamiseen käytettäviä laskuja. Rakennuksen energiankulutus lasketaan kaavalla joka löytyy liitteestä 14. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13 2013 § 6)

#### 4.3 Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E-luku (kWh/m<sup>2</sup>)

”Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksella E-luvulla tarkoitetaan energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta uudisrakentamisen määräyksissä annetuilla säännöillä ja lähtöarvoilla laskettuna lämmitettyä nettoalaa kohden.” (ympäristöministeriö, Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta) Pientaloissa E-luvun on täytettävä vaatimus **E-vaadittu  $\leq 0,8 \cdot E\text{-laskettu}$** . Valittaessa E-lukuun perustuva vaihtoehto energiansäästölle, on lupahakemuksen liitteeksi liitettävä laskelmat ja suunnitelmat millaisilla toimenpiteillä vaaditulle energiatasolle päästään. Suunnitelmaan voi suunnitella useita eri toimenpiteitä ja ne voidaan toteuttaa eri vaiheissa, useamman eri aikaan toteutettavissa korjaushankkeissa. E-luvun pienentämiseen voidaan esimerkiksi vaihtaa lämmitysjärjestelmä joka käyttää uusiutuvaa energiaa tai vaihtaa rakenneosia energiatehokkaammaksi. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13 2013 § 7)

#### 4.4 Rakennuksen teknisten järjestelmien uusinta tai perusparannus

Kun lähdetään parantamaan tai uusimaan rakennuksen teknisiä järjestelmiä on seuraavien reunaehtojen täytyttävä:

- Ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava 45 % lämpöä talteen ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta määrästä. Järjestelmän vuosihyötysuhteen on oltava siis vähintään 45 %.
- Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä saa olla enimmillään 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) ominaisteholtaan.
- Koneellisen poistoilmakoneen ominaisteho saa olla enimmillään 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).
- Ilmastointilaitteiston ominaisteho saa olla enimmillään 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s).
- Lämmitysjärjestelmien vuosihyötysuhdetta parannetaan mahdollisuuksien mukaan perusparannuksen yhteydessä tai uusittaessa laitteistoa.



- Käyttövesi ja viemärijärjestelmiä uusittaessa noudatetaan uudisrakentamisen määräyksiä.  
(Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13 2013 § 5)

#### 4.5 Takaisinmaksuaika taloudellisessa tarkastelussa

Ympäristöministeriön asetuksessa 2/17 säädetään takaisinmaksulle taloudellinen tarkasteluajankohta. Asuinrakennuksissa on käytettävä 30 vuoden takaisinmaksuaikaa ja muissa rakennuksissa 20 vuotta. Toisinaan, kun korjausrakentamisen yhteydessä tarkastellaan rakenteen energiatehokkuuden parantamista, täytyy energiatehokkuuden takaisinmaksuaika olla 30 vuotta tai tämän alle. Kun takaisinmaksuaika venyy yli 30 vuoden, voidaan energiatehokkuus saneeraus jättää tekemättä ja perustella asia paikalliselle rakennusvalvonnalle takaisinmaksuajan ylitymisellä. (Ympäristöministeriön asetus annetun rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä muuttamisesta 2/17 2017 § 1a)

#### 4.6 Energiatehokkuuden parantaminen usean korjauksen yhteisvaikutuksena

Energiatehokkuus saneeraus voidaan myös suunnitella tehtävän useassa eri vaiheissa ja eri ajankohdissa tehtävissä korjauksissa. Tässä vaihtoehdossa käytetään kokonaistarkasteluun perustuvaa tarkasteluvaihtoehtoa. Tämä vaihtoehto kannustaa kiinteistön omistajaa kiinteistönpidon suunnitelmallisuuteen ja huoltojen sekä korjausten pitkäjänteiseen toteuttamiseen. Jos myöhemmin halutaan esimerkiksi asentaa uusiutuvaa energiaa hyödyntävä lämmitysjärjestelmä, joka parantaisi rakennuksen E-lukua, täytyy tämä suunnitelma esittää aiemmin tehtävän korjauksen lupahakemuksen yhteydessä. (Kauppinen J, n.d, 48)

## 5 KORJAUSRAKENTAMISEN YHTEYDESSÄ TOTEUTETTAVAN ENERGIASANEERAUKSEN ALOITUS

Korjaus- / energiaparannustyö aloitetaan kohdekohtaisella korjaussuunnitelmalla. Ensiksi kartoitetaan lähtötilanne ja tehdään tarvittaessa tutkimussuunnitelma. Edellisen vaiheen pohjalta tehdään kohteelle kunto-tutkimus tai vaihtoehtoisesti mietitään korjaustapaehdotuksia. Tarvittaessa tehdään täydentäviä lisätutkimuksia tai aloitetaan itse korjaussuunnittelu. Korjaussuunnittelun alussa työn luvanvaraisuus varmistetaan paikalliselta rakennusvalvontaviranomaiselta.

Oikeaoppisilla ylläpito ja huoltotoimilla pidennetään huomattavasti rakennusosien elinkaarta. Lähtökohtana kannattaa pitää, että kun suunnitellaan energiaparannus toimenpiteitä, niin se tehtäisiin samaan aikaan

kun rakennusosaan täytyy tehdä jo rakenteen käyttöiän vaatimia uudistuksia. Tervettä, toimivaa ja kunnossa olevaa rakennetta ei aina kannata lähteä korjaamaan vain saavutettavan energiansäästön vuoksi. Korjaustyöstä olisi myös hyvä tehdä kustannus ja takaisinmaksusuunnitelmat sekä pohtia työn kannattavuutta näiden avulla taloudellisesta näkökulmasta.

## 5.1 Luvat ja määräykset

Rakennus- tai toimenpidelupa täytyy hakea kunnan tai kaupungin rakennusvalvonnasta. Lupa tarvitaan kun on kyse rakennuksen laajentamisesta, rakennuksen rakentamiseen verrattavasta tai energiatehokkuuteen vaikuttavasta korjaus tai muutostyöstä. Sekä jos tehtävillä toimenpiteillä on vaikutusta pientalon käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin.

Korjaustoimenpide on luvanvarainen kun muutetaan esimerkiksi

- rakennetta tai kantavia rakenteita
- talotekniikkaa (ilmanvaihto, lämmitysjärjestelmä)
- julkisivuja (julkisivumuutokset tai ei rakentamistapaohjeiden mukaiset värimuutokset)
- huoneiden määrää tai käyttötarkoitusta

Energiatehokkuusvaatimukset ovat laajentaneet luvan tarvetta siten, että jos korjauksen tai perusparannuksen yhteydessä on mahdollista vaikuttaa energiatehokkuuteen (jos se on teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti mahdollista), on kyseinen toimenpide luvanvaraista. Esimerkiksi julkisivun tai vesikatteen uusiminen on luvanvarainen toimenpide sillä niiden yhteydessä tulee tarkastella mahdollisuus parantaa seinän tai katon energiatehokkuutta. Ohjeistus ja käytännöt voivat poiketa kunta tai kaupunki kohtaisesti ja toimenpiteiden luvanvaraisuus kannattaakin varmistaa paikkakunnan rakennusvalvontaviranomaiselta jo etukäteen. Liitteessä 12. on kerrottu mitä asiakirjoja Oulun rakennusvalvonta edellyttää vanhan rakennuksen laajennuskohteista.

(Oulun kaupungin rakennusvalvonta)

## 5.2 Suunnitelmat ja selvitykset

Ympäristöministeriön asetus rakentamisesta koskevista suunnitelmista ja selvityksistä luvan varaiseen rakentamiseen sekä korjaus ja muutostyössä säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999). Rakennuslupahakemuksen liitteenä asetuksessa määrättäviin piirustuksiin ja selvityksiin on korjaus- ja muutostöissä lisäksi selvitettävä toimenpiteet miten rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa. Seuraavissa alaluvuissa on kerrottu tarkemmin vaadittavista piirustuksista ja selvityksistä. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015.)

### 5.2.1 Asemapiirros

Muutettaessa rakennusta, rakennelmia tai pihajärjestelyjä on asemapiirroksen sisällytettävä tiedot toimenpiteiden vaikutuksesta rakennuspaikan olosuhteisiin ja käyttöön. Korjaus- ja muutostyötä koskevaa olemassa olevan rakennuksen muutettava osa on merkittävä piirroksen. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015 § 3.)

### 5.2.2 Pohja- ja leikkauspiirustus

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä on pohja- ja leikkauspiirustusten ulotuttava riittävän laajalle alueelle ja niihin on lisäksi sisällytettävä toisistaan erottuvien merkinnöiden tietopurettavista, säilyvistä ja uusista rakenteista. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015 § 7.)

### 5.2.3 Julkisivupiirustus

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä piirustukseen on sisällytettävä koko julkisivu muutoksineen, jos korjaus- ja muutostyö vaikuttaa rakennuksen julkisivuun. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015 § 8.)

### 5.2.4 Rakennuksen kunnosta laadittujen selvitysten sisältö

Korjaus- ja muutostyön lähtötietona käytettäviin rakennuksen kunnosta laadittuihin selvityksiin on rakennushankkeen laatu ja laajuus huomioon ottaen riittävässä laajuudessa sisällytettävä tiedot seuraavista seikoista ja niihin mahdollisesti liittyvistä vaurioista.

- rakenteiden kantavuus ja rakennuksen vakaus
- rakennusosien kosteustasapaino ja muu rakennusfysikaalinen toimivuus
- rakennuksen sisäilmaston terveellisyys
- muut rakennuksen turvallisuuteen ja terveellisyyteen liittyvät seikat
- käytetyt selvitysmenetelmät ja selvityksen laatijan tiedot
- selostus rakennuksen ominaispiirteistä ja rakennushistoriallisesti merkittävistä seikoista
- tiedot aiemmin tehdyistä korjaus- ja muutostöistä  
(Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015 § 10.)

### 5.2.5 Rakennepiirustukset

Korjaus- ja muutostyössä on rakennepiirustuksiin sisällytettävä tieto käyttöön jäävistä rakenteista ja niiden toiminnasta sekä mahdollisista purettavista rakenteista. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015 § 11.)

### 5.2.6 Purku- ja suojaussuunnitelman sisältö

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä purku- ja suojaussuunnitelmaan on tarvittaessa sisällytettävä tiedot

- purettavista rakenteista ja rakenneosista
- purkutoimenpiteistä ja niiden aiheuttamien haittojen estämisestä
- toimenpiteistä, joilla rakenteet, rakennusosat ja pinnat suojataan purkamisen ja rakentamisen aikana
- toimenpiteistä joilla korjaustyöalue erotetaan rakennuksen käytössä olevista osista, sekä alipaineistuksesta tai toimenpiteistä joilla korvausilma järjestetään käytössä oleviin osiin  
(Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015 § 14.)

### 5.2.7 Kosteusvaurion ja korjaussuunnitelman sisältö

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä kosteusvaurion korjaussuunnitelmaan on sisällytettävä tieto

- toimenpiteistä, joilla kosteusvaurion aiheuttama haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan
- korjatun rakenteen tai järjestelmän toimimisesta sen suunnitellun käyttöiän aikana  
(Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015 § 16.)

## 5.3 Takaisinmaksuaika

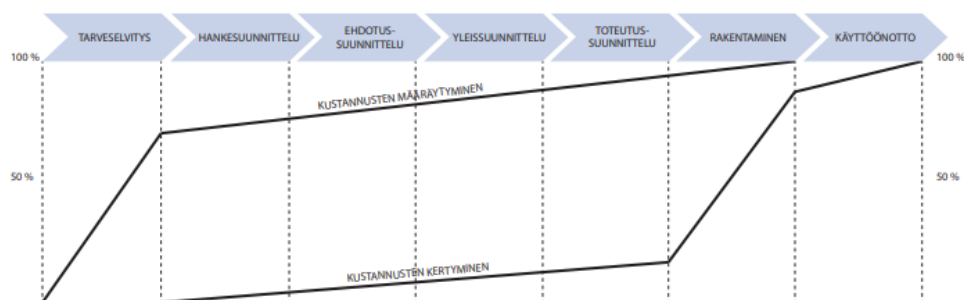
Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan aikaa, jolloin energiasaneeratun rakenteen tai osan säästetyyn energian hinta ylittää energiatehokkuuden parantamisesta muodostuneet kustannukset. Takaisinmaksuaika saadaan selville kun lasketaan olemassa olevan rakenteen johtumislämpöhäviö ja verrataan sitä uuden rakenteen johtumislämpöhäviöön. Lämpöhäviöiden erotus kerrotaan mitattavalla ajalla sekä energian hinnalla. Kun energiankulutusta ja energiansäästöä mitataan vuositasolla, saadaan takaisinmaksuaika määritettyä myös vuosiksi.

Ympäristöministeriön asetuksessa 2/17 ohjeistetaan, että taloudellisessa tarkastelussa takaisinmaksun tarkastelujaksona asuinrakennuksissa on käytettävä 30 vuoden jaksoa, jos tarkasteltavan rakennusosan tai järjes-

telmän normaali elinkaari ei kuitenkaan ole tätä lyhempi. (Ympäristöministeriön asetus 2/2017 § 1.)

#### 5.4 Rakennustyön kustannukset

Rakennushankkeen kustannukset tulevat pääosin hankkeen suunnittelu- vaiheessa ja toteutuvat rakentamisvaiheessa. Rakennuttaja tai suunnittelija määrittää tekemillään ratkaisuilla ja päätöksillä hankkeen kustannustason, joten hänen on olennaista jo hankkeen aikaisessa vaiheessa tunnistaa keskeiset kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Kustannusten muodostuminen on pääosiltaan seurausta rakennuttajan päätöksistä rakennushankkeen laajuudesta, aikataulusta ja ajoituksesta, halutusta laatutasosta tai urakoitsijoiden hankintatavasta. Kuvassa 9. on esitys kustannuksien määräytymisestä ja kertymisestä. (RT 10-11226)



Kuva 9. Ohjeellinen kuva kustannusten määräytymisestä ja kertymisestä rakennushankkeessa. (RT 10-11226, 2016, 1)

#### 5.5 Kotitalousvähennys

Oman asuinkiinteistön, kesäasunnon ja vanhempien sekä isovanhempien kotona tehtävästä perusparannus tai huoltotöistä voidaan hakea henkilöverotuksessa kotitalousvähennystä yrityksellä teetetystä työstä työn osuudelta 2 400 euroa kalenterivuodessa. (Verohallinto 2018)

## 6 SEINÄRAKENTEEN RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA

Rakennuksen suunnittelijoiden on tehtäviensä mukaisesti huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttämään kosteusteknisesti tälle asetetut olennaiset vaatimukset ja on kosteusteknisesti toimiva. Suunnittelussa on otettava huomioon keskeiset ulkoilman olosuhdetekijät: lämpötila, suhteellinen kosteus, sade, tuuli,

auringon säteily ja rakennuksen pinnasta lähtevä lämpösäteily taivaalle. Lisäksi tarkastelussa on pyrittävä ottamaan huomioon ennustetun ilmas-  
tonmuutoksen vaikutus rakenteen kosteustekniseen toimintaan. Lisäksi  
puurankarakenteessa on otettava huomioon rakenteen liikkeet ja erityi-  
sesti puurakenteen suuret kosteusliikkeet. (RIL 107-2012)

Korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa kosteus-  
tekniisesti toiminut rakenne, jonka tekninen käyttöikä on loppunut tai jo-  
ka on kosteustekniseltä toiminnaltaan vaurioitunut, voidaan korjata ra-  
kennusaikaista rakentamistapaa noudattaen. Jos rakenteessa ei ole kos-  
teustekniseltä toimivuudeltaan muutosta vaativaa suunnittelu- tai toteu-  
tusvirhettä, on korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutok-  
sessa ensisijaisesti noudatettava alkuperäisen rakenteen toimintatapaa.  
(Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuu-  
desta 782/17 § 4. 2017)

## 6.1 Tekniset periaatteet

Rakenteet on suunniteltava sekä toteutettava siten, että sisäisistä ja ul-  
koisista kosteuslähteistä peräisin olevat vesihöyry, vesi, jää ja lumi ei pää-  
se haittaa aiheuttaen rakenteisiin. Rakennuksen vaipan, vaipan kerrosten  
sekä liitoksien on muodostettava tiivis kokonaisuus, joka estää tuulta,  
viistosadetta ja tuulenpainetta kuljettamasta vettä vaipan rakenteisiin  
sekä liitoksiin. Rakenteeseen päässeen kosteuden on haittaa aiheutta-  
matta päästävä pois rakenteesta. Seinärakenne on suunniteltava siten,  
että se on ulkopuolelta myrskyvedenpitävä ja sisäpuolelta ilmanpitävä.  
Seinärakenteen tulee olla kuivumiskykyinen ja hyvin lämpöä eristävä.

## 6.2 Rakenteiden ilmanpitävyys ja höyrytiiviyys

Rakenteet on suunniteltava siten, että ne estävät ilmanpitävyydeltään sekä  
höyryntiiviydeltään haitallisen kosteuden pääsyn rakennekerroksiin. Il-  
man- ja höyrynsulun liitoksien, reunojen ja läpivientien on oltava tiiviitä.  
Kerroksellisissa rakenteissa, kuten rapatuissa tai pinnoitetuissa julkisivuis-  
sa, kerrosten kosteudenläpäisyominaisuudet valitaan siten, ettei raken-  
teeseen synny kasvavaa kosteuskertymää ja, kastumisen jälkeen rakenne  
voi kuivua nopeasti haittaa aiheuttamatta.

Ulkoseinärakenteissa, joissa ulkokuoreen voi imeytyä paljon kosteutta,  
esimerkiksi tiiliverhous, tulee rakenteen suunnittelussa ja toteutuksessa  
ottaa huomioon kosteuden diffuusio sisäänpäin. (Ril 107-2012, 68)

### 6.3 Seinärakenteen tuulensuoja

Kun seinärakenne on eristetty avohuokoisella lämmöneristyksellä on rakenne yleensä suojattava yhtenäisellä tuulensuojalla. Jos avohuokoisen lämmöneristeen oma ilmanläpäisevyys on riittävän pieni, voidaan tuulensuoja jättää tällöin pois. Tuulensuoja tulee olla hyvin vesihöyryn läpäisevää materiaalia. Kovalevyä, lastulevyä tai Osb-levyä ei saa käyttää tuulensuojamateriaalina.

### 6.4 Rakenteiden tuuletusvälit ja tuuletustilat

Tuuletustilalla tai tuuletusvälillä olevan rakenteen tuuletusraot ja tuuletusvälit on tehtävä niin, että tuuletusilma pääsee vapaasti virtaamaan ja tuuletusväliin tai tuuletustilaan ei jää suljettuja tuulettumattomia osastoja. Ulkoverhouksen tausta on oltava tuulettuva jollei kosteus pääse muulla tavalla poistumaan rakenneosasta. Tuuletusvälin tulee olla minimissään 20mm leveä. Massiivirakenteisissa ulkoseinissä, joissa rakenne koostuu yhdestä materiaalista, joka toimii sekä seinärakenteen runkona että lämmöneristeenä esimerkiksi kevytbetoni-, kevytsorabetoni-, hirsi- ja massiivitiiliseinä, ei erillistä tuuletusväliä tarvita. (Ril 107-2012, 68)

### 6.5 Puu-ulkooverhous

Puu-ulkooverhoillun rakenteen julkisivuverhoilun paksuudeksi suositellaan vähintään 21 mm. Ulkooverhouksen alareina viistetään siten, että lautaan muodostuu tippanokka. Lautojen liitokset on tehtävä mahdollisimman tiiviiksi ja niiden päät olisi hyvä käsitellä vettä imemättömiksi.

### 6.6 Maanvastaiset seinärakenteet

Seinärakennetta ympäröivän maan kosteuden sekä hulavesien pääsy rakenteeseen on estettävä ulkopuolelta rakennetta tehtävällä vedeneristyksellä tai vedenpaineen eristyksellä.

### 6.7 Rakenteen johtumislämpöhäviön laskeminen

Rakennusaineosille on määritelty suunnitteluarvot lämmönjohtavuuksille. Kun tiedetään rakennusaineen lämmönjohtavuus sekä paksuus niin voidaan laskea jokaiselle rakenneosalle kaavalla 1. oma lämpöresistanssi.

$$R = \frac{d}{\lambda_d} \quad (1.)$$

jossa  $R$  = ainekerroksen lämmönvastus [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ]  
 $d$  = ainekerroksen paksuus [m]  
 $\lambda_d$  = ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo [ $\text{W/mK}$ ]

Kun jokaiselle rakennusaineosalle on laskettu oma lämpöresistanssi ( $R$ ) tämän jälkeen kaavalla 2. saadaan selville koko rakennusosan lämpöresistanssi ( $R_T$ ).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2.)$$

jossa  $R_T$  = rakennusosan kokonaislämmönvastus [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ]  
 $R_{si}$  = sisäpuolen pintavastus [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ]  
 $R_1, R_2, R_{\dots}$  = rakennusosan 1, 2, ... lämmönvastukset [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ]  
 $R_{se}$  = ulkopuolen pintavastus [ $\text{m}^2 \text{K/W}$ ]

Sisäpuolinen ( $R_{si}$ ) ja ulkopuolinen ( $R_{se}$ ) pinnanvastus tarkoittaa rakennusosan pinnan sekä sisäpuolisen tai ulkopuolisen ympäristön välistä lämmönvastusta. Kuvassa 10. on esitetty ulko- ja sisäpuolen pinnanvastusten arvot lämpövirran eri suunnissa.

Pintavastus $\text{m}^2 \text{K/W}$	Lämpövirran suunta		
	Ylös-päin	Vaaka-suoraan	Alas-päin
sisäpuolen pintavastus ( $R_{si}$ )	0,10	0,13	0,17
ulkopuolen pintavastus ( $R_{se}$ )	0,04	0,04	0,04

Kuva 10. Sisä- ja ulkopuolinen pinnanvastus (Siikanen U., 2017 46)

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin ( $U$ ) saadaan laskettua lämpöresistanssien avulla kaavalla 3.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (3.)$$

jossa  $U$  = rakennusosan lämmönläpäisykerroin [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]  
 $R_T$  = rakennusosan kokonaislämmönvastus [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13 on kerrottu rakennusosakohtaiset parannukset suhteessa vanhaan tasoon sekä enimmäisarvot korjaus ja



perusparannuksen yhteydessä tehtävässä korjaustyössä. Rakenneosa kohtaiset arvot on kerrottu tarkemmin kappaleessa 4.1.

## 6.8 Rakenneosan johtumislämpöenergian laskeminen

Alla olevalla kaavalla 4. pystytään laskemaan kuinka paljon rakenneosan lävitse johtuu lämpöenergiaa kilowattitunteina.

$$(x)KWh = A * (K_s - K_u) * U * 24h \quad (4.)$$

jossa  $A$  = rakenneosan pinta-ala [ $m^2$ ]  
 $K_s$  = sisälämpötila [K]  
 $K_u$  = ulkolämpötila [K]  
 $U$  = rakenneosan lämmönläpäisykerroin [ $W/(m^2K)$ ]  
 $24h$  = tunnit 1 vuorokaudessa

Kun halutaan vuositasolla tarkastella energian kulutusta, niin laskentaan tarvitaan myös paikkakunta-kohtainen normitettu lämmitystarveluku. Lämmitystarveluku kuvaa rakennuksen lämmitykseen käytettävän energian tarvetta. Normeeratun kulutuksen avulla voidaan verrata toisiinsa saman rakennuksen eri kuukausien tai vuosien kulutuksia sekä eri kunnissa olevien rakennusten ominaiskulutuksia. Arvoja lämmitystarveluvulle eli vanhalle astepäiväluvulle voi hakea Ilmatieteenlaitoksen internetsivustolta tai liitteestä 13. Vuositason energian kulutuksen voi laskea kaavalla 5.

$$(x)KWha = A * \text{astepäiväluku} * U * 24h \quad (5.)$$

jossa  $A$  = rakenneosan pinta-ala [ $m^2$ ]  
 astepäiväluku = normeerattu paikkakunta-kohtainen lämmitystarveluku  
 $U$  = rakenneosan lämmönläpäisykerroin [ $W/(m^2K)$ ]  
 $24h$  = tunnit 1 vuorokaudessa

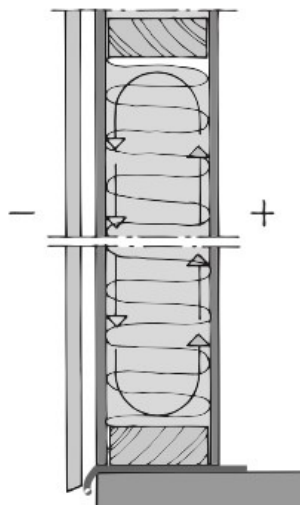
## 6.9 Konvektio

Ilmanpaine-erot saavat rakenteessa aikaan merkittävää ilman virtausta. Ilman virtausta eli konvektiota voi olla luonnollista sekä pakotettua.

### 6.9.1 Luonnollinen konvektio

Kerroksellisissa pystyrakenteissa kuten esimerkiksi seinissä ja ikkunoissa esiintyy ilman tiheyseroista johtuvaa pystysuoraa ilman virtausta eli luonnollista konvektiota. Rakenteissa vallitsevissa ilmanpaine suhteilla on vaikutusta rakenteen lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan kannalta pääasi-

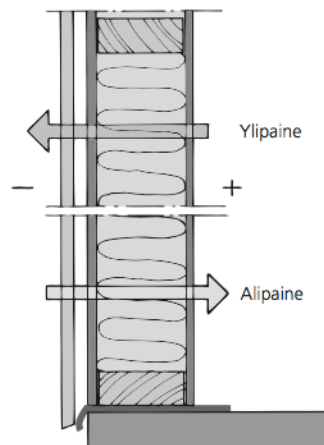
assa kylmänä vuodenaikana, jolloin ilman lämpötila- ja kosteus-ero-erot ovat sisä- ja ulkoilman välillä suuret. Kun ilma lämpenee lähellä sisäpintaa se pyrkii liikkumaan ylöspäin ja taas lähellä ulkopintaa se pääsee jäähtymään jolloin ilma kulkee alaspäin. Näin rakenteeseen muodostuu ilmankierto joka liikuttaa mukanaan lämpöä sekä kosteutta. Kuvassa 11. on esitetty piirros luonnollisesta konvektiosta seinärakenteen sisällä. Seinissä luonnollista konvektiota esiintyy lähinnä käytettäessä keveitä, pehmeitä mineraalivilloja joiden paksuus ylittää 125 mm. Lämmöneristeen tai ilmaraon syvyyden sekä korkeuden lisääminen voimistavat luonnollista konvektiota. Jos tuulensuojan vesihöyrynvastus on suuri, saattaa seinän yläosaan kulkeutunut kosteus kylmänä vuodenaikana tiivistyä ulkonurkassa vedeksi muodostaen kosteusriskin. (Siikanen 2017, 34)



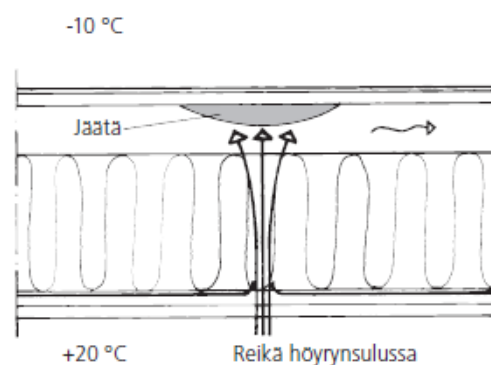
Kuva 11. Luonnollinen konvektio seinärakenteessa. (Siikanen, 2017, 35)

### 6.9.2 Pakotettu konvektio

Savupiippuvaikutuksen, LVI-laitteiden (ilman- vaihdon ja lämmityksen) ja tuulen aiheuttaman paine-eron vaikutuksesta tapahtuvaa ilman virtausta rakenteiden lävitse sanotaan pakotetuksi konvektioksi. Pakotetun konvektion esiintyminen edellyttää paine-erojen lisäksi sellaista epätiiviyttä rakenteissa, että se mahdollistaa ilmavirtauksen rakenteen läpi. Kuvissa 12 ja 13 on havainnepiirroksat pakotetusta konvektiosta seinärakenteen lävitse. Pakotetun konvektion mukana kulkeva kosteus on merkittävä kosteusvaurioiden aiheuttaja rakenteissa. (Siikanen, 2017, 36)



Kuva 12. Pakotettu konvektio seinärakenteen läpi. (Siikanen, 2017, 35)



Kuva 13. Konvektiovirtaus (Siikanen, 2017, 71)

## 6.10 Kosteus

Kosteus on kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa. Kosteus ilmoitetaan prosenttiyksikkönä, mikä kertoo rakennusaineeseen sitoutuneen kosteuden painon suhdetta rakennusaineen painoon. Ilma ja kaikki huokoiset materiaalit sisältävät normaalioloissa aina jonkin verran kosteutta, jonka määrä riippuu ilmankosteudesta, ilmanlämpötilasta sekä materiaalin kosteusominaisuuksista.

Pitkään kosteina pysyvät rakenteet voivat alkaa altistumaan home- lahottajasienen, hiivojen sekä bakteerien kasvulle. Kun rakenne on lyhytaikaisesti kostea ja pääsee tämän jälkeen kuivumaan, kostuminen ei pitäisi aiheuttaa mikrobien kasvun alkamista tai muuta haittaa. (Siikanen, 2018, 66)

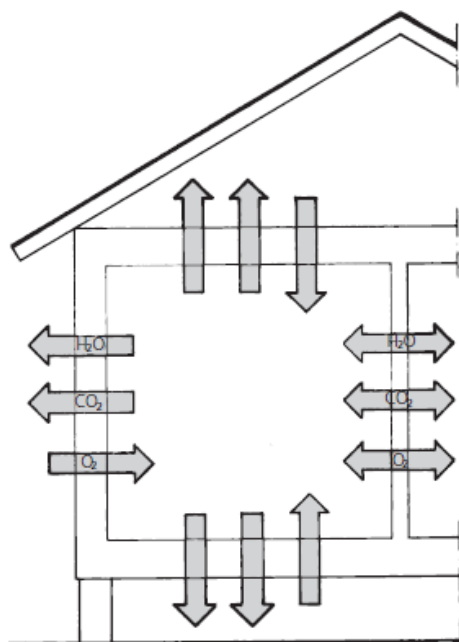
## 6.11 Suhteellinen kosteus (RH)

Rakennustekniikassa ilman kosteudesta yleisemmin käytetty suure on suhteellinen kosteus (RH), joka ilmoittaa prosentteina tietyn lämpöisen

ilman sisältämän vesihöyryn määrän enimmäisvesihöyryn määrästä, jonka saman lämpöinen ilma voi sisältää. Kun suurin mahdollinen ilman sisältämä vesihöyryn määrä ylittyy, vesihöyry tiivistyy vedeksi. Suhteellinen kosteus ei voi ylittää 100 %:a.

Seinä rakenteeseen vesihöyrykosteus siirtyy sisäilmasta tai ulkoilmasta vesihöyryn osapaine-eron aikaansaamana diffuusiona tai rakenteessa vallitsevan ilmapaine-eron aiheuttamana ilmavirtauksena eli konvektiona. Diffuusion suunta on suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään päin. Kuvassa 14 on esitetty havainnekuva eri rakenneosien diffuusi-suuntia rakennuksessa.

Rakenteissa vesihöyry tiivistyy aina ympäröivää ilmaa kylmemmälle ja lähimmälle kovalle pinnalle, jos kastepiste on ylittynyt. Diffuusion haitta-vaikutuksien estämiseksi on rakenteen lämpimälle puolelle tehtävä höyrynsulku tai ilmansulku. Rakenne täytyy suunnitella siten, että vesihöyryn vastus pienenee lämpimästä kylmempään rakenteessa siirryttäessä. (Siikanen, 2017, 69)



Kuva 14. Diffuusio (Siikanen, 2017, 71)

## 6.12 Seinärakenteen suhteellisen kosteuden (RH) jakauman laskenta

Kun halutaan määrittää rakenneosan diffuusiokosteuden liikkumista ja mahdollista kosteuden tiivistymistä rakenteessa, täytyy tuntea rakenteen eri osien:

- lämpötilat ( $T$ )
- ainekerrosten vesihöyrynsulkukset ( $Z_p$ )
- lämpötiloja vastaavat kyllästymispaineet ( $P_k[T]$ )

- suhteellinen kosteus rakenteen molemmilla puolilla (RH)

Kosteusteknisessä tarkastelussa vesihöyryn osapaine oletetaan muuttuvan samassa suhteessa kuin rakenteen ainekerroksien vesihöyrynvastuksetkin. Jos vesihöyryn kyllästymispainekäyrä ja todellinen painekäyrä leikkaavat toisensa rakenteessa, muodostuu tiivistymisvyöhyke, jossa kosteus tiivistyy vedeksi lähimmässä kovassa kylmässä pinnassa. Jos vesihöyryn osapaineet ovat koko rakenteen alueella pienemmät kuin kyllästyspaine, ei tiivistymistä tapahdu. (Siikanen, 2017, 74)

Seinärakenteen RH-jakauman laskennassa on seuraavat päävaiheet:

1. lämpötilajakauman laskenta (T)
2. kriittisen vesihöyrynsapainejakauman määrittäminen (Pk)
3. vesihöyrynsapainejakauman laskenta (P)
4. suhteellisen kosteuden jakauman laskenta (RH)  
(Knuutila 2017)

Tasapainotilanteessa lämpötilajakauma muuttuu kerrosten lämmönvastusten suhteessa. Lämpötaseen perusteella saadaan ratkaistua yksittäisen pisteen lämpötila rakenteessa. Lämpötilajakauma lasketaan kaavalla

$$T_{1,2} = T_s - \frac{R_{si} + R_1}{R_{si} + R_1 + \dots + R_{se}} * (T_s - T_u) \quad (6.)$$

jossa

- $T_s$  = sisäilman lämpötila
- $T_u$  = ulkoilman lämpötila
- $R_{si}$  = sisäpuolen pintavastus
- $R_{se}$  = ulkopuolen pintavastus
- $R_{x\dots}$  = ainekerroksen lämmönvastus

Seinärakenteen lämpötilajakauman perusteella voidaan määrittää kriittinen vesihöyrynsapainejakauma (Pk[T]). Määrittämisessä voidaan käyttää taulukoituja arvoja. Kuvassa 15. on leikkaus vesihöyrynsapainejakauma taulukosta.

tila [°C]	höyryn- osapaine [Pa]	höyry- pitoisuus [g/m <sup>3</sup> ]
20	2337.8	17.28
20.1	2352.2	17.38
20.2	2366.7	17.49
20.3	2381.3	17.59
20.4	2396	17.69
20.5	2410.7	17.79
20.6	2425.5	17.9
20.7	2440.4	18
20.8	2455.4	18.1
20.9	2470.5	18.21

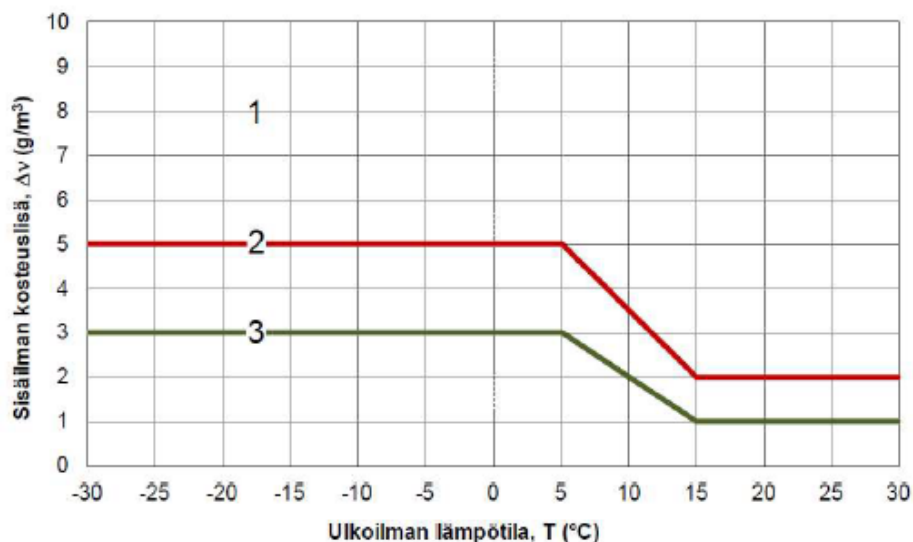
Kuva 15. Taulukoituja vesihöyrynosapainejakaumia (Knuutila 2017)

Vesihöyrynosapainejakauman laskennassa tarvitaan materiaalien vesihöyrynvastuksien arvot, sekä sisä- ja ulkoilman suhteellinen kosteus. Materiaalien vesihöyrynvastukset voidaan selvittää esimerkiksi valmistajan tuotekohtaisista tiedoista. Ulkoilman suhteellisenä kosteutena voidaan käyttää kuukausikohtaista paikkakunnittaisia 30 vuoden keskiarvoja. Sisäilman suhteellinen kosteus voidaan laskea kuvan 16 sisäpuolen kosteuslisän ja ulko-olosuhteiden avulla kaavalla 7 Kuvassa 17 on esimerkkikuva lämpötilojen, kyllästyspaineen ja osapaineen sekä tiivistymisvyöhykkeen määrittämisestä ulkoseinärakenteessa.

$$RH_S = \frac{v_u + \Delta_v}{v_k(T_S)} = \frac{v_k(T_u) * RH_U + \Delta_v}{v_k(T_S)}$$

(7.)

jossa  $\Delta_v$  = sisäilman kosteuslisä  
 $v_k(T_u)$  = ilman kriittinen kosteuspitoisuus ulkoilman lämpötilassa  
 $v_k(T_S)$  = ilman kriittinen kosteuspitoisuus sisäilman lämpötilassa  
 $RH_U$  = ulkoilman suhteellinen kosteus



Kosteusluokka	Kosteuslisän mitoitusarvo talvella ( $T \leq 5 \text{ °C}$ )	Rakennustyyppi <sup>3), 4)</sup>
1	$> 5 \text{ g/m}^3$ <sup>1)</sup>	Kylpylät, uimahallit, laitoskeittiöt, pesulat, panimot, kirjapainot, kasvihuoneet, kostutetut tilat, ratsastusmaneesit, maatalouden tuotantorakennukset, eläinsuojat, teollisuuden kosteusrasitetut tilat
2	$5 \text{ g/m}^3$	Asuinrakennukset, toimisto- ja liikerakennukset, hotellit ja majoitusrakennukset, ravintolat, kokoontumis- ja juhlatilat, opetusrakennukset ja päiväkodit, sairaalat ja hoitolaitokset, museot, liikuntahallit ja -tilat, jäähallit ja jäähdytetyt liikuntatilat <sup>5), 6)</sup> , kylmä- ja pakkahuoneet <sup>5), 6)</sup> , talviasuttavat vapaa-ajan asunnot
3	$3 \text{ g/m}^3$ <sup>2)</sup>	Vapaa-ajan asunnot, puolilämpimät tai kylmillään olevat rakennukset, varastot ja säilytystilat, ajoneuvosuojat, tekniset tilat, väliaikaiset ja siirrettävät rakennukset

Kuva 16. Sisäilman kosteuslisän mitoitusarvot eri kosteusluokissa ulkolämpötilan funktiona ja kosteusluokkiin kuuluvat rakennustyypit (RIL 107-2012)

Tasapainotilanteessa rakenneosan yhden pisteen vesihöyrynsapainejakauman voi laskea kaavalla

$$P_{2,3} = P_S - \frac{Z_{P1} + Z_{P2}}{Z_{P1} + Z_{P2} + \dots + Z_{Pn}} * (P_S - P_U) \quad (8.)$$

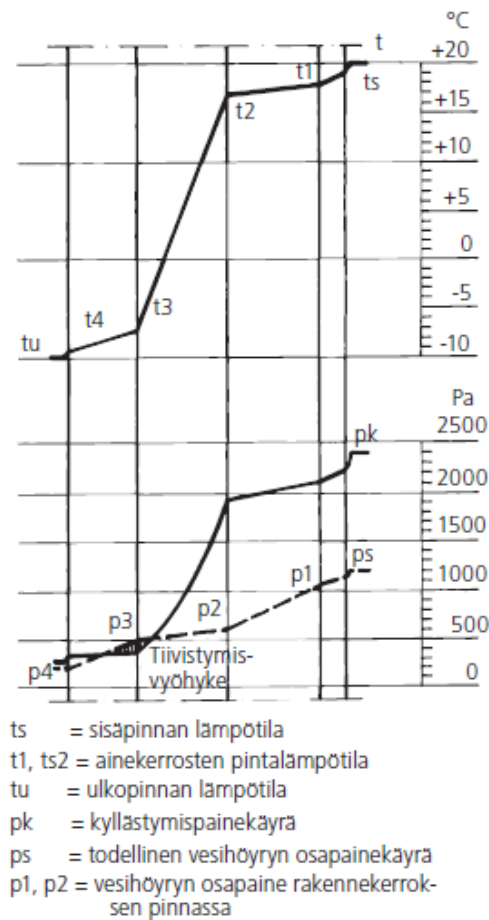
jossa  $P_S$  = vesihöyrypitoisuus sisälämpötilassa  
 $Z_{Px}$  = rakennusaineen kosteudenläpäisyvastus  
 $P_U$  = vesihöyrypitoisuus ulkolämpötilassa

Suhteellisen kosteuden jakauma lasketaan kaavalla

$$RH_1 = \frac{P_1}{P_{K1}}$$

(9.)

jossa  $P_1$  = vesihöyryn osapainejakauma  
 $P_{K1}$  = kriittinen vesihöyrynjakauma



Kuva 17. Esimerkkikuva lämpötilojen, kyllästyspaineen ja osapaineen sekä tiivistymisvyöhykkeen määrittämiseen ulkoseinärakenteessa (Siikanen, 2017,74)

### 6.13 Seinärakenteen homehtumisriski

Rakenteella on riski homehtua suotuisissa olosuhteissa. Homeen ja lahon muodostumiselle tarvitaan yli 0 celsiusasteen lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus < 70 %. Taulukossa 6 on puuta ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden riskiarvoja.

Taulukko 6. Puuta ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden aiheuttama puun lahoamisriski ja homehtumisriski. (Knuutila 2017)



Vaurio	Ei riskiä	Kohtalainen riski	Suuri riski
Laho	< 75 %	75...95 %	> 95 %
Home	< 70 %	70...85 %	> 85 %

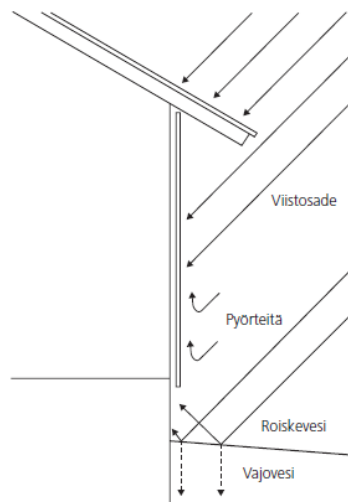
Mäntypuun pinnalla homeen kasvun alkuun kuluva aika viikkoina voidaan laskea kokeellisesti määritetyllä alla olevalla kaavalla 10.

$$t = \exp(-0.677 * \ln(T) - 13.145 * \ln(RH) + 62,6) \quad (10.)$$

jossa            t = homeen kasvun alkuun kuluva aika viikkoina  
                   T = lämpötila celsius asteina  
                   RH = suhteellinen kosteus prosenttiyksikköinä

#### 6.14 Seinärakenteen viistosateen vaikutus

Julkisivurakenne tulee suunnitella siten, että seinään osuva viistosade pystytään hallitusti kuivattamaan rakenteesta pois. Viistosateen vaikutuksia voidaan minimoida räystäällä, suunnittelemalla liitokset ja pinnat siten tiiviiksi, että julkisivuverhouksen taakse pääsee mahdollisimman vähän vettä ja, että rakenteesta kosteus pääsee kuivumaan. Tuulenpaineen vaikutus täytyy myös huomioida ja se, että tuulenpaine pystyy kuljettamaan vettä vaakasuorilla rakennuspinnoilla myös ylöspäin. Suunnittelussa olisi hyvä varautua siihen, että ulkoverhouksen taakse pääsee aina vähäisiä määriä vettä. Tiiliverhoilussa rakenteessa, johon voi imeytyä paljon kosteutta, tulee huomioida rakenteen mahdollinen diffuusio käyttäytyminen sisäänpäin rakennetta. Massiivisissa rakenteissa kuten esimerkiksi hirsi, kevytbetoni tai massiivitiilirakenne, joissa on vain yksi rakennekerros, ei erillistä tuuletusväliä tarvita. Viistosadetta voidaan pitää yleisimpänä rakennuksen ulkovaippaan kohdistuvana rasitustekijänä ja kosteusriskin aiheuttajana. Puuverhoiluissa rakennuksissa suositellaan käytettävän minimissään 400 mm:n leveää räystäsrakennetta. Kuvassa 18 on esimerkkikuva rakennukseen kohdistuvasta viistosateesta.



Kuva 18. Viistosateen kohdistuminen rakennukseen (Siikanen, 2017, 67)

### 6.15 Tekninen käyttöikä

Tekninen käyttöikä tarkoittaa käyttöönoton jälkeistä aikaa, jona rakenteen, rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset ovat tulleet täyteen. Kun tekninen käyttöikä on kulunut loppuun, rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite on tarkoituksenmukaista korvata uudella. Tekninen käyttöikätaulukko perustuu käytössä oleviin tietoihin ja kokemukseen rakenteen, rakenneosan, järjestelmän tai laitteen kestävydestä ja on erittäin yleistävä sekä tapauskohtainen. (RT 18-10922/2008,1)

Tekniseen käyttöikään vaikuttaa oleellisesti huoltojen laatu. Käytöstä aiheutuneet rasitukset sekä ympäristön olosuhteet.

## 7 ESIMERKKITALO

Esimerkkitalona tässä työssä käytetään Varsinais-Suomen Liedon kunnassa sijaitsevaa omakotitaloa. Talo on rakennettu vuonna 1984. Kantavana runkorakenteena on puurunko ja ulkoverhoilu puupaneeli. Talo on Pyhännän Rakennustuote Oy:n, paremmin tunnetusti Jukka Talojen pakettitalomallistosta. Talo on rakennettu puuelementtitekniikkaa käyttäen. Opinnäytetyössä keskitytään esimerkkitalon seinärakenteeseen ja pohditaan olisiko seinärakennetta lisäeristämällä saavutettavissa energiansäästöä, jonka myötä työ olisi taloudellisesti kannattavaa toteuttaa.

### 7.1 Esimerkkitalon seinärakenne

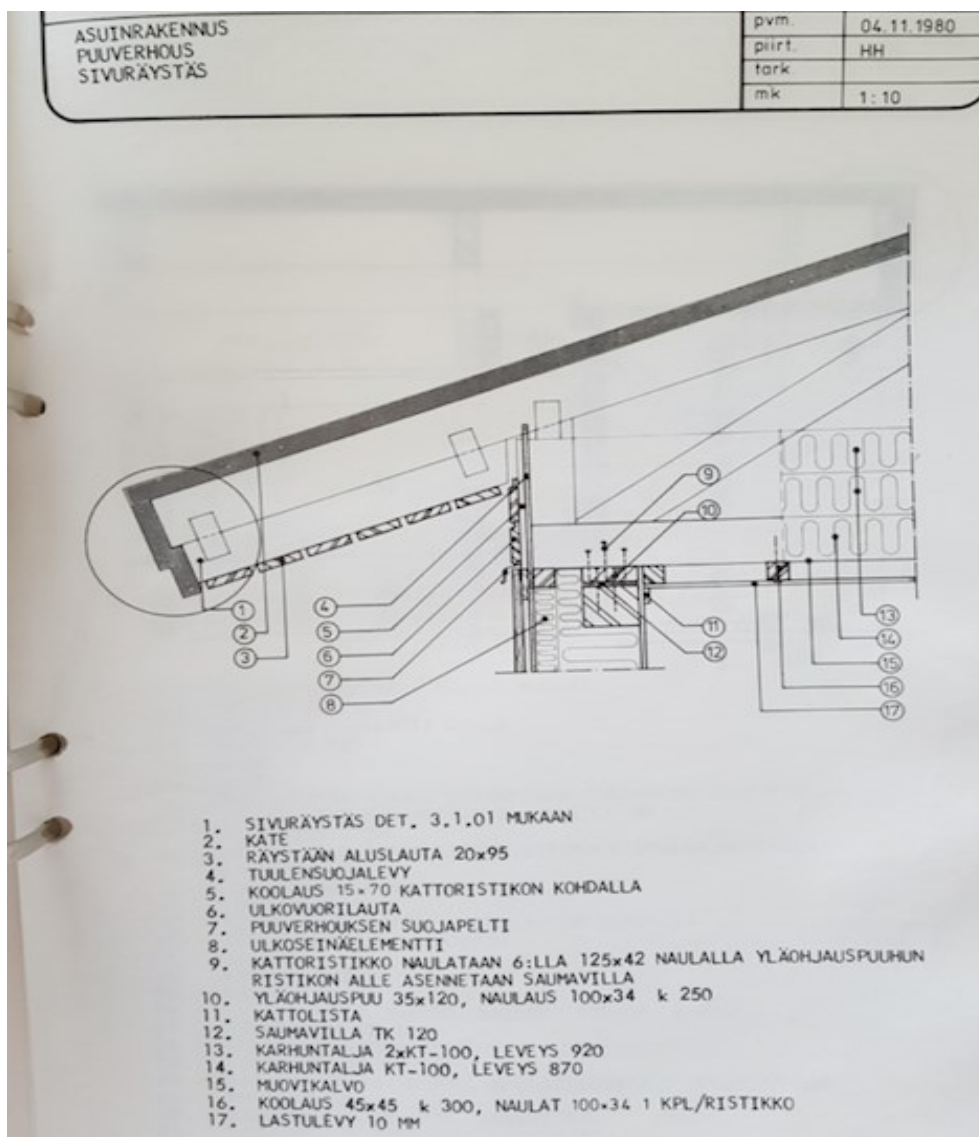
Talo on pystytetty käyttäen sen aikaista elementtirakentamisen tekniikkaa. Seinäelementit on tehty kuivissa olosuhteissa Jukka Talojen tehtaalla.

la. Elementtirakentamisen suuri etu on, että kuivaketju saadaan hallitusti pidettyä koko runkorakentamisajan, koska elementtirakenteet valmistetaan sisätiloissa ja pystytystyön yhteydessä voidaan yleensä jo saman päivän aikana asentaa kattorakenteet, ja näin ollen saadaan talo sateelta suojaan.

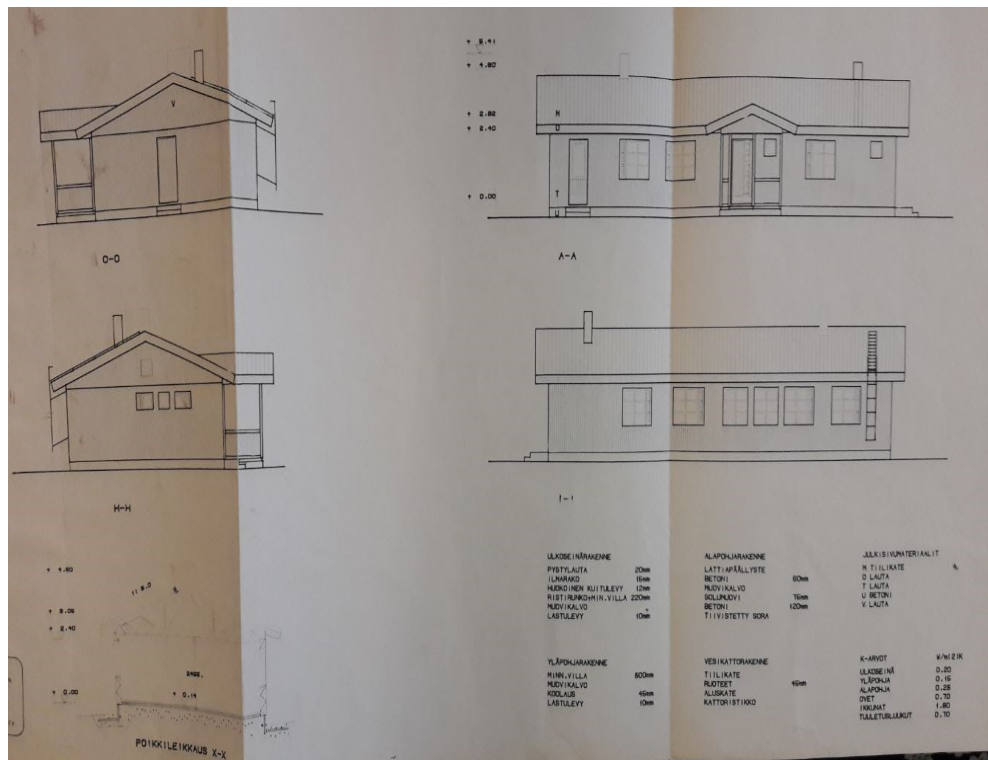
Esimerkkitalossa on ulkoverhoiluna pystyyn asennettu UYS-puupaneeli. Ulkoverhoillun huoltomaalaukset on tehty noin 10 vuoden väliajoin ja ulkoverhoilu on tarkasteltaessa varsin hyvässä kunnossa. Seinärakenteeseen tehdyllä tarkastelulla ei siitä löydetty lahoja kohtia ja ikkunoiden sekä ovien vesipellitykset olivat tiiviin ja toimivan oloiset. Tuuletusväli oli rakennesuunnitelmien mukaan 15mm ja seinärakenteen alaosasta se oli hyvin havaittavissa. Tuuletusvälin tekevä koolaus on asennettu vaakaan ja rakennettu käyttäen vain yhtä lautaa tuulensuojalevyn ja ulkoverhouksen välissä. Seinärakenteessa ei siis ole avointa tuuletusväliä. Tämä rakenneratkaisu estää seinärakenteen ilmavirtauksen vapaan tuulettumisen. Alaohjauspuun ja sokkelin väliin on asennettu villakaista joka oli myös leveämpi kuin alaohjauspuu, tullen ylitse tuuletusväliin. Tässä rakenteessa julkisivuun jää suljettuja osastoja, joista rakenteeseen mahdollisesti pääsevä vesi ei pääse tuulettumaan pois. Vedon tai kylmän tuntua ei omistajan mukaan ole ollut havaittavissa talvipakkasilla talon sisätiloissa ja sisäpuolenlevytyksissä tai seinien nurkissa ei ollut silmämääräisesti nähtävissä mitään poikkeavaa.

Seinärakenteen alkuperäinen rakenne sisältä ulospäin on seuraava:

- lastulevy 10 mm
- höyrynsulku 0,2 mm
- kantava ristirunko + mineraalivilla 220 mm
- huokoinen kuitulevy 12 mm
- tuuletusväli / vaakakoolaus 15 mm
- pystyverhoilulauta UYS 20 mm



Kuva 19. Esimerkkitalon seinäelementin rakennekuva



Kuva 20. Esimerkkitalo julkisivupiirros



Kuva 21. Esimerkkitalon julkisivu

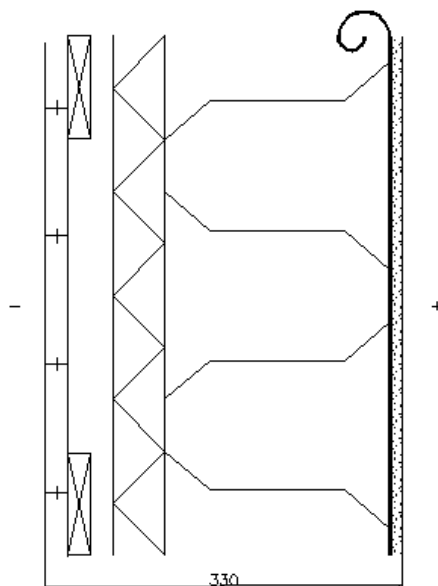
## 7.2 Seinärakenteen lisäeristys

Esimerkkikohteessa seinärakenteen lisäeristämiseen suunnitellaan kaksi eri lisäeristämistä vaihtoehtoa. Lisäeristämiseen rakenteen ulkopuolelta suunnitellaan käytettävän Paroc Cortex Pro-tuulensuojajeristettä, joka asennetaan seinärakenteen puurunkoon. Käytettäessä tuulensuojajeristettä, ei erillistä tuulensuojalevyä tarvitse erikseen asentaa.

Sisäpuoliseen lisäeristämistä vaihtoehtoon suunnitellaan käytettävän Finnfoam FF-PIR GYL PIR-polyuretaanieristelevyä, johon on levyn toiselle puolelle jo tehtaalla liimattu 9 mm:n kipsilevy ja diffuusiotiivis alumiinilaminaatti. Tämän tuotteen etu on, että samalla levyllä saadaan tiivis höyrynsulku seinään ja seinärakenteen sisäpuolelta saadaan yhtenäinen, nykyaikaisen näköinen levytys, kun vanhan rakenteen lastulevyistä ja niiden välisistä saumoista päästään eroon.

Suunniteltu seinärakenteen rakenne sisältä ulospäin ulkopuolelta lisäeristään:

- puukuitulevy 10 mm
- höyrynsulku 0,2 mm
- kantava ristirunko + mineraalivilla 220 mm
- Paroc Cortex-Pro 50 mm
- tuuletusväli + ristikoolaus 42 mm
- puupaneeliverhoilu 28 mm

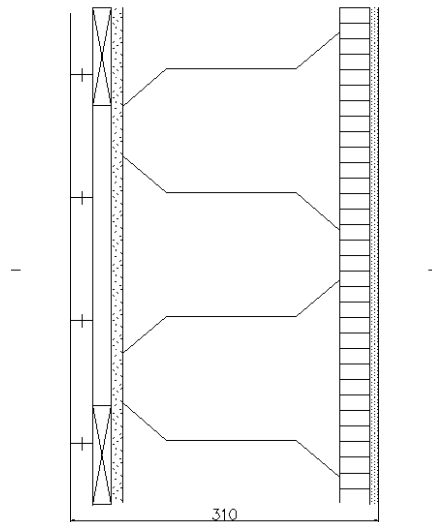


Kuva 22. Ulkopuolelta lisäeristetty rakenne (Lahti 2018)

Suunniteltu seinärakenteen rakenne sisältä ulospäin sisäpuolelta lisäeristään:

- Finnfoam FF-PIR GYL PIR-polyuretaanieristelevy 30 mm
- kantava ristirunko + mineraalivilla 220 mm

- tuuletusväli + koolaus 15 mm
- puupaneeliverhoilu UYS 20 mm



Kuva 23. Sisäpuolelta lisäeristetty rakenne (Lahti 2018)

### 7.3 Seinäelementin U-arvot

U-arvo lasketaan rakenteen lämmönjohtavuuden sekä paksuuden suhteen edellä olevalla kaavalla 3. sivulla 21. Laskennassa tarvittavien yleisempien rakennusaineiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja on lueteltu RakMk:n osassa C4 tai niitä voi myös etsiä käytettävän rakennustuotteen tuotetiedoista.

Liitteessä 8 olevissa taulukoissa on laskettu esimerkkitalon nykyisen seinärakenteen U-arvo, sekä seinärakenteet lisäeristettynä ulkopuolelta ja sisäpuolelta.

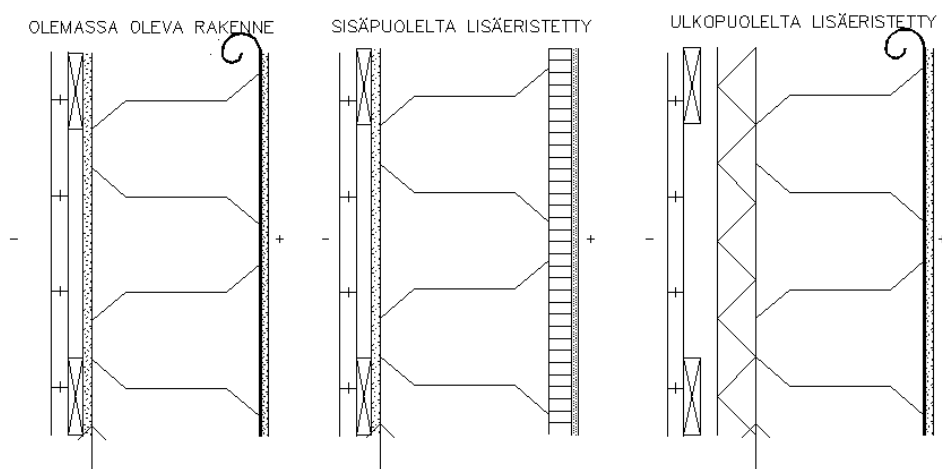
Esimerkkitalon nykyisen seinärakenteen U-arvo on  $0.197 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ , joka on rakennuslupa hakuvuoden 1984 rakennusmääräyksissä vaadittua arvoa  $0,35 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$  huomattavasti parempi. Rakenteen erittäin hyvä U-arvo tuli suurena yllätyksenä kohteessa. Ulkopuolisella lisäeristyksellä U-arvoksi saatiin 0.16 ja sisäpuolisella lisäerityksellä päästiin  $0.159 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ .

### 7.4 Seinärakenteen diffuusiovesihöyryn määrä sekä lämpötila

Liitteessä 11 olevissa kuvista nähdään nykyisen seinärakenteen, sekä ulko- ja sisäpuolelta lisäeristettävän rakenteen lämpötilat rakennekerroksissa ja vesihöyryn kyllästys- sekä osapaineet. Tarkasteluksena käytetään kuukaudet jolloin rakenteen tarkastelukohdan suhteellinen kosteus RH on suurimmillaan rakenteen tarkastelukohdassa.

Käyrästä voidaan helposti nähdä, jos vesihöyryn osapaineet ovat koko rakenteen alueella pienemmät kuin kyllästyspaine ja koska nämä viivat eivät leikkaa toisiaan missään kohtaa, niin tällöin vesihöyryn tiivistymistä ei rakenteessa tapahdu.

Esimerkkitalon kaikissa esitetyissä seinärakenteissa kyllästymispainekäyrä ja todellinen painekäyrä eivät leikkaa toisiaan, joten näissä rakenteissa ei tapahdu diffuusion aiheuttamaa kosteuden tiivistymistä. Tarkastelukohtana laskelmissa on eristeen kylmänpuolen ja tuulensuojalevyn liittymäkohta joka on vesihöyryn tiivistymisen kannalta kriittisin kohta rakenteessa (kuva 24.). Liitteissä 5, 6 ja 7 on laskettu jokaisesta rakenteesta tarkastelukohdan suhteellisen kosteuden (RH) arvot, vuoden jokaisena kuukautena.



Kuva 24. Diffuusiolaskennan tarkastelukohhta rakenteessa (Lahti 2018)

## 7.5 Seinärakenteen homehtumisriski

Esimerkkitalon nykyisen seinärakenteen laskennallinen homehtumisriski on 33 viikkoa laskenta olosuhteiden vallitessa samanlaisina. Taulukossa 7 on lueteltu jokaisesta rakenneratkaisusta homehtumisriskilaskennassa suurimman riskiarvon saaneen kuukauden homehtumisriski viikkoina. Rakenteesta tarkastellaan tuulensuojalevyn ja eristeen kylmän puolen liittymäkohtaa.

Taulukosta 7 selviää, että lisäeristäessä rakenne sisäpuolisella ratkaisulla homehtumisriskiä rakenteessa nousee 0,12 % ja ulkopuolisella lisäeristykseällä riski pienenee -9,29 %. Tuloksista voi todeta, että esimerkkitalon nykyinen ja lisäeristettyjen rakenteiden homeen muodostumiseen on erittäin pieni riski. Päädyttäessä lisäeristämään rakenne, on ulkopuolinen ratkaisu riskitarkastelussa kuitenkin parempi vaihtoehto.



Taulukko 7. Seinärakenteiden homeutumisriskivertailu

	c	Pk		P	RH%	t	vko	homet. %		
<b>Alkuperäinen rakenne</b>	11,18	1336,7	Syyskuu	1057,74	79,1	33	4	11,99		
<b>Sisäpuolelta lisäeristäen</b>	11,00	1319,2	Syyskuu	1045,56	79,3	33	4	12,11	0,12 %	
<b>Ulkopuolelta lisäeristäen</b>	16,69	1903,7	Elokuu	1317,35	69,2	148	4	2,70	-9,29 %	

## 7.6 Seinärakenteen lisäeristyksestä saatava säästö energiakustannuksissa

Laskettaessa energian ja rahan säästöä tarvitaan lähtötietoihin:

- ulkoseinärakenteen (m<sup>2</sup>) pinta-ala
- paikkakunnan lämmitystarveluku (°Cvrk)
- energian hinta (€/kWh)
- lämmönläpäisykerroimen erotus (W/km<sup>2</sup>)

Esimerkkitalossa ulkoseinärakennetta on lämpimän tilan osalta yhteensä 360 m<sup>2</sup>. Lämmitystarvelukuna käytän laskelmassa Turun 30 vuoden arvoa 4021. Sähköenergian hinta 0,1235 € / kWh. Seinärakenteen lämmönläpäisykerroimen erotus olemassa olevaan rakenteen ja ulkopuolelta lisäeristetyssä rakenteessa on 0,037 W/km<sup>2</sup>.

Rakenteen lämmitystarpeen ero vuodessa on:

$$360 \text{ m}^2 * 0,037 \text{ W/km}^2 * 4 \text{ 021 Cvrk} * 24 \text{ h/vrk} / 1 \text{ 000} = 1 \text{ 285 kWh}$$

Taloudellinen säästö vuodessa on  $0,1235 \text{ €/kWh} * 1 \text{ 285 kWh} = 158,7 \text{ €} / \text{vuosi}$

Jos rakennus olisi rakennettu vuonna 1978-1984 voimassa olleilla minimi vaatimustason arvoilla, U-arvo = 0,35 W/km<sup>2</sup> parantaen lämmönläpäisykerrointa korjausrakentamisessa vaadittuun arvoon U-arvo = 0,17 W/km<sup>2</sup>, olisi laskennallinen energian säästö vuodessa:

$$360 \text{ m}^2 * 0,18 \text{ W/km}^2 * 4 \text{ 021 Cvrk} * 24 \text{ h/vrk} = 6253 \text{ 459,2 Wh} = 6 \text{ 253 kWh}$$

ja siitä saatava taloudellinen säästö vuodessa olisi

$$0,1235 \text{ €/kWh} * 6 \text{ 253 kWh} = 772 \text{ €} / \text{vuosi}$$

## 7.7 Lisäeristämistyön kustannusarvio

Suoritelaskenta on yleisesti käytettävä laskentatapa tehdä kohdekohtainen kustannusarviolaskenta ja panoskohtainen kustannusarvio kohteesta. Suoritelaskennassa määräluettelo tehdään rakennusosanimikkeiden lisäksi suorituksina, jotka hinnoitellaan panoksien hintatietoihin perustu-

en. Suoritelaskentakäsite tulee Talo80-nimimikkeistöstä, joissa nimikkeiden pääryhminä ovat rakennusosat, suoritukset ja kustannuslajit. Suoritelaskenta on panospohjaista laskentaa, jossa hinnoitellaan kohteen määrät panosten ja niiden hintatietojen avulla. Suorituslaskennan määrälaskennassa lasketaan kohteen rakennusosien määrät piirustusten ja tai määräluetteloiden pohjalta. Määrät lasketaan teoreettisina eikä esimerkiksi hukkamenekkiä oteta tässä laskennassa huomioon.

Liitteessä 2 olevassa laskelmassa on esitetty seinärakenteen purkamisesta ja lisäeristämistä muodostuvia työ- ja materiaalikustannuksia. Laskelmassa ei ole otettu huomioon teline- tai jätemaksuja. Laskelma on suuntaa antava koska korjausrakentamisessa vastaan voi tulla aina yllättäviä menoja esimerkiksi rakenneaurion vuoksi aiheutuvasta lisäkustannuksesta. Alla olevassa laskelmassa ei ole myöskään otettu huomioon lupaprosessista muodostuvia viranomaismaksuja eikä rakennesuunnittelun tai valvonnan asiantuntiapalkkioita ja on näin ollen laskelma on hyvin suuntaa antava. Edelle mainitut teline-, jäte- ja viranomaismaksut, asiantuntiapalkkiot lisäävät lisäeristämistyön kokonaiskustannuksia.

Esimerkkitalon seinärakenteen ulkoverhouspaneelin, koolauksen ja lisäeristysten materiaaleista sekä työstä tulee laskelman mukaan kustannuksia  $360 \text{ m}^2 * 89,4 \text{ €/m}^2 = 32\,184 \text{ €}$ , ALV 24 %. Erittely laskelmasta liitteessä 2.

## 7.8 Seinärakenteen lisäeristämisen takaisinmaksuaika esimerkkikohteen suunnitelmien pohjalta laskettuna

Liitteessä 1 On esitetty liitteenä 2 olevaan kustannuslaskelmaan pohjautuen takaisinmaksuaikalaskelmia. Takaisinmaksuaika on laskettu lisäeristystyölle joka toteutetaan ulkopuolisella lisäeristyksellä ja saman työ aikana vaihdetaan myös ulkoverhoilu. Esimerkkikohteessa lisäeristämällä saatavan energiansäästön taloudellisella säästöllä lisäeristämistyön takaisinmaksuaika on 174 vuotta. Laskelmassa on esitetty myös kaksi muuta laskelmaa, joista selviää mitkä olisivat takaisinmaksuajat, jos seinärakenteen lämmönläpäisyarvo olisi rakentamismääräyksissä vaaditut minimiarvot vuonna 1978-1985  $0,35 \text{ W/(K*m}^2)$  ja vuonna 1985-2003  $0,28 \text{ W/(K*m}^2)$ .

Sarakkeessa "lisäeriste+asennustyö" on laskettu tilanne, jossa ulkoverhoilu olisi huonon kuntansa vuoksi jo pakko vaihtaa uuteen ja saman työn aikana tehtäisiin rakenteeseen ulkopuolelta toteutettava lisäeristys. Tässä laskelmassa kustannukset koostuvat vain tuulensuojalevyn materiaalihintaan sekä sen asennustyön kustannuksiin, jättäen ulkopuolelle ulkoverhoilun uusinnasta koituvat kustannukset. Takaisinmaksuajaksi tulee tällöin olemassa olevan rakenteen ja ulkopuolelta lisäeristettävän rakenteen energiansäästön vaikutuksella 55 vuotta. Laskelman alapuolella on myös

esitetty rakentamismääräyksissä vaadittujen minimiarvojen mukaan tehdyt laskelmat.

## 8 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA

Opinnäytetyössä selvitettiin 1980-luvulla rakennetun tyyppillisen pientalon energianparannus remontin tuomaa energian ja energian kustannuksien säästöä seinärakenteeseen toteutettavassa energianparannus saneerauksessa. Opinnäytetyössä tutkittiin myös, onko se taloudellisesti järkevä toteuttaa korjausrakentamista koskevan 30 vuoden takaisinmaksuajan säädöstä peilaten.

### 8.1 Seinärakenteen lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet

Työssä esiteltiin kaksi vaihtoehtoista eristystapaa tehdä seinärakenteen energiaremontti ja laskettiin niille U-arvot (liite 8). Molemmilla tavoilla toteutettuna rakenteen U-arvo alittaa YM asetuksen 4/13 vaatimustason, mutta käytettäessä eristeiden varastopaksuuksia lisäeristyksissä, U-arvo myös ylittää enimmäisvaatimustason  $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  ollen sekä sisä-, että ulkopuolelta eristettynä U-arvoltaan noin  $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Tason ylittyminen ei mielestäni ole vakava asia ja jokainen rakennusvalvonta käsittelee sen varmasti omalla tavallaan. Uuden rakennuksen energiatehokkuus seinärakenteessa saa uusien 1.1.2018 voimaan tulleen (YM1010/2017) määräyksen mukaan olla jo  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Tullaanko korjausrakentamisen asetus 4/13 uudistamaan myös tulevaisuudessa, se jää nähtäväksi? Seinärakenteen U-arvo olisi ollut mielenkiintoista tarkastaa rakennusneuvauksen avulla, mutta tälläkertaa siihen ei valitettavasti ollut mahdollisuutta. Vesihöyryn diffuusiolaskelmien perusteella (liite 5, 6, 7) Seinärakenne toimii fysikaalisesti molemmilla esitetyillä eristystavoilla ja vesihöyryn tiivistymistä rakenteessa ei tapahdu, mutta rakenteen vesihöyryn diffuusioarvot sekä homehtumisriskin arvot ovat paremmat ulkopuolelta toteutettavalla eristyksellä sekä samalla saataisiin tuuletusväli rakenteeseen tehtyä nykyohjeistuksen mukaisesti. Tarkastelukohta rakenteessa on tuulensuojalevyn ja eristyksen kylmän puolen liittymäkohta. Työtä olisi ollut mielenkiintoista laajentaa saman talovalmistajan samaan aikakauteen rakennettujen talojen rakenteita vertailemalla, ja tutkimalla niiden seinärakenteita.

### 8.2 Seinärakenteen nykykunto

Esimerkkitalon ulkoseinärakenteen panelointi on pysynyt vuosien mittaan suhteellisen hyvässä kunnossa säännöllisen huoltomaalauksen turvin ja lahoja kohtia ei löydetty tarkastelun yhteydessä seinärakenteen alaosasta eikä ikkunapeltien alta. Rakennuksen pitkät räystäät sekä suhteellisen

matala seinäkorkeus ovat myös suojanneet viistosateen aiheuttamalta rasiukselta.

Tuuletusvälit voivat olla tämän aikakauden taloissa hyvinkin pieniä. Suunnitelmien mukaan esimerkkitalon tuuletusväli ulkoverhouksen takana on 15mm, mutta toteutettu vain yhdellä koolauksella, ei ristikoolauksella. Pystypaneloinnissa käytettäessä UYS-paneelia pelkällä Vaakakoolauksella ilma ei pääse vapaasti kiertämään koko seinän alalla ja tästä johtuen se tekee rakenteeseen suljettuja osastoja jotka voivat aiheuttaa kosteusriskin rakenteeseen. Nykyohjeistuksella tuuletusvälin pitäisi olla vähintään 20mm syvä ja ilman pitää päästä kiertämään vapaasti alhaalta ylös asti, myös ikkunoiden sekä ovien kohdalla. Alla olevassa kuvasta 25. näkyy myös alaohjauspuun ja perusmuurin väliin asennettu villakaista, joka on jätetty leveämmäksi kuin alaohjauspuu on, tukkien näin myös rakenteen vapaata tuulettumista. Paneelirakenne ei varmasti ole hyvinkään tiivis ja mahdollistaa näinollen rakenteeseen pientä tuuletusta. Vanhoissa taloissa tuulensuojalevyn pullahtaminen voi myös haitata ilman vapaata kiertämistä, mutta tässä kohteessa tätä oli mahdoton todeta vaakakoolauksen vuoksi. Omistan mukaan vedon tunnetta ei ole ollut havaittavissa talon sisätiloissa eikä muuta normaalista poikkeavaa ole ollut havaittavissa silmämääräisesti seinäpinnoissa. Seinärakenteen tiiviyden tarkastaminen merkkisavun avulla voisi olla asia joka kannattaisi tehdä. Se auttaisi epätiiveyksien löytymistä rakenteessa.



Kuva 25. Ulkoverhouksen tuuletusväli

### 8.3 Seinärakenteen energiasaneerauksen takaisinmaksuaika

Opinnäytetyötä aloittaessa minulla oli olettamus, että seinärakennetta lisäeristämällä saataisiin energiankulutuksessa jopa huomattavia säästöjä, mutta olemassa oleva seinärakenne osoittautuikin rakennus aikakauttan-

sa rakennusmääräyksissä olevia minimivaatimuksia huomattavasti paremmin eristäväksi. Jopa vuonna 2008 tulleiden määräyksien mukaan, U-arvo  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  esimerkkitalon alkuperäisen seinärakenteen U-arvo alittui. Omistajaa haastatellessa tulikin ilmi, että rakennusvaiheessa rakennukseen oli valittu niin sanottu lisäeristyspaketti talotoimittajalta.

Tässä tapauksessa seinärakenteen energiaremontin takaisinmaksuaika muodostuu niin pitkäksi, ettei ole taloudellisesti järkevää lähteä toimivaa rakennetta energian säästöä ajatellen uusimaan. Takaisinmaksuaika tulisi olemaan 174 vuotta, mutta jos seinässä olisi käytetty vuonna 1978-1958 voimassa olleita määräyksiä, niin takaisinmaksuaika olisi ollut 42 vuotta. Takaisinmaksuajan laskentaan on käytetty rakennustyön sekä materiaalin hintoja ja todellisuudessa kokonaiskustannus nousee vielä tästä, johtuen jäte-, logistiikka-, suunnittelu ja valvontamaksujen ja esimerkiksi viranomaiskustannuksien vuoksi. Takaisinmaksuaika nousee kokonaiskustannuksien mukana. Asetukseen 2/17 on kirjoitettu, että taloudellisessa tarkastelussa on asuinrakennuksissa käytettävä 30 vuoden tarkastelujaksoa, kun mietitään korjausrakentamisen yhteydessä tehtävää energiansaneerausta ja näinollen lisäeristystä ei seinärakenteeseen edes tarvitse tehdä.

Perusteltua olisi työ tehdä, jos esimerkiksi ulkoverhoilu jouduttaisiin uusimaan sen huonon kunnon vuoksi, rakenteeseen tulleen vaurion korjaamisen yhteydessä tai sisätilan vanerilevytys haluttaisiin vaihtaa esimerkiksi Gyproc levytykseen. Ulkopuolelta eristäen saataisiin tuuletusväli samalla korjattua ristikoolauksella asianmukaiseksi ja rakenne tuuletumaan nykypäivän rakennemääräyksiä mukaan. Toisaalta olemassa oleva rakenne on tällä ratkaisulla kestänyt jo yli 34 vuotta.

Jos ulkoverhoilu päätettäisiin vaihtaa uuteen, niin samalla tehtäessä lisäeristys seinärakenteeseen ja tutkittaessa takaisinmaksuaikaa vain lisäeristykseen materiaalin ja sen asennustyön osalta päästäisiin jo vuosia lyhempiin takaisinmaksuaikoihin. Takaisinmaksuaika ylittäisi silti 30 vuoden raja-arvon. Liitteessä 1 on takaisinmaksulaskelma tästä.

## 9 YHTEENVETO

1980-luvulla on rakennettu suurin osa olemassa olevasta Suomen pientalokannasta. Monissa näistä rakennuksista tulee olemaan ajankohtaista tehdä korjaus- tai parannustöitä ja samalla tutkia energiansäätön mahdollisuuksia kohteeseen. Korjauskohteet ovat aina yksilöllisiä ja siksi perusteellinen kohteeseen tutustuminen ja tarvittaessa tehtävä kuntotutkimus sekä ammattitaitoinen rakennesuunnittelija ovat arvokkaita työn onnistumisen kannalta. Hyvä suunnittelu auttaa myös välttämään turhaan uusittavat toimivat rakenteet.

Esimerkkikohteesta tehdyt laskelmat osoittivat, että tässä rakennuksessa seinän energiasaneeraus olisi ollut takaisinmaksuajaltaan erittäin pitkä ja sen myötä taloudellisesti kannattamaton. Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2/17 § 1 mukaan sitä ei tarvitse tehdä. Rakennusvalvonta olisi kuitenkin voinut vaatia laskelmat takaisinmaksuajasta ja sen ylittymisestä.

Tarkkoja kustannuslaskelmia on haastavaa tehdä korjauskohteista koska työn edetessä voi eteen tulla myös yllättäviä, odottamattomia ongelmia, mutta jo saneeraustyön ja materiaalien kustannuksien laskemisella saa hyvän käsityksen projektin taloudellisesta arvosta. Rakenteita uusiessa ja tiivistäessä täytyy aina myös kiinnittää erityistä huomiota ilmanvaihdon toimivuuteen. Tehtyjen toimenpiteiden jälkeen tämä voi johtaa ilmanvaihtojärjestelmän uusimiseen tai minimissään tämän uudelleen säätämiseen, joka taas lisää osaltaan projektin kustannuksia. Yksi saneerattu rakenne tai rakenneosa voi vaikuttaa moneen asiaan. Rakennusta täytyykin aina tarkastella kokonaisuutena sekä varmistaa, että vanhat sekä uudet rakenteet ja ratkaisut toimivat keskenään.

1980-luvulla rakennetun pientalon energiasaneerausta korjaus- ja muutostöiden yhteydessä kannattaneekin mielestäni tarkastella ja toteuttaa usean korjauksen ja toimenpiteen yhteisvaikutuksena, ja tehdä tällä vaihtoehdolla tarvittavat laskelmat sekä suunnitelmat. Rakenteiden ja rakennusosien liitoksien tiiviyteen kannattaa myös kiinnittää erityistä huomiota ja etsiä ne merkkisavun avulla, sekä tiivistää mahdolliset vuotokohtat mahdollisuuksien mukaan. Vuotokohtia voidaan etsiä myös lämpökameran avulla rakennuksesta. Tämä on parempi tehdä talviaikaan.

## LÄHTEET

- Ekovilla (2018). Tuotteet. Haettu 15.4.2018 osoitteesta <http://www.ekovilla.com/tuotteet/ekovillalevy/ominaisuudet/>
- Energiakorjaus.info (2018). Oulun rakennusvalvonnan energiakorjausivusto. Haettu 28.9.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/>
- Finnfoam (2018). Tuotteet. Haettu 15.4.2018 osoitteesta <https://www.finnfoam.fi/tuotteet/ff-pir/>
- Isover (2018). Tuotteet. Haettu 15.4.2018 osoitteesta <https://www.isover.fi/tuotteet/isover-rkl-31>
- Kauppinen J, (n.d). *Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen luovanvaraisen korjauksen yhteydessä*. Helsinki: Rakennustieto Oy Haettu 26.9.2018 osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140102.pdf>
- Kuuntila, A. (2017). Rakennusfysiikka 2, Luento 4 *Homehtumisriski*, Hamk Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 20.4.2018 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>
- Lappalainen M. (2010a). *Energia- ja ekologiakäsikirja – suunnittelu ja rakentaminen*. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Lappalainen, M (2010b). *Energia- ja ekologiakäsikirja – suunnittelu ja rakentaminen* Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Mittaviiva Oy (2015). *Korjausrakentamisen kustannuksia 2015* Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ojanen T., Nykänen E. & Hemmilä K. (2017). *Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa*. Haettu 1.4.2018 osoitteesta [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/rek\\_27042017.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/rek_27042017.pdf)
- Oulun rakennusvalvonta (n.d). Hallitussa korjausrakentamisessa suuri energiansäästö mahdollisuus. Haettu 27.9.2018 osoitteesta [https://www.ouka.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=74858487-e45c-4ebc-b630-13c37e38e77a&groupId=486338](https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=74858487-e45c-4ebc-b630-13c37e38e77a&groupId=486338)
- Oulun rakennusvalvonta (2013). Tiiveyskorjaus. Haettu 17.8.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/pientalot>
- Oulun rakennusvalvonta (2013). Yläpohjan lisälämmöneristys. Haettu 12.9.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/pientalot>

Oulun rakennusvalvonta (2014). Ikkunakorjaus. Haettu 16.8.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/pientalot>

Oulun rakennusvalvonta (2014). Ulko-oven korjaus. Haettu 16.8.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/pientalot>

Oulun rakennusvalvonta (2018). Energiakorjaus.info. Pientalot. Haettu 20.9.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/pientalot>

Oulun rakennusvalvonta (2018). Pientalon korjausinfo. Haettu 15.8.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/pientalot>

Oulun Rakennusvalvonta (n.d). Pientalon laatukortit, Energiakorjaus haettu 27.9.2018 osoitteesta <http://www.energiakorjaus.info/>

Paroc (2018). Eristystuotteet. Haettu 15.4.2018 osoitteesta <https://www.paroc.fi/tuotteet/rakennuseristeet/tuulensuojaeristeet/paroc-cortex-pro>

Puuinfo (2013). Pientalon energiasaneeraus. Haettu 16.4.2018 osoitteesta <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tee-seitse/ohjeet/pientalon-energasaneeraus/pientalon-energasaneeraus/pientalonenergasaneeraus-korjaustarpeenarviointi.pdf>

Rakennusteollisuus (2018). Asuntokanta haettu 22.3.2018 osoitteesta <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Talous-tilastot-ja-suhdanteet/Kuviopankki/Asuntomarkkinat/Asuntokanta/>

RIL 107-2012 (2013). *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet*. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 10-11226 (2016). Talonrakennushankkeen kulku, kustannusten muodostuminen ja ohjaus. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

RT 18-10922 (2008). Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

Siikanen, U. (2017). *Rakennusfysiikka perusteet ja sovelluksia*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Vattenfall (2018). kodin sähkönkulutus. Haettu 27.9.2018 osoitteesta <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/>

Verohallinto (2018). Kunnossapito- ja perusparannustyöstä saat kotitalousvähennystä. Haettu 5.8.2019 osoitteesta



<https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/remontointi/>

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 (2012). Rakennuksen energia-  
kulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta. Haettu 9.4.2018 osoitteesta  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>

Ympäristöministeriön asetus 4/13 (2013). rakennuksen energiatehokkuu-  
den parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Haettu 8.4.2018 osoittees-  
ta  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>

Suomen rakentamismääräyskokoelma (2014). Energiatodistus opas liite,  
Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitte-  
luarvoja. Haettu 16.8.2018 osoitteesta  
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BAC7A25CB-AE7E-4869-8884-1AE74D3FE2DE%7D/100058>

Ympäristöministeriön asetus 1008/2017 (2017). Haettu 27.9.2018 osoit-  
teesta  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171008#Pidp446424864>

Ympäristöministeriön asetus 2/17 (2017). Ympäristöministeriön asetus  
rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutos-  
töissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Haettu  
12.9.2018 osoitteesta  
<https://www.finlex.fi/data/normit/43242/YMa%202017%205.2017%20fi%20signed.pdf>

Ympäristöministeriön asetus 4/13 (2013). Rakennuksen energiatehok-  
kuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Haettu 25.3.2018 osoit-  
teesta <http://www.ym.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja  
selvityksistä (2015). Haettu 20.8.2018 osoitteesta  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B6DE73EFE-8AC6-42C9-A49B-3EC43B47987F%7D/107772>

Ympäristöhallinto (2016). Energiatehokas pientalo. Pientalon energianku-  
lutus ja päästöt. Haettu 20.9.2018 osoitteesta  
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Pientalot/Energiatehokkuus/Energiatehokas\\_pientalo/Energiankulutus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Pientalot/Energiatehokkuus/Energiatehokas_pientalo/Energiankulutus)

## HAASTATTELUT

Kurppa, K (2018), Esimerkkirakennuksen omistaja. Keskustelu 15.6.2018

## TAKAISINMAKSUAIKALASKELMA SEINÄRAKENNE

## LIITE 1

	ulkoverhous+lisäe.+työt		lisäeriste+asennustyö ei ulkoverhousta	
nykyinen rakenne	<b>U-ARVO</b>	<b>0,197/0,16</b>	<b>U-ARVO</b>	<b>0,197/0,16</b>
	M2	360	M2	360
	U-arvo erotus	0,037	U-arvo erotus	0,037
	Säästö kWh	1493,88	Säästö kWh	1493,88
	Energia kWh	0,1235	Energia kWh	0,1235
	säästö vuodessa €	184,49	säästö vuodessa €	184,49
	työn kustannus	32184	työn kustannus	10079
	<b>takaisinmaksuaika vuotta</b>	<b>174</b>	<b>takaisinmaksuaika vuotta</b>	<b>55</b>
rakennemääräykset 1978-1985	<b>U-ARVO</b>	<b>0,35/0,16</b>	<b>U-ARVO</b>	<b>0,35/0,16</b>
ulkopuolelta	M2	360	M2	360
lisäeristäen	U-arvo erotus	0,19	U-arvo erotus	0,19
	Säästö kWh	6253,46	Säästö kWh	6253,46
	Energia kWh	0,1235	Energia kWh	0,1235
	säästö vuodessa €	772,30	säästö vuodessa €	772,30
	työn kustannus	32184	työn kustannus	10079
	<b>takaisinmaksuaika vuotta</b>	<b>42</b>	<b>takaisinmaksuaika vuotta</b>	<b>13</b>
rakennemääräykset 1985-2003	<b>U-ARVO</b>	<b>0,28/0,16</b>	<b>U-ARVO</b>	<b>0,28/0,16</b>
ulkopuolelta	M2	360	M2	360
lisäeristäen	U-arvo erotus	0,12	U-arvo erotus	0,12
	Säästö kWh	3821,56	Säästö kWh	3821,56
	Energia kWh	0,1235	Energia kWh	0,1235
	säästö vuodessa €	471,96	säästö vuodessa €	471,96
	työn kustannus	32184	työn kustannus	10079
	<b>takaisinmaksuaika vuotta</b>	<b>68</b>	<b>takaisinmaksuaika vuotta</b>	<b>21</b>

Energiatehokkuuden parantaminen

Tuoterakenteen osat

**Ulkoseinät****ALV 0 %**

	materiaali- menekki	materiaali- kustannus €/yks	työ- menekki tth	aputyön osuus %	työ- kustannus €/yks	kustannus yhteensä €/yks
<b>Purkamisen ja uusiminen</b>						
<b>Ulkoseinän lisälämmöneristäminen tuulensuojaeristeellä ja puu-ulkoverhouksen uusiminen</b>						
	<b>1,00m<sup>2</sup></b>	<b>38,29</b>	<b>1,13</b>		<b>33,81</b>	<b>72,10</b>
<b>Purku, seinäpaneloinnin purku</b>			<b>0,35</b>		<b>8,78</b>	<b>8,78</b>

**Tuulensuojalevy 50 mm, mineraalivilla, naulausväli**

		<b>19,20</b>	<b>0,10</b>	<b>10</b>	<b>3,38</b>	<b>22,58</b>
• tuulensuojalevy, mineraalivilla 75 mm, $\lambda(d) = 0,031$ W/Km, paloluokka A2 – s1, d0	1,00 m <sup>2</sup>	16,68				
• kilninke, eristekilninke + ruuvi, tuulensuojaeristeet 75 mm	2,22 kpl	2,43				
• naula	0,02 kg	0,09				

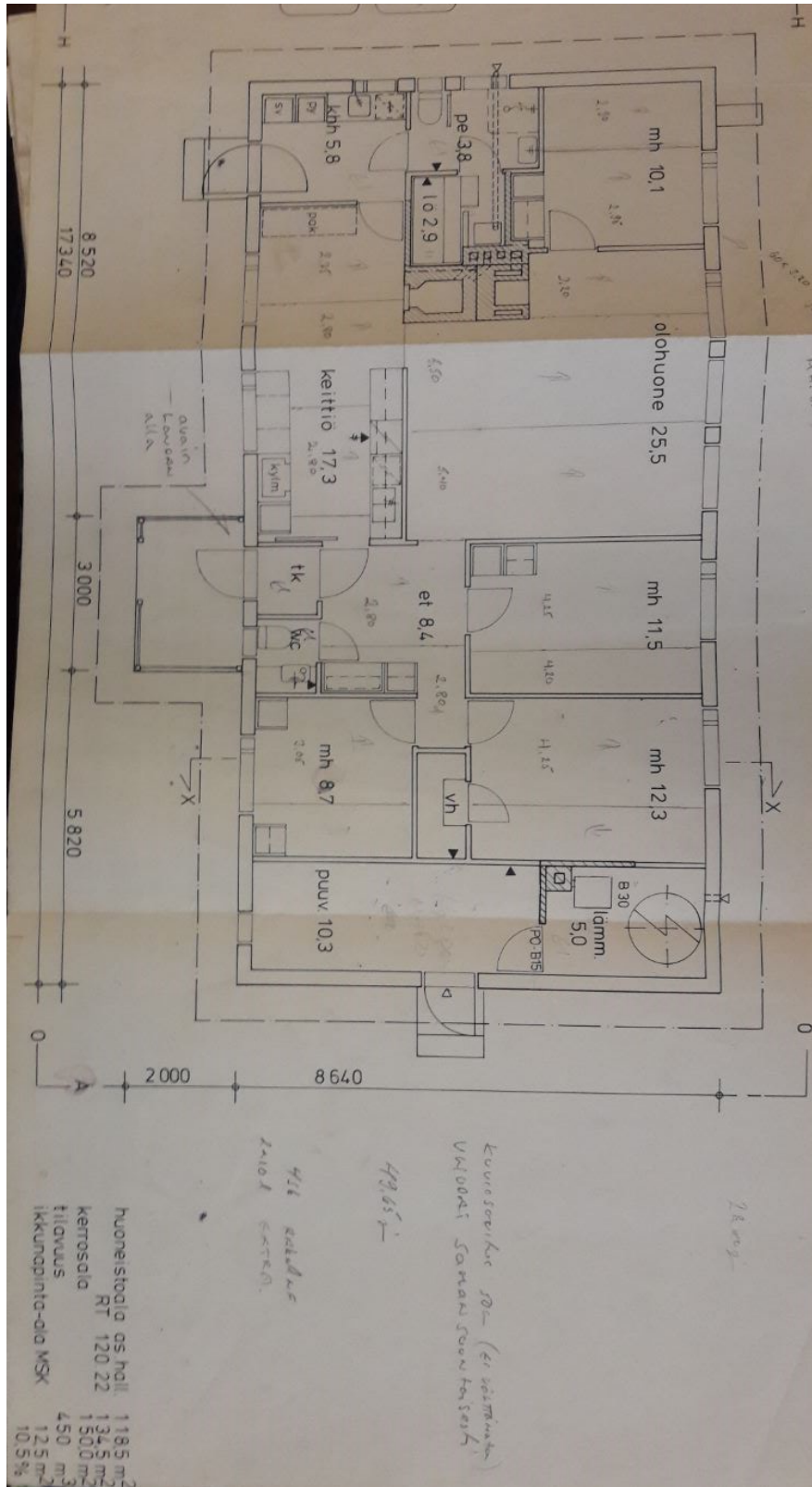
**Ulkoverhouslaudoitus, pystyponttilaudoitus 28 mm (sis. kaksinkertaisen koolauksen)**

		<b>15,55</b>	<b>0,55</b>	<b>10</b>	<b>18,11</b>	<b>33,66</b>
• ulkoverhouslauta 28 × 120 mm, UTV	9,10 jm	12,29				
• sahattu lauta 25 × 100 mm, kuusi B	3,34 jm	2,81				
• naula	0,10 kg	0,45				

**Js-maalaus, maali 2 kertaa, öljymaali, sahattu puupinta**

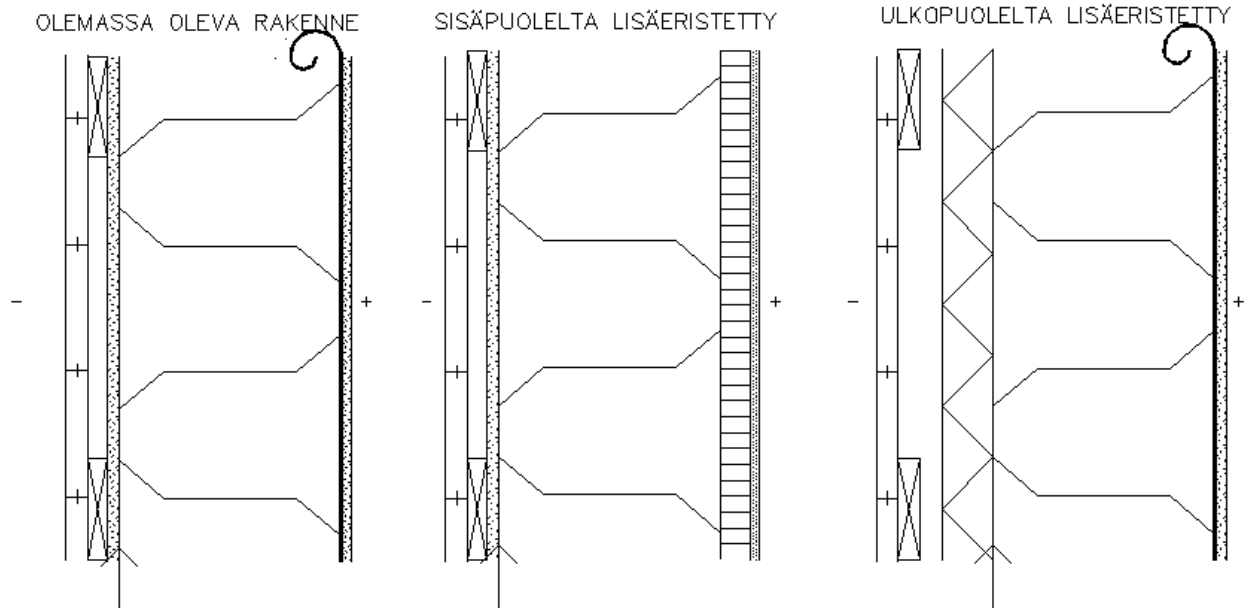
		<b>3,54</b>	<b>0,13</b>	<b>5</b>	<b>3,54</b>	<b>7,08</b>
• maali, pohjamaali	0,15 l	1,06				
• maali, öljymaali (ulkokäyttö)	0,35 l	2,48				

Vanha lämmöneristekerros poistetaan ja korvataan uudella. Varmistettava rakenteen rakennusfysikaalinen toimivuus. Hinnat eivät sisällä telineitä, eikä jätemaksuja. Pintarakenteeksi voidaan valita rakenteita Rakennusosien kustannuksia 2015 -kirjan otteista sivuilta 46–47.



## RAKENNELEIKKAUKSET

## LIITE 4



## VESIHÖYRYN DIFFUUSIOLASKELMA ALKUPERÄINEN RAKENNE

## LIITE 5

KERROKSET	Paksuus/m	$\lambda$	R	Tsisä	Pk	Zp	P	RH%	g/m3	extra	vk
SISÄPINNAN VASTUS	Rsi		0,13	21	2485,6		1221,23	49,1	18,31	5	9,00
LASTULEVY 10mm	0,01	0,1	0,100			2080000000				5	
				20,07	2352,2		1174,89	49,9		5	
HÖYRYNSULKU	0,0002	0,5	0,0004			2500000000				3,5	
				20,07	2352,2		617,99	26,3		2	
MINVILLA 220mm	0,22	0,05	4,400			1100000000				2	
<b>tarkastelu kohta</b>				2,28	724,4		593,48	81,9		2	
HUOKOINEN KUITULEVY	0,012	0,049	0,245			1100000000				3,5	
				1,29	673,4		568,98	84,5		5	
TUULETTUMATON ILMATILA	Rgu		0,17			2928000000				5	
		Rt	5,05	0,6	639,3	Marraskuu		89	4,49	5	
		U	0,20				568,98				
				<b>c</b>	<b>Pk</b>		<b>P</b>	<b>RH%</b>	<b>t</b>	<b>vko</b>	<b>homet. %</b>
	Tammikuu			-3,78	454,8		362,55	79,7	#LUKU!	4	#LUKU!
	Helmikuu			-3,96	447,5		349,13	78,0	#LUKU!	4	#LUKU!
	Maaliskuu			-0,66	579,7		434,04	74,9	#LUKU!	4	#LUKU!
	Huhtikuu			4,48	847,9		592,59	69,9	317	4	1,26
	Toukokuu			10,72	1293,4		812,42	62,8	715	4	0,56
	Kesäkuu			15,13	1720,3		1063,14	61,8	701	4	0,57
	Heinäkuu			14,12	1613,7		1107,27	68,6	186	4	2,16
	Elokuu			15,68	1787,2		1314,81	73,6	69	4	5,78
	Syyskuu			11,18	1336,7		1057,74	79,1	33	4	11,99
	Lokakuu			6,96	1008,6		815,56	80,9	35	4	11,55
Suurin RH arvo	Marraskuu			2,28	724,4		593,48	81,9	62	4	6,45
	Joulukuu			-1,58	541,1		440,91	81,5	#LUKU!	4	#LUKU!

## VESIHÖYRYN DIFFUUSIOLASKELMA ULKOPUOLELTA LISÄERISTETTY

## LIITE 6

KERROKSET	Paksuus/m	$\lambda$	R	Tsisä	Pk	Zp	P	RH%	g/m3	extra	vk
SISÄPINTA			0,13	21	2485,6		1372,01	55,2	18,31	5	10,1068
										5	
LASTULEVY 10mm	0,01	0,1	0,100			2080000000				5	
				20,61	2425,5		1348,12	55,6		5	
HÖYRYNSULKU	0,0002	0,5	0,0004			25000000000				3,5	
				20,60	2425,5		1060,97	43,7		2	
MINVILLA 220mm	0,22	0,05	4,400			1100000000				2	
<b>tarkastelukohta</b>				13,05	1513		1048,34	69,3		2	
LISÄERISTYS 50MM	0,05	0,032	1,563			2500000000				3,5	
TUULENSUOJALLA				10,37	1268		1045,47	82,5		5	
ULKOPINTA			0,04			28430000000				5	
		Rt	6,23	10,3	1259,6	Syyskuu		83	7,96	5	
		U	0,16				1045,47				
				<b>c</b>	<b>Pk</b>		<b>P</b>	<b>RH%</b>	<b>t</b>	<b>vko</b>	<b>homet. %</b>
	Tammikuu			1,10	663,5		362,55	54,6	20809		
	Helmikuu			0,96	658,6		349,13	53,0	34155		
	Maaliskuu			3,61	795,5		434,04	54,6	9509		
	Huhtikuu			7,74	1058		592,59	56,0	4021	4	0,10
	Toukokuu			12,75	1483,9		812,42	54,7	3869	4	0,10
	Kesäkuu			16,28	1856,3		1063,14	57,3	1813	4	0,22
	Heinäkuu			15,47	1764,6		1107,27	62,7	565	4	0,71
	Elokuu			16,69	1903,7		1317,35	69,2	148	4	2,70
Suurin RH arvo	Syyskuu			13,05	1513		1048,34	69,3	172	4	2,32
	Lokakuu			9,63	1202,3		796,49	66,2	382	4	1,05
	Marraskuu			5,84	928,6		572,92	61,7	1364	4	0,29
	Joulukuu			2,72	745,7		420,02	56,3	7569		



## VESIHÖYRYN DIFFUUSIOLASKELMA SISÄPUOLELTA LISÄERISTETTY

## LIITE 7

KERROKSET	Paksuus/m	$\lambda$	R	Tsisä	Pk	Zp	P	RH%	g/m3	extra	vk
SISÄPINTA	Rsi		0,13	21	2485,6		1221,23	49,1	18,31	5	8,9961
										5	
KIPSILEVY	0,009	0,21	0,043			2080000000				5	
				20,44	2396		1220,89	50,955		5	
LISÄERISTYS 30MM	0,03	0,022	1,364			4E+12				3,5	
FF-PIR GYL				16,06	1833		569,34	31,1		2	
										2	
										2	
MINVILLA 220mm	0,22	0,05	4,400			1100000000				3,5	
tarkastelukohta				1,93	703,7		569,16	80,9		5	
HUOKOINEN KUITULEVY	0,012	0,049	0,245			1100000000				5	
				1,15	668,4		568,98	85,1		5	
ULKOPINTA	Rgu		0,17			4,00428E+12				5	
		Rt	6,35	0,6	639,3	Marraskuu		89	4,49	5	
		U	0,16				568,977				
				<b>c</b>	<b>Pk</b>		<b>P</b>	<b>RH%</b>	<b>t</b>	<b>vko</b>	<b>homet. %</b>
	Tammikuu			-4,24	440,3		337,85	76,7	#LUKU!	4	#LUKU!
	Helmikuu			-4,42	433,2		324,69	75,0	#LUKU!	4	#LUKU!
	Maaliskuu			-1,06	562,3		410,58	73,0	#LUKU!	4	#LUKU!
	Huhtikuu			4,18	830,1		571,65	68,9	404	4	0,99
	Toukokuu			10,53	1276,4		804,26	63,0	694	4	0,58
	Kesäkuu			15,02	1709,4		1066,34	62,4	623	4	0,64
	Heinäkuu			13,99	1603,4		1102,38	68,8	182	4	2,20
	Elokuu			15,58	1775,9		1315,78	74,1	63	4	6,32
	Syyskuu			11,00	1319,2		1045,56	79,3	33	4	12,11
	Lokakuu			6,70	988,1		793,11	80,3	39	4	10,22
Suurin RH arvo	Marraskuu			1,93	703,7		569,16	80,9	82	4	4,87
	Joulukuu			-1,99	524,5		416,16	79,3	#LUKU!	4	#LUKU!

## SEINÄRAKENTEEN U-ARVO LASKELMAT

## LIITE 8

SEINÄELEMENTIN U-ARVO	OLEMASSA OLEVA RAKENNE			
KERROS		PAKSUUS/m	$\lambda$	R
SISÄPINTA			(Rsi)	0,13
LASTULEVY	10mm	0,012	0,100	0,12
HÖYRYNSULKU	0,2mm	0,002	0,500	0,004
MINERAALIVILLA	220mm	0,22	0,050	4,4
HUOKOINEN KUITULEVY	12mm	0,012	0,049	0,245
TUULETTUMATON ILMATILA	15mm		(Rgu)	0,17
			Rt =	5,069
			U =	0,197

SEINÄELEMENTIN U-ARVO	ULKOPUOLELTA LISÄERISTÄEN			
KERROS		PAKSUUS/m	$\lambda$	R
SISÄPINTA			(Rsi)	0,13
lastulevy	10mm	0,012	0,100	0,12
HÖYRYNSULKU	0,2mm	0,002	0,500	0,004
MINERAALIVILLA	220mm	0,22	0,050	4,4
<b>PAROC CORTEX PRO</b>	<b>50mm</b>	0,05	0,032	1,5625
ULKOPINTA			(Rse)	0,04
			Rt =	6,257
			U =	0,160

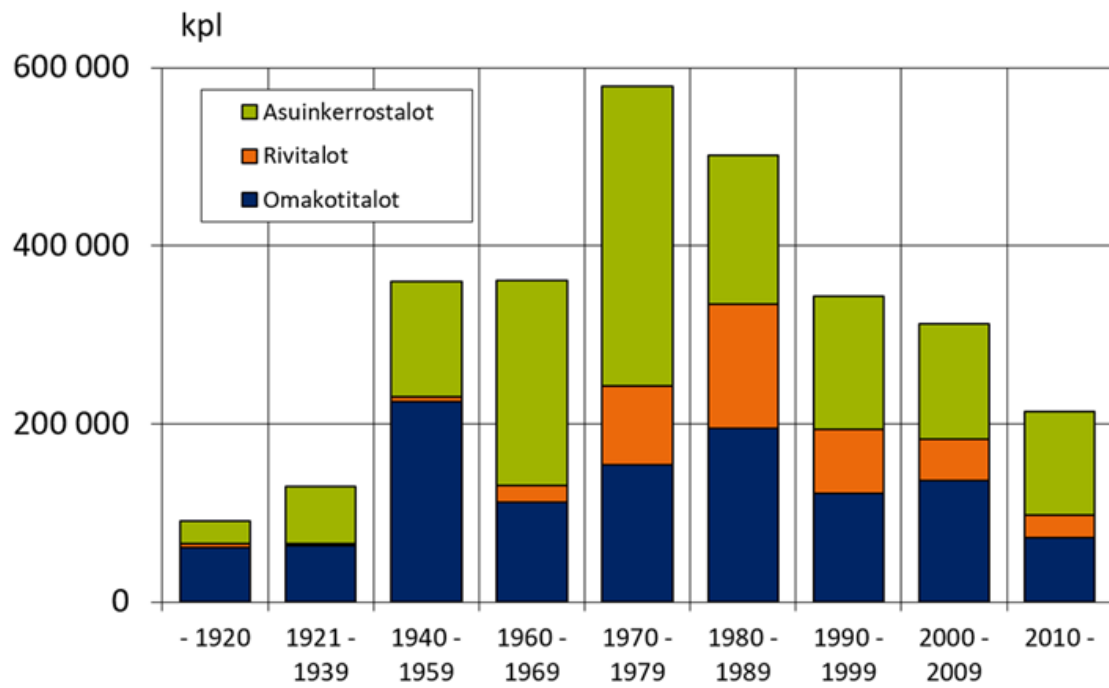
SEINÄELEMENTIN U-ARVO	SISÄPUOLELTA LISÄERISTÄEN			
KERROS		PAKSUUS/m	$\lambda$	R
SISÄPINTA			(Rsi)	0,13
<b>FINNFOAM FF-PIR GYL</b>	<b>30mm</b>	0,03	0,022	1,3636
MINERAALIVILLA	220mm	0,22	0,050	4,4
HUOKOINEN KUITULEVY	12mm	0,012	0,049	0,245
TUULETTUMATON ILMATILA	15mm		(Rgu)	0,17
			Rt =	6,309
			U =	0,159

## TEKNISET KÄYTTÖIÄT JA KUNNOSSAPITOJAKSOT

Tunnus	Nimikkeen otsikko, määrittelmä	Tyypillinen rakentamisaika ja muu tarkempi määrittely	Keskimääräinen tekninen käyttöikä (R = rakennuksen ikä, J = järjestelmän ikä)			Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet	Huomautuksia	
			Rastitusluokka 1 vaikea	2 normaali	3 kevyt	Tarkastusväli vuotta	Huoltoväli / kunnossapitokaso vuotta	
123	<b>Runko</b>							
1231	Vaestönsuojat (ympäriävät seinät, kantavat väliseinät, kattorakenne, alapohja ja lattia, suojaovet ja -luukut, sulkuilla, häätäjäkäytävä tai -aukko)		R	R	R	Viranomaismäätäräyksen mukaan	Viranomaismäätäräyksen mukaan	
1232	Kantavat seinät (seinän kantava rakenne, kantavan osan yhteydessä tehtävä äänen- tai lämmöneristyskerros)			R				
1233	Pilarit			R				
1234	Pakitt			R				Kylmät pilarit, routa perustuksissa
1235	Valipohjat			R				
1236	Yläpohjat			R		2		
1237	Runkoportaat			R				
124	<b>Julkisivut</b>		Rastitettu olosuhteet	Tavanomaiset olosuhteet	Vähäisesti rästitetut olosuhteet			Rastitukseen vaikuttavat mm. julkisivun ilmansuunta, rakennuksen korkeus ja sijainti sekä liittyvät rakenteet
1241	Ulkoiset (ulkopuolinen pintakerros, ulkoiseinäverhoitus tai ulkokuori)							
	Lautaverhoitus		30	50	70	5	5...20 huoltokäsitteily	Homeenpoistopeesu tai huoltokäsitteilyväli rastitusluokan mukaan. Käytökään vaikuttavat tekijät: vettä, kostuuden paksuus, pintakäsittelyn materiaali, väri ja värin tummuus, liittyvät rakenteet.
	Hirsipintia julkisivuna		R	R	R	5	5...20 pintakäsittely 20 hirsilijosten liikkuminen ulkopuolelta, hirsien päiden uusiminen laivauraidien vuoksi tarpeen mukaan	
	Tiliverhoitus		50	R	R	5	25 saunakorjaus	
	Rappaus (kornikerrosrappaus, ohutrappaus, kuulotrappaus)		30	50	70	5	10...20 huoltomaalaus	

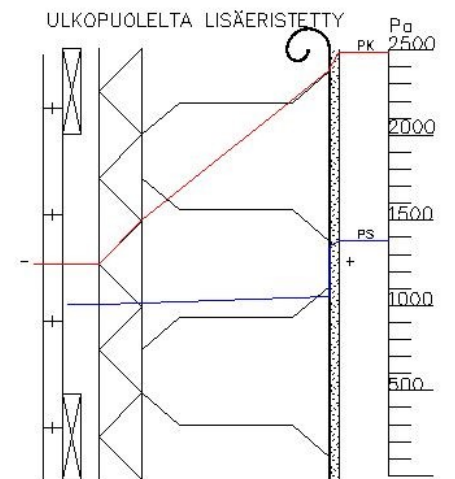
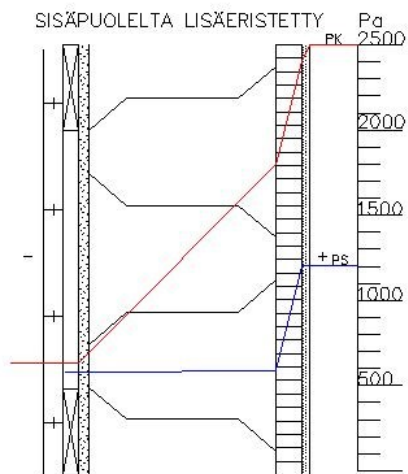
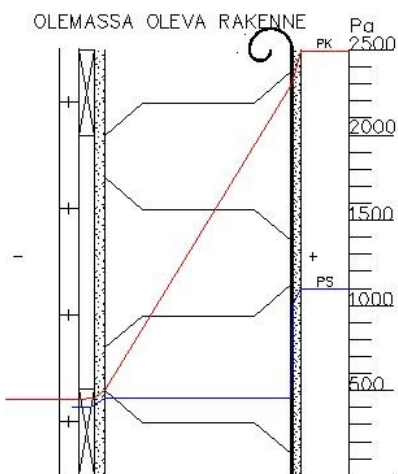
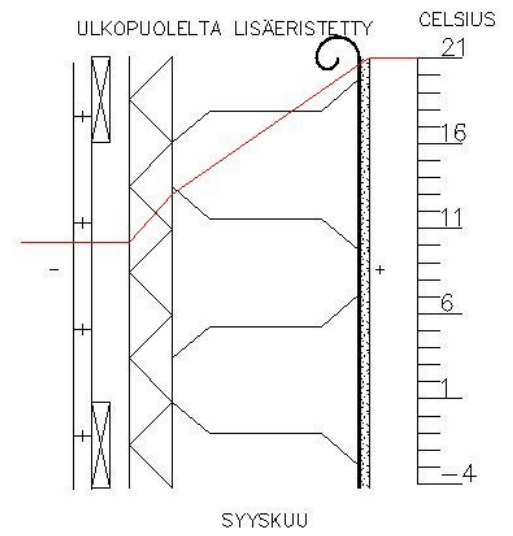
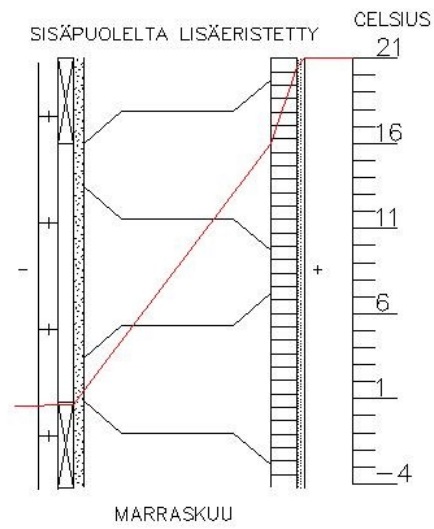
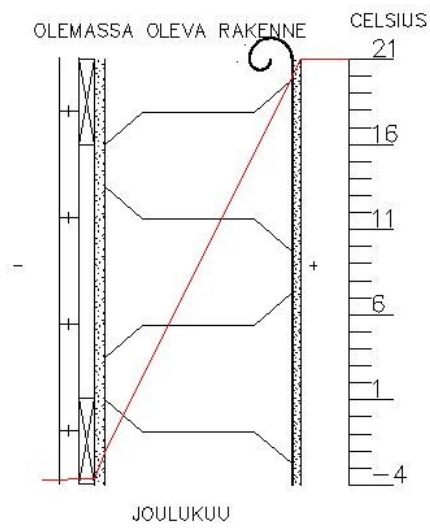


## Asuntokannan ikäjakauma vuonna 2016

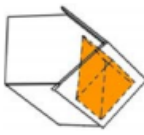

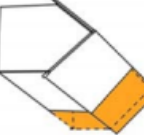


## SEINÄRAKENTEIDEN VESIHÖYRYN DIFFUUSIOPIIRROKSET

## LIITE 11



## Energiatehokkuusvaatimukset laajennuskohteissa – lupaprosessissa vaadittavat asiakirjat

Laajennusosaa koskevat asiakirjat	Kevenetty tasauslaskelma	Normaali tasauslaskelma	Energiaselvitys / E-lukulaskelma	Koko rakennuksesta energiatodistus
<b>Toimenpide</b>	(laskennassa käytetään vertailuarvoina LTO:n vuosihyötysuhde $h_g=45\%$ ja ilmanvuotoluku $q_{50}=2$ )	(RakMK D3 2012 <u>tasauslaskelin</u> )	(RakMK D5 ja D3 mukaan)	(ei toimiteta rakennusvalvontaan)
<b>A. Rakennusvaiipan sisäpuolinen laajennus</b> 	<b>jos ei rakenneta uusia asuinhuoneita</b>	<b>jos rakennetaan uusia asuinhuoneita</b>	<b>jos rakennetaan uusia asuntoja</b>	- Suositellaan tehtäväksi/päivitettäväksi esim. myyntiä varten
<b>B. Rakennusvaiipan ulkopuolinen laajennus</b> (lämmitettävä nettoala $\leq 50m^2$ ) 	<b>jos ei rakenneta uusia asuinhuoneita</b>	<b>jos rakennetaan uusia asuinhuoneita</b>	<b>jos rakennetaan uusia asuntoja</b>	- Suositellaan tehtäväksi/päivitettäväksi esim. myyntiä varten
<b>C. Rakennusvaiipan ulkopuolinen laajennus</b> (lämmitettävä nettoala $> 50m^2$ ) 		<b>X</b>	<b>X</b>	- Suositellaan tehtäväksi/päivitettäväksi esim. myyntiä varten

## Oulun rakennusvalvonnan kohtuullistamistulkintoja tasauslaskelmiin liittyen:

- Laajennusosan tasauslaskennassa voidaan huomioida myös samassa yhteydessä rakennuksen vanhalle osalle tehtäviä parannuksia (esim. IV-LTO).
- Mikäli uudehkoon rakennukseen (lupa haettu 1.10.2003 jälkeen) on tehty rakennusaikana vaijan sisäpuolinen laajennusvaraus, rakentamisen aikana asennettujen ja aikansa määrätysten mukaisien rakenteiden ja rakennusosien osalta saa tasauslaskennan jättää täyttämättä.

- Rakennusvalvonnan tiiveyskorttia käyttäen on mahdollista käyttää arvoa  $q_{50}=4$  parempaa tiiveyden suunnitteluarvoa ( $q_{50}=3$  tai jopa 2).

- Laajennuksen (A ja B) tasauslaskelmassa ilmanvuotolukuna voidaan käyttää vertailuarvoa ( $q_{50}=2$ ), jos sitoudutaan koko rakennuksen ilmatilveysmittaukseen ennen käyttöönottoa, mittauspöytäkirja esitetään loppukatselmuksessa ja tiiveyskortin mukaan saataisiin käyttää vähintään arvoa  $q_{50}=3$ . (Suositellaan voimakkaasti tiiveysmittauksen ja lämpökuvauksen yhdistämistä, mutta ei vaadita rakennuslupa/tasauslaskentaa varten)

## LÄMMITYSTARVELUVUT VERTAILUKAUDELLA 1981-2010

LIITE13

**Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981-2010**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
<b>Maarianhamina</b>	592	567	551	406	216	34	3	17	135	308	432	542	3803
<b>Vantaa</b>	682	640	586	376	146	16	2	21	158	348	497	625	4097
<b>Helsinki</b>	647	612	566	383	153	11	1	12	125	316	464	588	3878
<b>Pori</b>	677	633	585	389	181	26	3	25	171	352	497	622	4161
<b>Turku</b>	663	625	575	377	161	19	2	18	149	338	486	608	4021
<b>Tampere</b>	724	675	612	400	176	28	5	34	192	382	529	667	4424
<b>Lahti</b>	726	677	610	395	159	20	4	31	191	383	528	668	4392
<b>Lappeenranta</b>	759	699	621	403	165	22	5	28	184	386	546	692	4510
<b>Jyväskylä</b>	785	721	646	440	206	40	10	56	227	414	569	718	4832
<b>Vaasa</b>	719	666	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
<b>Kuopio</b>	812	741	653	445	198	31	7	38	194	400	571	735	4825
<b>Joensuu</b>	826	753	665	456	216	39	10	47	215	416	589	752	4984
<b>Kajaani</b>	864	777	695	479	251	57	17	75	245	441	618	785	5304
<b>Oulu</b>	824	742	677	465	249	47	9	55	224	423	593	749	5057
<b>Sodankylä</b>	946	838	760	548	345	106	49	136	316	523	722	891	6180
<b>Ivalo</b>	923	819	755	557	377	146	69	147	318	523	722	875	6231

$$RAK_{ek} = (Q_{lämmitys,tilat} + Q_{lämmitys,iv} + Q_{lämmitys,lkv} + Q_{jk} + W_{tilat} + W_{ilmanvaihto} + W_{lkv,pumppu} + W_{jäähd,apu} + W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus})/A_{netto}$$

jossa

Rak <sub>ek</sub>	rakennuksen energiankulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a)
Q <sub>lämmitys, tilat</sub>	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
Q <sub>lämmitys, iv</sub>	ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
Q <sub>lämmitys, lkv</sub>	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
Q <sub>jk</sub>	jäähdytysjärjestelmällä tuotettu jäähdytysenergia, kWh/a
W <sub>tilat</sub>	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>ilmanvaihto</sub>	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>lkv, pumppu</sub>	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>jäähd, apu</sub>	jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a
W <sub>kuluttajalaitteet</sub>	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W <sub>valaistus</sub>	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a
A <sub>netto</sub>	rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup> .