



Riikka Heikkilä

## **ENERGIATEHOKKUUS OSANA KORJAUSSUUNNITELUA**

# **ENERGIATEHOKKUUS OSANA KORJAUSSUUNNITELUA**

Riikka Heikkilä  
Opinnäytetyö  
Syksy 2011  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, Talon- ja korjausrakentaminen

---

Tekijä(t): Riikka Heikkilä

Opinnäytetyön nimi: Energiatehokkuus osana korjaussuunnittelua

Työn ohjaaja(t): Seppo Perälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2011 Sivumäärä: 72 + 4 liitettä

---

Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin suomalaisten energiakorjausten lähtökohdat sekä toimenpiteet, joilla olemassa olevien rakennusten energiaterhokkuutta voidaan parantaa. Tavoitteena oli soveltaa tätä tietoa Kuusamon kaupungin saaneerattavana olevan kiinteistön korjaussuunnitteluun.

Opinnäytetyössä esitetyt energiaterhokkuutta parantavat toimenpiteet perustuvat alan kirjallisuuteen sekä viime vuosina aiheesta julkaistuihin tiedotteisiin ja raportteihin. Työssä hyödynnettiin lisäksi alan tutkijoiden ja rakennusten energiaterhokkuutta kehittävien tahojen lausuntoja ja esitysmateriaaleja. Aihe on erittäin ajankohtainen uusien kansallisten ja yhteiseurooppalaisten ilmastotavoitteiden myötä, ja keinoja vaikuttaa korjausrakentamisen energiaterhokkuuteen mietitään parhaillaan myös ministeriön taholla.

Energiaterhokkuuden parantaminen on yksi osa korjaussuunnittelua. Mietittäessä esimerkkituotteen toimivan Maaseläntienpäiväkodin energiaterhokkaita ratkaisuja selvitettiin palomääräysten vaikutus muutostöihin sekä tarkasteltiin rakenteiden kosteus- ja lämpöteknistä toimintaa laskennallisesti. Näiden tulosten ja rakennuksen nykytilasta saatujen tietojen pohjalta esitettiin korjaussuunnittelun avuksi toimenpide-ehdotuksia. Toimenpide-ehdotuksissa huomioitiin rakennuksen uuden käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset.

Opinnäytetyön tekijän ja korjaushankkeen aikataulujen vuoksi työhön ei ehditty sisällyttää energiankulutus- ja kustannuslaskelmia, joihin lopullinen päätöksenteko perustuu. Työn tuloksena esitettävät toimenpiteet ovat enemmänkin korjaussuunnittelua ohjaavia kuin itsenäisiä valmiita ratkaisuja. Koska energiaterhokkuuksissa koottu tieto käsittelee energiaterhokkuuden parantamista koko nykyisessä rakennuskannassa, voidaan laadittua raporttia hyödyntää myös kaupungin muussa korjaus- ja ylläpitotoiminnassa.

---

Asiasanat:

Energiaterhokkuus, Energiaterhokkuus, Energiaterhokkuus, Korjaussuunnittelu

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, House Building and Renovation

---

Author(s): Riikka Heikkilä  
Title of thesis: Energy Efficiency in Renovation Design  
Supervisor(s): Seppo Perälä  
Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2011  
Pages: 72 + 4 appendices

---

This thesis studied energy renovation technologies for buildings in a perspective they are presented today. The research was done by exploring the principles of lowering energy losses and consumption in existing buildings according to the latest surveys and publications in Finland. The object was to apply gained knowledge in a renovation design of an old building owned by Kuusamo municipality.

While compiling profitable energy renovation measures for the example building other building design aspects were considered, such as the national regulations of fire safety and the building physics. To estimate the effects of suggested structural improvements calculations simulating heat and moisture transfer were made. In addition, the renovation measures were aimed to meet the new use of the building as a nursery.

The information of this thesis offers guidance that can be exploited in renovation design of the example building and in forthcoming renovation projects in Kuusamo municipality. Further decision making in renovation design, however, requires investment calculations based on estimation of energy consumption in the building.

---

Keywords:  
Energy efficiency, renovation, energy consumption, building design

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	8
2 ENERGIAKORJAUSTEN LÄHTÖKOHDAT	10
2.1 Rakentamisen lainsäädäntö	10
2.1.1 Lainsäädännön tavoitteet	11
2.1.2 Uudet rakentamismääräykset	11
2.2 Energiakorjausten taloudelliset vaikutukset	12
2.2.1 Investointilaskelmat	13
2.2.2 Energiakorjausten kannattavuus	14
2.2.3 Energiakorjausten tukeminen	16
2.3 Energiansäästöpotentiaali korjauskohteissa	17
2.3.1 Energia rakennuksissa	17
2.3.2 Energiatehokkuus osana suunnittelua	18
2.3.3 Energiakatselmuksissa havaitut säästöpotentiaalit	20
2.4 Energiatehokkuus julkisen sektorin rakentamisessa	21
3 KORJAUSRAKENTAMISEN ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET	23
3.1 Rakennuksen vaipan lisäeristäminen	23
3.1.1 Yläpohja	25
3.1.2 Ulkoseinät	26
3.1.3 Alapohja ja perustukset	27
3.2 Ikkunoiden energiatehokkuus	28
3.3 Ilmanpitävyyden parantaminen	29
3.3.1 Ilmanpitävyys	29
3.3.2 Olevan rakennuksen tiivistäminen	30
3.4 Lämmitysjärjestelmä	31
3.4.1 Lämmöntuotannon ympäristövaikutukset	31

3.4.2	Lämmöntuottojärjestelmän uusimisen tarve	31
3.4.3	Lämmitysjärjestelmän muutos ja täydentäminen	33
3.4.4	Säätötoimenpiteet	33
3.5	Ilmanvaihtojärjestelmä	34
3.5.1	Ilmanvaihdon korjausratkaisut	35
3.5.2	Energiatehokas ilmanvaihto	36
3.5.3	Sisäilmaston laatutasomuutokset	36
3.6	Sähkönkulutuksen pienentäminen	37
3.7	Energian käyttö ja kulutusseuranta	38
4	MAASELÄNTIEN PÄIVÄKOTI	39
4.1	Rakennuksen yleiskuvaus	39
4.2	Korjaushistoria	40
4.3	Olevat ulkovaipan rakenteet	41
4.4	Saneeraus ja laajennustyö	42
5	PALOTURVALLISUUS	43
5.1	Rakentamismääräykset	43
5.2	Paloluokka	44
5.3	Rakenteiden kantavuuden säilyttäminen	45
5.4	Palon kehittymisen rajoittaminen	46
5.4.1	Ulkoseinät ja sisäpuoliset seinät	46
5.4.2	Yläpohja ja sisäkatot	47
5.4.3	Suojaverhous	47
6	RAKENNUSFYSIKAALINEN SUUNNITTELU	49
6.1	Lämmöneristävyys	49
6.2	Kosteustekninen tarkastelu	50
6.2.1	Kosteuslaskelma	50
6.2.2	Homehtumisriskiarvio	51
7	MAASELÄNTIEN PÄIVÄKODIN ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	53
7.1	Rakenteelliset parannukset	53
7.1.1	Ulkoseinät	53
7.1.2	Yläpohja	58
7.1.3	Ikkunat	58

7.1.4 Ilmanpitävyyden parantaminen	59
7.2 Talotekniikan ratkaisut	60
7.2.1 Lämmitysjärjestelmä	60
7.2.2 Ilmanvaihto	61
7.2.3 Sähkönkulutus	62
7.3 Käytönohjaus ja kulutusseuranta	63
8 POHDINTA	64
LÄHTEET	66
LIITE 1. Pohjapiirustus	
LIITE 2. U-arvo ja kosteyslaskelmat	
LIITE 3. Homehtumisriskiarvio	
LIITE 4. DOF-tarkastelu	

# 1 JOHDANTO

Rakennukset ja rakentaminen kuluttavat Suomessa noin 40 % energian loppukäytöstä. Rakennusten energiankulutusta pienentämällä voidaan hillitä ympäristön kuormitusta ja vähentää uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. Lähitulevaisuudessa rakennusten energiatehokkuus tullaan huomioimaan lainsäädännössä entistä tehokkaammin. Rakennusten uudet energiamääräykset koskevat jatkossa uudisrakentamisen lisäksi korjausrakentamista, jossa on selvä energiansäästöpotentiaali.

Rakennuksen energiankulutusta pienentämällä saavutetaan myös taloudellisia säästöjä. Ostoenergiantarve pienenee eikä energian mahdollisesti nouseva hinta vaikuta yhtä suuresti rakennuksen ylläpitokustannuksiin energiantarpeen vähentyessä. Toisaalta energiankulutusta pienentävät toimenpiteet voivat synnyttää investointivaiheessa lisäkustannuksia, varsinkin, kun ne kohdistuvat olemassa olevaan rakennuskantaan. Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen liittyykin kiinteästi toimenpiteiden synnyttämien kustannusten ja hyötyjen optimointi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa konkreettisia keinoja energiatehokkuuden lisäämiseen korjattavissa rakennuksissa ja soveltaa ratkaisuja Maaseläntien päiväkodin esimerkkikohteeseen. Esimerkkikohde on Kuusamon kaupungin 1970-luvun alussa toimistorakennukseksi valmistunut rakennus, jonka tilat muutetaan vuorohoitokodin käyttöön. Vanhaa rakennusta laajennetaan, ja laajennusosa toteutetaan energiahäviöiltään matalaenergiatasoisena. Rakennuttajana toimiva Kuusamon kaupunki halusi tutkia energiankulutuksen pienentämismahdollisuuksia myös vanhan rakennuksen osalla.

Opinnäytetyössä hyödynnetään alan tämän hetkistä tietoa energiakorjauksista. Raporttiin kootun tiedon pohjalta esitetään toimenpide-ehdotuksia Maaseläntien päiväkodin korjaussuunnittelun avuksi. Toimenpiteiden perustana toimivat rakennuksen nykytilasta saadut tiedot sekä uuden käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset. Pääpaino on rakenteellisissa ratkaisuissa. Niitä mietittäessä selvitetään rakennuksen muutostöitä ohjaavat palomääräykset sekä tarkistetaan



laskennallisesti, että lisäeristettävät rakennusosat toimivat rakennusfysikaalisesti oikein.

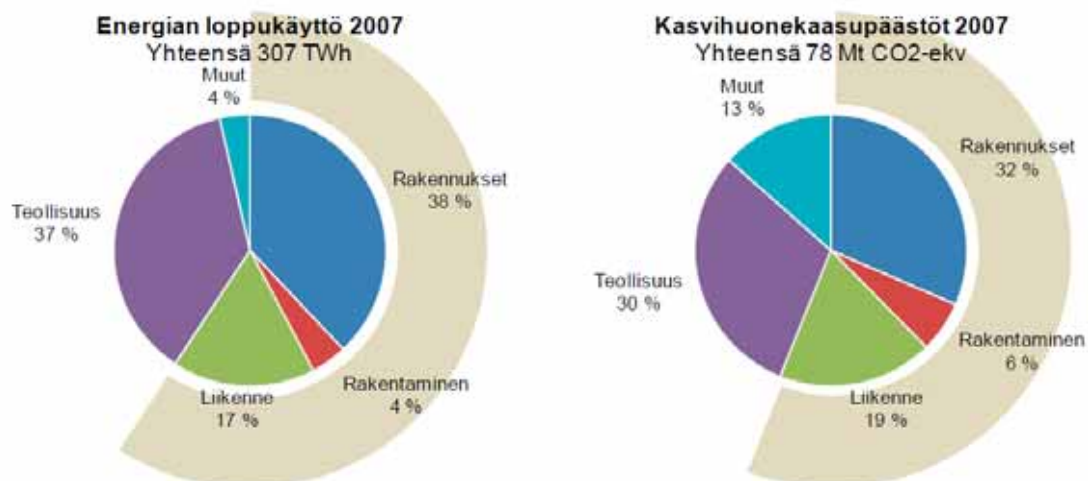
Opinnäytetyö ei käsittele esimerkkikohteen varsinaisen suunnitteluprosessin läpikäymistä. Se ei myöskään sisällä esimerkkirakennuksen kokonaisenergiankulutuksen laskemista tai investointilaskelmia.

## 2 ENERGIAKORJAUSTEN LÄHTÖKOHDAT

Energiakorjauksella tarkoitetaan tässä raportissa korjausrakentamista, johon liitetään energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä. Näiden toimenpiteiden taustalla vaikuttavat tavoitteet ympäristön kuormituksen pienentämiseksi. Samalla pyritään saavuttamaan muita hyötyjä, kuten taloudellisia säästöjä energiankulutuksen pienentyessä.

### 2.1 Rakentamisen lainsäädäntö

Euroopan parlamentti hyväksyi uuden rakennusten energiatehokkuusdirektiivin toukokuussa 2010. Direktiivi tukee yhteiseurooppalaisia sekä kansallisia tavoitteita energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen pienentämisessä. Näiden ilmastotavoitteiden saavuttamisessa ovat avainasemassa rakennukset ja rakentaminen, joiden osuus on niin Suomessa kuin muuallakin Euroopan unionin alueella yli 40 % energian loppukäytöstä ja hieman alle 40 % tuotetuista päästöistä (kuva 1). Uusi direktiivi edellyttää energia- ja ekotehokkuuden parantamista sekä uudisrakentamisessa että olemassa olevassa rakennuskannassa. (1.)



KUVA 1. Energian loppukäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt Suomessa vuonna 2007 (2, s. 4)

### **2.1.1 Lainsäädännön tavoitteet**

EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä sekä lisäämään uusiutuvan energian osuutta energianloppukäytöstä 20 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Tähän pyritään päästökauppajärjestelmällä sekä maakohtaisilla velvoitteilla. Lisäksi EU:n tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta 20 % ennen vuotta 2020, mutta tämä tavoite ei ole sitova. Suomen maakohtainen velvoite on lisätä uusituvalla energialla tuotetun energian käyttöä niin, että sen osuus on 38 % Suomessa tapahtuvasta energianloppukäytöstä. (3.)

Suomi on asettanut omat päästötavoitteensa jo Suomen 100-vuotisjuhlavuodelle 2017. Keinoja energiaviisauden edistämiseen alettiin kartoittaa vuonna 2010 toimintaohjelma ERA17 – ”Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017” puitteissa. Asuntoministeri Jan Vapaavuori kutsui tuolloin yhdessä Sitran ja Tekesin kanssa kokoon joukon asiantuntijoita, joiden työn tuloksena koottiin yhteen lähivuosien merkittävimmät ERA17-toimenpiteet. Nämä ilmastonmuutosta torjuvat toimenpiteet koskevat niin rakentamista, maankäyttöä kuin itse asumistakin. ERA17-toimintaohjelman tulokset näkyvät uudessa hallitusohjelmassa, ja osaa toimenpiteistä on alettu jo toteuttaa muun muassa erillisinä ERA17-hankkeina. (4.)

### **2.1.2 Uudet rakentamismääräykset**

Rakentamismääräykset ovat yksi tärkeimmistä ERA17-toimintaohjelman listauksista keinoista ohjata rakentamista energiatehokkaampaan suuntaan. Jotta uuden energiatehokkuusdirektiivin asettamiin, suuria muutoksia vaativiin tavoitteisiin päästäisiin, tullaan määräyksiä kiristämään asteittain. Kesällä 2012 voimaan tulevilla rakentamismääräyksillä siirrytään uudisrakentamisessa kokonaisenergiatarkasteluun. Kokonaisenergiatarkastelussa vähimmäisvaatimukset ulotetaan koskemaan lämpöhäviöihin liittyvien vaatimusten lisäksi kaikkea rakennuksissa tapahtuvaa energiankulutusta. Samalla huomioidaan käytettävät energiamuodot sekä energiantuotannon paikallisuus. (3, s.61.)

Euroopan unionin edellyttämä korjausrakentamista koskeva lainsäädäntö on Suomessa uutta. Suomen maankäyttö- ja rakennuslaki sekä rakentamismääräyskokoelma ovat koskeneet ensisijaisesti vain uudisrakentamista. Alustavien

tietojen mukaan uuden direktiivin energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten piiriin kuuluvat laajat korjaukset. Korjaukset ovat laajoja, kun ne koskevat yli 25 % rakennuksen ulkovaipan pinta-alasta tai kun korjauskustannukset ovat yli 25 % rakennuksen arvosta. Jäljempänä mainitussa rakennuksen arvoon ei lueta maan arvoa. Lisäksi direktiivi asettaa vaatimukset pienemmille korjauksille. Energiamääräyksiä tullaan ennakkotietojen mukaan soveltamaan korjauksiin, joissa rakennuksen ulkovaipan korjattavalla osalla on merkittävä vaikutus vaipan energiatehokkuuteen. Samoin direktiivi velvoittaa, että talotekniikan jälkiasennukset ja korjaukset täyttävät energiatehokkuusmääräykset. Käytännössä korjausrakentamisen määräykset voivat perustua koko rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen ja/tai rakennusosakohtaisiin toimenpiteisiin. (5, s. 5-8.)

Direktiivin asetuksiin sisältyy tiettyä joustoa, ja kansallisella tasolla voidaan perustellusta syystä asettaa tiukempia tai lievempiä vaatimuksia. Korjausrakentamisen luonteesta johtuen direktiivin vaatimuksia edellytetään noudatettavan vain silloin, kun se on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista. Kustannustehokkaaseen ratkaisuun päästään, kun niin sanotun energiakorjauksen lähtökohtana on jo muutenkin rakennuksen iästä tai käyttötarkoituksen muutoksesta johtuva rakennusosan tai järjestelmän korjaus. (5, s. 9, 10, 18.)

Ympäristöministeriö on julkistanut maaliskuussa 2011 uudet, energiatehokkuutta käsittelevät Suomen rakentamismääräyskokoelman osat D2 ja D3. Ne koskevat uudisrakentamista ja astuvat voimaan heinäkuussa 2012. Ministeriön valmistelemien korjausrakentamisen energiamääräysten on alustavasti tarkoitus olla lausunnolla vuoden 2011 lopulla. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin velvoittamana korjausrakentamista koskevat lait ja asetukset on annettava viimeistään 9.7.2012. (6.) Tavoitteena on alkaa soveltaa niitä suomalaisessa rakennuskannassa vuoden kuluttua tästä, heinäkuussa 2013 (5, s. 4).

## **2.2 Energiakorjausten taloudelliset vaikutukset**

Rakennusten energiankulutusta pienentämällä voidaan saavuttaa myös rahallista säästöä. Toisaalta energia- ja ekotehokkuuden parantaminen synnyttää varsinkin korjausrakentamisessa lisäkustannuksia, minkä vuoksi energiakorjauksiin

liittyy kiinteästi korjausvaihtoehtojen kustannustehokkuuden tarkastelu. (7, s. 17.)

### **2.2.1 Investointilaskelmat**

Energiakorjausten taloudellisuutta voidaan arvioida investointilaskelmilla. Laskelmien avulla vertaillaan, mitä energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja kannattaa käyttää kyseessä olevassa korjaushankkeessa. Tulee kuitenkin muistaa, että investointilaskelmaan voidaan sisällyttää vain mitattavissa olevat tekijät. Jotta investointilaskelma antaisi luotettavia tuloksia, selvitetään mahdollisimman tarkasti korjauksen lähtötiedot. Lähtötiedot koostuvat perusinvestoinnista eli rakennuskustannuksista työ- ja materiaalikustannuksineen sekä juoksevista tuotoista ja kustannuksista. Energiakorjauksessa tuotot muodostuvat pääasias- sa vuosittaisen energiankulutuksen pienentymisen myötä syntyvistä säästöistä. Juokseviin kustannuksiin voidaan lukea energiatehokkuutta parantavan toimen- piteen vuoksi suoritettavat vuosittaiset ylläpitotehtävät. (7, s. 20, 21; 8, s. 182– 184.)

Rakennuskustannusten arvioimisessa voi muodostua haasteelliseksi niiden kustannusten määrittäminen, jotka kohdentuvat juuri energiatehokkuuden pa- rantamiseen. Lisäksi tulee huomioida, että lämmitys- ja sähköenergialla on yleensä eri hinta, ja että lämmitysenergiankulutusta pienentävät uudet tekniset ratkaisut voivat toisaalta kasvattaa sähkön kulutusta. (7, s. 20, 21.)

Investointilaskelman lähtötietoihin kuuluvat lisäksi laskentakorkokanta sekä ta- loudellinen pitoaika. Laskentakorkokannalla otetaan huomioon rakennuskus- tannusten ja säästöjen synnyn ajoittuminen eri ajankohtiin, jolloin myös rahan arvo on eri. Laskentakorkokannan määrittämisellä saadaan investoinnit ja tuotot vertailukelpoisiksi. Taloudellinen pitoaika taas valitaan sen mukaan, kuinka pit- kään investoinnin katsotaan tuottavan eli tässä tapauksessa synnyttävän sääs- töjä. (8, s. 184 ja 185.) Energiakorjausta tarkasteltaessa taloudellinen pitoaika on yleensä yhtä kuin rakennusosan, laitteen tai järjestelmän tekninen käyttöikä (7, s. 23).

Varsinaiseen energiataloudellisuuden vertailuun voidaan käyttää eri laskenta- menetelmiä. Näistä yksi tavallisimmin käytetty ja energiakorjausten yhteydessä

yleisesti esille nostettu menetelmä on *takaisinmaksuaika*. Takaisinmaksuajan menetelmä ei huomio korkoa ja sen kaava on yksinkertaisuudessaan *takaisinmaksuaika = perusinvestointi / vuosittainen nettosäästö*. Sen heikkoutena on edellä mainittu koron huomiotta jättäminen sekä se, että se selvittää vain, kuinka nopeasti energiatehokkuutta parantava toimenpide maksaa itsensä takaisin. Se ei huomioi enää takaisinmaksuajan jälkeen saavutettavia säästöjä. Käytännössä takaisinmaksuajan laskentamenetelmä suosii siis niitä ratkaisuja, joilla sijoitettu pääoma saadaan nopeasti takaisin, ja toimii parhaiten investoinnin rahoituksen arvioinnissa. (8, s. 189.)

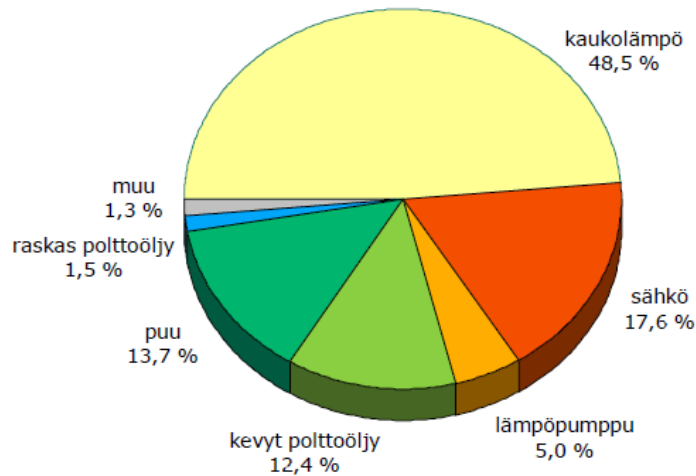
Energiakorjauksen investointilaskelmissa huomioitavat säästöt perustuvat pitkälti kokonaisenergiankulutuksen arviointiin. Rakennuksen energiankulutuksen laskemista varten on laadittu ohjeet, jotka löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D5 (9). Kyseisten ohjeiden pohjalta on kehitetty laskentatyötä helpottavia ohjelmia, kuten D.O.F. Tech Oy:n DOF-Energia sekä lamit.fi Energiapremium. Näiden lisäksi markkinoilla on myös yksityiskohtaisempaan simulointiin perustuvia laskentaohjelmia, esimerkiksi Equan IDA-ICE.

### **2.2.2 Energiakorjausten kannattavuus**

Suurin osa suomalaisista asuinrakennuksista lämmitetään kaukolämmöllä tai sähköllä. Vuonna 2009 kaukolämmön markkinaosuus oli asuin- ja palvelurakennusten lämmityksestä 48,5 % ja sähkön 17,6 % (kuva 2). Sekä kaukolämmön että sähkön hintakehitys on ollut pitkällä aikavälillä melko tasaista ja hinnat ovat kasvaneet verrattain maltillisesti. Sähkön hinta on kuitenkin kääntynyt selvään nousuun vuoden 2011 aikana (10; 11.) Tulevaisuudessa hintakehitys voi olla voimakkaampaa. Vaikka tähän mennessä energian hinta ei ole juuri motivoinut rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen, on selvää, että energian hinnan nousu kasvattaisi samalla energiatehokkaan rakentamisen kannattavuutta.

## Lämmityksen markkinaosuudet v. 2009 Asuin- ja palvelurakennukset

Lähde: Tilastokeskus



 Energiateollisuus

Taina Wilhelms  
4.10.2011

*KUVA 2. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen markkinaosuudet vuonna 2009 (10)*

Lämmitysenergian pienennyksellä saavutettavat taloudelliset säästöt riittävät harvoin yksinään syyksi energiakorjaukselle. Energiakorjaukseen on kannattavampi ryhtyä silloin, kun korjauksen taustalla on jokin muu tarve. Rakennusosa tai talotekninen järjestelmä voi olla esimerkiksi teknisen käyttöikänsä lopussa tai tilojen käyttötarkoitus muuttuu. Varsinaiset energiatehokkuutta parantavan toimenpiteen kustannukset jäävät pienemmiksi, kun toimenpiteet toteutetaan joka tapauksessa suoritettavan korjauksen tai uusiminen yhteydessä. (12, s. 30.)

Energiankulutusta pienentävien korjaustoimien kannattavuutta arvioidessa tulisi huomioida taloudellisten näkökulmien lisäksi myös muut toimenpiteillä saavutettavat hyödyt. Tällaisia ovat muun muassa asumisterveellisyyden ja mukavuuden parantaminen. Rakennuksen ulkoseiniä lisäeristäessä voidaan muuttaa julkisivun arkkitehtonista ilmettä ja nostaa alueen imagoa. Ikkunoiden ja ulko-ovien vaihtamisella sekä rakenteiden tiivistämisellä vähennetään vedon tunnetta ja mahdollistetaan paremman ilmanvaihdon kanssa terveellinen sisäilma. Toisaalta laatutason parantaminen kohteessa voi olla jo suunnittelun yksi

lähtökohta. Silloin laatutason parantamisen synnyttämiä rakennuskustannuksia ei tule laskea energiakorjauksen kustannuksiksi. (12, s. 33.)

### **2.2.3 Energiakorjausten tukeminen**

Uudisrakennuksilta on vaadittu energiatodistus vuodesta 2008 lähtien, ja olemassa olevilla rakennuksilla todistus tulee olla myytäessä tai vuokrattaessa tiloja. Energiatodistus kertoo rakennuksen energiatehokkuuden, joka perustuu rakennuksen energiankulutuksen suuruuteen suhteutettuna sen bruttopinta-alaan. Energiankulutuksen laskennassa huomioidaan lämmitysenergian tarve, kiinteistö- ja laitesähkö sekä jäähdytysenergia. Itse energiatehokkuuden taso ilmaistaan energialuokalla, jonka asteikko on A-G. Energialuokka tekee rakennusten vertailun ja energiankulutuksen seurannan kuluttajalle helpommaksi. (13.)

Energiatehokkuutta pyritään edistämään myös eri toiminta-alojen energiatehokkuussopimuksilla. Energiatehokkuussopimukset perustuvat vapaaehtoisuuteen, ja niiden kautta tavoitellaan kansallisten ilmasto- ja energiastrategioiden tavoitteiden saavuttamista. Sopimuksia on laadittu muun muassa elinkeinoelämälle, kiinteistöalalle, kunta-alalle sekä maataloudelle. (14.)

Valtio tukee energiatehokkuuden parantamista myöntämällä harkintaperusteista rahallista tukea. Tukea voidaan antaa investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka koskevat energiansäästämistä ja uusiutuvien energioiden käyttöä. Työ- ja elinkeinoministeriö tukee yrityksiä, kuntia ja muita yhteisöjä. Maa- ja metsätalousministeriö puolestaan kohdentaa tukensa vastuualueellaan oleville toiminta-alueille. Olennaista on, että osa energiatehokkuussopimusten piiriin kuuluvista yrityksistä sekä sopimukseen liittyneet kunnat voivat saada suurempaa energiatukea. (14.)

Yritysten energiatehokkuuden parantamisessa voidaan hyödyntää ESCO-toimintaa, jossa ulkopuolinen energia-asiantuntija toteuttaa yrityksen energiatehokkaat investoinnit. Asiantuntija varmistaa myös energiansäästön syntyminen oikeilla toimenpiteillä. ESCO-palvelu on liiketoimintaa, mutta sen ja investointien kustannukset katetaan energiankulutuksen pienentämisen kautta syntyvillä säästöillä. ESCO-palveluun sisältyykin takuu syntyvistä säästöistä. (14.)

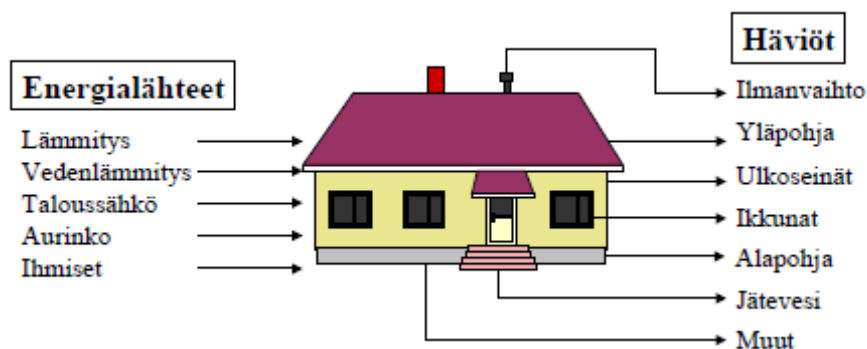


## 2.3 Energiansäästöpotentialia korjauskohteissa

Energiaa voidaan säästää pienentämällä rakennuksen energiantarvetta. Olemassa olevien rakennusten energiankulutukseen vaikuttavaa perusratkaisua voidaan harvoin muuttaa. Siksi energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet on järkevintä yhdistää muuhun korjaamiseen ja kohdistaa sinne, missä saatava hyöty on suurin. (12, s. 30.)

### 2.3.1 Energia rakennuksissa

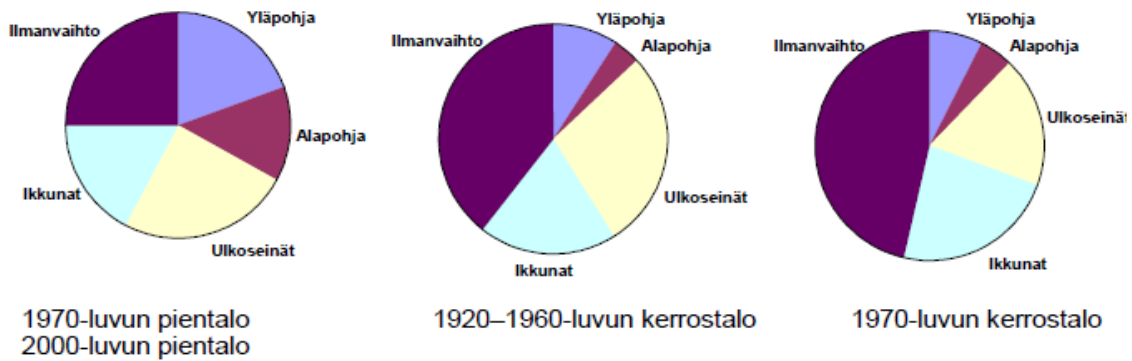
Rakennukseen ostetaan energiaa sen tilojen ja käyttöveden lämmitykseen sekä taloussähkön tarpeisiin. Ostoenergian lisäksi rakennusta lämmittävät niin sanottu passiivisesti hyödynnettävät energianlähteet, eli rakennuksen käyttäjistä, sähkölaitteista ja auringosta hyödyksi saatavat lämpökuormat. Vastaavasti osa ostoenergiasta kuluu pelkästään lämmitysjärjestelmien häviöihin. Rakennuksen varsinaiset lämmitysenergian häviöt tapahtuvat kuitenkin ilmanvaihdon, vaipan sekä jäteveden kautta. Ulkovaipan lämpöhäviöt syntyvät, kun lämmitetty ilman johtuu rakenteiden läpi tai vuotaa rakennuksen epätiiveyskohdista. Käytännössä voidaan todeta rakennuksen lämmöntarpeen määräytyvän juuri sen lämpöhäviöiden suuruuden mukaan. (Kuva 3.) (15, s. 7.)



KUVA 3. Rakennuksen energianlähteet ja lämmitysenergian häviöt (12, s. 18)

Merkittävimmät rakennusten energiasäästöt ovatkin saavutettavissa ilmanvaihdon lämmön talteenottoa parantamalla sekä ulkovaipan johtumis- ja ilmanvuotohäviöitä pienentämällä. Se, kuinka lämpöhäviöt jakautuvat ilmanvaihdon ja eri rakennusosien kesken, riippuu yleensä rakennuksen tyypistä sekä raken-

nusaikakaudesta. Kuvasta 4 voidaan esimerkiksi nähdä, että yläpohjan suhteellinen osuus lämpöhäviöistä on tavallisesti pientalossa suurempi kuin kerrostalossa. (12, s.18.)



*KUVA 4. Ilmanvaihdon ja rakennuksen vaipan kautta tapahtuvien lämpöhäviöiden suhteelliset osuudet eri aikakausien tyypillisille pien- ja kerrostaloratkaisuille (12, s. 18)*

### 2.3.2 Energiatehokkuus osana suunnittelua

Rakennuksen energiantarpeen raamit muodostuvat sen sijainnin sekä tilojen käyttötarkoituksen pohjalta. Tämän jälkeen energiantarve määräytyy pitkälti suunnitteluratkaisujen perusteella. Pohjoisen ilmaston energiatehokkaiden rakennusten suunnittelua varten on määritelty kolme peruseriaa, joilla saavutetaan mahdollisimman pieni energiankulutus. Näiden periaatteiden mukaan ostoenergiatarvetta voidaan pienentää minimoimalla rakennuksen vaipan ja taloteknisten järjestelmien kautta tapahtuvat energiahäviöt ja maksimoimalla passiivisten energianlähteiden hyödyntäminen. Jäljelle jäävä energiantarve tulisi kattaa mahdollisimman suurelta osin uusiutuvilla energianlähteillä. (16, s. 6.)

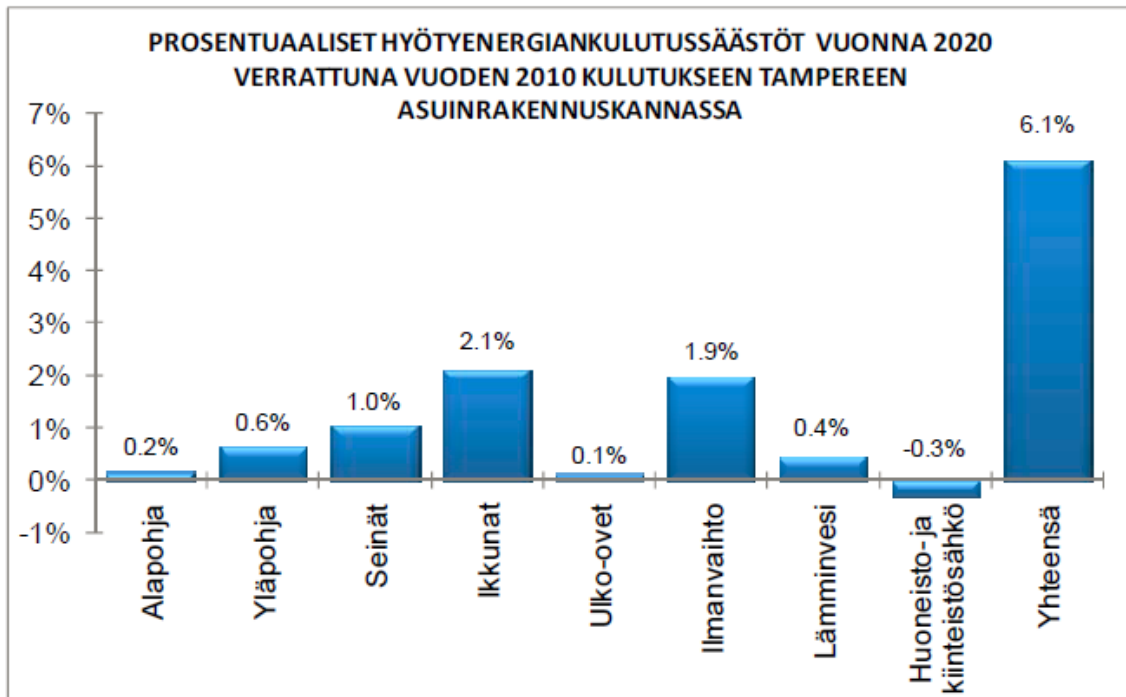
Lämmitysenergian tarvetta pienentäviä suunnitteluratkaisuja ovat ulkovaipan osalta rakennuksen kompakti muoto, ilmatiiveys, kylmäsiltojen välttäminen sekä alhaisen lämmönläpäisyn omaavat rakenteet ja ikkunat. Taloteknisten järjestelmien suunnittelussa tulisi puolestaan pyrkiä ilmanvaihdon korkeaan lämmön talteenotto prosenttiin sekä järjestelmien pieneen lämpöhäviöön. Lämpöhäviötä

pienennetään eristämällä putket ja mitoittamalla tilojen sekä lämpimän veden lämmönjakeluverkostot mahdollisimman lyhyiksi. (16, s. 8 ja 20–22.)

Energiatehokkaiden uudisrakennusten suunnittelussa on korostettu rakenne- ja talotekniikan suunnittelua kokonaisuutena, jossa rakenteellisilla ratkaisulla pyritään ensin saamaan energiankulutus mahdollisimman pieneksi ja hyödyntämään tämän jälkeen talotekniikan keinot (17, s. 5). Korjausrakennushankkeissa suunnitteluratkaisuja joudutaan lähestymään hieman eri lähtökohdasta. Energiakorjaukseen ryhdyttäessä on olemassa olevalla rakennuksella jo valmis muoto ja pohjaratkaisu. Korjausten suunnittelussa voidaan rakennuksen perusratkaisun sijaan vaikuttaa rakennusosia ja taloteknisiä järjestelmiä koskeviin valintoihin. (12, s. 32, 33.)

Esimerkkinä mainittakoon Tampereen teknillisen yliopiston laatimat laskelmat energiansäästöpotentiaalista Tampereen kaupungin rakennuskannassa. Laskelmat tilattiin Tampereen kaupungin ECO2-hankkeen ohjaukseen ja niissä tarkasteltiin, miten Tampereen nykyisessä rakennuskannassa voitaisiin saavuttaa vuodelle 2020 asetetut 20 %:n energiansäästötavoitteet. Ensisijaisena keinona laskettiin asuinrakennusten suunnitelmallisen korjaustoiminnan yhteydessä toteutettavien energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset. Suunnitelmallisella korjaustoiminnalla tarkoitetaan korjaustoimenpiteitä, joiden tarve ja toteutusaikataulu määräytyvät esimerkiksi kuntoarvion, elinkaaritarkastelun tai energiakatselmuksen perusteella. Itse korjaustoiminnan määrä määritettiin koko Suomessa tehtävien korjausten sekä Helsingin kaupungin kerrostalokorjausten määrän pohjalta. (15, s. 3, 28.)

Laskelmat osoittavat, että Tampereen rakennuskannassa on mahdollista päästä seuraavan kymmenen vuoden aikana 6 % suuruiseen energiasäästöön suunnitelmallisen korjaustoiminnan seurauksena. Olettamuksena on, että rakennus- ja laiteosia koskevat toimenpiteet pienentävät kulutusta mahdollisimman paljon, keskimäärin noin puolella. Energiankulutuksensäästö jakaantuu eri osa-alueille kuvan 5 osoittamalla tavalla. Suurimmat säästöpotentiaalit sisältyvät ikkunoihin, ilmanvaihtoon ja ulkoseiniin. On huomioitava, että säästöt pohjautuvat suunnitelmallisen korjaustoiminnan arvioituun volyyymiin kyseisillä osa-alueilla ja käsittelevät sekä omakoti- ja rivitalot että kerrostalot. (15, s. 4.)



*KUVA 5. Suunnitelmallisen korjaustoiminnan yhteydessä tehtyjen säästötoimenpiteiden prosentuaalinen hyötyenergiankulutussäästö Tampereen asuinrakennuskannassa vuoteen 2020 mennessä verrattuna vuoden 2010 kulutustasoon (15, s. 23)*

### **2.3.3 Energiakatselmuksissa havaitut säästöpotentiaalit**

Valtion omistama asiantuntijayritys Motiva Oy on tuottanut energiakatselmuksia, joissa tarkastellaan katselmuskohteiden kokonaisenergiankäyttöä ja energiansäästöpotentiaalia. Katselmuksia on toteutettu niin palvelu- ja teollisuusalojen rakennuksille kuin asuinrakennuksille. Energiakatselmuksissa havaitut suurimmat taloudelliset säästöpotentiaalit koskevat ilmanvaihtoa. Havaintojen mukaan suurin vaikutus voidaan saavuttaa ilmanvaihdon käyntiajan lyhentämisellä ja toiseksi suurimmat säästöt lämmön talteenoton lisäämisellä tai tehostamisella. Kuudennella sijalla ovat ilmajärjestyksen pienentäminen ja ilmanvaihdon lämmityksen muutos. (18, s. 3, 20, 38. )

Energiakatselmusten mukaan sähkönkäyttö on toinen säästöjen syntymiseen oleellisesti vaikuttava osa-alue. Merkittävä säästöpotentiaali on havaittu erityi-

sesti valaistussähkön ja erillissähkölaitteiden käytössä. Lisäksi sähköä voidaan säästää rajoittamalla sähköllä lämmitystä. Kolmas säästöjä sisältävä ryhmä onkin itse rakennuksen lämmitys. Lämmöntuotannon muutoksella sekä parantamalla lämmityksen säätöjä vaikutetaan energiankulutukseen yhdessä sisälämpötilan alentamisen kanssa. Edellä esitetyissä säästökeinoissa on kyse toimenpiteistä, joilla on lyhyt, korkeintaan 10 vuoden pituinen takaisinmaksuaika. (18, s. 38.)

## **2.4 Energiatehokkuus julkisen sektorin rakentamisessa**

Julkiselle sektorille on linjattu esimerkkinä toimivan rooli energiatehokkuuden parantamisessa. Energiapalveludirektiivi edellyttää tavoitteiden asettamista organisaation energiankulutukselle sekä suunnitelmallista ja järjestelmällistä energianhallintaa. Suomessa valtioneuvosto on tehnyt periaatepäätöksen, jonka mukaan kaikkien hallinnonalojen tulee laatia viimeistään vuonna 2012 valmistuva energiatehokkuussuunnitelma. (19.)

Hallituksen vuonna 2009 tekemä periaatepäätös ohjaa julkisia toimijoita ottamaan huomioon hankinnoissaan ympäristönäkökulman. Prosentteina ilmoitetut tavoitteet ovat valtion keskushallinnolle velvoittavia ja kunnille suositeltavia. Kestävien hankintojen ohella painotetaan uusiutuvan energian käytön lisäämistä ja matalaenergiaratkaisuihin pyrkimistä. Vuodesta 2015 rakentamisessa tulisi keskittyä passiivitalojen rakentamiseen. Tavoitteita on asetettu myös kuljetuksiin ja liikkumisen tarpeen vähentämiseen. (20.)

Syksyllä 2007 julkaistussa julkisten hankintojen energiatehokkuuden taustaraportissa on eritelty julkisella sektorilla havaittuja energiatehokkaan suunnittelun kehittämistarpeita. Raportti nostaa esille energiasäästöjen konkreettisen tavoitetaso määrittämisen. Tavoitteet on pystyttävä määrittämään jo suunnittelun alkuvaiheessa, minkä jälkeen suunnittelijoiden on kyettävä siirtämään energiatehokkuudelle asetetut vaatimukset osaksi suunnitelmia. Tässä vaaditaan osamista kannattavuuslaskelmien laatimiseen päätöksenteon tueksi sekä organisoitua suunnittelijoiden ohjausta. Korjausrakentamisessa tämä on vielä uudisrakentamista haasteellisempaa. (21, s. 10.)

Suosittelusten mukaan energiatehokkuus otetaan osaksi rakentamiselle asettuja tavoitteita ja taloudellista päätöksentekoa. Sen lisäksi se sisällytetään koko rakennusprosessiin ja rakennuksen ylläpitoon. Energiatehokkuuden tulee nousta esille niin suunnitteluohjeissa kuin tarjouspyynnöissäkin. Tavoitteiden toteutusta valvotaan rakennusaikana ja seurataan tarkistusmittauksilla. Suunnitellut ratkaisut sisällytetään vastaanottotarkastuksen tarkistuslistalle ja eri järjestelmien energiataloudellisen käytön ohjeet huoltokirjaan. Lopuksi on tärkeää, että energiatehokas toiminta varmistetaan itse käytön aikana ja että energiankulutusta seurataan aktiivisesti. (21, s. 65.)

### **3 KORJAUSRAKENTAMISEN ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET**

Rakennuksen energiantarpeeseen vaikutetaan rakenteellisilla ratkaisuilla sekä rakennuksessa hyödynnettävällä talotekniikalla. Energiankulutuksen suuruus on lisäksi riippuvainen taloteknisten järjestelmien käytöstavasta. (21, s. 10.) Luvussa 3 esitellään konkreettisia toimenpiteitä, jotka kohdistuvat edellä mainittujen tekijöiden energiatehokkuuden parantamiseen korjauskohteissa. Luvun eritellemät toimenpiteet toimivat pohjana opinnäytetyön esimerkkikohteen ratkaisujen hahmottamisessa.

#### **3.1 Rakennuksen vaipan lisäeristäminen**

Rakennuksen vaipan määräysten mukaisuus on osoitettu vertaamalla rakennusosien U-arvoja kulloinkin voimassa olleisiin U-arvojen vertailuarvoihin. Nykyistä lämmöneristystä koskevat, rakentamismääräysten osan C3 U-arvojen vertailuarvot tulivat voimaan vuoden 2010 alussa, ja ne tulevat pysymään samoina myös vuonna 2012 voimaan tulevissa määräyksissä (22, s. 7; 23, s. 13). Ensimmäiset lämmöneristysnormit ilmestyivät vuonna 1962, ja niitä täydennettiin seuraavan kerran vuonna 1969 (taulukko 1). Lämmönläpäisykertoimen vaatimukset kehittyivät varsin hillitysti aina 2000-luvun alkuun saakka, minkä jälkeen määräyksiä on kiristetty tihenevään tahtiin. Nykyisten määräysten ero on vanhimpiin määräyksiin verrattuna huomattava, kuten taulukosta 1 nähdään.

TAULUKKO 1. Lämmöneristysmääräysten kehittyminen Suomessa (24, s. 2)

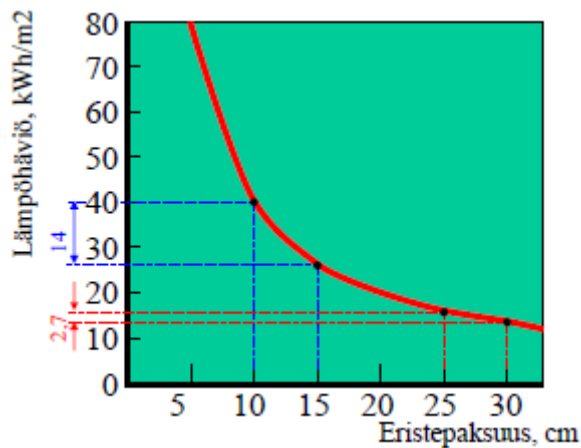
Rakennusosien U-arvot W/m <sup>2</sup> K	1962 RIY A43	1969 RIL 66	C3 1976	C3 1978	C3 1985	C3 2003	C3 2007	C3 2010	Matala	Passivitalo
Ulkoseinä Kevyt/raskas	0,47 (3) 0,81	0,41 0,70	0,4	0,29 (1) 0,35	0,28	0,25	0,24	0,17 0,40 (5)		0,09
Yläpohja Kevyt/raskas	0,41 0,47	0,41 0,47	0,35	0,23 0,29	0,22	0,16	0,15	0,09 (7)		0,08
Alapohja	0,41	0,35 0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16 0,17 (6)		0,1
Ikkuna		3,14 (2) 2,14	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0		0,8 (0,7)
Ovet Lasi/umpiosa		3,14		2,1 0,7	2,1 0,7	1,4	1,4	1,0		0,6 – 0,7
N50-luku						4	4	2		< 0,6
LTO:n vuosihyötysuhde						0,3	0,3	0,5		
IV-järjestelmän ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s)						2,5	2,5	2,5		

1) C3 1978: raskaat ulkoseinät 0,35 ja raskaat ylä- ja alapohjat 0,29  
 2) Lasiosan  
 3) Tiiliseinillä omat arvonsa, huonommat.

5) Hirsiseinä 0,40  
 6) Ryömintätila 0,17, maanvarainen 0,16  
 7) Myös ulkoilmaan rajoittuva alapohja

Jo määräysten perusteella on arvioitavissa, kuinka lisäeristämällä voidaan saavuttaa erityisesti vanhemmassa rakennuskannassa selkeitä energiasäästöjä. Ikkunoiden kohdalla lämmönläpäisyn pienentämällä on vielä suurempi vaikutus, sillä ikkunat ovat määräystenkin mukaan vaipan heikoimmin lämpöä eristävä rakennusosa. Laskennallisesti voidaan todeta, että lisälämmöneristeellä on sitä suurempi suhteellinen osuus rakenteen kokonaiseristävytydessä, mitä huonommin nykyinen rakenne eristää (kuva 6).





KUVA 6. Seinän eristepaksuuden vaikutus rakenteen lämpöhäviöihin Etelä-Suomessa (25, s. 10)

### 3.1.1 Yläpohja

Yläpohjan lisälämmöneristämällä tavoitellaan luonnollisesti pienempää energiankulutusta. Toimenpiteeseen ryhdytään yleensä yläpohjan vaurioista johtuvien korjausten yhteydessä. Vauriot liittyvät tavallisesti kosteusongelmiin, jotka voivat olla joissain tapauksissa seurausta myös liian heikosta lämmöneristyksestä. Riittämätön lämmöneristys synnyttää vesikatteen vaurioita aiheuttavaa lumen sulamis- ja jäätymisilmiötä. (26, s. 2, 3.)

Ennen lisäeristämistä täytyy yläpohjan vaurioiden syyt poistaa ja vaurioituneet rakennustarvikkeet uusita. Se, millaisia lisäeristämiskäytännöitä voidaan harkita, riippuu katon nykyisestä rakenteesta ja eristämistyön toteutusmahdollisuuksista. Lisäeristäminen on varsinkin vesikatteen uusimisen yhteydessä helppo ja suhteellisen edullinen toimenpide. (26, s. 2, 3.)

Yläpohja on suositeltavinta lisäeristää olevan lämmöneristekerroksen yläpuolelta. Ulkopuolisella lisäeristyksellä voidaan parantaa rakenteen kosteusteknistä toimintaa vanhan rakenteen lämpötilan noustessa ja lämpöolosuhteiden tasaantuessa. Lämmöneristekerroksen kasvattaminen edellyttää kuitenkin riittävää tuuletustilaa yläpohjarakenteessa. Kattorakenteesta riippuen vesikattoa voidaan joutua korottamaan, jotta rakenteen tuulettavuus saadaan taattua lisäeristykseen jälkeen. Loivien kattojen tapauksessa on samalla mahdollisuus muokata vesikatton kaltevuuksia ja parantaa katon vedenpoistoa. Vesikatton suuntaisissa ylä-

pohjissa voidaan harkita myös sisäpuolista lisäeristystä, mikäli tuuletustila on liian ahdas eristeen lisäämiseen yläpuolelle, eikä rakennetta ole järkevää korottaa. Sisäpuolinen lisäeristäminen lisää kuitenkin kondenssiriskiä yläpohjassa laskemalla rakenteen lämpötilaa, ja väliseinät jäävät kylmäsilloiksi lisäeristettyyn rakenteeseen. Sisäpuolisessa lämmöneristämässä vanha höyrynsulku yleensä poistetaan ja lisäerityksen sisäpuolelle asennetaan uusi. (26, s. 2, 4.)

Lisälämmöneriste valitaan niin, ettei se heikennä rakenteen kosteusteknistä toimintaa tai paloturvallisuutta. Yläpohjan ulkopuolelle asennettavan eristekerroksen ei ole suositeltavaa olla tiiviimpi kuin alapuolinen rakenne, jotta rakenne kuivuu ulospäin. Tämän vuoksi lisäeristeen alta poistetaan ennen asennusta tiiviit kerrokset, kuten vanha vedeneristys. (26, s. 2.)

### **3.1.2 Ulkoseinät**

Ulkoseinän lisäeristäminen on kannattavaa, kun ulkoverhous on huonokuntoinen ja vaatii uusimista. Vanhan ulkoverhouksen purkamisen jälkeen asennetaan lisälämmöneriste ja verhoillaan seinä uudelleen vanhan ratkaisun mukaisella tai uudella rakennustarvikkeella. Tällaisia ovat esimerkiksi betonielementtien ulkokuoren uusimiset ja puurunkoisten ulkoseinien lautaverhouksien korjaukset. Uuden lämmöneristeen ulkopintaan asennetaan tarvittaessa erillinen tuulensuoja, ja uuden ulkoverhouksen taakse jätetään riittävän leveä tuuletusrako. Vanha tuulensuoja voidaan yleensä jättää alkuperäiselle paikalleen. (12, s. 22, 23.)

Vaihtoehtoisesti olevan ulkoverhouksen päälle asennetaan suoraan lisäeristys, joka pinnoitetaan rappaamalla. Tällöin julkisivut ovat tavallisesti betoni-, harkkoi- tai tiilirakenteisia. Joissakin tapauksissa saattaa olla myös perusteltua lisäeristää ulkoseinä sisäpuolelta. Sisäpuoliseen lisäeristämiseen voidaan ryhtyä, kun sisäverhous vaatii uusimista tai ilman- tai höyrynsulkua tulee parantaa. Vanha höyrynsulku poistetaan yleensä ennen lisäerityksen asentamista, jottei rakenteen sisälle synny höyrynsulun takia kastepistettä. (12, s. 22, 24.)

Käytettävän eristeen valinnassa on huomioitava erityisesti rakenteen kosteustekninen toiminta. Rakenteen oikealla suunnittelulla pyritään suojaamaan rakennustarvikkeita kosteusrasitukselta ja samaan aikaan varmistamaan, että

rakenne kuivuu tehokkaasti. Rakenne kuivuu toivotulla tavalla ulkoilmaan, kun sen sisältämien kerrosten vesihöyrynläpäisevyys kasvaa sisältä ulospäin kulkiessa. Polyuretaani- ja XPS-solumuovieristeet toimivat tarvittaessa rakenteen sisäpuolisina höyrynsulkuina, mutta avohuokoselliset eristeet, kuten mineraalivillat ja luonnonkuitueristeet vaativat rakenteen sisäpintaan erillisen höyrynsulun. (27, s. 346.)

### **3.1.3 Alapohja ja perustukset**

Rakennusten perustusten ja maanpinnan alapuolisten seinärakenteiden lisäeristäminen on kannattavinta silloin, kun ulkoseiniä lisäeristetään ulkopuolelta tai perustusrakenteissa ja alapohjassa esiintyy kosteusongelmia. Kun ulkoseiniä lisäeristämisen yhteydessä eristetään myös sokkeli, vähennetään rakenneliitoksen kylmäsiltojen haitallisia vaikutuksia. Lopputulos ei myöskään muuta olennaisesti rakennuksen ulkonäköä niin haluttaessa. Maanpinnan yläpuolinen rakenne voidaan lisäeristää ja pinnoittaa esimerkiksi rappaamalla. Maanvastaiset perustusrakenteet ja kellarin seinät voidaan puolestaan lisälämmöneristää ulkopuolelta ja suojata vedeltä patolevyllä. Samalla on järkevää panostaa pintavesien poisjohtamiseen rakennuksen ympäriltä vaihtamalla tarvittaessa maa-aineksia ja muotoilemalla maanpinta pois päin viettäväksi. Lisäksi kannattaa varmistaa sadevesiviemäreiden toiminta. (28, s. 15.)

Maanvastaisen alapohjan lisäeristäminen on työlästä. Lisäeristämisen asentaminen rakenteen alapuolelle vaatii koko alapohjan avaamista ja maa-aineksen poistamista uuden eristeen verran. Tällaiseen perusteelliseen korjaukseen ryhtyessä on syytä tutkia alapuolisen maa-aineksen koostumus ja vaihtaa se tarvittaessa kapillaarisen nousun estävään ainekseen. Vaihtoehtoisesti maanvastainen alapohja voidaan lisäeristää yläpuolelta, jolloin vapaa huonekorkeus pienenee ja ovien korkeusasemaa joudutaan nostamaan. Tämä ei myöskään auta alapohjan ja kantavan rakenteen päältä lähtevien väliseinien kosteusongelmiin. (28, s. 15, 16.)

Ryömintätilainen alapohja voidaan lisäeristää alapuolelta, jos ryömintätilan korkeus ja kosteusolosuhteet niin sallivat. Ryömintätilan tuuletuksen tulee olla lisäeristämisen jälkeenkin riittävä. (28, s. 16.) Lisäeristämällä puurakenteista ala-

pohjaa niin, että eriste vuoraa lattiakannattajat, suojataan samalla puurakenteita. Puurakenteet ovat silloin ryömintätilan ilmaa lämpimämmissä olosuhteissa, ja tilan kosteus on rakenteille vähemmän vaarallinen. Ryömintätilan kesäaikana korkeaksi kohoavaa suhteellista kosteutta voidaan myös yrittää hallita lämmöneristämällä maapohja. (29, s. 373.)

### **3.2 Ikkunoiden energiatehokkuus**

Ikkunat ovat rakennusvaipan heikoiten lämpöä eristävä rakennusosa. Vanhoilla kaksilasisilla puuikkunoilla U-arvot sijoittuvat tavallisesti 2,3–2,9 W/m<sup>2</sup>K:n välille, ja kolmelasisilla ikkunoilla puhutaan 1,6–1,9 W/m<sup>2</sup>K:n suuruusluokasta (12, s. 30). Näistä arvoista on päästy pienempiin lämmönläpäisykertoimiin parantamalla ikkunan lämmöneristävyyttä selektiivilaseilla sekä eristyslasien välitilan täytekaasuilla. VTT:n arvioiden mukaan 1,2 m x 1,2 m:ä kokoisilla puu-alumiiniikkunoilla voidaan saavuttaa 0,9-1,1 W/m<sup>2</sup>K:n keskimääräinen U-arvo ikkunatyypistä riippuen. Tätä parempiinkin U-arvoihin voidaan päästä, mutta se vaatii jo ikkunalta erikoisratkaisuja. Ikkunan eristävyyteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi lasien lukumäärää lisäämällä, lasien optimaalisella sijoittelulla, välilistan materiaalilla sekä karmien eristyksellä. (30, s. 5-8, 15.)

Ikkunoiden energiatehokkuutta mitataan U-arvon lisäksi myös muilla parametreilla. Ikkunoiden kautta voidaan hyödyntää auringon säteilyenergiaa osana rakennuksen lämmitystä, minkä merkitys korostuu varsinkin rakennuksissa, joiden lämmitysenergian tarve on erittäin pieni. Kykyä hyödyntää auringon säteilyä kuvataan auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimella, g-arvolla. Myös ikkunan eri osien ilmanpitävyys vaikuttaa olennaisesti lämmitysenergiankulutukseen. Ikkunoiden energiatehokkuuden vertailun helpottamiseksi ikkunoille on kehitetty energiatehokkuusluokitus, jonka käyttäminen on valmistajille vapaaehtoista. Luokitus laskee U-arvon, g-arvon ja ilmanpitävyyden mukaan ikkunalle vertailuarvon E. Parhaat ikkunat kuuluvat A<sup>++</sup>-luokkaan, kun taas paljon energiaa kulluttavien E-arvo arvo ilmaistaan luokitusmerkillä E-G. (31.)

Tehokkain keino parantaa ikkunan eristävyyttä on vaihtaa vanha ikkuna erittäin pienen lämmönläpäisykertoimen omaavaan ikkunaan. Jos ikkunoiden uusimista ei katsota ikkunoiden jäljellä olevan käyttöiän vuoksi aiheelliseksi, voidaan ikku-

noiden energiahäviöihin vaikuttaa tiivistämällä ikkunarakenteet sekä korjaamalla karmin ja seinän välinen tilke. Joissain tapauksissa ikkunaan voidaan jopa asentaa lisälasi eli etuikkuna. Melko helposti toteutettavissa olevaa tiivistämistä lukuun ottamatta ikkunoiden korjaamisella pyritään yleensä ensisijaisesti jatkaamaan ikkunan käyttöikä. (12, s. 28, 29.)

### **3.3 Ilmanpitävyyden parantaminen**

Rakennuksen ilmanpitävyys vaikuttaa sen lämmitysenergiankulutukseen. Tiivistämällä ulkovaippaa vaikutetaan olennaisesti myös rakennuksen rakennusfysikaalisen toimintaan ja sitä kautta asumisterveellisyyteen sekä -mukavuuteen.

#### **3.3.1 Ilmanpitävyys**

Rakennusvaipan ilmanpitävyyttä kuvaa ilmanvuotoluku, joka ilmoitetaan vuoden 2010 rakentamismääräyksien mukaan termillä  $n_{50}$  (1/h). Luku kertoo, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa ilmanvuotoreittien kautta 50 Pascalin paine-erossa. Pientaloissa pidetään  $n_{50}$ -arvoa 1 1/h erittäin hyvänä ja 3 1/h normaalina. Kerrostaloissa tavalliseksi luetaan 1,5 1/h ja erinomaisesta  $n_{50}$ -arvosta voidaan puhua, kun ilmanvuotoluku on korkeintaan 0,5 1/h. (32, s. 2, 3.)

Vaipan vuotoreittien kautta tapahtuu lämpöhäviöitä ylipaineisessa tilassa. Toisaalta ilmavuodot vaikuttavat energiankulutukseen myös välillisesti. Rakennusvaipan pintalämpötilan lasku ja alipaineisessa tilassa vedontunnetta synnyttävät ilmavuodot johtavat herkästi sisälämpötilan nostoon. Myöskään ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla ei saavuteta suunniteltuja säästöjä, jos osa korvausilmasta tulee lämmitetyn tuloilman sijaan vuotoreittien kautta kylmästä ulkoilmasta. (33, s. 129; 34, s. 4, 5.)

Rakennuksen ilmanpitävyyden parantamiseen on energiahäviöiden pienentämisen ohella muita syitä. Tiivistämällä rakennusta pienennetään sisäilman kosteuden kulkeutumista rakenteisiin sekä haitallisten aineiden ja mikrobin virtausta sisäilmaan. Ilmanpitävyys liittyy myös olennaisesti rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan. Tiiviissä rakennuksessa ilmanvaihdon sekä painesuhteiden säätäminen helpottuu, mikä taas omalta osalta parantaa sisäilmas-

ton laatua. (33, s. 129; 34, s. 5.) Suunniteltaessa tiivistyskorjausta rakennukseen, jossa on painovoimainen tai koneellinen poistoilmanvaihto, tulee kuitenkin huomioida ilmanvaihdon korvausilman saanti. Vanhoissa rakennuksissa korvausilmanreittejä ovat voineet olla juuri ikkunoiden ja ovien epätiivelyskohdat. (12, s. 32.)

### **3.3.2 Olevan rakennuksen tiivistäminen**

Korjattavan rakennuksessa ilmanpitävyyttä parantamalla saavutettavia energiasäästöjä voidaan arvioida mittamalla rakennuksen sen hetkinen ilmanvuotoluuku. Mittaustapahtumaan on hyödyllistä liittää lämpökamerakuvaus, jolloin myös nähdään, missä ilmavuotoreitit sijaitsevat. Ilmavuotokohtien paikantaminen on edellytys riittävän tarkan tiivistyssuunnitelman laatimiselle. (33, s. 128.)

Hyvin ilmanpitävän rakennuksen vaippaa suojaa yhtenäinen ilmansulku, ja sen rakennusosien liitokset sekä läpiviennit ovat tiiviit. Ilmavuotoja tulee pyrkiä pienentämään jo suunnitteluvaiheessa ratkaisemalla liitosten toteutus ja minimoimalla läpivientien määrä. Toteutusvaiheessa varmistetaan, että saumoista ja liitoksista tulee tiiviitä muun muassa riittäväillä ja oikeisiin kohtiin sijoituvilla ilmansulun limityksillä sekä läpivientien huolellisella tiivistämisellä. (32, s. 7.)

Alkuperäisiin suunnitteluratkaisuihin tai vaipan ilmansulun epätiivelyteen ei pystytä kovin helposti jälkeenpäin vaikuttamaan. Hyviä tuloksia on sen sijaan saavutettavissa uusimalla ikkunoiden ja ovien vanhat tiivisteet ja kittaukset sekä tiivistämällä karmin ja seinän väliset raot. Samoin on järkevää tiivistää rakennusosien saumat sekä eri läpiviennit. Läpivientien tiivistäminen koskee niin vesija sähkökalusteita kuin putkia ja johtoja. Lisäeristettäessä vaippaa sisäpuolelta on rakenteeseen mahdollista asentaa uusi höyrynsulku, joka tulee puolestaan kyetä liittämään tiiviisti olevaan rakenteeseen. (12, s. 32.)

Tiivistyskorjausta suunnitellessa täytyy varmistaa, että uusi tiivistys omaa riittävän muodonmuutoskyvyn ja pysyy kiinni ympäröivissä pinnoissa. Tämä vaikuttaa tiivistysmateriaalin ja tiivistyksen toteutustavan valintaan. Esimerkiksi ohut elastinen kittaus ei pysy saumoissa, jotka tehdään liikkeille alttiiden rakojen päälle. (35, s. 231.) Tiivistyksen toteutukseen löytyy useita eri ratkaisuja riippuen tiivistettävästä kohdasta sekä kyseessä olevista materiaaleista. Yksityiskoh-

taisia ohjeita tiivistyskorjauksen toteuttamiseen löytyy muun muassa Sisäilma-ongelmaisten koulurakennusten korjaaminen -oppaasta (2008).

### **3.4 Lämmitysjärjestelmä**

Rakennuksen lämmitysjärjestelmä on sen lämmittämiseen tarkoitettu laitekokoisuus. Lämmitysjärjestelmän lämmitysmuodolla vaikutetaan olennaisesti rakennuksen energiakäytössä syntyviin päästöihin.

#### **3.4.1 Lämmöntuotannon ympäristövaikutukset**

Rakennusten energiatalous käsittää lämmitysenergian- ja sähkönkulutuksen lisäksi itse energianlähteeseen liittyvät ekologiset vaikutukset. Energiantuotannon tulisi synnyttää mahdollisimman vähän haittoja, minkä vuoksi ympäristöystävällisten ja uusiutuvien energianlähteiden käyttöä kannattaa suosia. (36, s. 254.)

Vuonna 2012 voimaan tulevissa, uudisrakentamiselle annetuissa rakentamismääräyksissä otetaan käyttöön kokonaisenergiatarkastelu, jossa rakennusten määräysten mukaisuus osoitetaan käyttämällä E-lukua. E-luku ottaa huomioon käytettävän energiantuotantomuodon kertoimella, joka kuvaa energiamuodon ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutukset heijastavat primäärienergiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. Jos käytetään suuren kertoimen omaavaa energiamuotoa, kuten sähkölämmitystä, tulee riittävän pieni E-luku saavuttaa kompensoimalla kerrointa muilla energiatehokkailla ratkaisuilla. Energiamuodon kertoimilla pyritään lisäämään kaukolämmön ja uusiutuvien energianlähteiden käyttöä. (37.)

#### **3.4.2 Lämmöntuottojärjestelmän uusimisen tarve**

Olemassa olevissa rakennuksissa lämmöntuottojärjestelmä on valittu rakentamisen aikaisista lähtökohdista. Tavallisesti on järkevää ajatella, että alkuperäinen lämmitysjärjestelmä pidetään käytössä koko teknisen käyttöikänsä ajan. Järjestelmän teknisen elinkaaren lähestyessä loppua mietitään, uusitaanko vai kunnostetaanko lämmitysjärjestelmä. Vaihtoehtoisena saneerauksena voidaan harkita lämmöntuottojärjestelmän vaihtamista esimerkiksi energiatehokkaam-

paan järjestelmään. Tässä tapauksessa vanha järjestelmä ei ole välttämättä vielä elinkaarensa päässä. Koska lämmöntuottojärjestelmän vaihtaminen vaatii lähes aina suuria teknisiä muutoksia, edellyttää se taloudellisen kannattavuus-tarkastelun tekemistä. (12, s. 42.)

Lämmitysjärjestelmän saneerausta suunnitellessa otetaan huomioon järjestelmän eri komponenttien sen hetkinen kunto ja jäljellä oleva käyttöikä. Lämmitys-järjestelmien osien teknisiä käyttöikä on arvioitu taulukossa 2. Järjestelmien todellinen kunto täytyy määrittää tapauskohtaisesti lämmitysjärjestelmän kunto-arviolla. Samalla selvitetään järjestelmän lämmöntuotantohäviöiden suuruus ja sitä kautta energiatehokkuus. Arvioitavana on myös, voiko järjestelmä aiheuttaa riskejä rakennuksen turvalliselle ja terveelliselle käytölle. Korjauksen tai uusimisen varsinaista kannattavuutta laskiessa huomioidaan vanhan lämmitysjärjes-telmän purkukustannukset. (12, s. 40 ja 41.)

*TAULUKKO 2. Lämmitysjärjestelmän laiteosien käyttöiät (12, s.41)*

<b>Tuoteosa</b>	<b>Tekninen ikä kunnossapidettynä, vuotta</b>	<b>HUOM</b>
Kaukolämmön alakeskus	20–25	
Kevytöljykattilalaitos	25–40	Öljypoltin uusitaan 15–20 vuoden välein
Raskasöljykattilalaitos	25–40	Öljypoltin uusitaan 15–20 vuoden välein
Pellettikattilalaitos	25–40	Arvio
Turve- tai hakekattilalaitos	30–50	
Lämpimän käyttöveden valmistusyksikkö	25–40	
Lämpimän käyttöveden varastosäiliö	30–50	
Lämpöjohdot	50–100	
Radiaattorit	50–100	
Kiertoilmakojeet	15–30	
Polttoainesäiliöt, öljy	30–50	Teräs tai lujitemuovi



### **3.4.3 Lämmitysjärjestelmän muutos ja täydentäminen**

Valittaessa uutta lämmitysjärjestelmää käytetään valinnan perusteina sekä uuden järjestelmän ympäristövaikutuksia että taloudellisuutta. Järjestelmän tulee myös vastata rakennuksen lämmitystarvetta. Suureen rakennukseen kannattaa yleensä valita edullista energiaa hyödyntävä lämmitysjärjestelmä, vaikka nämä järjestelmät ovatkin usein hankintahinnoiltaan kalliimpia. Siihen, mitä järjestelmää rakennuksessa on mahdollista hyödyntää, vaikuttaa rakennuksen sijainti. Esimerkiksi kaukolämpö- ja maakaasu edellyttävät liittymismahdollisuutta lähellä kulkevaan verkostoon. Maalämpöpumppu puolestaan vaatii oikeanlaista maaperää tontilla. (38.)

Olevaa lämmitysjärjestelmää voidaan myös täydentää tukilämmitysjärjestelmillä, jotka pienentävät ostettavan energian määrää. Tällaisia ovat muun muassa aurinkolämmitys, ilmalämpöpumput sekä tulisijat. Tukilämmitysjärjestelmiä käytetään erityisesti asuinrakennuksissa. Aurinkokeräimillä hyödynnettävää aurinkoenergiaa käytetään sekä käyttöveden lämmitykseen että vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. Ilmalämpöpumput soveltuvat huonekohtaiseen lisälämmitykseen, kun taas puulämmitteisillä tulisijoilla voidaan kattaa merkittävä osa pientalojen lämmityksestä niin vaadittaessa. Varaavat tulisijat voivat toimia kylmimpien pakkaskausien lisälämmityksenä sekä varalämmitysmuotona. (38.)

Taloudellisuuden kannattavuustarkasteluissa ajatellaan investointikustannusten lisäksi uuden lämmitysjärjestelmän koko elinkaarta ja sen aikaisia käyttökustannuksia. Käyttökustannukset käsittävät sekä lämmitysenergian perusmaksujen ja kulutuksen mukaiset kustannukset että järjestelmän vaatiman huollon ja kunnossapidon. Kustannuksia arvioidessa tulee huomioida järjestelmän käyttämän energian mahdollinen hintakehitys. (38.)

### **3.4.4 Säätoimenpiteet**

Välittömästi toteutettavina toimenpiteinä voidaan lämmöneristää lämpimät putket teknisessä tilassa ja asentaa tai uusia termostaattiset patteriventtiilit. Termostaattiset patteriventtiilit ovat usein rikki tai käyttäjät käyttävät niitä väärin, minkä vuoksi patterin lämmönsäätely ei reagoi ympäröivään lämpötilaan suunnitellulla tavalla. Tämä vaikuttaa asumisviihtyvyyteen sekä lämmitysenergian

kulutukseen. Esimerkiksi lämpökuormat ja passiiviset energianlähteet, kuten auringon ilmaisenergia jää hyödyntämättä. Myös lämmitysjärjestelmien säätökäyriä muuttamalla eri vuoden aikojen lämpötila-alueiden mukaan voidaan parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Välittömästi toteutettavat toimenpiteet ovat suhteellisen halpoja, eikä niiden tarvitse liittyä muuhun korjaustoimintaan. (15, s. 30.)

Sisälämpötilan alentaminen on asuinrakennusten energiansäästöön tehokkaimmin vaikuttava lisätoimenpide, ja samalla erittäin haastava. Lämpötilojen hallinta edellyttää sen tärkeyden tiedostamista ja oikeita toimenpiteitä lämpötilan optimoimiseksi. Sisälämpötilan alentamista edesauttaa puuttuminen lämmitykseen liittyviin ongelmiin. Näitä ongelmia ovat muun muassa vetoisuus ja huoneistojen kesken epätasaisesti jakaantuva lämpö. (15, s. 31.)

Lämmitysverkon perussäädöllä saavutetaan yleensä huomattavia säästöjä lämmitysenergiankulutuksessa. Rakennuksen tilojen lämpötilat eivät usein vastaa niitä lämpötiloja, joihin lämmitysverkon mitoituksessa on pyritty. Syynä voivat olla esimerkiksi ulkovaipan arvioitua suuremmat lämpövuodot tai yksinkertaisesti väärin säädetyt vesivirrat. Kun vesivirrat eivät vastaa oikeaa lämmöntarvetta, rakennus lämpenee epätasaisesti ja koko rakennuksen menoveden lämpötila määräytyy kylmimpien tilojen mukaan. Samaan aikaan yllämpenevissä huoneissa kompensoidaan liian korkeaa lämpötilaa tuulettamalla ikkunoiden kautta. Säättämällä verkoston kautta kulkevat vesimäärät oikean suuruisiksi tasataan huonelämpötilat ja vaikutetaan selvästi koko järjestelmän energiatalouteen. (36, s. 124.) Lämmitysverkon perussäätöä edellytetään myös silloin, kun huoneiden lämpötilaolosuhteet muuttuvat peruskorjauksessa, esimerkiksi ikkunoiden vaihdon myötä (12, s.44).

### **3.5 Ilmanvaihtojärjestelmä**

Ilmanvaihdon tehtävänä on ylläpitää hyvää sisäilmaa sekä rakenteille turvallisia olosuhteita. Ilmanvaihtojärjestelmä poistaa rakennuksessa syntyvät ilman epäpuhtaudet ja tuo tilalle ulkoilmaa. Ilmanvaihdon mitoittavina tekijöinä toimivat sisäilman laatuun kohdistuvat vaatimukset, jotka perustuvat tilan käyttötarkoitukseen ja tiloissa tapahtuvaan toimintaan. Mitoittavia kriteerejä ovat muun mu-

assa kosteus, ihmisen aineenvaihdunnassa syntyvät hiilidioksidi ja hajut, sekä rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöt. (36, s. 161–164.)

Ilmanvaihtojärjestelmät jakautuvat painovoimaiseen ja koneelliseen ilmanvaihtoon. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaatteena on ilman vaihtuminen sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen sekä tuulen vaikutuksen seurauksena. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilman virtaus varmistetaan säästä riippumattomasti koneellisella poistopuhaltimella tai huippuimurilla. Sekä painovoimainen että koneellinen poistoilma ottavat korvausilmansa ulkoa rakennusvaipan vuotokohtien tai siihen sijoitettujen venttiilien kautta, jolloin lämmittämättömät ilmavirrat aiheuttavat helposti vedon tunteen. (36, s. 166 ja 171.)

Kun korvausilma puhalletaan sisälle koneellisesti, puhutaan tulo- ja poistoilmanvaihdosta. Koneellista tuloilmaa voidaan lämmittää yhdistämällä poistoilmanvaihtoon lämmöntalteenottojärjestelmä. Jos lämmöntalteenotosta saatu lämpö ei riitä poistamaan sisälle puhallettavan ilman aiheuttamaa vedon tunnetta, voidaan tuloilmaa jälkilämmittää vastuksella tai patterilla. Energiategokkuuden kannalta on parempi, että tilojen lämmitys toteutetaan varsinaisella lämmitysjärjestelmällä, jonka avulla lämmityksen säätäminen on tarkempaa. (39.)

### **3.5.1 Ilmanvaihdon korjausratkaisut**

Vanhojen rakennusten ilmanvaihtoa joudutaan suunnittelemaan ja käyttämään uudisrakennuksiin nähden eri lähtökohdasta. On muun muassa tiedostettava, kuinka ilmanvaihto voi edesauttaa epäpuhtauksien, kuten rakenteiden mikrobien ja maaperän radonin kulkeutumista sisäilmaan. Tätä pyritään ehkäisemään tiivistämällä rakenteet mahdollisimman hyvin sekä hallitsemalla rakennuksen painesuhteita. (35, s. 60.)

Olemassa olevien rakennusten ilmanvaihdon korjauksiin vaikuttaa myös järjestelmän käytettävissä oleva tila. Hyvin ahtaissa ja matalissa rakennuksissa voidaan joutua asettamaan sisäilmaston laatutavoitteet uudisrakentamista alhaisemmiksi, koska uutta tai parempaa ilmanvaihtojärjestelmää ei mahduta sijoittamaan rakennukseen. Ilmanvaihdon tulee kuitenkin täyttää sisäilmastoluokan S3 vähimmäisvaatimukset. Lisäksi vanha rakennus edellyttää usein ilmanvaihdon ympärivuorokautista käyntiaikaa. (35, s. 60, 61.)

### **3.5.2 Energiatehokas ilmanvaihto**

Ilmanvaihdon energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa pitkälti järjestelmän tarpeenmukaisella käytöllä ja oikeilla säädöillä. Yksinkertaisimmillaan turhaa energiankulutusta voidaan pienentää säätämällä tulo- ja poistoilmaventtiileitä, kunhan ymmärretään ilmanvaihtumisen periaatteet. Koneellisessa poistoilmassa on järkevää säätää koko ilmanvaihto rakennuksen sen hetkisen käytön mukaisesti, niin että se on riittävä, muttei vaihda ilmaa liikaa, jolloin lämmön hukka olisi tarpeettoman suurta. (39.) Ilmanvaihdon tarpeenmukaista käyttöä voidaan ohjata automaattisella, tilakohtaisella ohjauksella. Eri ohjaustapoja ovat muun muassa läsnäolo-, lämpötila- ja kosteusanturit sekä kello-ohjaus (21, s. 36).

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutusta voidaan pienentää perussäädöllä, jolla tarkoitetaan ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan saattamista suunnitelmien mukaiselle tasolle. Perussäätö käsittää usein korjaustoimenpiteitä tai käyttötekniisiä parannuksia, jotka eivät itse asiassa vaadi investointeja. Korjauksia ovat niin järjestelmän osien kunnostukset kuin purut ja uusimisetkin. (12, s. 52.)

Merkittävä keino vaikuttaa ilmanvaihdon energiatehokkuuteen on lisätä ilmanvaihtojärjestelmään lämmöntalteenotto. Painovoimaisen ilmanvaihdon tapauksessa se käsittää koko ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen. Pienemmillä investoinneilla päästään, kun lämmöntalteenotto lisätään koneelliseen tulo- ja poistoilmavaihtoon, varsinkin, jos siinä on vain yksi ilmanvaihtokone. Keskitetyssä järjestelmässä on helppo siirtää poistoilmasta taltioitu lämpö tuloilman lämmitykseen. (12, s. 56, 57.)

### **3.5.3 Sisäilmaston laatuolosuhteet**

Ennen ilmanvaihtojärjestelmän kunnostukseen ryhtymistä on syytä asettaa tavoitteet korjauksen jälkeisen sisäilmaston laadulle. Sisäilmaston laatuolosuhteiden nostaminen edellyttää usein ilmavirtojen kasvattamista ja jäähdytyksen lisäämistä ilmanvaihdon yhteyteen. On kuitenkin huomioitava, että näiden lisäämisen seurauksena on itse asiassa energiankulutuksen kasvu. (35, s. 62; 12, s. 52.)

Rakennuksien jäähdyttämiseen tulee käyttää ensisijaisesti rakenteellisia keinoja. Vasta näiden ollessa riittämättömiä turvaututaan koneelliseen jäähdytyk-

seen. Rakenteellisia keinoja ovat erilaiset lipat, markiisit, kaihtimet ja auringon säteilyltä suojaavat ikkunalasit. (27, s. 344.) On erittäin tärkeää, ettei rakennuksessa käytetä päällekkäisesti lämmitystä ja jäähdytystä. Tämä pitäisi varmistaa sen estävällä ohjauksella eli järjestelmäautomaatiikan oikeilla säädöillä sekä selkeillä käyttöohjeilla. Oikeaan käyttöön kannattaa ohjeistaa sekä kiinteistönhuoltoa että tilojen tavallisia käyttäjiä. (21, s. 8.)

### **3.6 Sähkökulutuksen pienentäminen**

Sähkön säästämisen vaikeutena on, että sähkölaitteiden jatkuva lisääntyminen kasvattaa kulutusta. Säästöihin voidaan kuitenkin pyrkiä valitsemalla energiatehokkaita sähkölaitteita. Nämä valinnat koskevat niin kodinkoneita kuin valaisimia. Myös talotekniikan ratkaisuissa suositaan vähemmän sähköä kuluttavia pumppuja ja puhaltimia. Sähkölaitteet on hyödyllistä varustaa sammutusautomaatiikalla ja sammuttaa kokonaan jättämättä valmiustilaan. (15, s. 32.)

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten valaisimet, valaisimien sijoittelu, lamput sekä ohjaustekniikka. Valaistuksen peruseräteenä on järkevä pitää luonnonvalon mahdollisimman suurta hyödyntämistä. Keinovaloa käytetään vain siellä, missä sitä tarvitaan, ja silloin kun se on tarpeellista. Valaistuksen tarpeenmukaista käyttöä voidaan helpottaa uusilla ohjausratkaisuilla, joita ovat esimerkiksi tilojen liiketunnistimet tai ulko-oven viereen sijoitettava katkaisija, jolla pystytään sammuttamaan kerralla koko rakennuksen valot. Ulkovaloissa voidaan hyödyntää hämäräkytkimiä. (40.)

Valaistuksen suunnittelussa kannattaa yleensä panostaa riittävän tehokkaaseen yleisvalaistukseen, jota täydennetään kohdevalaisimilla. Vaihtamalla valaisimissa käytetyt tavalliset hehkulamput energiansäästölamppuiksi kutsuttuihin pienoistolamppeihin säästetään energiaa. Kohdevaloiksi sopivat hyvin myös hehku- ja halogeenilamppuja selvästi vähemmän energiaa kuluttavat LED-valot. Yleisvalaistuksessa voidaan käyttää muun muassa elektronisella liitäntälaitteella varustettuja, energiatehokkaita T5-loisteputkia. (40.)

### 3.7 Energian käyttö ja kulutusseuranta

Jotta kiinteistön energiankäyttöä voidaan ohjata oikeaan suuntaan, tulee energiankulutusta pystyä seuraamaan. Jatkuvan kulutusseurannan avulla nähdään ne energiankäytön osa-alueet, joissa on tehostettavaa ja mahdollisuus synnyttää säästöjä. Lisäksi käy ilmi, jos jossain osa-alueessa ilmenee ongelmia. Tämä selviää vertaamalla seurannan tuloksia aikaisempien mittausjaksojen tuloksiin tai energiankulutukselle asetettuihin tavoitearvoihin. Samalla tavoin saadaan tietoa energiatehokkuutta parantamaan pyrkineiden toimenpiteiden onnistumisesta ja todellisista vaikutuksista. (41.)

Kulutusta voidaan mitata eri osa-alueilla laskutusmittausten tai erikseen asennettujen mittareiden avulla. Se, mitä mitataan ja mikä on mittausjakson sopiva pituus, riippuu siitä, mikä on tarkoituksenmukaista kyseisen kiinteistön energiatehokkuuden kannalta. Yritysten kohdalla puhutaan esimerkiksi tuotannon kannalta olennaisesta seurannasta, jolloin mittaukset saattavat olla prosessikohtaisia tai laitostasolla mitattuja. (42.) Asuinrakennusten vedenkulutukseen voidaan puolestaan vaikuttaa huoneistokohtaisilla erillismittauksilla (15, s. 31).

Käyttäjät vaikuttavat merkittävästi siihen, kuinka paljon kiinteistössä lopulta kuluu energiaa. Siksi käyttäjätasolla tarvitaan tietoa, kuinka energiankulutukseen voidaan vaikuttaa, ja motivointia energiatehokkaaseen käyttöön. Tietämyksen tulisi käsittää niin lämpötilojen, valaistuksen, ilmastoinnin kuin veden peruskäyttöä koskevat energiatehokkaat toimintatavat. Tieto energiankulutuksen suuruudesta ja kustannuksista on syytä välittää niille, jotka voivat toiminnallaan vaikuttaa energian tarpeeseen ja käyttöön. Kulutusseurannan positiivisilla tuloksilla voidaan kannustaa energiatehokkaan toiminnan jatkamiseen. (36, s. 258.)

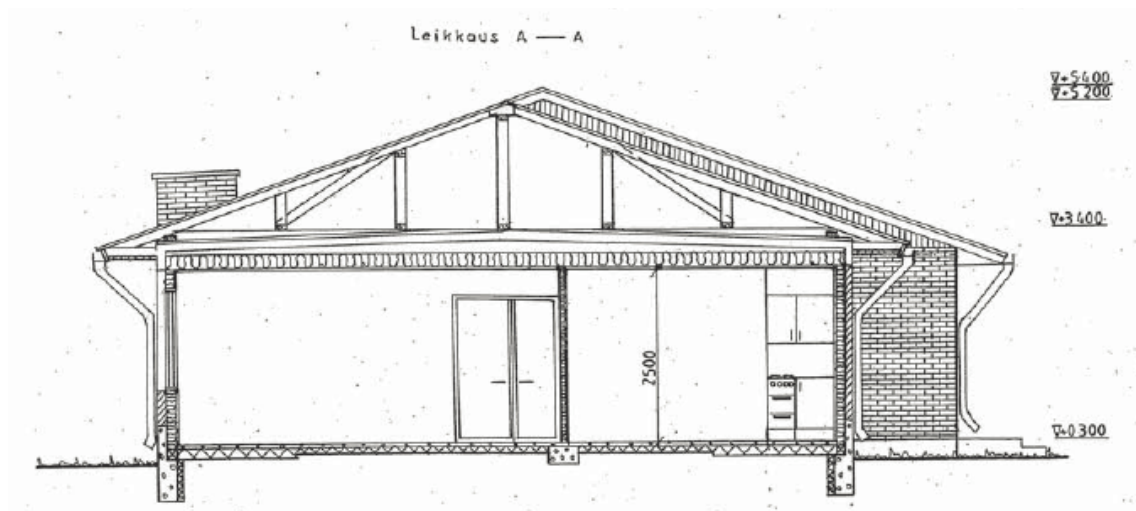
## 4 MAASELÄNTIEN PÄIVÄKOTI

Opinnäytetyön esimerkkikohteena toimii Toimintakeskus Riihen kiinteistö, joka saneerataan tulevaisuudessa Maaseläntien päiväkodiksi. Saneeraus sisältää vanhaan rakennukseen kohdistuvat muutos- ja korjaustyöt sekä rakennuksen laajentamisen.

### 4.1 Rakennuksen yleiskuvaus

Kuusamon Maaseläntiellä sijaitseva Maaseläntien päiväkoti tunnetaan vielä toistaiseksi nimellä Toimintakeskus Riihi. Kunnan omistamaan, vuonna 1972 rakennettuun kiinteistöön kuului alun perin maanmittauspiirin virastotalona käytettävä rakennus, Mittaritalo. Rakennus saneerattiin kehitysvammapiirin asuntolaksi sekä ammattikoulun opetustiloiksi vuosikymmenen lopulla, ja opetustilat muutettiin myöhemmin 1990-luvulla psykiatrian päivätoiminnan tiloiksi. (43.)

Toimintakeskus Riihi on yksikerroksinen, kerrosaltaan 522 m<sup>2</sup>:n laajuinen rakennus, jonka kantavat rakenteet ovat pääosin puusta (liite 1). Talon julkisivut ovat poltetusta punatiilestä tai paikoin pystypaneloidut. Rakennuksen vesikatto on peltikatteinen harjakatto, ja alapohjana toimii maanvarainen teräsbetonilaatta (kuva 7). Suurin osa ikkunoista on alkuperäisiä, kolmilasisia puuikkunoita. (43; 44.)



KUVA 7. Toimintakeskus Riihen yleisleikkaus (44)

Toimintakeskus Riihen kiinteistö on yhdistetty kunnalliseen vesi- ja viemäriverkkoon. Rakennuksen alkuperäinen öljylämmitys on korvattu myöhemmin kaukolämmöllä, mutta lämmönjako toteutetaan yhä vesikiertoisilla lämpöpattereilla. Lämpöpatterit ovat seiniin asennettuja teräslevyradiaattoreita. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto sekä osassa rakennusta lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. (43.)

## 4.2 Korjaushistoria

Mittaritaloksi kutsuttu virastotalo saneerattiin vuonna 1979 osittain kehitysvammapiirin asuntolaksi ja osittain ammattikoulun parturikampaajalinjan opetustiloiksi. Tilamuutosten myötä taloon muodostui kolme uutta huoneistoa ja entisen autotallin tilalle rakennettiin sauna. 1980-luvun puolivälissä kiinteistön pihalle rakennettiin autotalli, ja vuonna 1993 rakennuksen tasakatto muutettiin harjakatoksi. Vuonna 1994 parturikampaamo-opetustilat saneerattiin psykiatrian päivätoiminnan tiloiksi. Vuonna 2005 Toimintakeskus Riihessä toteutettiin saunaremontti. (43.)

Rakennukseen kohdistuneet muutostyöt ovat käsittäneet ensisijaisesti väliseinien purku- ja rakennustöitä sekä sisäpintojen pinnoitusten uusimisia. Osaan tiloista on valettu uusi betonilattia lattiakaivoa kohden olevin kallistuksin. Tiloissa, joita muutokset ovat koskeneet, on asennettu muun muassa uusia sähkö- ja vesijohtoja sekä tarkistettu lämpölaitteiden ja ilmastoinnin säädöt. (43.)

Rakennuksen lämmöntuottojärjestelmä on vaihdettu öljylämmityksestä kaukolämpöön. Talon toiseen päähän sekä sauna- ja pesuhuonetiloihin on asennettu omat huippuimurit. Alkuperäiseen, yli puolet rakennuksesta käsittävään poistoilmakanavistoon on tehty muutoksia ja sen yhteyteen on lisätty koneellinen tuloilmakanavisto. Ilmanvaihto on varustettu vuonna 2007 lämmöntalteenotolla, jonka vuotuiseksi hyötysuhteeksi on ilmoitettu 50–60 %. (43; 44.)

Keväällä 2007 suoritetun kosteusteknisen kuntotutkimuksen toimenpidesuosituksen mukaisesti rakennukselle on rakennettu sadevedenpoistojärjestelmä ja ikkunoiden vesipellit on uusittu suurimmasta osasta rakennusta. Samalla on tiivistetty sisäpuolelta ikkunakarmin ja seinän välisiä liitoksia sekä ulkoseinän ja alapohjan rakenneliitosta. Puhtaan korvausilman saanti on pyritty



varmistamaan lisäämällä tuloilmaventtiilejä tuuletusikkunoihin rakennuksen osassa, jossa on vain koneellinen poistoilmavaihto. (45.)

### **4.3 Olevat ulkovaipan rakenteet**

#### **Perustukset ja alapohja**

Toimintakeskus Riihen matalaperustus muodostuu perusmuurista ja maanvauraisesta alapohjasta. Perusmuuri edustaa niin sanottua valesokkeliratkaisua. Teräsbetonisen, 70 mm:ä paksun alapohjalaatan alla on keskialueilla 50 mm:n ja reunoilla 100 mm paksuinen lämmöneristys. Lämmöneristeen alla on tiivistetty routimaton sorakerros. Perusmuurin sisäpuolta kiittää 50 mm routaeristettä. (44.)

#### **Ulkoseinät**

Ulkoseinät ovat puurunkoiset ja savitiili- tai lautaverhoillut. Julkisivuverhouksen ja 125 mm:ä paksun puurungon välissä kiittää Bitulit-merkkinen tuulensuojalevy, joka on bitumipitoista huokoista puukuitulevyä. Tuulensuojalevyn ja pystypaneelin välissä on 20 mm:n ilmarako, kun taas tiiliverhouksen kohdalla ei ole varsinaista tuuletusväliä. Runkotolppien välissä on lämmöneristeenä 125 mm mineraalivillaa ja rungon sisäpinnassa on höyrynsulkumuovi. (44.)

Ulkoseinät on vuorattu sisäpuolelta pääosin Lujalevy-merkkisellä asbestikuitulevyllä, joka on maalattu tai pinnoitettu märkätiloissa muovitapetilla. Sauna- ja teknistentilojen osassa lämmöneristettyä puurunkoa kiittää tiiliverhous myös sisäpuolella. Saunan seinissä on lisäksi puukoolaus ja mineraalivilla, joiden päällä ovat alumiinitivistyspaperi, tuuletusrako sekä vaakapanelointi. (44.)

#### **Yläpohja ja vesikatto**

Rakennuksen nykyinen harjakatto on rakennettu vanhan vesikattorakenteen päälle. Alkuperäinen vesikatto oli sisäpuolisella vedeneristyksellä varustettu tasakattorakenne, jolla oli bitumihuopakate. Vanhan tasakaton kattotuolit sekä

hyväkuntoiset lämmöneristeet säästettiin. Päälle rakennettiin uudet kattoristikot ja katteeksi asennettiin matalaprofiloitu konesaumapelti. (43.)

Nykyinen yläpohjatila tuulettuu räystäältä. Yläpohjan vanhan, 200 mm paksuisen mineraalivillakerroksen päälle on asennettu muutostyön yhteydessä 200 mm puhallusvillaa. Lämmöneristeiden alla on höyrynsulku muovi ja harvalaudoitus, johon on kiinnitetty sisäkattoverhoukseksi Kipsonit-merkkinen kipsilevy. (43, 44.)

#### **4.4 Saneeraus ja laajennustyö**

Kuusamon kaupunki saneeraa ja laajentaa Toimintakeskus Riiehen kiinteistön Maaseläntien päiväkodiksi. Uuden laajennuksen tiloihin suunnitellaan 32 päivähoitopaikkaa, ja rakennuksen vanhaan osaan sijoitetaan 54 vuorohoitopaikkaa. Yhteensä 86 lapsen hoitopaikat käsittävän rakennuksen pinta-ala on hankesuunnitteluvaiheen huonetilaohjelmassa yli 900 m<sup>2</sup>:ä. Näin ollen rakennus laajenee lähes kaksinkertaiseksi. (45.)

Maaseläntien päiväkodin vanhan osan korjausaste tahdotaan pitää kustannussyistä mahdollisimman alhaisena, jolloin pääpaino korjaus- ja muutostöissä pidetään pintamateriaalien ja pinnoitteiden uusimisessa arkkitehdin pohjaratkaisun niin salliessa. Ikänsä puolesta kiinteistö on kuitenkin perusparannusiässä, vaikkakin rakennuksen eri osa-alueisiin on kohdistettu vuosien saatossa useita korjaus- ja muutostöitä. Tulevan saneerauksen yhteydessä joudutaan siis tarkastelemaan rakennusosien ja erityisesti taloteknisten järjestelmien teknisiä käyttöikä ja miettimään uusimis- ja korjaustarpeita niiden nykytilan pohjalta. Lisäksi on huomioitava uuden käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset turvallisuudelle, sisäilmastolle sekä rakenteiden äänitekniselle toiminnalle. (45.)

Maaseläntien päiväkodin lisärakentaminen tullaan toteuttamaan lämpöhäviöltään matalaenergiatasoisena. Myös vanhan osan energiataloutta on järkevä pyrkiä kehittämään saneerauksen yhteydessä, vaikeivät rakennusmääräykset vielä edellyttäkään korjauskohteen energiankulutuksen pienentämistä. (45.)

## 5 PALOTURVALLISUUS

Toimintakeskus Riihen korjaus- ja muutostöissä tulee ottaa huomioon rakennuksen turvalliseen käyttöön johtavat rakennustekniset ratkaisut. Yksi merkittävimmistä rakennuksen turvallisuutta koskevista osa-alueista on paloturvallisuus. (45.) Luku 5 nostaa esille Toimintakeskus Riihen vaippaan kohdistuvat palomääräykset, jotka vaikuttavat myös myöhemmin opinnäytetyössä esitettäviin lisäeristämisvaihtoehtoihin.

### 5.1 Rakentamismääräykset

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta antaa rakentamisessa sovellettavat määräykset ja ohjeet. Rakennusten paloturvallisuutta koskevat säännökset on kirjattu Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan E1 (RakMk E1). Uusin asetus astui voimaan 15. huhtikuuta 2011, ja sillä kumottiin aiempi päätös rakennusten paloturvallisuudesta ja sen muutoksista. Aiempien säännösten paloluokituksia sekä eräitä asetuksessa erikseen nimettyjä kohtia voidaan edelleen soveltaa rakentamisessa, johon haetaan lupaa ennen 15. huhtikuuta 2012. (46, s. 1.)

Maankäyttö ja rakennuslain 13 § nojalla Suomen rakennusmääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Kokoelman määräykset ja ohjeet koskevat kuitenkin vain uusia rakennuksia. Niitä sovelletaan rakennusten korjaus- ja muutostöissä silloin, kun toimenpiteen laatu ja laajuus tai muutettava käytötapa sitä edellyttävät. (47, s. 8.)

Toimintakeskus Riihen kiinteistöön kohdistuu laaja muutostyö. Rakennusta laajennetaan pinta-alaltaan yli kaksinkertaiseksi, ja olemassa olevaan rakennukseen sijoitettavat tilat suunnitellaan lasten vuorohoitokodin käyttöön. Korjattavan osan käyttöaika muuttuu päiväkäytöstä ympärivuorokautiseksi. Näin ollen korjaus- ja muutostyön lähtökohtana pidetään voimassa olevien määräysten noudattamista niiltä osin kuin se on teknisesti mahdollista.

## 5.2 Paloluokka

RakMK E1 määräykset ja ohjeet perustuvat suurelta osin ajatteluun, jossa rakennukset jaetaan kolmeen paloluokkaan. Paloluokka P1 on paloturvallisuuden kannalta vaativin. P1-luokan rakennuksen kantavien rakenteiden tulee yleisesti ottaen kestää tulipalo sortumatta. Paloluokan P2 rakennuksen vaatimukset voivat olla lievemmat kantavien rakenteiden osalta, mutta riittävä turvallisuustaso tulee saavuttaa pintaosien paloteknisillä ominaisuuksilla ja paloturvallisuutta parantavilla laitteilla. Myös henkilömääriä ja rakennuksen kokoa rajoitetaan eri käyttötavoista riippuen. Luokassa P3 kyseiset rajoitukset ovat ensisijainen keino paloturvallisuustason saavuttamiseen. Rakenteelliselle kestävyydelle ei aseteta erityisvaatimuksia. (46, s. 10.)

RakMK E1 luokittelee rakennusten käyttötavat sen mukaan, mikä on rakennuksen käyttöaika ja miten hyvin rakennuksen käyttäjät pystyvät pelastautumaan rakennuksesta (46, s. 7). Ympäri vuorokautiseen käyttöön muutettavan Toimintakeskus Riihen katsotaan tulevaisuudessa kuuluvan käyttötavaltaan hoitolaitokseksi. Vastaavasti laajennettavaan osaan sijoitettava, vain päiväkäytössä oleva päiväkotiyksikkö luokitellaan kokoontumis- ja liiketilaksi. Käyttötapaansa perusteella sekä vuorohoitokoti että päiväkotiyksikkö kuuluvat palokuormaryhmään, jonka palokuorman tiheys on alle  $600 \text{ MJ/m}^2$  (46, s. 10).

Toimintakeskus Riiheen on suunniteltu 54 vuorohoitopaikkaa, ja sen laajennukseen 32 päivähoitopaikkaa. Kokonsa puolesta Maaseläntien päiväkodiksi saneerattava rakennus voi kuulua P3- tai P2-luokkaan. RakMK E1 taulukossa 3.2.2 paloluokan P3 yksikerroksisen hoitolaitoksen paikkaluku on rajoitettu kymmeneen paikkaan, mikä ei riitä vuorohoitokodille. Sen sijaan P2-luokassa ylärajaksi on asetettu sata paikkaa (46, s. 12). Korjattavan Toimintakeskus Riihen paloluokaksi määräytyy P2-luokka (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Korkeintaan kaksikerroksisten rakennusten suurin sallittu henkilömäärä käyttötavan ja paloluokanperusteella (46, s. 12)

Käyttötapa	Kerroksia	RAKENNUKSEN SUURIN SALLITTU HENKILÖMÄÄRÄ		
		Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	<i>ei sallittu</i>
Kokoontumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	<i>ei sallittu</i>

Kokoontumis- ja liiketiloihin sallitaan kerralla 500 henkilöä yksikerroksisessa P3-luokan rakennuksessa (46, s. 12). Päiväkotiyksikön paloluokaksi riittäisi näin ollen P3. Korjattava ja laajennettava osa voivat kuulua eri paloluokkiin, mikäli niiden väliin rakennetaan palomuri (46, s. 11). Vaihtoehtoisesti myös rakennuksen laajennus voidaan rakentaa paloluokan P2 määräysten mukaisesti.

### 5.3 Rakenteiden kantavuuden säilyttäminen

Kantavien rakenteiden tulee kestää sortumatta ennalta määriteltä aika palon alkamisesta lukien. Rakenteiden palomitoitus perustuu standardoituun lämpötila-aikakäyrään, ja vaatimusten mukaisuus osoitetaan joko kokeellisesti, laskennallisesti tai näiden yhdistelmällä. Edellä mainittujen ohella voidaan myös käyttää hyväksytyä taulukkomitoitusta. (46, s. 15.)

Enintään kaksikerroksisen, paloluokan P2 rakennuksen kantavien rakenteiden luokkavaatimukseksi on asetettu R 30, mikä tarkoittaa, että rakenteiden täytyy kestää 30 minuuttia. Vaatimus on sama niille yläpohjan rakenteille, jotka toimivat olennaisena osana rakennuksen kantavaa runkoa tai jäykistystä. (46, s. 16.) Toimintakeskus Riihen palkit ja pilarit eivät täytä laskennallisesti kyseistä palonkestovaatimusta.

Koska korjausrakentamisessa ei ole aina mahdollista täyttää uudisrakentamiselle osoitettuja määräyksiä, voidaan määräyksiä soveltaa. Kantavien rakenteiden palonkestovaatimus on kuitenkin olennainen osa rakennusten paloturvallisuutta ja siksi rakenteiden riittävän pitkä kestävyys palotilanteissa tulee pystyä takaamaan muilla ratkaisuilla. Kantavat rakenteet voidaan tavallisesti suojata muilla rakennustarvikkeilla, joiden avulla palonkestovaatimukset täyttyvät. (48, s. 72. )

#### **5.4 Palon kehittymisen rajoittaminen**

Rakennuksen ulkoseinille sekä sisäpuolisille pinnoille on määritelty luokkavaatimukset rakennuksen käyttötavan ja paloluokan pohjalta. Rakennustarvikkeiden luokista käytetään kirjaimia A-F, jotka kuvaavat, miten tarvike vaikuttaa palon syttymiseen ja leviämiseen. Yhdessä luokkien kanssa käytetään kirjaimia s ja d ilmaisemaan tarvikkeen savuntuottoa ja pisarointia. Luokan A1 tarvikkeet eivät osallistu lainkaan paloon, ja luokan A2 tarvikkeet vain erittäin rajoitetusti. Muun muassa betonista, sementistä, teräksestä, lasista ja mineraalivillasta valmistetut tarvikkeet luetaan kuuluvaksi luokkaan A1 tietyin reunaehdoin, suoraan ilman testausta ja erillistä luokitusta. Samaan luokkaan luetaan myös kipsi- sekä savesta poltetut tuotteet. (46, s. 5 ja 41.)

##### **5.4.1 Ulkoseinät ja sisäpuoliset seinät**

Rakennuksen sisällä luokkavaatimukset ottavat kantaa lattioiden, seinien ja sisäkattojen paloteknisiin ominaisuuksiin. Määräykset eivät kuitenkaan koske pinta-alaltaan vähäisiä rakennusosia tai ohuita päällysteitä kuten tapetti. P2-luokan hoitolaitoksen seinät tulee tehdä vähintään B-s1, d0-luokan tarvikkeista. (46, s. 20.) Toimintakeskus Riihen seinäpinnat on tehty Lujalevy-merkkisestä asbestisementtilevystä, joka kuuluu sallittuun A1-luokkaan.

Määräysten mukaan ulkoseinän tarvikkeille asetetaan vaatimuksia vain sisä- ja ulkopinnoissa sekä tuuletusraon pinnoissa, kun kyseessä on yksikerroksinen P2-luokan rakennus. Seinä- ja kattopinnoille vaaditaan kuitenkin vähintään K<sub>2</sub> 10 -luokan suojaverhousta, mikäli suojaverhouksen takana oleva rakenne on tehty luokan B-s1, d0 tarvikkeita paloteknisesti heikommista tarvikkeista. Poikkeuksen tähän tekevät R 30 -luokan palkit ja pilarit. Itse suojaverhouksen tarvi-

keluokkavaatimus on sama kuin sisäpinnoille asetettu vaatimus, eli Toimintakeskus Riihen tapauksessa B-s1, d0. (46, s. 20, 21, 23.)

Toimintakeskus Riihen sisäverhouksen takainen ulkoseinärakenne käsittää runkotolpat ja niiden välissä olevan mineraalivillan. Mineraalivilla kuuluu A1-luokkaan, mutta kantavat runkotolpat eivät täytä R 30 -luokkavaatimusta kuten luvussa 5.4 todettiin. Sisäverhouksen täytyy siis josta tapauksessa toimia suoja-verhouksena niin rakenteellisen kestävyuden kuin seinän materiaaleille asetettujen vaatimustenkin vuoksi.

P2-luokan hoitolaitoksen ulkoseinän ja tuuletusraon ulkopinnassa saa käyttää B-s2, d0-luokan rakennustarviketta tai parempaa. Tuuletusraon sisäpinnalta edellytetään vähintään B-s1, d0-luokkaa. (46, s. 24.) Tiiliverhoiltu Riihi-talo täyttää ulkopinnalta vaatimukset, mutta tuulensuojana käytetty Bituliitti-niminen, bitumia sisältävä puukuitulevy ei. Tämän ei kuitenkaan pitäisi olla ongelma, sillä rakenteessa ei ole varsinaista tuuletusrakoa tuulensuojalevyn ja tiiliverhouksen välissä.

#### **5.4.2 Yläpohja ja sisäkatot**

Taulukosta 8.2.2 nähdään, että sisäkaton verhouksessa sekä yläpohjan yläpinnassa käytetyn rakennustarvikkeen tulee kuulua luokkaa B-s1, d0 (46, s. 21). Toimintakeskus Riihen alkuperäiset sisäkatot ovat Kipsonit-merkkistä kipsilevyä, joka täyttää luokkavaatimuksen. Lisäksi toimintakeskuksen yläpohja on eristetty A1-luokkaan yltyvällä mineraalivillalla ja mineraalivillapohjaisella puhallusvillalla. Kattotuolien palonkestävyys ei kuitenkaan täytä kantavien rakenteiden luokkavaatimusta R 30, eikä Kipsonit-levyn yläpuolinen harvalaudoitus kuulu vaatimuksen mukaiseen luokkaan, minkä vuoksi yläpohja tulee varustaa suoja-verhouksella.

#### **5.4.3 Suojaverhous**

Luokitusstandardiin EN 13501-2 perustuvaa suojaverhousluokitusta käytetään ensimmäistä kertaa palomääräyksien yhteydessä uudessa E1-osassa. Suojaverhouksella tarkoitetaan kerrosta, joka on pystysuoran rakennusosan uloin ja vaakasuoran rakennusosan alin. Luokituksia on kaksi, K<sub>1</sub> ja K<sub>2</sub>, ja luokitusten

mukaiset suojaverhoukset suojaavat niiden takana olevia rakennustarvikkeita ennalta määrätyn ajan. Ajat ilmoitetaan luvuilla 10, 30 tai 60, mitkä kertovat suojausajan minuutteina. (49, s. 30.) Rakentamismääräyskokoelman osan E1 määräyksissä ja ohjeissa esiintyvät luokat K<sub>2</sub> 10 ja K<sub>2</sub> 30 (46, s. 5).

Suojaverhouksen palonkestävyys määritetään standardin EN 14135 koemenetelmien mukaan. Kokeessa suojaverhouksen katsotaan toimivan, jos verhousta tai sen osia ei putoa alas määritellyn 10, 30 tai 60 minuutin aikana. Lisäksi on asetettu rajoituksia kokeenaikaiselle lämpötilan nousulle eri kohdissa suojaverhousta, sekä sille, millaisia jälkiä tuli saa jättää suojaverhoukseen tai sen takana olevaan alustaan. (49, s. 31.)

K<sub>2</sub> 10 -luokan suojaverhousta voidaan toteuttaa vähintään 15 mm paksuisella, riittävän tiheyden omaavalla ja standardit täyttävällä puulevyllä tai standardien mukaisella, vähintään 9 mm paksuisella kipsilevyllä. Levyjen suojaverhousta tulee tarkistaa valmistajien levykohtaisista tuotesertifikaateista. Lisäksi käytettävän suojaverhouksen valintaan vaikuttavat sisäpinnoille asetetut tarvikeluokkavaatimukset, joita puulevyt eivät kaikissa tapauksissa täytä. (50, s. 1, 2.)

K<sub>2</sub> 30 -luokan suojaverhoukseen vaaditaan kaksinkertainen levytys. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi 13 mm kipsikartonkilevyn sekä 15 mm palokipsikartonkilevyn yhdistelmänä, jossa 15 mm paksuinen levy on uloimpana rakenteessa. Vaihtoehtoisesti 30 minuutin suojaverhousta voidaan korvata osastoivalla EI 30 -luokan rakenteella, jossa vähintään suojattavaa rakennetta vasten oleva rakennustarvike kuuluu luokkaan A2-s1 d0. Tällaisia osastoivia rakenteita voidaan muodostaa muun muassa kahdesta 13 mm:n paksuisesta kipsikartonkilevystä, joiden välissä on 50 mm:ä mineraalivillaa. (50, s. 2, 3.)

Vaikka Toimintakeskus Riihen ulkoseiniä ei lisäeristettäisi, joudutaan rakenteen suojaverhousta parantamaan, jotta kantavien rakenteiden palonkestovaatimus täytetään. Valmiiksi rakenteita verhoavat Lujalevyt-merkkisten seinälevyjen ja Kipsonit-kattolevyjen voidaan todennäköisesti katsoa vastaavan K<sub>2</sub> 10 -luokan rakennuslevyjä, jolloin sisäverhousta ei ole tarpeellista uusien paloteknisistä syistä.



## 6 RAKENNUSFYSIKAALINEN SUUNNITTELU

Rakennusfysiikan tärkeimpinä osa-alueina voidaan pitää lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa. Lämpö ja kosteus liittyvät suurimpaan osaan rakenteiden vaurioista ja vaikuttavat olennaisesti myös energiankulutukseen sekä sisäilman laatuun. Rakennusfysikaalinen suunnittelu käsittää lämmön osalta lämmitysenergian pienentämisen ja sisätilojen hyvän lämpöihtiyyden ylläpidon. Kosteuden osalta on tarpeellista estää liian kosteuden tunkeutuminen rakenteisiin ja taata rakenteiden kuivuminen. Oikealla lämpö- ja kosteusteknisellä toiminnalla ehkäistään rakennustarvikkeiden turmeltumista. (27, s. 341.)

Rakennusfysikaaliseen suunnitteluun vaikuttavat luonnollisesti myös taloudelliset ja työtekniset seikat sekä lisääntyvässä määrin ympäristövaikutukset. Rakennusratkaisut ovatkin usein kompromisseja eri osa-alueiden välillä. Korjausrakentamisessa korostuu eri vaihtoehtojen punnitseminen ja arviointi, mikä on rakenteen toiminnan kannalta tärkeintä. Uusi ratkaisu joudutaan suunnittelemaan korjauskohteissa usein lähtökohdista, joissa rakenne toimii virheellisesti. Tavanomaisesta poikkeavien rakenteiden toimintaa tarkastellaan korjausrakentamisessa lisääntyvässä määrin laskennallisesti. Suunnittelun muuttuessa yhä yksityiskohtaisemmaksi laskentatarkastelut lisääntyvät uudisrakentamisessakin, vaikka rakennusfysikaalinen suunnittelu voidaan tehdä suurelta osin ilman laskemista, peruseriaatteet tiedostaen. (27, s. 341, 342.)

Laskentatarkastelut vaativat laskentaohjelman ja käytettävien rakennusmateriaalien hyvää tuntemusta. Materiaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet sekä käyttäytyminen ovat yhdessä sisä- ja ulkoilman olosuhteiden kanssa laskennan olennaisia lähtötietoja. Laskentaohjelman käyttäjän tulee kyetä havaitsemaan virheelliset laskentatulokset ja osata korjata epä johdonmukainen laskutoimitus. Erityisen tärkeää on myös saatujen laskentatulosten oikea tulkinta. (27, s. 342.)

### 6.1 Lämmöneristävyys

Lämmönläpäisykertoimella eli U-arvolla kuvataan rakenteen läpi tapahtuvaa lämmön virtausta. U-arvon yksikkönä käytetään  $W/(m^2K)$ . (22, s.3.) Käytännös-

sä tämä voidaan tulkita niin, että mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on rakenteen lämmöneristävyys.

Tämän opinnäytetyön yhteydessä laskettiin Toimintakeskus Riihen ulkoseinälle ja yläpohjalle U-arvot Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjeita noudattaen Excel-taulukkolaskennalla (liite 2). U-arvon laskennassa käytettiin nykyisen rakenteen osalla rakentamismääräyksissä esitettyjä kansallisia  $\lambda_n$ -suunnitteluarvoja (51). Uusien rakennustarvikkeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoina hyödynnettiin valmistajien ilmoittamia  $\lambda_{\text{design}}$ -arvoja (52; 53). Eurooppalaiset  $\lambda_{\text{design}}$ -arvot eivät ota kuitenkaan huomioon lämmöneristeen sisällä tapahtuvaa sisäistä konvektiota, toisin kuin normaalian lämmönjohtavuuden  $\lambda_n$ -arvot (27, s. 343).

Toimintakeskus Riihen ulkoseinien U-arvoksi saatiin laskennallisesti 0,31 W/(m<sup>2</sup>K). Nykyisissä rakentamismääräyksissä on asetettu uudisrakennuksien lämpimien tilojen ulkoseinien vertailuarvoksi 0,17 W/(m<sup>2</sup>K) (22, s. 7). Laskelmien mukaan se saavutettaisiin lisäämällä nykyiseen rakenteeseen 60 mm:ä polyuretaanieristettä tai 125 mm:ä erittäin pienen  $\lambda_{\text{design}}$ -arvon omaavaa mineraalivillaa. Avohuokosellisen mineraalivillan tapauksessa huomioitiin konvektiosta aiheutuva lisä U-arvoon. U-arvolaskelmiin pohjautuvia ulkoseinien ja yläpohjan lisäeristämiskäytöksiä esitetään tarkemmin luvussa 7.1.

## **6.2 Kosteustekninen tarkastelu**

Toimintakeskus Riihen ulkoseinien lisäeristäminen ei saa vaikuttaa haitallisesti säilytettäviin rakenteisiin. Lisäeristettyjen rakenteiden kosteusteknistä toimintaa voidaan tarkastella laskennallisesti, jotta eristämisen vaikutuksia pystytään arvioimaan yksityiskohtaisemmin.

### **6.2.1 Kosteuslaskelma**

Rakenteiden oikea kosteustekninen toiminta yritetään varmistaa ennalta arvioimalla rakenteen läpi virtaavia vesihöyrymääriä ja tarkastelemalla, voiko vesihöyry tiivistyä vedeksi rakenteen läpi kulkeutuessaan. Tiivistynyt kosteus imeytyy huokosiin materiaaleihin tai valuu pitkin niitä rakenteen pintoja, jotka eivät ime kosteutta. Jos tiivistymistä tapahtuu usein ja kosteusrasitus on pitkäaikais-

ta, voivat rakenteessa alkaa kasvamaan erilaiset home- ja lahottajasienet. (54, s. 64.)

Kosteuslaskelmissa tarkastellaan rakenteessa diffuusiolla siirtyvää kosteutta tiivistymis- ja kuivumisajanjaksoissa. Tiivistymisajanjakson ilmastoparametreina käytetään vuoden kahden kylmimmän kuukauden keskiarvoa. Kuivuminen puolestaan lasketaan lämpimimpien kuukausien pohjalta. Rakenteen voidaan vielä katsoa toimivan oikein, mikäli talvikuukausina rakenteeseen tiivistynyt kosteus poistuu varmasti kesän aikana. Poistuvan kosteuden määrän tulisi olla kaksinkertainen tiivistyvän kosteuden määrään verrattuna. (54, s. 66–69.)

Toimintakeskus Riihen ulkoseinän kosteudenkertymälasku laskettiin Excel-ohjelmalla yhdessä U-arvojen kanssa (liite 2). Laskelmissa käytettäviin rakennusaineiden vesihöyrynläpäisykertoimet saatiin rakennustarvikkeiden valmistajien ilmoittamina tai Björkholtzin Lämpö- ja Kosteus -teoksesta (51; 52; 54, s. 56). Koska Kuusamon keskimääräisiä ulkoilman olosuhdetietoja ei ollut saatavissa, verrattiin Kuusamon ilmastoa isompien lähipaikkakuntien ilmastoon. Talvikuukausien osalta päädyttiin käyttämään Sodankylän olosuhdetietoja ja kesäkuukaudet laskettiin Kajaanin tiedoilla (54, s. 47).

Toimintakeskus Riihen laskelmissa tarkasteltiin ensin mahdollisuutta pyrkiä nykyääräysten mukaiseen lämmöneristystasoon. Tuloksista havaittiin, että mineraalivillan tapauksessa 125 mm:ä lisälämmöneristettä synnyttää tiivistymisriskin rakenteeseen. Tämä tarkistettiin vielä DOF-Lämpö-ohjelmalla tehdyllä tarkastelulla (liite 4). Alumiinilaminaattipinnoitteisella polyuretaanilla eristettäessä 70 mm:ä lisäeristettä ei vahingoita laskelmien mukaan rakenteen toimintaa (liite 3).

### **6.2.2 Homehtumisriskiarvio**

Puurakenteiden kosteusteknistä toimintaa voidaan tutkia myös laatimalla rakenteen puupinnoille homehtumisriskiarvio. Homehtumisriskiarviossa seurataan rakenteen kriittisimmän rajapinnan suhteellista kosteutta kuukausittaisissa keskilämpötiloissa. Kuukaudet, joissa lämpötila on tarkasteltavassa kohdassa korkeampi kuin 0 C° ja suhteellinen kosteus yli 75 %, kasvattavat mahdollisuutta homehtumisriskin syntyyn. Homehtumiseen vaadittava aika arvioidaan kokeelli-

sella lausekkeella, joka yhdistää lämpötilan, ajan ja suhteellisen kosteuden vaikutukset. (55, 33–36.)

Toimintakeskus Riihen vaihtoehtoisille ulkoseinän lisäeristysratkaisuille laadittiin homehtumisriskiarviot, joissa hyödynnettiin DOF-Lämpö-ohjelmasta saatavia kuukausittaisia lämpötila- ja kosteustietoja (liite 4). Tiedot pohjautuivat ohjelman Sodankylän ulkoilman lämpötiloihin sekä suhteellisiin kosteuksiin. Näiden tietojen pohjalta laskettiin ja syötettiin ohjelmaan myös sisäilman suhteellinen kosteus, koska DOF-Lämpö-ohjelman vakiona käyttämä sisäilman suhteellinen kosteus on kaikissa säätiedoissa läpi vuoden 50 %, mikä johtaa todellisuutta suurempaan diffuusiovirtaan erityisesti talvikuukausina. Muokatut tiedot vastaavat paremmin rakennuksen todellista käyttötilannetta.

Homehtumisriskiarvio laadittiin luvussa 7.1. esitettävälle lisäeristysratkaisuille, jossa käytetään mineraalivillaa. Homehtumisriskiarvion mukaan lisäeristettävän ulkoseinän puurakenteet eivät ole homehtumisvaarassa. Täytyy kuitenkin muistaa, että tämä ei silti takaa rakenteen turvallista toimintaa. Laskelmat esimerkiksi olettavat höyrynsulun ehjäksi kerrokseksi, mitä se ei välttämättä ole, jos rakenteen höyrynsuloksi jätetään alkuperäinen muovi.

## **7 MAASELÄNTIEN PÄIVÄKODIN ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPIDE-EHDOTUKSET**

Maaseläntien päiväkodin energiatehokkuutta parantavat ratkaisut koskevat ensisijaisesti olemassa olevan Toimintakeskus Riihen korjausta. Ratkaisuissa sovelletaan opinnäytetyön luvussa 3 esitettyjä toimenpiteitä.

### **7.1 Rakenteelliset parannukset**

Rakenteelliset parannuksen sisältävät ulkovaipan lisäeristämiskorjausten vertailua sekä ikkunoita ja ilmanpitävyyttä koskevia toimenpide-ehdotuksia. Maaseläntien päiväkodin tapauksessa maanvastaisen alapohjan lisäeristäminen jätetään pois ehdotetuista toimenpiteistä työlään ja kalliin toteuttamisen vuoksi.

#### **7.1.1 Ulkoseinät**

Toimintakeskus Riihen ulkoseinien kuntoa arvioitiin rakennukseen suoritettussa kuntotarkastuksessa, jonka tekeminen sisältyi opinnäytetyöhön. Rakennuksen aistinvaraisessa tarkastuksessa sekä ulkoseinärakenteeseen tehdyissä avauksissa ei havaittu merkkejä, jotka olisivat viitanneet kosteus- tai mikrobiongelmien rakenteissa. Myös poltetusta savitiilestä tehty ulkoverhous on edelleen hyväkuntoinen eikä vaadi uusimista. Tämän perusteella vanha ulkoseinärakenne voidaan säilyttää, ja mahdollinen lisälämmöneriste asennetaan ulkoseinän sisäpuolelle.

Lisäeristämistä suunniteltaessa joudutaan miettimään jo edellä läpikäytyjä tekijöitä: palomääräyksiä, lämmöneristävyyttä sekä rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Paloturvallisuudesta ja oikein kosteusteknisesti toimivasta rakenteesta ei voida tinkiä. Tavoiteltava lämmöneristävyys taso sen sijaan määräytyy lisälämmöneristämällä saavutettavan energian säästön sekä lisäeristämisen kustannusten optimoinnin pohjalta.

Pyrittäessä mahdollisimman suureen lämmöneristävyyteen valitaan Toimintakeskus Riihen vertailujen lisäeristysmateriaaleiksi mineraalivilla ja muovipohjaiset kovat eristeet. Muovipohjaiset eristeet jakautuvat kertamuovisiin polyure-

taanituotteisiin sekä kestumuovisiin EPS- ja XPS-eristeisiin. Suomessa polyuretaanieristeitä edustavat kotimaiset SPU Systems Oy:n eristeet, joita on viime vuosina markkinoitu voimakkaasti seinien ja yläpohjien sisäpuoliseen lisäeristämiseen. EPS-seinälevyjien käyttö taas on yleisempää julkisivujen lisäeristämässä ulkopuolelta, esimerkiksi ohutrappauksen yhteydessä. (56.)

Polyuretaanieristeiden lämmöneristyskyky on selvästi mineraalivillaa ja EPS-eristelevyjä parempi. Tällä hetkellä jo useilla markkinoilla olevista SPU:n polyuretaanilevyistä voidaan saavuttaa 0,023 W/(mK):n suuruinen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo. Mineraalivillojen suurimmat tuotemerkit, lasivillaa valmistava Isover sekä kivivillaa valmistava Paroc tarjoavat kumpikin lähes yhtä eristäviä ratkaisuja. Isover-tuotteilla päästään parhaimmillaan  $\lambda_{\text{design}}$ -arvoon 0,032 W/(mK). Toimintakeskus Riihen tapauksessa valitaankin vertailtaviksi kyseinen Isover KL 32 sekä diffuusiotiiviillä alumiinilaminaatilla pinnoitettu SPU AL -levy. (52; 53; 56; 57.)

## **Paloturvallisuus**

Mineraalivillan parhaita ominaisuuksia on sen paloturvallisuus. Isover-lasivillaeristeet ovat palamattomia A1-luokkan tarvikkeita, kun taas SPU AL -eristeet kuuluvat luokkaan E-s2 d0 (52; 53). P2-luokan rakennuksen ulkoseinien eristeelle ei aseteta erikseen luokkavaatimusta, minkä vuoksi rakenteessa voidaan käyttää niin polyuretaanieristettä kuin mineraalivillaa. Koska polyuretaanilevyn luokka on heikompi kuin B-s1, d0, rakenne tulee kuitenkin varustaa RakMk E1 -ehdon mukaisesti K<sub>2</sub> 10 -luokan suojaverhouksella.

Käytännössä Toimintakeskus Riihen seinät edellyttävät jo rakenteellisen kestävyuden vuoksi pidempikestoista suojaverhousta. Tällöin todennäköisesti riittäisi, että nykyinen seinärakenne vuorataan palokipsikartonkilevyllä. Mikäli seinään lisätään SPU-levy, joudutaan uusi eriste verhoamaan kaksinkertaisella levytyksellä. Sen sijaan mineraalivilla lisäeristettäessä saavutetaan EI-luokan osastoi- vaa rakennetta vastaava suojaverhous jo itse 50 mm:n eristeellä sekä sen päälle asennettavalla kipsilevyllä. Nämä seikat voidaan huomioida laskettaessa lisäeristämisen materiaalikustannuksia.

## Lämmöneristävyys ja kosteustekninen toiminta

Toimintakeskus Riihen tapauksessa valittiin laskennallisesti vertailtaviksi SPU AL 30 ja Isover KL 32. Polyuretaanieristeen etuna on sen pienempi lämmönjohdavuus, minkä ansiosta seinärakenteen lämmönvastus paranee huomattavasti jo suhteellisen ohuella lisäeristekerroksella. Mineraalivillalla sisäpuolelta eristetäessä joudutaan miettimään, kuinka paksusti villaa voidaan asentaa rakenteeseen ilman, että menetetään liikaa tilaa huonealasta.

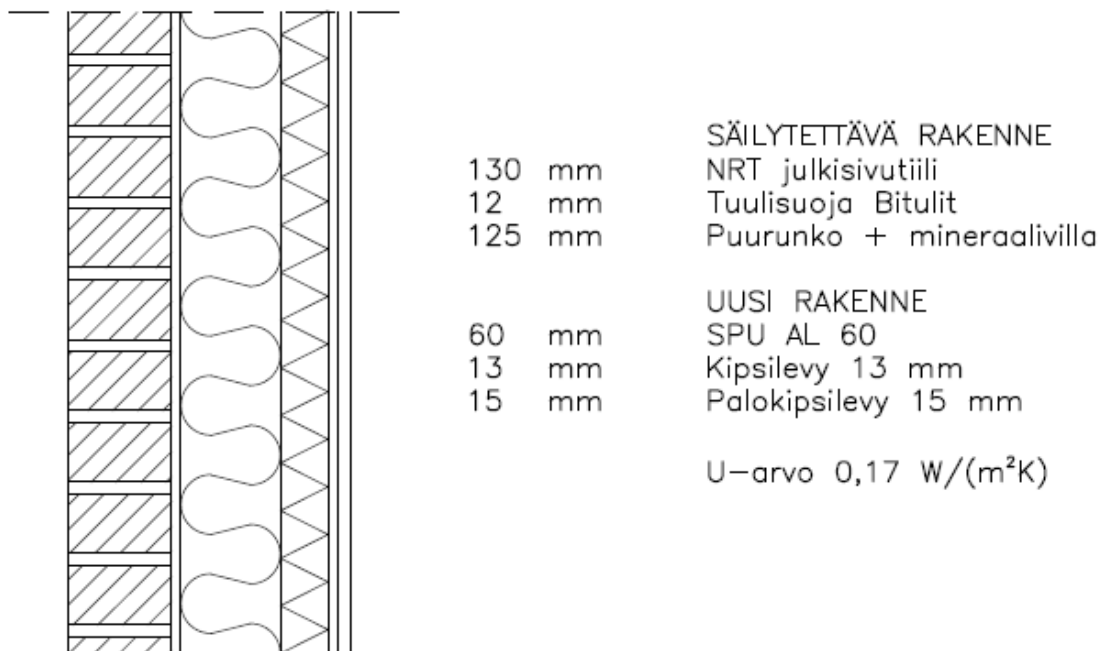
Koska Toimintakeskus Riihen nykyistä sisäverhousta ei ole tarpeellista poistaa seinärakenteen nykytilan vuoksi, on mietittävä, voidaanko lisälämmöneristys toteuttaa vanhan levytyksen päälle. Jätettäessä vanha rakenne ennalleen lisäeristykseen alle voi nyky määräysten mukaisen lämmöneristystason tavoittelu johtaa mineraalivillan tapauksessa kosteuden tiivistymiseen rakenteessa (liite 4). Toisaalta 125 mm:ä lisäeristettä ei kuulosta järkevältä ratkaisulta muun muassa tilankäytön kannalta.

Lisäämällä rakenteeseen 60 mm:n polyuretaanilevy sekä kaksinkertainen levytyks palomääräysten vuoksi saavutetaan uudisrakennuksille asetettu U-arvo 0,17 W/(m<sup>2</sup>K) (liite 2). Polyuretaanieristeen kohdalla tulee mietittäväksi eristelevyn erittäin korkea vesihöyrynvastus, joka on alumiinilaminaattipinnoitetulla SPU-levyllä tavanomaiseen höyrynsulkumuoviin verrattuna noin kahdeksankertainen (58). Mikäli SPU-eriste asennetaan vanhan Lujalevyn päälle, jää seinälevy verhouksen takana seinärakenteessa olevan höyrynsulkumuovin ja diffuusiotiiviin SPU-eristeen väliin. Rakennekerroksen jäämistä kahden tiiviin kerroksen väliin tulee yleisesti ottaen välttää, jotta rakennekerros pääsee kuivamaan tilanteissa, joissa siihen kertyy ylimääräistä kosteutta (27, s. 346).

Opinnäytetyössä suoritettujen laskelmien mukaan rakenteeseen ei tiivisty kosteutta, vaikka lisäeristeen alle jätetään Lujalevy ja vanha höyrynsulkumuovi (liite 2). Tämä kuitenkin perustuu olettamukseen, että SPU AL -eriste muodostaa yhtenäisen diffuusiotiiviin kerroksen. Mikäli eristettä ei saada asennettua riittävän tiiviisti, voi Lujalevyn pintaan tiivistyä kosteutta sisäilmasta. Lujalevy on kes-

tävä, mutta sen sisältämä vähäinenkin orgaaninen aines voi periaatteessa toimia ravintona mikrobikasvustolle, jolloin pääsee syntymään sisäilmaan epätiiveyskohdista kulkeutuvia epäpuhtauksia.

Jos SPU AL -eristettä käytettäessä päädytään turvallisempaan vaihtoehtona purkamaan vanha sisäverhous pois, saadaan rakennuksesta asbestivapaa. Samalla voidaan ennen kaikkea purkaa vanha höyrynsulku ja varmistaa olemassa olevan seinärakenteen kunto. Tällöin pystytään paikkaamaan nykyisen lämmöneristekerroksen puutteet tiivistämällä eristyksessä olevat aukot ja raot. (Kuva 8.)

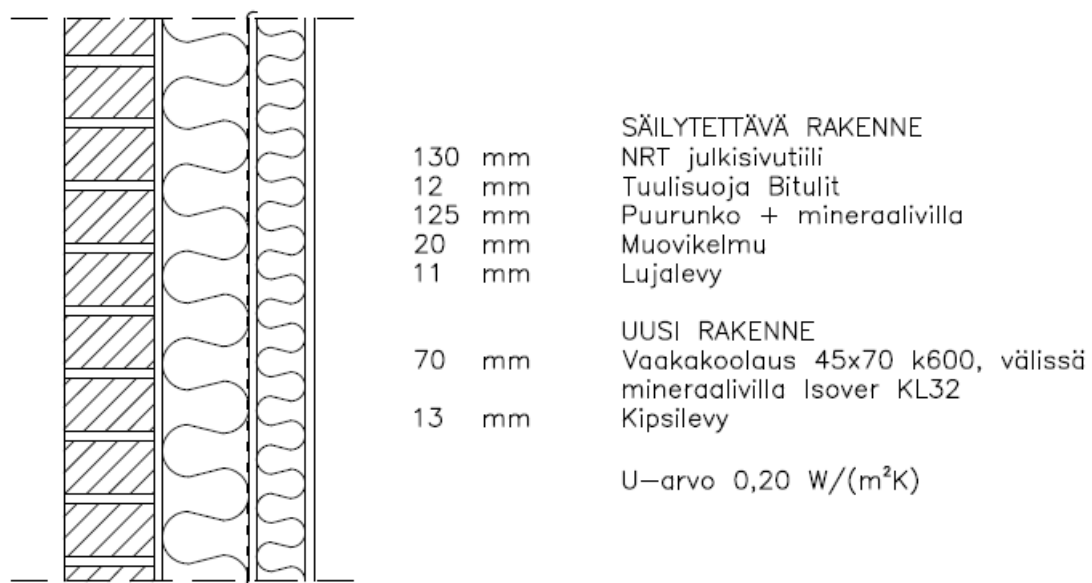


*KUVA 8. Polyuretaanilla lisäeristetty ulkoseinärakenne*

Jatkossa alumiinilaminaattipinnoitettu SPU-levy toimii itsessään diffuusiota vastustavana kerroksena, jolloin erillistä höyrynsulkuja ei tarvita (58). SPU-eristeen huolellisella asentamisella ja liitosten tiivistämisellä on myös mahdollista parantaa rakenteen ilmanpitävyyttä, mikä jo sinänsä vähentää lämmitysenergian häviöitä ulkoseinän läpi. Rakennuksen ilmanpitävyyden parantamisesta sekä sen vaikutuksista kerrotaan tarkemmin luvussa 7.1.4.



Tilankäyttöä ja kosteusteknistä toimintaa ajatellen opinnäytetyössä verrataan polyuretaanilla toteutettavaan lisäeristykseen lähes saman paksuista mineraalivilla eristystä. Vertailulaskuissa käytetään kuitenkin 60 mm:n sijaan 70 mm:n mineraalivillaa markkinoilla olevien eristepaksuuksista johtuen (kuva 9). Kyseisellä lisäeristepaksuudella päästään rakenteessa U-arvoon 0,20 W/(m<sup>2</sup>K) (liite 3). Mineraalivillalla eristetyn uuden rakenteen kosteusteknistä toimintaa voidaan arvioida kosteuslaskelmalla sekä homeriskiarviolla lukujen 6.2.1 ja 6.2.2 esittämien tavoin. Nämä laskelmat on esitetty liitteenä olevissa Excel-taulukkoissa (liite 2 ja 3). Niistä nähdään, että rakenteeseen ei pitäisi tiivistyä haitallista kosteutta lisättäessä 70 mm:ä mineraalivillaa sekä uusi sisävuoraus Lujalevyn päälle. Laskelmat perustuvat kuitenkin olettamukseen, että rakennuksen nykyinen höyrysulku hoitaa tehtävänsä oikein uudessa rakenteessa.



*KUVA 9. Mineraalivillalla lisäeristetty ulkoseinärakenne*

Lopullista lisäeristämispäätöstä tehdessä joudutaan punnitsemaan toimenpiteen vaikutuksia muihin suunnittelun osa-alueisiin. Apuna voidaan käyttää investointilaskelmia.

### **7.1.2 Yläpohja**

Toimintakeskus Riihen yläpohjaa on jo kertaalleen lisäeristetty mineraalivillapohjaisella puhallusvillalla. Nykyinen U-arvo on laskelmien mukaan  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Arvo ei jää kovin kauas nykyisistä määräyksistä, joiden vertailuarvoksi on asetettu  $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (22, s. 7).

Jotta yläpohjarakenne toimii jatkossakin kosteusteknisesti oikein, tulee uuden, ulkopuolelle lisättävän eristekerroksen läpäistä vesihöyryä tehokkaammin kuin alapuoliset kerrokset. Toimintakeskus Riihen tapauksessa on järkevintä lisäeristää rakennetta jatkossakin puhallusvillalla, jolloin rakenne läpäisee edelleen sisäilmasta virtaavan kosteuden. Mineraalivillapohjainen puhallusvilla täyttää myös paloturvallisuudelle asetetut vaatimukset, kuten palomääräyksiä tulkitsevassa luvussa kävi ilmi (luku 5.4.3).

Jo 100 mm:ä puhallusvillaa riittäisi laskelmien mukaan nykyisten lämmöneristysmääräysten täyttämiseen (liite 3). Toimintakeskus Riihen tuulettuvassa yläpohjassa on edelleen tilaa lisäeritykselle, ja toimenpide olisi helppo suorittaa. Valmiiksi hyvin eristetyssä yläpohjassa lisälämmöneristämällä voidaan kuitenkin saavuttaa enää verrattain pieniä säästöjä. Toimenpiteen kannattavuutta voidaan punnita vielä investointilaskelmalla.

### **7.1.3 Ikkunat**

Toimintakeskus Riihen ikkunat ovat pääosin alkuperäisiä, kolmilasisia ja kolmi-puitteisia puuikkunoita. Normaalissa ympäristörasituksessa olevan puuikkunan tekninen käyttöikä on keskimäärin 50 vuotta, kun sitä kunnossapidetään ja huolletaan säännöllisesti (59, s. 1 ja 7). Toimintakeskuksen vanhat ikkunat alkavat siis ikänsä puolesta lähestyä teknisen käyttöikänsä loppua.

Rakennukseen suoritettussa kuntoarviossa ikkunat näyttivät iästään huolimatta suhteellisen hyväkuntoisilta. Ikkunalasit ovat ehjät ja tiiviisti puitteissa kiinni. Ikkunoiden maalipinta on sisäpuolella eheä ja hyvin kiinni puupinnoissa. Ikkunapuitteiden maalipinta halkeilee lähinnä eteläpuolen julkisivulla, missä esiintyy myös puitteiden alaosissa lahovaurioita. Paikoitellen ikkunat kaipaavat myös kittausten uusimista. Ikkunoiden vesipellit on uusittu osassa rakennusta muu-

tama vuosi aiemmin. Ikkunoiden tiiveyttä ei kuntoarviossa tarkistettu, mutta lähtötietojen mukaan ainakin ikkunoiden ja seinän liitoksia on tiivistetty samaan aikaan kuin vesipellit uusittiin. Ikkunoiden uusimispäätöstä varten ikkunoita voidaan tutkia vielä yksityiskohtaisella ikkunoiden kuntotutkimuksella.

Tavallisesti MSK-ikkunoiden U-arvo sijoittuu 1,2 m x 1,2 m:n kokoisella ikkunalla 1,65–1,80 W/(m<sup>2</sup>K):n välille (12, s. 30). Koska suurin osa Toimintakeskus Riihen ikkunoista on kooltaan suurempia, voivat rakennuksen ikkunoiden U-arvot olla edellä mainittua arvoa heikommat suuren lasipinta-alansa vuoksi. Rakennuksen ikkunoiden vaihtaminen nykymääräysten mukaiseksi sisältää selvän energiansäästöpotentiaalin. Ikkunat kannattaa vaihtaa A-luokan ikkunoihin niitä uusittaessa. Lisäksi on järkevä valita auringonsuojaikkunalasit etelä-julkisivulle rakennuksen jäähdytystarpeen pienentämiseksi (35, s. 68).

Teknistoloudellista kannattavuutta ajatellessa on syytä huomioida Maaseläntien päiväkodille suunniteltu elinkaari. Koska ikkunat joudutaan todennäköisesti uusimaan päiväkodin käytön aikana, olisi työ helpompi suorittaa muun peruskorjauksen yhteydessä. Mikäli kuntotutkimuksen perusteella ikkunoiden käyttöikää katsotaan kuitenkin olevan vielä jäljellä niin monta vuotta, että ikkunoita päädytään vain korjaamaan, voidaan energiatehokkuuteen vaikuttaa lähinnä ilma- vuotoja vähentämällä. Jos uuden vuorokodin ilmanvaihto toteutetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla, ei tiivistäminen vaikuta haitallisesti korvausilman saantiin.

#### **7.1.4 Ilmanpitävyyden parantaminen**

Rakennusten ilmanpitävyyttä on mitattu Suomessa 1970-luvun lopusta lähtien. Kiinnostus ilmanpitävyyden parantamiseen ja mittaamiseen kasvoi kuitenkin vasta rakentamismääräysten sisällyttäessä ilmanpitävyyden osaksi energiatehokkuuslaskelmia. Mittaustoiminnan alkuaikoina pientalojen ilmanvuotoluvut olivat keskimäärin 6-7 1/h. Alun perin huonon ilmanpitävyyden omaavissa rakennuksissa ilmanpitävyys voi heikentyä ajan kuluessa vielä tiivistä rakennusta voimakkaammin. (33, s. 123 ja 127.)

Vanhojen, 1960- ja 1970-lukujen höyrynsulkumuovit ovat voineet jo hapertua, tai niiden teippaukset ovat irtoilleet. Lisäksi läpivientejä ei ole välttämättä aika-

naan tiivistetty lainkaan, ja höyrynsulussa voi olla suuriakin reikiä. Itse höyrynsulun asentaminenkaan ei ole aikakauden rakennuksissa taattua. (60.)

Toimintakeskus Riihen ilmansulkuna toimii rakenteeseen 1970-luvun alussa asennettu höyrynsulkumuovi. Rakennusosien saumoja ja ikkuna- ja oviliitoksia on jo kertaalleen tiivistetty sisältä päin. Syynä toimenpiteeseen oli vuonna 2007 suoritetussa kuntotutkimuksessa havaittu sisäilman kuitupitoisuus. Eristeiden kuidut kulkeutuivat tuolloin sisäilmaan rakenteiden epätiivetyksistä voimakkaasti alipaineisen ilmanvaihdon seurauksena (61). Myös ilmanvaihtojärjestelmään on tehty muutoksia kuntotutkimuksen jälkeen.

Toimintakeskus Riihen nykyistä ilmanpitävyyttä voidaan vain arvailla ilman sen mittaamista. Rakennuksen ilmanpitävyys vaikuttaa energiankulutuksen lisäksi olennaisella tavalla ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan. Mikäli tiiviiden tasoa ei tiedetä, aiheutetaan todennäköisesti ongelmia ilmanvaihdolle ja sisäilman laadulle. Onkin erittäin suositeltavaa selvittää Toimintakeskus Riihen ilmanpitävyys, painesuhteet sekä ilmanvuotoreittien sijainti. Keinoja ilmanpitävyyden parantamiseen esitetään opinnäytetyön luvussa 3.1.3.

## **7.2 Talotekniikan ratkaisut**

Maaseläntien päiväkodin vanhan osan taloteknisissä järjestelmissä on tavoitteena hyödyntää vanhoja järjestelmiä, mikäli se on niiden teknisen käyttöiän ja rakennuksien uusien vaatimusten osalta mahdollista. Suurin yksittäinen toimenpide-ehdotus koskee ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantamista.

### **7.2.1 Lämmitysjärjestelmä**

Valtion ja kuntien kiinteistöissä on ollut suuntauksena kaukolämpöverkkoon liittyminen. Suurin osa julkisten rakennusten lämmitysjärjestelmistä hyödyntää kaukolämpöä, joka on yleensä ympäristöystävällinen ja hinnaltaan edullinen. Kaukolämmöllä lämmitetyissä kiinteistöissä onkin enää vaikea saada aikaan suuria säästöjä kasvihuonekaasupäästöissä. (21, s. 6.)

Päiväkodin lattiapintojen tulee olla käyttäjiensä vuoksi lämpimän tuntuiset, mikä vuoksi lattialämmitystä suositellaan päiväkodin lämmönjakojärjestelmäksi.

Lattialämmitys jakaa päiväkodissa lämpöä juuri sinne, missä lapset sitä tarvitsevat, ja poistaa vedon tunnetta lämmön tasaisen jakaantumisen ansiosta. Lämmitysenergiankulutus voi pienentyä, jos varsinaista huonetilojen lämpötilaa voidaan laskea lattioiden ollessa tarpeeksi lämpimät. (62, s. 23.)

Myös Toimintakeskus Riihen alkuperäinen öljylämmitys on vaihdettu aiemman peruskorjauksen yhteydessä kaukolämpöön. Lämmitysmuotoa ei ole syytä lähteä vaihtamaan. Sen sijaan lämmitysverkon perussäätö on välttämätön lämpökuormien jakaantuessa uudella lailla muutostöiden jälkeen. Samoin voidaan miettiä, voitaisiinko lämmönjakojärjestelmä vaihtaa vesikiertoisesta patteriverkostosta lattialämmitysputkistoon. Toisaalta nykyinen, ulkoseiniä sisäpuolelta kiertävä patteriverkosto voi vaikuttaa myönteisesti riskialttiin valesokkelirakenteen toimintaan. Seinäpattereiden lämpösäteilyllä saattaa olla paikallisesti merkitystä tämän hetkisessä kosteusteknisessä toiminnassa.

### **7.2.2 Ilmanvaihto**

Toimintakeskus Riihen ilmanvaihto on järjestetty noin kaksi kolmasosaa rakennuksen pinta-alasta kattavalla tulo- ja poistoilmanvaihdolla, joka on varustettu lämmön talteenotolla muutama vuosi aiemmin. Rakennuksen päätyhuoneistossa on käytössä vain koneellinen poistoilmanvaihto. Tuleva Maaseläntien päiväkodin laajennus sijoitetaan suunnitelmien mukaan juuri tämän huoneiston yhteyteen.

Toimintakeskus Riihen ilmanvaihtojärjestelmän korjaukset tulee suunnitella yksityiskohtaisen kuntoselvityksen perusteella. Mikäli vanhaa kanavistoa halutaan hyödyntää jatkossa, täytyy kanaviston puhtaus, kunto, tiiviys ja tasapainotusmahdollisuus tarkistaa (35, s.65). Toimintakeskuksen oleva tulo- ja poistoilmajärjestelmä halutaan todennäköisesti säilyttää.

Päiväkotirakennusten sisäilmaston tavoitetasoksi suositellaan vähintään S2-luokan tasoa. Koska tilojen käyttäjämäärät vaihtelevat, on aiheellista miettiä mahdollisuutta tilakohtaiseen, automaattisesti ohjattuun ilmanvaihtoon. Automaattisen lämpötila-ohjauksen tai CO<sub>2</sub>-mittauksen perusteella mitoitettujen ilmamäärät voivat jäädä pienemmiksi kuin suurimman mahdollisen käyttäjämäärän

perusteella mitoitettut. Pienempi ilmamäärä vaatii pienempiä pääkanavia ja koneitehoja, mikä puolestaan pienentää energiankulutusta. (62, s. 23.)

Vuorokodin suuri käyttäjämäärä ja ympärivuorokautinen käyttö edellyttävät tehokasta ilmanvaihtoa. Mikäli ilmanvaihto noudattaa vain S3-luokan tavoitetason mukaisia ilmavirtoja, suositellaan rakennuksessa käytettävän yötuuletuksia (35, s.70). Tämä ei onnistu rakennuksessa tapahtuvan yöllisen käytön vuoksi. Jotta vuorohoitokodissa saavutetaan riittävän suuret ilmavirtaukset ja vaadittava lämpötilan hallinta, tulee pelkästään huippuimurin varassa olevan rakennuksen osassa harkita ilmanvaihtojärjestelmän parannusta. Lisäksi käyttöaika- ja laatu-tasomuutokset lisäävät energiankulutusta, mikä puoltaa lämmöntalteenottojärjestelmän hyödyntämistä.

Toimintakeskus Riihen huonekorkeus on vain 2,5 metriä, mutta koneellisen poistoilman päätyyn saataisiin luultavasti asennettua tuloilmakanavisto, kuten muuallakin rakennuksessa. Uusi konehuone voitaisiin sijoittaa laajennusosaan. Ilmanvaihdon suunnittelussa täytyy ottaa huomioon palomääräykset (35, s. 64). Lisäksi tehokas ilmanvaihto edellyttää vanhalta rakennukselta erittäin hyvää tiiviystasoa.

### **7.2.3 Sähkönkulutus**

Maaseläntien päiväkotiiin sijoitetaan kodinkoneita vain jakelukeittiöön ja pienehköön vaatehuoltotilaan. Laitesähköä kuluu myös toimistotilassa sekä talotekniikan järjestelmissä. Käyttöaikansa seurauksena vuorokodin valaistus vaikuttaa olennaisesti kiinteistön energiankulutukseen, minkä vuoksi valaistuksen suunnitteluun ja valaistushankintoihin tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Suosittelusten mukaan julkisen sektorin valaistuksen suunnittelussa sekä kustannuslaskelmissa tulee ottaa huomioon valaistuksen koko elinkaari. Elinkaari käsittää myös ylläpidon huoltoineen sekä tulevaisuuden muuntotarpeet. Näihin voidaan vaikuttaa valaisimien ja lamppujen valinnalla, oikealla sijoittelulla ja hyvin toimivalla ohjausautomaatiikalla. Käytössä olevia ohjaustekniikan ratkaisuja ovat läsnäolotunnistimet, luonnonvalon riittävyys mukaan ohjautuva vakiovalo sekä aikaohjelmoinnit. Ulkovalaistuksessa voidaan hyödyntää hämäräkytkimiä. (63, s. 2 ja 22.)

### 7.3 Käytönohjaus ja kulutusseuranta

Energiatehokkuutta julkisissa hankinnoissa tutkineiden Heljon ja Nippalan (21, s. 65 ja 67) mukaan kiinteistön hoidon ongelmaksi muodostuu usein lisääntyneen talotekniikan ja automatiikan käytön haastavuus. Kiinteistöhoitaja tarvitsee enemmän tietoa ja ohjeistusta, jotta energiatehokkuuden tavoitteisiin päästään. Näiden tavoitteiden saavuttamiseen vaaditaan myös jatkuvaa kulutusseurantaa, joka toteutetaan sekä automatiikan että käyttäjiltä saatavan palautteen avulla. Ensisijaisen tärkeää on, että seurannan tuloksiin reagoidaan. Havaittujen kulutuspoikkeamien tulee johtaa nopeasti korjaaviin toimenpiteisiin. (21, s. 65 ja 67) Edellä mainittuihin suosituksiin tulee panostaa myös Maaseläntien päiväkodin kiinteistön hoidossa.

Rakennuksen energiatehokkaaseen käyttöön voidaan ohjeistaa kiinteistöhuoltajia huoltokirjan avulla. On tärkeää, että huoltokirjaan saadaan tallennettua suunnittelijoiden korjausvaiheessa antama oleellinen tieto energiatehokkaista toimintatavoista. (21, s. 11.) Mikäli Toimintakeskus Riihen kiinteistöllä ei ole vielä huoltokirjaa, on se syytä laatia koko Maaseläntien päiväkodille tulevan peruskorjauksen yhteydessä.

Kuusamon kaupungin kannattaa seurata jatkossa kaupungin päiväkotien energiankulutusta ja vertailla tuloksia keskenään. Vertailun avulla löydetään toimivat ratkaisut, joita voidaan soveltaa muiden päiväkotien ylläpidossa ja korjauksissa.

## 8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli tutkia, kuinka energiatehokkuutta kannattaa parantaa suomalaisissa korjausrakentamiskohteissa alan tämän hetkisen tietämyksen valossa. Tavoitteena oli soveltaa koottua tietoa esimerkkikohteena toimivaan Kuusamon kaupungin entiseen virastotaloon, joka tullaan saneeraamaan ja laajentamaan Maaseläntien päiväkodiksi. Opinnäytetyössä esitettiin Maaseläntien päiväkodin energiatehokkuuden parantamiseksi toimenpideehdotuksia, joita laatiessa otettiin huomioon muita korjaussuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten rakennuksen uusi käyttötarkoitus sekä rakenteiden paloturvallisuus ja rakennusfysikaalinen toiminta. Rakennusfysikaalisen toiminnan tarkastelua varten laadittiin U-arvo- ja kosteuslaskelmat.

Opinnäytetyötä tehdessä havaittiin, että rakennusten ja rakentamisen energiatehokkuuden parantamisessa puhutaan suurista luvuista niin ympäristön kuin taloudellisten tekijöidenkin osalta. Energiankulutuksen säästöpotentiaali on merkittävä, kun otetaan huomioon myös nykyinen rakennuskanta. Samalla korjausrakentaminen on haastava suunnittelun ja teknisen toteutuksen ala, ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyvät kustannukset ovat korjausrakentamisessa usein suuremmat kuin uudisrakentamisessa.

Laadittu raportti osoittaa, että energiatehokkuuden parantaminen vaatii tietoa, osaamista ja energiatalouden ottamista osaksi suunnittelun lähtökohtia. Rakennusten energiankulutukselle ja päästöille on asetettava konkreettiset tavoitteet, joiden vähimmäistaso annetaan määräyksin päättäjien taholta. Yksittäisen hankkeen toteutus edellyttää energiatehokkuuden ottamista osaksi koko rakennuksen elinkaarta suunnittelusta ylläpitoon ja käyttöön. Suunnittelussa tulee pystyä yhdistämään eri alojen suunnitteluratkaisut toimivaksi kokonaisuudeksi, jotta tavoitteet saavutetaan. Energiatehokkaan ylläpidon ja käytön toteutumista edesautetaan lisäämällä tietoisuutta toimenpiteiden vaikutuksista käytännössä.

Opinnäytetyön suorituksen haasteellisten aikataulujen johdosta työn tulokset eivät yksinään riitä tarjoamaan valmiita ratkaisuja Maaseläntien päiväkodin energiatehokkuuden parantamiseen. Saneerauksen päätöksenteon tueksi vaa-



ditaan investointilaskelmia, jotka pohjautuvat kokonaisenergiankulutuksen laskentaan sekä ammattilaisten tekemiin rakennus- ja laiteosien kuntoselvityksiin.

Tulee kuitenkin muistaa, että investointilaskelmat sisältävät vain mitattavissa olevat tekijät. Energiakorjauksen optimiratkaisuun pyrkiessä on syytä ottaa huomioon taloudellisten aspektien lisäksi ympäristövaikutukset sekä käyttäjien tarpeet. Energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden ja hyvän rakennustavan toteuttamisen välillä on selkeä yhteys. Saavutettava hyöty ei ole siis yhtä kuin pelkkä energiankulutuksen pienentämisellä saavutettava taloudellinen säästö. Maaseläntien päiväkodin tapauksessa vaakakupissa painaa kaiken lisäksi julkisen sektorin esimerkinnäyttäjän rooli.

## LÄHTEET

1. Rakennusten energiatehokkuus direktiivi. 2011. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=120444>. Hakupäivä 2.10.2011.
2. Lehtinen, Teppo 2011. ERA17. Energiatehokas rakennussuunnittelu 2011, PowerPoint-esitys 14.1.2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
3. ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. 2010. Saatavissa: [http://era17.fi/wpcontent/uploads/2010/10/ERA17\\_loppuraportti.pdf](http://era17.fi/wpcontent/uploads/2010/10/ERA17_loppuraportti.pdf). Hakupäivä 2.10.2011.
4. ERA 17 – Tausta. 2010. Saatavissa: <http://era17.fi/tausta>. Hakupäivä 2.10.2011.
5. Kauppinen, Jyrki 2011. Energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Energiatehokas rakennussuunnittelu 2011, PowerPoint-esitys 18.2.2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
6. Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus. 2011. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [www.ymparisto.fi/energiatehokkuusdirektiivi](http://www.ymparisto.fi/energiatehokkuusdirektiivi). Hakupäivä: 8.10.2011.
7. Kurvinen, Antti 2010. Korjaustoiminnan energiataloudellisten valintojen systematiikka. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.
8. Jyrkkiö, Esa – Riistama, Veijo 1997. Laskentatoimi päätöksenteon apuna. 9.-11. painos. Porvoo: WSOY.
9. D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö.

10. Energiavuosi 2010 – Kaukolämpö. 2011. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://www.energia.fi/kalvosarjat/kaukolampo-2010-graafeina>. Hakupäivä 14.10.2011.
11. Liitekuvio 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. 2011. Tilastokeskus. Saatavissa: . [http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi\\_2011\\_02\\_2011-09-22\\_kuv\\_005\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi_2011_02_2011-09-22_kuv_005_fi.html). Hakupäivä 14.10.2011.
12. Holopainen, Riikka – Hekkanen, Martti – Hemmilä, Kari – Norvasuo, Markku 2007. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. VTT Tiedotteita 2377. Espoo: VTT.
13. Energiatodistus. 2011. Saatavissa: <http://www.energiatodistus.info/energiatodistus>. Hakupäivä 10.11.2011.
14. Energiatehokkuussopimukset. 2011. Saatavissa: [http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa\\_sopimuksista](http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista). Hakupäivä 10.11.2011.
15. Heljo, Juhani – Vihola, Jaakko 2011. Toteutettavissa olevat energiansäästöpotentiaalit Tampereen kaupungin asuinrakennuskannassa. Saatavissa: [http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/TATOS\\_loppuraportti\\_15042011.pdf](http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/TATOS_loppuraportti_15042011.pdf). Hakupäivä 9.10.2011.
16. Principles of low-energy houses applicable in North European countries and their applicability throughout the EU. 2010. Saatavissa: <http://northpass.ivl.se/publicationsfromnorthpass/reports/reports.5.7df4c4e812d2da6a416800035144.html>. Hakupäivä 15.10.2011.
17. Saari, Mikko 2011. Talotekniikka, osa 1. Energiatehokas rakennussuunnittelu 2011, PowerPoint-esitys 29.1.2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
18. Jalo, Tapio 2011. Motiva. Energiatehokas rakennussuunnittelu 2011, PowerPoint-esitys 18.3.2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

19. Julkisen sektorin energiatehokkuussuunnitelma. 2010. Motiva. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/julkisen\\_sektorin\\_energiatehokkuussuunnitelma](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/julkisen_sektorin_energiatehokkuussuunnitelma). Hakupäivä 6.11.2011.
20. Julkinen sektori edistämään kestäviä hankintoja. 2009. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=319096&lan=fi&clan=fi>. Hakupäivä 6.11.2011.
21. Heljo, Juhani – Nippala, Eero 2007. Energiatehokkuus julkisissa hankinnoissa – Rakentaminen ja rakennukset. JUHA -projektin osaraportti. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/1572/Energiatehokkuus\\_julkisissa\\_hankinnoissa\\_Rakentaminen\\_ja\\_rakennukset.pdf](http://www.motiva.fi/files/1572/Energiatehokkuus_julkisissa_hankinnoissa_Rakentaminen_ja_rakennukset.pdf). Hakupäivä 6.11.2011.
22. C3 Rakennusten lämmöneristys, määräykset 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö.
23. D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.
24. Tulla, Kauko 2011. T522606 Korjausrakentamisen jatkokurssi, rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. Opintomateriaali kevät 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
25. Vuolle, Mika 2011. Kokonaisenergiatarkastelun vaikutus suunnitteluun. Energiatehokas rakennussuunnittelu 2011, PowerPoint-esitys 18.2.2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
26. RT 83-10662. 1998. Yläpohjan lisälämmöneristäminen. Rakennustieto Oy.
27. Vinha, Juha 2010. Rakennusten rakennusfysikaalisen suunnittelun ja rakentamisen periaatteet. Teoksessa Rakentajain kalenteri 2011. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy.
28. Nieminen, Jyri 2010. INNOVA Kerrostalosta passiivitaloksi. Saatavissa: [http://innova.molentum.fi/sites/innova.molentum.fi/files/Innova\\_tietopaketti.pdf](http://innova.molentum.fi/sites/innova.molentum.fi/files/Innova_tietopaketti.pdf). Hakupäivä 6.4.2011.

29. Salovaara, Mikael 2010. Rakennusten rakennusfysikaalisen suunnittelun ja rakentamisen periaatteet. Teoksessa Rakentajain kalenteri 2011. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy.
30. Hemmilä, Kari 2011. Energiatehokkaat ikkunat. Energiatehokas rakennussuunnittelu 2011 -luentomateriaali 27.1.2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
31. Ikkunoiden energiatehokkuus. 2011. Motiva. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/vaikuta\\_hankinnoilla/ikkunoiden\\_energialuokitus/ikkunoiden\\_energiatehokkuus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energialuokitus/ikkunoiden_energiatehokkuus) Hakupäivä 15.10.2011.
32. RT 80-10974. 2009. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Rakennustieto Oy.
33. Kauppinen, Timo 2010. Rakennusten ilmanpitävyys. Teoksessa Rakentajain kalenteri 2011. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy.
34. Vinha, Juha 2011. Rakennusten ilmanpitävyys. Energiatehokas rakennussuunnittelu 2011, PowerPoint-esitys 28.1.2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
35. Peltola, Susanna (toim.) 2008. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Vammala: Opetushallitus.
36. Seppänen, Olli – Seppänen, Matti 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 2. painos. Jyväskylä: Sisäilmayhdistys ry.
37. Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu. 2011. Ympäristöministeriö. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=380376&lan=fi&clan=fi>. Hakupäivä 6.11.2011.
38. Vertaile lämmitysjärjestelmiä. 2011. Motiva. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/vertaile\\_lammitysjarjestelmia](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/vertaile_lammitysjarjestelmia). Hakupäivä 4.11.2011.

39. Energiatehokas ilmanvaihto. 2010. Motiva. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/files/3180/Energiatehokas\\_ilmanvaihto.pdf](http://www.motiva.fi/files/3180/Energiatehokas_ilmanvaihto.pdf). Hakupäivä 20.10.2011.
40. Valaistuksen ABC. 2011. Motiva. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/nain\\_saastat\\_energiaa/sahko/valaistuksen\\_abc](http://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/nain_saastat_energiaa/sahko/valaistuksen_abc). Hakupäivä 4.11.2011.
41. Kulutusseuranta. 2010. Motiva. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energian kayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutusseuranta](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutusseuranta). Hakupäivä 4.11.2011.
42. Seuranta ja raportointi. 2010. Motiva. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse\\_ ja\\_ tehosta\\_yrityksen\\_energian kayttoa/seuranta\\_ ja\\_ raportointi](http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse_ ja_ tehosta_yrityksen_energian kayttoa/seuranta_ ja_ raportointi). Hakupäivä 4.11.2011.
43. Toimintakeskus Riihen (Mittaritalon) työselityksiä vuosilta 1971–2005. Saatu käyttöön Kuusamon kaupungin rakennuttajainsinööri Jyrki Oikariselta vuonna 2011.
44. Toimintakeskus Riihen (Mittaritalon) pää-, rakenne- ja LVI-piirustuksia vuosilta 1971–2008. Saatu käyttöön Kuusamon kaupungin rakennuttajainsinööri Jyrki Oikariselta vuonna 2011.
45. Oikarinen, Jyrki 2011. Rakennuttajainsinööri, Kuusamon kaupunki. Tapaminen 14.3.2011.
46. E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö.
47. L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki.
48. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. 2005. Helsinki: Ympäristöministeriön julkaisu.
49. Mikkola, Esko – Karhula, Teemu – Grönberg, Peter – Rynänen Joonas. 2010. Yksinkertaistetut vaatimukset P2-luokan asuin- ja työpaikkakerrostalon palo-osaston kantavien rakenteiden suojaukselle ja toiminnallisen palo-

- mitoituksen ohjeiden selkeytys. Saatavissa:  
<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-07556-10.pdf>. Hakupäivä  
15.5.2011.
50. Suojaverhoukset. 2011. Puuinfo. Saatavissa:  
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/suojaverhoukset-p2-paloluokan-rakennuksissa/suojaverhoukset-98.pdf>.  
Hakupäivä 1.11.2011.
51. C4 Lämmöneristys, ohjeet 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö.
52. Isover KL 32. 2011. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Saatavissa:  
<http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/kevyet-rakennuseristeet/2576/isover-kl-32>. Hakupäivä 10.4.2011.
53. SPU Eristeiden tekniset ominaisuudet. 2011. SPU Systems Oy. Saatavissa:  
[http://www.spu.fi/eristeet\\_tutkitusti\\_turvallinen](http://www.spu.fi/eristeet_tutkitusti_turvallinen). Hakupäivä 10.4.2011.
54. Björkholtz, Dick 1997. Lämpö ja kosteus - Rakennusfysiikka. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
55. Rafnet-oppimateriaalin teoriaosan osio K (kosteus). 2009. Rafnet-ryhmä.
56. RT K-37675. 2008. Thermisol EPS-eristeet. Saatavissa:  
[http://www.thermisol.fi/assets/files/Eriste\\_Esitteet/RT-Lattia.pdf](http://www.thermisol.fi/assets/files/Eriste_Esitteet/RT-Lattia.pdf). Hakupäivä  
10.4.2011.
57. Paroc-rakennuseristeet, tekniset tiedot. 2010. Paroc Oy Ab. Saatavissa:  
[http://www.paroc.com/spps/Finland/BI\\_attachments/PAROC\\_rakennuseristeiden\\_tuotetiedot\\_122010.pdf](http://www.paroc.com/spps/Finland/BI_attachments/PAROC_rakennuseristeiden_tuotetiedot_122010.pdf). Hakupäivä 10.4.2011.
58. Vesihöyrynvastus. 2011. SPU Systems Oy. Saatavissa:  
<http://www.spu.fi/vesihoyryn-vastus-ilmanpitavyys-radonsuo>. Hakupäivä  
10.4.2011.
59. RT 18-10922. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustieto Oy.

60. Vanhenevan rivitalon anatomia. Kiinteistölehti 5/2008. Saatavissa:  
<http://www.kiinteistolehti.fi/artikkelit/?id=582>. Hakupäivä 21.10.2011.
61. Toimintakeskus Riihi – Kosteustekninen kuntotutkimus, Tutkimusselostus.  
2007. RTC Oulu Oy. Saatu käyttöön Kuusamon kaupungin rakennuttaja-  
päällikkö Jyrki Oikariselta vuonna 2011.
62. RT 96-11003. 2010. Päiväkotien suunnittelu. Rakennustieto Oy.
63. Kokonaistaloudelliset valaistushankinnat. 2011. Motiva. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/files/4328/Kokonaistaloudelliset\\_valaistushankinnat.pdf](http://www.motiva.fi/files/4328/Kokonaistaloudelliset_valaistushankinnat.pdf).  
Hakupäivä 6.11.2011.





## TIIVISTYMISJAKSO

US materiaali	d [mm]	$\lambda_n$ [W/(m·C)]	R [m <sup>2</sup> ·C/W]	Talvi		$p_{max}$ [Pa]	$\delta_p$ [kg/(m <sup>3</sup> ·s·Pa)]	$Z_p$ [m <sup>2</sup> ·s <sup>3</sup> ·Pa/kg]	$\Delta p$ [Pa]	p [Pa]	RH [%]
				dT [C]							
Ulkopinta			0,04	0,200	-8,9	312				265	85,0
Tiili, NRT	130	0,6	0,217	1,086	-8,700	317	3,10E-11	4,19E+09	0,5		
Bitulit	12	0,065	0,185	0,925	-7,614	345	1,90E-11	6,32E+08	0,1	265,7	77,0
Mineraalivilla	125	0,045	2,778	13,919	-6,689	370	1,05E-10	1,19E+09	0,1	265,8	71,7
SPU AL 60	60	0,023	2,609	13,072	7,230	1017	-	4,1E+12	455,0	265,9	26,1
Kipsilevy	13	0,25	0,004	0,022	20,302	2382	2,00E-11	6,50E+08	0,1	720,9	30,3
Kipsilevy	15	0,25	0,005	0,025	20,324	2385	2,00E-11	7,50E+08	0,1	721,0	30,2
Sisäpinta			0,13	0,651	20,349	2388					
Yhteensä			5,967		21,000	2486		4,11E+12		721,0	29,0
U-arvo			0,17								-> ei tiivistymistä -> OK!

US materiaali	d [mm]	$\lambda_n$ [W/(m·C)]	R [m <sup>2</sup> ·C/W]	Kesä		$p_{max}$ [Pa]	$\delta_p$ [kg/(m <sup>3</sup> ·s·Pa)]	$Z_p$ [m <sup>2</sup> ·s <sup>3</sup> ·Pa/kg]	$\Delta p$ [Pa]	p [Pa]	RH [%]
				dT [C]							
Ulkopinta			0,04	0,044	14,5	1650				1213	73,5
Tiili, NRT	130	0,6	0,217	0,236	14,544	1655	3,10E-11	4,19E+09	0,6		
Bitulit	12	0,065	0,185	0,201	14,780	1681	1,90E-11	6,32E+08	0,1	1213,7	72,2
Mineraalivilla	125	0,045	2,778	3,026	14,981	1702	1,05E-10	1,19E+09	0,2	1213,8	71,3
SPU AL 60	60	0,023	2,609	2,842	18,007	2064	-	4,1E+12	625,7	1214,0	58,8
Kipsilevy	13	0,25	0,004	0,005	20,848	2463	2,00E-11	6,50E+08	0,1	1839,7	74,7
Kipsilevy	15	0,25	0,005	0,005	20,853	2464	2,00E-11	7,50E+08	0,1	1839,8	74,7
Sisäpinta			0,13	0,142	20,858	2465					
Yhteensä			5,967		21,000	2486		4,11E+12		1839,8	74,0
U-arvo			0,17								-> ei tiivistymistä -> OK!

## TIIIVISTYMISJAKSO

US	d [mm]	$\lambda_n$ [W/(m·C)]	R [m <sup>2</sup> ·C/W]	Talvi dT [C]	$p_{max}$ [Pa]	$\delta_p$ [kg/(m <sup>3</sup> ·s·Pa)]	$Z_p$ [m <sup>2</sup> ·s <sup>3</sup> ·Pa/kg]	$\Delta p$ [Pa]	p [Pa]	RH [%]
Ulkopinta			0,04	0,257	216				182	84,0
Tiili, NRT	130	0,6	0,217	1,391	221	3,10E-11	4,19E+09	4,9		
Bitulit	12	0,065	0,185	1,185	247	1,90E-11	6,32E+08	0,7	186,4	75,5
Runkotolpat	125	0,12	0,086	0,555	271	-	-	-		
Mineraalivilla	125	0,045	2,547	16,349	284	1,05E-10	1,19E+09	1,4	187,2	66,0
Muovi	0,2	-	0,020	0,128	950	4,44E-16	4,5E+11	527,0	188,5	19,8
Lujalevy	11	0,25	0,044	0,282	959	3,30E-12	3,33E+09	3,9	715,6	74,6
Koolaus	70	0,12	0,048	0,311	977	-	-	-	719,5	73,6
Isover KL32	70	0,032	2,006	12,875	999	1,05E-10	6,67E+08	0,8		
Kipsilevy	13	0,25	0,052	0,334	2313	2,00E-11	6,50E+08	0,8	720,2	31,1
Sisäpinta			0,13	0,834	20,2					
Yhteensä			5,375		2486		4,61E+11		721,0	29,0
U = 1/R			0,19							
$\Delta U$			0,01							
$U_c = U + \Delta U$			0,20							-> ei tiivistymistä -> OK!

## KUIVUMISJAKSO

US	d [mm]	$\lambda_n$ [W/(m·C)]	R [m <sup>2</sup> ·C/W]	Kesä dT [C]	$p_{max}$ [Pa]	$\delta_p$ [kg/(m <sup>3</sup> ·s·Pa)]	$Z_p$ [m <sup>2</sup> ·s·Pa/kg]	$\Delta p$ [Pa]	p [Pa]	RH [%]
Ulkopinta			0,04	0,044	1716				1261	73,5
Tiili, NRT	130	0,6	0,217	0,238	1720	3,10E-11	4,19E+09	5,3	1266,2	72,5
Bitulit	12	0,065	0,185	0,203	1747	1,90E-11	6,32E+08	0,8	1267,0	71,6
Runkotolpat	125	0,12	0,086	0,095	1770	-	-	-		
Mineraalivilla	125	0,045	2,547	2,796	1781	1,05E-10	1,19E+09	1,5		
Muovi	0,2	-	0,020	0,022	18,475	4,44E-16	4,5E+11	565,4	1268,5	59,7
Lujalevy	11	0,25	0,044	0,048	18,497	3,30E-12	3,33E+09	4,2	1833,9	86,2
Koolaus	70	0,12	0,048	0,053	18,545	-	-	-	1838,1	86,1
Isover KL32	70	0,032	2,006	2,202	18,598	1,05E-10	6,67E+08	0,8		
Kipsilevy	13	0,25	0,052	0,057	20,800	2,00E-11	6,50E+08	0,8	1839,0	74,9
Sisäpinta			0,13	0,143	20,857					
Yhteensä			5,375		21,0		4,61E+11		1839,8	74,0
U = 1/R			0,19							
$\Delta U$			0,01							
$U_c = U + \Delta U$			<b>0,20</b>							-> ei tiivistymistä -> OK!

**Lisäeristetty seinärakenne: Mineraalivilla 70 mm****RUNKOTOLPAN ULKOPINTA**

kk	Lämpötila [°C]		RH [%]	Homehtumisaika t [vko]	Homehtumisriski 31/7t
	DOF-lämpö	DOF-lämpö			
tammi	-12,27	68,4		(< 0 °C)	
helmi	-10,89	68,2		(< 0 °C)	
maalisk	-6,19	67		(< 0 °C)	
huhti	-0,29	63		(< 0 °C)	
touko	6,25	61,1		(< 75 %)	
kesä	12,34	62,4		(< 75 %)	
heinä	14,64	67		(< 75 %)	
elo	11,97	73,6		(< 75 %)	
syys	7,08	78		54,93	0,081
loka	1,46	77,9		162,67	0,027
marras	-5,18	75		(< 0 °C)	
joulu	-10,43	69,6		(< 0 °C)	
YHT.					0,108

&lt;1 -&gt; EI RISKIÄ!

**Lisäeristetty seinärakenne: Mineraalivilla 70 mm****KOOLAUKSEN ULKOPINTA**

kk	Lämpötila [°C]		RH [%]	Homehtumisaika t [vko]	Homehtumisriski 31/7t
	DOF-lämpö	DOF-lämpö			
tammi	5,28	76,1		92,64	0,048
helmi	6,45	74,1		(< 75 %)	
maalisk	8,59	71,8		(< 75 %)	
huhti	11,28	71,1		(< 75 %)	
touko	14,27	71		(< 75 %)	
kesä	17,05	76,6		38,44	0,115
heinä	18,1	80,6		18,91	0,234
elo	16,88	83		13,48	0,329
syys	14,65	82,5		16,06	0,276
loka	12,08	79,1		31,82	0,139
marras	9,05	76,9		56,06	0,079
joulu	6,66	65,2		(< 75 %)	
YHT.					0,266

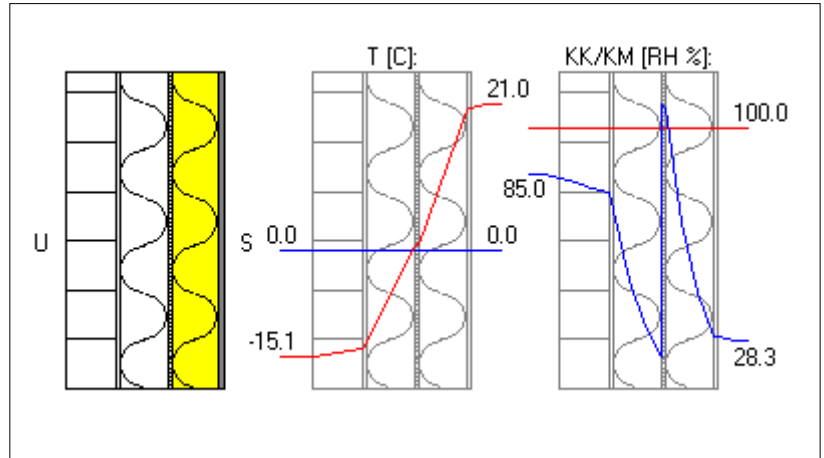
&lt;1 -&gt; EI RISKIÄ!

Rakennuskohde: Maaseläntien päiväkoti	Sisältö: LIITE 4	
Suunnittelija: Riikka Heikkilä	Päiväys: 12/2/2011	Tunnus:

### Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.167 W/m<sup>2</sup>K  
Paksuus: 416.200 mm  
Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
Paino: 237.06 kg  
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 1.281e+05 m<sup>2</sup>hPa/g  
Vesih. läpäisykerroin: 7.806e-06 g/m<sup>2</sup>hPa  
Lämmönvastus: 5.990 m<sup>2</sup>K/W  
Pintavastus, ulko: 0.040 m<sup>2</sup>K/W  
Pintavastus, sisä: 0.130 m<sup>2</sup>K/W  
Kulma (0-90): 90.000



### Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Punatiili	130.00	0.6000	3.100000e-11	0.00	1500.00
2 Puukuitulevy, huok.	12.00	0.0650	1.900000e-11	0.00	350.00
3 Mineraalivilla	125.00	0.0450	1.050000e-10	0.00	30.00
4 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	4.444444e-16	0.00	900.00
5 Lujalevy	11.00	0.2500	3.300000e-12	0.00	1200.00
6 ISOVER KL 32	125.00	0.0320	1.050000e-10	0.00	0.00
7 Gyproc GEK 13	13.00	0.2500	2.000000e-11	0.00	900.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/K](kpl):
3 Puu(mänty)	0.1200	8.3	0.00	450.00	---
6 Puu(mänty)	0.1200	8.3	0.00	450.00	---

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

### Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (744.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-15.10	100.0	85.0	85.0	0.00
1	-14.90	100.0	83.5	83.5	0.00
2	-13.84	100.0	78.5	78.5	0.00
3	-12.93	100.0	72.6	72.6	0.00
4	0.71	100.0	22.7	22.7	0.00
5	0.71	100.0	108.5	100.0	5.17
6	0.93	100.0	107.4	100.0	65.45
7	20.11	100.0	29.9	29.9	0.00
8	20.36	100.0	29.4	29.4	0.00
S	21.00	100.0	28.3	28.3	0.00

### Lisätiedot:

U-arvossa mukana korjaustermi = 0.010 W/m<sup>2</sup>K

### Tiivistymisvaara! (SK\_max = 100.0 %)

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