

Tuula Liikanen

ENERGIATEHOKAS YLÄPOHJAN JA VESIKATON KORJAUS

ENERGIATEHOKAS YLÄPOHJAN JA VESIKATON KORJAUS

Tuula Liikanen
Opinnäytetyö
Syksy 2014
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, talonrakennustekniikka

Tekijä: Tuula Liikanen
Opinnäytetyön nimi: Energiatehokas yläpohjan ja vesikaton korjaus
Työn ohjaaja: Martti Hekkanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2014 Sivumäärä: 32 + 7 liitettä

Korjausrakentaminen on jo ylittänyt arvoltaan uudisrakentamisen. 1970-luvuilla rakennetut asunnot ovat korjausrakentamisvaiheessa ja niiden peruskorjaustarve on akuutti, joten aihe on hyvin ajankohtainen. Valtion myöntämät korjausavustukset vauhdittavat osaltaan korjausrakentamista.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda energiatehokas ja toimiva konsepti 1970-luvun pientalojen vesikaton ja yläpohjan korjaukseen. Työssä esimerkkikohteelle laadittiin korjaussuunnitelma ja energiakulutuksen laskennallista muutosta tarkasteltiin Oulun ammattikorkeakoulun kehittämällä INTO 6-laskentaohjelmalla. Eri energiataloutta parantaviin ratkaisuihin perehdyttiin toimittajilta saatujen tarjousten perusteella sekä tutustumalla alan kirjallisuuteen ja muuhun saatavilla olevaan materiaaliin.

Luvanvaraisissa korjaus- ja muutostöissä on aina tarkasteltava mahdollisuus parantaa energiatehokkuutta. Mikäli energiatehokkuuden parantaminen korjauksen yhteydessä on taloudellisesti, teknisesti ja toiminnallisesti mahdollista, se tulee toteuttaa.

Opinnäytetyössä saatiin laadittua konsepti, joka on tuotteistettavissa. Pienin muutoksin konsepti on hyödynnettävissä sekä korjaus- ja uudisrakennuksissa. Konseptia tullaan jatkossa hyödyntämään työelämässä.

Asiasanat:

vesikatto, korjausrakentaminen, korjauskonsepti, energiatehokkuus, energia-korjaus, lisäeristäminen

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	5
2 PIENTALOJEN ENERGIANKULUTUS	7
3 YLÄPOHJAN JA VESIKATON KORJAUS	11
3.1 Korjauskonseptin sisältö	11
3.1.1 Yläpohjan lisälämmöneristys	12
3.1.2 Aurinkopaneelit	14
3.1.3 Aurinkokeräimet	16
3.1.4 Ilmalämpöpumput	18
3.2 Korjausprosessin vaiheet	21
3.2.1 Vesikaton tarkastus	22
3.2.2 Tiiveysmittaus ja lämpökamerakuvaus	23
3.2.3 Korjauksen vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen	23
3.2.4 Korjauksen kannattavuus	23
3.3 Korjauksen toteutus käytännössä	24
4 KONSEPTIN YHTEENVETO	25
5 POHDINTA	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	33

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä keskitytään 1970-luvun pientaloihin ja niiden energiatehokkuuden parantamiseen vesikaton uusimisen yhteydessä. Esimerkkikohteena on 1977 rakennettu pientalo Kempeleessä (liite 1). Laskelmissa käytetään Martti Hekkasen Oulun ammattikorkeakoulussa kehittämää INTO 6 –ohjelmaa, jolla voi laskea rakennuksen lämmitysenergian tarpeen ja arvioida toimenpiteiden kannattavuutta.

1970-luvulla muutettiin maalta kaupunkiin ja rakennettiin 600 000 asuntoa, kyseessä oli Suomen asuntorakentamisen kiihkein vuosikymmen. (Valtion tuke-
maa asuntotuotantoa. 2013.)

Korjausrakentaminen kasvaa tasaisella vauhdilla ja on jo ylittänyt arvoltaan uudisrakentamisen. Energiatehokkuuden parantamisen tarve vauhdittaa korjauksia ja valtaosa rakennuskannasta, 1960– ja 1970–luvuilla rakennetut asunnot, ovat korjausrakentamisvaiheessa ja niiden peruskorjaustarve on akuutti. Valtion myöntämät korjausavustukset vauhdittavat osaltaan korjausrakentamista. Tänä vuonna arvioidaan aloitettavan vain 25 000 uutta asuntoa ja ensi vuonna uudisrakentamisessa laskua odotetaan olevan 2 %. (Suhdanne-
katsaus – Rakentaminen mataa pohjalukemissa. 2014, 3,5.)

Luvanvaraisissa korjaus- ja muutostöissä on aina tarkasteltava mahdollisuus parantaa energiatehokkuutta. Mikäli energiatehokkuuden parantaminen korjauksen yhteydessä on taloudellisesti, teknisesti ja toiminnallisesti mahdollista, se tulee toteuttaa. Energiatehokkuuden parantamiseen on useita erilaisia keinoja ja riittävää parannusta voidaan mitata eri tavoin. (Korjausrakentaminen. 2014.)

Talon saneeraus useimmiten aloitetaan vesikatteesta. Mikään talossa tehtävä korjaus ei ole pitkäikäinen, jos laajin sade- ja sulamisvesiä keräävä pinta, vesikatto, ei ole vedenpitävä. Uusittu vesikatto parantaa kohteen jälleenmyyntiarvoa ja mahdollistaa muiden korjausten onnistumisen.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda konsepti yläpohjan ja vesikaton energia-
tehokkaasta korjaustavasta ja esittää, kuinka korjaushanke etenee käytän-
nössä. Tavoitteena on luoda kokonaisuus, jonka toimivuudesta ja kannatta-
vuudesta voi olla varma. Tavoitteena on toimiva konsepti, jonka myyjällä on
valmius toimittaa ratkaisu avaimet käteen –periaatteella. Tällä hetkellä mark-
kinoilla ei ole toimijaa, joka voi toimittaa toimivan kokonaisuuden, eikä toimen-
piteen kannattavuudesta, esimerkiksi energiakulutuksen muutoksesta, ole
saatavilla tarkempaa tietoa. Nyt luodaan tuotteista ja palveluista koostuva rat-
kaisu, jota testataan oikeassa esimerkkikohteessa. Konsepti laaditaan siten,
että se on välittömästi tuotteistettavissa.

Opinnäytetyössä selvitetään eri vaihtoehtojen kustannuksia ja niiden kannat-
tavuutta, mikä osaltaan helpottaa valittavan korjaustavan valintaa. Vaihtoehto-
ja tutkitaan esimerkkikohteessa, jonka kautta saadaan yksikkötietoa, jota voi
hyödyntää 1970-luvulla rakennettuihin pientaloihin. Lisäksi työssä käsitellään
eri toteutusvaihtoehtoja energiatehokkuuden parantamiseksi kattoremontin yh-
teydessä.

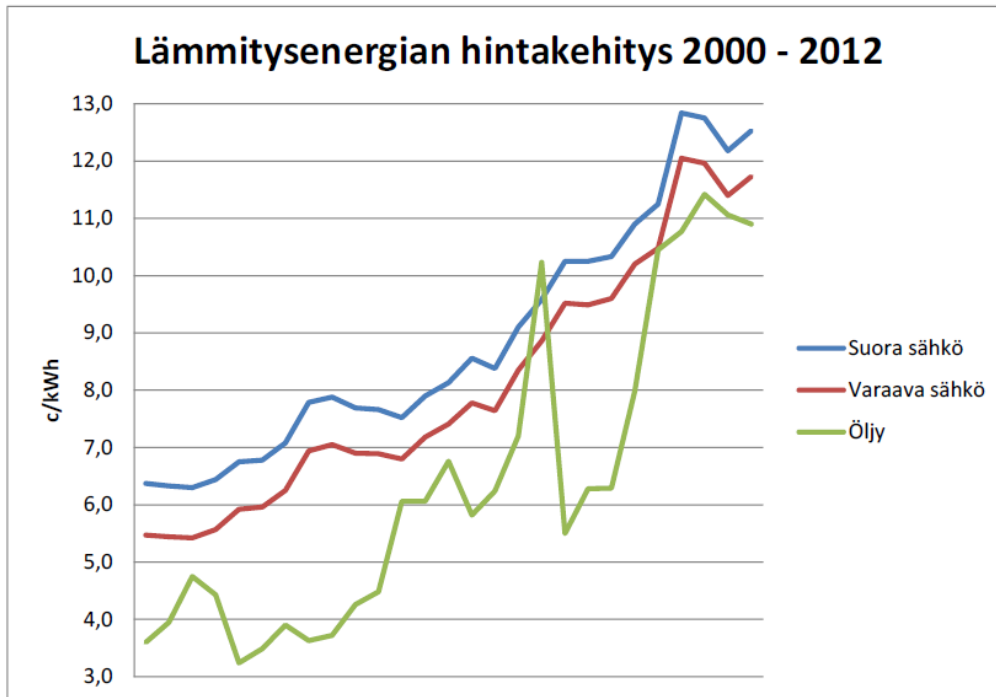
Konseptin tuotteistamista ei tutkita.

2 PIENTALOJEN ENERGIANKULUTUS

Korjausrakentamisella on pitkällä aikavälillä suuri merkitys Suomen energiakulutukseen. Rakennuksissa kuluu nykyään noin 40 % energian kokonaiskulutuksesta. Energiatehokkuusmääräykset ovat osa EU:n rakennusten energiaterhokkuusdirektiivin EPBD:n toimeenpanoa ja edistävät samalla Suomen tavoitteita energiaterhokkuuden parantamiseksi. (Korjausrakentamisen energiaterhokkuusmääräykset lausuntokierroksella. 2014.)

EU:n tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 % 1990-luvun tasosta. Tavoitteena on myös lisätä uusiutuvien energiamuotojen käyttöä 20 % ja parantaa EU:n energiaterhokkuutta 20 %. (The 2020 climate and energy package. 2014.)

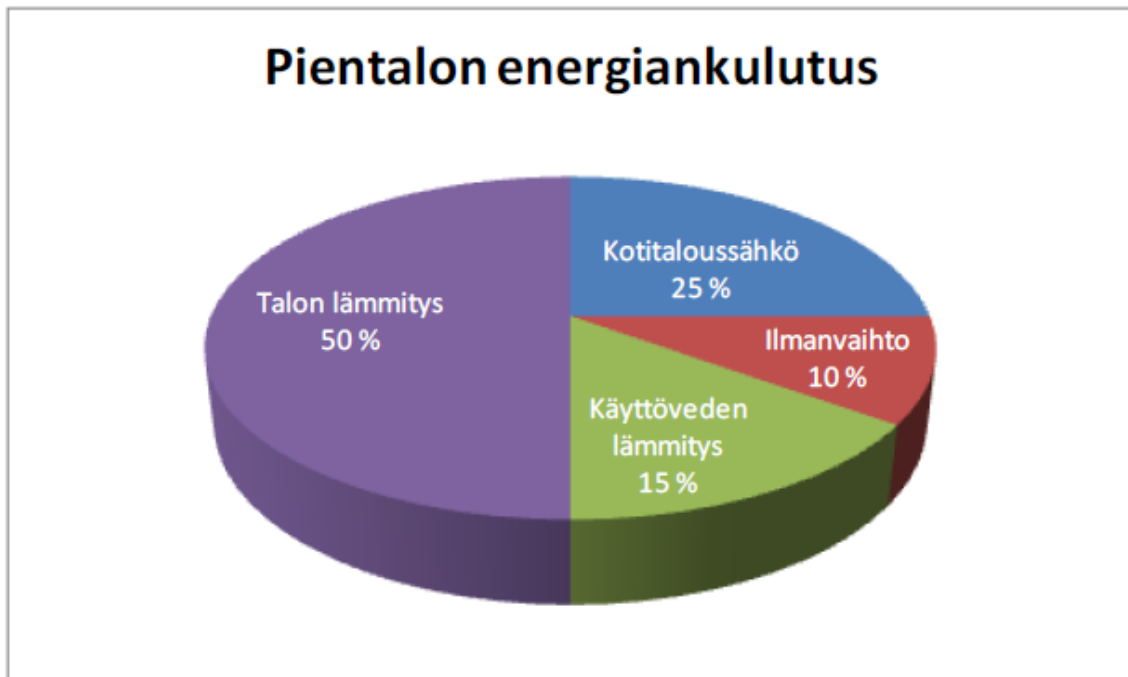
Omakotitalojen lämmittämisessä tarvittava energia saadaan pääosin uusiutumattomista luonnonvaroista, kuten öljystä. Liikenne ja teollisuus kuluttavat samoja uusiutumattomia luonnonvaroja. Energiavarastot ovat rajalliset, eivätkä ne riitä loputtomiin, mikä nostaa lämmitysenergian hintaa (kuva 1). Energian kysyntä kasvaa koko ajan. Talouden kasvu, erityisesti Intiassa, Kiinassa, Kauko- ja Lähi-idässä, lisäävät energian kulutusta. (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013.)



KUVA 1. Lämmitysenergian hintakehitys Suomessa (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013)

Poliittiset päätökset vaikuttavat myös energian hintaan. Esimerkiksi verotuksella pyritään hillitsemään kulutuksen kasvua ja ohjaamaan valintoja energiaa säästäviin ratkaisuihin. Valtio saa energiasta kannettavina valmisteveroina vuosittain lähes 3 miljardia euroa. (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013.)

Pientalossa energiaa kuluu kotitaloussähköön, talon lämmittämiseen, käyttöveden lämmittämiseen ja ilmanvaihdon tuloilman lämmittämiseen. Pientalon energiankulutus jakautuu kuvan 2 mukaisesti. (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013.)



KUVA 2. Pientalon energiankulutuksen jakautuminen (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013)

Keskimäärin energiaa kuluu vuodessa 160 – 170 kWh/m². Energiankulutuksen jakautuminen vaihtelee kuitenkin taloittain. Tähän vaikuttavat erot talojen eristävyydessä, talon lämmitysjärjestelmä ja asukkaiden asumiskäyttäytymisen. (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013.)

EU ja Suomi ovat sitoutuneet merkittäviin kasvihuonepäästöjen leikkauksiin. Todennäköistä on, että uusiutumattomaan energiaan kohdistuvat veropaineet kasvavat entisestään ja kuluttajahinnat nousevat. (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013.)

Ympäristöministeriön asetus energiatehokkuuden parantamisesta luvanvaraisissa korjaus- ja muutostöissä tuli voimaan 1.9.2013. Nykyisin on kolme vaihtoehtoista tapaa osoittaa määräysten mukainen korjaaminen. Ensimmäisenä vaihtoehtona on *rakennusosakohtaisten vaatimusten täyttäminen*. Parantaa lämmönpitävyyttä nykyvaatimusten mukaisiin arvoihin (yläpohja 0,09 W/m²K) tai alkuperäinen U-arvo X 0,5. Toisena vaihtoehtona on *koko rakennuksen energiankulutusvaatimus*. Rivi-, pien- ja ketjutaloissa energiankulutus vuodes-

sa saa laskennallisesti olla maksimissaan $\leq 180 \text{ kWh/m}^2$. Kolmantena vaihtoehtona on *E-luku-vaatimus*. Kokonaisenergian kulutuksen tulee pienentyä korjauksen jälkeen laskennallisesti $\leq 0,8$ x alkuperäinen E-luku, eli E-lukua on pienennettävä vähintään 20 %. Tässä vaihtoehdossa laskennalliset energiankäytöt kerrotaan energiamuotokertoimilla, eli laskelmaa ei tehdä todellisten kulutusmuutosten mukaan. (Heijo 2014, 50-51)

3 YLÄPOHJAN JA VESIKATON KORJAUS

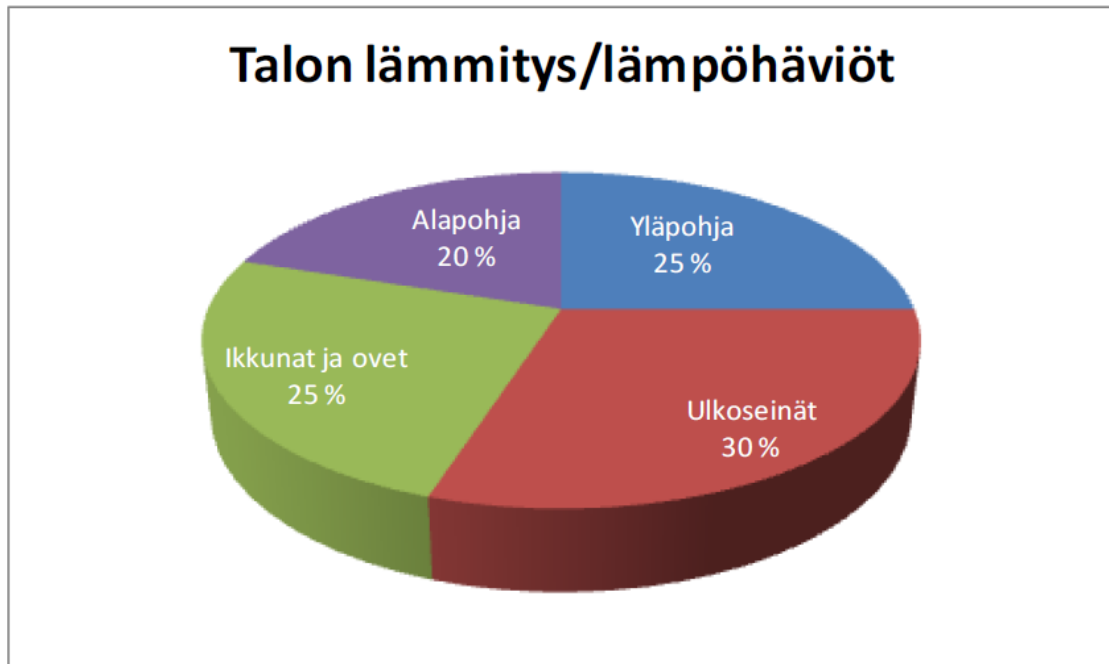
Talon saneeraus aloitetaan useimmiten vesikatteesta. 1970-luvun pientaloissa alkuperäiset katemateriaalit ovat tulleet jo elinkaarensa päähän ja uusiminen on ajankohtaista. Luvuissa 3.1 – 3.3 kuvataan korjauskonseptin sisältöä ja eri toteutusvaihtoehtoja, korjausprosessin vaiheita ja korjauksen toteutusta käytännössä.

3.1 Korjauskonseptin sisältö

Opinnäytetyössä korjauskonsepti luodaan tiili-, bitumi- ja peltikatteille. Konseptien tarkempi kuvaus löytyy liitteestä 4.

Vaihtoehtoisina toteutusmuotoina kattosaneerauksen yhteydessä tarkastellaan lisälämmöneristystä, aurinkopaneeleja ja –keräimiä sekä ilmalämpöpumppuja. Ilmalämpöpumpun asennus ei varsinaisesti kuulu kattosaneerauksen yhteydessä toteuttaviin toimenpiteisiin, mutta useimmiten myös lämmitysjärjestelmä 1970-luvun pientaloissa kaipaa päivitystä, joten vaihtoehto on otettu tarkasteluun. Lämpöpumpuista tarkastellaan vain esimerkkikohteeseen soveltuvia ratkaisuja. Maalämpöjärjestelmän rakentaminen esimerkkikohteeseen ei onnistu, koska kalliopinta on syvällä, eikä asukas halua uusia piharakenteita (Huovinen 2014).

Talon lämmittämiseen käytettävä energia poistuu talosta johtumalla ylä- ja alapohjarakenteiden, ulkoseinien, sekä ovien ja ikkunoiden läpi. Lämpöhäviöiden jakautuminen eri rakenneosien suhteen vaihtelee taloittain riippuen talon iästä, koosta, tyypistä ja rakennusmateriaaleista. Talon rakenteiden kautta johtumalla poistuva energia jakautuu tyypillisesti kuvan 3 mukaisesti. (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013.)



KUVA 3. Talon rakenteiden kautta johtumalla poistuvan energian jakauma (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013)

Esimerkkikohteessa yläpohjan johtumishäviö on 4 116 kWh vuodessa. Tarkemmat energialaskelmat ja –kulutukset löytyvät liitteestä 5.

3.1.1 Yläpohjan lisälämmöneristys

Yläpuolisen lisäeristämisen yhteydessä on varmistuttava, että vanha rakenne on riittävän ilma- ja höyrytiivis. Tarvittaessa alapuolelle on asennettava höyrynsulku. Yläpohjan ilmavuotoja ei havaita helposti, koska lämmin ilma nousee ylöspäin eikä vedon tunnetta ilmene samalla tavoin kuin rakennuksen alempien osien ilmavuodoissa. Yläpohjan tiiviiden selvittäminen vaatii tarkkaa tutkimusta, esimerkiksi tiiviiden mittausta painekokeella ja infrapunakuvausta. (Lappalainen 2010, 134.) Merkittävä yksittäinen ilmanvuotokohta on ulkoseinän ja yläpohjan liitos (Lahtinen 2014, 132).

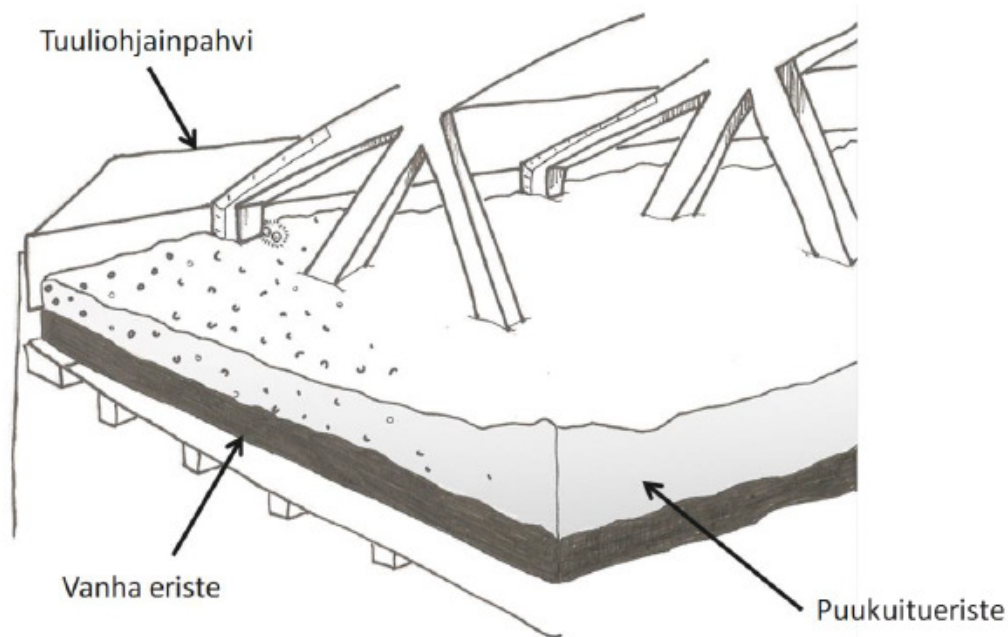
Arvioiden mukaan noin kolmasosa koko ilmavuotomäärästä tapahtuu ulkoseinän ja yläpohjan liittymän kautta. Ilmavuodon suunta riippuu ilmanvaihtojärjestelmästä. Painovoimaisen ilmanvaihdon rakennuksissa vuotoilma kulkee ra-

kennuksen yläosissa usein sisältä ulospäin. Koneellisessa poistoilmavaihdossa suunta voi olla ulkoa sisälle päin. (Tiiveyskorjaus. 2014.)

Yläpohjan lisäeristäminen on järkevää muiden remonttien yhteydessä. Lisäeristystoimista yläpohjan lisäeristäminen maksaa itsensä varmasti takaisin. Yläpohjan eristeiden tulee toimia kosteusteknisesti yhteneväisesti. Lisättävän eristeen tulee soveltua yhteen vanhan kanssa, esimerkiksi purun päälle voidaan lisätä valinnan mukaan esimerkiksi selluvillaa. Näin ollen sekä vanha että uusi eriste ovat orgaanisia. (Lahtinen 2014, 130 – 132.)

Yläpuolelle asennetun lisälämmöneristeen on oltava harvempaa kuin alkuperäisen eristeen. Jos uusi eriste on tiiviimpi kuin vanha eriste, alkaa kosteutta kerääntymään uuden eristekerroksen alapintaan. Tämä aiheuttaa ennen pitkää vaurioita yläpohjassa. Yläpuolinen lisälämmöneristys nostaa alkuperäisen lämmöneristyskerroksen lämpötilaa ja näin rakenne pysyy kuivempana. Vanhan lämmöneristeen kokonaan uusiminen sopii tilanteisiin, joissa yläpuolelle ei mahdu lisää eristettä. Tämä vaihtoehto on käyttökelpoinen myös silloin, kun yläpohjaan tehdään muutenkin perusteellinen remontti tai vanhat eristeet ovat käyttökelvottomia. Ennen yläpohjan lisäeristystä tulee savuhormien ympärille asentaa ohjeiden edellyttämät paloeristyskerrokset uuden lämmöneristyskerroksen yläpintaan saakka. (Yläpohjan lisälämmöneristys. 2014.)

Lisäeristystä lisättäessä tulee varmistaa yläpohjan tuuletuksen toimivuus. Tuuletuksena tulee olla katon ja eristeen välillä vähintään 100 millimetriä, mielellään enemmän. Räystäiltä ohjattavan korvausilman, ns. räystästuuletuksen, on päästävä poistumaan katon harjalla tai päätykolmioissa olevista aukoista. On myös varmistuttava, että ilma myös vaihtuu yläpohjassa. (Lahtinen 2014, 130 – 132.) Kuvassa 4 on periaatepiirros yläpohjan lisäeristämisestä.



KUVA 4. Rakennepiirros yläpohjan lisäeristämisestä (Lämmityslasku pienemmäksi. 2013)

Katon uusimisen yhteydessä ajankohtaiseksi tulee yläpohjan alkuperäisen U-arvon puolittaminen, enintään uudisrakennuksilta vaadittavaan tasoon, joka on $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$. (Maankäyttö- ja rakennuslain sekä –asetuksen muutokset ja niiden vaikutuksen korjausrakentamiseen. 2013.)

3.1.2 Aurinkopaneelit

Suomessa aurinkosähkön hyödyntäminen olisi järkevää. Nykyaikaiset piistä valmistetut aurinkopaneelit ovat huoltovapaita ja tehokkaita. Uuden ajan aurinkopaneelit ovat oikein asennettuina suomalaisen sään kestäviä ja täysin huoltovapaita, eikä niiden teho vuosien kuluessa juurikaan vähene. (Aurinkosähköä aurinkopaneeleilla. 2014.)

Aurinkopaneelijärjestelmien yleistymistä Suomessa hidastaa niiden korkea hinta ja se ettei valtio tue aurinkolaitteiden käyttöä eikä hankintaa. Aurinkopaneelit sisältävät piistä rakennettuja kennoja. Kennoissa on kaksi piikerrosta, joiden väliin syntyy sähkökenttä auringon säteilyn vaikutuksesta. Paneelien sähkö siirretään suoraan talon sähköverkkoon vaihtosuuntaajan kautta. Aurin-

kopaneelien käyttömittauksissa on todettu kesä- ja talvikuukausien valtava tuottoero. Tuotto kasvaa rajusti huhtikuussa ja laskee jyrkästi lokakuussa. Kesällä tuotto on tasaista toukokuusta elokuuhun. Jyväskylän yliopiston mittauksista on saatu tulokseksi, että jokaista niemellistehon wattia kohti saadaan vuoden mittaan suurin piirtein yksi kilowattitunti sähköä. (Laitinen 2010, 87, 91-93.)

Aurinkopaneelien tuottamaa ylijäämäsähköä voi myydä, jos aurinkosähköjärjestelmä on liitetty sähköverkkoon. Sähkön syöttäminen verkkoon on kielletty, ellei sähkölle ole ostajaa. Verkkoon syötetty sähkö mitataan tunneittain verkko-yhtiön sähkömittareilla. Sähkönmyyjät hinnoittelevat ostosähkön yleensä markkinahinnan perusteella. Silloin tuottaja saa tuottamastaan sähköstä suunnilleen saman hinnan, minkä joutuisi itsekin maksamaan ostamastaan sähköenergiasta. Pientuottajan verkkoon syöttämästään sähköenergiasta saavat myyntitulot eivät sisällä sähkönsiirron ja verojen osuutta. Tilanteesta riipuen ne voivat muodostaa jopa kaksi kolmasosaa kokonaishinnasta, jonka pientuottaja maksaa käyttämästään verkkosähköstä. Myyntiin liittyy kuluja, jotka sisältävät veroja sekä mahdollisen myyntimarginaalin. Jakeluverkkoyhtiö voi periä pientuottajan verkkoon syöttämästä sähköstä verkkopalvelumaksua korkeintaan 0,07 c/kWh. (Ylijäämäsähkön myynti. 2014.) Myynnin kannattamattomuus selviää kuvasta 5.



KUVA 5. Sähkön osto- ja myyntihinnan rakenne ja mittakaava hyödyistä (Ylijäämäsähkön myynti. 2014)

Mikäli ylimääräisestä sähköstä saisi hyvän hinnan, investointi maksaisi itsensä pian takaisin (Laitinen 2010, 91).

Katto on paneelien asennukseen paras paikka. Paras ilmansuunta on etelä, mutta kaakko-lounas akselilla saadaan myös tyydyttävä tulos. Aurinkopaneelien asennuksessa yleinen kompromissi on 45 asteen asennuskulma, joka takaa vuotuisen maksimituoton. (Laitinen 2010, 88-89.)

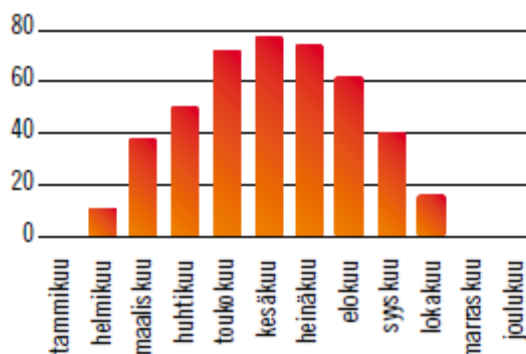
Aurinkosähkö on tulevaisuuden energiamuoto. Aurinko säteilee vielä noin viisi miljardia vuotta, eikä sen hyödyntäminen rasita ympäristöä. (Aurinkosähköä aurinkopaneelilla. 2014.)

3.1.3 Aurinkokeräimet

Suomessa aurinko säteilee vuositasona vain 10 % vähemmän kuin esimerkiksi Pohjois-Saksassa. Aurinkokeräinpinta-alaa on Suomessa n. 5 m² tuhatta asukasta kohti. Ruotsissa määrä on kymmenkertainen, Tanskassa 40-kertainen ja Saksassa 150-kertainen. Suomi on Euroopan häntäpäässä aurinkolämmön hyödyntämisessä, koska valtio ei ole aktiivisesti edistänyt asiaa. (Seppälä 2014, 13.) Kuvassa 6 on kuvattu aurinkolämpökeräimien tuottoa. Aurinkolämmityksellä voi pientalossa säästää noin 30 prosenttia öljynkulutuksesta (Valitse sopiva rinnakkaislämmitys. 2013).

Aurinkolämpökeräimen tuotto

kWh/m², Etelä-Suomi



KUVA 6. Aurinkolämpökeräimen tuotto kWh/m². Aurinkolämmitys antaa Suomessa energiaa keskimäärin kahdeksana kuukautena vuodessa. (Valitse sopiva rinnakkaislämmitys. 2013)

Aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimellä. Aurinkokeräintä käytetään ensisijaisesti lämpimän käyttöveden tuottamiseen, mutta sitä voidaan käyttää myös tilojen lämmittämiseen. Keräimet asennetaan yleensä telineisiin harjakaton eteläpuolelle. Kattoremontin yhteydessä tasokeräimiä voi upottaa kattoon ilman erillisiä telineitä. (Laitinen 2010, 94.)

Vesikattoon integroitavan aurinkokeräimen kohdalle katemateriaalia ei tarvita, koska suurkeräin muodostaa vesikaton. Kattotöiden yhteydessä aurinkokeräimet on vaivatonta asentaa ja asennustyö onnistuu kattoasentajalta. Aurinkokeräin kiinnitetään ohjeiden mukaan suoraan ruoteisiin kulmarauodoilla. Kattotyön loppuvaiheessa pellitystöiden yhteydessä pellitetään myös aurinkokeräimen reunat. Näin katolle ei tule ylimääräisiä läpivientejä ja vuoto-riski minimoituu. (Aurinkolämpöä saneerauskohteisiin. 2014.)

Auringon säteily on talvella niukkaa, joten aurinkokeräimet eivät yksin riitä lämmitykseen. Niitä käytetään täydentämään jotakin muuta lämmitysmuotoa. Aurinkolämpö sopii hyvin yhteen öljy-, pelletti-, puu-, hake-, sähkö- ja maalämmön kanssa. (Laitinen 2010, 94.)

Yleisimmin käytetään nestekiertoista tasokeräintä, jossa pumpun avulla kierrätetään pakkasta kestävästä vesi-glykoli-seosta. Tasokeräimen mustat pinnat absorboivat auringon lämpösäteilyä kupariputkissa kiertävään nesteeseen. Lämmennyt neste kulkee kokoomaputkien kautta lämmönvaraajaan. Varaajasta lämpö siirtyy lämmönvaihtimen kautta lämpimään käyttöveteen tai talon lämmitysjärjestelmään. Aurinkolämmitystä varten lämminvesivaraajassa on oltava tilaa aurinkokeräin- ja lämmönjakopiirien lämmönsiirtimille. Järjestelmän toimintaa ohjataan ohjausyksiköllä. (Laitinen 2010, 94 – 95.)

Tasokeräintä tehokkaampi ja hieman kalliimpi malli on tyhjiöputkikeräin. Siinä neste lämpiää lasiputkissa, joiden ulkopinnalla on kahden lasin välinen tyhjiö. Tyhjiö toimii eristeenä, joka estää nesteeseen absorboitunutta lämpöä karkaamasta. Putkimaisen rakenteen ansiosta tyhjiöputkikeräin kykenee hyödyntämään paremmin hajasäteilyä pilvisellä säällä, koska se ottaa säteilyä vastaan lähes joka suunnalta. Tyhjiöputken keskellä on nestettä, joka

lämmetessään höyrystyy ja nousee putken yläpäähän. Siellä neste luovuttaa lämpönsä lämmönsiirtimeen, joka on poikittaisessa putkessa tyhjiöputkien päässä. Jokainen pystyputki on suljettu systeemi, lämmönsiirto tapahtuu jo keräimessä, eikä keräimen neste kierrä varaajaan asti. (Laitinen 2010, 94 – 95.) Tyhjiöputki tuottaa 30 % enemmän energiaa kuin tasokeräin (Seppälä 2014, 13).

Jos aurinkolämmitystä käytetään tilojen lämmitykseen, suurin hyöty saavutetaan lattialämmitysjärjestelmissä, koska kiertävän nesteen lämpötila on matalampi kuin patterilämmitysjärjestelmässä. Aurinkolämpöjärjestelmää mitoitettaessa lähtökohtana on kesäkuukausien lämpöenergiakulutus, lähinnä käyttöveden tarve. Varaajan kapasiteetin tulisi riittää muutaman päivän kuluksi. Aurinkolämpöjärjestelmä toimii talvikaudella muun lämmitysjärjestelmän ohella. Yleisesti voidaan sanoa, että omakotitalossa puolet vuotuisesta lämpimän käyttöveden energiantarpeesta saadaan 5–8 m² keräinpinta-alalla. Huoneiden lämmitys mukaan luettuna tarvitaan 10–12 m² keräinpinta-alaa. (Aurinkokeräimet. 2014.)

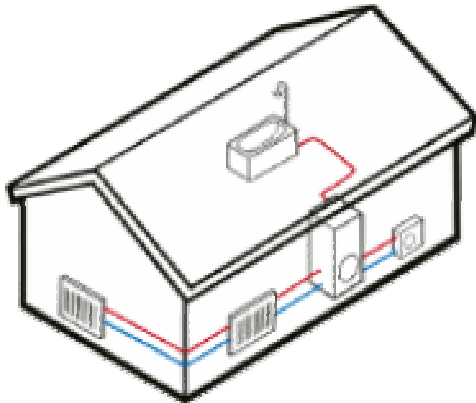
3.1.4 Ilmalämpöpumput

Hybridilämmitys hyödyntää öljyn rinnalla yhtä tai useampaa muuta lämmönlähdettä. Useimmiten öljylämmityksen lisänä ovat aurinkolämmitys tai lämpöpumppu. Sekä ilmalämpöpumppuja että ilma-vesilämpöpumppuja hyödynnetään öljylämmityksen rinnalla. (Valitse sopiva rinnakkaislämmitys. 2013.)

Ilmalämpöpumput ottavat talteen ulkoilmaan varastoitunutta auringon lämpöä. Se on uusiutuvaa, puhdasta energiaa. Talteenottoon ne tarvitsevat sähköä, mutta maltillisesti (Laitinen 2010, 55).

Ulkoilma-vesilämpöpumppu (UVLP) ottaa lämpöenergiaa ulkoilmasta. Se asennetaan yleensä kohteisiin, joihin ei kannata tai ei voi asentaa maalämpöjärjestelmää. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate selviää kuvasta 7. Kun ilmalämpöpumpulla lämmitetään vettä, puhutaan ilma-vesilämpöpumpusta.

Ilma-vesilämpöpumpun tehon tulisi olla niin suuri, että ainakin lämpimän käyttöveden saanti on turvattu. (Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. 2014.)



KUVA 7. Ilma-vesilämpöpumpun toiminta (Luftvärme – ett hett alternativ. 2014)

Ilma-vesilämpöpumppuja on pääasiassa kahta tyyppiä: split- ja monoblock-laitteita. Split-laitteissa lämpöpumpun kylmäkoneisto on jaettu kahteen osaan: ulkoyksikköön ja sisäyksikköön, joiden välillä kiertää kylmäaine. Monoblock-laitteissa kaikki tekniikka on ulkoyksikössä, sisällä olevien varaajien tai varaajan ja ulkoyksikön välissä kiertää pelkkä vesi. Monoblock-laite voidaan myös kytkeä suoraan olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään, esimerkiksi öljykattilan rinnalle. (Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. 2014.)

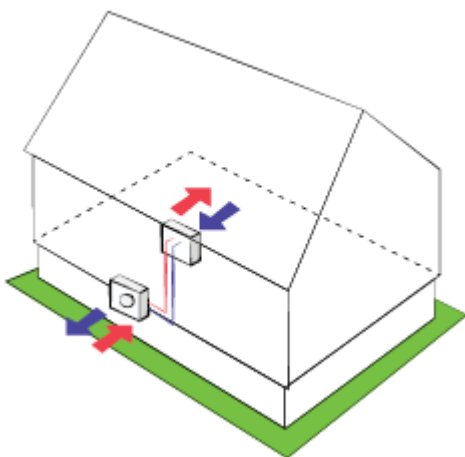
Korkea menoveden lämpötila heikentää lämpöpumpun tehoa ja hyötysuhdetta. Siksi lattialämmitys on patteriverkkoa sopivampi lämmönjakoverkko. Useilla malleilla yli 50°C:n lämmöntuotanto tilojen lämmitys- ja käyttövesipuolelle on ongelmallista. Käyttövesi ja osan vuodesta myös lämmityspatterit tarvitsevat tätä korkeamman lämpötilan. Lämpötila nostetaan useimmiten vesivaraajan sähkövastuksella. (Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. 2014.)

Investointi on yleensä maalämpöä halvempi, mutta investointiero on riippuvainen monesta asiasta. Investoinnin suuruus vaihtelee yleensä noin 7 000-14 000 €:n välillä tyyppillisessä pientalossa. Toisaalta UVLP antaa maalämpöä selvästi vähemmän ilmaisenergiaa vuositasolla. (Lämpöpumput. 2013.)

Rakennuksen vuotuinen energiankulutus, huipputehontarve lämmityksessä ja lämpimän käyttöveden tuottamisessa antaa pohjan lämpöpumppumitoitukselle. Päätöksiä tehtäessä on huomattava, että UVLP antaa noin 50 % vähemmän tehoa – 20 °C:n kelillä kuin + 7 °C:n lämpötilassa, jossa laitteiden tehot yleensä ilmoitetaan. Jos UVLP on teholtaan liian pieni, voi sähkövastuksen käytön osuus vuotuisessa käytössä nousta tarpeettoman suureksi vaikka itse laitteen hyötysuhde olisikin korkea. (Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. 2014.)

Erityisen tärkeää on muistaa, että kaikkein kylmimmissä olosuhteissa UVLP sammuttaa itse itsensä, joten laitteen sähkövastuksen tai rinnalla olevan toisen lämmönkehittimen on oltava teholtaan vähintään yhtä suuri kuin talon lämmitys- ja käyttöveden tehonkulutus suurimmillaan. (Lämpöpumput. 2013.)

Tavallinen ilmalämpöpumppu soveltuu hyvin sähkölämmitteiseen taloon (Perälä 2013, 40). Ilmalämpöpumppu ottaa energian suoraan ulkoilmasta lämpöpumpun kautta. Ilmalämpöpumpun toiminta selviää kuvasta 8. Pumppu asennetaan rakennuksen ulkopuolelle seinälle tai esimerkiksi erilliselle maassa seisovalle telineelle. Puhallinyksikkö vastaavasti on rakennuksen sisäpuolella. Seinän läpi viedään kylmäainetta sisältävät putket. Lämpöpumpusta energia siirretään huoneilmaan kennon ja puhaltimien kautta. (Lämpöpumput. 2013.)



KUVA 8. Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate (Lämpöpumput. 2013)

Ilmalämpöpumput toimivat parhaiten päälle - 15 °C:n lämpötiloissa. Ilmalämpöpumpun puhallin tulee asentaa rakennuksen sisäpuolella avaralle ja keskeiselle paikalle, jotta ilmavirtaus leviää mahdollisimman suurelle alueelle. Ilmalämpöpumppu tarvitsee lisälämmönlähteen, jota käytetään kylmillä ilmoilla. Lauhoilla säällä riittävän tehokas ilmalämpöpumppu riittää yksin rakennuksen lämmittämiseen. Ilmalämpöpumpun asentaminen vaatii talolta tiiveyttä. Mikäli rakennus ei ole tiivis, sähkön kulutus lisääntyy ja taloudellinen hyöty pumpusta katoaa. (Lämpöpumput. 2013.)

Kun rinnakkaislämmitysjärjestelmä on asennettu oikein, voidaan suurin osa öljyn kulutuksesta korvata uusiutuvilla energioilla. Ilmalämpöpumpulla voidaan pientalossa säästää keskimäärin 30 prosenttia öljynkulutuksesta. Ilma-vesilämpöpumpulla säästö voi nousta 50 prosenttiin. Täysmääräiseen säästöön pääseminen vaatii, että järjestelmä on ammattitaitoisesti suunniteltu, asennettu ja käyttöön otettu. (Valitse sopiva rinnakkaislämmitys. 2013.)

3.2 Korjausprosessin vaiheet

Korjausprosessi alkaa *tilannekartoituksella*, jossa määritellään asiakkaan tarpeet ja pyritään löytämään niihin sopiva ratkaisu. Mikäli vesikatemateriaali vaihdetaan eri materiaaliin kuin alkuperäinen tai kattoa korotetaan, tarvitsee kohteeseen hakea *rakennuslupa* (Milloin tarvitaan lupa?. 2014).

Rakennusluvan puitteissa tulee ajankohtaisesti *energiatohokkuuden parantaminen*. Vaihtoehtoisista tavoista kannattaa 1970-luvun pientaloissa valita rakennusosakohtaisen vaatimusten täyttäminen. Yläpohjassa U-arvo vaatimus on 0,09 W/m²K tai vähintään 0,5 x alkuperäinen U-arvo. (Maankäyttö- ja rakennuslain sekä -asetuksen muutokset ja niiden vaikutuksen korjausrakentamiseen. 2013.)

Yläpohja ja vesikatto tulee tarkistaa huolellisesti, esimerkiksi suorittaa *kunto-tarkistus*, jotta rakenteiden toimivuus ja niiden kunto on tiedossa. Mikäli epäillään ilmavuotoja seinän ja kattorakenteiden liitoskohdissa tai höyrynsulku-

muovissa on suositeltavaa suorittaa kohteessa *tiivetyysmittaus ja lämpökamerakuvaus*. (Tiiveyskorjaus. 2014.)

Näin vaipan tiiveys yläpohjan osalta voidaan korjaustoimenpiteiden yhteydessä korjata. Pohjatietojen perusteella tehdään *energiankulutus- ja kannattavuuslaskelmat*. Saatujen tietojen perusteella laaditaan *toimenpide-ehdotukset*.

3.2.1 Vesikaton tarkastus

Vesikaton ja yläpohjan tarkistus suoritettiin 30.9.2014 (liite 2). Vanha katemateriaali on elinkaarensa päässä, vaikka varttilevyt ovat suhteellisen jämäkässä kunnossa. Väri on haalistunut kauttaaltaan. Vioittuneet kiinnikkeet tulevat jatkossa aiheuttamaan päänvaivaa. Tulevan katto remontin yhteydessä tulee muistaa, että vanhat varttilevyt sisältävät asbestia.

Merkittävänä puutteena havaittiin aluskatteen uupuminen. Tarkastuksessa kävi ilmi, että piipun juuri vuotaa. Auma- ja piipun pellin limityskohta tulisi varmistaa kateruuveilla, pelkkä massa ei riitä pitämään peltejä yhdessä, koska ne voivat elää lämpölaajenemisen johdosta eri tahdissa.

Itäpäädyssä kattotuoleista löytyi homekasvustoa ja kosteusvauriota. Syyt tulisi selvittää ja poistaa pikaisesti, jotta rakenteet eivät vaurioidu enempää. Kattotuolien puurakenne nykyisessä tilanteessa voi lahota ja aiheuttaa rakenteen lujuuden heikkenemistä. Mahdolliset havaittavat puutteet höyrynsulkumuovissa tulee korjata.

Katon vaihdon yhteydessä tulee rakenteet tutkia huolellisesti. Samalla tulee selvittää vaurioituneiden kattotuolien kunto, mikäli kattotuoleja pitää uusia tai korjata, tulee rakennesuunnittelijan suunnitella rakenteen toteutus. Liesituuletin poistoputki tulee tuossa yhteydessä asentaa siten, että poistoilma menee ulkoilmaan. Kanava kannattaisi vaihtaa oikeanlaiseen ilmastointikanavaan ja eristää oikeaoppisesti. Samassa yhteydessä sadevesijärjestelmä tulee kokonaisuudessaan uusia.

3.2.2 Tiiveysmittaus ja lämpökamerakuvaus

Tiiveysmittaus ja lämpökamerakuvaus suoritettiin esimerkkikohteeseen 7.11.2014 (liite 3). Kohde on ikäisekseen ilmatiivis n_{50} -luvuksi saatiin 5,38 /h, toisin sanoen talon ilmatilavuus vaihtuu 5,4 kertaa tunnissa vaipan vuotoreittien kautta. Lämpökamerakuvauksessa ei havaittu seinien ja yläpohjien liitoksissa merkittäviä ilmapuotoja. Ilmapuodot keskittyivät ikkuna- ja oviaukkoihin ja niiden ympäristöön.

3.2.3 Korjauksen vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen

Esimerkkikohteen energiatehokkuuteen positiivisimmin vaikutti yläpohjan lisälämmöneristäminen. Lisälämmöneristämisen jälkeen esimerkkikohteen yläpohjan johtumishäviöt laskevat alle puoleen alkuperäisestä. Yläpohjan lisälämmöneristäminen on kattosaneerauksen yhteydessä järkevää toteuttaa. Ylipäänsä yläpohjan lisälämmöneristäminen on helpompaa kuin muiden rakenteiden lisälämmöneristys. Tarkempi energiatarkastelu löytyy liitteestä 5.

3.2.4 Korjauksen kannattavuus

Katon uusimisen yhteydessä voidaan kakki yläpohjarakenteet tarkistaa ja tarvittaessa kunnostaa. Samalla tulee varmistettua rakenteiden toimivuus. 1970-luvulla rakennetuissa rivitaloissa ei useinkaan ole asianmukaisia palokatkoja, joten nekin voidaan rakentaa vesikaton uusimisen yhteydessä. Kaikki energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet ovat kannattavia, mikäli asiaa tarkastellaan yleisellä tasolla. Raha asettaa monesti reunaehdoja toteutettaviin saneerauksiin. Lisälämmöneristäminen maksaa itsensä nopeasti takaisin. Energiatehokkuuden parantamisen tärkeimmät hyödyt ovat rahalliset säästöt pitkällä aikavälillä, sisäolosuhteiden paraneminen, järjestelmien nykyaikaistamisesta saatavat hyödyt ja ekologiset näkökohdat. Energiatehokkuuden parantamista vauhdittavat osaltaan korjausrakentamisen tukipolitiikka ja energiahintojen nousunäkymät. Korjausten kannattavuuslaskelmat löytyvät liitteestä 6.

3.3 Korjauksen toteutus käytännössä

Riippuen mihin katemateriaaliin asiakas päätyy, edetään toteutuksen osalta liitteessä 4 kuvattujen vaiheiden mukaisesti.

Ensin tarkistetaan vanhan kattorakenteen kunto ja vaipan tiiveys. Työturvallisuusasiat varmistetaan. Vanha katemateriaali (ja vanhat eristeet tarvittaessa) poistetaan. Varmistetaan yläpohjan tuuletuksen riittävyys ja toimivuus. Asennetaan yläpohjaan kulkusillat tarvittaessa. Asennuksessa edetään RT-kortiston ja katevalmistajan toimittamien ohjeiden mukaisesti. Ennen katteen lopullista asennusta varmistetaan alustan tasomaisuus. Katemateriaaleja työstetään niille tarkoitetuilla työvälineillä. Katteen asentamisen jälkeen suoritetaan lisälämmöneristäminen. Katetyöt viimeistellään, asennetaan esimerkiksi sadevesijärjestelmä ja kattoturvatuotteet. Työn valmistuttua asiakkaalle toimitetaan katon huolto-opas.

4 KONSEPTIN YHTEENVETO

Opinnäytetyössä laadittiin energiatehokas ja toimiva konsepti 1970-luvun pientalojen yläpohjan ja vesikaton korjaukseen. Konsepti on sovellettavissa kaikkiin 1970-luvulla rakennettuihin pientaloihin, joissa on harjakatto tai johon tehdään kattomuutos harjakatoksi, riippumatta katemateriaalista.

Konsepti vaatii erikoisosaamista ainoastaan ennen kattosaneerausta toteutetaviin toimenpiteisiin: yläpohjan ja vesikaton kuntotutkimukseen, mahdollisesti tarvittavaan tiiveysmittaukseen ja lämpökamerakuvaukseen sekä laskennallisiin tarkasteluihin. Aikaa edellä mainittuihin kuluu arviolta yksi päivä per toteutettu toimenpide sisältäen raportoinnin.

Muutoin asennustyö onnistuu hyvin kattoasentajilta kattoasennuksen yhteydessä. Konseptin markkinanäkymät ovat erittäin positiiviset, koska korjaus- ja rakentaminen on noususuhdanteessa. Konsepti on suoraan tuotteistettavissa. Esimerkkikohteesta tehdyillä energiamuutoslaskelmilla voidaan selkeästi havainnollistaa korjaustoimenpiteen kannattavuus. Konsepti soveltuu hyvin saneerausliikkeiden, kattotoimittajien, kattourakoitsijoiden ja eristetoimittajien tuotevalikoimaan.

Aktiivisia energiatehokkuuden parannustoimenpiteitä ovat rakennuksen lisälämmöneristäminen, taloteknisten järjestelmien kunnostaminen tai uusiminen, uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen sekä asukkaiden käyttötottumuksien ohjaaminen. Rakennukselle on jo rakentamisvaiheessa määritelty tekninen käyttöikä, jota voidaan pidentää asianmukaisella huollolla ja kunnossapitotoimenpiteillä.

Muuntojoustavuuteen kannattaa panostaa jo kattosaneerauksen suunnittelu- vaiheessa. Tällä hetkellä aurinkopaneelien asennus ei ole kannattava investointi, mutta muutaman vuoden kuluttua tilanne voi olla toisin. Tekniikka kehittyy koko ajan, energian hinta nousee ja aurinkopaneelien hinnat laskevat, joten saneerauksen yhteydessä voi varautua tulevaan. Aurinkosähköjärjes-

telmille tehtävät varaukset voivat osoittautua järkeviksi, esimerkiksi johdotukselle katolta sähköpääkeskukseen.

Aurinkosähkön tuoton ja kulutuksen samanaikaisuus on suuri haaste, koska sähköntuotto on parhaimmillaan kesäkuukausina, jolloin energiankulutus vähäisintä. Sähköverkkoon myydystä sähköstä ei saa Suomessa kannattavaa korvausta, eikä verkkoon myyty sähkö pienennä rakennuksen E-lukua. Myyty aurinkosähkö ei laskennallisesti pienennä rakennuksen energiankäytön hiilijalanjälkeä.

Aurinkokeräimien osalta tilanne on sama kuin aurinkopaneeleissa. Aurinkokeräimien tuottamalla energialla saadaan järkevästi mitoitettuna katettua kesäajan lämpimän käyttövedentarve. Aurinkokeräimien ja ilmalämpöpumppujen käyttö pienentää rakennuksen E-lukua, aurinkolämmön energiakerroin on 0,5. Aurinkojärjestelmät (paneelit ja keräimet) ovat jo nyt pitkäikäisiä, joten tälläkin hetkellä järjestelmät tulevat maksamaan itsensä takaisin elinkaarensa aikana, vaikkakin takaisinmaksuajat ovat pitkiä.

Energiatohokkuuden parantamisen vaihtoehtoisista toteutustavoista kannattaa kattosaneerauksen yhteydessä valita rakennusosakohtaisen vaatimusten täyttämisen. E-lukua on mahdotonta pienentää tavoitteiden mukaisesti 20 % muuttamatta rakennuksen lämmitysjärjestelmää, mikäli kyseessä on sähkö- tai öljylämmitteiden talo. Nykyinen energiatodistusmalli ei siis kerro rakennuksen todellisesta energiankulutuksesta.

Lämpöpumppujen, aurinkokeräimien ja muiden öljyn rinnalle tulevien hybridi-järjestelmien tai korvaavien järjestelmien asentaminen vaatii alan ammattilaista. Suunnittelussa ja toteutuksessa tulee panostaa siihen, että järjestelmät toimivat yhdessä optimaalisesti. Pienin muutoksin konsepti on myös helposti sovellettavissa koko rakennuskantaan, olipa kyse sitten uudisrakennuksesta tai saneerauskohteesta.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena luotiin energiatehokas ja toimiva konsepti 1970-luvun pientalojen vesikaton ja yläpohjan korjaukseen (liite 4). Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin erinomaisesti. Opinnäytetyöprosessi pysyi aikataulussa ja opin sen aikana paljon uutta.

Energiatehokkuudesta on saatavilla paljon materiaalia, mutta jo muutaman vuoden takaiset julkaisut sisältävät vanhentunutta tietoa. Tästä voinee päätellä, että rakennusala elää voimakkaassa kehitysvaiheessa kohti uudisrakentamisen matala- ja nollaenergiataloja. Kansainvälisten päästöjen vähentämissopimusten noudattaminen tulee tulevana vuosina edellyttämään olemassa olevan rakennuskannan merkittävää energiatehokkuuden parantamista.

INTO osoittautui toimivaksi työkaluksi, kun halutaan tarkastella energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden vaikutusta kokonaisenergiankulutukseen. Pientä heittoa luvuissa oli verrattuna laskettuihin arvoihin, esimerkiksi vaipan vuotoilmanvaihto laskennallisesti esimerkkikohteessa 2 065 kWh/a ja INTO:n laskema 3 786 kWh/a. On kuitenkin parempi, että suunta oli yläkanttiin kuin toisinpäin.

Kannattavuuslaskelmien laadintaan (liite 6) ja opinnäytetyön viimeisiin muotoviimeistelyihin kului paljon aikaa. Tavarantoimittajien passiivisuus tarjouslaskennassa herätti suurta ihmetystä, osalta toimittajista en saanut lainkaan tarjouksia.

Markkinoille tulee jatkuvasti uusia tuotteita, joista yksi uutuus on lämpöä eristävää aluskate, jota käytetään jo Euroopassa. Näin ollen konseptia voi kehittää muutosten myötä eteenpäin. Konseptia voi laajentaa koskemaan myös lämmitysjärjestelmien uudistamista, mikä olisi hyvin potentiaalinen kehityssuunta.

Opinnäytetyöprosessi on ollut positiivinen kokemus, erityiskiitos lehtori Martti Hekkaselle asiantuntevasta, inspiroivasta ja kannustavasta ohjauksesta.

LÄHTEET

Aurinkokeräimet. 2014. Motiva Oy. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet. Hakupäivä 31.10.2014.

Aurinkolämpöä saneerauskohteisiin. 2014. Aurinkotori Oy. Saatavissa: <http://www.aurinkotori.com/index.phtml/t/articles1/art/10467/p/14097>. Hakupäivä 3.11.2014.

Aurinkosähköä aurinkopaneeleilla. 2014. Areva Solar Oy. Saatavissa: <http://www.arevasolar.fi/fi/aurinkopaneelit>. Hakupäivä 30.10.2014.

Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. 2014. Motiva Oy. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4765/Hanki_hallitusti_ilma-vesilampopumppu.pdf. Hakupäivä 31.10.2014.

Heijo, J. 2014. Uudet Korjausrakentamisen energiamääräykset pientalonäkökulmasta. Rakenna Oikein (ei vuosikertaa), (ei numeroa). S. 50-51.

Huovinen, Juha-Pekka 2014. Talon omistaja. Puhelinhaastattelu 1.10.2014.

Kattoliitto ry 2013. Toimivat katot 2013. Sastamala: Kattoliitto ry.

Korjausrakentaminen. 2014. Oulun kaupunki. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/korjausrakentaminen>. Hakupäivä 10.9.2014.

Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräykset lausuntokierroksella. 2014. Sisäilmayhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sisailmauutiset.fi/?p=504>. Hakupäivä 10.9.2014.

Korjausrakentamisen kustannuksia (KOR). 2014. Mittaviiva Oy. Tampere: Rakennustieto Oy.

Lahtinen, Kati 2014. Viri ja valkee – Vanhan rakennuksen lämpö- ja energiatalous. Hämeenkyrö: Lunette rakennusperinnepalvelut.

Laitinen, Jussi 2010. Pieni suuri energiakirja. Helsinki: Into Kustannus Oy.

Lappalainen, Markku 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja – suunnittelu ja rakentaminen. Tampere: Tammerprint Oy.

Luftvärme – ett hett alternativ. 2014. Svenska Kyl och Värmepumpföreningen. Saatavissa: <http://skvp.se/varmepumpar/fakta-om-varmepumpar/luft>. Hakupäivä 5.11.2014.

Lämmityslasku pienemmäksi. 2013. Lämpövinkki Oy. Saatavissa: <http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppa/atjatyoka-lut/L%C3%A4mmityslasku%20pienemm%C3%A4ksi%20pikaopas.pdf>. Hakupäivä 26.10.2014.

Lämmöneristys Ohjeet 2012 luonnos 16. maaliskuuta 2012 C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2014. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarays_kokoelma/Valmisteilla_olevat_rakentamismaarayskokoelman_osat. Hakupäivä 31.10.2014.

Lämpöpumput. 2013. Oulun rakennusvalvonta. Saatavissa: <http://www.energiakorjaus.info/teknisetkortit/lampopumput/>. Hakupäivä 5.11.2014.

Maankäyttö- ja rakennuslain sekä –asetuksen muutokset ja niiden vaikutuksen korjausrakentamiseen. 2013. Oulun kaupunki. Saatavissa:

<http://www.ouka.fi/documents/486338/bfea9ee0-274e-4f92-bf38-beb7e3728b83>. Hakupäivä 29.10.2014.

Milloin tarvitaan lupa?. 2014. Oulun kaupunki. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/milloin-tarvitaan-lupa>. Hakupäivä 26.11.2014.

Perälä, Rae 2013. Lämpöpumput. Helsinki: Alfamer / Karisto Oy.

Rakennusosien kustannuksia (ROK). 2014. Mittaviiva Oy. Tampere: Rakennustieto Oy.

Ratu F41-0367. 2010. Kermikatteisen harjakaton uusiminen ja kunnostaminen – menekit ja menetelmät. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0367%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pziY%3AC1-105385/R0367.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 5.11.2014.

Ratu F41-0355. 2010. Puisen vesikattorakenteen purku ja uusiminen tai kunnostaminen, yläpohjan lisälämmöneristäminen. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0355%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pziY%3AC1-105160/R0355.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 5.11.2014.

Ratu F41-0362. 2010. Tiilikaton purku ja uusiminen tai kunnostaminen. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R0362%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pziY%3AC1-105380/R0362.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 5.11.2014.

Ratu S-1205. 2003. Vesikatot Tiili-, muoto- ja poimulevy sekä ohutlevykatteet – Tehtäväsuunnittelu – aliurakka, työkauppa. Rakennusteollisuus RT ry. Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSZP2%3A%2447%24R1205%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RTU8728/R1205.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 5.11.2014.

RT 83-11161. 2014. Yläpohjan lisälämmöneristäminen. Rakennustieto Oy. Saatavissa:

<https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411161%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-110394/11161.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 5.11.2014.

Seppälä, P. 2014. Ilmaiset suihkut kesäksi. Omakoti (ei vuosikertaa), nro 2. S. 12-13.

Suhdannekatsoaus – Rakentaminen mataa pohjalukemissa. 2014. Rakennusteollisuus, Rakennuslehti vol. 48, nro 33. S. 3,5.

Sähkön hintavertailu, hintatilastot. 2014. Energiavirasto Saatavissa: <http://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>. Hakupäivä 2.11.2014.

The 2020 climate and energy package. 2014. European Commission. Saatavissa http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm. Hakupäivä 10.9.2014.

Tiiveyskorjaus. 2014. Oulun rakennusvalvonta. Saatavissa: http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_9_Tiiveyskorjaus_2013_02_01.pdf. Hakupäivä 30.10.2014.

Valitse sopiva rinnakkaislämmitys. 2013. Öljyalan Palvelukeskus Oy Saatavissa: http://oljylammitys.fi/sites/default/files/opk_hybridiesite_2014_lores.pdf.
Hakupäivä 31.10.2014.

Valtion tukemaa asuntotuotantoa 1949 – 2009. 2013. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Saatavissa: [http://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Esimerkillisia_kohteita/Valtion_tukemaa_asuntotuotantoa_1949_20\(1618\)](http://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Esimerkillisia_kohteita/Valtion_tukemaa_asuntotuotantoa_1949_20(1618)). Hakupäivä 10.9.2014.

Ylijäämänsähkön myynti. 2014. Motiva Oy. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti. Hakupäivä 30.10.2014.

Yläpohjan lisälämmöneristys. 2014. Oulun rakennusvalvonta. Saatavissa: http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_7_Ylapohja_2013_02_01.pdf. Hakupäivä 30.10.2014.

Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta. 2014. Öljyalan keskusliitto. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/11-oljytuotteiden-kuluttajahintaseuranta>. Hakupäivä 2.11.2014.

LIITTEET

Liite 1. Kohteen alkuperäinen pohjakuva ja seinärakenne

Liite 2. Vesikaton ja yläpohjan tarkastusraportti

Liite 3. Tiiveysmittaus- ja lämpökamerakuvausraportti

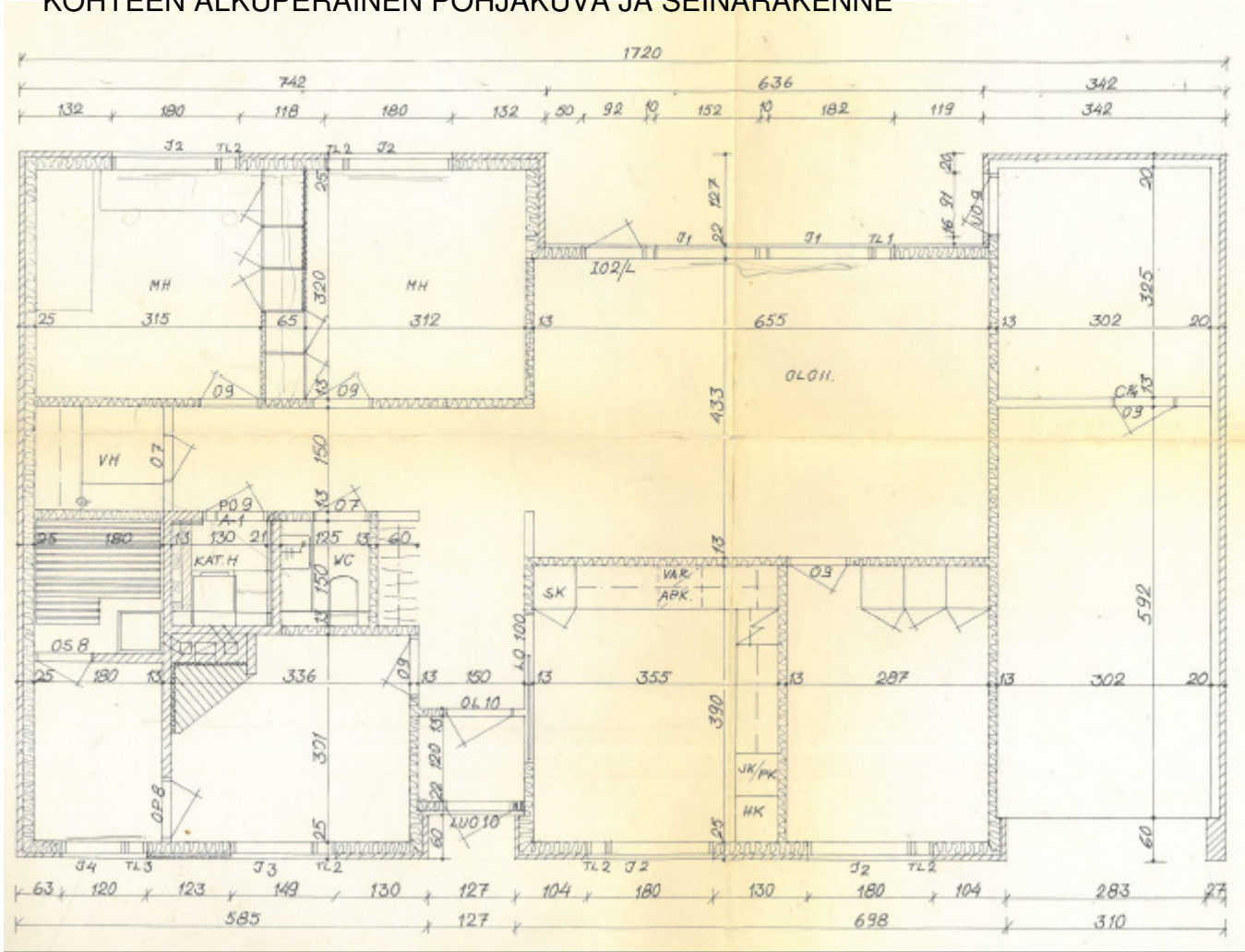
Liite 4. Korjauskonseptit (ei julkinen)

Liite 5. Kohdetietoja, energialaskelmat ja –kulutukset (ei julkinen)

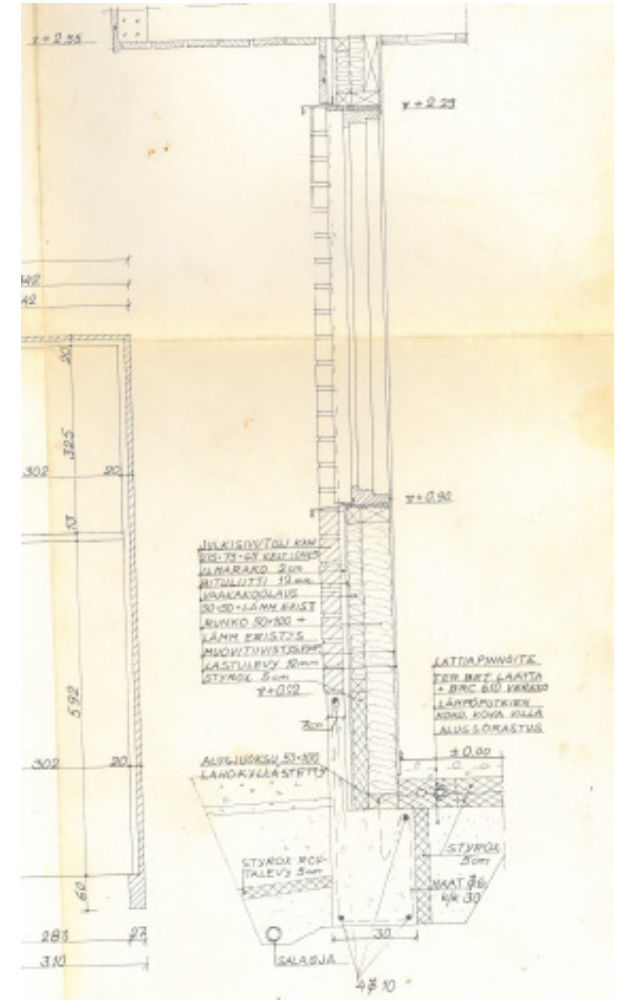
Liite 6. Kannattavuuslaskelmat (ei julkinen)

Liite 7. Markkinointikirje (ei julkinen)

KOHTEEN ALKUPERÄINEN POHJAKUVA JA SEINÄRAKENNE



LIITE 1/1





**YLÄPOHJARAKENTEIDEN JA VESIKATON
TARKISTUS 30.9.2014
KEMPELE**



Tuula Liikanen
Tarkistus liittyy opinnäytetyöhön Energiat-
hokas yläpohjan ja vesikaton korjaus
Syksy 2014
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

SISÄLTÖ

1 KOHDETIEDOT	2
2 HAVAINNOT	3
3 SUOSITELTAVAT TOIMENPITEET	16
LÄHTEET	18

1 KOHDETIEDOT

Kyseessä on vuonna 1977 rakennettu omakotitalo, joka on nyt kolmansilla omistajillaan. Nykyiset omistajat ovat asuneet talossa joulusta 2005. Vesikatetta ei ole heidän aikana kunnostettu. Harjan ja aumojen pellitykset on asennettu edellisen omistajan toimesta. Nykyiset omistajat ovat puhdistaneet sammalta pesemällä ja kourut on puhdistettu satunnaisesti. Katemateriaali on alkuperäinen tuplavarttikatto ilman aluskatetta. (Hirvelä, haastattelu 30.9.2014)

Rakennus on aumakattoinen ja kattokaltevuus on 1:3. Kattotuolijako on 900 mm / kk, ruodelautana 32 x 100 mm lauta kk 500 mm. Eristeenä puru 250 mm, paperi ja villa 125 mm. Edelliset mitattiin tarkastuksen yhteydessä.

Sisäpuolella on höyrynsulkumuovi. (Huovinen, puhelinhaastattelu 1.10.2014)

Tarkistus suoritettiin 30.9.2014, sää puolipilvinen ja poutainen, ulkolämpötila +9 astetta. Tarkistusraporttia käytetään osana opinnäytetyötäni Energiatehokkuuden parantaminen kattoremontin yhteydessä.

2 HAVAINNOT

Tarkastuskäynnillä varusteina olivat rullamitta, suoja-puku, hengityssuojain, kamera, otsa- ja taskulamppu sekä muistiinpanovälineen.

Tarkistuksen aloitin yläpohjasta. Yläpohjassa oli kohtalaisesti tilaa liikkua, muutama lauta oli asennettu kulkutasoksi luukun kohdalle, muutoin kulkutasot uupuivat. Ilma oli aistinvaraisesti havainnoituna raikasta, joskin pölyistä. Räystäslaudoitus on joka sivulla harvalaudoitus, joten yläpohjan tuuletus toimii (kuva 1).



KUVA 1. Näkymä tarkistusluukusta ja räystään tuuletusrakoj

Huomio kiinnittyi ensimmäisenä liesituulettimen poistoputkeen, jota ei ole vedetty vesikatteen ulkopintaan, vaan poistoputki jää yläpohjaan (kuva 2). Putki on lisäksi eristämätön ja haitariputkea. Haitariputki ei ole nykyisin sallittu liesituulettimen poistoputki, koska putki ei ole sileä.

Keittiön liedен poistokanavan palonkestävyyden on oltava P2- ja P3-luokan rakennuksessa ullakon osalla EI 30 (= tiiveys ja eristävyys 30 min). Ilmakanavat on kiinnitettävä siten, että ne pysyvät palotilanteessa paikoillaan vähintään niiltä edellytetyn palonkestoajan. Kanavaliitokset tehdään siten, etteivät ne heikennä kanavan palonkestävyyttä. (RT RakMK-21219.)

Liesituulettimen poisto aiheuttaa yläpohjarakenteelle ylimääräistä kosteusrasitusta, mikä korostuu talviaikaan, jolloin sisältä poistuva lämmin ilma tiivistyy ensimmäiseen kylmään pintaan, eli varttilevyjen alapintaan, mikä on altistaa rakenteet kosteusvaurioriskille.



KUVA 2. Liesituulettimen eristämätön poistoputki jää yläpohjaan

Keittiön katossa on havaittavissa tummentuma, mikä voi osaltaan viitata liesituulettimen poistoputken epäideaaliin asennukseen (kuva 3).



KUVA 3. Tummentuma keittiön katossa liesituulettimen läheisyydessä

Purut ovat kauttaaltaan pinnastaan tummuneet, joka viittaa siihen, että ne ovat saaneet kosteutta (kuva 4).



KUVA 4. Tummuneita puruja

Jokaisessa aumakohdassa oli ämpäri kielimässä siitä, että aumat ovat jossain vaiheessa vuotaneet. Nyt ämpärit olivat täysin kivia, eikä kosteutta ollut niihin ajautunut, mikä on pääteltävissä ämpärien pohjilla olleista hämähäkin verkoista. Todennäköisesti aumat ovat vuotaneet silloin, kun aumoissakin on ollut vartilevyt. Pääosin aumat on tiivistetty reilusti (kuva 5).



KUVA 5. Tiivistettä on paikoitellen reilusti aumakohdissa

Paikoitellen naulat olivat nousseet ylös ruodelaudoista. Kohonneet naulat ovat myös murtaneet varttilevyjä (kuva 7). Kohonneita nauloja näkyi selvästi myös vesikaton puolella. Sisäpuolella havaittavissa "tähtitaivasta" pimeässä. Osittain myös aumakohdista uupui tiiviste ja niistä oli nähtävissä ulkoilmaan (kuva 6).



KUVA 6. Aumakohdissa paikoitellen selkeitä reikiä



KUVA 7. Kohonneita nauloja katolla. Ruoteista on irronnut nauloja, jotka ovat murtaneet varttilevyjä.

Katolla on suurikokoinen piippu sekä piipun takana ilmastointihormi. Ilmastointihormi on massiivisesti eristetty ylös saakka (kuva 8.) ja sen juuriosa on kaikenpuolin toimivan ja terveen näköinen.



KUVA 8. Ilmastointiputken eristys ja sen terve juuriosa

Suurin ongelmakohta tuli vastaan savupiipulla. Palovillat olivat märkiä ja ruodelaudatkin olivat kosteita. Piipun kyljessä on havaittavissa selkeitä vuotojälkiä ja rapautumista (kuva 9. ja 11.), mikä viittaa kosteusrasituksen pidempään keston. Vuotojälkiä havaittavissa ympäri piippua niin ruodelaudoissa kuin kattokannattajissakin sekä pannuhuoneen sisäkatossa (kuva 10. ja 13.).



KUVA 9. Palovilla oli piipun juuresta täysin kostea ja kyljissä havaittavissa rapautumista.



KUVA 10. Kattokannattajissa ja ruodelaudoissa selkeitä jälkiä kosteudesta



KUVA 11. Rapautuma- ja vuotojälkiä piipun kyljissä

Piipun pohjoispuolella olevassa kattotuolissa havaittavissa tummentumaa ja selkeää homekasvustoa (kuva 12). Kattotuoli sijaitsee suurin piirtein pesuhuoneen kohdalla, joten kosteus kattotuolin alareunaan on voinut päästä myös alapuolisista rakenteista. Höyrynsulkumuovissa voi olla ilmavuoto.



KUVA 12. Tummunut kattotuoli, jossa homekasvustoa



KUVA 13. Piippupäädyssä olevia tummuneita kattorakenteita, joissa merkkejä kosteusrasituksesta ja osassa jo silmin nähden havaittavaa kasvustoa. Vuotojälkiä havaittavissa myös pannuhuoneen sisäkatossa.

Home tarvitsee ainoastaan vettä kasvaakseen, ravinteita on riittävästi ilmassa ja pinnoilla. Tämän vuoksi home voi kasvaa minkä tahansa materiaalin pinnalla. Puurakenteissa home aiheuttaa lahoamista ja rakenteen lujuuden heikkenemistä. Näkyvä home on aina ongelma. Sisätiloissa oleva home aiheuttaa terveydellistä haittaa. Jos homekasvusto on silmin nähtävissä, ei tarkempia mittauksia enää tarvita. Kastumisen syyt on selvitettävä ja poistettava. Pelkkä näkyvän homeen poistaminen tai peittäminen ei riitä. (Sisäilmayhdistys ry 2014, viitattu 3.10.2014)

Voitaisiinko todeta, että onneksi vauriot ovat yläpohjassa. Mikäli painovoimainen ilmavaihto toimii oikein, homeitiöitä ei juurikaan pääse sisäilmaan.

Vesikaton puolelta piipunjuuresta uupuu tiiviste, joka on räystäällä (kuva 14). Näin sadevesi pääsee suoraan piipunjuuresta sisään yläpohjaan, mikäli hie-mankaan tuulee. Piipun tiivistemassaukset ovat osittain hapristuneet ja auma-

kohdan pellitys on myös merkittävä ongelmakohta (kuva 15). Sadevesi voi päästä auman limityskohdasta yläpohjaan. Sivureunoille jää aina varttilevyn paksuuden verran rakoa, kun sivureunoja ei ole tiivistetty, ts. sadevesi voi päästä myös sivureunoista yläpohjarakenteisiin (kuva 16).



KUVA 14. Piipun juuresta uupuu tiiviste, mutta tiiviste on asennettu oikeaoppisesti räystäälle



KUVA 15. Piipun pellityksen juuren tiivistysmassaus on lohkeillut. Auman pellityksen ja piipun juuren välinen liitoskohta vaikuttaa epätiiviltä, mekaaniset kiinnikkeet, esimerkiksi kateruuvit, uupuvat.



KUVA 16. Piipun ja IV-pellitykset kuvattuna katolta päin. Pellitykset taitettu oikeaoppisesti katelevyn uran pohjaan, mutta sivureunoista uupuu tiiviste tai tiivistemassa. Taitetun reunan ja varttilevyjen limikohtaan jää aina pieni rako, josta sadevesi pääsee suoraan yläpohjaan.

Katolla on orgaanista ainesta ja siellä kasvaa paikoitellen sammalta (kuva 17). Osa nauloista on ruostunut (kuva 18).



KUVA 17. Sammalta ja orgaanista ainesta



KUVA 18. Katossa ruostuneita nautoja

Sadevesikouruja ei ole hetkeen puhdistettu (kuva 19). Kourujen ulkokulmalii-
tokset vuotavat kolmella sivulla (kuva 19).

Alastulojen kohdilla on betonista valetut sadevesikaivot ja asukkaan mukaan
sadevedet menevät läheiseen ojaan. (Huovinen, puhelinhaastattelu 1.10.2014)
Alastulojen lisäohjauksesi asennetut muovit eivät välttämättä toimi moitteetto-

masti. Muovi saattaa jäättyä, liikkua tms. jolloin on olemassa riski, että vesi pääsee seinä- /sokkelirakenteisiin. Alastulot on sijoitettu talon päätyihin. Alastuloja tulisi olla 10 m matkalle 1 kpl (RT 85-11020), nyt koko pitkä sivu on ilman alastuloja. Alastulot on asennettu talon päätyihin, yhteensä 4 kpl.



KUVA 19. Sadevesikourut kaipaavat puhdistusta ja kourun kulmat vuotavat. Alastulojen ohjaus muovin avulla sadevesikaivoihin.

3 SUOSITELTAVAT TOIMENPITEET

Kohteeseen on tulossa lähiaikoina kattoremontti, jonka yhteydessä katemateriaali kokonaisuudessaan uusitaan. Vanha katemateriaali on elinkaarensa päässä, vaikka levyt ovat suhteellisen jämkässä kunnossa. Väri on haalistunut kauttaaltaan ja vioittuneet kiinnikkeet tulevat jatkossa aiheuttamaan päänvai-
vaa. Tulevan kattoremontin yhteydessä tulee muistaa, että vanhat varttilevyt sisältävät asbestia.

Merkittävä puute on aluskatteen uupuminen. Nykyiset sateet kun tuntuvat tulevan lähes vaakasuoraan, joka alistaa saumakohtat vuodoille. Itäpäädyn piipulla olevat ongelmat tulisi korjata välittömästi. Kiireellisimpänä toimenpiteenä on piipun juuren saaminen tiiviiksi. Saatavana on erilaisia tiivisteitä sekä tiivistemassoja, jotka on tarkoitettu juuri ko. tiivistystöihin. Auma- ja piipun pellin limityskohta tulisi varmistaa kateruuveilla, pelkkä massa ei riitä pitämään peltejä yhdessä, koska ne voivat elää (lämpölaajeneminen) eri tahdissa.

Itäpäädyssä olevien kattotuolien homekasvusto- ja kosteusvauriot tulisi selvittää pikaisesti, jotta rakenteet eivät vaurioidu enempää. Kastumisen syyt on selvitettävä ja poistettava. Pelkkä näkyvän homeen poistaminen tai peittäminen ei riitä. Kattotuolien puurakenne nykyisessä tilanteessa voi lahota ja aiheuttaa rakenteen lujuuden heikkenemistä. Mahdolliset havaittavat puutteet höyrynsulkumuovissa tulee korjata.

Kattotuoli on sellainen kantava rakenneos, jonka korvaaminen uudella ei ole mahdollista, joudutaan olemassa olevaa rakennetta puhdistamaan. Homevaurioituneen materiaalin pintakerrosta tulee poistaa niin paljon, että homekasvusto saadaan poistetuksi ja jäljelle jää vain puhdasta materiaalia. Materiaalin pintakerroksen poistaminen on yleensä työlästä ja runsaasti pölyä tuottavaa työtä.

Pölyn leviäminen tulee estää asianmukaisesti. Pintakerroksen poistaminen tulee ulottaa riittävän pitkälle terveelle alueelle. (Kosteus- ja homealkoot 2013, viitattu 2.10.2014)

Katon vaihdon yhteydessä tulee rakenteet tutkia huolellisesti. Samalla tulee selvittää vaurioituneiden kattotuolien kunto, mikäli kattotuoleja pitää uusia tai korjata tulee rakennesuunnittelijan suunnitella rakenteen toteutus. Liesituulettimen poistoputki tulee tuossa yhteydessä asentaa siten, että poistoilma menee ulkoilmaan. Kanava kannattaisi vaihtaa oikeanlaiseen ilmastointikanavaan ja eristää oikeaoppisesti. Samassa yhteydessä sadevesijärjestelmä tulee kokonaisuudessaan uusia.

Tärkeimmät ja kiireellisimmät korjauskohdat ennen kattoremonttia:

1. Piipun tiivistäminen
2. Itäpään kattotuolien homekasvusto- ja kosteusvauriot tulisi selvittää paikaisesti, jotta rakenteet eivät vaurioidu enempää. Kastumisen syyt on selvitettävä ja poistettava.
3. Sadevesikourujen tyhjennys ja liitosten tiivistäminen.
4. Kohonneiden naulojen takaisinnaulaus ja tiivistäminen tarvittaessa.

LÄHTEET

Hirvelä, H. Haastattelu 30.9.2014.

Huovinen, J-P. Puhelinhaastattelu 1.10.2014.

Kosteus- ja Hometalkoot 2013. Homevaurioituneen rakennusmateriaalin puhdistusohje rakenneosille, joita ei voi poistaa. Viitattu 2.10.2014, http://uutiset.hometalkoot.fi/component/dpcontentplugin/files/download/193/KoHo_rakennusmateriaalin_puhdistusohje_FINAL.pdf

RT RakMK-21219 Ilmanvaihtolaitteiden paloturvallisuus - Ohjeet 2004. Syyskuu 2003.

RT 85-11020 Metalliset sadevesijärjestelmät. Heinäkuu 2011.

Sisäilmayhdistys ry 2014. Homevaurioiden ehkäisy ja tunnistaminen. Viitattu 3.10.2014, <http://www.sisailmayhdistys.fi/paasivuista-toinen/homevaurioiden-ehkaisy-ja-tunnistaminen/>



TIIVEYSMITTAUS JA LÄMPÖKAMERAKUVAUS

7.11.2014

KEMPELE

Tuula Liikanen RAM2SN
Korjausrakentamisen kuntotutkimukset
Opettaja Kimmo Illikainen
Harjoitustyön palautuspäivä 10.11.2014
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

SISÄLTÖ

1 KOHDETIEDOT JA TAUSTAA	2
2 TIIVEYSMITTAUSTULOKSET	3
2.1 Tiiveyden vaikutus energiankulutukseen.....	5
3 LÄMPÖKAMERAKUVAUS	8
4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
LÄHTEET.....	27

1 KOHDETIEDOT JA TAUSTAA

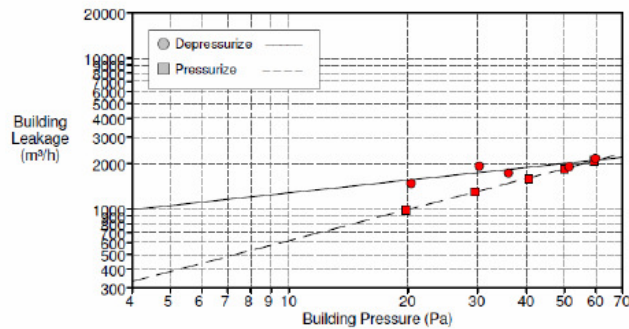
Kohteena on vuonna 1977 valmistunut omakotitalo Kempeleessä. Tiiveysmittaus ja lämpökuvaus suoritettiin 7.11.2014. Lattiapinta-ala lämmin on 143 m², lämmin ilmatilavuus 351 m³ ja rakennuksen vaipan ala (ulkoseinät aukotuksineen sekä alapohja ja yläpohja sisämittojen mukaan laskettuna) on 436 m². Kosteus sisällä mittaushetkellä oli RH = 31 % ja lämpötila 23,9°C. Paine-ero sisä- ja ulkotilojen välillä oli 2,4 Pa. Lämpötila ulkona oli - 11°C ja ulkona heikko itätuuli 4 m/s, sää pilvinen. Lämpökamerakuvaus suoritettiin normaaliolosuhteissa sekä 50 Pa alipaineessa. Tiiveysmittauksessa kohteeseen ajettiin ensin 50 Pa alipaine ja sitten 50 Pa ylipaine.

Tiiveysmittaus ja lämpökuvaus ovat merkittäviä laadunvalvontamenetelmiä, joilla voidaan kattavasti selvittää rakennuksen vaipan kuntoa. Vaipparakenteiden ilmatiiviyydestä on puhuttu kymmeniä vuosia, mutta vasta energiatodistuksen myötä tiiviiden todentaminen on yleistynyt. Passiivitaloissa energiatehokas koneellinen ilmanvaihto takaa hyvän sisäilman laadun ja tiivis vaippa rakenteiden toimivuuden. Mittaus tehdään useammalla paine-erolla, yleensä vähintään viidellä. Paine-eron ylläpitämiseksi tarvittavat ilmamäärät mitataan. Mittaussarjasta lasketaan vuotoilmakäyrä, jonka avulla lasketaan 50 Pa paine-eroa vastaava ilmamäärä. (Paloviita Oy, viitattu 9.11.2014)

2 TIIVEYSMITTAUSTULOKSET

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 7.11.2014	Technician: Ryhmä D		
Test File: T110114001			
Customer: Omatyö Oy	Building Address: Omakotitalo Ristisuontie Kempele,		
	<u>Depressurization</u>	<u>Pressurization</u>	<u>Average</u>
Test Results at 50 Pascals:			
V50: Airflow (m³/h)	1920 (+/- 4.2 %)	1855 (+/- 0.4 %)	1887
n50: Air Changes per Hour (1/h)	5.47	5.29	5.38
w50: m³/(h·m² Floor Area)	13.43	12.97	13.20
q50: m³/(h·m² Surface Area)	4.40	4.25	4.33
Leakage Areas:			
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm²)	1367.1 (+/- 14.2 %)	688.5 (+/- 1.7 %)	1027.8
cm²/m² Surface Area	3.14	1.58	2.36
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)	1021.1 (+/- 23.1 %)	354.8 (+/- 2.8 %)	688.0
cm²/m² Surface Area	2.34	0.81	1.58
Building Leakage Curve:			
Air Flow Coefficient (C _{av})	594.3 (+/- 36.7 %)	128.2 (+/- 4.4 %)	
Air Leakage Coefficient (CL)	644.2 (+/- 36.7 %)	127.7 (+/- 4.4 %)	
Exponent (n)	0.279 (+/- 0.099)	0.684 (+/- 0.011)	
Correlation Coefficient	0.85197	0.99958	
Test Standard: EN 13829	Regulation complied with:		
Type of Test Method: B			
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door			
Inside Temperature: 24 °C	Volume: 351 m³		
Outside Temperature: -11 °C	Surface Area: 436 m²		
Barometric Pressure: 101325 Pa	Floor Area: 143 m²		
Wind Class: 2 Light Breeze	Uncertainty of		
Building Wind Exposure: Partly Exposed Building	Building Dimensions: 4 %		
Type of Heating: Vesikiertoinen patterilämmitys	Year of Construction: 1977		
Type of Air Conditioning: Painovoimainen			
Type of Ventilation: None			



BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

Date of Test: 7.11.2014 Test File:

Comments

Teipattu ja muovitettu:
 - Liesituuletin
 - Ikkunoiden ilmastointiräppänät
 - Viemärit
 - Takan ja leivinuunin luukut
 - Ilmastointiventtiilit

Data Points: Depressurization:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m³/h)	Temperature Adjusted Flow (m³/h)	% Error	Fan Configuration
-3.8	n/a				
-63.2	71.0	2255	2171	7.6	Ring A
-54.7	54.8	1984	1910	-1.2	Ring A
-39.4	45.2	1801	1734	-1.0	Ring A
-33.7	55.9	2003	1928	15.4	Ring A
-23.8	32.7	1536	1479	-1.1	Ring A
-3.0	n/a				
Test 1 Baseline (Pa): p01- = -3.8 p01+ = 0.0 p02- = -3.0 p02+ = 0.0					

Data Points: Pressurization:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m³/h)	Temperature Adjusted Flow (m³/h)	% Error	Fan Configuration
-3.5	n/a				
56.1	53.5	1961	2093	0.0	Ring A
46.7	41.6	1731	1847	-0.7	Ring A
37.2	30.5	1485	1585	-1.8	Ring A
26.5	239.6	1227	1310	0.1	Ring B
16.6	130.8	920	982	-1.1	Ring B
-2.8	n/a				
Test 1 Baseline (Pa): p01- = -3.5 p01+ = 0.0 p02- = -2.8 p02+ = 0.0					

Ilmanvuotoluku, n50 [1/h] kertoo, montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuotoreittien kautta, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa (pascal) ali- tai ylipaine. Rakennuksen sisätilavuus mitataan ulkovaipan sisäpintojen mukaan, välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen. (RT 80-10974)

Esimerkkikohteessa keskimääräinen ilmanvuotoluku, n50 on 5,38/h, eli toisin sanoen rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu 5,38 kertaa tunnissa vaipan vuotoreittien kautta. Esimerkkikohteessa mitattua ilmanvuotolukua voidaan pitää hyvänä rakennusajankohtaan suhteutettuna. Tyypillisen 1970-luvulla rakennetun pientalon ilmanvuotoluku on 8/h. 2010-luvulta eteenpäin ilmanvuotolukusuositus on 2/h tai pienempi. Mitä pienempi ilmanvuotoluku, sitä tiiviimpi talo on. Nykyisin ilmatiiveyslukua arvioidaan seuraavasti: heikko n. 8, normaali n. 3, erinomainen < 1 ja passiivitalo < 0,6/h. (Oulun rakennusvalvonta, viitattu 9.11.2014)

Ilmanvuotoluku, q_{50} [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$], kuvaa rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa paine-erolla kokonaissämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden ($\text{m}^3/(\text{h m}^2)$). Rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinät aukotuksineen sekä ylä- ja alapohja. (RT 80-10974) Keskimääräiseksi q_{50} luvuksi esimerkkikohteessa saatiin 4,33 $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$.

Alipainekokeen tuloksissa on havaittavissa poikkeamat, jotka johtuivat pesuhuoneen tuuletusikkunan avautumisesta ja leivinuunin luukun teippauksen ja muovituksen irtoamisesta.

2.1 Tiiveyden vaikutus energiankulutukseen

Rakenteiden kautta kulkeutuvan vuotoilman lämmitykseen tarvitsevan energian laskemiseen tarvitaan 3 kaavaa jotka ovat esitetty Suomen Rakennusmääräyskokoelman osassa D3 2012. Lähtötietoina tarvitaan kohteen ilmavuotoluku q_{50} , vaipan ala ja paikkakunnan lämmöntarveluku / astepäiväluku sekä tarkastelujakson pituus.

Rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia $Q_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla 2.2.1.

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \text{ Kaava 2.2.1}$$

$Q_{\text{vuotoilma}}$, vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh

$H_{\text{vuotoilma}}$ vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

T_s sisäilman lämpötila, °C

T_u ulkoilman lämpötila, °C

Δt ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Vuotoilman ominaislämpöhäviö Hvuotoilma lasketaan kaavalla 2.2.2.

Hvuotoilma = $\rho_i c_{pi} q_v$, vuotoilma Kaava 2.2.2

Hvuotoilma vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

ρ_i ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

q_v , vuotoilma vuotoilmavirta, m³/s

Vuotoilman vuotoilmavirta q_v lasketaan kaavalla 2.2.3.

q_v , vuotoilma (m³/s) = $(q_{50} / 3600 * X) * A_{vaippa}$ Kaava 2.2.3

X = kerroin : 1-kerroksinen 35, X-kerroin perustuu kenttäkokeiden tuloksiin jolla kertoimella muutetaan 50 Pa paine-erolla tapahtuva ilmavuotomäärä vastaamaan normaalia käyttötilanteen paine-eron ilmavuotomäärää.

Lasketaan esimerkkikohteen öljylämmitteisen talon tarvitsema vuotoilman energiantarve seuraavilla lähtötiedoilla:

$q_{50} = 4,33$, $A_{vaippa} = 436 \text{ m}^2$, energian hinta = 0,10 €/kWh (öljy), 1-kerroksinen pientalo

q_v , vuotoilma (m³/s) = $(4,33 / 3600 * 35) * 436 \approx 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$

Hvuotoilma = $1,2 * 1000 * 0,015 \text{ m}^3/\text{s} = 18 \text{ W/C}$

$Q_{vuotoilma} = 18 \text{ W/C} * 4780 \text{ vrkC} * 24 \text{ h} / 1000 \approx 2065 \text{ kWh/a}$

Kulutus: $2065 \text{ kWh/a} * 0,10 \text{ €/kWh} = 206,50 \text{ €} / \text{vuodessa}$, eli $206,50 \text{ €} / 436 \text{ m}^2$ (vaipan pinta-ala) $\approx 0,50 \text{ €} / \text{m}^2 / \text{vuosi}$

Jos vaipan ilmapuotoluku esimerkkikohteessa olisi tyypillinen 1970-luvulle ($q_{50} = 8$), energiankulutus olisi seuraavanlainen:

$$q_v, \text{vuotoilma (m}^3/\text{s)} = (8 / 3600 \cdot 35) \cdot 436 \approx 0,030 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{vuotoilma}} = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,030 \text{ m}^3/\text{s} = 36 \text{ W/C}$$

$$Q_{\text{vuotoilma}} = 36 \text{ W/C} \cdot 4780 \text{ vrkC} \cdot 24 \text{ h} / 1000 \approx 4130 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Kulutus: } 4130 \text{ kWh/a} \cdot 0,10 \text{ €/kWh} = 413,- \text{ € / vuosi}$$

Siis energiankulutus olisi 413,- €, eli 413,- / 436 m² (vaipan pinta-ala) $\approx 0,95 \text{ €/m}^2/\text{vuosi}$.

3 LÄMPÖKAMERAKUVAUS

Lämpökamerakuvien tulkinnessa noudatetaan Asumisterveysohjeen ohjeita:

Määritelmä	Heikko taso	Välttävä taso	Hyvä taso
Korjausluokitus	Luokka 1	Luokka 2/3	Luokka 3/4
Sovelletaan	Kaikki	KORJAUSRAK. 2-3 UUDISRAK. 1-2	Kaikki
INDEKSI PISTEMMÄISILLE VIOILLE	0-60	61-65	>65
INDEKSI SEINÄN LÄMPÖTILALLE	0-80	81-85	>85
INDEKSI LATTIAN LÄMPÖTILALLE	0-86	87-97	>97

Pistemäisten lämpötilojen korjausluokitus:

(TI < 61 %) Korjattava ilmavuoto tai eristevika, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.

(TI 61 - 65 %) Korjaustarve on erikseen harkittava ja jätettävä, jos työ ei ole kohtuullisin kustannuksin toteuttavissa. Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän tason, mutta ei täytä hyvää tasoa.

(TI 65 - 70 %) Lisätutkimuksia, täyttää asumisterveydelle asetetut hyvän tason vaatimukset, mutta tilan käyttötarkoitus huomioiden piilee kosteus- ja lämpöteknisen toiminnan riski. On tarkasteltava rakenteen kosteustekninen toiminta tai tehtävä muita lisätutkimuksia.

(TI > 70 %) Täyttää hyvän tason vaatimukset. Ei korjaustoimenpiteitä.

LASKENTAKAAVA:


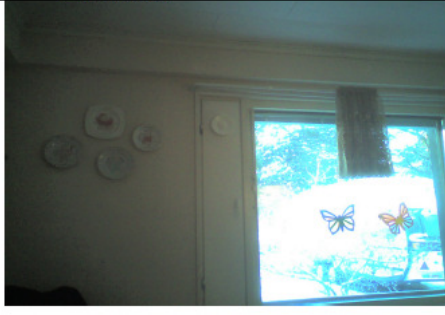
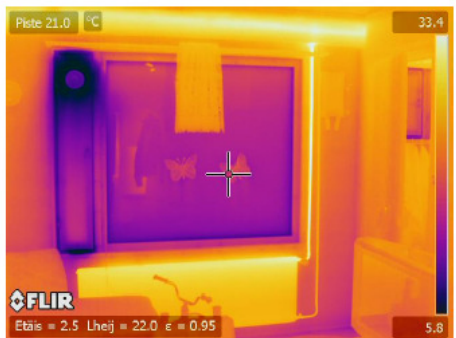

$$TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times 100(\%)$$

TI = Lämpötilaindeksi

Tsp = Sisäpinnan lämpötila

To = Ulkoilman lämpötila

Ti = Sisäilman lämpötila (Sosiaali- ja terveysministeriö, viitattu 10.11.2014)

Kuvauspaikka: Ristisuo		Kuvauspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
			
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	-0,7 / 21 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	29,6 / 33,4 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	-0,7 / 5,8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	alempi kuva 48	Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	alempi kuva 92	Kameran sarjanumero	-

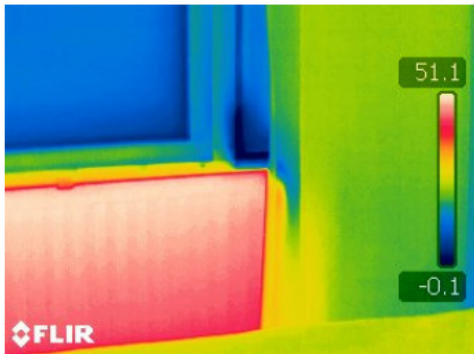
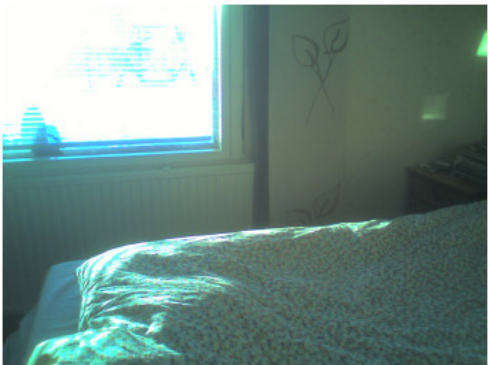


Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s / itä
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11.00 °C



Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	31 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-2,4 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23,9 °C

Takkahuoneen tuuletusikkunan alalaidassa korjattava ilmavuoto johtuen eriste-
viasta, vaikuttaa asumisviihtyvyyteen ja aiheuttaa ilmavuotoja, joten puute kor-
jattava. Tuuletusventtiili toimii, mutta pakkasen puolella oleva ilma voi aiheuttaa
vedon tunnetta.

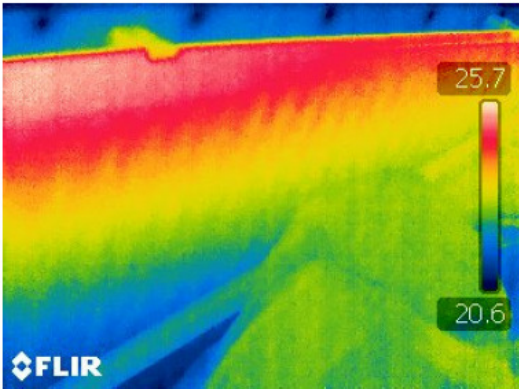

Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvaspävämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
			
			
Mittausparametrit			
Mittauspisteen lämpötila	°C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	51,1 / 25,5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	-0,1 / 8,6 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	ylempi kuva 31	Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Vanhempien makuuhuoneen tuuletusikkunassa merkittävä lämpövuoto, eriste korjattava pikaisesti. Lämpövuoto myös huoneen nurkassa. Lämpötilaindeksi laskettuna alueen *minimilämpötilasta*, ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa.

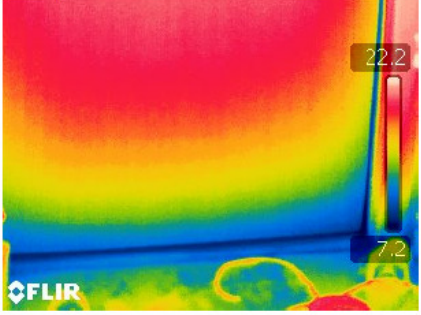
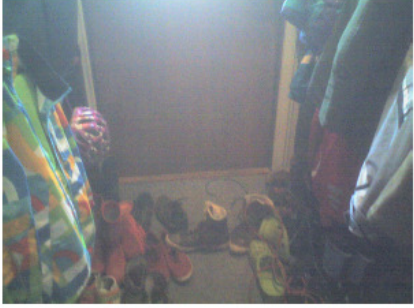


Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvaspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
			
Mittausparametrit			
Mittauspisteen lämpötila	12,6 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	50,7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	-1,3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet	
Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s / itä	Sisäilman suhteellinen kosteus	31 %
Pilvisyys	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11.00 °C	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23,9 °C

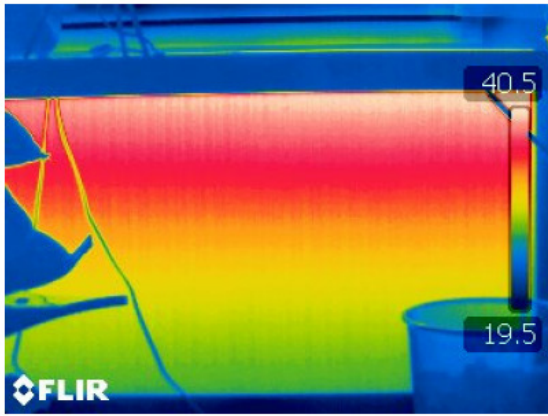

Vanhempien makuuhuoneen ilmapuotoja kuvattuna 50 Pa alipaineessa. Tuuletuulukuun tiivisteissä vuoto, joka kannattaa korjata. Pistorasiaan tulee kylmää ilmaa, joten pistorasia olisi syytä tiivistää.

Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvauspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuvakuva		Valokuva	
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	°C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	25,7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	20,6 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Vaatehuoneen patteri ei toimi kunnolla.

Kuvaspaukka: Ristisuo		Kuvaspauvämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuvu		Valokuva	
			
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	19,1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	22,2 / 28,6 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22,0 °C
Mittausalue min. lämpötila	7,2 / 11,3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	ylempi kuva 52	Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	86	Kameran sarjanumero	-

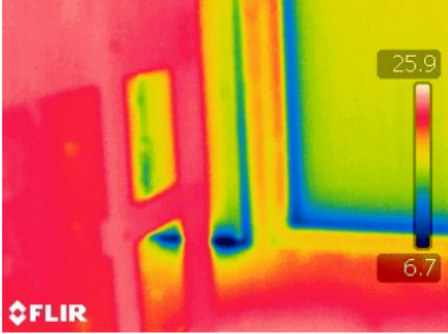

Etuoven alareunan tiivisteissä huomattava ilmapuoto. Tiivisteet ja oven säätö korjattava pikaisesti. Lämpötilaindeksi mitatun alueen *minimilämpötilasta* on 52, joka ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa ja luokitellaan siten terveyshaitaksi. Heikentää oleellisesti rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa. Mitatusta *pistelämpötilasta* lämpötilaindeksi on 86, joka täyttää hyvän tason vaatimukset, eikä vaadi korjaustoimenpiteitä.

Kuvaspikka: Ristisuo		Kuvaspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	°C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	40,5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	19,7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Autotallihuoneen patteri ei toimi kunnolla.

Kuvauspaikka: Ristisuo		Kuvauspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuv		Valokuva	
			
			
Mittausparametrit			
Mittauspisteen lämpötila	20,5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	23,4 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	9,9 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Autotallihuoneen ulko-ovessa ja katkaisijassa ilmavuotoja, kuvattu 50 Pa alipaineessa.

Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvaspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	°C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	25,9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	6,7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

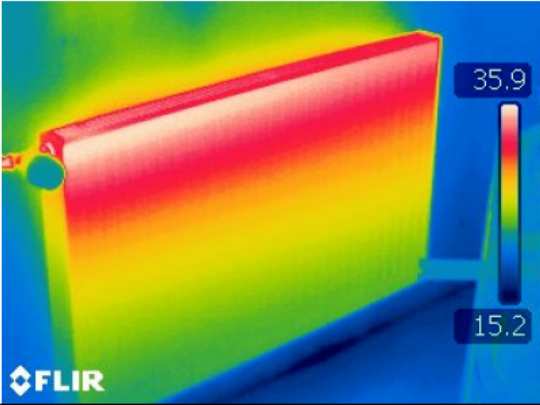

Tyttöjen huoneen ikkunan ilmapuotoja kuvattuna 50 Pa alipaineessa. Korjattava tuuletusikkunan tiivisteet.

Kuvauspaikka: Ristisuo		Kuvauspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	21,3 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	23,3 / 28,4 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22,0 °C
Mittausalue min. lämpötila	7,6 / 13,2 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	alempi kuva 69	Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	alempi kuva 93	Kameran sarjanumero	-

Varastohuoneen ikkunassa ja katon rajassa ilmavuotoja.

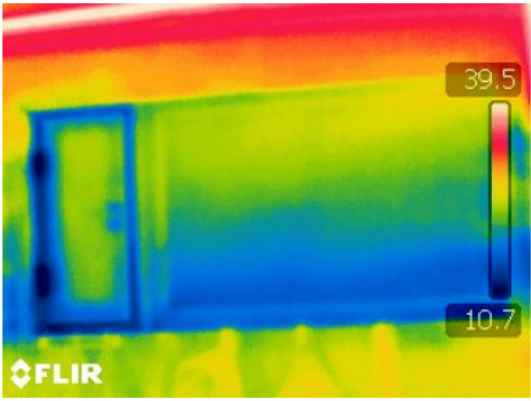

Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvaspivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuv		Valokuva	
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	19,4 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	21,9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22,0 °C
Mittausalue min. lämpötila	6,6 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-
Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet	
Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	31,0 %
Pilvisyys	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11,00 °C	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23,9 °C

Varastohuoneen käytöstä poistetun oven ilmapuotoja kuvattuna 50 Pa alipaineessa. Ovi syytä tiivistää paremmin tai poistaa kokonaan käytöstä. Katkaisijaan tulee myös kylmää ilmaa, tiivistys.

Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvauspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	°C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	35,9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22,0 °C
Mittausalue min. lämpötila	15,2 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	75	Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-



Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet	
Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	31,0 %
Pilvisyys	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-2,4
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11,00	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	22,0 °C

Varastohuoneen patteri ei toimi kunnolla. Ilmavuotoja lattianrajassa. Mikäli huone otetaan asumiskäyttöön, tulee ilmavuodot koittaa poistaa. Aiheuttaa veden tunnetta huoneilmaan ja vaikuttaa asumisviihtyvyyteen.

Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvaspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuv		Valokuva	
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	°C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	39,5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	10,7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-




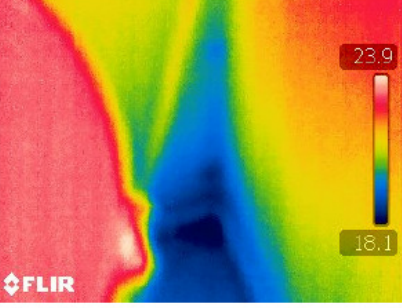
Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet	
Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Pilvisyys	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11.00 °C	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila mitattu)	23,9 °C

Kylpyhuoneen ikkunan ilmavuotoja kuvattuna 50 Pa alipaineessa. Tuuletusluukun säätö kannattaisi tarkistaa ja tiivisteet korjata.

Kuvaspaikka: Ristisuo		Kuvaspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuv		Valokuva	
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	°C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	51,8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	17,5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet	
Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Pilvisyys	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11.00 °C	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila mitattu)	23,9 °C

WC:n ikkunan ilmavuotoja kuvattuna 50 Pa alipaineessa. Ikkunan tiivisteet kannattaisi tarkistaa.

<p>Kuvauspaikka: Ristisuo</p>	<p>Kuvauspäivämäärä: 7.11.2014</p>
<p>Lämpökuva</p>	<p>Valokuva</p>
	
	
<p>Olohuoneen oikea nurkka:</p> 	<p>Mittausparametrit</p>



Mittauspisteen lämpötila	18,6 °C ylin kuva	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	31,8 °C ylin kuva	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	13,3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Ulkoilman olosuhteet

Sisäilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Pilvisyys	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11.00 °C	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila mitattu)	23,9 °C

Olohuoneen oven ja ikkunan ilmavuotoja kuvattuna 50 Pa alipaineessa. Tuuletusluukun ja ulko-oven säätö kannattaisi tarkistaa ja tiivistet korjata. Puuttuvat tiivistet aiheuttavat ilmavuotoja ja vedon tunnetta huoneilmaan.

Kuvauspaikka: Ristisuo		Kuvauspäivämäärä: 7.11.2014	
Lämpökuva		Valokuva	
			
		Mittausparametrit	
Mittauspisteen lämpötila	24,3 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0,95
Mittausalue maks. lämpötila	45,2 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	22 °C
Mittausalue min. lämpötila	17,4 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2,5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta		Kameratyyppi	FLIR
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta		Kameran sarjanumero	-

Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet	
Tuulen nopeus/tuulen suunta	4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	31.0 %
Pilvisyys	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-11.00 °C	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila mitattu)	23,9 °C

Keittiön ikkunan ilmapuotoja kuvattuna 50 Pa alipaineessa. Tuuletusluukun säätö kannattaisi tarkistaa ja tiivisteet korjata.

4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kohde on esimerkkikohteeni liittyen opinnäytetyöhöni Energiatehokas yläpohjan ja vesikaton korjaus. Kohteessa kiinnosti erityisesti katto- ja seinärakenteiden liittymävuodot. Vuotoja seinä- ja kattorakenteen liittymäkohdissa ei juurikaan havaittu johtuen lämmitysputkista, jotka kulkevat katon rajassa. Tiloissa, joissa lämmitysputket eivät kulje katonrajassa, kuten varastohuoneessa ja autotallipäädyssä olevassa välihuoneessa, vuotoja oli havaittavissa. Tästä voinee päätellä, että liittymä vuotaa jonkin verran. Mielenkiinnosta laskin lämpövuotoihin kuluvaa rahamäärää, jotta niiden merkityksestä saa konkreettisemmän käsityksen. Talo on asuttu ja huonekalut olivat paikoillaan, joten seinien ja alapohjan liitoksien vuotokohdista ei lämpökamerakuvauksessa saanut juurikaan tietoa. Merkittävimmät ilmavuodot löytyivät ikkunoista, tuuletusikkunoista ja ovista. Kohteesta löytyi myös puutteellisesti toimivia pattereita. Patterijärjestelmä tulisi ilmata, tarkistaa termostaattien toimivuus ja tarvittaessa vaihtaa vialliset patterit uusiin. Ikäisekseen talo on suhteellisen ilmatiivis. Vuotoalueita on yhteensä 688 cm², mikä vastaa kooltaan 26 x 26 cm reikää, joka on koko ajan avoinna.

LÄHTEET

D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Rakennusten energiatehokkuus – Määräykset ja ohjeet 2012

Paloniitty Oy 2014. Tiiveysmittaus. Viitattu 9.11.2014.
<http://www.paloniitty.fi/page.php?sivu=49>

Oulun rakennusvalvonta 2014. Tiiveyskorjaus. Viitattu 9.11.2014,
http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_9_Tiiveyskorjaus_2013_02_01.pdf

RT 80-10974 2009 lokakuu. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje.

Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje. Viitattu 10.11.2014,
http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf