



Erkki Timonen

1970-LUVUN PIENTALON KORJAUSTARPEET JA ENERGIA- KORJAUSMAHDOLLISUUDET

1970-LUVUN PIENTALON KORJAUSTARPEET JA ENERGIA- KORJAUSMAHDOLLISUUDET

Erkki Timonen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan koulutusohjelma, talon- ja korjausrakentaminen

Tekijä: Erkki Timonen

Opinnäytetyön nimi: 1970-luvun pientalon korjaustarpeet ja energiakorjausmahdollisuudet

Työn ohjaaja: Seppo Perälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014

Sivumäärä: 58 + 1 liite

Tässä opinnäytetyössä arvioitiin 1970-luvulla rakennetun pientalon korjaustarvetta sekä esitettiin korjausehdotukset korjausta vaativille rakenneosille. Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin mahdollisuuksia parantaa kohteen energiatehokkuutta. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka erilaiset ratkaisut vaikuttavat kohteen energiankulutukseen. Ratkaisut, joilla energiatehokkuuden paranemiseen tähdättiin, olivat rakenteiden lisäeristäminen ja lämmitysjärjestelmän vaihto johonkin toiseen järjestelmään. Lisäeristämisen tavoitteena oli saavuttaa Ympäristöministeriön rakenneosille asettamat U-arvojen enimmäisarvot.

Työ aloitettiin tekemällä kohteessa lämpökuvaus ja kuntoarvio. Lämpökuvaus suoritettiin huhtikuussa 2013 ja kuntoarvio elokuussa 2013. Saatujen havaintojen pohjalta pystyttiin määrittelemään kohteen korjaustarve ja se, mihin korjaukset olisi syytä kohdistaa. Rakenteiden U-arvot ja lämpöhäviöt määritettiin DOF-lämpöohjelmalla. Näitä tietoja tarvittiin tehtäessä vertailua erilaisten lisäeristysmenetelmien välillä.

Kuntoarviossa ja lämpökuvauksessa tehtyjen havaintojen perusteella lisätutkimukset ja mahdolliset korjaukset on syytä kohdistaa ensisijaisesti talousosaan, ja siellä nimenomaan entisen puuvaraston paikalle tehdyn makuuhuoneen ulkoseiniin ja yläpohjaan. Lämpökuvaus paljasti tilassa paikkoja, joiden pintalämpötilat olivat alle Asumisterveysohjeen määrittelemän välttävän tason. Myös talousosassa sijaitsevat pesutilat ovat remontoinnin tarpeessa. Pesutilojen tekninen käyttöikä on ylitetty reilusti, ja kokemusperäisesti tiedetään 1970-luvulla rakennettujen pientalojen märkätiloissa olleen paljon kosteusongelmia. Lisäeristämällä ulkoseiniä ja yläpohjaa voidaan työssä esitetyillä ratkaisuilla saavuttaa merkittäviä energiasäästöjä. Myös Ympäristöministeriön rakenneosille asettamat U-arvojen enimmäistasot on saavutettavissa kohtuullisilla lisäeristysratkaisuilla.

Asiasanat: kuntoarvio, lämpökuvaus, energiakorjaus, energiatehokkuus, lisäeristys

ABSTRACT

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

Author: Erkki Timonen

Title of thesis: Repair Needs and Energy Correction Possibilities for 1970's Detached House

Supervisor: Seppo Perälä

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014

Pages: 58 + 1 appendix

In this thesis repair needs a detached house from the 1970's were examined and proposals for the repairs were given. Also possibilities to improve energy efficiency of the house were studied in the thesis. The purpose was to solve how different solutions affect the energy consumption in the house. The solutions to improve energy efficiency were additional isolation of constructions and changing the heating system to another one. The target of additional isolation was to reach maximum U- values of the building components.

The work begun by thermal imaging and condition assessment of the house. Thermal imaging was accomplished in April 2013 and condition assessment in August 2013. Repair needs were determined based on the perceptions of the examinations. U-values and heat losses of structures was determined with DOF- heat-programme. This information was needed for comparing different additional insulations.

Thermal imaging revealed some spots where the surface temperature of the outer wall and roof was below admitted standards. Perhaps the most urgent target for repairs is the aged bathroom because of its great moisture load. By solutions presented in this thesis, significant savings in energy consumptions could be reached. Approved U-values are also achievable by reasonable increase of insulation.

Keywords: condition assessment, thermal imaging, energy corrective, energy efficiency, additional insulation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 KOHTEEN ESITTELY	8
3 KUNTOARVIO	10
3.1 Kuntoarvion tarkoitus ja tavoitteet	10
3.2 Kuntoarvion suorittaminen	11
3.3 Kohteen kuntoarvio	12
3.3.1 Pihan rakenteet	12
3.3.2 Perustukset	13
3.3.3 Alapohja	13
3.3.4 Ulkoseinät	15
3.3.5 Ikkunat ja ulko-ovet	17
3.3.6 Yläpohja	17
3.3.7 Vesikatto	17
3.3.8 Asuintilat	19
3.3.9 LVIS-järjestelmät	19
4 LÄMPÖKUVAUS	21
4.1 Lämpökuvaus rakentamisessa	21
4.2 Lämpökuvauksen perusteet	21
4.3 Rakenteiden lämpökuvaus	22
4.3.1 Yleistä rakenteiden lämpökuvauksesta	22
4.3.2 Lämpö- ja ilmavuodot	22
4.3.3 Kosteus- ja homevauriot	23
4.4 Lämpökuvausolosuhteet	23
4.5 Lämpötilaindeksi	24
4.6 Korjausluokitus	24
4.7 Lämpötilojen ohjearvot	25
4.8 Kohteen lämpökuvaus	26
4.8.1 Valmistelevat toimenpiteet	26

4.8.2 Lämpökuvauksen aloitus	26
4.8.3 Lämpökuvauksen suorittaminen	27
4.8.4 Kuvien tulkinta	27
5 KOHTEEN TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	30
5.1 Pihan rakenteet	30
5.2 Perustukset	31
5.3 Alapohja	32
5.4 Ulkoseinät	33
5.5 Ikkunat ja ulko-ovet	34
5.6 Yläpohja	34
5.7 Vesikatto	35
5.8 Asuintilat	35
5.9 LVIS-järjestelmät	36
6 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN	37
6.1 Lähtökohdat energiakorjaukselle	37
6.2 Ulkoseinien lisälämmöneristäminen	38
6.2.1 Ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristäminen	38
6.2.2 Ulkoseinien sisäpuolinen lisälämmöneristäminen	39
6.2.3 Ulkoseinien lämmöneristeen vaihto	40
6.3 Yläpohjan lisälämmöneristäminen	40
6.4 Rakenteiden tiivistäminen	41
6.5 Lainsäädäntö energiatehokkuuden parantamiseen korjaus- ja muutostöissä	41
6.6 Rakennusosakohtaiset vaatimukset	42
6.7 Kohteen energiatehokkuuden parantaminen lisäeristämällä ja tiivistämällä	42
6.8 Lisäeristyksellä saavutettavat säästöt	44
6.9 Kohteen energiatehokkuuden parantaminen lämmitysjärjestelmää vaihtamalla	48
7 YHTEENVETO	51
LÄHTEET	55
LIITTEET	
Liite 1 Mittausraportti	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa 1970-luvulla rakennetun pientalon kunto ja määrittää korjaustarpeet sekä laatia tarvittavat toimenpide-ehdotukset. Lisäksi työssä tarkastellaan tilaajan toivomuksesta kohteen energiakorjauksen toteutusvaihtoehtoja. Rakennuksen korjaustarvetta määritetään kuntoarvion ja lämpökuvauksen avulla. Opinnäytetyötä voidaan käyttää apuna suunniteltaessa ja toteutettaessa kohteen tulevaa peruskorjausta. Työn tilaajana toimi talon omistaja.

Opinnäytetyön tutkimuskohteena on vuonna 1977 rakennettu yksikerroksinen pientalo. Kohde sijaitsee Oulun Huonesuolla. Rakennus on rakenneratkaisuiltaan tyypillinen 1970-luvulla rakennettu pientalo lukuun ottamatta eristemateriaalia. Eristemateriaalina kohteessa on yleisesti rakentamishetkellä jo käytössä olleesta mineraalivillasta poiketen käytetty pääosin purua. Kohteeseen on tehty edellisen kerran kuntoarvio vuonna 2003 asuntokaupan yhteydessä.

Kuntoarviossa rakennuksen kunto tutkitaan silmämääräisesti rakenteita rikkomatta. Kuntoarvion lisäksi kohde lämpökuvataan ja mittauksista luodaan Flir reporter 8.5 -tietokoneohjelmaa käyttäen mittausraportti. Kuntoarviossa ja lämpökuvauksessa tehtyjen havaintojen pohjalta laaditaan kohteeseen korjaus- ja toimenpide-ehdotukset.

Ulkovaipan energiakorjausvaihtoehtoja tutkitaan lämmityskustannusten pienentämiseksi ja asumismukavuuden lisäämiseksi. Apuna energiakorjauksessa käytetään lämpökuvauksesta saatuja tuloksia. Lämpökuvauksesta laadittavan mittausraportin avulla voidaan todeta muun muassa se, onko eristeissä puutteita ja onko purueriste painunut jossain kohdin seinärakennetta. Myös rakenteiden ilmavuotokohdat selviävät mittausraportista.

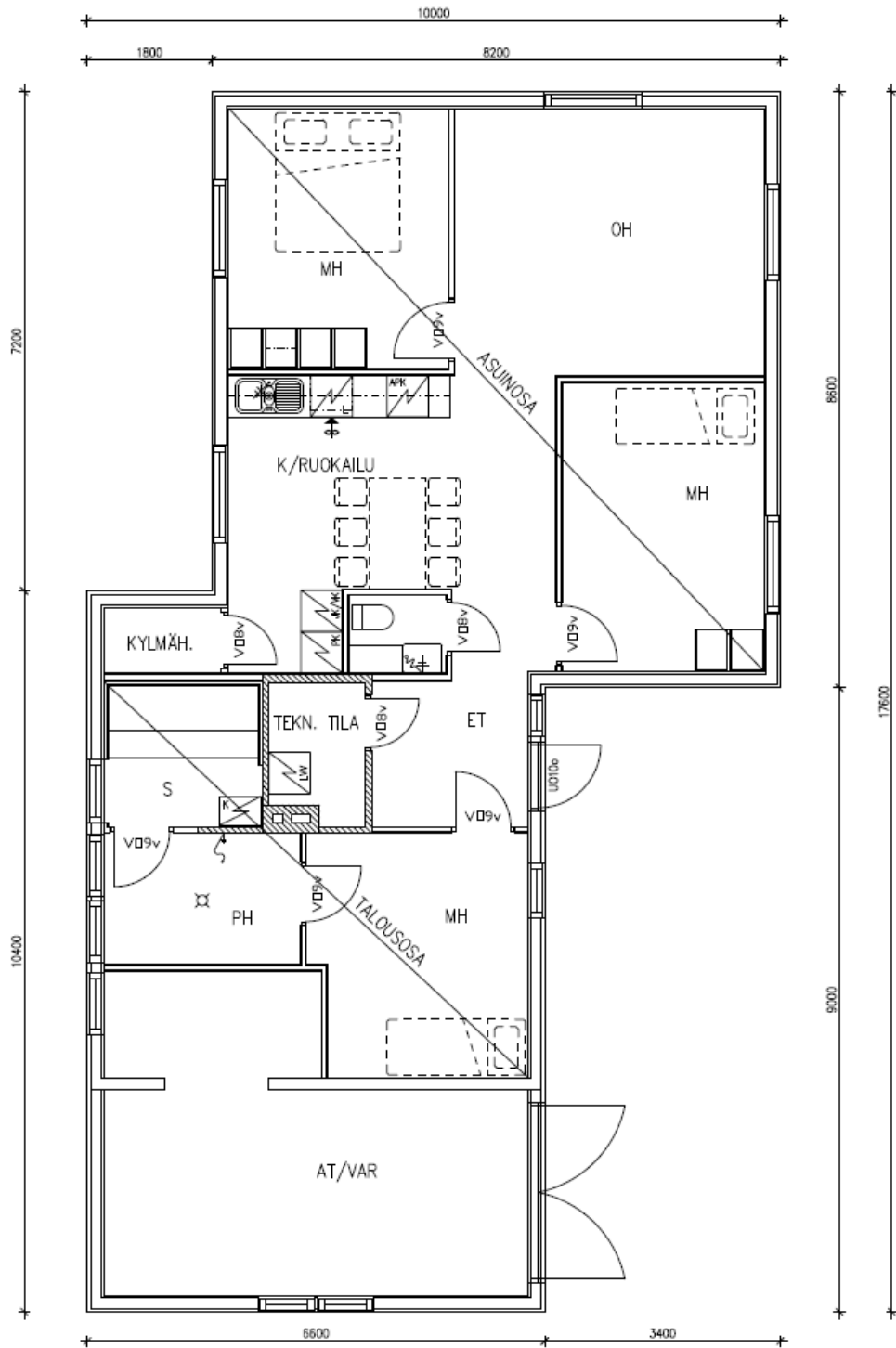
Tulevina vuosina on tarkoitus toteuttaa kohteessa perusparannus ja energiakorjausremontti. Opinnäytetyössä saatujen tietojen pohjalta korjaustoimenpiteet voidaan kohdistaa oikein ja energiakorjaus voidaan toteuttaa parhaalla mahdollisella tavalla.

2 KOHTEEN ESITTELY

Kohde sijaitsee Oulussa Huonesuolla ja se on ratkaisultaan tyypillinen 1970-luvulla rakennettu pientalo. Talo on valmistunut vuonna 1977 ja se sisältää neljä huonetta, keittiön ja oman siiven sauna- ja peseytymistiloille sekä tekniselle tilalle. Samaan siipeen on liitetty autotalli ja varasto. Myöhemmin tilaratkaisuja on muutettu siten, että osa puuvarastosta on otettu asuinkäyttöön. Tiloja on myös avarrettu purkamalla muutamia kevyitä väliseiniä (kuva 1).

Tässä työssä siivestä käytetään nimitystä ”talousosa”. Sen lisäksi työssä esiintyy termi ”asuinosa”, joka kuvaa talon alkuperäistä asuinosa. Talon lämmitysjärjestelmänä toimii vesikeskuslämmitys ja lämpö tuotetaan sähköllä. Talossa on koneellinen poistoilmanvaihto, lukuun ottamatta pesutiloja, joissa ilmanvaihto on painovoimainen. Kerrosala on 131 m², josta asuinosan osuus on 72 m², taluosan lämpimän osan 34 m² ja kylmän osan eli autotallin ja varaston 25 m².

Tilamuutosten lisäksi taloon on tehty muutamia korjauksia. Merkittävimpiä korjaustoimenpiteitä ovat olleet vesikatteiden uusimiset. Taluosan vesikate on uusittu vuonna 1998 ja asuinosan vesikate vuonna 2000. Alkuperäinen puukattila on vaihdettu sähkötoimiseen vesivaraajaan vuonna 1995. Ikkunat on vaihdettu vuonna 2004 ja julkisivut huoltomaalattu kesällä 2005.



KUVA 1. Nykytilanteen mukainen pohjakuva

3 KUNTOARVIO

3.1 Kuntoarvion tarkoitus ja tavoitteet

Kuntoarviolla tarkoitetaan puolueetonta arviota tai tarkastusta, jonka tarkoituksena on tuottaa tietoa kohteen rakennusteknisestä kunnosta, vaurio- ja käyttöturvallisuusriskeistä sekä kartoittaa, millaisia korjauksia tai huoltotoimia on rakennukseen tarpeen tehdä lähivuosina. Asunto- ja kiinteistökaupan yhteydessä tehtävästä kuntoarviosta käytetään usein myös termiä kuntotarkastus. (Hekkanen 1998, 3-9; Kemoff 2012, 3.)

Kuntoarvio tehdään rakennetta rikkomattomilla menetelmillä, ja se perustuu aistinvaraisiin havaintoihin. Jos on syytä epäillä silmältä piilossa olevia vakavampia rakennusvaurioita, voidaan arvion yhteydessä tehdä myös tarkempia tutkimuksia. Tarvittaessa arvion tukena voidaan käyttää esimerkiksi lämpökuvausta tai pintakosteusmittaria. Vaurioiden todellinen vakavuus ja rakenteiden kunto paljastuvat kuitenkin usein vasta rakenteita avaamalla. Esimerkiksi mikrobikasvuston olemassaoloa ei ole mahdollista selvittää luotettavasti ilman rakenteiden läpi otettavia materiaalinäytteitä. Asunto- ja kiinteistökaupan yhteydessä tehtävä kuntotarkastus voi joissain tapauksissa pitää sisällään myös rakenteiden avaamista ja materiaalinäytteiden ottoa. (Hekkanen 1998, 7-9; Kemoff 2012, 7; Koskenvesa – Nissinen – Olenius – Penttilä – Tiula 2005, 21-22.) Tässä työssä kuntoarviolla kuitenkin tarkoitetaan ainoastaan rakennetta rikkomattomilla menetelmillä tehtävää aistinvaraisiin havaintoihin perustuvaa arviota.

Säännöllisesti toteutetulla kuntoarviolla voidaan varmistaa, että asunto säilyy terveellisenä ja energiankulutus kohtuullisena. Ajoissa havaitut vauriot voidaan korjata helposti ja kohtuullisin kustannuksin. Kuntoarviolla voidaan myös säästää suoraa taloudellista säästöä ilman investointeja. Esimerkiksi lämmityskustannuksia on mahdollista alentaa melkein jokaisessa pientalossa jopa 10-20 % ilman rahallista panostusta. (Hekkanen 1998, 7-9.)

Kuntoarvioiden käyttö asuntokaupan yhteydessä on yleistynyt. Yleistymisen taustalla on kiinteistökauppaa koskevan lainsäädännön eli maakaaren uudistuminen vuoden 1997 alussa. Uudistumisen myötä laissa on korostunut myyjän

tiedonantovelvollisuus ja ostajan velvollisuus tarkastaa kaupan kohde. Samalla, kun kuntoarvioiden teko asuntokaupan yhteydessä on yleistynyt, on alalle tullut monenlaisia yrittäjiä. Alan toimijoiden ammattitaidossa onkin havaittu runsaasti vaihtelua. Tilaajan onkin syytä varmistua tutkijan pätevyydestä ja ammattitaidosta ennen työn tilaamista. (Hekkanen 1998, 7-8; Uusitalo – Huovinen 1999, 32-33.)

Kuntoarvio on arvokas työkalu myös suunniteltaessa vanhan asunnon remontointia. Kuntoarvion pohjalta voidaan remonttikohteessa selvittää, mitkä toimenpiteet on välttämätöntä tehdä ja mitkä työt voidaan suosiolla jättää myöhemmäksi. (Koskenvesa ym. 2005, 21-22.)

3.2 Kuntoarvion suorittaminen

Kuntoarvion suorittamiseen otollisinta aikaa on syksy ennen lämmityskauden alkua. Kosteusvauriot ja hajut tulevat parhaiten esiin silloin, kun niitä ei voi peitellä esimerkiksi lämmityksellä. Toinen merkittävä ulkoinen tekijä arvioinnissa on riittävä valaistus. Kuntoarvio tulee tehdä aina päiväsaikaan hyvässä valossa. (Uusitalo – Huovinen 1999, 32-33.)

Aistinvaraisten havaintojen lisäksi kuntoarvion suorittamisessa apuna käytetään rakennuksen piirustuksia sekä asukkaiden haastatteluja (Koskenvesa ym. 2005, 21-22). Arviota tehtäessä rakennus käydään kattavasti rakenneosittain läpi. Kemoff (2012) aloittaa kuntoarvion perustusten ja sokkelin arvioinnilla. Tämän jälkeen tarkastellaan mahdollinen alapohjan ryömintätila, maanpinnan kallistukset ja sadevesien poistot sekä salaojat. Ennen sisätiloihin siirtymistä käydään läpi vielä rakennuksen julkisivu, ikkunat, ovet, vesikatto ja yläpohja. Kuntoarviossa käydään huolellisesti läpi myös alapohja, mahdollinen välipohja sekä maanvastaiset seinät. Sisätiloissa pääpaino on kosteissa tiloissa ja pinnoissa. Myös mahdolliset tulisijat arvioidaan. Kuntoarviossa tulee kiinnittää huomiota myös LVIS-järjestelmiin.

Kuntoarviosta kirjoitetaan aina raportti. Se tulee olla toimitettuna sovituille vastaanottajille viikon sisällä kuntotarkastuskäynnistä, ellei muuta ole sovittu. Vaikka kuntotarkastajalla ei ole valtuuksia vaatia vaurioiden korjaamista, on raportin esitystavan oltava suhteessa vaurion korjaustarpeen tärkeyteen. Vakavien vir-

heiden kohdalla on sanamuodon oltava ”tulee korjata” tai ”tulee tehdä lisätutkimuksia”. Sanamuotoja ”suositellaan korjattavaksi” voidaan käyttää vain epäoleellisten asioiden yhteydessä. Raportissa asiat pitää ilmaista yksiselitteisesti, jotta väärinkäsityksiltä vältyttäisiin. (Kemoff 2012, 124.)

Asunto- ja kiinteistökaupan yhteydessä suoritettavalle kuntotarkastukselle on laadittu Rakennustieto oy:n julkaisema kuntotarkastuksen ohje KH-90-00394 (2007) ja asiasta on laadittu useita oppaita.

3.3 Kohteen kuntoarvio

Kuntoarvio toteutettiin elokuussa 2013. Kohde tutkittiin rakenteita avaamatta. Kohteessa oli edellisen kerran tehty kuntoarvio vuonna 2003 asuntokaupan yhteydessä (Kuntotarkastus asuntokauppaa varten. 2003, 2).

3.3.1 Pihan rakenteet

Rakennus sijaitsee tasaisella piha-alueella. Pintavesien poisjohtaminen rakennuksen vierestä on järjestetty maanpinnan kallistuksilla kohti avo-ojia. Osa pintavesistä on johdettu alueille, missä vesi imeytyy maaperään. Maanpinta seinän vieressä viettää pääosin poispäin rakennuksesta. Niiltä osin kuin seinustalle on sijoitettu istutuksia, on maanpinta suora. Avo-ojat toimivat talon omistajan mukaan pääosin moitteettomasti. Yksi ojista on kuitenkin pahoin kasvittunut ja tukossa.

Katolta tulevat sadevedet on johdettu syöksytorvista rakennuksen nurkille, ja siitä edelleen kauemmas rakennuksesta betonisilla kouruilla. Yhdestä nurkasta vesi kuitenkin pääsee valumaan vesikourun päästä suoraan maahan. Tällä kohtaa maassa onkin sadeveden kovertama kuoppa. Lisäksi katon sillä osalla, jossa peltikate on uusittu, ovat vesikourut jääneet ylipitkien peltien alle piiloon. Tästä syystä sadevesi menee kourun yli valuen seinustalle.

Salaojien ja routasuojauksen olemassaolosta ei ole varmaa tietoa. Paikoitellen merkkejä sokkelin viereisen maanpinnan vähäisestä routimisesta on havaittavissa. Merkkejä on etenkin päädyssä, jossa autotalli sijaitsee.

Piha-alueesta osa on laatoitettu betonilaatalla. Laatoitus on hyvässä kunnossa, mutta autopaikan kohdalta routimisen ja/tai maan painumisen vuoksi laatoitus on hieman epätasainen.

3.3.2 Perustukset

Ulkoseinän alaosassa on 1970-luvun rakennuksille tyypillinen valesokkeli. Valesokkelirakenteessa betonisokkelin ulkopinta on korkeammalla kuin puurunkoisen seinän alasidepuun alapinta, ja puurunko on ulotettu lähelle rakennusta ympäröivän maanpinnan tasoa. Vaikka nykyään tiedetään valesokkelirakenteen olevan kosteusvaurioiden kannalta yksi kaikkein riskialteimmista rakennetyypeistä, oli se vielä 1970-luvulla hyvää rakentamistapaa kuvaavien ohjeiden mukainen rakenne. Rakenteella tavoiteltiin tiiviitä ja lämpöteknisesti toimivia ratkaisuja. Tyypillisiä valesokkelirakenteesta johtuvia vaurioita ovat alasidepuun, pystyrunkopuiden alapäiden, lämmöneristeiden alaosan ja tuulensuojalevyn mikrobivauriot sekä edellä mainittujen puuosien lahovauriot ja pahimmassa tapauksessa rakenteelliset vauriot. (Kemoff 2012, 72-73; Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 102.)

Kohteessa lattia- ja maanpinnan välisiä tasoeroja mitattiin ikkunoiden kohdalta niin sisä- kuin ulkopuoleltakin. Lattian yläpinta on keskimäärin noin 10 cm maanpintaa ylempänä. Alapohjarakenteena on maanvaraisen betonilaatan yläpuolelta lämmöneristetty koolattu lattia. Ulkoseinän rungon alareuna on siis lattiapintaa koolauksen verran alempana lähellä maanpinnan tasoa. Päätelmä on tehty sillä oletuksella, että koolaus on noin 10 cm korkea. Paikoitellen rungon alareuna voi olla maanpinnan tasoa alempanakin. Valesokkelin korkeus maanpinnasta on alimmillaan noin 20 cm ja ylimmillään noin 30 cm. Sokkelissa ei havaittu merkkejä perustusten haitallisista halkeamista tai painumista.

3.3.3 Alapohja

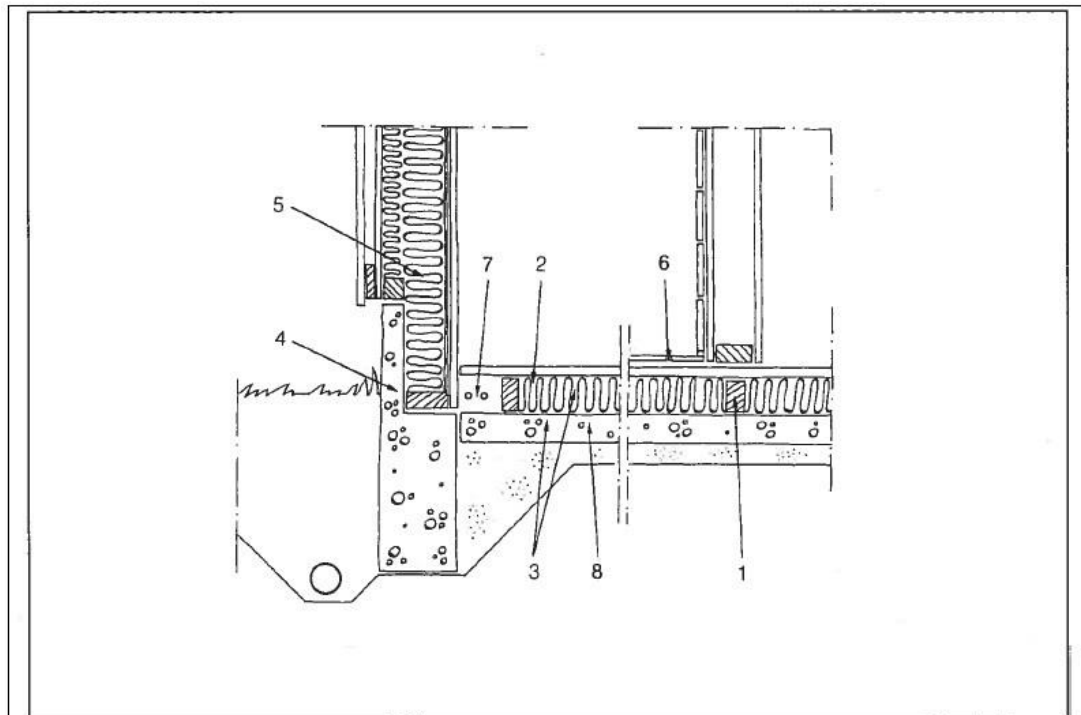
Rakennuksessa on maanvaraisen betonilaatan päälle rakennettu lämmöneristetty puulattia ja eristeenä on puru. Betonilaatan alapuolisen lämmöneristetyksen olemassaolosta ei ole tietoa. Kääriäisen, Rantamäen ja Tullan (1998, 25) mukaan koolatut puulattiat ovat osoittautuneet erittäin vaurioherkiksi, ja niissä ilmenee usein laho- ja homevaurioita.

Betonilaatan päälle asennettu purueriste toimii kosteusteknisesti siten, että eristeen ja puukoolauksen alaosa on alueella, jossa olosuhteet voivat muodostua lahoa ajatellen kriittisiksi. Alaspäin tunkeutuva huoneilman kosteus voi tällöin tiivistyä betonilaatan pintaan. Kriittisen alueen muodostaa ulkoseinää vasten oleva reuna-alue. (Björkholz 1997, 115.)

Lisäkosteutta voi lattiarakenteisiin kulkeutua myös maaperästä, mikäli kapillaarikatkoa ei ole tehty oikein. Lisäksi riittämätön, huonosti toteutettu tai jopa kokonaan puuttuva salaojitus, vääränlainen salaojasora, riittämättömät maanpinnan kallistukset tai liian korkealla oleva pohjavesi voivat aiheuttaa kosteusvaurioita alapohjassa. (Suortti-Suominen 1995, 112; Niskala 1996, 27-30.) Kohteen kapillaarikatkon ja salaojien toteutuksesta tai olemassaolosta ei ole varmuutta.

Vaurioita voi aiheuttaa myös sisätiloista rakenteisiin joutuva vesi. Tyypillisiä tapauksia ovat esimerkiksi putkistojen vuodot, kylmävesiputkien kondenssi tai muut satunnaiset vesivauriot. Mikäli kosteutta joutuu eristetilaan, on sen kuivuminen hyvin hidasta. (Kääriäinen ym. 1998, 25; Niskala 1996, 27-30.) Kohteessa alun perin lattiarakenteen sisällä olleet käyttövesiputket on uusittu ja tehty pinta-asennuksena. Niskala (1996, 29) on koonnut alapohjan kosteusvaurioiden syyt havainnekuvaan teoksessaan Puutalon korjaus (kuva 2).

Rakenteita avaamatta alapohjarakenteiden mahdollisia kosteusvaurioita on vaikea havaita. Päällisin puolin kohteen alapohja ja siihen liittyvät rakenteet näyttävät olevan kunnossa.



Betonilaatan yläpuolelta eristetyin maanvaraisen lattia kosteusvaurioiden syitä:

1. Kapillaarinen vedennousu maasta tai betonilaatasta ja puutteellinen kosteussulku puun ja alusrakenteen välillä.
2. Puutteellinen tuuletus puisen lattianpäällysteen alla.
3. Rakennusaikainen kosteus on jätetty kuivattamatta lattiarakenteissa ja sen pois pääsy on estetty muovilla tms.
4. Ulkopuolinen maanpinta on liian korkealla, jolloin pintavesi voi kulkeutua perusmuurin tai valesokkelin halkeaman läpi tai betonia pitkin lattiarakenteisiin.
5. Vesi valuu lattiarakenteisiin seinärakenteiden kautta, esimerkiksi tiiliverhouksen alareunasta tukkeutuneen tuuletusraon kautta.
6. Kostean tilan lattiarakenne on väärin suunniteltu.
7. Lattiarakenteen sisällä olevissa vesiputkistoissa on vuotoja tai kosteus tiivistyy putkien pinnalle.
8. Betonilaatta jää hyvän lattiaeristyksen ja huonon sokkelieristyksen takia niin kylmäksi, että sisäilman kosteus tiivistyy sen pintaan.

KUVA 2. Betonilaatan yläpuolelta eristetyin maanvaraisen lattia kosteusvaurioiden syitä (Niskala 1996, 29)

3.3.4 Ulkoseinät

Seinien ulkoverhoilu on vaakanelointi. Ulkoverhouksen takana on tervapaperi ja vinolaudoitus. Verhous on kiinnitetty suoraan vinolaudoitukseen, eikä verhouksen takana ole tuuletusrakoa. Koska ilmarako puuttuu, kosteuden siirtyminen rakenteisiin sateen vaikutuksesta on mahdollista. Myös rakenteiden kuivuminen hidastuu ilmaraon puuttuessa, ja pahentaa siten kosteusvaurioita (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 37).

Eristeen paksuus seinässä on noin 150 mm. Eristemateriaalina on purueriste, jota talon omistaja on pariin otteeseen lisännyt yläpohjan kautta. Lisäämiseen on päädytty, koska purut ovat painuneet jättäen seinän yläosiin kylmiä kohtia.

Rungon sisäpinnassa on lastulevy, jonka alla on vaakalaudoitus. Talon omistajan mukaan tämän kerroksen alla on vuorauspahvi tai tervapaperi (Saarinen 2013). Asiaa ei voitu varmistaa rakenteita avaamatta.

Ulkoeritys on huoltomaalattu vuonna 2005. Maalipinta on vielä pääosin hyväkuntoinen lukuun ottamatta etelän- ja kaakonpuoleisia seiniä, joissa maalipinta on paikoin huonossa kunnossa (kuva 3). Maalipinnassa on havaittavissa kosteuden ja auringonvalon vaikutukset. Maalipinnan hilseilystä päätellen maalauksessa on käytetty lateksimaalia.



KUVA 3. Maalipinnan lohkeilua kaakonpuoleisessa seinässä

3.3.5 Ikkunat ja ulko-ovet

Alkuperäiset kaksilasiset ikkunat on vaihdettu puualumiinisiin MSE-ikkunoihin vuonna 2004. Sisäpuitteen kaksilasisen umpiolasielementin välissä on argonkaasu. Ikkunat on varustettu korvausilman saamiseksi karmiventtiileillä.

Rakennuksessa on yksi sisäänkäynti. Sisäänkäynnin ovi on vaihdettu uuteen 1990-luvulla. Kylmään autotalliin johtavien pariovien saranat ovat löystyneet siten, että keskelle oviaukon yläreunaa jää iso rako.

3.3.6 Yläpohja

Rakennuksen yläpohja jakautuu kahteen osaan: asuinosan yläpohjaan ja talousosan yläpohjaan. Asuinosan yläpohjan rakenteissa ei ole näkyviä vaurioita ja ne ovat ikäisekseen tavanomaisessa kunnossa. Lämmöneristeenä on talon omistajan mukaan noin 200 mm sahanpurua ja sen alapuolella 100 mm mineraalivillaa (Saarinen 2013). Asuinosan yläpohjan tuuletus on varmistettu molempiin päätyihin asennetuilla tuuletusventtiileillä.

Talousosan yläpohjaa ei päästy tarkastelemaan puuttuvan tarkastusluukun vuoksi. Näin ollen yläpohjan tuuletuksen toimivuudesta eikä rakenteiden kunnosta saatu varmuutta. Talousosan yläpohjan tuuletuksessa voidaan kuitenkin suurella todennäköisyydellä olettaa olevan puutteita, sillä talousosan toinen pääty kytkeytyy suoraan asuinosaan eivätkä yläpohjat ole yhteydessä toisiinsa. Näin ollen päätyjen kautta tapahtuva tuulettuminen ei ole mahdollista. Myös sivuräystäiden kautta tapahtuvan tuulettumisen voidaan arvella olevan heikkoa. Kattoristikoiden tukikorkeus näyttää olevan sen verran matala, että yläpohjan eriste voi tukkia ilmavirran vapaan läpikulun. Lisäksi räystäiden aluslaudat ovat tuuletuksen kannalta asennettu liian tiiviisti.

3.3.7 Vesikatto

Asuinosan peltikate on uusittu vuonna 2000. Peltikatteen alla on aluskate. Talousosalla alun perin ollut peltikate on vaihdettu huopakatteeksi vuonna 1998. Peltikate on hyvässä kunnossa, mutta pellit ovat hieman liian pitkät (kuva 4),

jolloin vesi valuu peltien alle piiloon jääneiden vesikourujen yli lisäen oleellisesti seinien ja sokkelin kosteusrasitusta.

Huopakatteessa on muutamia ilmapusseja, mutta muuten kate näyttää suhteellisen hyvältä. Katteen alla oleva raakaponttilaudoitus näyttää terveeltä. Havainnot raakaponttilaudoituksesta on tehty kylmän autotallin kohdalta. Talousosan eristetyn osan yläpohjaa ei päästy tutkimaan puuttuvan tarkastusluukun vuoksi.



KUVA 4. Vesikourut jäävät liian pitkien peltien alle

Talousosan katon lävistää ilmanvaihto- ja savuhormiryhmä. Hormia ei ole peltetty ja tiilet ovat jonkin verran rapautuneet. Piipun sadehattu on vaneria ja tuntuu haperolta. Katon ja piipun yhtymäkohdan elastiset kittaukset näyttävät tiiviiltä. Sisäänkäynnin vieressä olevassa valokatteessa on reikä, jota talon omistaja on yrittänyt korjata vedenohjaimella (kuva 5).



KUVA 5. Reikä valokatteessa. Vauriota on yritetty korjata vedenohjaimella

3.3.8 Asuintilat

Asuintilojen tarkastuksessa erityistä huomiota kiinnitettiin pesutiloihin niistä aiheutuvan kosteusrasituksen vuoksi. Pesuhuoneen seinät ovat osin muurattuja ja osin puurunkoisia levyseiniä. Seinien pintamateriaalina on keraaminen laatta. Seinien laattapinnassa on havaittavissa kolmea erilaista ja eri-ikäistä laattaa. Tästä voidaan päätellä, että seinien laatoituksia on korjailtu vuosien varrella ainakin kolmeen eri kertaan. Pesuhuoneen lattiamateriaalina on klinkkeri. Lattian laatoitus on uusittu noin 15 vuotta sitten. Katossa on alkuperäiset puupaneelit.

Vuonna 2003 tehdyssä kuntoarviossa havaittiin pintakosteudentunnistimella tehdyssä mittauksessa pesuhuoneen lattiakaivon ympärillä sekä seinän ja lattian liitoskohdassa kosteutta (Kuntotarkastus asuntokauppaa varten. 2003, 10). Näiltä osin rakenteet on talon nykyisen omistajan toimesta korjattu ja vesieristetty (Saarinen 2013). Muutoin pesuhuoneen vesieristyksistä ei ole tietoa.

Saunan paneloinnit ja lauteet on uusittu jossain vaiheessa. Ajankohta ei ole tiedossa. Saunassa alun perin ollut puukiuas on vaihdettu sähkökiukaaseen.

Osa puuvarastosta on muutettu asuintilaksi vuonna 2003. Huonekorkeus on kyseisessä tilassa 2200 mm, joka ei täytä nykyistä asuinhuoneelle määrättyä huonekorkeutta. Talon asukkaiden mukaan tila tuntuu usein kylmältä ja vetoisalta.

Rakennuksen huoneilmassa on havaittavissa vähäistä tunkkaista hajua. Talon omistajan mukaan haju hälveni selvästi keittiön lausalattian päällä olleen muovimaton poistamisen jälkeen. Talon asukkailla ei ole oireita, jotka viittaisivat mikrobien aiheuttamaan terveyshaittaan. Hajun alkuperä voi kuitenkin olla lähtöisin myös kosteusvaurioituneista rakenteista.

3.3.9 LVIS-järjestelmät

Kohteessa on talotuulettimella järjestetty koneellinen poistoilmanvaihto. Talotuulettimeen on liitetty wc:n poistoilmakanava. Pesutiloja lukuun ottamatta koko talon poistoilmanvaihto on hoidettu talotuulettimella. Talotuulettimen tehoa voi-

daan säätää tilanteen mukaan. Keittiön ja wc:n lisäksi myös pesuhuoneessa ja saunassa on poistoilmaventtiilit. Pesuhuoneen ja saunan ilmanvaihto tapahtuu painovoimaisesti. Pesutiloissa ilmanvaihtoa on tehostettu poistohormiin asennetulla kosteuden tunnistimella varustetulla puhaltimella. Kylmähuoneessa on omat tulo- ja poistoilmaventtiilit, jotka toimivat painovoimaisesti. Korvausilman hallittua saantia on parannettu ikkunaremontin yhteydessä. Korvausilma tulee ikkunoiden päällä olevista karmiventtiileistä ja pesutiloissa saunan lauteiden alla olevasta säädettävällä lautasventtiilillä varustetusta korvausilmaputkesta.

Rakennuksessa on varaava sähkölämmitys. Alkuperäinen puukattila on poistettu. Lämminvesivaraaja on otettu käyttöön vuonna 1995 ja sen tilavuus on 1200 litraa. Asukkaiden kokemusten mukaan varaajan tehot ovat riittävät. Lämmönjako tapahtuu vesikiertoisilla pattereilla. Lämmityspatterit ja -putkistot ovat alkuperäisiä. Pesutiloissa on sähkötoiminen lattialämmitys. Rakennuksessa ei ole tulisijoja.

Rakennus on liitetty kunnalliseen vesijohto- ja viemäriverkostoon. Käyttövesiputket ovat kuparia. Alun perin lattiarakenteen sisällä olleet putket on vaihdettu. Uudet putket on tehty pinta-asennuksena. Putkivuotoon viittaavaa virtausta ei vesimittarissa tarkastushetkellä ollut. Viemäriputkisto on muovia. Wc:ssä on viemärin alipaineventtiili.

4 LÄMPÖKUVAUS

4.1 Lämpökuvaus rakentamisessa

Korjausrakentamisen ja asumisviihtyvyyteen kohdistuvien vaatimusten lisääntyessä tarve rakenteiden kunnan ja lämpöviihtyvyyden tutkimiseen on kasvanut voimakkaasti. Rakenteiden toiminta ja rakentamisen laatu voidaan puolueettomasti ja suhteellisen tarkasti varmentaa lämpökuvauksella. Se on nopea ja rakenteita rikkomaton menetelmä, jonka avulla voidaan helposti määrittää rakennuksesta monia asioita. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 12, 22.)

Lämpökuvaus sopii hyvin vanhojen rakennusten kunnan arvioimiseen ja ennakkoivaan kunnossapitoon. Kun halutaan muun muassa arvioida tarvetta kunnostaa rakenteita tai kun ollaan suunnittelemassa peruskorjausta, antaa lämpökuvaus arvokasta tietoa rakenteiden kunnosta. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 35-36.) Tässä työssä lämpökuvausta käytetään kuntoarvion apuvälineenä selvitetäessä rakenteiden kuntoa. Kohteen ulkovaipan vuotokohtia ja lämpöteknistä toimivuutta tutkitaan lämpökuvauksella mahdollista ulkovaipan energiakorjausta silmälläpitäen.

2000-luvulla rakennusten lämpökuvauksesta on tullut yksi rakennuksen laadun mittareista niin uudis- kuin korjausrakentamisen puolella. Lämpökuvausta käyttävät kaikki suuret ja osa pienistäkin rakennusliikkeistä varmistaakseen rakennusten rakenteiden lämmöneristeiden toimivuuden, laadun ja ilmanpitävyyden ennen rakennuksen luovutusta. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 15.)

4.2 Lämpökuvauksen perusteet

Lämpökuvaus perustuu pintojen lähettämään lämpösäteilyyn. Kaikki pinnat lähettävät eli emittoivat lämpösäteilyä, jonka voimakkuus riippuu pintalämpötilasta ja pinnan emissiokerroimesta. Emissiokerroin kuvaa pinnan kykyä lähettää lämpösäteilyä asteikolla 0-1. Kiiltävän pinnan emissiivisyys on alhainen, välillä 0-0,5, ja sen lähettämästä lämpösäteilystä suurin osa on heijastunutta energiaa, jolloin todellisen lämpötilan mittaaminen lämpökameralla on vaikeaa. Mitä lähemmäs mennään arvoa yksi, sitä pienemmäksi käy heijastuneen energian

osuus ja sitä suurempi osa vastaanotetusta lämpöenergiasta on peräisin kohteesta. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 16; Kauppinen – Paloniitty – Krankka 2007, 267-268.)

Emissiivisyyteen vaikuttavat säteilyn aallonpituus, pintalämpötila, materiaali ja kuvauskulma. Käytännössä rakennusten lämpökuvaukseen vaikuttavat eniten kuvattavan kohteen pintamateriaalin emissiokerroin ja kuvauskulma. (Paloniitty - Kauppinen 2006, 17.) Kohteen emissiivisyys laskee vinossa kulmassa kuvattaessa. Tavallisesti rakennusmateriaalien emissiivisyys on tasolla 0,85-0,95. (Kauppinen ym. 2007, 267-268.)

4.3 Rakenteiden lämpökuvaus

4.3.1 Yleistä rakenteiden lämpökuvauksesta

Rakennusten lämpökuvauksella tarkoitetaan usein rakenteiden tutkimista rakenteiden pintalämpötiloja määrittämällä. Rakenteissa olevat virheet ja puutteet voidaan havaita vain, jos ne näkyvät rakenteen pinnalla ympäristöstään poikkeavina lämpötilaeroina. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 18, 22, 26.)

Rakennuksen lämpökuvauksen ensisijaisena tarkoituksena on usein selvittää ulkovaipan lämpötekniinen kunto sekä lämmöneristyskerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviys eli ilmanpitävyys. Lämpökuvauksella voidaan selvittää myös rakennuksen ilmanvirtausreitit ja rakenteiden fysikaalinen toiminta. Tietyin edellytyksin on myös mahdollista selvittää rakennuksessa esiintyviä kosteusvaurioita sekä LVIS-laitteiden toimintaa. (RT 14-10850. 2005, 2.)

4.3.2 Lämpö- ja ilmavuodot

Lämpövuoto on kohta rakenteessa, jossa lämmönjohtavuus on suurempaa kuin ympäröivässä rakenteessa. Lämpövuotoon ei kuitenkaan liity ilmavuotoja. Lämpövuotoja voivat aiheuttaa niin kutsutut kylmäsillat, kuten kantavat rakenteet. Lämpövuodot jaetaan eristevioiksi ja kylmäsilloiksi. Puutteet lämmöneristeissä ja kylmäsillat näkyvät lämpökuvauksessa selvärajaisina ja lämpötilapoikkeamat ovat melko suuria. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 26-33.)

Ilmavuodosta on kyse silloin, kun joko lämmintä sisäilmaa virtaa ulos tai kylmää ulkoilmaa sisälle. Sisäilman kulkeutuminen ulos lisää energiakustannuksia ja lisää kosteusvaurion riskiä. Kylmän ulkoilman virtaaminen sisälle vaikuttaa ensisijaisesti viihtyvyyteen aiheuttamalla vedon tuntua. Lisäksi se lisää energiakustannuksia ja voi aiheuttaa jopa kosteuden tiivistymistä ulkoseinärakenteseen. Ilmavuotoja selvitetessä tulee aina ottaa huomioon rakennuksessa vallitsevat painesuhteet. Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat muun muassa ilmanvaihtojärjestelmä, hormivaikutus ja tuuli. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 26-31.)

4.3.3 Kosteus- ja homevauriot

Kosteus materiaalissa aiheuttaa pinnan jäähtymistä, parantaa materiaalin lämmön johtavuutta, heikentää eristyskykyä ja muuttaa pinnan lämpösäteilyä (Paloniitty 2006, 34-35). Kosteusvaurioiden havaitseminen lämpökameralla vaatii yleensä muuttuvia lämpötiloja, sillä kastuneet materiaalit vaihtavat lämpötilaa hitaammin kuin kuivat (Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications. 2011, 9).

4.4 Lämpökuvaolosuhteet

Mitattaessa valmiiden rakenteiden lämpöteknistä toimivuutta on olosuhteille asetettu useita ehtoja, joiden tulisi täytyä. Lämpökuvausta edeltäneiden 12 tunnin aikana ulkoilman lämpötila saa poiketa enintään ± 10 °C aloittamisajan lämpötilasta ja lämpökuvauksen aikana enintään ± 5 °C. Sisälämpötila puolestaan saa poiketa kuvauksen aikana enintään ± 2 °C. Ilman lämpötilaero ulko-vaipan yli ei saa alittaa lukuarvoa $3/U$. U :lla tässä tarkoitetaan rakenteen teoreettista lämmönläpäisykerrointa $W/(m^2, K)$. Sisä- ja ulkolämpötilojen eron täytyy kuitenkin olla vähintään 15 °C. Mikäli lämpötilavaihtelut ovat edellä esitettyjä arvoja suuremmat, on ne kirjattava mittausraporttiin ja huomioitava tulosten tulokinnassa. (RT 14-10850. 2005, 3.)

Lämpökuvauksen ja sitä edeltäneiden 12 tunnin aikana kuvattava kohde ei saa olla alttiina auringon säteilylle. Mikäli kohde kuitenkin altistuu auringon säteilylle, kirjataan se raporttiin ja kuvia tulkittaessa on säteilyn mahdollinen vaikutus huomioitava. (RT 14-10850. 2005, 3.)

Sisätiloissa on oltava pieni alipaine ulkoilmaan verrattuna. Alipaine saa olla kuitenkin korkeintaan 15 Pa. Poikkeama 0-15 Pa:sta kertoo, ettei kysymyksessä ole normaali käyttötilanne, ja syyt poikkeavaan paine-eroon on selvitettävä. Tuloksia käsiteltäessä on huomioitava, että rakennuksissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto, katonraja on yleensä ylipaineinen ulkoilmaan verrattuna. (RT 14-10850. 2005, 3.)

Valmiiden rakennusten lämpökuvausta ei tule suorittaa olosuhteissa, joissa ulkolämpötila on alle paikkakunnan mitoituslämpötilan ja tuulen nopeus yli 10 m/s. Rakenteiden toimivuus voidaan arvioida käyttämällä lämpötilaindeksiä, jolloin lämpökuvaus ei vaadi erittäin kylmiä olosuhteita. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 49.)

4.5 Lämpötilaindeksi

Rakennuksen vaipan lämpöteknistä toimivuutta voidaan arvioida lämpötilaindeksillä. Tutkittavasta kohteesta otettujen lämpökuvien tulosten tulkinnassa on käytetty lämpötilaindeksiä.

Lämpötilaindeksi lasketaan kaavalla 1 (Asumisterveysohje. 2003, 11).

- $TI = (T_{sp} - T_o) / (T_i - T_o) \times 100$ [%] KAAVA 1
- TI = lämpötilaindeksi
- T_{sp} = sisäpinnan lämpötila °C
- T_i = sisäilman lämpötila °C
- T_o = ulkoilman lämpötila °C

Lämpötilaindeksin laskemista varten on määritettävä huoneilman, ulkoilman ja tutkittavan sisäpinnan lämpötilat (Asumisterveysohje. 2003, 11).

4.6 Korjausluokitus

Korjausluokitusarvio tehdään lämpökuvissa havaituista poikkeamista. Poikkeamasta puhutaan, kun lämpötilaindeksi on alle 70 %. Kun korjausluokkaa arvioidaan, tilan käyttötarkoitus sekä poikkeaman laajuus ja sijainti tilassa on pyrittävä ottamaan huomioon.

Asuin- ja oleskelutilojen korjausluokitus:

- Korjattava (TI < 61 %)
 - Pinnan lämpötila ei täytä välttävää tasoa, joka on määritelty sosiaali- ja terveysministeriön laatimassa asumisterveysohjeessa.
 - Rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta heikkenee oleellisesti.
- Korjaustarve selvitettävä (TI 61-65 %)
 - Asumisterveysohjeen välttävä taso täyttyy, mutta hyvä taso ei täyty.
 - Korjaustarve on harkittava erikseen.
- Lisätutkimuksia (TI > 65 %)
 - Asumisterveysohjeen hyvä taso täyttyy, mutta tilan käyttötarkoitus huomioon ottaen piilee kosteus- ja lämpötekni- sen toiminnan riski.
 - Rakenteen kosteustekninen toiminta vaatii tarkastelua tai on tehtävä muita lisätutkimuksia kuten esimerkiksi kosteus- tai tiiviysmittaus.
- Hyvä (TI > 70 %)
 - Hyvä vaatimustaso täyttyy, eikä korjaustoimenpiteitä vaadita.

(RT 14-10850. 2005, 5.)

4.7 Lämpötilojen ohjearvot

Asumisterveysohjeessa (2003, 12) on esitetty pintalämpötilojen ohjearvot. Olosuhteissa, joihin ohjearvot perustuvat, ulkolämpötila on -5 °C ja sisälämpötila +21 °C. Mitattuja pintalämpötiloja voidaan verrata ohjearvoihin käyttämällä lämpötilaindeksiä, mikäli mittausolosuhteet poikkeavat vertailuolosuhteista. Ohjearvot on annettu asuintilan lattian ja seinän keskimääräiselle lämpötilalle sekä reunavyöhykkeillä pinnan pistemäiselle lämpötilalle. Keskimääräistä pintalämpötilaa määritettäessä ei mittauksia tehdä ollenkaan 60 cm lähempänä seinän tai lattian reunaa. Juuri tällä reunavyöhykkeellä rakennusten viat ja puutteet kuitenkin pääsääntöisesti ovat. Tällöin kysymys on niin sanotuista pistemäisistä vioista, ja pintojen keskimääräisten lämpötilojen alittuminen on todella harvinaista. (Asumisterveysohje. 2003, 11; Paloniitty – Kauppinen 2006, 70.)

Viat ja puutteet, joita normaaleissa lämpökuvauksissa havaitaan, ovat pistemäisiä poikkeamia. Ohjearvona käytetään tällöin pinnan pistemäisen lämpötilan ohjearvoa. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 70.)

Kohteen pintalämpötilojen ohjearvot esitetään taulukossa 1. Koska kuvaustilan-teen olosuhteet poikkeavat Asumisterveysohjeessa (2003, 12) annetuista ver-tailuolosuhteista, on ohjearvojen määrittämisessä käytetty lämpötilaindeksiä.

TAULUKKO 1. Pintalämpötilojen ohjearvot kohteessa

Pintalämpötilojen ohjearvot				
Ulkolämpötila: +4 °C Sisälämpötila: +24 °C	Välttävä taso		Hyvä taso	
	°C	TI	°C	TI
Seinän lämpötila	20	81	21	87
Lattian lämpötila	21	87	23	97
Pistemäinen pintalämpötila	16	61	17	65

4.8 Kohteen lämpökuvaus

4.8.1 Valmistelevat toimenpiteet

Lämpökuvausta edeltävänä päivänä siirrettiin kalusteet ulkoseinien vierestä pois, noin metrin päähän seinästä, jotta ulkoseinät päästiin kuvaamaan mahdollisimman kattavasti. Verhot siirrettiin keskelle ikkunoita, jotta seinän ja ikkunan liitoskohta saataisiin kuvattua. Kalusteet ja verhot siirrettiin hyvissä ajoin, jotta lämpötilat ehtisivät tasoittua ja mittaustulokset olisivat luotettavia.

4.8.2 Lämpökuvauksen aloitus

Kohde lämpökuvattiin huhtikuun 18. päivä vuonna 2013. Työ aloitettiin tekemäl-lä mittaukset kenttätyölomaketta (liite 1) varten. Kuvaushetkellä ulkolämpötila oli noin +4 °C ja sää oli pilvinen. Tuulen nopeus oli 5 m/s kaakosta. Sään puolesta olosuhteet lämpökuvaukselle olivat siis kunnossa. Aurinko oli kuitenkin paista-nut noin kahdeksan tuntia aikaisemmin aamupäivällä, ja auringon säteilyn mah-dollinen vaikutus on huomioitava kuvia tulkittaessa. Sisätiloissa oli pieni alipai- ne. Keskimääräinen paine-ero oli -4 (Pa) sisä- ja ulkopuolen välillä, joka sekin on hyvää tasoa. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto. Sisälämpöti- la oli +24 °C, joka on todella korkea, mutta talon asukkaiden mukaan kohteen

normaali lämpötila. Sisäilman suhteellinen kosteus (% RH) oli 31 % ja ulkoilman 85 %. Kameran asetuksiin säädettiin kuvausetäisyydeksi kolme metriä ja emis-siokertoimeksi 0,95, joka vastaa tavallisten rakennusmateriaalien lämpösäteily-kerrointa. Ulkoapäin tehtävää kuvausta varten kuvausetäisyys muutettiin kym-meneen metriin.

4.8.3 Lämpökuvauksen suorittaminen

Rakennus kuvattiin järjestelmällisesti huone kerrallaan myötöpäivään edeten. Lämpökamera ottaa lämpökuvan lisäksi aina myös normaalin kuvan kohteesta, mikä helpottaa jälkeenpäin kuvia tutkittaessa muistamaan, mistä kohtaa raken-nusta tai huonetta kuva on otettu. Järjestelmällinen eteneminen kuvauksessa on kuitenkin suotavaa, jotta kaikki tarpeellinen tulee varmasti kuvattua, eikä samaa kohtaa tule kuvattua epähuomiossa moneen kertaan. Lisävarmistusta kuvauskohdan tunnistamiselle saadaan halutessa äänitunnisteella. Tässä koh-teessa äänitunnisteen käytölle ei nähty tarvetta. Sen käyttö voisi sopia parem-min suurempiin kohteisiin, joista otetaan paljon lämpökuvia. Kuvaus kohdistet-tiin pääasiassa rakennuksen ulkovaippaan ja varsinkin rakenteiden liitoskohtiin. Myös muut sisäpinnat silmäiltiin nopeasti kameran läpi mahdollisten kosteus-vaurioiden varalta.

4.8.4 Kuvien tulkinta

Kuvien tulkinta on rakennuksen lämpökuvauksessa tärkein vaihe. Ymmärtääk-seen lämpökuvissa havaitsemiensa poikkeamien merkityksen, tulisi lämpöku-vaajan olla rakennusalan osaaja. Selkeää ohjeistusta tulosten tulkintaan ei ole tehty, ja tulosten tulkinta perustuu lähinnä kuvaajan omaan kokemukseen. Poikkeamien perusteella pitäisi pystyä päättämään, onko kyseessä korjaamis-ta vaativa vika vai onko lämpötilapoikkeama kenties kyseiselle rakenteelle tyy-pillinen ominaisuus. Virheelliset tulkinnat johtavat turhiin toimenpiteisiin ja kus-tannuksiin. Toimenpiteiden suuren taloudellisen vaikutuksen vuoksi onkin tär-keää, että kuvaus suoritetaan asianmukaisella tavalla. (Paloniitty – Kauppinen 2006, 13, 62.)

Asuinosan lämpökuvissa ilmeni täysin normaalit rakennusten kylmäsillat nurkis-sa sekä katon ja lattian rajoissa, eikä ulkovaipassa näiltä osin näkynyt mitään

hälyttävää. Asuinosaan ongelmakohtiksi osoittautuivat ulko-oven ja kylmähuoneen oven ilmavuodot, joissa kummassakin menttiin alle Asumisterveysohjeessa (2003, 13) määritellyn välttävän tason. Olohuoneen ja toisen makuuhuoneen välisen seinän yläosassa havaittiin selvä lämpötilapoikkeama. Poikkeama viittaa yläpohjan eristevikaan. Eristeet voivat olla huolimattomasti asennettuja, tai vesikatteen läpi on valunut vettä aiheuttaen kosteusvaurion yläpohjarakenteissa. Kyseessä voi olla myös kattoristikosta aiheutuva kylmäsilta.

Talousoosassa havaittiin lämpökameralla useita poikkeamia seinien ja katon pintalämpötiloissa. Huomio kiinnittyi entisen puuvaraston paikalle tehtyyn lämpimään tilaan. Puutteita oli niin seinien kuin yläpohjankin eristeissä. Lämpökuvien perusteella ulkoseinien ja yläpohjan eristevahvuuksissa on vaihtelevuutta. Kosteusvauriotakaan ei voida poissulkea. Kyseisessä tilassa havaittiin myös laajoja ilmavuotoja katon ja seinän liitoskohdassa. Lämpökuvien antamaa tietoa tukivat myös asukkaiden omat havainnot kyseisestä tilasta, jossa heidän mukaansa oli havaittavissa selvästi kylmyyttä ja vedontuntua. Pesuhuoneessa suihkun kohdalla katossa havaittiin lämpötilapoikkeamaa. Havaintoon voi vaikuttaa se, että suihkua oli käytetty aikaisemmin kuvauspäivänä, eikä kattopaneelien pinta ollut välttämättä ehtinyt täysin kuivua.

Rakennus lämpökuvattiin myös ulkoapäin. Lämpövuotoa oli havaittavissa etenkin valesokkelin ja ulko-oven kohdalla. Ulkoverhouksen takana ei ole kunnollista tuuletusrakoa. Lämpökuvissa tuuletusraon puuttuminen ilmenee kohteessa siten, että runkotolpat erottuvat lämpökuvista selkeästi. Rakennus oli altistunut auringonsäteilylle aamupäivällä ja se on huomioitava kuvien tulkinnessa.

Lämpökuvauksen suorittamiselle kevät on erittäin haasteellista aikaa. Öisin pakkaset voivat olla todella kireitä, kun taas päivällä lämpötila saattaa kohota reilusti plussan puolelle. Otollisia olosuhteita lämpökuvaukselle jouduttiin odottelemaan melko kauan. Parempi vuodenaika lämpökuvauksen tekemiseen voisi olla sydäntalvi, jolloin ihanteelliset olosuhteet kuvaukselle ovat todennäköisemmät kuin keväällä. Aurinko ei juuri näy horisontin yläpuolella, ja lämpötilavaihtelut voivat pysyä pitkäänkin hyvin pieninä.

Tehdyistä mittauksista luotiin Flir reporter 8.5 -tietokoneohjelmaa käyttäen mittausraportti (liite 1). Mittausraportissa esitetään kuvien lisäksi muun muassa lasketut lämpötilaindeksit ja korjausluokitus. Lämpökuvista havaituista poikkeamista on esitetty johtopäätöksinä toimenpide-ehdotukset kappaleessa 5.

5 KOHTEEN TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

5.1 Pihan rakenteet

Ympäristöministeriön laatimien nykysuositusten mukaan maanpinnan pitää viettää rakennuksesta pois päin, minimikaltevuuden ollessa 1:20 noin kolmen metrin matkalla sokkelista (C2 (1999). 1998, 5). Suositus koskee uudisrakentamista, mutta toimii hyvänä ohjeena myös korjausrakentamisessa. Tutkittavassa kohteessa suosituskaltevuutta ei välttämättä kannata lähteä tavoittelemaan. Vaikka kohteessa kallistukset pääosin ovat pois päin rakennuksesta, suositellaan niitä silti muotoiltavaksi jyrkemmiksi mahdollisuuksien mukaan. Sokkelin vieressä on myös paikkoja, joissa kallistusta ei ole lainkaan. Näiltä kohdin kallistukset tulisi korjata. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus -oppaan (1997, 22) mukaan tulee kohteeseen rakentaa sadevesiviemäröinti, mikäli kallistusten rakentaminen ei ole mahdollista. Sadevesiviemäröinnillä tarvittavat maaston korkeusaseman ja kaltevuuden muutokset jäävät pienemmiksi.

Mikäli maanpintoja lähdetään muokkaamaan, olisi suositeltavaa alentaa samalla maanpinnan korkeustasoa. Rakennusta ympäröivän maanpinnan on aina oltava seinän puuosien alapuolella ja korkeuseron pitäisi olla vähintään 300 mm. Tämä edellyttää olemassa olevissa rakennuksissa maanpinnan uudelleenmuotoilua tai seinärakenteen alaosan korjaamista. (Kääriäinen ym. 1998, 30.) Tutkittavassa kohteessa niin suuri maanpinnan uudelleenmuotoilu ei ole mahdollista. Maanpinnan korkeustasoa tulisi kuitenkin alentaa mahdollisuuksien mukaan vähintään siinä määrin, että seinän alajuoksu on joka paikassa maanpinnantasoa ylempänä. Myös salaojat ja routasuojaus tulee laittaa samassa yhteydessä kuntoon. Kuntoarviossa ei havaittu salaojien tarkastuskaivoja. Mikäli salaojien todetaan puuttuvan kokonaan, tulisi kohteen rakennuspohja salaojittaa.

Syöksytorvista purkautuvan veden poisjohtamista seinän viereltä tulee tehostaa. Järjestelyn tulee toimia myös talvella, jolloin pinta-asennusten toimivuus heikkenee lumen ja jään sekä routanousun vaikutuksesta. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus -oppaan (1997, 22) mukaan suositeltava

korjaustoimenpide vastaavissa kohteissa on rakentaa kohteeseen sadevesiviemäri, johon katoilta tulevat vedet johdetaan sadevesikaivoja tai suoraan putkistoihin liitettyä, siivilällä varustettuja suppiloita käyttäen. Sadevedet voidaan johtaa joko yleiseen sadevesiviemäriin, avo-ojaan, vesistöön tai maaperään (D1 (2007) 2007, 27). Pintavesiä tai katolta valuvia vesiä ei saa johtaa rakennuksen salaojajärjestelmään (C2 (1999). 1998, 6). Kohteessa tukkeutunut ja kasvittunut avo-oja tulee kunnostaa, jotta siihen voitaisiin johtaa sadevesiä. Mikäli salaojavedet halutaan purkaa avo-ojaan, on ojan korkeusasema suhteessa salaojien korkoon selvitettävä. Salaojavedet voidaan imeyttää myös tontille tai purkaa sadevesiviemäriin. (RIL 126-2009. 2009, 30.)

5.2 Perustukset

Kohteen valesokkelin korjaustarvetta ei voida määrittellä tehtyjen havaintojen perusteella. Mikäli korjaustarvetta halutaan määrittellä, on varmintä avata rakennus vaurioalteimmaksi arvioidulta kohdalta, esimerkiksi kohdalta, missä maanpinta on ylimpänä suhteessa lattian tasoon. Tutkimuksia laajennetaan tarpeen niin vaatiessa.

Mikäli kohteessa havaitaan lisätutkimuksissa valesokkelirakenteen korjaustarpeita, voidaan Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus -oppaan (1997, 102) mukaan valesokkelirakenne korjataan siten, että puurungon alajuoksu nostetaan lattian yläpinnan tasoon kiviaineisella rakenteella, esimerkiksi kevytsorabetoniharkkomuurauksella. Rakenteen ilmatiiviys ja lämmöneristyskyky eivät saa heikentyä korjauksen vuoksi. Harkkomuurauksella toteutettavalla korjauksella lämmöneristyskyvyn heikentymistä on vaikea välttää. Valesokkelirakenteiden korjauksen voi tehdä myös kuhunkin seinätolppaan pultattavien valesokkelikenkien avulla. Tolppien välit saadaan eristettyä, eikä lattianrajaan muodostu kylmäsiltaa. Lisäksi aika- ja kustannussäästö vanhaan harkkokorjaukseen verrattuna on huomattava (Tompuri 2014, 13).

Kohdassa 5.1 mainitut pihan rakenteiden korjaukset ovat merkittävässä osassa parannettaessa valesokkelirakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Ne vähentävät osaltaan valesokkelista aiheutuvaa rakenteiden vaurioitumisriskiä.

5.3 Alapohja

Kohteessa ei havaittu vaurioita alapohjassa ja siihen liittyvissä rakenteissa. Rakenteita avaamalla alapohjarakenteiden mahdollisia kosteusvaurioita on kuitenkin vaikea havaita. Alapohjarakenteen todellisen kunnan toteamiseksi suositellaan kohteessa tekemään lisäselvityksiä.

Alapohjarakenteen kunto tutkitaan avaamalla lattia riskialteimmaksi arvioidulta alueelta, esimerkiksi kohdalta, missä lattia on alimpana suhteessa maanpinnan tasoon. Betonilaatan päälle koolattujen puulattioiden kosteusvauriot eivät yleensä näy lattian pinnalta, vaikka ne olisivat edenneet jo pitkälle, joten rakenne tulee aina tutkia. (Kemoff 2012, 86.)

Mikäli vaurioita havaitaan, on vaurioituneet eristeet ja koolaukset poistettava. Vaurioituneen osan lisäksi on poistettava vielä noin 20 cm terveeltä näyttävää materiaalia. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 44.) Korjaustoimenpiteissä tulee myös huomioida, että puutavara ja betoni täytyy aina erottaa toisistaan bitumi- tai muovieristeellä. Sen sijaan koko betonilaatan pinnan eristäminen ei ole tarpeen, jos rakenne muuten on toimiva. (Kääriäinen ym. 1998, 25.)

Lattian purkamisen sijasta lattiarakenteita on mahdollista korjata myös erityisin tuuletusjärjestelyin, joilla rakenteen sisältä poistetaan sekä kosteus että hajut. Tätä varten olisi tehtävä erikoissuunnitelma, koska tuuletus vaikuttaa muun ilmanvaihdon toimintaan ja säätöihin. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 44.) Yksi ratkaisu lattiarakenteiden tuulettamiseksi on Domitrixin koneellisesti ilmastoitu Platon-lattia. Järjestelmän ansiosta kosteus ohjautuu ulos rakennuksesta eivätkä hajut pääse huoneisiin. Lattian alla oleva ilma johdetaan ulos Platon-tuulettimen tai rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Järjestelmän tarvitsema ilmamäärä on niin pieni, ettei se vaikuta muun ilmanvaihdon toimintaan tai säätöihin. (System platon. 2014.)

Kohteen kapillaarikatkon toteutuksesta tai olemassaolosta ei ole tietoa. Suortti-Suomisen (1995, 114) mukaan kapillaarikatkon korjaukset ovat erittäin hankalia, mikäli kapillaarivirtausta ei ole saatu katkaistua kunnolla rakennusaikaisilla rat-

kaisuilla. Suortti-Suomisen (1995, 114) mukaan asiaa voi auttaa syvempi sala-ojitus.

5.4 Ulkoseinät

Ulkoverhouksen takaa puuttuva ilmarako voi altistaa ulkoseinärakenteen kosteusvaurioille. Viistosade voi tunkeutua verhouksen läpi, ja siitä edelleen syvemmälle rakenteeseen. Ilmaraon puuttuessa kastuneiden rakenteiden kuivuminen on hidasta. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 36.)

Ilmaraon puuttuessa ulkoverhous voi lahota käyttökelvottomaksi, jos maalaukseen on käytetty nykyaikaisia lateksi- ja alkydimaaleja, jotka muodostavat ilma- raottomaan rakenteeseen liian tiiviin maalikerroksen (Niskala 1996, 41-42).

Kosteusvaurioiden välttämiseksi kohteessa ulkoverhouksen taakse tulisi tehdä tuulettuva ilmarako.

Purueriste on usein painunut ikkunoiden alla ja seinien yläosassa. Tilanne tarkastetaan avaamalla rakenteita riittävästi, ja havaitut tyhjät tilat täytetään purulla tai esimerkiksi puhallettavalla eristysmateriaalilla. Purut voivat olla paikoitellen niin kostuneita, että ne lahottavat runkorakennetta. Tällöin runkorakenne on korjattava ja turmeltuneet eristeet vaihdettava uusiin. (Niskala 1996, 41-42.)

Purueristeisissä seinissä eristeen mikrobivauriot aiheuttavat niin sanottua vanhan talon hajua. Vakavasti mikrobivaurioitunut purueriste voi silminnähdessä näyttää hyvältä. Vain Eviran hyväksymien laboratoriomenetelmin voidaan rakenteiden kunto todeta luotettavasti (Ulkoseinän lisälämmöneristys. 2013, 2).

Kohteen lämpökuvauksessa ei havaittu ulkoseinien yläosassa purueristeiden painumisesta johtuvaa poikkeamaa pintalämpötiloissa. Ikkunoiden alapuolisesta eristeiden painumisesta ei voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä, koska ikkunoiden kohdalla olevat patterit estivät niiltä osin perusteellisen lämpökuvauksen.

Kohteen lämpökuvauksessa havaittiin ulkoseinissä pintalämpötilapoikkeamia lähinnä talousosalla entisen puuvaraston paikalle tehdyssä makuuhuoneessa (liite 1). Olisi tärkeää saada selville, johtuuko lämpötilapoikkeamat esimerkiksi puutteellisesti asennetuista eristeistä vai onko kysymys kenties kosteusvauriosta. Korjaustarve ja mahdolliset vauriot tulee selvittää lisätutkimuksin, esimerkiksi kosteusmittauksin. Lisäksi seinien lisäeristämistä olisi syytä harkita. Ilmavuoto-

jen pienentämiseksi vuotokohtat seinän ja katon liitoskohdassa tulee tiivistää esimerkiksi ilmansulkupaperilla. Lisäeristämismahdollisuuksia tarkastellaan enemmän kappaleessa 6.

5.5 Ikkunat ja ulko-ovet

Kohteen ikkunat ovat hyväkuntoiset, eikä tarvetta niiden korjaamiseen havaittu. Ulko-oven ja kylmähuoneen oven tiivisteet tulee vaihtaa lämpökuvissa havaittujen ilmavuotojen perusteella (liite 1). Ulko-oven vieressä olevan ulkovesipisteen putken läpiviennin tiiviys tulisi tarkistaa. Lämpökuvissa havaittiin läpiviennin ympäristössä lämpötilapoikkeamaa (liite 1). Myös ovipumpun asentaminen ulko-oveen olisi suositeltavaa. Tällä voitaisiin välttää putken mahdollinen jäätyminen, mikäli ulko-ovi syystä tai toisesta jäisi talvipakkasella auki. Autotallin pariovet on suositeltavaa säätää kohdalleen ja kuluneet helat vaihtaa.

5.6 Yläpohja

Asuinosan yläpohjassa ei havaittu vaurioita. Lämpökuvissa olohuoneen ja makuuhuoneen välisen seinän yläosassa havaitun lämpötilapoikkeaman vuoksi olisi kuitenkin suositeltavaa tarkistaa yläpohjaeristeiden kunto kyseiseltä kohdalta.

Taloussosassa asuintilaksi muutetun entisen puuvaraston katossa havaittiin lämpökameralla poikkeamia pintalämpötiloissa (liite 1). Olisi tärkeää saada selville, johtuuko lämpötilapoikkeamat esimerkiksi puutteellisesti asennetuista eristeistä vai onko kysymys kenties kosteusvauriosta. Korjaustarve ja mahdolliset vauriot tulee selvittää lisätutkimuksin, esimerkiksi kosteusmittauksin. Lisäksi yläpohjan lisäeristämistä olisi syytä harkita. Taloussosan yläpohjaa pitäisi päästä tutkimaan myös silmämääräisesti, ettei oltaisi pelkkien lämpökuvien ja mahdollisten kosteusmittausten varassa. Samalla nähtäisiin, toimiiko yläpohjan tuuletus ja onko esimerkiksi yläpohjan lisäeristäminen mahdollista.

Taloussosalla räystäiden aluslautojen välejä tulee kasvattaa yläpohjan tuuletuksen parantamiseksi. Vaihtoehtoisesti aluslautoihin voi myös tehdä tuuletusreikiä tai parantaa tuuletusta venttiileillä. Myös ristikon kannassa tulee varmistaa, ettei yläpohjaeriste tuki tuuletusta. Katon harjalle tulee asentaa tuuletuksen tehosta-

miseksi alipaineventtiili tai ilman kulkua tulee parantaa muilla toimenpiteillä (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997, 35).

5.7 Vesikatto

Peltikatteen liian pitkät pellit ohjaavat sadevedet ohi räystäskouruista. Tilanne tulee korjata esimerkiksi lisäämällä sivuräystäille yksi otsalauta, johon räystäskouru kiinnitetään. Mikäli otsalaudan lisääminen ei riitä ohjaamaan sadevesiä räystäskouruun, tulee kourut vaihtaa uusiin hieman leveämpiin kouruihin. Liian pitkät pellit on myös mahdollista lyhentää, mutta se ei ole kannattavaa työläytensä vuoksi.

Vaikka katon ja piipun yhtymäkohdan huovan ylösnoston elastiset kittaukset näyttävät tiiviiltä, tulee niitä seurata säännöllisesti. Säännöllisellä seuraamisella voidaan mahdolliset vuodot havaita ajoissa ja välttyä kalliilta korjauksilta.

Vioittunut valokate tulee uusida ja hormin vanerinen sadehattu tulee vaihtaa pel-tiseen. Lisäksi hormi on suositeltavaa pellittää ympäriinsä. Pellityksellä saadaan läpiviennin tiiviystä luotettavampi ja pitkäikäisempi.

5.8 Asuintilat

Kohteen märkätilojen pinnat ovat lattiaa lukuun ottamatta pääosin alkuperäiset. Kylpyhuoneremontti tulisi tehdä lähivuosina. Aikaisempien käsitysten mukaan seinälaatoituksen tai sen liimakiinnityksen on luultu muodostavan rakenteille vedeneristyskerroksen (Kääriäinen ym. 1998, 29). On siis hyvin mahdollista, ettei lastulevyseinissä ole käytetty kosteussivelyä tai vesieristystä tai jos on, niiden toimivuus ei ole nykyisten eristeiden tasolla. Kääriäisen ym. (1998, 29) mukaan kylpyhuoneen seinät, tai ainakin niistä suurimman rasituksen alaisena olevat, tulisi rakentaa kivrakenteisina. Kohteessa näin onkin, koska suihkun kohdalla on kivrakenteinen seinä. Muilta osin märkätilojen seinät ovat puurakenteisia, mutta vähemmällä rasituksella eikä niitä tästä johtuen ole syytä vaihtaa kivrakenteisiksi.

Entisen puuvaraston paikalle tehdyn makuuhuoneen ulkoseinissä ja yläpohjassa lämpökuvauksessa havaittujen pintalämpötilapoikkeamien ja talon asukkai-

den mainitseman viileyden- ja vedontunteen vuoksi kohteessa suositellaan har-
kittavaksi esimerkiksi lisälämmöneristämistä ja vuotokohtien tiivistämistä. Ener-
giakorjauksen mahdollisuuksia on pohdittu tarkemmin kappaleessa 6.

5.9 LVIS-järjestelmät

Ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseksi pesutilojen poistoilmakanavat pitäisi
liittää koneelliseen poistoilmajärjestelmään. Ilman virtaussuunnat huonetilojen
välillä ja kanavistoissa voivat muuttua suunnitelluista, jos painovoimainen ja
koneellinen ilmanvaihto yhdistetään, kuten kohteessa on tehty. (D2 (2012).
2011, 18.)

Lämminvesivaraajan tekninen käyttöikä on 20 - 30 vuotta, mutta yleensä niiden
sähkövastukset rikkoutuvat jo aiemmin (KH-90-00403). Kohteen lämminvesiva-
raaja on otettu käyttöön vuonna 1995 ja alkaa olla käyttöikänsä päässä. Pelkki-
en sähkövastusten sijaan tulisi kohteessa vaihtaa koko lämminvesivaraaja.
Myös lämmitysjärjestelmän vaihdolla tai vanhan järjestelmän rinnalle lisättävällä
järjestelmällä saavutettavat vaikutukset kannattaa tutkia. Lämmitysjärjestelmiä
vertaillaan kappaleessa 6.

6 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

6.1 Lähtökohdat energiakorjaukselle

Talon omistaja on jo pitkään miettinyt ulkoseinien ja yläpohjan lisälämmöneristämistä. Tavoitteena on alentaa lämmityskustannuksia ja parantaa asumismukavuutta. Talon energiatehokkuutta on jo parannettu vaihtamalla vanhat huonokuntoiset ikkunat uusiin.

Kohteen lämpökuvauksessa havaittiin mahdollisten eristevikojen aiheuttamia poikkeamia sekä laajoja ilmavuotoja talousosassa vanhan puuvaraston paikalle tehdyssä makuuhuoneessa. Poikkeamia havaittiin niin seinissä kuin katossakin. Myös asukkaiden omien kokemusten mukaan kyseinen tila tuntuu viileämmältä kuin muut talon huoneet. Asukkaat ovat myös havainneet vedon tuntua tilassa.

Rakennuksen lisäeristämällä pyritään ensisijaisesti vähentämään niin sanottuja johtumislämpöhäviöitä. Samalla sisäpintojen lämpötilat kohoavat ja vetohaitat yleensä vähenevät, jolloin asumismukavuus lisääntyy. (Laurikainen – Tulla 1983, 43.) Lämpöhäviötä rakenteen läpi vähennetään parantamalla rakenteen lämmönläpäisy- eli U-arvoa. Pientalon nettoenergiankulutuksesta noin puolet kulkee ulkovaipan kautta. (Lauttalammi – Lehtonen – Laine 2005, 53.) Koska tämä lämpöhäviön osuus kulutuksesta on pientalossa suurempi kuin muissa rakennustyypeissä, korjauksella on mahdollista saavuttaa huomattavia säästöjä. Mitä huonommat korjattavan rakennuksen energiaominaisuudet ovat, sitä suurempi on säästö. (Kodin energiansäästöohjeita. 2013.) Kuvassa 6 on esitetty ulkovaipan ja ilmanvaihdon kautta tapahtuvien lämpöhäviöiden prosentuaalinen jakautuminen rakenneosittain.



KUVA 6. Pientalon tyypilliset lämpöhäviöt (Kodin energiansäästöohjeita. 2013)

6.2 Ulkoseinien lisälämmöneristäminen

6.2.1 Ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristäminen

Lisäeristäminen vaikuttaa aina lämpötiloihin vanhassa rakenteessa. Ulkopuolisessa lisäeristämisessä eristettä lisätään vanhan eristeen ulkopuolelle. Tällöin lämpötila vanhassa rakenteessa kohoaa, ja siksi vanha rakenne myös kuivuu tehokkaammin. Lisäksi lisäeristämisen jälkeen lämpötilan vaihtelut rakenteessa pienenevät ja rakenteen mahdolliset muodonmuutokset vähenevät. Sen lisäksi, että vanha rakenne pääsee entistä lämpimämpään ja kuivempaan olotilaan, ulkopuolinen lisäeristys katkaisee tehokkaasti väliseinien muodostamat kylmäsilat. (Lauttalammi ym. 2005, 53; Björkholtz 1997, 109.)

Lisäeristystä tehtäessä on aina kiinnitettävä huomiota rakenteen tiiveyteen, jotta rakenteen läpi tapahtuvia ilmavirtauksia vastaan saadaan riittävä suoja. Varsinkin ulkopuolisessa lisäeristämisessä on huolehdittava, että eriste painetaan tiiviisti vanhaa rakennetta vasten. Lisäeristeen pinnassa tulee käyttää riittävää tuulensuojaa ja verhouksen taakse tulee aina tehdä tuuletusrako. (Lauttalammi

ym. 2005, 53.) Erityisen tärkeää on, että uusi lämmöneristysmateriaali soveltuu ominaisuuksiltaan yhteen vanhan rakenteen kanssa (Niskala 1996, 45).

Seinien ulkopuolisen lisäeristyksen yhteydessä maanvaraiseen alapohjaan liittyvä perusmuuri tulisi lisäeristää ulkopuolelta. Näin saadaan tehokas lämmöneristyskerros jatkumaan yhtenäisenä maahan saakka, ja rakennuksen alkuperäiset suhteet säilyvät muuttumattomina. Perusmuurin lisäeristäminen parantaa myös asumisviihtyisyyttä, koska lattian pintalämpötila kohoaa. Lisäksi energiankulutus vähenee hieman. Tähän tarkoitukseen soveltuvia eristysmateriaaleja ovat jäykät, maanpainetta ja kosteutta kestävämmät tarkoitettut mineraalivillat sekä polystyreeni- ja polyuretaanilevyt, jotka voidaan rapata näkyvän sokkelin osalta. (Niskala 1996, 27.)

Rakennuksen ulkonäkö muuttuu aina, kun seinien lisäeristys tehdään ulkopuolelle. Julkisivupinta siirtyy käytetyn lisäeristyksen määrästä riippuen 50-150 mm ulospäin. Ikkunat jäävät syvennykseen ja räystäät lyhenevät. (Niskala 1996, 65.)

6.2.2 Ulkoseinien sisäpuolinen lisälämmöneristäminen

Sisäpuolinen lisälämmöneristys laskee vanhan rakenteen lämpötilaa. Tästä johtuen kosteus rakenteessa kasvaa ja riski lahovaurioille on olemassa. Rakenteen kosteusrasitusta voidaan kuitenkin pienentää asentamalla uusi höyrynsulkumuovi lisäeristyksen yhteydessä. Väliseinien ja kiintokalusteiden kohdalle jää sisäpuolisessa lisäerityksessä yleensä kylmäsiltoja, jotka pienentävät energiänsäästövaikutusta. Nämä kohdat jäävät yleensä myös ulkovaipan muihin kohtiin verrattuna vähiten ilma- ja vesihöyrytiiviiksi. Näissä kohdissa myös lahovaurio riski on suurimmillaan. (Niskala 1996, 60-61.)

Seinien sisäpuolinen lisäeristys on yleensä kustannuksiltaan ulkopuolista lisäeristystä edullisempi toteuttaa. Sisäpuolisen lisäeristyksen yhteydessä on kuitenkin otettava huomioon lisätyöt, jotka aiheutuvat lämmityspatterien ja putkistojen sekä sähköasennusten siirtämisestä. (Niskala 1996, 60.)

Koska sisäpuolinen lisäeristys pienentää rakennuksen sisätiloja, voi tilan puute joskus rajoittaa sisäpuolista lämmöneristämistä. Lisälämmöneristämisessä tu-

leekin huomioida, että tilojen toimivuus on tärkeämpää kuin mahdollisesti pieneksi jäävä energiansäästö. (Niskala 1996, 60.)

6.2.3 Ulkoseinien lämmöneristeen vaihto

Ennen kuin vanhaa puru- tai mineraalivillaeristeistä seinää aletaan lisäeristämään, on vanhan eristyksen kunto tarkistettava. Usein vanha eristys on jo sen verran huono, että korvaamalla heikkokuntoinen eristys uudella ja tehokkaammalla voidaan saavuttaa merkittävää säästöä energian kulutuksessa ja parantaa asumismukavuutta. Vaihtamalla vanha eriste tehokkaampaan vältetään myös seinän paksuuntumisesta aiheutuvat lisäkustannukset. (Björkholtz 1997, 110.)

6.3 Yläpohjan lisälämmöneristäminen

Yläpohjan lisäeristäminen voidaan toteuttaa kahdella tavalla: lisäämällä eristettä yläpuolelta vanhan eristeen päälle tai asentamalla lisäeristys yläpohjan alapuolelle (Niskala 1996, 57-59). Niskalan (1996, 59) mukaan yläpohjan lisäeristäminen on kannattavaa ja edullista silloin, kun yläpohjan ja katteen välissä on riittävästi tilaa ja eristystyö voidaan tehdä yläpuolelta vanhan eristeen päälle. Sopivia eristeitä yläpohjan eristämiseen ovat esimerkiksi sahanpuru, kutterinlastu, puhallusvilla ja mineraalivillalevyt. Lisäeristystä toteutettaessa tulee kuitenkin huomioida, että lisäeristys ei saa heikentää yläpohjan tuuletusta. Tämä voidaan varmistaa tekemällä sivuräystäille tuulensuojalevystä tuulenohjaimet. (Niskala 1996, 49-57; Björkholtz 1997, 97.)

Kun yläpohjaa lisäeristetään, ullakkotilan lämpötila laskee. Tällöin vesikatton alapintaan voi tiivistyä yläpohjan läpi tai ulkopuolelta, esimerkiksi räystäiden kautta, kulkeutuvaa kosteutta. Vedeksi tiivistyttyään kosteus tippuu katosta yläpohjaan. Näin ollen kosteusvaurioita voi ilmetä sekä vesikatossa että yläpohjassa. (Niskala 1996, 59-60; Björkholtz 1997, 97-98.)

Lisäeristeenä käytettävällä materiaalilla voidaan vaikuttaa ongelmien syntyyn. Jos purueristeinen yläpohja peitetään lisäeristeenä käytetyllä mineraalivillalla, vesikatosta tippuva vesi valuu uuden eristeen läpi purueristeeseen. Samalla haihtuminen vähenee ja kosteusvaurion riski kasvaa. Vaurioiden välttämiseksi

voidaan ullakkotilan tuuletusta tehostaa ja yläpohjan höyrynpitävyyttä parantaa. (Niskala 1996, 59-60.)

Kun yläpohjan lisäeristys tehdään sahanpurulla tai selluvillalla, yläpohjan kosteustila ei muutu yhtä paljon kuin mineraalivillalla tehtäessä. Tämä johtuu siitä, että lisäeristeenä käytetty sahanpuru ja selluvilla sitovat ja kuljettavat kosteutta kuten vanha purueriste. Hygroskooppisuutensa vuoksi puukuituiset eristemateriaalit pystyvät talvikautena imemään kosteutta ja taas kevään tullen luovuttamaan sitä pois. (Niskala 1996, 59-60; Björkholtz 1997, 97-98.)

6.4 Rakenteiden tiivistäminen

Vanhat rakennukset ovat useimmiten sen verran hataria, että asumismukavuuden ja energiatalouden merkittävää paranemista voidaan saavuttaa rakenteita tiivistämällä. Yleisimmin käytettyjä ratkaisuja ovat muun muassa ikkunoiden, ovien ja nurkkakohtien tiivistäminen. Edullisena korjaustoimenpiteenä tiivistäminen on energiansäästöinvestointina lisäeristystä kannattavampaa. (Niskala 1996, 37-38.)

6.5 Lainsäädäntö energiatehokkuuden parantamiseen korjaus- ja muutostöissä

Ympäristöministeriön asetus energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä on annettu 27.2.2013 ja se on tullut voimaan 1.9.2013. Asetuksen mukaan korjaus- tai muutostyöhankkeeseen ryhtyvän on lupaan tarvittavan suunnittelun yhteydessä esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa. Asetuksessa annetaan kolme vaihtoehtoa, joilla määritellään rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen taso ja kuinka se osoitetaan. Ensimmäisessä vaihtoehdossa noudatetaan rakennusosien ja järjestelmien minimivaatimuksia. Toisessa vaihtoehdossa koko rakennuksen energiankulutuksen vaatimus osoitetaan laskemalla. Energiankulutuksen on oltava enintään rakennustyyppille säädetyn vaatimuksen mukainen. Kolmannessa vaihtoehdossa lasketaan rakennukselle ominainen kokonaisenergiankulutus eli E-luku. Kokonaisenergiankulutuksen on oltava enintään rakennustyyppille säädetyn vaatimuksen mukainen. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 2013, 2). Tähän

työhön valittiin tarkasteluun ensimmäinen vaihtoehto, jossa parannetaan rakennusosien lämmönpitävyyttä vaatimusten mukaisiin arvoihin.

6.6 Rakennusosakohtaiset vaatimukset

Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen suunnittelun ja toteutuksen tapahtuessa rakennusosakohtaisesti on noudatettava seuraavia vaatimuksia:

- 1) Ulkoseinä: Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0.17 W/(m² K).
- 2) Yläpohja: Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0.09 W/(m² K).
- 3) Alapohja: Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.
- 4) Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon on oltava 1.0 W/(m² K) tai parempi. Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 2013, 2)

6.7 Kohteen energiatehokkuuden parantaminen lisäeristämällä ja tiivistämällä

Ulkoseinien lisälämmöneristäminen on harvoin kannattavaa pelkkänä energiansäästöinvestointina. Lisälämmöneristys pitäisi sen sijaan olla sivutoimenpide, joka on tullut mahdolliseksi tehdä muiden korjaustöiden ohessa. (Lauttalammi ym. 2005, 53.)

Kuntoarviossa havaittiin, ettei ulkoseinässä ole verhouksen takana ilmarakoa. Mikäli seinärakennetta ilmarakorimoituksen lisäämiseksi tullaan avaamaan, kannattaa samalla lisäeristys tehdä ulkopuolelle, ellei se oleellisesti heikennä rakennuksen ulkonäköä. Ulkopuolisen lisälämmöneristämisen puolesta puhuu myös se, että se on paras vaihtoehto sekä kosteuden- että lämmöneristämisen kannalta (Björkholtz 1997, 109).

Ulkoseinän lisäeristemateriaaliksi kannattaa kohteessa valita selluvilla. Selluvilla soveltuu purueristeen kanssa hyvin yhteen, sillä molemmat eristemateriaalit sitovat ja kuljettavat kosteutta samalla tavalla. Lisäksi selluvilla ei vaadi muovista höyrynsulkua rungon sisäpintaan. (Niskala 1996, 46.)

Ennen lisäeristämiseen ryhtymistä tulee tarkastaa vanhan eristeen kunto. Mikäli vanhan eristeen kunnossa havaitaan puutteita, kannattaa lisäeristämisen sijaan vanha eriste vaihtaa uuteen ja tehokkaampaan. Purueristeen tilalle tulisi tässä tapauksessa harkita esimerkiksi mineraalivillaa. Mineraalivillaa käytettäessä saadaan seinän U- arvoa parannettua ilman seinärakenteen paksuntamista. Niskalan (1996, 48) mukaan purueristeen lämmöneristävyys on vain noin puolet mineraalivillan lämmöneristävydestä. Mineraalivillan käyttöä puoltaa myös se, että heikon eristävyytensä lisäksi purueriste painuu ajan saatossa ja ulkoseiniin voi muodostua kohtia, joissa ei ole eristettä lainkaan. Vaihtamalla purueriste mineraalivillallaan ei eristeen painuminen aiheuttaisi enää ongelmia. Ulkoseinän U-arvo määritettiin DOF-lämpöohjelmalla. Ulkoseinän U-arvoksi saatiin 0,45 W/m²K. Määräysten mukaan tämä arvo tulee puolittaa, jolloin uudeksi U-arvoksi tulisi saada enintään 0,225 W/m²K.

Myös yläpohjan lisäeristämistä kohteessa on syytä harkita. Yläpohjan lisäeristys on kohtuullisen helppo toteuttaa ainakin kohteen asuinosa kohdalla. Kuntoarviossa havaittiin yläpohjassa olevan riittävästi tilaa lisäeristykselle. Mikäli yläpohjaa lähdetään lisäeristämään, tulee sivuräystäille asentaa tuulenohjaimet, joilla varmistetaan yläpohjan tuulettuminen räystäiden kautta vielä lisäeristuksen jälkeenkkin. Lisäeristeenä kannattaa käyttää selluvillaa, joka soveltuu kohteessa käytetyn purueristeen kanssa hyvin yhteen. Talousosan yläpohjan lisäeristämistä varten tulisi pääsy ullakkotilaan järjestää. Vanhan eristeen kunto tulisi myös tarkastaa ennen lisäeristämistä lämpökuvauksessa havaittujen poikkeamien vuoksi. Yläpohjan U-arvo määritettiin DOF-lämpöohjelmalla. Yläpohjan U-arvoksi saatiin 0,23 W/m²K. Määräysten mukaan tämä arvo tulee puolittaa, jolloin uudeksi U-arvoksi tulisi saada enintään 0,115 W/m²K.

Kaiken kaikkiaan ensisijainen, kannattavin ja helpoimmin toteutettava ulkovaippaan kohdistuva toimenpide kohteessa on ilmavuotokohtien tiivistäminen. Useimmiten puutalon pahimmat ilmavuotokohtat sijaitsevat yläpohjassa. Tilkitsemällä tai kittaamalla esimerkiksi seinän- ja horminvierustoja voidaan vuotoja vähentää. Tiivistämällä myös ikkunat, ovet ja nurkat voidaan saavuttaa merkittävää asumismukavuuden ja energiatalouden paranemista. (Niskala 1996, 38-

39.) Kohteen ilmapuotokohdat on paikannettu lämpökuvauksella ja ne on esitetty mittausraportissa (liite 1).

6.8 Lisäeristyksellä saavutettavat säästöt

Kohteeseen on laskettu rakenteiden U-arvot ja lämpöhäviöt DOF-lämpöohjelmaa apuna käyttäen. Myös rakenteiden kosteuskäyttäytymistä on tutkittu kyseisellä ohjelmalla. Energiansäästölaskelmissa on käytetty sähkön hintana 0,1 € / kWh. Sähkön hinta määräytyi laskelmiin jäljempänä esiintyvien lämmitysmuotoja vertailevien taulukoiden mukaan.

Rakennuksen energiatehokkuutta on tarkoitus parantaa lisäeristämällä ulkoseiniä ja yläpohjaa. Tavoitteena on saavuttaa ympäristöministeriön asettamat ohjearvot kyseisille rakenteille. Tarkastelussa ei ole huomioitu vaihtoehtoa, jossa lisäeristäminen tehtäisiin sisäpuolelle. Todennäköisin toteutustapa on ulkopuolinen lisäeristys tai purueristeen vaihto lämmönjohtavuudeltaan parempaan eristemateriaaliin.

Taulukossa 2 on esitetty vanha ulkoseinärakenne ja vanha yläpohjarakenne U-arvoineen ja lämpöhäviöineen. Taulukossa 3 on esitetty lisäeristetyn ulkoseinän uudet rakennevaihtoehdot.

TAULUKKO 2. Vanha ulkoseinä- ja yläpohjarakenne

Vanha ulkoseinärakenne:	Vanha yläpohjarakenne:
Lastulevy	Lastulevy
Vaakalautoitus	Koolaus
Vuorauspahvi	Tervapaperi
Purueriste 150 mm	Mineraalivilla 100 mm
Vuorauspahvi	Purueriste 200 mm
Vinolautoitus	
Tervapaperi	
Ulkoeristys	
U-arvo: 0,45 W/m ² K	U-arvo: 0,23 W/m ² K
Lämpöhäviö: 71 kWh/m ² /a	Lämpöhäviö: 37 kWh/m ² /a

TAULUKKO 3. Lisäeristetyin ulkoseinän rakennevaihtoehdot

Uusi ulkoseinärakenne (menetelmä 1):	Uusi ulkoseinärakenne (menetelmä 2):
Lastulevy (Ilman- / höyrynsulku)	Lastulevy (Ilman- / höyrynsulku)
Vaakalautoitus	Vaakalautoitus
Vuorauspahvi	Vuorauspahvi
Purueriste 150 mm	Uusi lämmöneriste
Vuorauspahvi	(Lisäeriste)
Vinolautoitus	(Tuulensuojalevy)
Lisäeriste (Tuulensuojalevy)	Ilmarako
Ilmarako	Ulkoverhous
Ulkoverhous	

Taulukoissa 4 ja 5 on tutkittu ulkoseinän eri lisäeristysvaihtoehtoja ja sitä, millaisia säästöjä lisäeristykseen ansiosta parantuneella energiatehokkuudella on saavutettavissa.

Ulkoseinien liseristysmenetelmät on jaettu kahteen menetelmään. Menetelmässä 1 lisäeristys tehdään vinolautoituksen ulkopintaan. Menetelmässä 2 vinolautoitus puretaan ja vanha purueriste korvataan uudella eristemateriaalilla ja rungon ulkopintaan lisätään vielä mahdollisesti eristekerros. Molemmissa menetelmissä rakenteeseen lisätään vielä tuulensuojalevy, ilmarako ja uusi ulkoverhous. Erillistä tuulensuojalevyä ei kaikissa vaihtoehdoissa kuitenkaan ole. Purettaessa vinolautoitusta on huomioitava, että se voi toimia rungon jäykisteenä. Rungon jäykisteen voi tällöin korvata esimerkiksi tuulensuojakipsilevyllä. Kohteessa on rungon sisäpinnassa lastulevyt, joten rungon jäykistys voidaan jättää niiden varaan.

TAULUKKO 4. Ulkoseinän lisäeristys menetelmällä 1

US (Menetelmä 1):				
Lisäeristevaihtoehdot	Uusi U-arvo W/m ² K	Uusi lämpöhäviö [kWh/m ² /a]	Säästetty lämpö [kWh/m ² /a]	Energiansäästö €/m ² /a
Selluvilla 50 mm*	0,28	44	27	2,7
Selluvilla 100 mm*	0,22	34	37	3,7
Mineraalivilla 50 mm*	0,28	43	28	2,8
Mineraalivilla 100 mm*	0,21	33	38	3,8
Isover RKL-31 100 mm**	0,19	30	41	4,1
Isover RKL-31 100 mm*	0,17	27	44	4,4

*tuulensuojana Runkoleijona 25 mm

**ei erillisistä tuulensuojalevyä

TAULUKKO 5. Ulkoseinän lisäeristys menetelmällä 2

US (Menetelmä 2):				
Eristevaihtoehdot	Uusi U-arvo W/m ² K	Uusi lämpöhäviö [kWh/m ² /a]	Säästetty lämpö [kWh/m ² /a]	Energiansäästö €/m ² /a
Mineraalivilla 150 mm *	0,23	36	35	3,5
Mineraalivilla 150 + 50 mm*	0,18	28	43	4,3
Mineraalivilla 150 + Isover RKL-31 75 mm**	0,16	25	46	4,6
Polyuretaani 150 mm**	0,18	29	42	4,2
Polyuretaani 150 mm*	0,17	27	44	4,4

*tuulensuojana Runkoleijona 25 mm

**ei erillisistä tuulensuojalevyä

Yläpohjan lisäeristys toteutetaan siten, että vanhan purueristeen päälle lisätään selluvillaa tai purueristettä. Taulukossa 6 on tutkittu yläpohjan lisäeristyksellä saavutettavia energiansäästöjä.

TAULUKKO 6. Yläpohjan lisäeristys

Yläpohjan lisäeristys:				
Lisäeristevaihtoehdot	Uusi U-arvo W/m ² K	Uusi lämpöhäviö [kWh/m ² /a]	Säästetty lämpö [kWh/m ² /a]	Energiansäästö €/m ² /a
Purueriste 300 mm	0,14	22	15	1,5
Selluvilla 200 mm	0,11	17	20	2
Selluvilla 300 mm	0,08	13	24	2,4

Kaikki lisäeristysvaihtoehdot vaikuttavat melko kannattavilta purueristeen heikon eristyskyvyn takia. Laskelmista nähdään, että huomattavia energiasäästöjä on saavutettavissa ilman radikaaleja muutoksia rakenteissa. Lisäeristystyön ja -materiaalien hintoja eikä takaisinmaksuaikoja tässä työssä ole tarkasteltu. Materiaalien lämmönjohtavuuksina on käytetty DOF-lämpöohjelmasta saatuja oletusarvoja sekä lisäeristysten osalta valmistajien ilmoittamia lämmönjohtavuusarvoja.

Ympäristöministeriön laatiman asetuksen mukaan toteutettaessa energiatehokkuuden parantaminen rakennusosakohtaisesti ulkoseinän vanha U-arvo tulee puolittaa. Ulkoseinän vanha U-arvo oli $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kummallakin lisäeristysmenetelmällä löydettiin esimerkkirakenne, jolla ulkoseinille asetettu U-arvon tavoitetaso $0,225 \text{ W/m}^2\text{K}$ voidaan saavuttaa.

Molemmissa menetelmissä esiintyvä Isover RKL-31 on mineraalivillaeriste, jonka lämmönjohtavuus on vain $0,031 \text{ W/mK}$. Muiden vertailussa mukana olleiden mineraalivillaeristeiden lämmönjohtavuus on $0,037 \text{ W/mK}$. Lisäksi Isover RKL-31 -eristelevyt on pontattu pitkiltä sivuiltaan. Tästä syystä levyt kiinnittyvät tiiviisti toisiinsa. Se ei tarvitse erillistä koolausta eikä näin ollen kylmäsiltoja muodostu. Menetelmässä 1 saadaan U-arvoksi jopa $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, kun käytetään Isover RKL-31:n lisäksi 25 mm paksua Runkoleijonaa. Tämä vastaa jo uudisrakennuksille asetettua U-arvon enimmäistasoa. Menetelmässä 2 päästään vieläkin parempiin tuloksiin, kun vanha purueriste korvataan mineraalivillalla ja päälle lisätään Isover RKL-31. U-arvon tavoitetasoon päästään pienimmällä seinärakenteen paksuntamisella menetelmässä 2 käytetyllä polyuretaanieristeellä. Polyuretaanin kohdalla on huomattava, ettei sitä voida käyttää ulkopuolisessa lisäeristyksessä sen tiiveyden vuoksi. Yksi parhaista ratkaisuista voisi olla menetelmässä 1 esiintyvä vaihtoehto, jossa lisätään vinolaudoituksen päälle selluvillaa 100 mm ja tämän päälle 25 mm paksu Runkoleijona. Vanha U-arvo puolittuisi tälläkin menetelmällä eikä rakenteen kosteustekninen toimivuus heikkenisi.

Yläpohjan vanha U-arvo oli $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Yläpohjalle asetettu U-arvon enimmäistaso $0,115 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan parhaiten puhaltamalla selluvillaa vanhan purueristekerroksen päälle. Tähän päästään jo 200 mm:n lisäyksellä. Purueris-

teellä lisäeristettäessä olisi purua lisättävä niin paljon, että yläpohjasta loppuisi todennäköisesti tila ennen kuin vaadittu raja-arvo saavutettaisiin.

6.9 Kohteen energiatehokkuuden parantaminen lämmitysjärjestelmää vaihtamalla

Lämmitysmuodon vaihtaminen kokonaan on yleensä melko helppoa vesikiertoisessa sähkölämmitysjärjestelmässä. Hyväkuntoista varaajaa ei kuitenkaan kannata purkaa, vaan sen rinnalle voi harkita toista lämmitysmuotoa kuten maalämpöä tai ilmalämpöpumppua. Vanhaa varaajaa voidaan hyödyntää vaikkapa aurinkokeräimien kanssa tai pellettikattilassa tuotetun lämmön varastointiin.

(Sähkölämmitys. 2013, 2)

Taulukoissa 7 ja 8 on vertailtu eri lämmitysmuotojen aiheuttamia kustannuksia sekä kannattavuutta nykyisen lämmitysmuodon vaihtamiselle johonkin muuhun järjestelmään. Laskelmat perustuvat Oulun rakennusvalvonnan energiakorjausivuston tekniseen korttiin, jossa on esitelty vuonna 1980 rakennetun tyyppitalon yksinkertaistettu havaintoesimerkki. Esimerkkikohteen pinta-ala on 150 m² ja kohteen vuotuinen energiankulutusarvio on 24000 kWh. Vertailulaskelmissa energiamaksuiksi on oletettu öljylle 1,1 € /dm³, sähkölle 0,1 € / kWh ja kaukolämmölle 43,2 € / MWh. (Sähkölämmitys. 2013, 3) Taulukon tuloksia voidaan pitää suuntaa-antavina opinnäytetyön kohdetta ajatellen.

TAULUKKO 7. Vanhan järjestelmän rinnalle lisättävien energiamuotojen vertailu

	Lähtötilanne: Varaava sähkö	Ilmavesilämpöpumpun lisäys VILP	Ilmalämpöpumpun lisäys ILP	Poistoilmalämpöpumpun lisäys PILP
Investointikustannukset (€):				
Liittymismaksut	-	-	-	-
Lämmöntuottolaite	-	10000	2000	5400
Lämmönjakojärjestelmä (lattialämmitys tai patterit)	-	-	-	-
Yhteensä	-	10000	2000	5400
Käyttökustannukset (€):				
perusmaksu	-	-	-	-
energiamaksu / vuosi	2000	1540	1500	1920
Yhteensä	2000	1540	1500	1920
Takaisinmaksuaika:				
Investointikustannukset (€)	-	10000	2000	5400
Säästö käyttökustannuksissa (€)	-	460	500	80
		21v 8kk	4v	67v 6kk

TAULUKKO 8. Vanhan järjestelmän korvaavien energiamuotojen vertailu

	Lähtötilanne: Varaava sähkö	Vaihto öljyyn	Vaihto maalämpöpumpuun	Vaihto kaukolämpöön
Investointikustannukset (€):				
Liittymismaksut	-	-	-	3500
Lämmöntuottolaite	-	2100	18000	3000
Lämmönjakojärjestelmä (lattialämmitys tai patterit)	-	-	-	-
Yhteensä	-	2100	18000	6500
Käyttökustannukset (€):				
perusmaksu	-	-	-	-
energiamaksu / vuosi	2000	2740	960	800
Yhteensä	2000	2740	960	800
Takaisinmaksuaika:				
Investointikustannukset (€)	-	2100	18000	6500
Säästö käyttökustannuksissa (€)	-	-340	1040	1200
		Ei säästöä	17v 4kk	5v 5kk

Vertailtavista lämmitysmuodoista ainoastaan vaihdettaessa öljylämmitykseen käyttökustannukset kasvavat. Kaikissa muissa vaihtoehtoissa syntyy käyttökustannuksissa säästöä. Tosin investointikustannukset voivat nousta niin suuriksi, että takaisinmaksuaika venyy kohtuuttoman pitkäksi. Ilmalämpöpumpun lisääminen nykyisen järjestelmän rinnalle voisi olla perusteltua lyhyen takaisinmaksuaikansa vuoksi.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää 1970-luvulla rakennetun pientalon kunto ja korjaustarve sekä laatia toimenpide-ehdotukset rakenneosittain. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia kohteeseen soveltuvia energiakorjausmenetelmiä ja sitä, millaisia tuloksia energiakorjauksilla voitaisiin saavuttaa. Korjaustarvetta määritettiin kohteeseen tehdyn kuntoarvion ja lämpökuvauksen avulla. Opinnäytetyötä voidaan käyttää apuvälineenä tulevan peruskorjauksen suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä.

Kuntoarviossa havaittiin kohteen rakennusaikakaudelle tyypillisiä ratkaisuja, joita voidaan nykytiedon valossa pitää riskirakenteita. Tällaisia olivat esimerkiksi valesokkeli, betonilaatan yläpuolelta eristetty maanvarainen lattia ja märkätilojen puurunkoiset levyseinät, joiden vedeneristyksestä ei ole tietoa. Kuntoarviossa ei avattu rakenteita, joten piilossa olevien rakenteiden todellista kuntoa ei voitu todeta. Riskirakenteiden olemassa olon sekä rakennuksen iän huomioon ottaen olisi kohteeseen suositeltavaa tehdä lisätutkimuksia. Tämä kuitenkin edellyttää rakenteiden avaamista ja näytteiden ottoa.

Kuntoarviota täydentämään käytettiin lämpökuvausta. Lämpökuvauksella oli mahdollista rakenteita rikkomatta paikantaa rakenteiden ongelmakohdat. Mahdolliset ongelmakohdat näkyivät lämpökuvissa pintalämpötilapoikkeamina. Lämpökuvauksesta saatuja tuloksia voidaan myöhemmin käyttää apuna suunniteltaessa mahdollista ulkovaipan energiakorjausta. Lämpökuvien tulkinta ja niistä oikeanlaisten johtopäätösten tekeminen ei ole helppoa. Erilaisten vaurioiden ja vikojen paikantaminen lämpökameralla vaatii kuvaajalta asiantuntemusta ja kokemusta lämpökuvauksesta.

Ongelmaksi kohteen lämpökuvauksessa muodostuivat kovat yöpakkaset ja pitkään jatkunut aurinkoinen jakso. Lämpökuvattava kohde ei saisi olla altistunut auringonsäteilylle vähintään 12 tuntiin ennen kuvaushetkeä, eikä vuorokauden lämpötilaheittelyt saisi olla kymmentä astetta enempää puoleen tai toiseen. Vaikka kuvaushetken olosuhteet lopulta asettuivatkin otollisiksi ja lämpötila oli pitemmän aikaa pysynyt nollan tuntumassa, oli rakennus altistunut noin kah-

deksan tuntia ennen kuvausajankohtaa auringonsäteilylle. Tämä on huomioitava tulkittaessa kuvia.

Kuntoarviossa ja lämpökuvauksessa tehtyjen havaintojen perusteella korjaukset on syytä kohdistaa ensisijaisesti talousosaan, ja siellä nimenomaan entisen puuvaraston paikalle tehdyn makuuhuoneen ulkoseiniin ja yläpohjaan. Lämpökuvauksessa ilmeni, että tilassa oli suuria pintalämpötilapoikkeamia. Poikkeamia oli niin ulkoseinissä kuin katossakin. Kyseessä voi olla puutteita eristevahvuuksissa, mutta kosteusvaurioiden mahdollisuuttakaan ei voida sulkea kokonaan pois. Sen lisäksi rakenteiden liitoskohdissa näkyi laajoja ilmavuotoja. Koska lämpökuvauksella ei ole mahdollista saada tarkempaa tietoa ongelmien syistä, kyseisessä tilassa tuleekin tehdä lisätutkimuksia rakenteiden kunnon selvittämiseksi. Suositeltavaa olisi tehdä tilassa ainakin kosteusmittauksia.

Oman haasteensa talousosan osalta aiheutti tarkastusluukun puuttuminen. Tarkastusluukun puuttuessa ei talousosan yläpohjaa päästyä tutkimaan lainkaan. Talousosassa sijaitsevat pesutilat ovat myös remontoinnin tarpeessa. Pesutilojen tekninen käyttöikä on ylitetty reilusti, ja kokemuseräisesti tiedetään 1970-luvulla rakennettujen pientalojen märkätiloissa olleen paljon kosteusongelmia.

Kohteen sadevesien poisjohtamisessa havaittiin puutteita. Merkittävimpiä korjauksia rakenteiden kosteusrasituksen vähentämiseksi olisi maanpintojen muotoilu rakennuksesta pois päin viettäviksi sekä sadevesiviemäröinnin ja salaojien tekeminen. Myös räystäskourut, jotka ovat jääneet ylipitkien peltien alle piiloon, tulisi saada toimimaan oikein.

Ensisijainen toimenpide energiatehokkuuden ja asumismukavuuden parantamiseksi on tiivistää ulkovaipan vuotokohdat. Edullisena korjaustoimenpiteenä tiivistäminen on energiansäästöinvestointina lisäeristystä kannattavampaa. Yläpohjan lisäeristäminen on myös kyseisessä kohteessa mahdollista. Taloudellista ja helppoa se on silloin, kun eristys pystytään tekemään vanhan eristeen yläpuolelle. Paras materiaali lisäeristämiseen kohteessa voisi olla selluvilla, koska se toimii kosteusteknisesti purueristeen kaltaisesti. Mikäli kohteessa päädytään ulkoseinien lisäeristämiseen, olisi se lämpö- ja kosteusteknisesti parasta tehdä rungon ulkopuolelle. Kaiken kaikkiaan kannattavaa ulkoseinien lisäeristäminen

on vain silloin, kun se voidaan tehdä sivutoimenpiteenä muun korjauksen yhteydessä. Aihetta ulkoseinärakenteen korjaukseen kohteessa onkin, sillä verhoituksen takaa puuttuu ilmarakorimoitus. Myös lämpökuvauksessa havaittujen mahdollisten eristevikojen vuoksi ulkoseinien avaaminen on aiheellista ainakin talousosassa.

Purueristeen heikon lämmöneristävyuden vuoksi ulkoseinien lisäeristäminen tuo selkeitä energiansäästöjä kohtuullisellakin lisäeristyksellä. Kun energiatehokkuuden parantaminen toteutetaan rakennusosakohtaisesti, tulee Ympäristöministeriön laatiman asetuksen mukaan ulkoseinän ja yläpohjan vanha U-arvo puolittaa. Ulkoseinän vanha U-arvo oli 0,45 W/m²K. Tämä pystytään puolittamaan niin ulkopuolisella lisäeristyksellä kuin vaihtamalla vanha purueriste tehokkaampaan eristemateriaaliin. Yläpohjan U-arvon tavoitetaso 0,115 W/m²K saavutetaan puhaltamalla 200 mm selluvillaa vanhan purueristekerroksen päälle. Tällä tavalla toteutettu yläpohjan lisäeristys on helppoa ja kannattavaa.

Energiatehokkuuden parantamiseksi kannattaa myös harkita nykyisen lämmitysjärjestelmän rinnalle toista lämmitysmuotoa tai jopa nykyisen lämmitysjärjestelmän korvaamista. Esimerkiksi lisäämällä ilmalämpöpumppu nykyisen järjestelmän rinnalle saadaan pienellä kertainvestoinnilla selviä säästöjä lämmityskustannuksiin. Vertailussa olleista lämmitysmuodoista ainoastaan vaihto öljylämmitykseen lisäisi käyttökustannuksia.

Osa tämän lopputyön toimenpide-ehdotuksista on ennaltaehkäiseviä, ja osa kohdistuu jo olemassa oleviin vaurioihin tai virheisiin. Suurin osa kohteen ongelmista liittyy tavalla tai toisella kosteudenhallintaan. Samalla, kun riskit kosteusvaurioiden syntymiseen saadaan minimoitua, voidaan talon elinkaarta pidentää reilusti ja rakennuksen jälleenmyyntiarvo nousee. Loppujen lopuksi on kuitenkin talon omistajan päätettävissä, mihin korjaustoimenpiteet kohdistetaan ja missä laajuudessa ne toteutetaan.

Korjauksia tehtäessä on tärkeää muistaa, ettei pelkkä vaurion korjaaminen riitä. On myös eliminoitava vaurioiden aiheuttajat, ettei samaa korjausta jouduttaisi tekemään pian uudestaan. Myös rakenneosien säännöllinen huolto ennaltaehkäisee vaurioiden syntymistä. Läheskään aina riskirakenteet eivät aiheuta ra-

kennukselle tai siinä asuville ihmisille ongelmia. Usein niiden korjaaminen on myös vaikeaa ja kallista. Aina riskirakenteen korjaaminen ongelmien ennaltaehkäisemiseksi ei olekaan välttämätöntä tai edes järkevää, mikäli viitteitä ongelmista ei ole. Normaalit huoltotoimenpiteet ja rakenteiden kunnon säännöllinen seuranta ovat toimenpiteitä, joilla voidaan säästyä mittavilta vaurioilta ja kalliilta korjauksilta.

LÄHTEET

Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003. Helsinki : Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavissa: http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf. Hakupäivä 26.9.2013.

Björkholtz, Dick 1997. Lämpö ja kosteus: rakennusfysiikka. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto.

C2 (1999). 1998. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>. Hakupäivä 24.8.2013.

D1 (2007). 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemäri-laitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf. Hakupäivä 5.9.2013.

D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 7.9.2013.

Hekkanen, Martti 1998. Pientalon kuntoarvio. 4., uudistettu ja täydennetty painos. Helsinki: Rakennustieto.

Kauppinen, Timo – Paloniitty, Sauli – Krankka, Juha 2007. Lämpökuvauksen käyttö rakennusten ja rakenteiden lämpöteknisen toiminnan selvittämisessä. Teoksessa Vinha, Juha – Korpi, Minna (toim.). Rakennusfysiikka 2007 : uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut, 18.-19.2007, Tampere. Tampere : Tampereen teknillinen yliopisto, rakennetekniikan laitos. S. 267-276.

Kemoff, Tapio 2012. Asuinrakennuksen kuntotarkastusopas. Helsinki: Rakennustieto.

Kodin energiansäästöohjeita. 2013. Valkeakosken energia. Saatavissa: <http://www.valkeakoskenenergia.fi/Vinkit/Kodinenergians%C3%A4%C3%A4st%C3%B6hjeita/L%C3%A4mmitys/tabid/2721/Default.aspx>. Hakupäivä 13.3.2014.

Koskenvesa, Anssi – Nissinen, Sampsa – Olenius, Auli – Penttilä, Hannu – Tiula, Martti 2005. Asunnon remonttiopas. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997. Ympäristöopas 29. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997. Ympäristöopas 28. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kuntotarkastus asuntokauppaa varten. 2003. Laatija Rannikon Rakennuskonsultti.

Kääriäinen, Hannu – Rantamäki, Jouko – Tulla, Kauko 1998. Puurakennusten kosteustekninen toimivuus: kokemustiedot. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Laurikainen, Markku – Tulla, Kauko 1983. Lisäeristämisopas. Helsinki: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Kauppa- ja teollisuusministeriö. Energiaosasto.

Lauttalammi, Ari – Lehtonen, Jouko – Laine, Katariina 2005. Talojen korjausrakentaminen: johdatus perusteisiin. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Niskala, Eino 1996. Puutalon korjaus. Helsinki: Rakennustieto.

Paloniitty, Sauli – Kauppinen, Timo 2006. Rakennusten lämpökuvaus. Helsinki: Rakennusteollisuuden kustannus RTK.

RIL 126-2009. 2009. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RT 14-10850. 2005. Rakennuksen lämpökuvaus, rakenteiden lämpötekni-
nen toimivuus. Rakennustieto oy. Saatavissa:
<http://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10850> (vaatii käyttäjä lisenssin).
Hakupäivä 12.9.2013.

Saarinen, Juha 2013. Haastattelu kuntoarvion yhteydessä 18.8.2013.

Suortti – Suominen, Tuula 1995. Pientalon perustusopas. Helsinki: Raken-
nustieto.

System platon. 2014. Saatavissa: <http://www.domitrix.fi/system.html>. Haku-
päivä 2.4.2014.

Sähkölämmitys. 2013. Tekninen kortti, kortti 14. Oulu: Oulun rakennusval-
vonta. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/wp-
content/uploads/2013/08/Pientalo_14_Sahkolammitys_2013_02_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_14_Sahkolammitys_2013_02_01.pdf).
Hakupäivä 11.3.2014.

Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications.
2011. FLIR. Saatavissa:
[http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography/MMC/Brochures/T820325/
T820325_APAC.pdf](http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography/MMC/Brochures/T820325/T820325_APAC.pdf). Hakupäivä 26.4.2013.

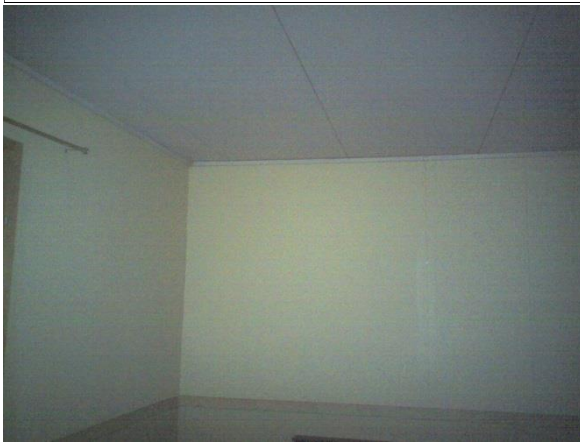
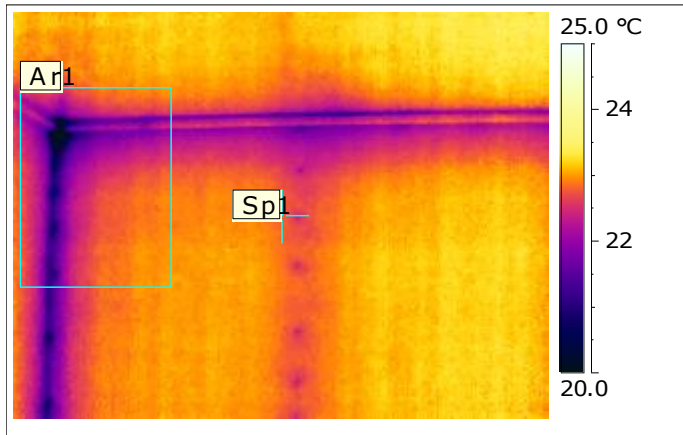
Tompuri, Vesa 2014. Valesokkelin voi korjata. Rakennuslehti vol. 48, nro 8.
S. 13.

Ulkoseinän lisälämmöneristys. 2013. Tekninen kortti, kortti 6. Oulu: Oulun
rakennusvalvonta. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/wp-
content/uploads/2013/08/Pientalo_6_Ulkoseina_2013_02_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_6_Ulkoseina_2013_02_01.pdf). Hakupäi-
vä 9.10.2013.

Uusitalo, Sirkku – Huovinen, Seppo 1999. Homeesta eroon. Helsinki: Ra-
kennusalan kustantajat: Kustantajat Sarmala.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/40799-EU_27_2_2013YM_asetus_lopullinen_FIN.pdf. Hakupäivä 6.3.2014.

MAKUHUONE 1



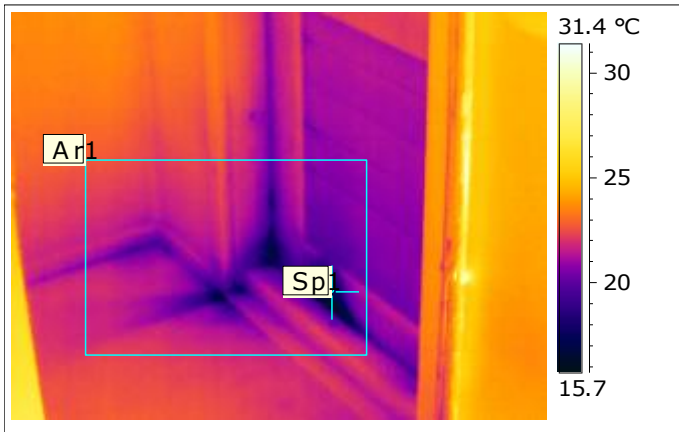
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	23.1 °C
Sp1 Temperature	22.8 °C
Max. Temperature	23.6 °C
Min. Temperature	19.0 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisuus
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 75	Lämpötilaindeksi piste: 94
---------------------------------	-----------------------------------

Johtopäätökset:
Nurkka ja katonraja näkyvät kuvassa viileinä.
Korjausluokka 4.

KEITTIÖ / KYLMÄHUONEEN OVI



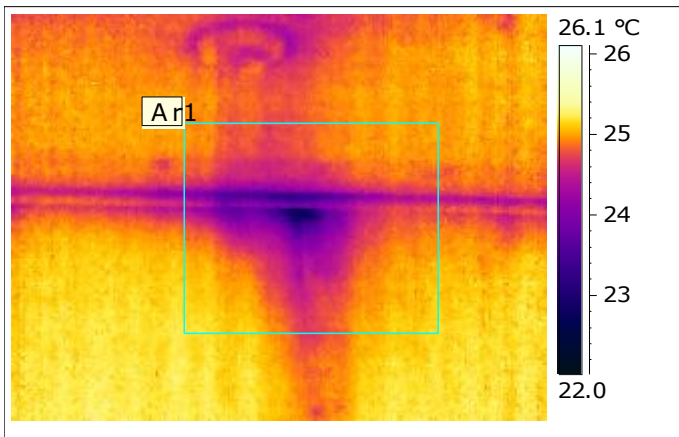
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	22.7 °C
Sp1 Temperature	17.2 °C
Max. Temperature	31.6 °C
Min. Temperature	15.9 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisuus
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 60	Lämpötilaindeksi piste: 66
--------------------------	----------------------------

Johtopäätökset:
Kylmähuoneen oven alareunassa ilmavuotoa. Aiheuttaa vetoa lattianrajaan.
Korjausluokka 2.

MAKUHUONE 2 / OLOHUONE VÄLISEINÄ



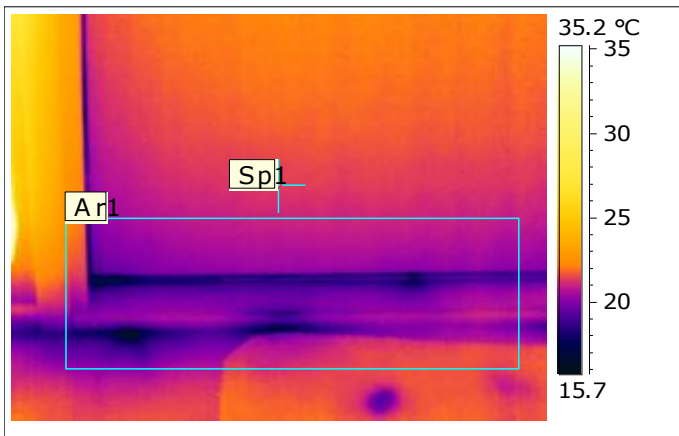
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	25.4 °C
Max. Temperature	25.7 °C
Min. Temperature	22.6 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 93	Lämpötilaindeksi piste:
---------------------------------	--------------------------------

Johtopäätökset:
Eristevika yläpohjassa.
Korjausluokka 3. Yläpohjaeristeen kunto kyseiseltä kohdalta selvitettävä.

ULKO-OVI



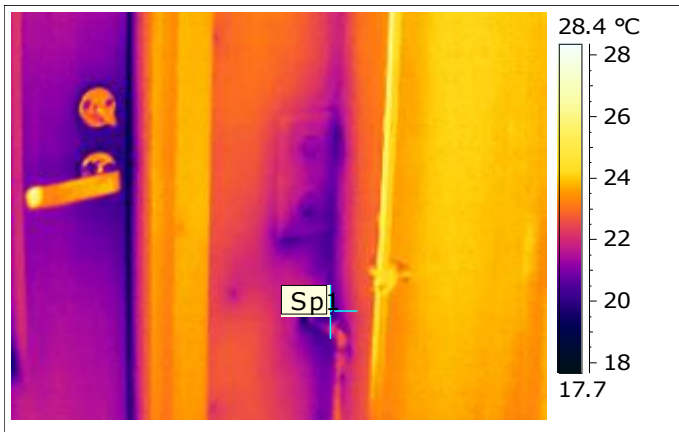
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	22.4 °C
Sp1 Temperature	21.4 °C
Max. Temperature	34.5 °C
Min. Temperature	15.7 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 59	Lämpötilaindeksi piste: 87
--------------------------	----------------------------

Johtopäätökset:
Tiivistevuotoa ulko-ovessa ja alakarmissa.
Korjausluokka 1.

ULKOVESIJOHDON LÄPIVIENTI



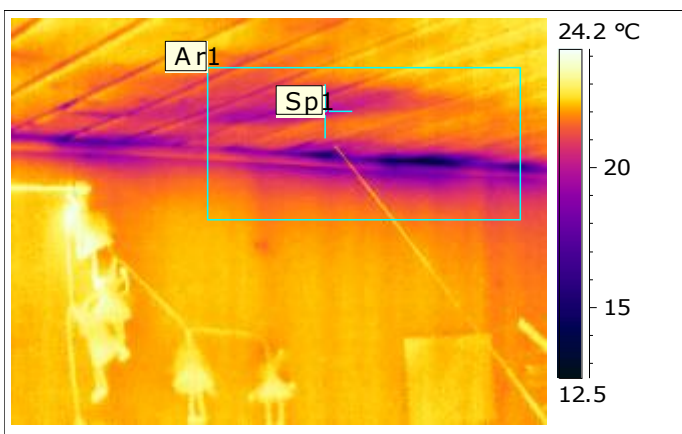
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Sp1 Temperature	19.8 °C
Max. Temperature	27.9 °C
Min. Temperature	18.4 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 72	Lämpötilaindeksi piste: 79
---------------------------------	-----------------------------------

Johtopäätökset:
Läpiviennin tiiveys huono. Seinärakenteessa voi olla kosteutta.
Korjausluokka 3.

MAKUHUONE 3



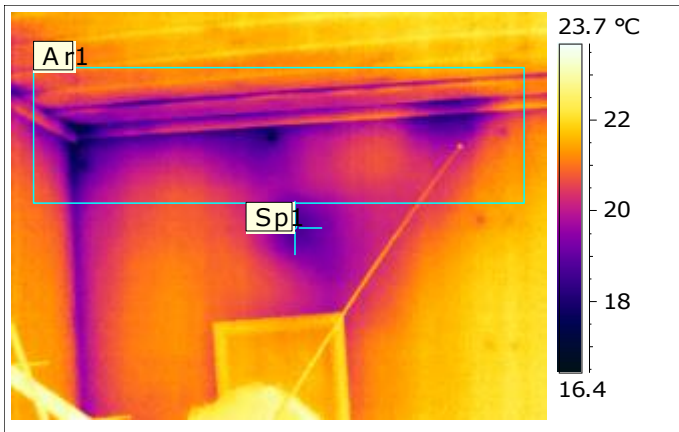
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	22.7 °C
Sp1 Temperature	19.5 °C
Max. Temperature	24.2 °C
Min. Temperature	12.6 °C
Ar1 Min. Temperature	12.6 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisuus
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 43	Lämpötilaindeksi piste: 78
--------------------------	----------------------------

Johtopäätökset:
Katonrajassa laajaa ilmavuotoa. Yläpohjaeristeessä on paljon epätasaisuutta.
Korjausluokka 1.

MAKUHUONE 3



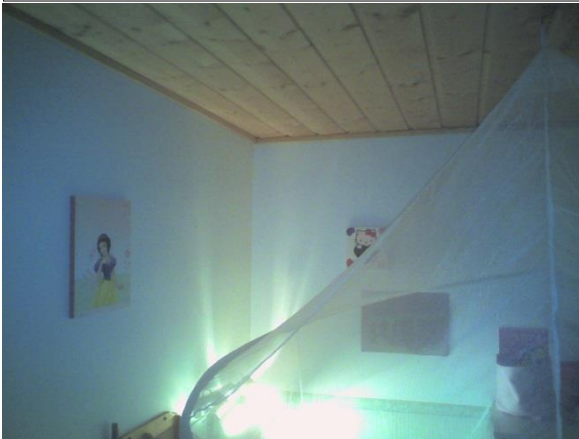
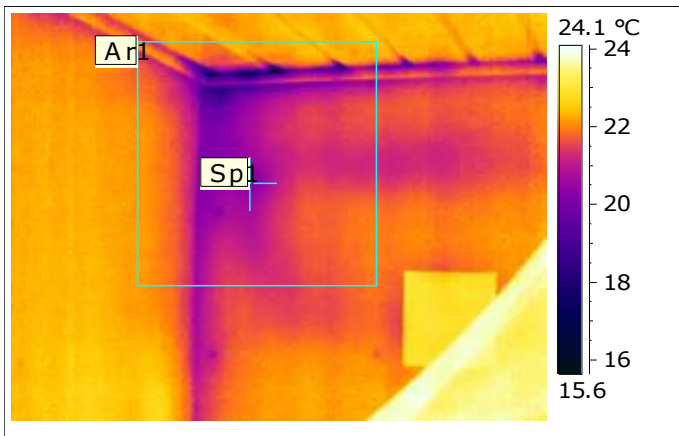
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	22.4 °C
Sp1 Temperature	18.6 °C
Max. Temperature	23.7 °C
Min. Temperature	16.5 °C
Ar1 Min. Temperature	16.5 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisuus
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 63	Lämpötilaindeksi piste: 73
--------------------------	----------------------------

Johtopäätökset:
Ulkoseinässä ja yläpohjassa eristevikoja.
Korjausluokka 2. Lisäeristystarve tutkittava.

MAKUHUONE 3



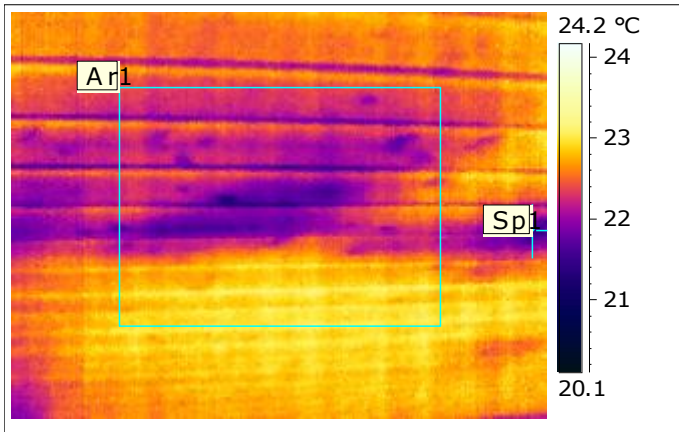
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	22.6 °C
Sp1 Temperature	20.3 °C
Max. Temperature	24.1 °C
Min. Temperature	15.8 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 59	Lämpötilaindeksi piste: 82
--------------------------	----------------------------

Johtopäätökset:
Ulkoseinässä eristevikoja.
Korjausluokka 2. Lisäeristystarve tutkittava.

MAKUHUONE 3



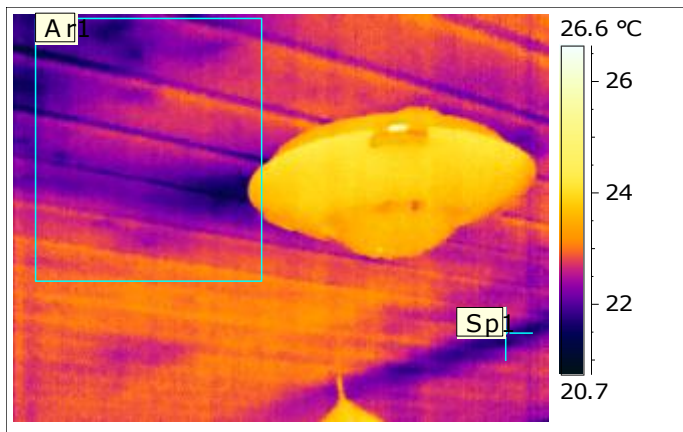
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	23.3 °C
Sp1 Temperature	21.4 °C
Max. Temperature	23.4 °C
Min. Temperature	21.0 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 85	Lämpötilaindeksi piste: 87
---------------------------------	-----------------------------------

Johtopäätökset:
Yläpohjassa eristevikoja.
Korjausluokka 3. Lisäeristystarve tutkittava.

MAKUHUONE 3



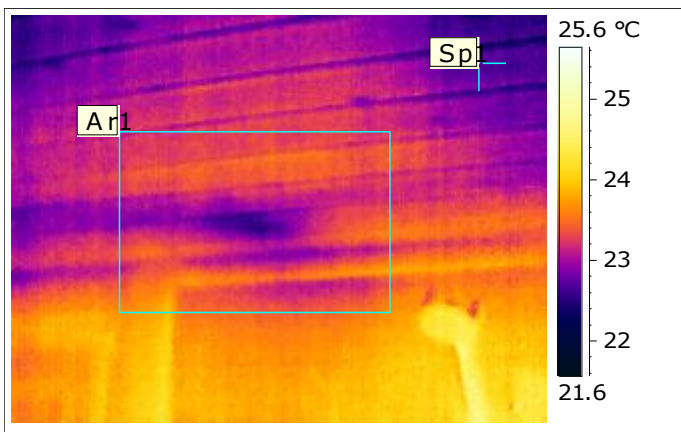
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	23.9 °C
Sp1 Temperature	21.8 °C
Max. Temperature	26.9 °C
Min. Temperature	20.8 °C
Ar1 Min. Temperature	21.0 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 84	Lämpötilaindeksi piste: 89
---------------------------------	-----------------------------------

Johtopäätökset:
Yläpohjassa eristevikoja.
Korjausluokka 3. Lisäeristystarve tutkittava.

PESUHUONE



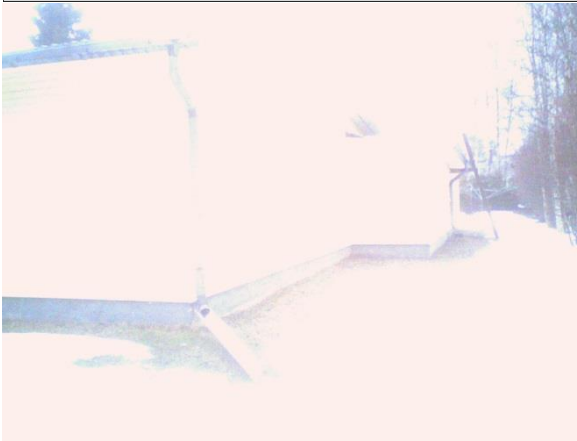
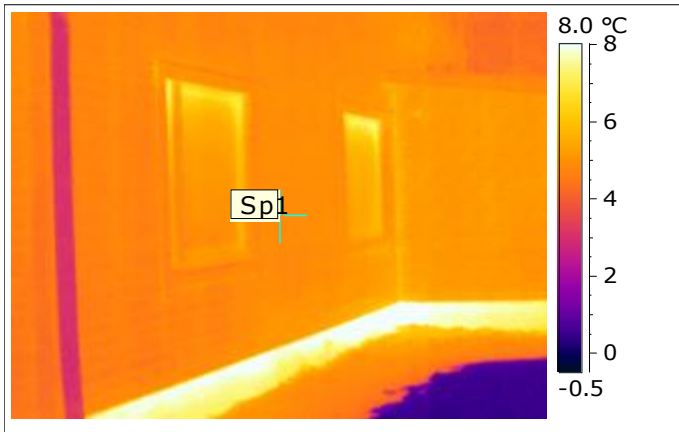
Emissivity	0.95
Object Distance	3.0 m
Ar1 Max. Temperature	24.0 °C
Sp1 Temperature	22.7 °C
Max. Temperature	24.9 °C
Min. Temperature	22.0 °C
Ar1 Min. Temperature	22.4 °C

Ukolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Lämpötilaindeksi min: 90	Lämpötilaindeksi piste: 94
---------------------------------	-----------------------------------

Johtopäätökset:
Yläpohjassa eristevikoja.
Korjausluokka 3. Lisäeristystarve tutkittava.

JULKISIVU ETELÄÄN



Emissivity	0.95
Object Distance	10.0 m
Sp1 Temperature	4.9 °C
Max. Temperature	10.1 °C
Min. Temperature	0.2 °C

Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Paine-ero	Tuuli	Pilvisyys
+4	+24	-4	5 m/s	Pilvinen

Johtopäätökset:
Lämpövuotoa valesokkelin läpi.