

Jarkko Niemi

Asuinrakennuksen ilmanpitävyys

Ilmanvuotoluvun määrittäminen ja tutkiminen

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jarkko Niemi

Työn nimi: Asuinrakennuksen ilmanpitävyys

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 56

Liitteiden lukumäärä: 4

Asuinrakennuksen ilmanpitävyydellä tarkoitetaan rakennuksen vaipan tiiveyttä eli kykyä estää ilmavirtausten pääsy rakenteen läpi. Vaipan ilmanpitävyyttä kuvaa ilmanvuotoluku n_{50} . Ilmanpitävyytluku kertoo, kuinka monta kertaa talon ilmamäärä vaihtuu tunnissa [1/h]. Ilmanpitävyyden raja-arvona pidetään 4,0 1/h:aa ja todella hyvänä arvona voidaan pitää alle 1,0 1/h:aa. Pienemmällä ilmanvuotoluvun arvolla saavutetaan parempi energiatehokkuusluku rakennuksessa. Lisäksi lukua voidaan käyttää rakennuksen kompensatiolaskelmissa. Rakennuksen ilmanpitävyyttä voidaan tutkia niin sanotulla painekokeella.

Tutkimuksen teettäjä, kankaanpääläinen Hietakulma Oy, halusi tutkituttaa rakennettuja valmistalojaan ja saada tällä tavoin tärkeää tietoa rakenteidensa laadusta ja talopakettien ilmanpitävyydestä. Tarkoituksena oli myös saada laskettua talopakettien ilmanvuotoluvun suunnitteluarvoa pienemmäksi. Rakennustietokortista 80-10974 löytyvän ilmoitusmenettelyn avulla talopakettien suunnitteluarvoa saatiin laskettua 4,0 1/h:stä 1,8 1/h:aan.

Ilmanvuotoluvun mittaukset suoritettiin Whöler Blower Check BC 21 -paineoelaitteella. Mittauksien yhteydessä suoritettiin lämpökuvaukset Fluke TiR 1 -lämpökameralla, jonka avulla pyrittiin paikantamaan vuotokohtia rakennuksen vaipasta.

Asiasanat: Energiatehokkuus, ilmanvaihto, Ilmanpitävyys, n_{50} -luku, energiatodistus, kompensatio

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: Seinäjoki University of Applied Sciences
Degree programme: Construction Engineering
Specialisation: Building Construction

Author: Jarkko Niemi

Title of the thesis: Air-tightness of a residential building

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2010 Number of pages: 56 Number of appendices: 4

The air-tightness in a building means how leak proof the shell of the house is. In other words, it means how well the shell of the house keeps out air flows from the inside. The air-tightness is presented by n_{50} numerical value. It tells you how many times the indoor air changes inside a house per hour. The specified limit in n_{50} is 4,0 1/h, and 1,0 1/h is a very good value. With a smaller n_{50} numerical value you can achieve a better energy efficiency in the building or you can use the n_{50} value in the compensation calculations.

The research was ordered by Hietakulma Ltd. from city of Kankaanpää. The goal of the research was to inspect Hietakulma's ready-to-assemble houses and get useful information about the quality of structures and how air-tight the houses are. We also tried to get a smaller planning value to the houses. To get a smaller planning value, we used a declaration method, which is presented in RT 80-10974. In the end of the research, we cut the planned value to 1,8 1/h from 4,0 1/h.

The air-tightness measurement was done with Wöhler BC 21 Blower Check. Between the air-tightness measurements we did thermal scans to locate natural ventilations from the shells of the houses with a Fluke Tir 1 thermographic camera.

Keywords: Energy efficiency, air-tightness, n_{50} numerical value, compensation calculations

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO	10
1.1 Lähtökohta	11
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja sisältö	11
2 RAKENNUKSEN ILMANPITÄVYYS	13
2.1 Vaipan ilmanpitävyys	14
2.2 Paineekoe	15
2.3 Ilmoitusmenettely	16
2.3.1 Tutkimus	16
2.3.2 Ilmoitus	17
2.3.3 Seuranta	18
3 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUKSET	20
3.1 Wöhler Blower Check BC 21 -paineekoelaitteisto	20
3.2 Fluke TiR 1 -lämpökamera	22
3.3 Mittauksen kulku	23
4 RAKENNERATKAISUT JA KOEKOHTEET	26
4.1 Talo 1 (Jarkko Marjamäki)	27
4.1.1 Rakenne	28
4.1.2 Mittaukset ja lämpökuvaus	29
4.2 Talo 2 (Joni Toivola)	30
4.2.1 Rakenne	31
4.2.2 Mittaukset ja lämpökuvaus	32
4.3 Talo 3 (Jussi Pihlaja)	34
4.3.1 Rakenne	35
4.3.2 Mittaukset ja lämpökuvaus	36

4.4	Talo 4 (Lauri Setälä).....	37
4.4.1	Rakenne	38
4.4.2	Mittaukset ja lämpökuvaus.....	39
4.5	Talo 5 (Harri Mäkinen).....	41
4.5.1	Rakenne	41
4.5.2	Mittaukset ja lämpökuvaus.....	43
4.6	Talo 6 (Tomi Koota).....	45
4.6.1	Rakenne	45
4.6.2	Mittaukset ja lämpökuvaus.....	46
5	TULOKSET.....	49
5.1	Ilmanvuotoluvun laskeminen valitulle talotyypille	49
5.2	Tuloksien vertailu	50
6	YHTEENVETO.....	53
	LÄHTEET	55
	LIITTEET.....	57

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

n_{50} [1/h]	Ilmavuotoluku n_{50} kertoo, montako kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuotoreittien kautta, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa (pascal) ali- tai ylipaine.
$n_{50,vert}$ [1/h]	Rakentamismääräyskokoelmassa annettu ilmavuotoluvun arvo, jota käytetään rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa. Vuoden 2007 rakentamismääräyksissä ilmavuotoluvun vertailuarvo on 4,0 1/h ja vuoden 2010 rakentamismääräyksissä 2,0 1/h.
$n_{50,suun}$ [1/h]	Ilmavuotoluvun suunnittelu-arvo, jota käytetään rakennuslupavaiheessa rakennuksen energiaselvitystä ja -todistusta laadittaessa.
$n_{50,ilm}$ [1/h]	Talotoimittajan antama ilmavuotoluku tietyille talotyypille. Ilmoitettu ilmavuotoluku lasketaan rakennuksista mitattujen ilmavuotolukujen avulla. Ilmoitetussa ilmavuotoluvussa otetaan huomioon mittaustulosten lukumäärän ja hajonnan vaikutus. Ilmoitettua ilmavuotolukua voidaan käyttää rakennuksen ilmavuotoluvun suunnittelu-arvona ilman erillisiä selvityksiä tai mittauksia.
ET-luku [kWh/brm²/vuosi]	Energiatehokkuusluku kertoo, kuinka paljon rakennus kuluttaa energiaa kilowattitunteina rakennuksen bruttoalaa kohti vuodessa.
EnEV	Saksassa käytössä oleva ohje energiasäästöjä varten.
Nettilavuus [m³]	Lämmintä tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta.

Nettopinta-ala [m²]	Kaikkien yksittäisten huoneiden sisäpinta-ala, yleensä käytetään nimitystä huoneistoala.
U-arvo [W/m²K]	Lämmönläpäisykerroin (aikaisemmin k-arvo) kertoo lämpövuon eli lämpövirran, joka läpäisee rakenteen. Kuvaa rakennuksen eri osien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi arvo on, sitä tehokkaampi lämmöneristyskyky on.
LTO	Ilmanvaihtokone on varustettu lämmöntalteenotolla, eli kone hyödyntää poistoilmasta tulevan lämmön ulkoa tulevan tuloilman lämmittämiseen. Lämmöntalteenottokyky ilmoitetaan yleensä prosentteina, kuinka paljon poistoilman lämmöstä pysytään hyödyntämään.
Q₅₀ [m³/m²]	Rakennuksen ilmavuotoluku vaipan pinta-alaa kohti.
Ulkopuolinen taho	Puolueeton organisaatio, jolla on riittävä ammattitaito ja kokemus vaipparakenteiden ja liitosten toiminnasta ilmanpitävyyden kannalta, rakennusten ilmanpitävyydsmittausten ja lämpökuvausten toteuttamisesta sekä tulosten analysoinnista (esimerkiksi teknillinen yliopisto tai korkeakoulu, VTT, ammattikorkeakoulu tai konsulttiryitys). Riittävä pätevyys voidaan osoittaa esimerkiksi sertifiointimenettelyllä.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

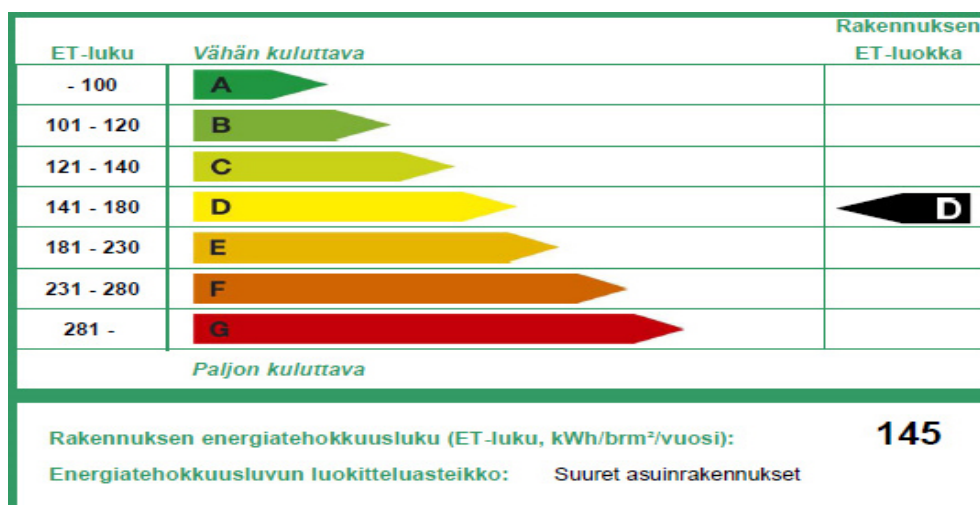
KUVIO 1. Rakennuksen energiatehokkuusluku.....	10
KUVIO 2. Whöler Blower Check BC 21:n mittaus- ja puhallinyksikkö.....	21
KUVIO 3. Fluke TiR 1 -lämpökamera.....	22
KUVIO 4. Oveen asennettu puhallinyksikkö ja tiivistettyjä aukkoja.....	25
KUVIO 5. Kuva talosta 1.....	27
KUVIO 6. Talon 1 ulkoseinärakenne.....	28
KUVIO 7. Talon 1 pohjakuva.....	29
KUVIO 8. Lämpökuvia talosta 1.....	30
KUVIO 9. Kuva talosta 2.....	31
KUVIO 10. Talon 2 ulkoseinärakenne.....	31
KUVIO 11. Talon 2 pohjakuva.....	33
KUVIO 12. Lämpökuvia talosta 2, kuvat 1 ja 2.....	33
KUVIO 13. Lämpökuvia talosta 2, kuvat 3 ja 4.....	34
KUVIO 14. Kuva talosta 3.....	34
KUVIO 15. Talon 3 ulkoseinärakenne.....	35
KUVIO 16. Talon 3 pohjakuva.....	36
KUVIO 17. Lämpökuva talosta 3.....	37
KUVIO 18. Kuva talosta 4.....	38
KUVIO 19. Talon 4 ulkoseinärakenne.....	38
KUVIO 20. Talon 4 pohjakuva.....	39
KUVIO 21. Lämpökuva talosta 4.....	40
KUVIO 22. Kuva talosta 5.....	41
KUVIO 23. Talon 5 ulkoseinärakenne.....	42
KUVIO 24. Talon 5 pohjakuva.....	43
KUVIO 25. Lämpökuvia talosta 5.....	44
KUVIO 26. Kuva talosta 6.....	45
KUVIO 27. Talon 6 ulkoseinärakenne.....	46
KUVIO 28. Talon 6 pohjakuva.....	47
KUVIO 29. Lämpökuvia talosta 6.....	48
KUVIO 30. Kaavio mittaustuloksista.....	50

TAULUKKO 1. Ilmanvuotoluvun vaikutus tilojen lämmitysenergiatarpeeseen.....	14
TAULUKKO 2. Whöler Blower Check BC-21 painekoelaitteiston mittausarvot.....	21
TAULUKKO 3. Fluke TiR1 -lämpökameran teknisiä tietoja.....	23
TAULUKKO 4. Talon 1 ala- ja yläpohjarakenteet.....	29
TAULUKKO 5. Talon 2 ala- ja yläpohjarakenteet.....	32
TAULUKKO 6. Talon 3 ala- ja yläpohjarakenteet.....	36
TAULUKKO 7. Talon 4 ala- ja yläpohjarakenteet.....	39
TAULUKKO 8. Talon 5 ala- ja yläpohjarakenteet.....	42
TAULUKKO 9. Talon 6 ala- ja yläpohjarakenteet.....	46
TAULUKKO 10. Tutkimuskohteiden ilmanvuotoluvun parannus verrattuna raja-arvoon.	49
TAULUKKO 11. Energiatohokkuuslukujen vertailua.....	51
TAULUKKO 12. Ilmanvuodoista johtuva ominaislämpöhäviö.	51

1 JOHDANTO

Talon energiatehokkuus korostuu yhä enemmän nykypäivänä, kun energiamääräyksiä tiukennetaan ja energian hinnat nousevat. Rakennuksen vuosittaisesta energian kulutuksesta kertoo energiatodistus. Kuviossa 1 esitellään rakennuksen energiatehokkuusluvun vaikutusta rakennuksen energiatehokkuusluokkaan. Energiatodistus tuli pakolliseksi kaikille rakennettaville asuintaloille vuoden 2008 alusta lähtien. Se on myös pakollinen vuoden 2009 alusta lähtien olemassa oleville rakennuksille myynnin ja vuokrauksen yhteydessä. Pakollisuus ei koske pientaloja tai enintään kuuden asunnon asuinrakennuksia tai asuinrakennusryhmiä (Ympäristöministeriö 2009a.)

Hyvästä energiatehokkuudesta on muodostumassa tärkeä myyntivaltti talotoimittajille. Puhutaan passiivi- ja matalaenergiataloista, koska energiakustannukset ovat paljon pienemmät energiatehokkaassa talossa. Talon ilmanpitävyys vaikuttaa omalta osaltaan talon lämmitystarpeeseen. Lämpö ei pääse karkaamaan ulos, mikä parantaa talon energiatehokkuutta. Vaipan hyvä ilmanpitävyys parantaa myös sisäilman laatua, koska vedontunne vähenee ja mahdollisten homeiden, epäpuhtauksien ja haitallisten aineiden kulkeutuminen vaipparakenteista ja maaperästä sisäilmaan vähenee (RT 80-10974 2009, 4).



KUVIO 1. Rakennuksen energiatehokkuusluku.
(Ympäristöministeriö 2009a.)

1.1 Lähtökohta

Vuoden 2008 alusta lähtien voimaan tulleissa rakentamismääräyksissä vaipan ilmanpitävyys kuuluu rakennusosien lämmönläpäisykertoimien (U-arvojen) ja ilmanvaihdon lämmön talteenoton ohella lämpöhäviöiden tasauslaskennan piiriin (RT 80-10974 2009, 4). Toisin sanoen rakennuksen paremmalla ilmanpitävyydellä voidaan kompensoida rakennuksen heikompaa eristystä tai huonoa lämmöntalteenottojärjestelmää.

Uudet rakennuksen ulkovaipan lämmöneristysvaatimukset asuivat voimaan vuoden 2010 alusta alkaen. Määräykset koskevat rakennuksen vaipan lämmöneristyskykyä, lämmön talteenottoa ja vuotoilmanvaihtoa. Määräyksiä kiristettiin niin paljon, että uusien rakennusten ominaislämpöhäviöt pienenevät noin 30 prosenttia vuoden 2007 määräystasosta. (Vinha 2009b.) Suurempi muutos tulee vuonna 2012, jolloin uudet määräykset perustuvat kokonaisenergiakulutukseen ja lämmitysmuoto otetaan huomioon erilaisilla päästökertoimilla. Tällöin lähes kaikkien talojen ilmanpitävyys halutaan mitata ilmanpainekokeella. Näissä uusissa vuoden 2010 alusta voimaan tulleissa määräyksissä vertailulämpöhäviötä laskettaessa käytettävä vertailuarvo ($n_{50,vert}$) pienenee 4,0 l/h:stä 2,0 l/h:aan. Ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona ($n_{50,suun}$) voidaan jatkossakin käyttää raja-arvoa 4,0 l/h. Tämän arvon käyttäminen ei edellytä ilmanpitävyyden mittauksia rakennuksessa. Jos kuitenkin halutaan käyttää pienempää suunnitteluarvoa, joudutaan tämä arvo todistamaan mittaustuloksien tai muulla tavalla. Rakennustietokortissa 80-10974 esitellään menettelytapa, niin sanottu ilmoitusmenettely, jonka avulla talotoimittaja saa käyttöönsä valitsemisensa talotyypeissä yhtenäisen suunnitteluarvon mitattujen ilmavuotolukujen avulla. Ilmoitusmenettely koostuu kolmesta osasta, jotka ovat tutkimus, ilmoitus ja seuranta.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja sisältö

Tutkimuksen teettäjä on kankaanpääläinen yritys Hietakulma Oy, joka valmistaa kattoristikkoja sekä tuottaa erilaisia elementtivalmisteisia talopaketteja. Yrityksen ovat perustaneet vuonna 1988 Markku Hietanen ja Pentti Kulmala. Aluksi Hietakulma Oy valmisti rivitaloja perinteiseen tapaan ja tämän jälkeen siirtyi tekemään työmaatiloja alihankintana. Vuonna

1990 Hietakulma Oy aloitti kattoristikoiden valmistamisen ja 90-luvun loppupuolella yritys teki ensimmäiset elementtitoimitukset. Tästä alkoikin yrityksen huomattava kasvu. Vuonna 2004 yritys investoi isompaan hallitilaan, jossa on tilaa noin 1200 neliötä elementtienvalmistukseen ja konttoritiloja noin 300 neliötä. Yrityksen liikevaihto vuonna 2008 oli noin 4 miljoonaa euroa ja työntekijöitä oli noin 30. Hietakulma Oy siirtyi ensimmäisten talovalmistajien joukossa käyttämään uusia vaadittuja eristepaksuuksia seinäelementeissään. Seinäelementit ovat saaneetkin hyvää mainetta muun muassa Rakennuslehdessä. Kuitenkin ilman tarvittavia ilmanvuotoluvun mittauksia on vaikea saavuttaa parempia energialuokituksia talopaketeissa, koska suunnitelmissa joudutaan käyttämään raja-arvoa 4,0 l/h.

Tutkimuksen tavoitteena on saada pienempi ilmanvuotoluku valitulle talotyypille sekä kerätä tietoa valmistajan käytössä olevien liitosratkaisujen ja ovien sekä ikkunoiden ilmanpitävyydestä. Talopaketeissa yleinen heikko kohta on elementtien saumat. Jos liitoskohta on tehty huolimattomasti ja sisäpuolen muovikalvo katkeaa sauman kohdalta, huoneilman kosteutta pääsee seinään. Tällaisia rakennusvirheitä pyritään tutkimuksessa kartoittamaan. Hietakulma Oy:n talopaketit ovat rakenneratkaisuiltaan ja talotyypeiltään samankaltaisia, joten voidaan käyttää edellä mainittua ilmoitusmenettelyä. Mittauksia tehdään kuuteen ennalta määriteltyyn taloon. Talot pyritään valitsemaan mahdollisimman monipuolisesti, jotta saadaan vertailuarvoja vanhemmista ja uudemmista rakennuksista. Mitattuja arvoja käyttämällä saadaan laskettua talotyypille tai toteutusratkaisulle ilmoitettava ilmanvuotoluku ($n_{50,ilm}$). Ilmoitetussa ilmanvuotoluvussa otetaan huomioon kohteiden lukumäärä ja mittaustulosten keskihajonta. Ilmanvuotoluvun mittaukset tehdään 50 Pascalin paine-erolla standardissa SFS-EN 13829 määritellyllä tavalla, jossa ilmanvaihtoluukut ja muut rakennuksen aukot tiivistetään ja tukitaan. Mittauslaitteena käytetään Whöler Blower Check BC 21 -painekeelaitta ja lisäksi vaipasta paikannetaan mahdollisia energiavuotoja Fluke TiR 1 -lämpökameralla. Lopuksi tuloksia analysoidaan ja katsotaan, kuinka paljon todellisuudessa ilmanvuotoluvun paraneminen vaikuttaa energiatehokkuusluvun pienenemiseen eli talon energiatehokkuuden paranemiseen.

2 RAKENNUKSEN ILMANPITÄVYYS

Ilmanpitävyydellä tarkoitetaan rakennuksen vaipan tiiveyttä eli kykyä estää ilmavirtausten pääsy rakenteen läpi. Ilmanpitävyyden mittauksia alettiin tehdä jo 1980-luvun alkupuoliskolla, koska energiatehokkuuslaskelmat ja muuttuvat määräykset kannustivat selvittämään talon ilmanpitävyyttä. Ilmanvuotoluku voidaan esittää monella tavalla riippuen maakohtaisista rakennusmääräyksistä. Yksi vaikuttava osa rakennuksen ilmanpitävyyteen on rakenteiden tiheys ja huokoisuus, joiden tarkemmat määrittelytavat löytyvät standardista SFS EN 1389. Samaisesta standardista löytyy myös tarkemmat määritelmät rakennuksen ilmanvuotoluvun mittauksesta. Tämän lisäksi ohjeita täydentämään on tehty Rakennustietokortti 80-10970, Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Vaipan hyvällä ilmanpitävyydellä on pelkästään positiivisia vaikutuksia, ja se vaikuttaa talon kokonaisenergian kulutuksen vähenemiseen.

Rakennuksen ilmanpitävyys on yksi hyvä tapa vertailla rakentamisen laatua, koska tiivistä taloa voidaan pitää melko hyvin rakennettuna. Rakennuksen ilmanpitävyys voidaan varmistaa yhtenäisellä ilmansulkukerroksella. Kuitenkaan alhainen ilmanvuotoluku ei takaa rakenteiden moitteetonta toimintaa ilmanvuotojen osalta, esimerkiksi suurten paikallisten vuotojen vuoksi. (Vinha 2009a).

Rakennustietokortissa 80-10974 on esitetty esimerkki pientalon energiankulutuksesta suhteutettuna jokaista ilmavuotoluvun kokonaisyksikköä kohti. Laskennallinen kokonaisenergiankulutuksen lisäys on keskimäärin 4 prosenttia 2–7 prosentin vaihteluvälillä jokaista n_{50} -luvun kokonaisyksikön lisäystä kohden. Näin ollen kokonaisenergiankulutus on tyyppillisessä pientalossa ($n_{50}=4,0$ 1/h) 6–20 prosenttia suurempi kuin erinomaisen ilmanpitävyydestason ($n_{50}=1,0$ 1/h) pientalossa. Ilmanpitävyyttä parantamalla siis voidaan säästää paljon talon energiankulutuksessa. Lisäksi se on edullisimpia keinoja nykyisten jo sinällään energiataloudeltaan hyvien rakennusten energiankulutuksen vähentämiseen. Kuitenkin kokonaisenergiakulutukseen vaikuttaa paljon asukkaiden asumistottumukset ja ilmanvaihdon toiminta. (RT 80-10974 2009, 4.) Mitä tiiviimpi talo on, sitä tärkeämpää on hyvin säädetty ilmanvaihdon toiminta.

2.1 Vaipan ilmanpitävyys

Vaipan ilmanpitävyyttä kuvaa ilmanvuotoluku n_{50} , ja sitä voidaan tutkia mittaamalla keinotekoisen paine-eron avulla vuotoilman vaihtumisnopeutta suhteessa rakennuksen tilavuuteen tietokoneohjatulla laitteistolla, niin sanotulla painekokeella. Yksi yksikkö [1/h] tarkoittaa, että talon ilmamäärä vaihtuu yhden yksikön tunnissa testiolosuhteessa ja esimerkiksi 2 1/h tarkoittaisi, että talon ilmamäärä vaihtuu kaksi kertaa tunnissa. Rakennuksen vaipasta on lähes mahdotonta saada täysin ilmanpitävä, mutta vuotojen tulisi olla jakaantuneena rakennukseen tasaisesti.

Ilmanvuotoluvun n_{50} raja-arvona pidetään 4,0 1/h:aa. Normaaliarvo pientaloissa on noin 3,0 1/h, heikossa talossa $\geq 8,0$ 1/h ja erinomainen arvo on $\leq 1,0$ 1/h (RT 80-10974 2009, 3). Taulukossa 1 esitellään ilmanvuotoluvun vaikutusta tilojen lämmitysenergiatarpeeseen.

Passiivitalossa arvon pitää olla alle 0,6 1/h. Ilmanvuotoluku pienenee yleensä rakennuksen tilavuuden kasvaessa, joten esimerkiksi kerrostaloissa arvot ovat hiukan pienempiä, vaikka vaipan ilmanpitävyys ei paranekaan. Tämä voidaan selittää sillä, että sisätilavuuden kasvaessa myös suhde V/A_E kasvaa. V on rakennuksen sisätilavuus [m^3] ja A_E on rakennuksen vaipan pinta-ala sisämittojen mukaan laskettuna [m^2]. Suuremmissa taloissa q_{50} -luku kuvaa paremmin vaipan todellista ilmanpitävyyttä, koska siinä ilmanpitävyys lasketaan vaipan pinta-alaa kohti. Mittaustuloksiin olisikin hyvä merkitä kumpikin arvo, vaikka määräykset eivät sitä vaadikaan. (RT 80-10974 2009, 11.)

TAULUKKO 1. Ilmanvuotoluvun vaikutus tilojen lämmitysenergiatarpeeseen. (Rakennusvalvonta Oulu 2008.)

n_{50} – luku	Sanallinen arviointi	Energ. säästö
< 0,6	passiivitalon vaatimus	>25 %
< 1,0	kiitettävä	>21 %
1 - 2	erittäin hyvä	14..21 %
2 - 3	hyvä	7...14 %
3 - 4	tydyttävä	0....7 %
4	rak. määr. vertailutaso	0 %
>4	huono	kulutus kasvaa

2.2 Painekoe

Painekoe tehdään standardin SFS-EN 13829 mukaan. Standardissa on esitelty kaksi eri koneellista mittaamenetelmää. Menetelmällä A voidaan todentaa valmiin rakennuksen energiansäästöasetuksen EnEV tai vastaavan normin vaatimusten täyttyminen. Menetelmällä B testataan rakennuksen vaipan ilmapitävyys. Suurin käytännön ero menetelmien välillä on se, että kaikki venttiilit ja tulisijat suljetaan tiiviisti teippaamalla tai muulla luotettavalla tavalla menetelmää B käytettäessä. Menetelmässä A venttiilit ja tulisijojen luukut ainoastaan suljetaan. Menetelmää A käyttäessä talon ulkoverhoilun tulee olla valmis, kun taas menetelmää B voidaan käyttää rakenteillakin olevaan rakennukseen. Suomessa yleisesti käytetään ilmanvuotoluvun mittauksissa menetelmää B. (Vinha 2009a.)

Painekokeessa pyritään saamaan talon ulkovaipan yli haluttu paine-ero puhaltamalla sinne ilmaa (ylipaine) tai sieltä ilma pois (alipaine). Puhalletun ilman määrän avulla voidaan määrittää tilavuusvirta. Mittaukset toteutetaan lisäämällä paine-eroa vaipan yli portaittain vähintään 50 Pascalin paine-eroon asti. Jos painekokeessa ei saavuteta 50 Pascalin paine-eroa, mutta vähintään 30 Pascalin paine-ero ja mittaukset on tehty portaitaisesti tasaisin välein vähintään kolmella eri paine-erolla, voidaan n_{50} -luku määrittää alemmissa paine-eroissa saaduista mittaustuloksista logaritmisella asteikolla lineaarisesti ekstrapoloidulla. Tyynellä säällä myös 20 Pascalin paine-ero voidaan katsoa riittäväksi. (RT 80-10974 2009, 11.) Ilmanvuotoluku n_{50} , voidaan laskea kaavalla (1):

$$n_{50} = \frac{\dot{V}}{V} \text{ [1/h]} \quad (1)$$

jossa \dot{V} on ilman tilavuusvirta, joka tarvitaan 50 Pascalin paine-eron aiheuttamiseksi rakennuksen vaipan yli
 V on rakennuksen sisätilavuus [m^3].

Rakennuksen ilmavuotoluku voidaan määrittää myös vaipan pinta-alaa kohti q_{50} -lukuna ja saadaan kaavasta (2):

$$Q_{50} = n_{50} \cdot \frac{V}{A_E} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \right] \quad (2)$$

jossa A_E on rakennuksen vaipan pinta-ala sisämittojen mukaan laskettuna.

2.3 Ilmoitusmenettely

Ilmoitusmenettelyn avulla talotoimittaja saa samalle talotyypille tai rakenneratkaisulle pysyvän ilmanvuotoluvun, jota voidaan käyttää esimerkiksi suunnitteluarvona laskettaessa uudelle talolle energiatodistusta tai tehdessä kompensointilaskuja. Jos talotoimittaja ei tee rakennuksen suunnittelu- tai työmaatöitä kokonaisuudessaan, tulee hänen vastata kohteen riittävästä suunnittelu-, asennus ja laadunvarmistusohjeista ilmanpitävyyden osalta tätä ilmoitusmenettelyä käytettäessä (RT 80-10974 2009, 4). Ilmoitusmenettely koostuu kolmesta osasta, jotka ovat tutkimus, ilmoitus ja seuranta.

2.3.1 Tutkimus

Ilmanvuotoluvun tutkimukset tehdään vähintään kuudelle samalle talotyypille tai saman rakenneratkaisun sisältävälle kohteelle. Ulkopuolinen taho määrittelee, poikkeavatko eri toteutusratkaisut toisistaan ilmanpitävyyden kannalta niin paljon, että niistä tarvitaan tutkimukseen oma vähintään kuuden rakennuksen otos. Tutkimukset suorittaa ulkopuolinen taho ja tutkimusten tulee sisältää rakennusten ilmanvuotoluvun mittaukset sekä määrittelyt ainakin talotyypin kuvauksesta, käytettävistä liitoksista ja detaljeista, rakennustavoista, rakennusmateriaaleista sekä rakennusprosessista ja työmaavalvonnasta siltä osin, kuin ne liittyvät rakennuksen ilmanpitävyyden toteuttamiseen ja varmistamiseen. Mitattaviksi kohteiksi pyritään valitsemaan sellaisia rakennuksia, jotka pystyvät säilyttämään ilmanpitävyytensä pitkän ajan kuluessa sekä rakennuksia, jotka sijaitsevat eri paikoissa ja joilla on eri asentajat, mahdollisuuksien mukaan. Eri toteutusratkaisut voidaan yhdistää samaan talotyyppiin, jos ratkaisujen ilmoitetut ilmavuotoluvut ovat erikseen laskettuna alle mittausta

edellyttävän ilmapuotoluvun raja-arvon ja enintään 0,5 1/h suurempia kuin talotyypin yhdistetty ilmoitettu ilmapuotoluku. Tutkimukseen voidaan ottaa myös mukaan aiemmin mitattuja arvoja, jos ne on tehnyt ulkopuolinen taho asianmukaisesti dokumentoituna. Jos aiempia mittaustuloksia käytetään, niitä ei saa valikoida, vaan kaikki aikaisemmin tehdyt mittaukset on otettava huomioon. (Vinha 2009c; RT 80-10974 2009, 4–5.)

2.3.2 Ilmoitus

Vähintään kuudesta mittauskohteesta saatujen arvojen avulla pystytään laskemaan kaavaa (3) käyttäen kullekin talotyypille tai rakenneratkaisulle ilmoitettu ilmanvuotoluku $n_{50,ilm}$ [1/h]. Ilmoitetussa ilmanvuotoluvussa otetaan huomioon mittauskohteiden lukumäärä ja keskihajonta. Kaikki mitatut saman talotyypin tai rakenneratkaisun arvot otetaan mukaan laskentaan, jos vain arvot ovat riittävän luotettavia.

$$n_{50,ilm} = \overline{n_{50}} + k \cdot s_{n50} \quad (3)$$

jossa	$\overline{n_{50}}$	on	talotyypin tai toteutusratkaisun mitattujen rakennuksien ilmanvuotolukujen keskiarvo
	k	on	kerroin joka riippuu mitattujen rakennusten lukumäärästä
	s_{n50}	on	talotyypin tai toteutusratkaisun mitattujen rakennuksien ilmanvuotolukujen keskihajonta.

Keskihajonta s_{n50} saadaan laskemalla kaavasta (4):

$$s_{n50} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n_{50,i} - \overline{n_{50}})^2}{n-1}} \quad (4)$$

jossa	$n_{50,i}$	on	yksittäinen rakennuksen ilmanvuotoluvun mittaus-tulos
-------	------------	----	---

n on talotyypin tai toteutusratkaisun mitattujen rakennusten lukumäärä.

Kerroin k lasketaan kaavalla (5):

$$k = 0,674 + \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Kertoimen k perustana on normaalijakaumanmukaisessa otoksessa 25 prosentin fraktiili ja 84 prosentin luotettavuustaso. Tämä tarkoittaa sitä, että tarkasteltavan talotyypin kaikista rakennuksista 75 prosenttia täyttää ilmoitetun ilmapuotoluvun arvon 84 prosentin varmuudella. Näin ollen kaikki tiettyyn talotyyppiin kuuluvat rakennukset eivät täytä talotyypille määritettyä ilmoitetun ilmapuotoluvun arvoa. Erot ovat kuitenkin yleensä pieniä. (RT 80-10974 2009, 6.) Saatu ilmoitetun ilmapuotoluvun arvo $n_{50,ilm}$ annetaan yhden desimaalin tarkkuudella (0,1) ja pyöristetään normaalien pyöristyssääntöjen mukaan.

2.3.3 Seuranta

Talotyyppiä koskevan tutkimuksen valmistuttua alkaa seurantajakso, joka tehdään kolmen vuoden jaksoissa. Seurantaan otetaan seurantajakson aikana valmistuneita rakennuksia ja mittauksia tehdään vähintään kolmeen samankaltaiseen talotyyppiin tai rakenneratkaisuun edellä esiteltyjen tutkimussäädösten mukaan. Jos seurantajakson kolmen vuoden aikana ei ole tullut tarpeeksi samankaltaisia talotyyppisiä tai rakenneratkaisuja, pidennetään seurantajaksoa niin, että saadaan kustakin ratkaisusta otettua vähintään kolmen rakennuksen otos. Seurantavaiheen aikana mitattujen tulosten pohjalta lasketaan uusi ilmoitettu ilmapuotoluku $n_{50,ilm}$ käyttämällä edellä esitettyä kaavaa (3), poikkeuksena kerroin k :na käytetään samaa arvoa kuin tutkimusten yhteydessä käytettiin samalle talotyypille. Tällöin uusi saatu arvo on vertailukelpoinen edellisestä tutkimuksesta saadun arvon kanssa. Talotoimittaja voi ottaa käyttöön uudet ilmoitetun ilmapuotoluvun arvot seuraavalle seurantajaksole vasta sitten, kun ulkopuolinen taho on hyväksynyt niiden perustana olevien seurantamittausten toteutuksen sekä ilmoitettujen ilmapuotolukujen laskennallisen määrittämisen. Jos saatu arvo

poikkeaa aiemmin saadusta arvosta, voi talontoimittaja pyytää mittamaan vielä lisää kohteita saadakseen kattavamman kuvan talon ilmanpitävyydestä. Mikäli uusista mittauksista saatu ilmoitettu arvo $n_{50,ilm}$ poikkeaa yli ilmanvuotoluvun raja-arvon (4,0 l/h), käytetään kyseisellä talotyypille seuraavan kolmen vuoden seurantajakson ajan tätä raja-arvoa. (RT 80-10974 2009, 4–7.)

Talontoimittajan olisi myös hyvä seurata vanhojen rakennusten ilmanpitävyyttä, jotta saadaan tietoa ilmanpitävyyden pitkäaikaispysyvyydestä eri toteutusratkaisuissa. Joissakin tapauksissa ilmanpitävyys voi heikentyä ja joissakin tapauksissa nousta esimerkiksi reikien tiivistymisen myötä. Mittauksia kannattaisi suorittaa sellaisissa taloissa, jotka on mitattu ensimmäisen kerran uutena, ja seurantamittaus suoritetaan aikaisintaan viiden vuoden kulluttua ensimmäisestä mittauksesta. Mittaus olisi hyvä suorittaa samalla laitteistolla kuin ensimmäisellä mittauksella, jotta vältetään laitteiston välisiltä mittauseroilta. Uusien mittausten yhteydessä on järkevää käyttää lämpökuvasta, minkä avulla löydetään lämpövuodot ja voidaan näiden tietojen perusteella tarvittaessa miettiä korjausvaihtoehtoja. (RT 80-10974 2009, 7.)

3 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUKSET

Ilmanvuotoluvun mittaukset suoritetaan edellä mainitulla painekokeella. Mittausmenetelmän valinta (menetelmä A tai B) vaikuttaa tiivistystoimenpiteisiin. Painekokeen yhteydessä suositellaan tekemään lämpökuvaukset, jolla saadaan nopeasti kerättyä tietoa vaipan ilmanpitävyydestä. Lisäksi voidaan käyttää merkkisavua. Tutkimuksessa käytetään Wöhler Blower Check BC 21 -paineoelaitteistoja ja Fluke TiR1 -lämpökameraa. Paineoelaitteistoissa on paikoittain suuria eroja tarkkuuksien osalta varsinkin, kun mitattava kohde on todella ilmanpitävä, alle 1,5 l/h, ja mittausarvojen väli on tällöin pieni. Mittauslaitteiston merkki ja soveltuvuus pienten ilmavirtojen ja vuotolukujen mittaukseen sekä tarkkuus eri ilmavirroilla tuleekin määrittellä ilmanpitävyysraportissa. Mittaussäällä on myös suuri merkitys tuloksen kannalta. (RT 80-10974 2009, 10–13.)

Standardissa SFS-EN 13829 määritellään mittauksen kulku ja tarvittavat kriteerit, jotta mittaustulokset olisivat tarpeeksi luotettavia. Luotettavan mittaustuloksen tulee täyttää seuraavat ehdot. (Wöhler 2008, 44 - 46.):

- Sisä- ja ulkolämpötilan erotus kertaa rakennuksen korkeus ei saa ylittää 500mK:ta (metriäKelviniä).
- Sisä- ja ulkopaineen erotus ei saa olla yli viittä Pascalia (5 Pa).
- Tuulen nopeus ei saa ylittää kuutta metriä sekunnissa (6 m/s).

3.1 Wöhler Blower Check BC 21 -paineoelaitteisto

Wöhler Blower Check BC 21 on täysautomaattisesti toimiva laitteisto, joka puhalttaa ja poistaa ilmaa huoneistosta saavuttaakseen määritetyn painetilän. Aluksi laitteeseen pitää syöttää tarvittavat arvot, jonka jälkeen se vie automaattisesti läpi standardissa EN 13829 vaaditun mittausprosessin. Kone koostuu puhallinosasta, joka voidaan asentaa ovi- tai ikkuna-aukkoon sekä mittauskoneesta (kuvio 2). Mittauskoneessa on LC-kosketusnäyttö, jonka kautta syötetään tarvittavat arvot ennen mittausta. Puhallinosassa on kiinni erikoiskangas, jolla suljetaan tiiviisti puhaltimen ympärille jäävä aukko. Mittauksen jälkeen kone

tulostaa kuitenkin, jossa käy ilmi mittauksesta saadut arvot. Standardin mukainen mittauksen tarkkuus on 0,1 l/h yksikköä. Taulukossa 2 on esitetty laitteen mitta-alueet ja tarkkuudet. Virtaus ja paine-eromittari tulisi kalibroida noin kahden vuoden välein luotettavien tulosten saamiseksi. (Wöhler 2008, 4.) Kohdassa 3.3 (mittauksen kulku) perehdytään tarkemmin laitteiston käyttämiseen.

TAULUKKO 2. Whöler Blower Check BC-21 painekoelaitteiston mitta-arvot.

(Wöhler 2008, 5.)

Nimitys	Mitta-alue	Resoluutio	Tarkkuus
Paine-ero (lämpötilakompensoitu Piezo-silta)	-100...+100 Pa	1 Pa	0...60 Pa: +/- 2 Pa
Ilman tilavuusvirta (kierrosnopeudesta ja paine-erosta)	max. n 3000 m ³ /h	1 m ³ /h	+/- 7% mitatusta arvosta
Ilman lämpötila (Si-PTC)	-20,0 °C...50,0 °C	0,1 °C	+/- 1 K
Absoluuttinen paine (lämpötilakompensoitu Piezo-silta)	910...1100 hPa	1 hPa	+/- 2 hPa



KUVIO 2. Whöler Blower Check BC 21:n mittaus- ja puhallinyksikkö.

3.2 Fluke TiR 1 -lämpökamera

Lämpökamera on lämpösäteilyä vastaanottava laite ja sitä käytetään kiinteiden aineiden pintalämpötilan havainnointiin. Lämpösäteily on infrapunasäteilyä, jota lähettää jokainen kappale, jonka lämpötila on yli absoluuttisen nolllapisteen. Lämpökameran kuvien tulkinta ei ole ihan yksiselitteistä, koska kaikki pinnat heijastavat eri tavoin lämpösäteilyä emissiivisyydestään johtuen. Fluke TiR 1 -lämpökamera (kuvio 3) on suunniteltu käytettäväksi rakennusten eristysten tarkastukseen, restaurointiin ja korjaukseen sekä tarkastus- ja kattoihin. Kamera tallentaa digitaalisen valokuvan ja lämpökuvan samanaikaisesti sekä yhdistää kuvat toisiinsa, mikä helpottaa lämpökuvan analysointia. Lämpökuvia voidaan tarkastella erillisellä ohjelmalla, jolloin nähdään yksittäisten pisteiden lämpötilaeroja sekä voidaan vaihtaa väriskaalauksen asetuksia. Taulukossa 3 on laitteen teknisiä tietoja.



KUVIO 3. Fluke TiR 1 -lämpökamera.
(Fluke 2007.)

Ilmanvuotoluvun mittauksien aikana lämpökameralla pyritään paikantamaan vuotokohdat ja niiden suuruudet. Kuvaukset suoritetaan alipaineessa, jolloin vuotokohdista tulee kylmää korvausilmaa sisälle ja tällöin lämpötilaerot korostuvat. On kuitenkin huomioitava, että vuotokohta voi käyttäytyä eri tavalla yli- ja alipainetilanteessa. Lämpötilaindeksin avulla päätetään, mitkä kohdat tarvitsisivat lisätarkastelua. (Vinha 2009a.) Rakennustietokortissa 14-10850, Rakennuksen lämpökuvaukset, ohjeistetaan lämpökameran käytöstä ja asioista, jotka tulisi ottaa huomioon lämpökuvauksessa.

TAULUKKO 3. Fluke TiR1 -lämpökameran teknisiä tietoja.
(Fluke 2007.)

Lämpötilan mittausalue	-20...+100 °C
Tarkkuus	± 2 °C tai 2% suurempi
Näkökenttä	23° x 17°
Spatiaalinen erottelukyky	2,5 mrad
Ilmaisintyyppi	160 x 120 ilmaisimatriisi, jäähdyttämätön mikrobolometri
Infrapunalinssin tyyppi	20 mm F = 0,8 linssi
Lämpöherkkyys (NETD)	≤0,07 °C, 30 °C:ssa (70 mK)
Infrapun spektrivaste	7,5...14 μm

3.3 Mittauksen kulku

Tässä tutkimuksessa kaikki mittaukset suoritetaan menetelmän B mukaan. Mittauksen esivalmistelut ovat hyvin samanlaisia riippumatta talotyypistä. Aluksi valitaan hyvä asennuspaikka mittauslaitteelle, mielusti mahdollisimman tuulelta suojainen talonpääty. Tuuli vaikeuttaa halutun painetilan pitämistä rakennuksessa, jolloin mittaus kestää pidempään ja mittaustulos voi olla vääristynyt. Mikäli talossa on ilmastointilaitte, olisi se hyvä olla sammutettuna yön yli tai heti kun mittauksia ruvetaan suorittamaan, jotta saadaan ilmanpaine tasaantumaan kunnolla. Tällöin pystytään paremmin paikantamaan lämpökameralla mahdollisia vuotokohtia. Seuraavaksi ilmastoventtiilit, liesituuletin ja tulisija teipataan kiinni. Mahdolliset kokonaiset aukot tiivistetään väliaikaisesti ja merkitään pöytäkirjaan. Lattia-kaivoihin laitetaan vettä, tarkistetaan ikkunaluukut ja avataan kaikki talon väliovet.

Tämän jälkeen alkaa mittauslaitteiston asentaminen haluttuun ovi- tai ikkuna-aukkoon. Laitteiston mukana tulee asennusta varten kiinnityssarja, mutta se ei sovellu kaikkiin kohteisiin. Putkimiehenteippi on helpoin vaihtoehto kiinnittää kangas ovi- tai ikkuna-aukkoon. Kuviossa 4 on esitelty oviaukkoon asennettu laite sekä takan, ilmastointiventtiilin ja liesituulettimen teippaus. Ulkopuolelle asennetaan koneen lämpötila-anturi niin, että se ei ole suoraan puhaltimen edessä ja vältetään, että anturi ei kosketa lämpimiä pintoja. Sisätilan lämpötila-anturi asennetaan samoin periaattein niin, että se ei ole puhaltimen tiellä eikä anturi ole kosketuksessa lämpimään pintaan, esimerkiksi lattialämmitykseen tai lämpöpatteriin. Lopuksi mittariyksikköön kytketään kiinni kaikki johdot ja ruvetaan syöttämään tarvittavia arvoja. Mittari kysyy seuraavia tietoja:

- rakennuksen nettotilavuus (m^3)
- rakennuksen nettopinta-ala (m^2)
- rakennuksen verhoilupinta-ala (m^2)
- mittausmenetelmä A/B
- rakennuspaikka
- rakennusvuosi
- rakennuskorkeus
- puhaltimen asennuskorkeus maasta
- koneellinen ilmastointi
- tuulivoimakkuus Boforia
- tuulenvirtaus
- asiakasnumero.

Tietojen täyttämisen jälkeen voidaan aloittaa varsinainen mittaustesti painamalla START-painiketta. Perusasetuksilla mittauksen kulku on seuraavanlainen:

1. järjestelmätesti, jolloin tarkistetaan puhallin, paineanturit, lämpötila-anturit ja kierros-luku
2. absoluuttisen ilmanpaineen mittaus
3. ilman lämpötilan (sisä/ulko) mittaus
4. luonnollisen paine-eron mittaus (P01)
5. kone menee läpi valitut koepainepisteet ja arvojen vakiinnuttua määrittää ja näyttää vuotomäärän kyseisellä paine-erolla (normaaliasetuksilla $\pm 20,30,40,50,60$ Pa)
6. luonnollisen paine-eron mittaus (P02)
7. kone laskee syötettyjen ja saatujen arvojen perusteella rakennukselle ilmanvuotoluvun (n_{50} – luku).

Tuloksen valmistuttua voidaan asiakkaalle tulostaa suoraan kuitti, jossa lukee tärkeimmät arvot ja laskettu mittaustulos. Lisäksi on mahdollista käyttää valmista Excel-pohjaa, jonka avulla saadaan laskettua tarkempi tulos mittaustuloksia käyttämällä. Lämpökuvaukset voi-

daan suorittaa mittauksen aikana, mikäli joku valvoo koneen toimintaa, tai mittauksen jälkeen laittamalla kone manuaalisesti tekemään rakennukseen alipainetilan.



KUVIO 4. Oveen asennettu puhallinyksikkö ja tiivistettyjä aukkoja.

4 RAKENNERATKAISUT JA KOEKOHTEET

Tutkimukseen valitut talot ovat kaikki yksikerroksisia puurunkoisia omakotitaloja. Poikkeuksena uudemmat vuoden 2009 loppupuolella valmistuneet talot, joissa on yläkerrassa mahdollinen varaus kattoullakolle. Taloja pyrittiin valitsemaan siten, että tutkimuksessa on mukana hiukan vanhempiakin taloja, jotta nähdään onko rakentamisen laatu muuttunut vuosien saatossa. Talot ovat peruspakettiratkaisuja ja ulkoseinäelementti sekä kattoristikon asennukset on teetetty Hietakulman kautta. Lähes kaikkiin Hietakulma Oy:ltä ostettuihin taloihin ostetaan mukaan asennustyöt. Asennustöihin kuuluu muun muassa tärkeä alakaton muovitus, joka on olennainen osa rakennuksen vaipan ilmanpitävyyden kannalta. Seinäelementtien rakenne on melko sama talon ikään katsomatta. Uudemmissa taloissa joudutaan käyttämään niin sanottua tuplarunkoa, jotta saadaan uusien rakennusmääräyksien mukainen U-arvo seinälle. Seinäelementtien yleisrakenne on ulkopäin katsottuna seuraavanlainen:

- tiili / ulkoverhouspaneeli
- tuuletusväli (ristiinkoolaus)
- tuulensuojalevy KXT-9
- runko 42 x 198 + Paroc eXtra kivivilla
- höyrynsulkumuovi
- (pystyrunko 48 x 48 + Paroc eXtra kivivilla)
- sisäverhouskipsilevy KN13.

Kaikkiin tehtaalta tuleviin seinäelementteihin on asennettuna höyrynsulkumuovi, poikkeuksena saunan kohta, johon asennetaan työmaalla alumiinipaperi. Sisäverhous on erikoiskova kipsilevyruuviinnityksellä, jolloin levyn voi irrottaa sitä rikkomatta, mikäli työmaalla tarvitsee tehdä muutoksia esim. sähköasennuksiin. Sisäpuolen levytykset pyritään tekemään mahdollisimman valmiiksi tehtaalla. Ainoastaan kuljetuksen takia sisäpuolen levytyksiä täytyy jättää asentamatta. Puu-ulkoverhous asennetaan tehtaalla mahdollisimman valmiiksi. Lisäksi logistiikka vaikuttaa siihen, miten valmiiksi seinärakenteet voidaan tehdä ennen siirtoa.

Elementtien väliset liitokset tehdään toisiinsa sisäpuolelta yleisruuvilla. Liitoskohtaan laitetaan uretaanivaahtoa, höyrynsulkumuovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan paikalleen. Höyrynsulkumuovien tarkka asennus on olennainen osa talon hyvään ilmanpitävyyteen. Hietakulman seinäelementeissä on valmis koiras-naaras nurkkarakenne, joten tiiviiseen rakenteeseen ei tarvita asennuksen jälkeistä lisätyötä. Uusissa taloissa käytössä olevan tuplarunkoisen seinän etuna on, että seinässä sähköputket ja -asiat asennetaan omaan tilaansa, jolloin ne eivät vahingossakaan aiheuta reikiä rakennuksen höyrynsulkuun.

Hietakulma Oy on sitoutunut noudattamaan Inspecta Oy:n rakennustuotteiden tarkastustoimintaa koskevia ohjeita sekä voimassa olevia viranomaismääräyksiä ja viranomaisohjeita. Inspecta valvoo säännöllisesti tuotannon toiminnallisten ja tuotekohtaisten vaatimusten noudattamista.

4.1 Talo 1 (Jarkko Marjamäki)

Ensimmäinen talo on vuonna 2006 valmistunut puurunkoinen yksikerroksinen omakotitalo koneellisella ilmanvaihdolla (LTO 30 %) (kuvio 5).

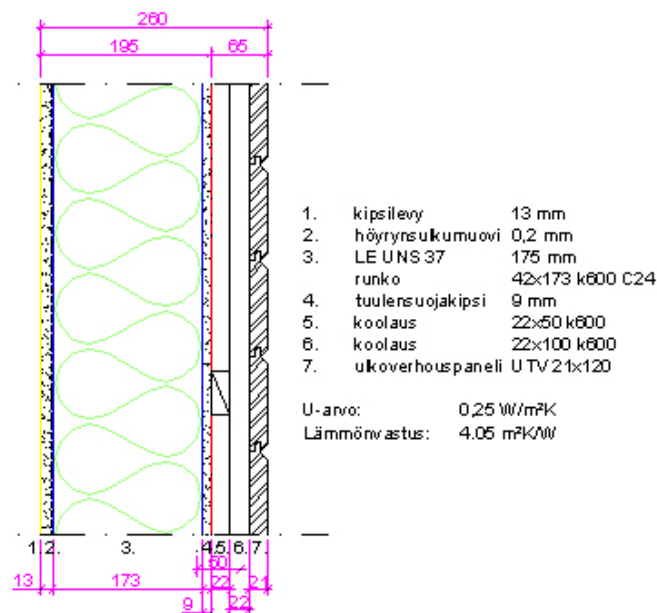


KUVIO 5. Kuva talosta 1.

Lämmityksenä toimii sähkölämmitys sekä varaava takka. Talon nettopinta-ala on 111 neliometriä (m^2) ja nettotilavuus on 420 kuutiometriä (m^3). Talo on tilattu runkovalmiiksi asennettuna ja talon omistajan kautta on tehty tarvittavat muut työt. Ulkoseinissä on käytetty lautaverhousta ja eristepaksuus seinässä on 175 millimetriä.

4.1.1 Rakenne

Talo on rakennettu tehtaalla valmiiksi tehdyistä ulkoseinäelementeistä. Talon pohjaratkaisua on hieman erilainen verrattuna valikoimassa jo valmiina oleviin peruspakettiratkaisuihin. Seinäelementit ovat 43 x 173 millimetrin rungolla, joten eristepaksuus seinässä on 175 millimetriä. Talon ulkoverhouksena toimii kauttaaltaan lautaverhous. Ulkoverhoukset on tehty valmiiksi paikan päällä. Kuviossa 6 on kuva ulkoseinärakenteesta. Liitteessä 2: Seinädetaljit 42 x 173 millimetriä, on tarkemmat selosteet talon nurkka- ja liitosdetaljeista. Kattorakenteena talossa on tiilikate ja yläpohjassa on käytetty eristettä 300 millimetriä, millä kompensoidaan talon seiniä. Alapohja on maanvarainen teräsbetoni-laatta 100 millimetrin lämmöneristeellä ja reunoilla on käytetty 150 millimetriä eristettä. Taulukossa 4 on tarkempia tietoja ala- ja yläpohjan rakenteesta.



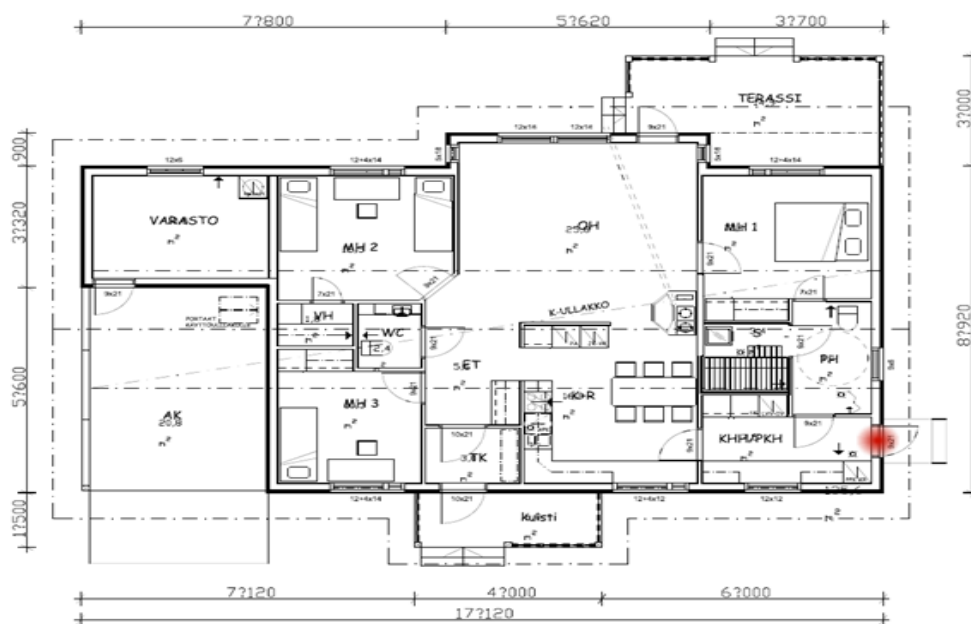
KUVIO 6. Talon 1 ulkoseinärakenne.

TAULUKKO 4. Talon 1 ala- ja yläpohjarakenteet.

AP	YP
pintamateriaali	Tiilikate
100 mm teräsbetonilaatta	alusgate
150/100 mm lämmöneriste	22 x 50 mm ripa
>600 mm soratäyttö	48 x 48 ruode
	kattoristikot k900
	300 mm lämmöneriste
	0,2 mm höyrynsulku
	22 mm harvalaudoitus 22 x 100
	k600
	18 mm paneeli 18 x 120

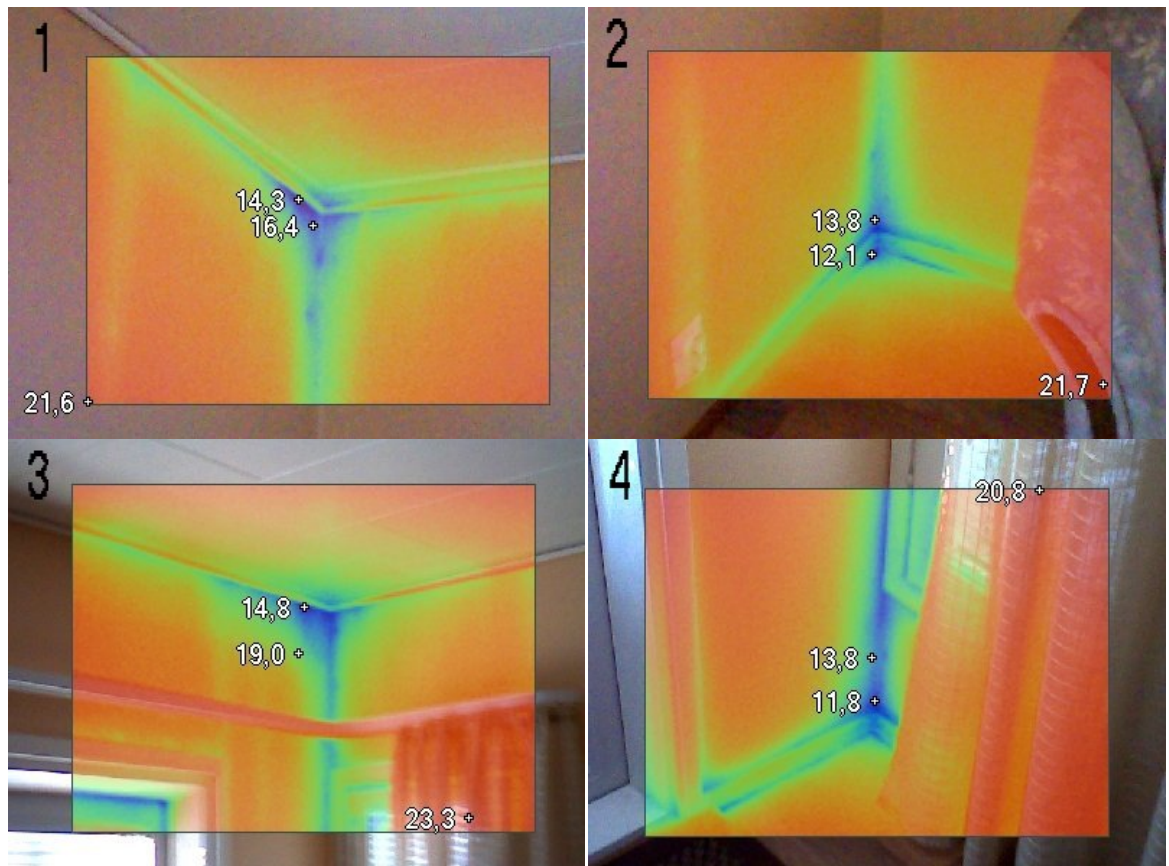
4.1.2 Mittaukset ja lämpökuvaus

Mittauslaitteisto asennettiin kodinhoituhuoneen oveen, jolloin väliovella saatiin estettyä lämmön karkaaminen. Kuviossa 7 on talon pohjakuva ja punainen piste tarkoittaa koneen asennuskohtaa. Ulkona oli mittaushetkellä tyyni sää ja pakkasta oli noin 12 astetta. Alkutoimenpiteinä ilmastointiventtiilit teipattiin kiinni ja takan luukut ja liesituuletin muovitettiin ja teipattiin kiinni. Viemäreihin laitettiin vettä ja väliovet avattiin. Ilmastointikone oli sammutettu edellisenä iltana. Mittaukset sujuivat ongelmitta ja kolmen mittauksen jälkeen talon n_{50} -luvuksi saatiin 1,38 1/h. Liitteestä 1: Mittauspöytäkirjat, löytyvät tarkemmat mittausarvot tutkimuskohteesta. Mittauksen aikana suoritettiin lämpökuvaus.



KUVIO 7. Talon 1 pohjakuva.

Makuuhuone 3:n ylä- ja alanurkasta paljastui pientä lämpövuotoa (kuviosta 8, kuva 1 ja 2). Talon omistajat osasivatkin kertoa, että huoneessa tuntuu pientä vedon tunnetta. Lisäksi olohuoneen ylä- ja alanurkasta paljastui lämpövuotoa (kuviosta 8, kuva 3 ja 4). Jatkotoimenpiteinä vuotokohdat pitäisi tarkistaa ilman alipaineistusta sisältä ja ulkoa, jotta saadaan tarkempi kuva vuodon suuruudesta.



KUVIO 8. Lämpökuvia talosta 1.

4.2 Talo 2 (Joni Toivola)

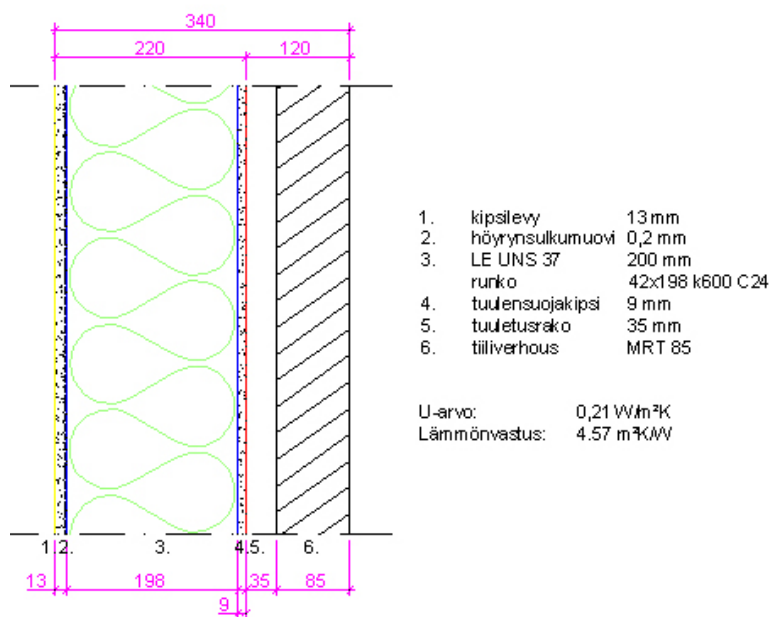
Toinen mittauskohde on vuonna 2009 valmistunut puurunkoinen yksikerroksinen omakotitalo koneellisella ilmanvaihdolla (LTO) (kuvio 9). Lämmityksenä toimii sähkölämmitys sekä varaava takka. Talon nettopinta-ala on 112 neliometriä (m^2) ja nettotilavuus on 430 kuutiometriä (m^3). Seinissä on käytetty eristettä 200 millimetriä. Talo on tilattu runkovalmiiksi asennettuna ja talon omistajan kautta on tehty tarvittavat muut työt. Seinäverhous on suurimmaksi osaksi tiiltä ja pieniä kohtia lautaverhousta.



KUVIO 9. Kuva talosta 2.

4.2.1 Rakenne

Talo on rakennettu tehtaalla valmiiksi tehdyistä ulkoseinäelementeistä. Talon pohjaratkaisua on hieman erilainen verrattuna valikoimassa jo valmiina oleviin peruspakettiratkaisuihin. Seinäelementti ovat 42 x 198 millimetrin rungolla, joten eristepaksuus seinässä on 200 millimetriä. Kuviossa 10 on kuva ulkoseinärakenteesta.



KUVIO 10. Talon 2 ulkoseinärakenne.

Talon ulkoverhous on tehty tiilestä ja muutamia kohtia lautaverhouksesta. Ulkoverhoukset on tehty valmiiksi paikanpäällä. Liitteessä 3: Seinädetaljit 42 x 198 millimetriä, on tarkemmat selosteet talon nurkka- ja liitosdetaljeista. Kattorakenteena talossa on tiilikate ja yläpohjassa on käytetty eristettä 400 millimetriä, millä kompensoidaan talon seiniä. Alapohja on maanvarainen teräsbetoni-laatta 100 millimetrin lämmöneristeellä ja reunoilla on käytetty 150 millimetriä eristettä. Taulukossa 5 on tarkempia tietoja ala- ja yläpohjan rakenteesta.

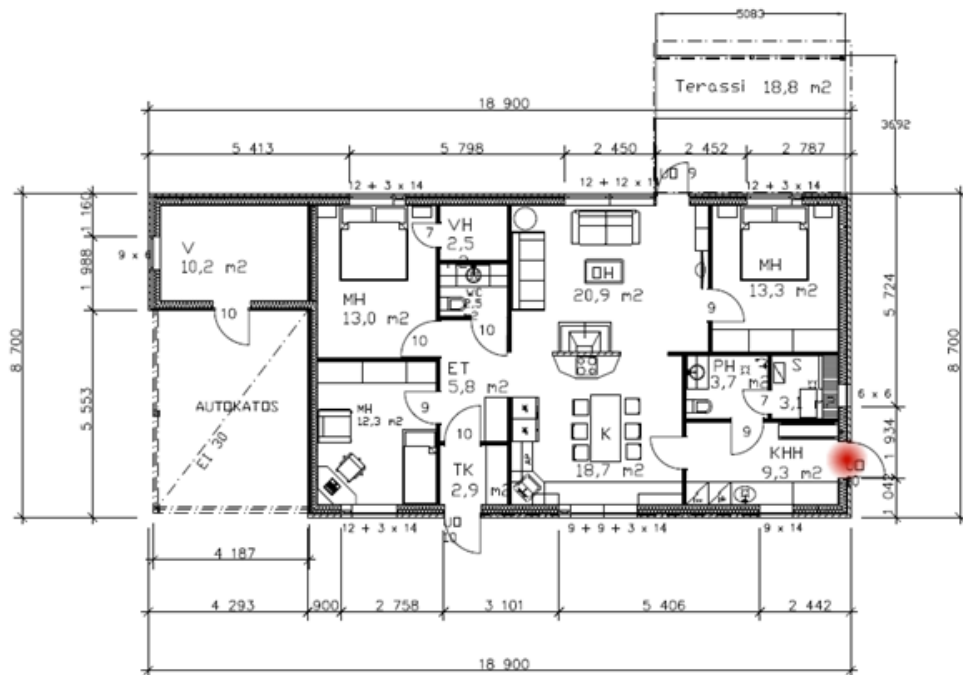
TAULUKKO 5. Talon 2 ala- ja yläpohjarakenteet.

AP	YP
pintamateriaali	Tiilikate
100 mm teräsbetoni-laatta	alusKate
150/100 mm lämmöneriste	22 x 50 mm ripa
>600 mm soratäyttö	48 x 48 ruode
	kantava NR- rakenne
	400 mm lämmöneriste 100+300 mm
	0,2 mm höyrynsulku
	22 mm haravalaudoitus 22 x 100 k600
	18 mm paneeli 18 x 120

4.2.2 Mittaukset ja lämpökuvaus

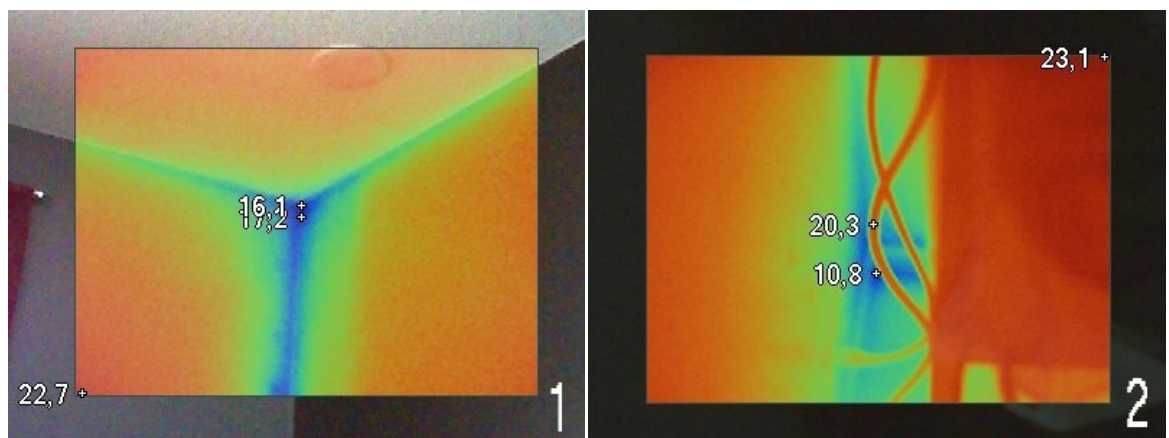
Mittauslaitteisto asennettiin kodinhoitohuoneen oveen, jolloin väliovella saatiin estettyä lämmön karkaaminen. Kuviossa 11 on talon pohjakuva ja punainen piste tarkoittaa koneen asennuskohtaa.

Ulkona oli mittaushetkellä navakkaa tuulta noin 4 metriä sekunnissa (m/s) ja pakkasta oli noin 15 astetta. Alkutoimenpiteinä ilmastointiventtiilit teipattiin kiinni ja takan luukut ja liesituuletin muovitettiin ja teipattiin kiinni. Viemäreihin laitettiin vettä ja väliovet avattiin. Ilmastointikone sammutettiin ennen eristämistoimenpiteitä. Mittaukset sujuivat ongelmitta ja kolmen mittauksen jälkeen talon n_{50} -luvuksi saatiin 1,85 l/h. Liitteestä 1: Mittauspöytäkirjat, löytyvät tarkemmat mittausarvot tutkimuskohteesta. Mittauksen aikana suoritettiin lämpökuvaus.

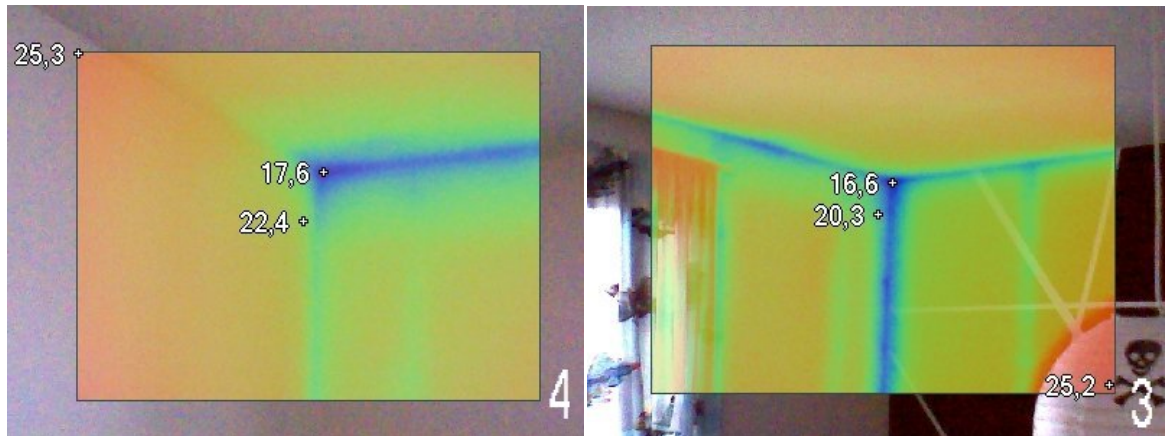


KUVIO 11. Talon 2 pohjakuva.

Lämpökuvauksella paljastui olohuoneesta pieni lämpövuoto vasemmanpuolisen nurkan ylä- ja alanurkasta (kuvioista 12, kuva 1 ja 2). Lisäksi molemmista terassinpuolen makuuhuoneista löytyi pieniä vuotokohtia ylänurkista (kuvioista 13, kuva 3 ja 4). Jatkotoimenpiteinä vuotokohtat pitäisi tarkistaa ilman alipaineistusta sisältä ja ulkoa, jotta saadaan tarkempi kuva vuodon suuruudesta.



KUVIO 12. Lämpökuvia talosta 2, kuvat 1 ja 2.



KUVIO 13. Lämpökuvia talosta 2, kuvat 3 ja 4.

4.3 Talo 3 (Jussi Pihlaja)

Kolmas mittauskohde on vasta valmisteilla oleva puurunkoinen yksikerroksinen omakotitalo (kuvio 14). Taloon on lisäksi tarkoitus tehdä käyttöullakko. Talo on tilattu runkovalmiiksi asennettuna ja talon omistaja huolehtii itse tarvittavista muista töistä. Seinäverhouksena on lautaverhous. Ulkoapäin talo on melkein valmis, mutta sisäpuolen työt ovat vielä kesken.

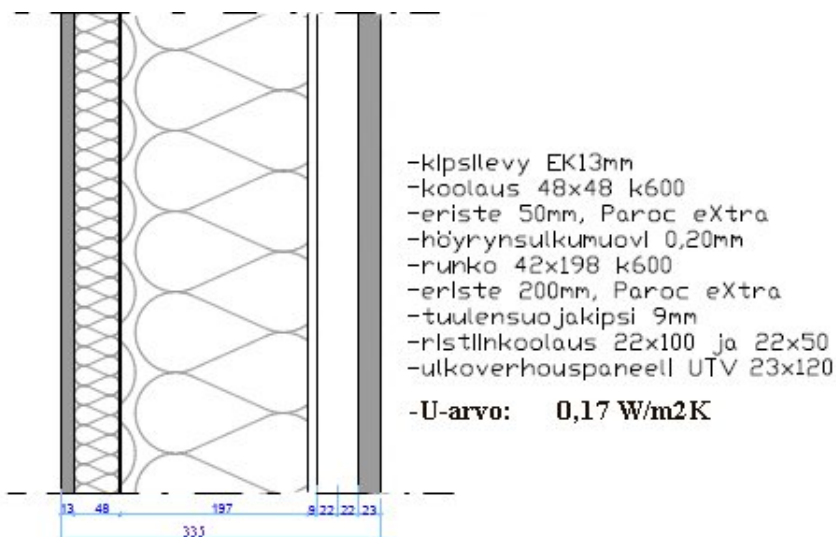


KUVIO 14. Kuva talosta 3.

Talon seinissä käytetään 250 millimetrin paksuista eristystä uusien rakennusmääräysten mukaan. Takka ei ollut vielä asennettuna ja ilmanvaihtokone ei ollut toiminnassa. Lämmityksestä vastaa varaavan takan lisäksi sähkölämmitys. Nettopinta-alaa talossa on 98,5 neliometriä (m²) ja tilavuus on 466 kuutiometriä (m³). Näihin aloihin ei ole laskettu yläkerää mukaan, koska käyttöullakolle menevää aukkoa ei ollut vielä puhkaistu. Yhtenäisen ja tiiviin ilmansulkumuovin välipohjassa tulisi estää ilman karkaaminen käyttöullakolle kokeen aikana.

4.3.1 Rakenne

Talo on rakennettu tehtaalla valmiiksi tehdyistä ulkoseinäelementeistä. Talon pohjaratkaisu on hieman erilainen verrattuna valikoimassa jo valmiina oleviin peruspakettiratkaisuihin. Seinäelementit ovat tuplarunkoisia. Tuplarunko on toteutettu 42 x 198 millimetrin rungolla ja tämän päälle vielä toinen 48 x 48 millimetrin paksuinen runko. Tällöin eristepaksuudeksi saadaan 250 millimetriä. Kuviossa 15 on kuva ulkoseinä rakenteesta. Talon ulkoverhouksena on lautaverhous. Ulkoverhoukset on tehty valmiiksi paikanpäällä. Liitteessä 4: tuplarunko, on tarkempia kuvia talon nurkka- ja liitosdetaljeista. Kattorakenteena talossa on tiilikate ja yläpohjassa on käytetty eristettä 450 millimetriä. Alapohja on 80 millimetrin paksuinen maanvarainen teräsbetonilaatta ja eristysenä on 210 millimetriä Styroxia. Taulukossa 6 on tarkempia tietoja alapohjan ja yläpohjan rakenteesta.



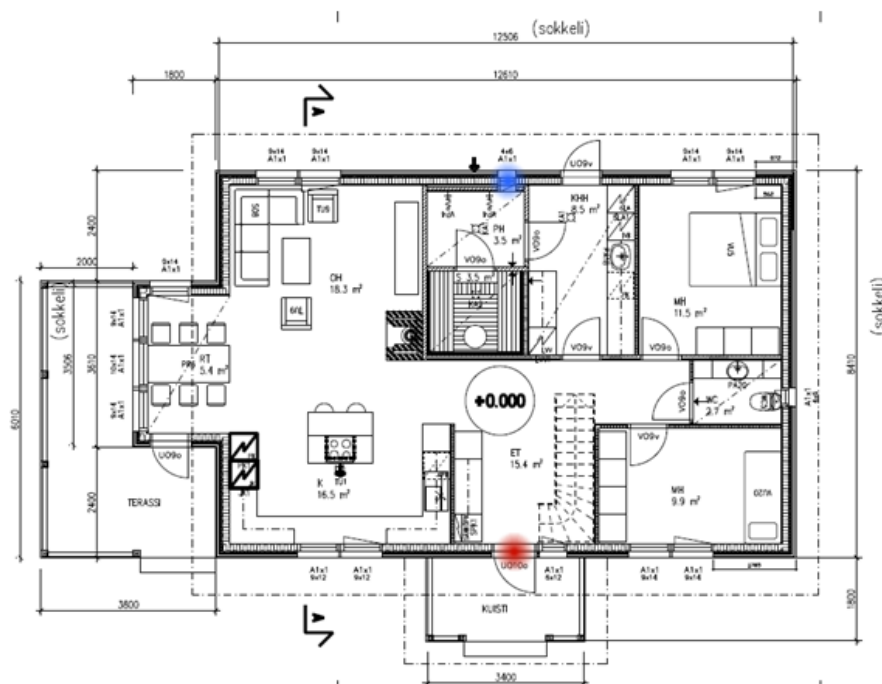
KUVIO 15. Talon 3 ulkoseinä rakenne.

TAULUKKO 6. Talon 3 ala- ja yläpohjarakenteet.

AP	YP
pintamateriaali	tiilikate
teräsbetoni-laatta 80 mm	ruoteet 50 x 50 mm
Styrox-eristys 210 mm	tuuletusrima 22 mm
tiivistetty sora min. 200 mm (kapillaarikatko)	alusKate
	kattoristikot k900
	puhallusvilla 300 mm
	mineraalivilla 150 mm
	höyrynsulku 0,2 mm
	poikittaiskoolaus 22 mm k400
	sisäverhous 15 mm
U-arvo 0,15 W/m²K	U-arvo 0,09 W/m²K

4.3.2 Mittaukset ja lämpökuvaus

Mittauslaitteisto asennettiin ulko-oveen, koska muita ovia ei ollut mahdollista avata. Kuviossa 16 on talon pohjakuva ja punainen piste tarkoittaa koneen asennuskohtaa.



KUVIO 16. Talon 3 pohjakuva.

Ulkona oli mittaushetkellä navakkaa tuulta noin 4-5 metriä sekunnissa (m/s) ja pakkasta oli noin 15 astetta. Alkutoimenpiteitä ei tarvinnut juuri tehdä, ilmastointiventtiilit ja viemärit oli valmiiksi suljettu muovikorkeilla ja väliovia ei ollut asennettu. Pesuhuoneessa olevaa

ikkuna-aukkoa lisätiivistettiin, kuviossa 16 sininen piste. Kova puuskittainen tuuli tuotti ongelmia mittauksen aikana, koska laitteiston oli vaikea ylläpitää tasaista painetta. Kolmen mittauksen jälkeen talon n_{50} -luvuksi saatiin 1,1 1/h. Liitteestä 1: Mittauspöytäkirjat, löytyvät tarkemmat mittausarvot tutkimuskohteesta. Mittauksen aikana suoritettiin lämpökuvauus.

Lämpökuvauksessa ei löytynyt juuri mitään vuotokohtia. Keittiössä sijaitseva väliaikainen ulko-ovi näytti hieman vuotavan (kuvio 17). Alipaineen aikana nähtiin hyvin, kuinka yläpohjan muovitukset pullistuivat alakatossa, joten ne olivat hyvin ja tiiviisti asennettu. Rakentamisen laatu oli kaikin puolin hyvä. Ulkopuolen lämpökuvaukset paremmalla säällä olisi suositeltavaa.



KUVIO 17. Lämpökuvaukset talosta 3.

4.4 Talo 4 (Lauri Setälä)

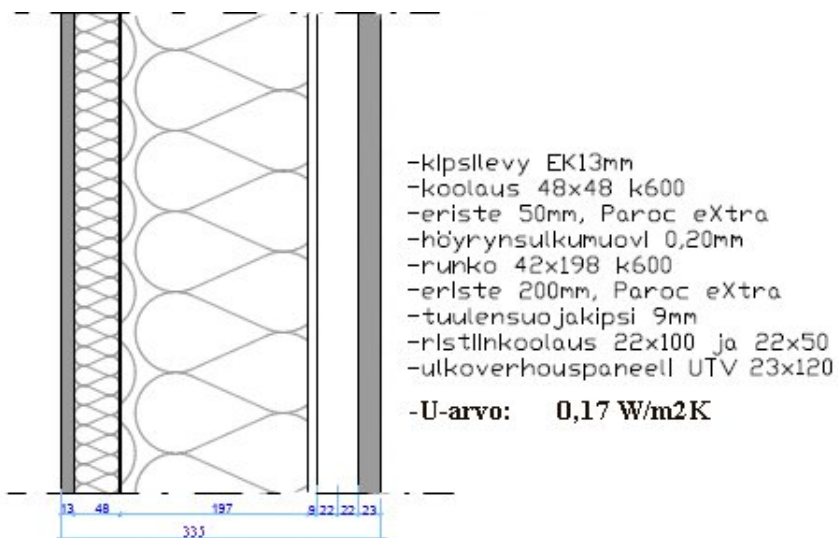
Neljäs mittauskohde on vuoden 2009 lopulla valmistunut puurunkoinen yksikerroksinen omakotitalo (kuvio 18). Taloon on lisäksi mahdollista tehdä käyttöullakko, mutta tällä hetkellä käyttöullakolle on vain menoaukko eteisen katossa. Ilmastoinnista huolehtii koneellinen ilmastointi lämmöntalteenotolla ja seinissä käytetään 250 millimetrin paksuista eristystä uusien rakennusmääräysten mukaan. Talossa on sähkölämmitys sekä varaava takka, josta huomattiin vasta kokeiden jälkeen, että takan yläkansi on hiukan halki. Nettopinta-ala talossa on 129 neliometriä (m^2) ja nettotilavuus on 466 kuutiometriä (m^3).



KUVIO 18. Kuva talosta 4.

4.4.1 Rakenne

Talo on rakennettu tehtaalla valmiiksi tehdyistä ulkoseinäelementeistä. Talon pohjaratkaisua on hieman muunneltu verrattuna jo valikoimassa olevaan peruspakettiratkaisuun. Seinäelementit ovat tuplarunkoisia. Tuplarunko on toteutettu 42 x 198 millimetrin rungolla ja tämän päälle vielä toinen 48 x 48 millimetrin paksuinen runko. Tällöin eristepaksuudeksi saadaan 250 millimetriä. Kuviossa 19 on kuva ulkoseinärakenteesta. Talon ulkoverhouksesta on lautaverhous.



KUVIO 19. Talon 4 ulkoseinärakenne.

Ulkoeristykset on tehty valmiiksi paikan päällä. Liitteessä 4: Tuplarunko, on tarkempia kuvia talon nurkka- ja liitosdetaljeista. Kattorakenteena talossa on tiilikate ja yläpohjassa on käytetty eristettä 450 millimetriä. Alapohja on 100 millimetrin paksuinen maanvarainen teräsbetoni-laatta ja lämmöneristyksenä on 100 millimetriä Styroxia. Taulukossa 7 on tarkempia tietoja alapohjasta ja yläpohjan rakenteesta.

TAULUKKO 7. Talon 4 ala- ja yläpohjarakenteet.

AP	YP
pintamateriaali 15 mm	tiilikate
teräsbetoni-laatta 100 mm	ruoteet 50 x 50 mm
lämmöneriste 100 mm	tuuletusrima 22 mm
-1m:n reunakaistalle 150mm	alusKate
tiivistetty sora min. 300 mm (kapillaarikatko)	kattoristikot k900
	puhallusvilla 300 mm
	mineraalivilla 150 mm
	höyrynsulku 0,2 mm
	poikittaiskoolaus 22 mm k400
	sisäverhous 15 mm
U-arvo 0,23 W/m²K	U-arvo 0,09 W/m²K

4.4.2 Mittaukset ja lämpökuvaus

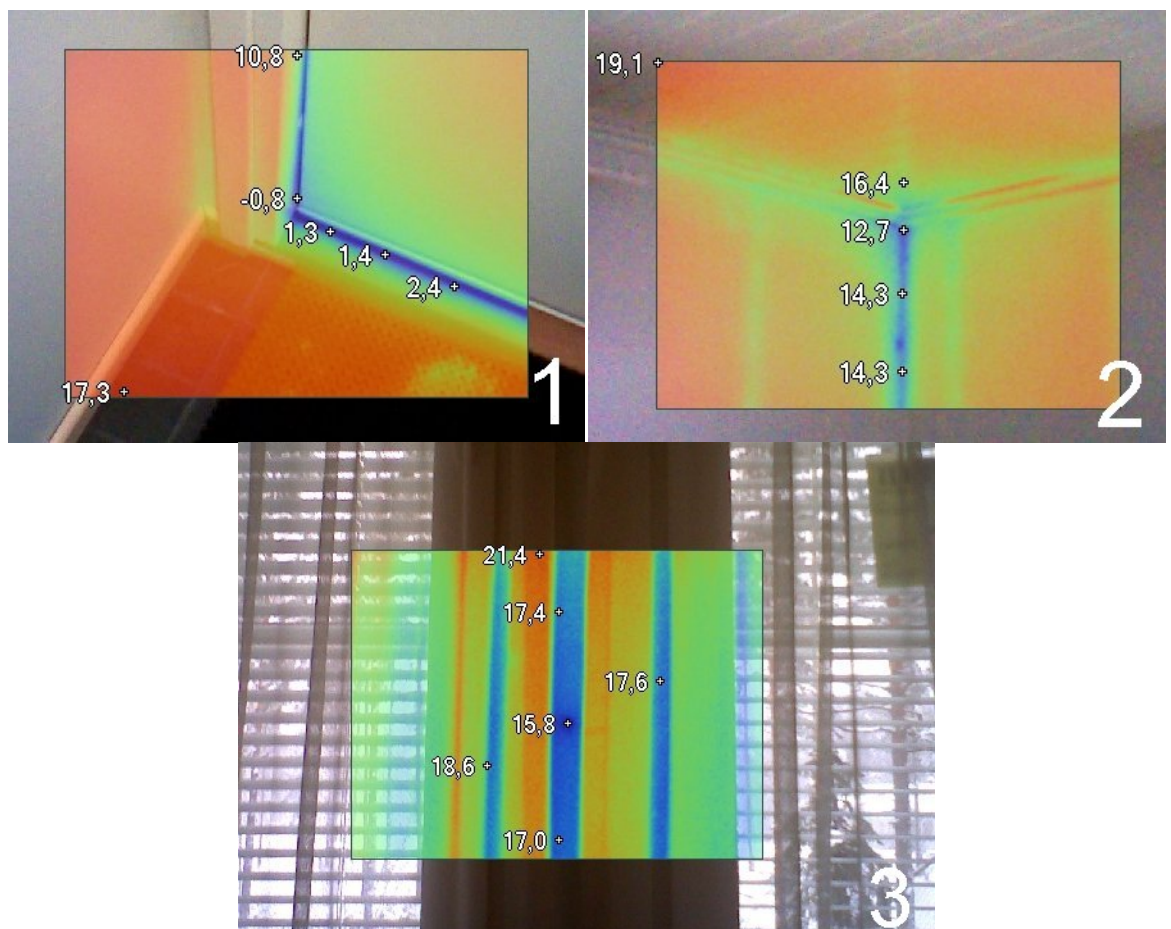
Mittauslaitteisto asennettiin kodinhoitohuoneen oveen, jolloin väliovella saatiin estettyä lämmön karkaaminen, lisäksi valittu pääty oli parhaiten tuulelta suojassa. Kuviossa 20 on talon pohjakuva ja punainen piste tarkoittaa koneen asennuskohtaa.



KUVIO 20. Talon 4 pohjakuva.

Ulkona oli mittaushetkellä navakkaa tuulta noin 4 metriä sekunnissa (m/s) ja pakkasta oli noin 17 astetta. Alkutoimenpiteinä ilmastointiventtiilit teipattiin kiinni ja takan luukut ja liesituuletin muovitettiin ja teipattiin kiinni. Viemäreihin laitettiin vettä ja väliovet avattiin. Ilmastointikone sammutettiin ennen eristämistoimenpiteitä. Lisäksi käyttöullakolle menevä aukko muovitettiin ja teipattiin kiinni. Mittaukset sujuivat ongelmitta ja kahden mittauksen jälkeen talon n_{50} -luvuksi saatiin 1,14 1/h. Liitteestä 1: Mittauspöytäkirjat, löytyvät tarkemmat mittausarvot tutkimuskohteesta. Mittauksen aikana suoritettiin lämpökuvauus.

Lämpökuvauksessa ei löydetty suurempia vuotoja. Eteisen ulko-ovessa tiivisteet olivat hiukan huonossa kunnossa (kuvio 21, kuva 1). Olohuoneen ikkunoiden välikkö osoittautui melko hyvin pitäväksi, vaikka välissä ei ole kuin runkopuu (kuvio 21,kuva 3). Makuuhuoneen nurkassa oli havaittavissa pientä vuotoa (kuvio 21, kuva 2). Jatkotoimenpiteinä vuotokohdat pitäisi tarkistaa ilman alipaineistusta sisältä ja ulkoa, jotta saadaan tarkempi kuva vuodon suuruudesta. Ulko-oven tiivisteet kannattaisi uusia.



KUVIO 21. Lämpökuvaukset talosta 4.

4.5 Talo 5 (Harri Mäkinen)

Viides mittauskohde on vuonna 2005 valmistunut puurunkoinen yksikerroksinen omakotitalo koneellisella ilmanvaihdolla (LTO) (kuvio 22). Talossa on vesikiertoinen lattialämmitys sekä varaava takka. Talon nettopinta-ala on 157 neliometriä (m²) ja nettotilavuus on 550 kuutiometriä (m³). Aloihin otettiin mukaan lämmin autotalli ja varasto, koska oletetaan, että väliseinän läpi pääsee ilmaa ja koska tiloilla on yhteinen ilmanvaihto. Seinissä on käytetty eristettä 200 millimetriä. Talossa on myös luukullinen takka.

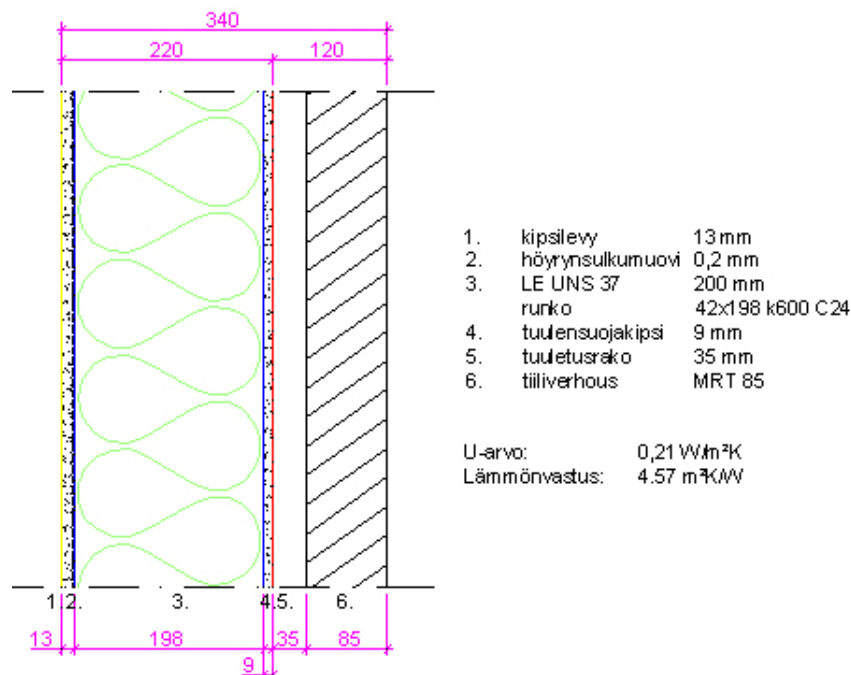


KUVIO 22. Kuva talosta 5.

4.5.1 Rakenne

Talo on rakennettu tehtaalla valmiiksi tehdyistä ulkoseinäelementeistä. Talon pohjaratkaisun on suunnitellut ulkopuolinen arkkitehti. Seinäelementti ovat 42 x 198 millimetrin rungolla, joten eristepaksuus seinässä on 200 millimetriä. Alkuperäisissä piirustuksissa oli 175 millimetriä eristystä seinissä, mutta omistajat päättivät parantaa paksuutta. Talon ulkoverhouksena toimii suurimmaksi osaksi tiili. Ulkoverhoukset on tehty valmiiksi paikan päällä.

Kuviossa 23 on kuva seinärakenteesta. Liitteessä 3: Seinädetaljit 42 x 198 millimetriä, on tarkemmat selosteet talon nurkka- ja liitosdetaljeista. Kattorakenteena talossa on tiilikate ja yläpohjassa on käytetty eristeenä mineraalivillaa 300 millimetriä. Alapohja on 120 millimetrin paksuinen maanvarainen teräsbetonilaatta. Eristettä alapohjassa on 100 millimetriä ja reunoilla on käytetty 200 millimetriä. Taulukossa 8 on tarkempia tietoja ala- ja yläpohjan rakenteesta.



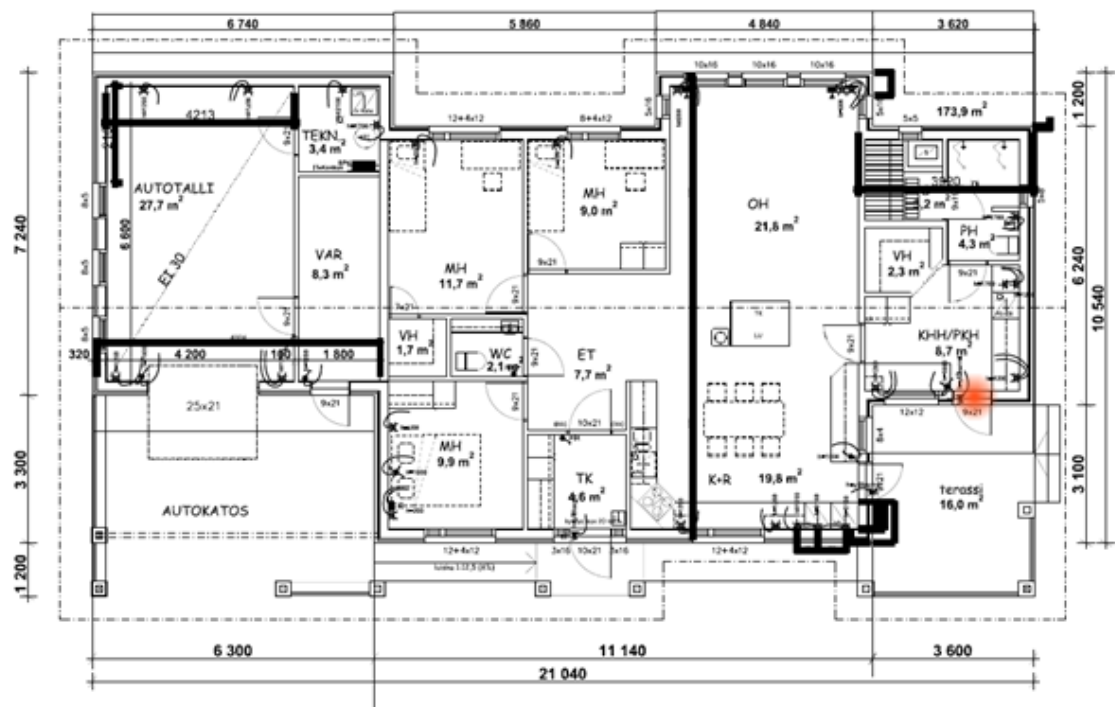
KUVIO 23. Talon 5 ulkoseinärakenne.

TAULUKKO 8. Talon 5 ala- ja yläpohjarakenteet.

AP	YP
pintamateriaali	tiilikate
teräsbetonilaatta 120 mm + lattialämmitys	ruoteet 50 x 50 mm
EPS lattia 100/200 mm	tuuletusrima 22 mm
tiivistetty sora min. 200 mm (kapillaarikatko)	aluskate
	kattoristikot k900
	tuuletettu ilmatila
	mineraalivilla 300 mm
	höyrynsulku 0,2 mm
	koolaus 22x100 mm
	kipsilevy 13 mm
U-arvo 0,15 W/m²K	U-arvo 0,15 W/m²K

4.5.2 Mittaukset ja lämpökuvaus

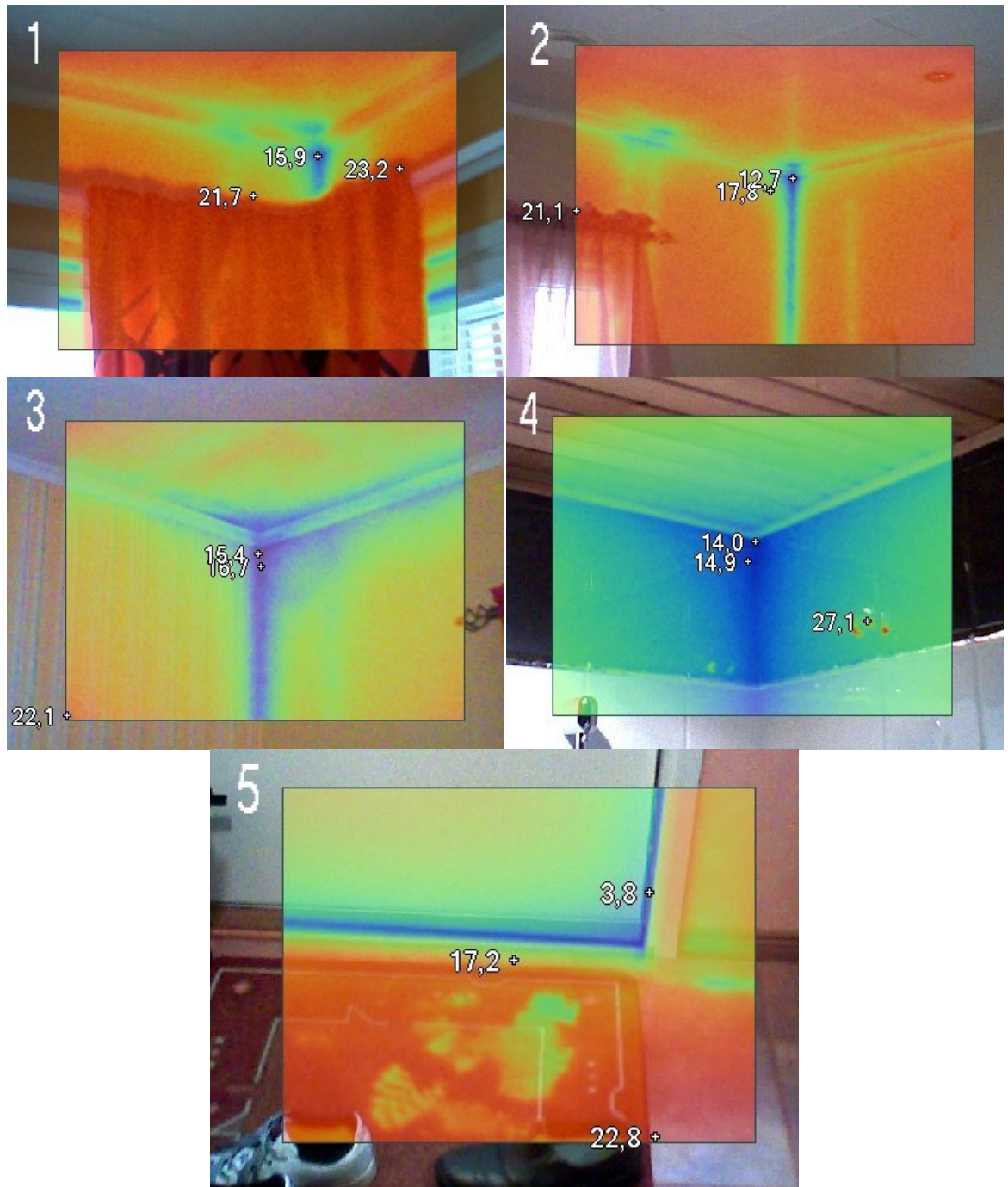
Mittauslaitteisto asennettiin kodinhoitohuoneen oveen, jolloin väliovella saatiin estettyä lämmön karkaaminen. Kuviossa 24 on talon pohjakuva ja punainen piste tarkoittaa koneen asennuskohtaa. Ulkona oli mittaushetkellä navakkaa tuulta noin 5 metriä sekunnissa (m/s) ja pakkasta oli noin 16 astetta. Alkutoimenpiteinä ilmastointiventtiilit teipattiin kiinni ja takan luukut ja liesituuletin muovitettiin ja teipattiin kiinni. Viemäreihin laitettiin vettä ja väliovet avattiin. Ilmastointikone sammutettiin ennen eristämistoimenpiteitä. Kova puuskittainen tuuli tuotti ongelmia mittauksena aikana, koska laitteiston oli vaikea ylläpitää tasaista painetta. Neljän mittauksen jälkeen talon n_{50} -luvuksi saatiin 1,18 1/h. Liitteestä 1: Mittauspöytäkirjat, löytyvät tarkemmat mittausarvot tutkimuskohteesta. Mittauksen aikana suoritettiin lämpökuvaus.



KUVIO 24. Talon 5 pohjakuva.

Lämpökuvauksesta ei löytynyt suurempia vuotoja. Olohuoneessa kahden ikkunan nurkkaus vuosi hieman (kuviossa 25, kuva 1). Perällä olevia makuuhuoneita erottava väliseinä oli asennettu huolimattomasti ja molemmin puolin katsottuna oli havaittavissa pientä lämpövuotoa (kuviossa 25, kuva 2 ja 3). Kylpyhuoneen nurkkauksesta löytyi vuotokohta (kuviossa 25, kuva 4). Eteisen ulko-oven tiivisteet vuosivat hieman ja tuulikaapissa tuntuikin ve-

don tunnetta (kuvio 25, kuva 5). Jatkotoimenpiteinä vuotokohdat pitäisi tarkistaa ilman alipaineistusta sisältä ja ulkoa, jotta saadaan tarkempi kuva vuodon suuruudesta. Kylpyhuoneen nurkan pintalämpötila on sen verran korkea, että ei pitäisi syntyä oleellista kosteuden tiivistymisriskiä. Ulko-oven tiivisteet tulisi vaihtaa.



KUVIO 25. Lämpökuvia talosta 5.

4.6 Talo 6 (Tomi Koota)

Kuudes ja viimeinen mittauskohde on vuonna 2008 valmistunut puurunkoinen yksikerroksinen omakotitalo koneellisella ilmanvaihdolla (LTO) (kuvio 26). Talossa on sähkölämmitys sekä varaava takka. Talon nettopinta-ala on 117 neliometriä (m²) ja nettotilavuus on 450 kuutiometriä (m³). Seinissä on käytetty eristettä 200 millimetriä. Toisena mitattuun taloon verrattuna talossa on keittiössä erkkeri ja olohuoneen sekä keittiön katto on korotettu.

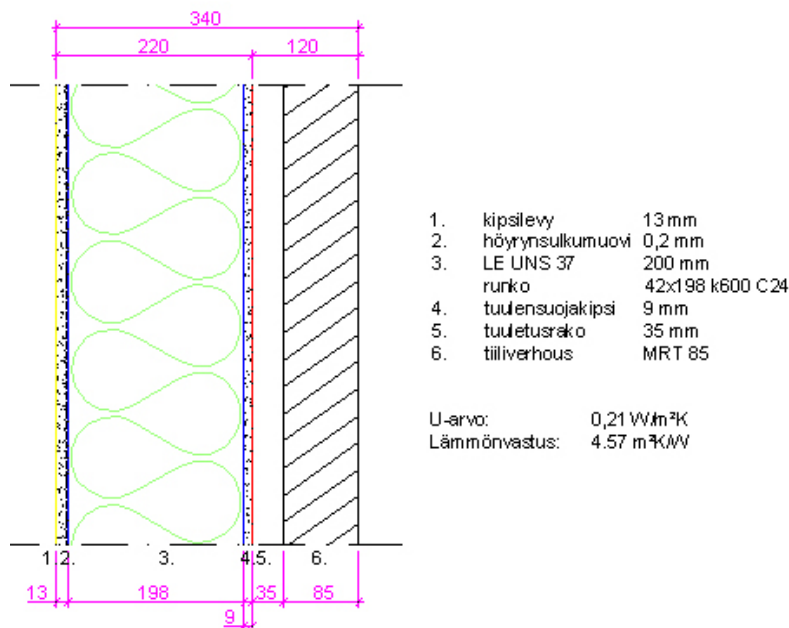


KUVIO 26. Kuva talosta 6.

4.6.1 Rakenne

Talo on rakennettu tehtaalla valmiiksi tehdyistä ulkoseinäelementeistä. Talon pohjaratkaisu on hieman erilainen verrattuna valikoimassa jo valmiina oleviin peruspakettiratkaisuihin. Seinäelementit ovat 42 x 198 millimetrin rungolla, joten eristepaksuus seinässä on 200 millimetriä. Talon ulkoverhous on tehty tiilestä ja muutamia kohtia lautaverhouksesta. Ulkoverhoukset on tehty valmiiksi paikanpäällä. Kuviossa 27 on kuva seinärakenteesta. Liitteessä 3: Seinädetaljit 42 x 198 millimetriä, on tarkemmat selosteet talon nurkka- ja liitosdetaljeista. Kattorakenteena talossa on tiilikate ja yläpohjassa on käytetty eristettä 400 mil-

limetriä, millä kompensoidaan talon seiniä. Poikkeuksena muihin koekohteisiin omistaja on itse suorittanut ilmansulkumuovien asentamisen yläpohjassa. Alapohja on maanvarainen teräsbetoni-laatta 100 millimetrin lämmöneristeellä ja reunoilla on käytetty 150 millimetriä eristettä. Taulukossa 9 on tarkempia tietoja ala- ja yläpohjan rakenteesta.



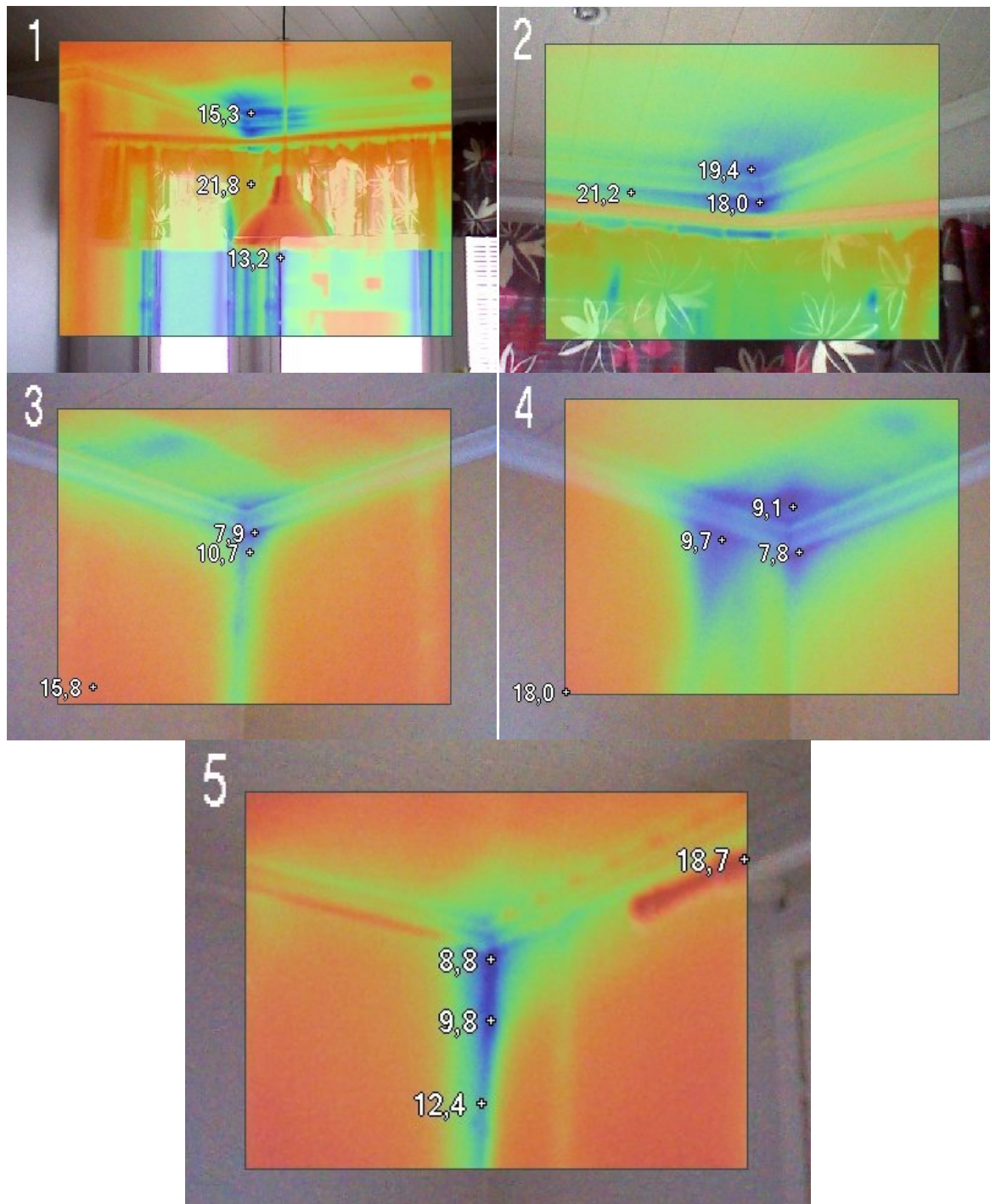
KUVIO 27. Talon 6 ulkoseinärakenne.

TAULUKKO 9. Talon 6 ala- ja yläpohjarakenteet.

AP	YP
pintamateriaali	Tiilikate
100 mm teräsbetoni-laatta	aluskate
150/100 mm lämmöneriste	22 x 50 mm ripa
>600 mm soratäyttö	48 x 48 ruode
	kantava NR- rakenne
	400 mm lämmöneriste 100+300 mm
	0,2 mm höyrinsulku
	22 mm haravalaudoitus 22 x 100 k600
	18 mm paneeli 18 x 120

4.6.2 Mittaukset ja lämpökuvaus

Mittauslaitteisto asennettiin kodinhoituhuoneen oveen, jolloin väliovella saatiin estettyä lämmön karkaaminen. Kuviossa 28 on talon pohjakuva ja punainen piste tarkoittaa koneen asennuskohtaa. Ulkona oli mittaushetkellä navakkaa tuulta noin 4 metriä sekunnissa (m/s)



KUVIO 29. Lämpökuvia talosta 6.

5 TULOKSET

Vaikka tuulinen sää vaivasikin osaa mittauksista, mittaustuloksia voidaan pitää melko luotettavina. Ilman laskentaakin, tuloksia vertailemalla, voidaan todeta, että talotyypin ilmanvuotoluku paranee yli puolella verrattuna raja-arvoon 4,0 1/h. Talojen eri ikä sekä eri rakentajat vaikuttavat jonkin verran tulosten keskihajontaan. Taulukossa 10 on verrattu uusia arvoja raja-arvoon.

TAULUKKO 10. Tutkimuskohteiden ilmanvuotoluvun parannus verrattuna raja-arvoon.

Mittauskohde	Ilmanvuotoluku n_{50} [1/h]	Parannus %
Talo 1 (Jarkko Marjamäki)	1,38	189,9%
Talo 2 (Joni Toivola)	1,85	116,2%
Talo 3 (Jussi Pihlaja)	1,10	263,6%
Talo 4 (Lauri Setälä)	1,14	250,9%
Talo 5 (Harri Mäkinen)	1,18	239,0%
Talo 6 (Tomi Koota)	1,88	112,8%
Keskiarvo	1,42	195,4%

5.1 Ilmanvuotoluvun laskeminen valitulle talotyypille

Kun tarvittavat vähintään kuusi mittausta on saatu suoritettua onnistuneesti ja tuloksia voidaan pitää luotettavina, voidaan laskea ilmoitusmenettelyssä esitettyjen kaavojen avulla talotyypille tai rakenneratkaisulle uusi ilmoitettu ilmanvuotoluku $n_{50,ilm}$. Lasketaan mittauksien keskihajonta s_{n50} (kaava 4) ja kerroin k (kaava 5):

$$s_{n50} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n_{50,i} - n_{50})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1,38-1,42)^2 + (1,85-1,42)^2 + (1,10-1,42)^2 + (1,14-1,42)^2 + (1,18-1,42)^2 + (1,88-1,42)^2}{6-1}} = 0,357$$

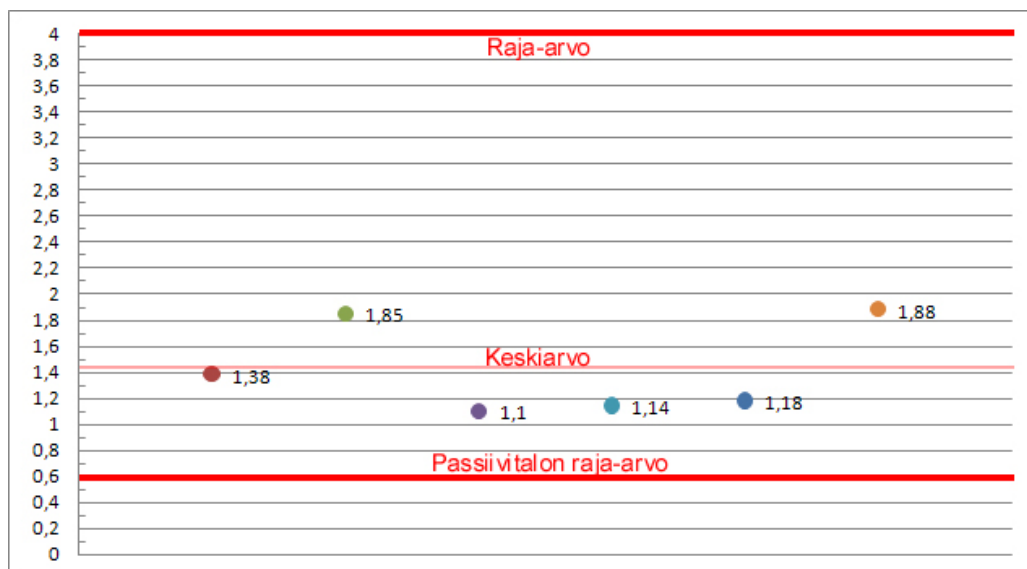
$$k = 0,674 + \frac{1}{\sqrt{n}} = 0,674 + \frac{1}{\sqrt{6}} = 1,082$$

Lopuksi lasketaan saatujen arvojen avulla uusi ilmanvuotoluku $n_{50,ilm}$ kyseiselle talotyypille (kaava 3). Lopullinen arvo pyöristetään yhden desimaalin tarkkuudella normaalien pyöristyssääntöjen mukaan.

$$n_{50,ilm} = \overline{n_{50}} + k \cdot s_{n50} = 1,42 + 1,082 \cdot 0,357 = 1,806 \approx 1,8 \text{ 1/h}$$

5.2 Tuloksien vertailu

Uudeksi talotyypin ilmanvuotoluvuksi saatiin 1,8 1/h, joka on selkeä parannus käytössä olevaan raja-arvoon. Alle 2,0 1/h:n menevä ilmanvuotoluku vähentää tasauslaskelmien tarvetta, koska uusissa rakennusmääräyksissä käytetään vertailuarvona 2,0 1/h. Laskusta huomataan, että keskihajonnalla on aika suuri vaikutus lopulliseen arvoon, noin 25 prosentin lisäys. Tuloksia vertailemalla saadaan parempi kuva käytännön hyödystä, kuten kuinka paljon ilmanvuotoluvun pienentyminen vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuden paranemiseen sekä minkälainen hyöty siitä on tasauslaskelmia tehdessä. Kuviossa 30 on kaavio mittaamalla saaduista arvoista.



KUVIO 30. Kaavio mittaustuloksista.

Talojen energiatodistuksien tai tasauslaskelmien tarkempi laskeminen ei kuulu tähän tutkimukseen, joten lasketut arvot ovat suurpiirteisiä ja vain suuntaa antavia. Ympäristöminis-

teriön sivuilta löytyy paljon ohjeistusta sekä Excel-pohjia energiatodistuksien ja kompensointilaskelmien tekemiseen (Ympäristöministeriö 2008; Ympäristöministeriö 2009b). Taulukossa 11 on vertailtu eri rakennusten energiatehokkuuslukuja käyttämällä Ympäristöministeriön sivuilta saatavaa Excel-pohjaista Energiajunioria. Taulukossa 12 on vertailtu vaipan ilmanvuodoista johtuvaa ominaislämpöhäviötä käyttämällä Ympäristöministeriön sivuilta saatavaa Excel-pohjaista Tasauslaskin 2010:tä. Aluksi taulukoissa on laskettu vertailuarvo käyttämällä ilmanvuotoluvun arvona 4,0 l/h:aa ja tämän jälkeen käyttämällä uutta saatua suunnitteluarvoa 1,8 l/h. Mittauskohteet on sattumanvaraisesti valittu eivätkä ole tutkimuksessa mukana olevia kohteita, koska tarkkojen lukujen laskeminen vaatisi asiaan enemmän perehtymistä.

TAULUKKO 11. Energiatehokkuuslukujen vertailua.

Mittauskohde	ET-luku [kWh/brm ² /vuosi]	Uusi ET-luku [kWh/brm ² /vuosi]	Parannus %
1	227	215	5,6%
2	170	158	7,6%
3	193	179	7,8%
4	150	137	9,5%
5	213	198	7,6%
Keskiarvo	190,6	177,4	7,6%

TAULUKKO 12. Ilmanvuodoista johtuva ominaislämpöhäviö.

Mittauskohde	Ominaislämpöhäviö [W/K]	Uusi ominaislämpöhäviö [W/K]	Parannus %
1	20,4	9,2	121,7%
2	13,7	6,2	121,0%
3	29,6	13,3	122,6%
4	24,0	10,8	122,2%
5	24,9	11,2	122,3%
Keskiarvo	22,52	10,1	122,0%

Energiatehokkuuslukujen tuloksia tarkastelemalla huomataan, että uudella ilmanvuotoluvulla saadaan parannusta noin 7,6 prosenttia energiatehokkuuslukuun. On mielenkiintoista huomata, että valmiiksi matalaenergisellä talolla (mittauskohde 4, taulukossa 11) saavutetaan suurempi hyöty ilmanvuotoluvun parantumisella. Tulokset tukevat jo edellä mainittua

Rakennustietokortissa 80-10974 laskettua tulosta, jonka mukaan laskennallinen kokonaisenergiankulutuksen lisäys on keskimäärin 4 prosenttia 2–7 prosentin vaihteluvälillä jokaisesta n_{50} -luvun kokonaisyksikön lisäystä kohden (RT 80-10974 2009, 4).

Ilmanvuodoista johtuva ominaislämpöhäviö lasketaan vuotoilmanvaihtokertoimen ja talon tilavuuden perusteella. Ilmanvuodosta johtuva ominaislämpöhäviö saadaan laskettua kaavalla (6):

$$H_{\text{vuotoilma}} = \frac{n_{50}}{25} \cdot \frac{V}{3600} \cdot 1200 \text{ [W/K]} \quad (6)$$

jossa $n_{50}/25$ on vuotoilmanvaihtokerroin n_v . Jakaja 25 on oletusarvo kaikissa rakennuksissa. V on rakennuksen ilmatilavuus m^3 ja jakaja 3600 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos $m^3/h \Rightarrow m^3/s$. Kerroin 1200 on ilman tiheys $1,2 \text{ kg/m}^3$ kerrottuna ilman ominaislämpökapasiteetilla 1000 Ws/kgK .

Taulukon 12 arvoja tarkastelemalla huomataan, että uusi ilmanvuotoluku puolittaa rakennuksen ilmanvuodoista johtuvan ominaislämpöhäviön. Lisäksi voidaan todeta, että rakennuksen tilavuus on ainoa asia, joka vaikuttaa vaipan ilmanvuodoista johtuvaan ominaislämpöhäviön määrään ilmantiiveyden ohella. Siis mitä suurempi rakennus on, sitä enemmän pystytään kompensoimaan rakennusta paremmalla ilmanvuotoluvulla.

6 YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia asuinrakennusten ilmanpitävyyttä ja sen määrittämistä. Rakennuksen ilmanpitävyyttä kuvaa ilmanvuotoluku n_{50} . Se kertoo, kuinka monta kertaa rakennuksen ilma vaihtuu tunnissa [1/h]. Talon ilmanpitävyydellä on oma vaikutuksensa talon energiatehokkuuteen. Hyvä ilmanpitävyys saavutetaan tarkalla ja ammattitaitoisella asennustyöllä. Uuden tuplarunkorakenteen avulla pystytään valmistamaan helpommin ilmanpitävä rakennus, koska ilmansulkumuovi ei vahingoitu niin helposti asennuksien yhteydessä.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kuutta samantyyppistä asuinrakennusta. Hietakulma Oy oli suunnitellut ja valmistanut seinäelementit sekä tehnyt suurimpaan osaan mittauskohteista elementtiasennukset. Mittaukset suoritettiin Rakennustietokortissa 80-10974 määritellyn hyvän tavan mukaisesti ja noudattamalla standardia SFS-EN 13829. Saadut ilmanvuotoluvun mittausarvot vaihtelivat 1,4–1,9 1/h. Mittausarvojen pohjalta laskettiin rakennustietokortissa esitellyn ilmoitusmenettelyn avulla uusi ilmoitettava ilmanvuotoluku $n_{50,ilm}$ valitulle talotyypille. Ilmoitettavaksi ilmanvuotoluvuksi saatiin 1,8 1/h. Saatua arvoa voidaan käyttää tulevaisuudessa suunnitteluarvona valitulle talotyypille. Uuden suunnitteluarvon avulla saadaan pienennettyä noin 7 prosenttia talojen energiatehokkuuslukua, jolloin talojen energiatehokkuusluokan pitäisi siirtyä yhden pykälän paremmaksi. Saatua arvoa voidaan myös käyttää suunnitteilla olevien talojen kompensointiolosuhteissa. Kompensaatiolaskelmissa saatu hyöty riippuu paljon rakennuksen tilavuudesta, kuitenkin uuden suunnitteluarvon myötä pystytään ilmanvuodoista johtuvaa lämpöhäviötä vähentämään puolella. Mittauksien yhteydessä tehdyillä lämpökuvauksilla paikannettiin muutamia isoja vuotokohtia rakennuksista. Vuotokohtat rajoittuivat lähinnä väliseinien ja ulkoseinien välisiin liitoskohtiin sekä ulkonurkkauksiin. Virheet olisi voitu helposti välttää tekemällä ohjeistuksen mukainen asennustyö. Jälkikäteen tehtävät vuotokohtien korjaustyöt ovat hankalia. Käytössä olevista ikkuna- ja ovityypeistä ei löytynyt suurempia puutteita ilmanpitävyyden kannalta.

Mielestäni tutkimukset sujuivat hyvin. Ainoastaan tuulinen sää haittasi osaa mittauksista. Lisäksi lumi ja jää rajoittivat ulkopäin tehtäviä tiivistystoimenpiteitä. Tutkimuksia tehdessä

mittauslaitteen nopeampi ja luotettavampi kiinnitystapa olisi ollut tarpeen. Lisäksi lämpökuvien tulkinta oli hankalaa ja kaipaisi parempaa sekä yhdenmukaisempaa standardointia. Tutkimuksen jälkeen voidaan todeta, että monen koekohteen tuloksia olisi saatu vielä paremmaksi, kunhan tiivistystyöt olisi osattu tehdä paremmin. Esimerkiksi ilmastointikoneiden tiivistäminen oli hankalaa, koska koneet olivat hiukan erilaisia eikä pystytty tarkasti määrittämään, oliko kone ilmanpitävä, kun se sammutetaan. Tästä herääkin kysymys, kuinka asiallisesti ilmanvuotoluvun mittaukset yleisesti ottaen suoritetaan. Mittaajien laatua tarkkaillaan vähän tai ei juuri ollenkaan sekä tarkastusmittauksia suoritetaan melko harvakseltaan. Myös painemittauslaitteiston kalibrointi tulisi suorittaa riittävän useasti.

Tulevaisuudessa ilmanvuotoluvun mittaukset varmasti yleistyvät uusien määräyksien mukana, koska ilmanvuotolukua voidaan käyttää rakennuksen tasauskaskennassa. Rakentamiskustannukset nykyisillä materiaaleilla kohoavat jo lähes liian suuriksi verrattuna saavutettuun hyötyyn. Myös lämmityslaitteiden hyötysuhteet ovat jo niin korkealla, että parempien laitteiden valmistaminen nykyisellä tekniikalla on kallista. Talentoimittajien ei ole onneksi kovin hankala saavuttaa parempaa suunnitteluarvoa halutulle talotyypille. Tämä kuitenkin edellyttää oikeaoppisia ilmanvuotoluvun mittauksia. Mikäli rakennusten ilmanpitävyys nousee tärkeämmäksi rakennusten kompensointilaskuista johtuen, tulisi mielestäni rakennustyön laatuun kiinnittää enemmän huomiota. Vaikka talo olisi suunniteltu oikein, se ei takaa, että se olisi rakennettu hyvin ja ilmanpitäväksi. Nykyisellä nopealla rakennustahdilla ei aina ehditä tai haluta kiinnittää huomiota rakennustyön huolellisuuteen.

LÄHTEET

- Fluke. 2007. Fluke Ti10, Ti25, TiR and TiR 1 thermal imagers user manual. [WWW-dokumentti]. Fluke. [Viitattu 10.2.2010]. Saatavissa: http://www.fluketir1.com/assets/images/pdfs/ti10____umeng0000.pdf
- Kauppinen, T. Ojanen, T. Kovanen, K. Laamanen, J. Vähäsöyrinki, E. 2009. Asuinrakennuksen ilmanpitävyys PowerPoint-esitys. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Rakennusvalvonta Oulu. 2008. Tiiveyskortti. [WWW-dokumentti]. Rakennusvalvonta Oulu. [Viitattu 10.2.2010]. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/rakennusvalvonta/pdf/laatukortit/Tiiveyskortti-26112008.pdf>
- RT 80-10974. 2009. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Rakennustieto Oy.
- Vinha, J. 2009a. Asuinrakennuksen ilmanpitävyys PowerPoint-esitys. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Vinha, J. 2009b. Lämmöneristeys- ja energiakulutusmääräysten muutokset vuonna 2010 PowerPoint-esitys. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Vinha, J. 2009c. Rakennusten ilmanpitävyyden laadunvalvontamenettely PowerPoint-esitys. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Wöhler. 2008. Wöhler Blower Check BC 21-ilmantiiveysmittarin käyttöohje. Käännös: Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
- Ympäristöministeriö. 2008. Tasauslaskentaopas. [WWW-dokumentti]. Valtion ympäristöhallinto. [Viitattu 15.2.2010]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=80008&lan=en>

Ympäristöministeriö. 2009a. Energiatodistus. [WWW-dokumentti]. Valtion ympäristöhallinto. [Viitattu 15.2.2010]. Saatavissa:
www.ymparisto.fi/energiatodistus

Ympäristöministeriö. 2009b. Energiatodistuslomakkeet [WWW-dokumentti]. Valtion ympäristöhallinto. [Viitattu 15.2.2010]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=328658&lan=FI>

LIITTEET

LIITE 1: Mittauspöytäkirjat

LIITE 2: Seinädetaljit 42 x 173 millimetriä

LIITE 3: Seinädetaljit 42 x 198 millimetriä

LIITE 4: Seinädetaljit tuplarunko



Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	1
Nimi / Yritys	Jarkko Marjamäki
Lähiosoite	Kanttarinkatu 2
Postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää

Projektitiedot	
Projektinumero	1
Rakennuksen lähiosoite	Kanttarinkatu 2
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää
Päivämäärä / Kellonaika	26.1.2010 14:24
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	LTO
Rakennusvuosi	2006
Rakennuskorkeus	5,7m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER
Mittausstyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	KH:n ovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1,5
Nettobilavuus - m ³	420
Nettopinta-ala - m ²	111
Verhoilupinta-ala - m ²	550

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:
BC21-huomautus:

Ilmatiiviuden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	X
Valmistalo	
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä A- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	x
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	x
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	
Tuhka avoimista takoista poistettu	x
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	x
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Ei väliaikaisia tiivistyksiä	
Liesikupu	
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtoventtiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	372	507	631	765	874						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	243	301	371	411	471						m ³ /h

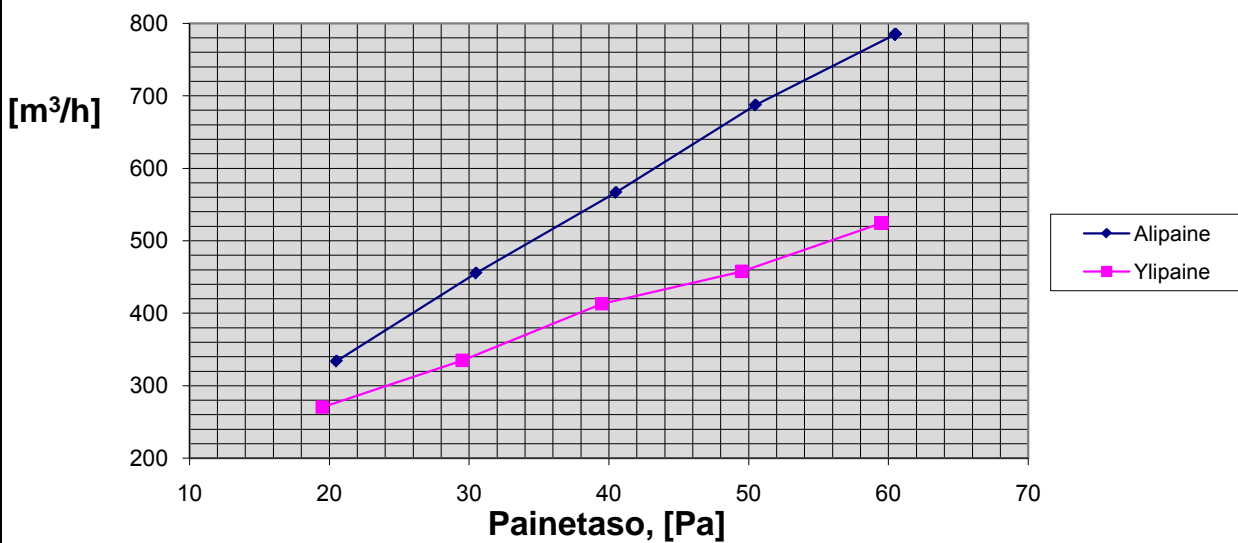
Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	3,0	Pa
	dP0,1	1,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	3,0	Pa
	dP0,2	0,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	30,33		46,12	
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	27,38	33,61	35,65	59,66
Virtausekponentti - n	0,79		0,59	
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,77	0,82	0,52	0,66
Vuotokerroin - C_L	30,97		46,00	
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	27,95	34,32	35,56	59,50
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	690		466	
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	681	699	450	483

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	0	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	997	hPa
Ulkolämpötila	-11,3	°C
Sisälämpötila	17,4	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - n_{50}	1,6	1,1	1,38	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	6,2	4,2	5,2	m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	1,3	0,8	1,1	m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Ilmatiiviyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	2,7%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	2 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von V_{50}
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	0 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
n_{50}	8 %	
w_{50}	8 %	
q_{50}	8 %	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

Todistus

rakennuksen ilmatiiviydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Jarkko Marjamäki
Kanttarinkatu 2
38700 Kankaanpää

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

26.1.10 14:24

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,38 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Energiansäästö määräyksen (EnEv) mukainen raja-arvo n_{50} -luvulle on:

rakennuksessa jossa ei ole koneellista ilmanvaihtoa: 3 1/h ja

rakennuksessa jossa on koneellinen ilmanvaihto: 1,5 1/h.

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 31.3.2009	Jarkko Niemi, Olli Hietanen	

Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto
puh. 020 124 5324, 040 830 4159
fax 020 124 5301
jorma.tuomisto@seamk.fi
www.seamk.fi/tkpalvelut



Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	1
Nimi / Yritys	Joni Toivola
Lähiosoite	Kaivolankatu 16
Postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää

Projektitiedot	
Projektinumero	1
Rakennuksen lähiosoite	Kaivolankatu 16
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää
Päivämäärä / Kellonaika	27.01.2010 / 10:53:57
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	LTO
Rakennusvuosi	2009
Rakennuskorkeus	5
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER
Mittaus tyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	KH:n ovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0
Netttilavuus - m ³	430
Nettopinta-ala - m ²	112
Verhoilupinta-ala - m ²	550

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:
BC21-huomautus:

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	X
Valmistalo	
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä A- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	X
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	X
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	X
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	X
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	X
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	X
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	X

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	X
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Ei väliaikaisia tiivistyksiä	
Liesikupu	
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtoventtiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	444	599	767	934	1 088						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	321	447	546	681	785						m ³ /h

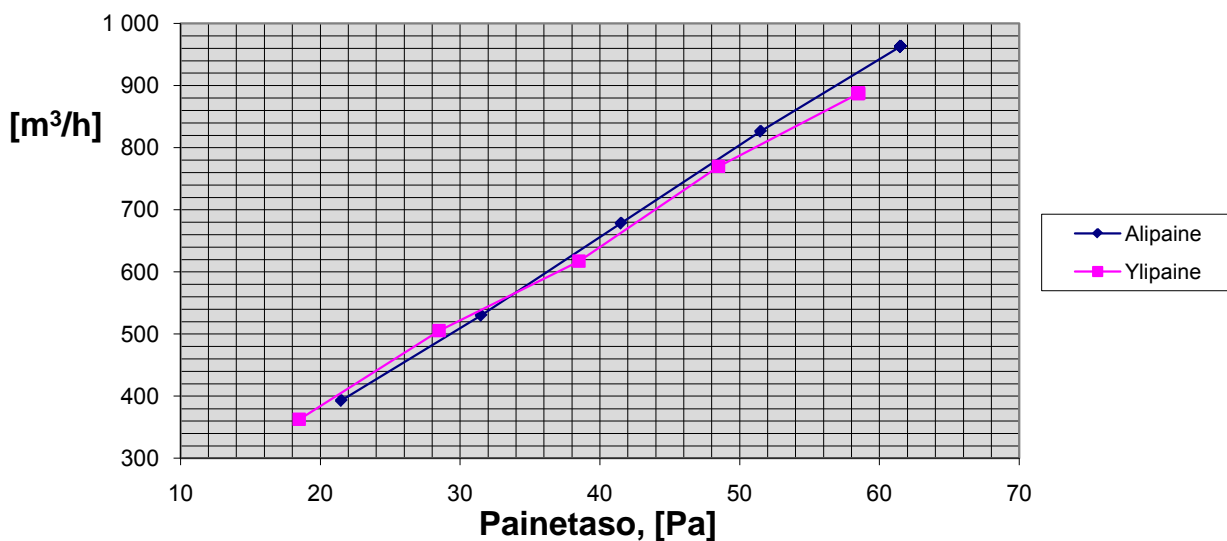
Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	4,0	Pa
	dP0,1	2,0	Pa
Mittauksen jälkeä	dP0,2+	1,0	Pa
	dP0,2-	4,0	Pa
	dP0,2	1,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	27,83		37,46	
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	23,12	33,50	29,19	48,07
VirtausekspONENTTI - n	0,86		0,78	
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,81	0,91	0,71	0,85
Vuotokerroin - C_L	28,29		37,42	
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	23,50	34,06	29,16	48,01
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	815		778	
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	797	833	750	807

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	4	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	1 005	hPa
Ulkolämpötila	-13,5	°C
Sisälämpötila	19,2	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - n_{50}	1,9	1,8	1,85	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	7,3	6,9	7,1	m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	1,5	1,4	1,4	m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Ilmatiiviyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	4,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	3 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von V_{50}
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	9 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
n_{50}	9 %	
w_{50}	9 %	
q_{50}	9 %	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

Todistus

rakennuksen ilmatiiviydestä

Mittattu rakennus / kohde:

Joni Toivola
Kaivolankatu 16
38700 Kankaanpää

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

27.01.2010 / 10:53:57

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,85 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Energiansäästö määräyksen (EnEv) mukainen raja-arvo n_{50} -luvulle on:

rakennuksessa jossa ei ole koneellista ilmanvaihtoa: 3 1/h ja

rakennuksessa jossa on koneellinen ilmanvaihto: 1,5 1/h.

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
	Jarkko Niemi, Olli Hietanen	

Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut
 SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka
 Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki
 Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto
 puh. 020 124 5324, 040 830 4159
 fax 020 124 5301
 jorma.tuomisto@seamk.fi
 www.seamk.fi/tkpalvelut



Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivun 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	1
Nimi / Yritys	Jussi Pihlaja
Lähiosoite	Kairankatu 7
Postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää

Projektitiedot	
Projektinumero	1
Rakennuksen lähiosoite	Kairankatu 5
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää
Päivämäärä / Kellonaika	27.01.2010 / 14:12:19
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	LTO
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	7
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER
Mittaustyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	Pää ovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0
Netttilavuus - m ³	355
Nettopinta-ala - m ²	98,5
Verhoilupinta-ala - m ²	550

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot: Suihkun ikkuna
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:
BC21-huomautus: Kova puuskittainen tuuli

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	X
Valmistalo	
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiitit tilat valmiit	X
Väliaikainen tiivistys tarpeen	X

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennuksenvalmisteluun

Mittausmenetelmä A- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	X
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	X
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	X
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	X
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	X
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	X
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	X

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	X
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	X
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	X

Ei väliaikaisia tiivistyksiä	
Liesikupu	
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtotenttiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	154	287	374	492	582						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	96	172	256	309	392						m ³ /h

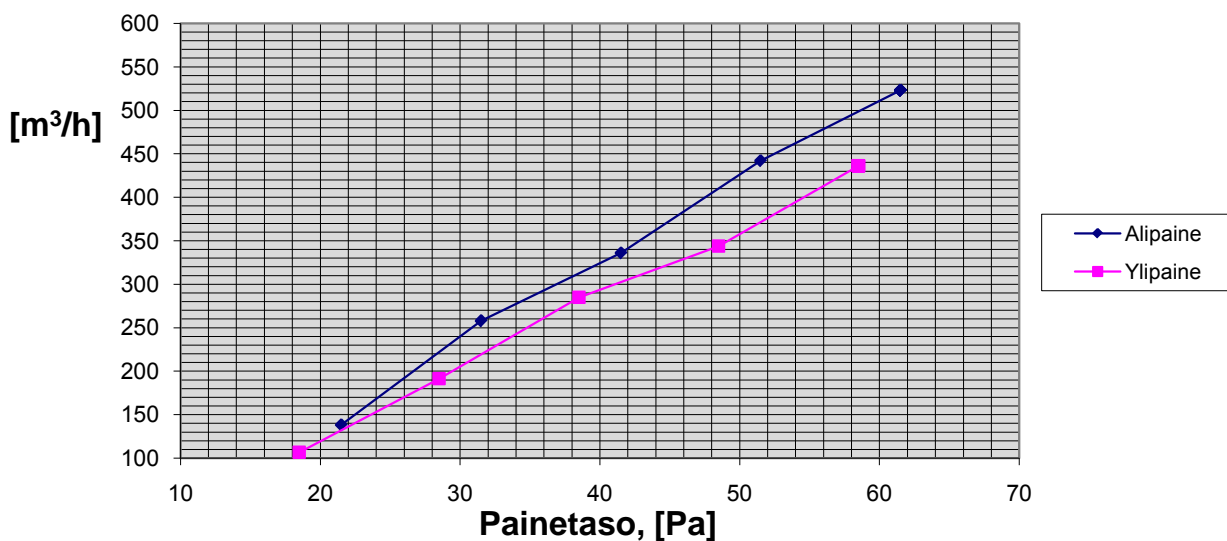
Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	4,0	Pa
	dP0,1	2,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	5,0	Pa
	dP0,2	1,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	3,16		3,22	
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	1,25	7,99	1,76	5,87
VirtausekspONENTTI - n	1,25		1,21	
VB (95%) n : minimi...maksimi	1,00	1,50	1,04	1,38
Vuotokerroin - C_L	3,09		3,23	
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	1,23	7,80	1,77	5,88
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	412		370	
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	368	461	338	404

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	8	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	980	hPa
Ulkolämpötila	-13,5	°C
Sisälämpötila	15,0	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - n_{50}	1,2	1,0	1,10	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	4,2	3,8	4,0	m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	0,7	0,7	0,7	m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Ilmatiiviuden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	12,7%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	10 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von V_{50}
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	24 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
n_{50}	15 %	
w_{50}	15 %	
q_{50}	15 %	

Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Jussi Pihlaja
Kairankatu 5
38700 Kankaanpää

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

27.01.2010 / 14:12:19

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,10 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Energiansäästö määräyksen (EnEv) mukainen raja-arvo n_{50} -luvulle on:

rakennuksessa jossa ei ole koneellista ilmanvaihtoa: 3 1/h ja

rakennuksessa jossa on koneellinen ilmanvaihto: 1,5 1/h.

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
	Jarkko Niemi, Olli Hietanen	

Seamk tutkimus- ja kehittämisspalvelut
 SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka
 Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki
 Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto
 puh. 020 124 5324, 040 830 4159
 fax 020 124 5301
 jorma.tuomisto@seamk.fi
 www.seamk.fi/tkpalvelut



Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	1
Nimi / Yritys	Lauri Setälä
Lähiosoite	Kairankatu 1
Postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää

Projektitiedot	
Projektinumero	1
Rakennuksen lähiosoite	Kairankatu 1
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää
Päivämäärä / Kellonaika	28.01.2010 / 10:28:19
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	LTO
Rakennusvuosi	2009
Rakennuskorkeus	7
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER
Mittausstyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	KH:n ovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0
Netttilavuus - m ³	466
Nettopinta-ala - m ²	129
Verhoilupinta-ala - m ²	550

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:
BC21-huomautus:

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	X
Valmistalo	
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä A- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	X
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	X
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	X
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	X
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	X
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	X
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	X

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	X
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Ei väliaikaisia tiivistyksiä	
Liesikupu	
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtoventtiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	268	401	493	634	716						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	184	320	388	462	512						m ³ /h

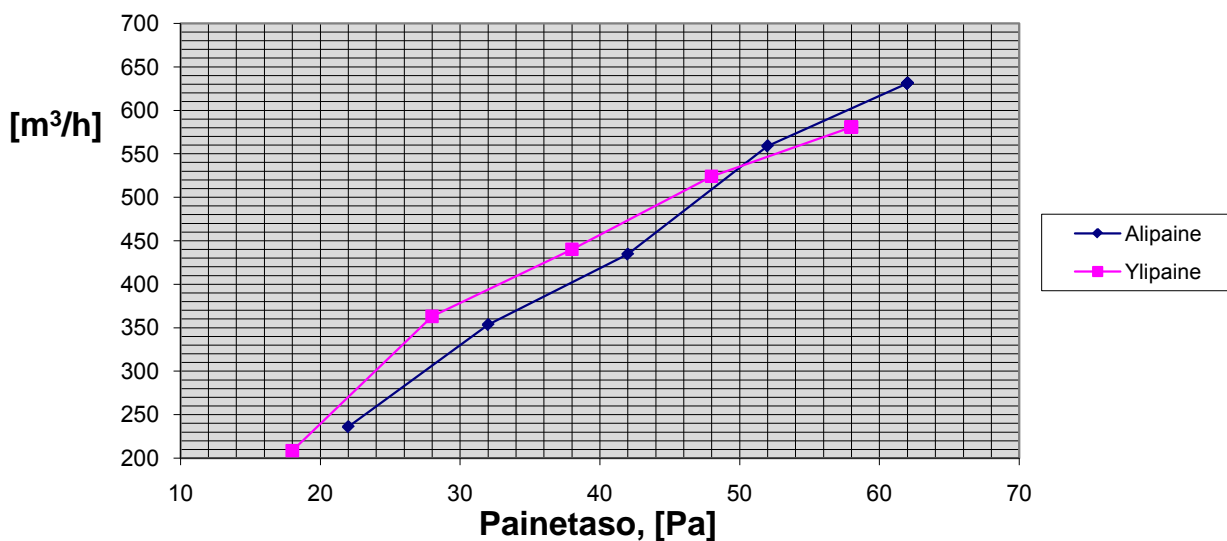
Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	4,0	Pa
	dP0,1	2,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	5,0	Pa
	dP0,2	2,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	12,66		18,59	
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	8,21	19,52	6,88	50,22
Virtausekponentti - n	0,95		0,86	
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,83	1,07	0,58	1,14
Vuotokerroin - C_L	12,71		18,49	
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	8,24	19,60	6,84	49,97
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	527		539	
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	500	554	463	627

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	6	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	966	hPa
Ulkolämpötila	-16,5	°C
Sisälämpötila	17,0	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - n_{50}	1,1	1,2	1,14	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	4,1	4,2	4,1	m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	1,0	1,0	1,0	m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Ilmatiiviuden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	7,5%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	10 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von V_{50}
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	24 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
n_{50}	11 %	
w_{50}	11 %	
q_{50}	11 %	

Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Lauri Setälä
Kairankatu 1
38700 Kankaanpää

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

28.01.2010 / 10:28:19

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,14 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Energiansäästö määräyksen (EnEv) mukainen raja-arvo n_{50} -luvulle on:

rakennuksessa jossa ei ole koneellista ilmanvaihtoa: 3 1/h ja

rakennuksessa jossa on koneellinen ilmanvaihto: 1,5 1/h.

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
	Jarkko Niemi, Olli Hietanen	

Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto
puh. 020 124 5324, 040 830 4159
fax 020 124 5301
jorma.tuomisto@seamk.fi
www.seamk.fi/tkpalvelut



Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	1
Nimi / Yritys	Harri Mäkinen
Lähiosoite	Ranttikatu 1
Postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää

Projektitiedot	
Projektinumero	1
Rakennuksen lähiosoite	Ranttikatu 1
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää
Päivämäärä / Kellonaika	28.01.2010 / 15:02:14
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	LTO
Rakennusvuosi	2005
Rakennuskorkeus	5
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER
Mittausstyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	KH:n ovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0
Netttilavuus - m ³	550
Nettopinta-ala - m ²	157
Verhoilupinta-ala - m ²	500

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:
BC21-huomautus:

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	X
Valmistalo	
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennuksenvalmisteluun

Mittausmenetelmä A- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	X
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	X
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	X
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	X
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	X
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	X
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	X

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	X
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Ei väliaikaisia tiivistyksiä	
Liesikupu	
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtoventtiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	452	512	663	711	853						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	367	423	487	564	687						m ³ /h

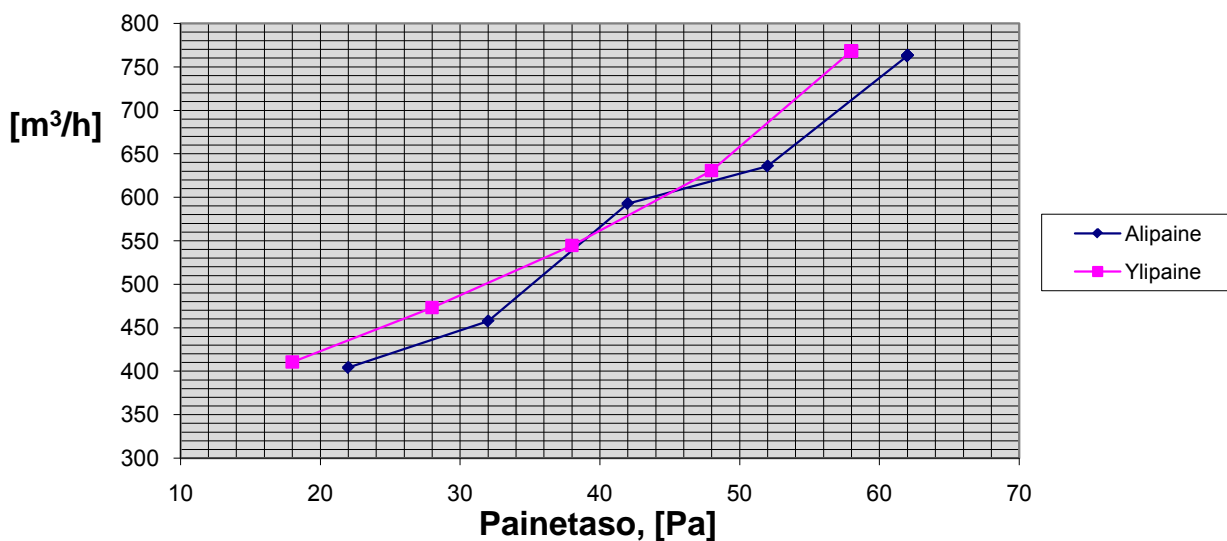
Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	4,0	Pa
	dP0,1	2,0	Pa
Mittauksen jälkeä	dP0,2+	1,0	Pa
	dP0,2-	5,0	Pa
	dP0,2	2,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	58,30		88,35	
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	26,20	129,76	39,70	196,64
VirtausekspONENTTI - n	0,61		0,51	
VB (95%) n: minimi...maksimi	0,40	0,83	0,29	0,74
Vuotokerroin - C_L	59,54		85,92	
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	26,75	132,50	38,60	191,23
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	657		644	
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	598	722	570	727

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	6	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	952	hPa
Ulkolämpötila	-11,2	°C
Sisälämpötila	18,7	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - n_{50}	1,2	1,2	1,18	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	4,2	4,1	4,1	m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	1,3	1,3	1,3	m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	7,5%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	11 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von V_{50}
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	24 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
n_{50}	11 %	
w_{50}	11 %	
q_{50}	11 %	

Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Harri Mäkinen
Rantikatu 1
38700 Kankaanpää

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

28.01.2010 / 15:02:14

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,18 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Energiansäästö määräyksen (EnEv) mukainen raja-arvo n_{50} -luvulle on:

rakennuksessa jossa ei ole koneellista ilmanvaihtoa: 3 1/h ja

rakennuksessa jossa on koneellinen ilmanvaihto: 1,5 1/h.

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
	Jarkko Niemi, Olli Hietanen	

Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto
puh. 020 124 5324, 040 830 4159
fax 020 124 5301
jorma.tuomisto@seamk.fi
www.seamk.fi/tkpalvelut



Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	1
Nimi / Yritys	Tomi Koota
Lähiosoite	Kaivolankatu 18
Postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää

Projektitiedot	
Projektinumero	1
Rakennuksen lähiosoite	Kaivolankatu 16
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	38700 Kankaanpää
Päivämäärä / Kellonaika	28.01.2010 / 17:10:27
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	LTO
Rakennusvuosi	2008
Rakennuskorkeus	5
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER
Mittausstyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	KH:n ovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0
Netttilavuus - m ³	450
Nettopinta-ala - m ²	117
Verhoilupinta-ala - m ²	550

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:
BC21-huomautus:

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	X
Valmistalo	
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiitit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä A- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	X
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	X
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	X
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	X
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	X
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	X
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	X

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	X
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Ei väliaikaisia tiivistyksiä	
Liesikupu	
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtoventtiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	484	634	812	977	1 108						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	362	497	592	731	843						m ³ /h

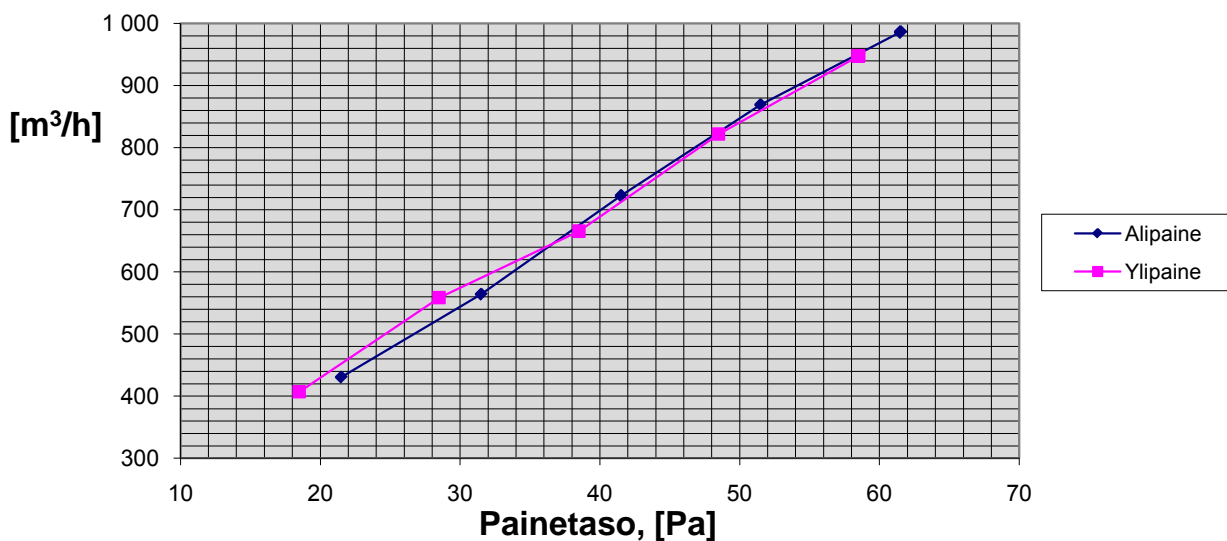
Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	4,0	Pa
	dP0,1	2,0	Pa
Mittauksen jälkeä	dP0,2+	1,0	Pa
	dP0,2-	4,0	Pa
	dP0,2	1,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	36,18		48,29	
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	28,19	46,44	36,09	64,61
VirtausekspONENTTI - n	0,80		0,73	
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,74	0,87	0,65	0,81
Vuotokerroin - C_L	36,98		48,22	
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	28,82	47,47	36,04	64,52
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	856		833	
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	831	883	798	869

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	4	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	995	hPa
Ulkolämpötila	-14,5	°C
Sisälämpötila	16,6	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - n_{50}	1,9	1,9	1,88	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	7,3	7,1	7,2	m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	1,6	1,5	1,5	m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Ilmatiiviuden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	4,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	4 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von V_{50}
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	9 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
n_{50}	9 %	
w_{50}	9 %	
q_{50}	9 %	

Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

Todistus

rakennuksen ilmatiiviydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Tomi Koota
Kaivolankatu 16
38700 Kankaanpää

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

28.01.2010 / 17:10:27

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,88$ 1/h

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Energiansäästö määräyksen (EnEv) mukainen raja-arvo n_{50} -luvulle on:

rakennuksessa jossa ei ole koneellista ilmanvaihtoa: 3 1/h ja

rakennuksessa jossa on koneellinen ilmanvaihto: 1,5 1/h.

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
	Jarkko Niemi, Olli Hietanen	

Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut
 SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka
 Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki
 Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto
 puh. 020 124 5324, 040 830 4159
 fax 020 124 5301
 jorma.tuomisto@seamk.fi
 www.seamk.fi/tkpalvelut

Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 2 (1/5)

Seinä 173 (paneliverhous + TS9 +
LE175 + N13)

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11

puh. 02-5730 300

38700 KANKAANPÄÄ

fax. 02-5724 009

www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

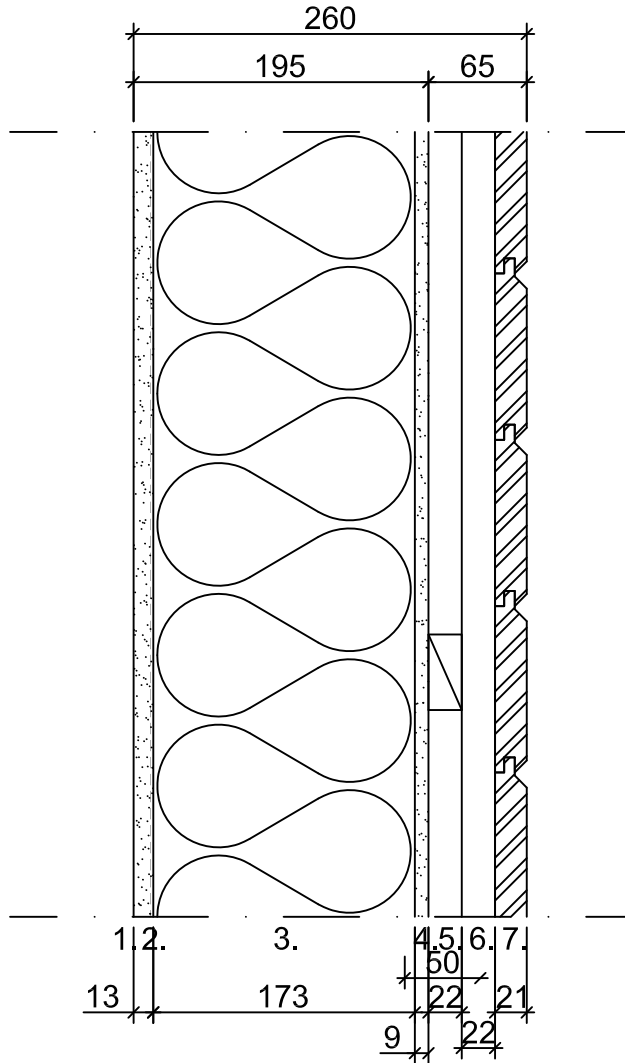
Päiväys:

Tunnus:

US173pan

Mittakaava:

1:5



- | | | |
|----|-------------------|-----------------|
| 1. | kipsilevy | 13 mm |
| 2. | höyrinsulkumuovi | 0,2 mm |
| 3. | LE UNS 37 | 175 mm |
| | runko | 42x173 k600 C24 |
| 4. | tuulensuojakipsi | 9 mm |
| 5. | koolaus | 22x50 k600 |
| 6. | koolaus | 22x100 k600 |
| 7. | ulkoverhouspaneli | UTV 21x120 |

U-arvo: 0,25 W/m²KLämmönvastus: 4.05 m²K/W

Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 2 (2/5)

Seinä 173

sisänurkkaliitos, paneloitu

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11

puh. 02-5730 300

38700 KANKAANPÄÄ

fax. 02-5724 009

www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

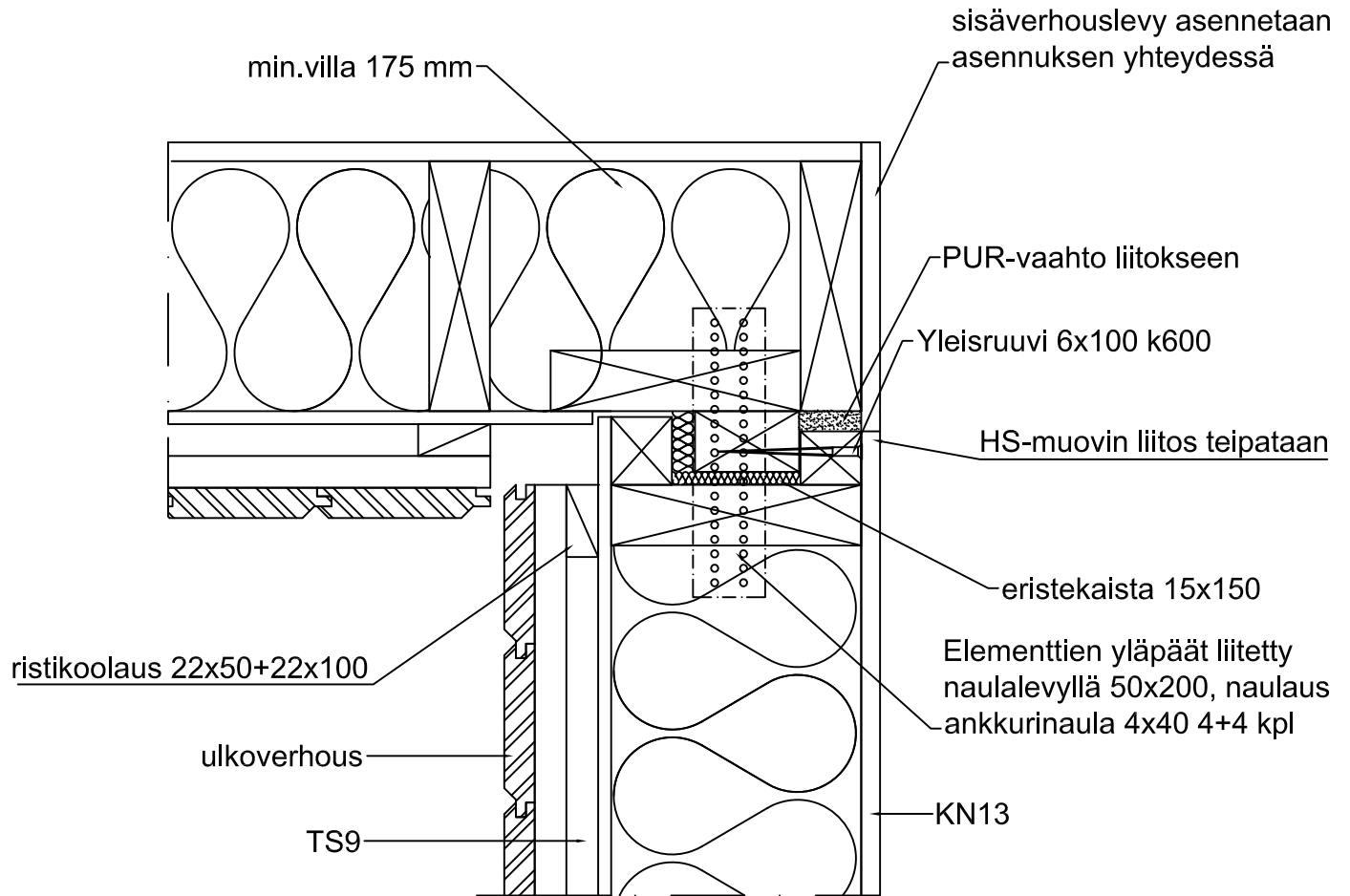
Suun.

Päiväys:

Tunnus:

Mittakaava:

1:5



Elementit kiinnitetään toisiinsa **sisäpuolelta** (yleisruuvi 6x100 k600). Liitoskohtaan laitetaan uretaanivaaho, HS-muovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan

Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 2 (3/5)

Seinä 173
saumaliitos, paneloitu

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

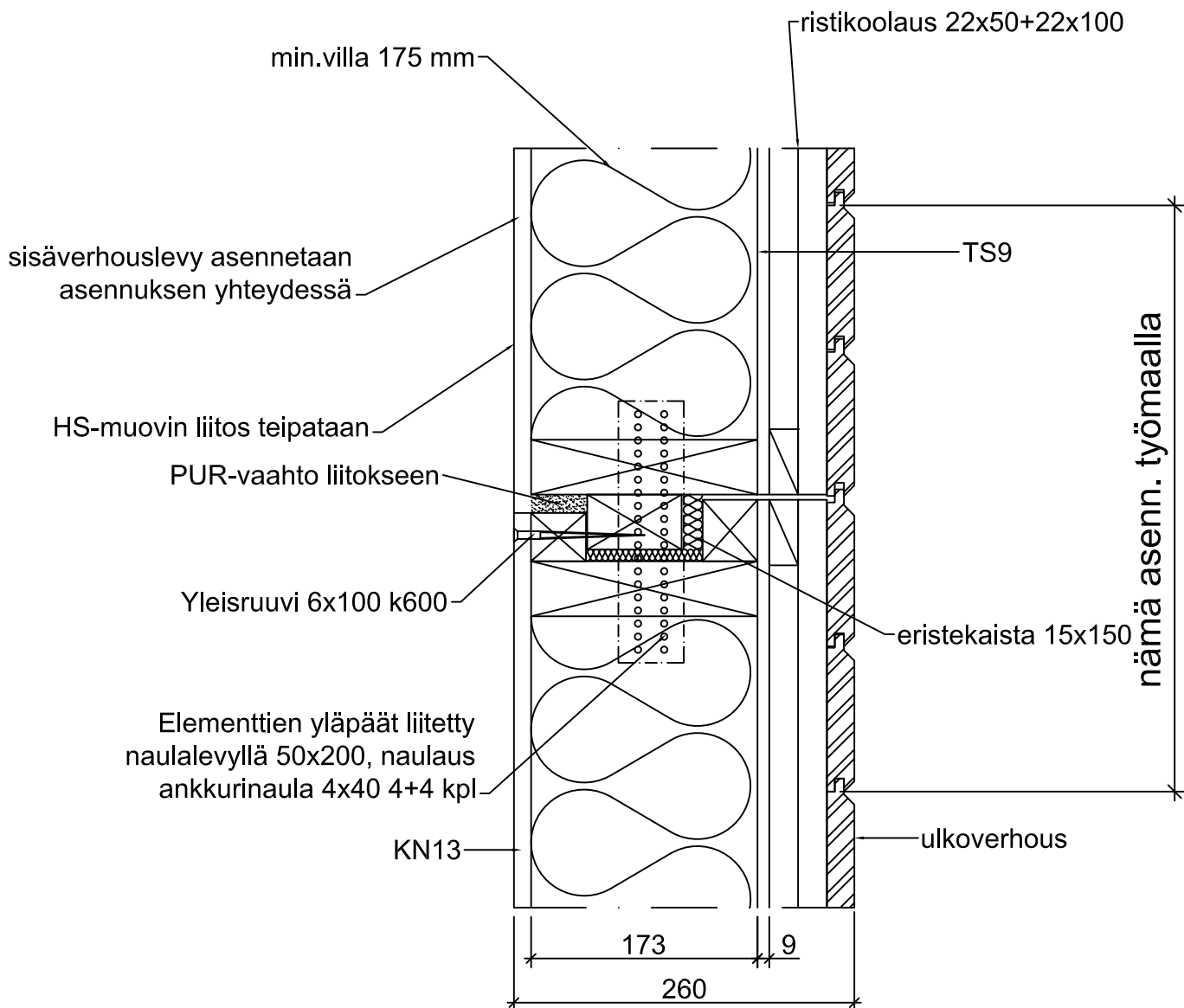
Suun.

Päiväys:

Tunnus:

Mittakaava:

1:5



Elementit kiinnitetään toisiinsa **sisäpuolelta** (yleisruuvi 6x100 k600). Liitoskohtaan laitetaan uretaanivaaho, HS-muovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan

Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 2 (4/5)

Seinä 173
ulkonurkkaliitos
Paneloitu, TS9

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

Päiväys:

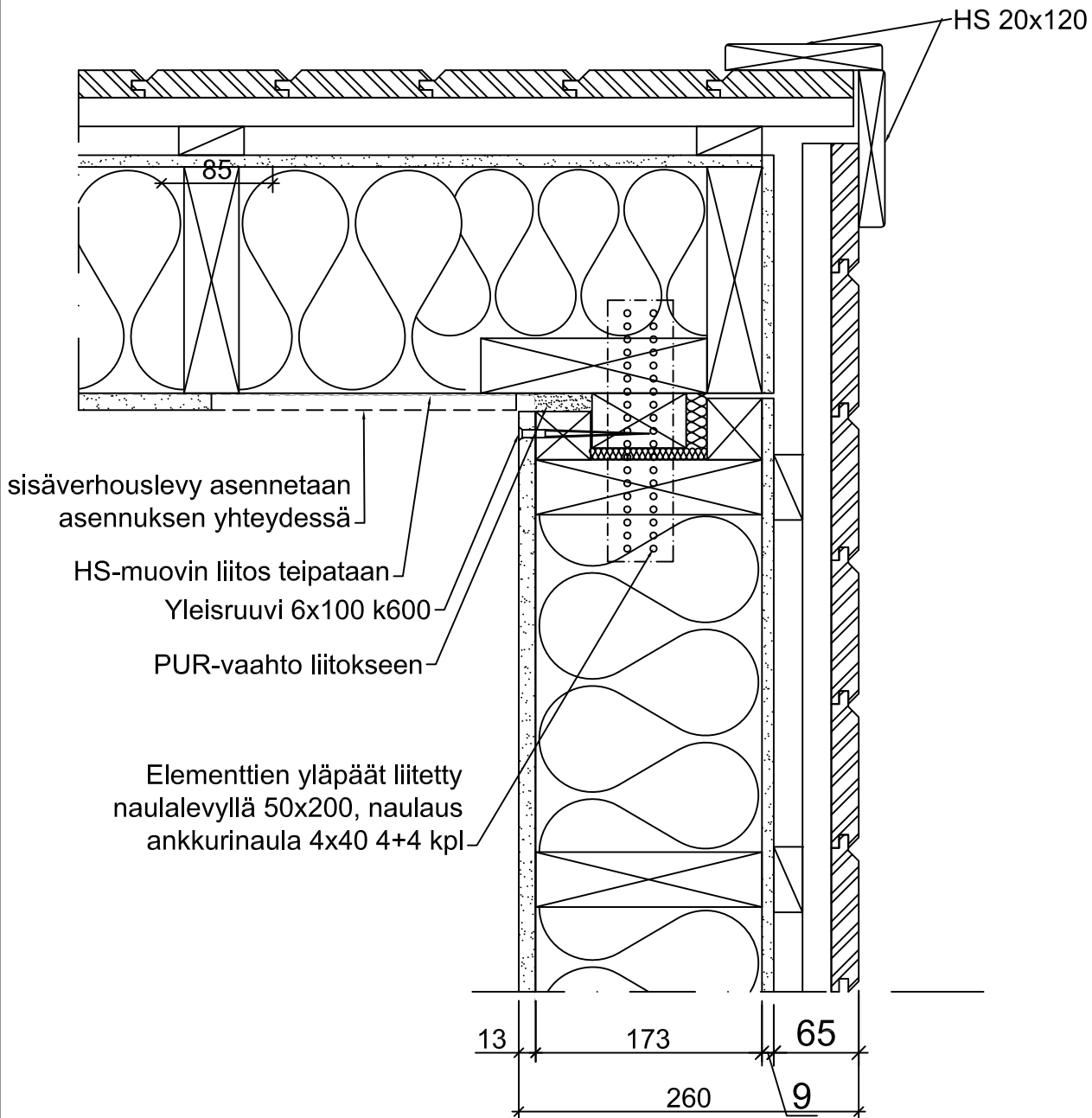
Tunnus:

UN

Mittakaava:

1:5

liittyvät piirustukset K/UN ja N/UN



Elementit liitetään toisiinsa **sisäpuolelta** (yleisruuvi 6x100 k600). Liitoskohtaan laitetaan uretaanivaaho, HS-muovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan

Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 2 (5/5)

seinä 173/ hvs-liitos

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11

puh. 02-5730 300

38700 KANKAANPÄÄ

fax. 02-5724 009

www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

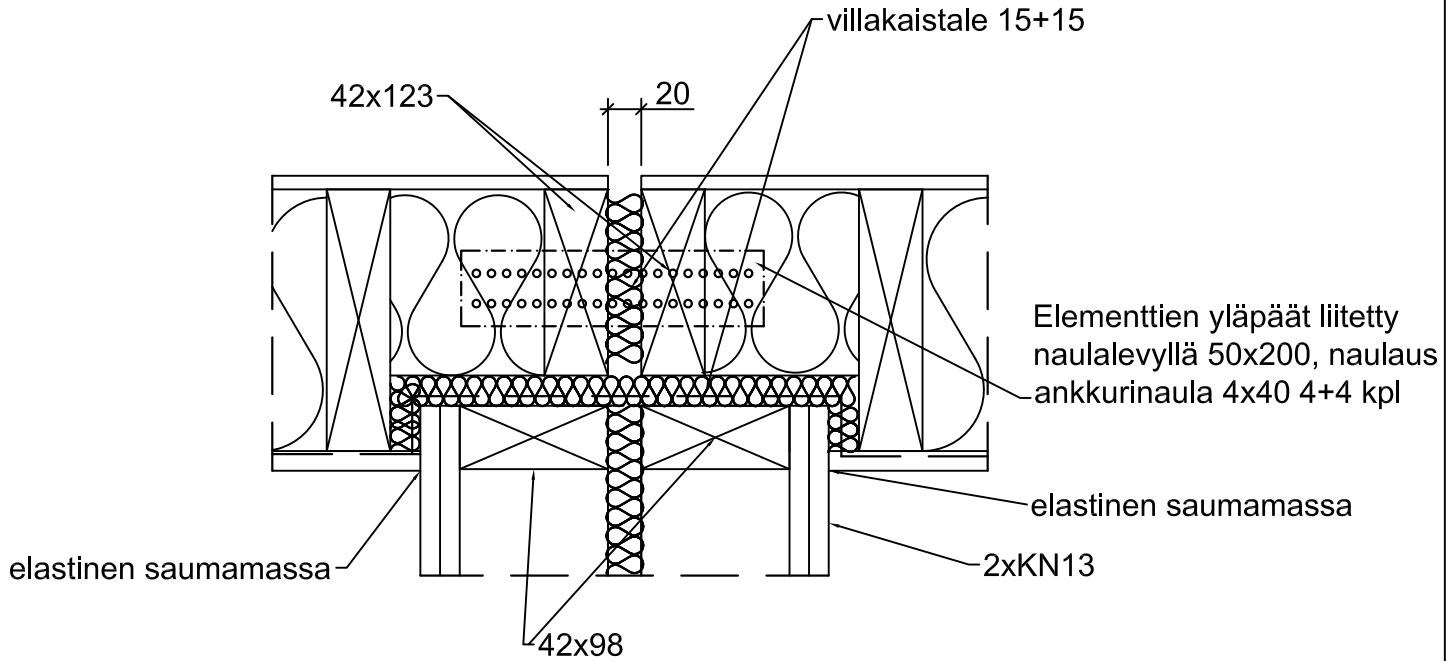
Suun.

Päiväys:

Tunnus:

Mittakaava:

1:5



liittyvät piirustukset **K/SN ja N/SN**

Elementit kiinnitetään toisiinsa **sisäpuolelta** (yleisruuvi 6x100 k600). Liitoskohtaan laitetaan uretaanivaaho, HS-muovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan

Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 3 (1/4)

Seinä 198 (tiiliverhous + TS9 mm +
LE175 + N13)

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11

puh. 02-5730 300

38700 KANKAANPÄÄ

fax. 02-5724 009

www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

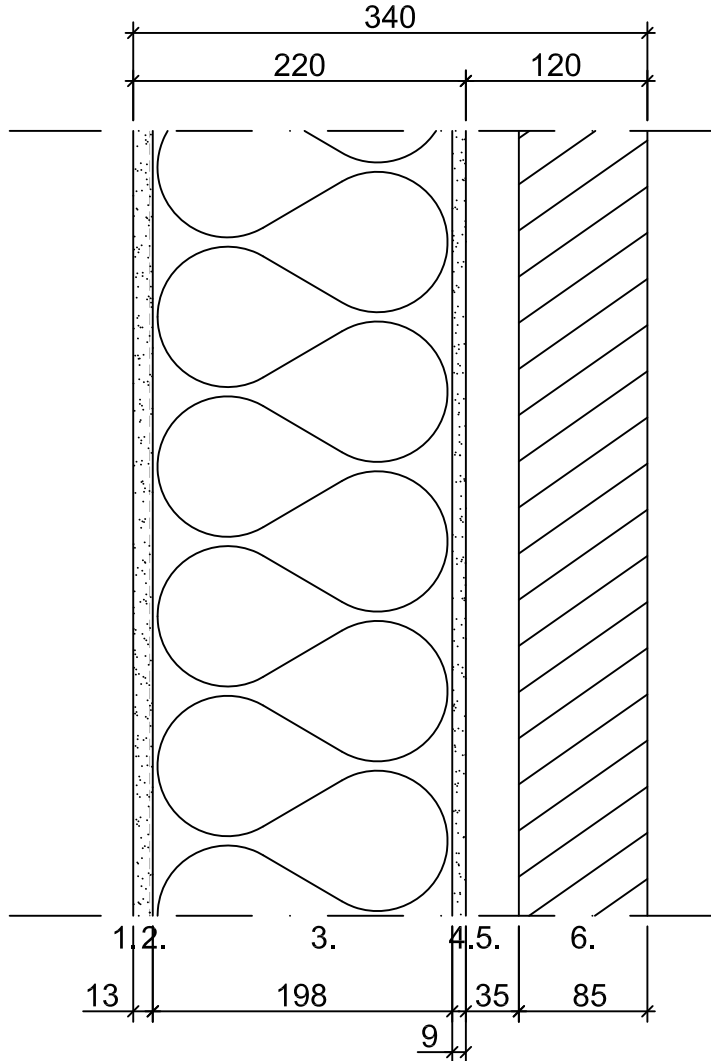
Päiväys:

Tunnus:

US198t

Mittakaava:

1:5



- | | | |
|----|--------------------|---------------------------|
| 1. | kipsilevy | 13 mm |
| 2. | höyrynsulkumuovi | 0,2 mm |
| 3. | LE UNS 37
runko | 200 mm
42x198 k600 C24 |
| 4. | tuulensuojakipsi | 9 mm |
| 5. | tuuletusrako | 35 mm |
| 6. | tiiliverhous | MRT 85 |

U-arvo: 0,21 W/m²K

Lämmönvastus: 4.57 m²K/W

Rakennuskohde:

TALO

Sisältö:

LIITE 3 (2/4)

Seinä 198
seinäliitos
TS9

HIETAKULMA OY

Pansankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi

EL05

Piirt.

Suun.

MH

Päiväys:

Tunnus:

S

Mittakaava:

1:5

Elementit kiinnitetään toisiinsa **sisäpuolelta** (yleisruuvi 6x100 k600). Liitoskohtaan laitetaan uretaanivaaho, HS-muovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan

sisäverhouslevy asennetaan asennuksen yhteydessä

HS-muovin liitos teipataan

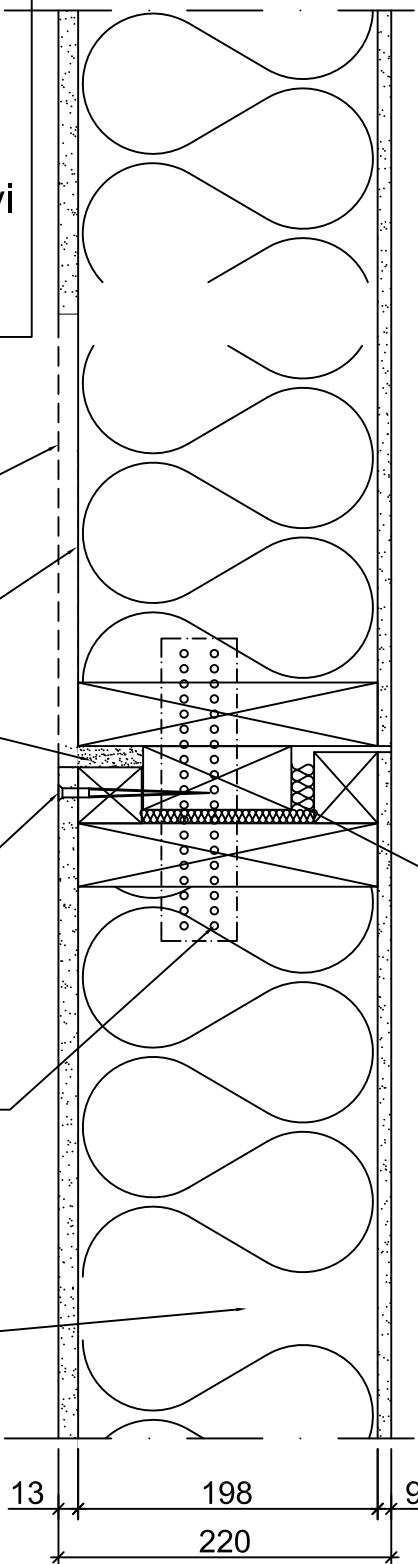
PUR-vaaho liitokseen

Yleisruuvi 6x100 k600

Elementtien yläpäät liitetty naulalevyllä 50x200, naulaus ankkurinaula 4x40 4+4 kpl

42x198 C18 k600

liittyvät piirustukset
K/S ja N/S



eristekaista 15x150

13 198 9
220

Rakennuskohde:

TALO

Sisältö:

LIITE 3 (3/4)

Seinä 198
ulkonurkkaliitos
TS9

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

MH

Päiväys:

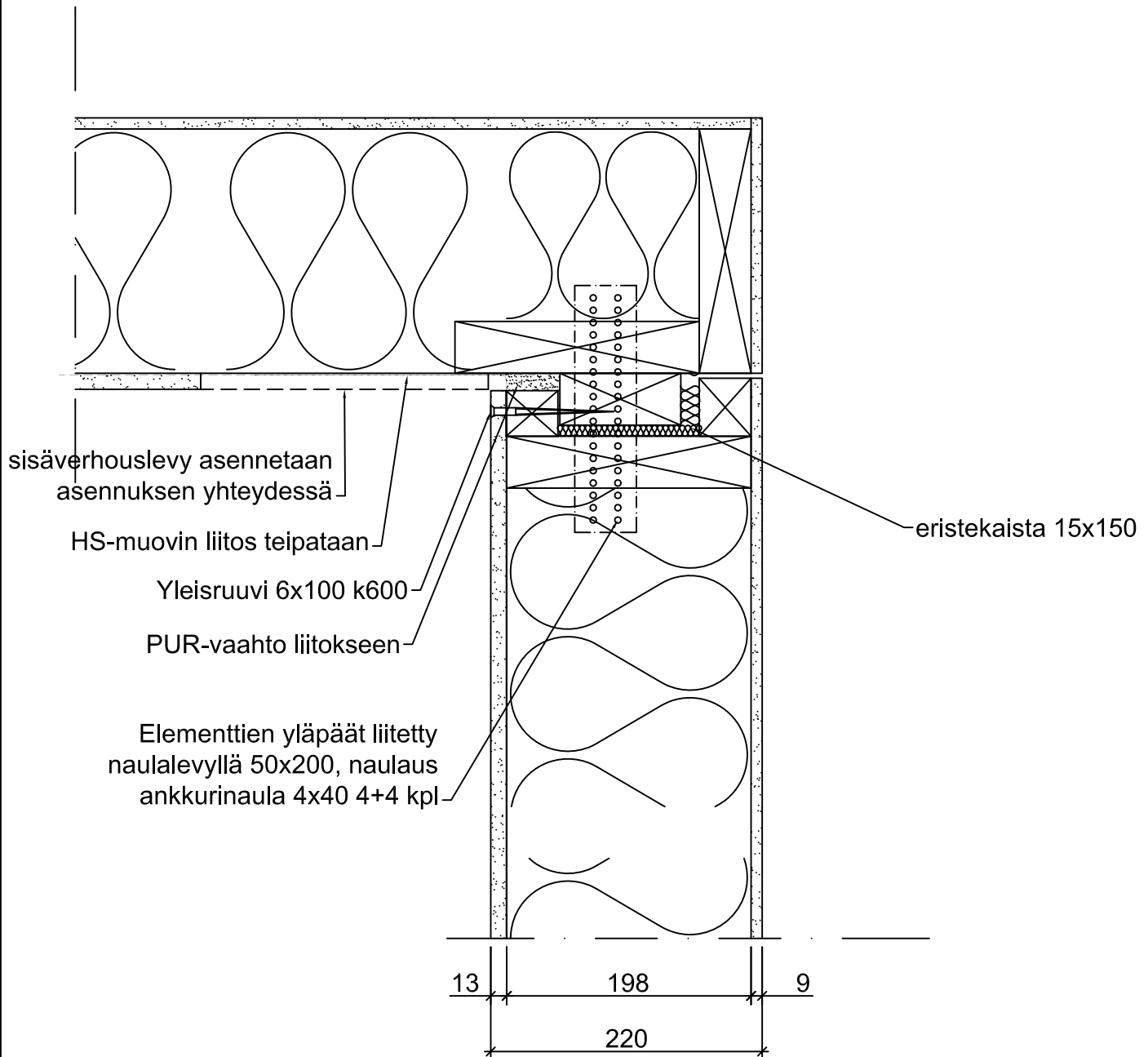
Tunnus:

UN

Mittakaava:

1:5

liittyvät piirustukset **K/UN** ja **N/UN**



Elementit kiinnitetään toisiinsa **sisäpuolelta** (yleisruuvi 6x100 k600). Liitoskohtaan laitetaan uretaanivaaho, HS-muovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan

Rakennuskohde:

TALO

Sisältö:

LIITE 3 (4/4)

Seinä 198
sisänurkkaliitos
TS9

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

MH

Päiväys:

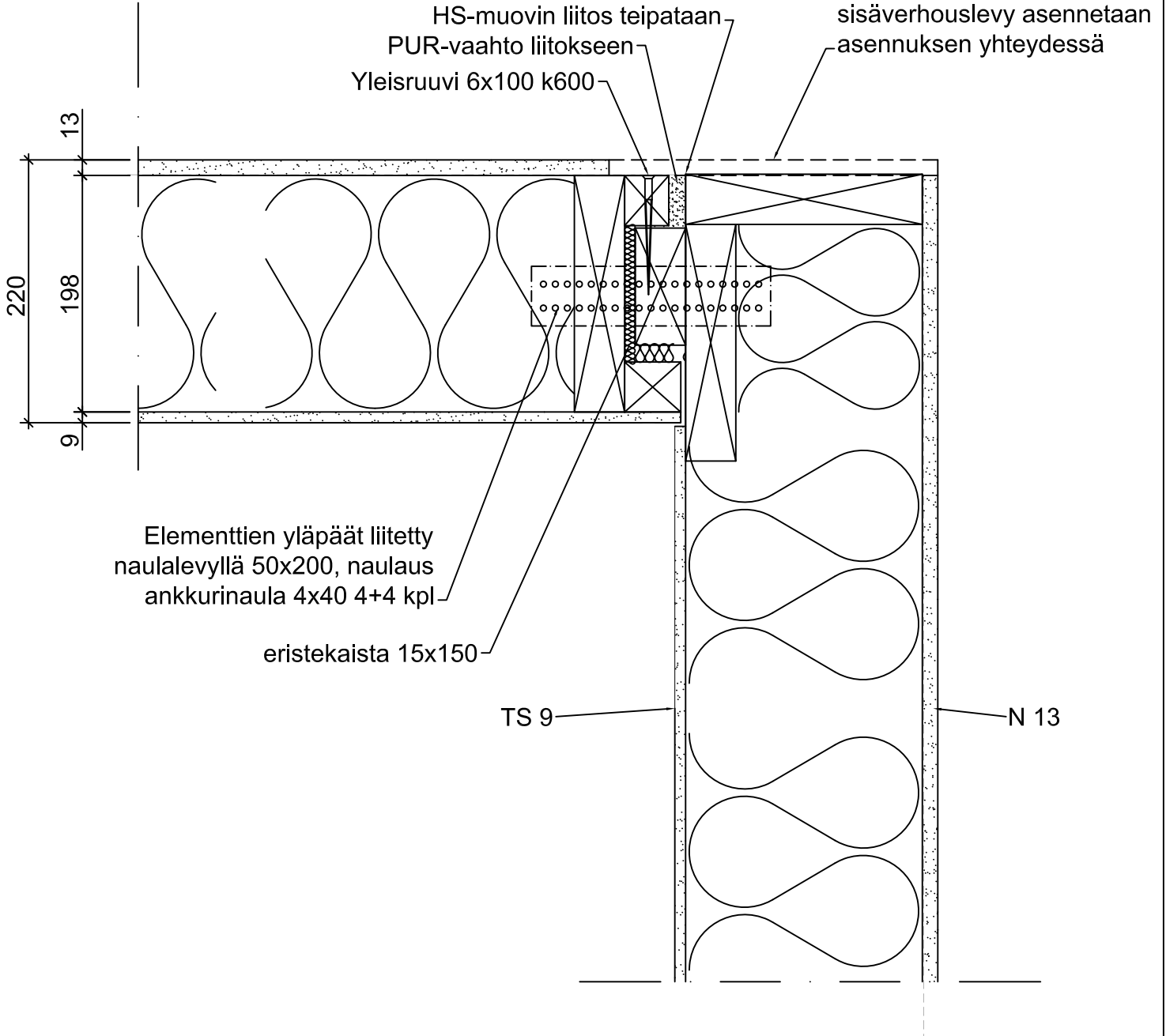
Tunnus:

SN

Mittakaava:

1:5

liittyvät piirustukset K/SN ja N/SN



Elementit kiinnitetään toisiinsa **sisäpuolelta** (yleisruuvi 6x100 k600). Liitoskohtaan laitetaan uretaanivahto, HS-muovi teipataan ja puuttuva kipsilevy asennetaan

Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 4 (1/3)

Elementin liittyminen
perustukseen, talo

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

MS

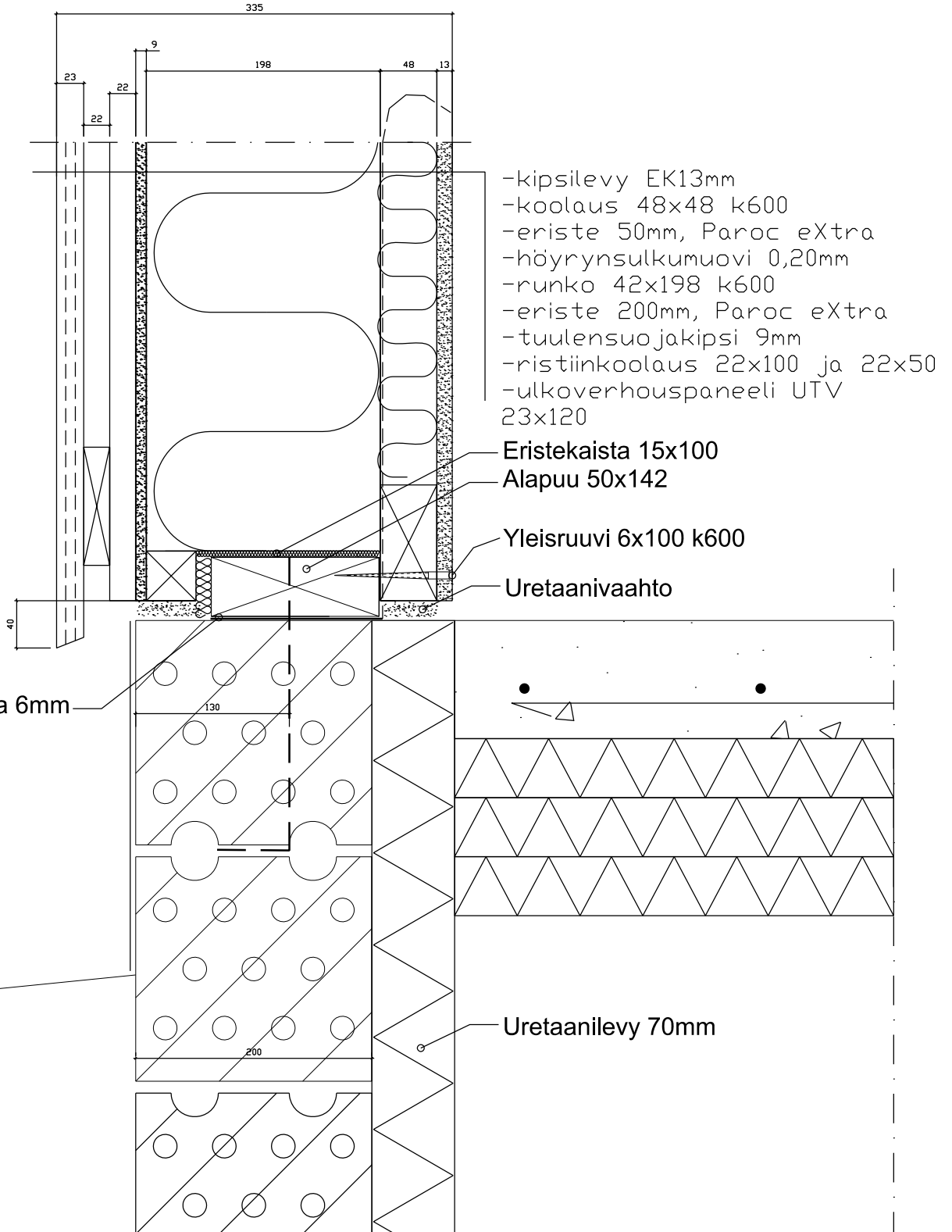
Päiväys:

20.4.2009

Tunnus:

Mittakaava:

1:5



Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 4 (2/3)

suora elementtiliitos,
seinä 198+48

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

MS

Päiväys:

13.5.2009

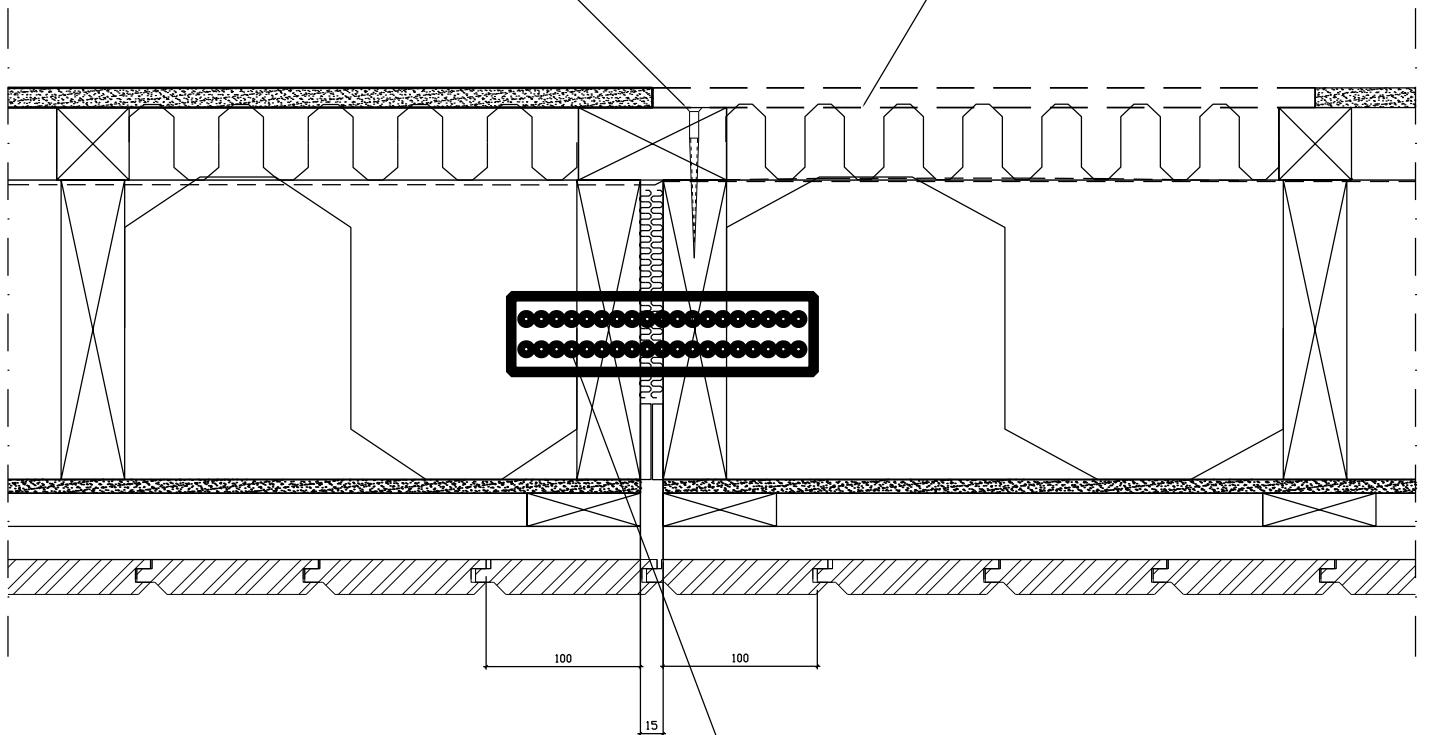
Tunnus:

Mittakaava:

1:5

elementtien yhteenruuvaus,
hs-muovin limitys ja teippaus,
villoitus ja levyn asennus

ruuvaus 6x100 k600 työmaalla.



Rakennuskohde:

Sisältö:

LIITE 4 (3/3)

ulkonurkka,
seinä 198+48

HIETAKULMA OY

Pansiankatu 11 puh. 02-5730 300
38700 KANKAANPÄÄ fax. 02-5724 009
www.hietakulma.fi / hietakulma@hietakulma.fi



EL05

Piirt.

Suun.

MS

Päiväys:

13.5.2009

Tunnus:

Mittakaava:

1:5

