

Juha Koivumäki

Rivitaloasunnon ilmatiiviys ja ääneneristävyys

Ilmatiiviys- ja ääneneristysmittaukset

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Juha Koivumäki

Työn nimi: Rivitaloasunnon ilmatiiviys ja ääneneristävyys

Ohjaaja: Veli Autio

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 38

Liitteiden lukumäärä: 7

Opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä tiiviysmittaus yhteistyössä Lujatalo Oy:n kanssa Kauhavalla sijaitsevaan As Oy Kauhavan Tuomipuiston rivitaloasuntoihin. Tiiviysmittauksella pystytään selvittämään, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmamäärä vaihtuu tunnissa. Pienemmällä ilmanvuotoluvulla saavutetaan etua energiatodistusta tehtäessä. Tutkimuksen teettäjä, eli Lujatalo Oy halusi saada tietoa rivitalokohteensa ominaisuuksista ja ilmanpitävyydestä. Rakennuksen ilmanpitävyyttä voidaan tutkia niin sanotulla painekokeella, jolla testattiin myös edellä mainitut rivitaloasunnot.

Lisäksi työssä tutkitaan ilmaääneneristävyyttä rivitaloasunnon välisen väliseinän osalta, sekä askeläänien kulkeutumismuutosta huoneistosta toiseen. Rakenteiden hyvä ääneneristävyys on tärkeä osa asumisviihtyvyyttä etenkin rivi- ja kerrostaloissa, joissa naapurihuoneistosta kuuluva melu voi häiritä normaaleja asunnossa suoritettavia toimia. Ääneneristysmittauksessa tutkitaan tietyllä voimakkuudella soitetun äänen kulkeutumista rakenteiden läpi ja tällaisen mittauksen suorittaminen sisältyy myös tähän opinnäytetyöhön.

Asiasanat: Energiatodistus, kompensatio, energiatodistus, n₅₀ luku

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology
Degree programme: Construction Engineering
Specialisation: Building Construction

Author: Juha Koivumäki

Title of the thesis: Air seal and soundproofing in row house apartments

Supervisor: Veli Autio

Year: 2012 Number of pages: 38 Number of appendices: 7

The purpose of the thesis was to make air seal testing in co-operation with Lujatalo Inc. to row houses located in Kauhava. As Oy Kauhavan Tuomipuisto is the housing cooperative of these buildings. How many times an apartment's air volume changes in an hour can be tested by doing an air seal test. A smaller number of air sealing can be beneficial in an energy certificate. Lujatalo Oy wanted to get knowledge on their row houses' statistics. A buildings' air seal can be tested with a pressure test, which was also used in the thesis.

Air soundproofing of the walls between row house apartments, and step sound proofing between apartments, were also researched in the study. That an apartment is sound proof is a big part of the living comfortability in row houses and apartment houses, where the sounds from apartments behind the walls can disturb living. The structure penetration of sounds is studied in a sound proof test and this kind of a test was also included in the thesis.

Keywords: energy efficiency, compensation, energy certificate, n_{50} quantity

SISÄLTÖ

Tiivistelmä.....	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ.....	4
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	6
KUVIOLUETTELO	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Ilmatiiviys	9
1.2 Ääneneristys	10
1.3 Työn tausta	11
1.4 Työn tavoite.....	11
1.5 Työn rakenne	11
1.6 Yritysesittely	12
2 TEORIAOSUUS	13
2.1 Ilmatiiviys	13
2.1.1 Ilmanvuotoluvun laskenta.....	14
2.1.2 Mittaukseen sisältyvät tilat.....	15
2.1.3 Ilmoitusmenettely	17
2.2 Ilmanvuotoluku osana energiatodistusta	19
2.3 Ääneneristys	20
2.3.1 Ilmaääneneristys	20
2.3.2 Askelääneneristys	22

3	MITTAUKSET	24
3.1	Tiiviysmittaus.....	24
3.2	Ilma- ja askelääneneristysmittaukset.....	26
4	MITTAUSTULOKSET	29
4.1	Ilmanvuotoluvut	29
4.2	Ääneneristysluvut.....	33
5	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET.....	39

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

n_{50} [1/h]	Ilmanvuotoluku n_{50} kertoo, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu tunnissa rakennusvaipan vuotoreittien kautta, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa:n yli- tai alipaine.
$n_{50,vert}$ [1/h]	Rakentamismääräyskokoelmassa annettu ilmapuotoluvun arvo, jota käytetään rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa. Vuoden 2007 rakentamismääräyksissä ilmapuotoluvun vertailuarvo on 4,0 1/h ja vuoden 2010 rakentamismääräyksissä 2,0 1/h.
$n_{50,suun}$ [1/h]	Ilmapuotoluvun suunnitteluarvo, jota käytetään rakennuslupavaiheessa rakennuksen energiaselvitystä ja todistusta laadittaessa.
$n_{50,ilm}$ [1/h]	Talopaketeissa talotyypille ilmoitettu ilmapuotoluku.
ET-luku [kWh/brm²/vuosi]	Energiatohokkuusluku kertoo, kuinka paljon rakennus kuluttaa energiaa kilowattitunteina rakennuksen bruttoalaa kohti vuodessa.
Nettobilavuus[m³]	Lämpimän tilan, jota rajoittavat ulkoseinien, alapohjan ja yläpohjan ulkopinnat, tilavuus.
Nettopinta-ala[m²]	Kaikkien yksittäisten huoneiden sisäpinta-ala, yleensä käytetään nimitystä huoneistoala.
U-arvo[W/m²/K]	Lämmönläpäisykerroin kertoo lämpövuon eli lämpövirran, joka läpäisee rakenteen. Arvo, joka kuvaa rakennuksen osien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi arvo, sitä parempi lämmöneristyskyky.

LTO	Ilmanvaihtokone on varustettu lämmöntalteenotolla. Lämmöntalteenottokyky ilmoitetaan yleensä prosentteina, kuinka paljon poistoilman lämmöstä pystytään hyödyntämään.
$q_{50}[\text{m}^3/\text{m}^2]$	Rakennuksen ilmanvuotoluku vaipan pinta-alaa kohti.
Ilmaääni	Äänilähteestä ilman välityksellä ympäristöön leviävä ääni.
$R'_{w,b}$	Ilmaääneneristysluku eli rakenteiden ja tilojen välistä ilmaääneneristävyyttä kuvaava luku, joka saadaan vertaamalla taajuuskaistoittain mitattua ilmaääneneristävyyttä standardoituun vertailukäyrään. Mitattu rakennuksessa.
$R_{w,b}$	Kuten $R'_{w,b}$ mutta mitattu laboratoriossa.
$L'_{n,w}$	Askeläänitasoluku, joka kertoo vakioääniherätteellä syötetyn runkoäänen aiheuttaman ilmaääneneristävyyden toisessa huoneistossa.
$L_{n,w}$	Kuten $L'_{n,w}$ mutta mitattu laboratoriossa.
Lämpökamera	Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn, infrapunasäteilyn, voimakkuutta.

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Ilmanvaihtoaukkojen ja viemärien tiivistyksiä.	25
Kuvio 2. Wöhler Blower Check BC-21 valmiina mittaukseen.	26
Kuvio 3. Ääneneristysmittauslaitteistoa.....	28
Kuvio 4. Huoneiston A1 ilmanvuotokäyrä.	29
Kuvio 5. Huoneiston B4 ilmanvuotokäyrä.	30
Kuvio 6. Huoneiston C1 ilmanvuotokäyrä.	30
Kuvio 7. Huoneiston D4 ilmanvuotokäyrä.	31
Kuvio 8. Kuvia samoista tiloista huoneistoissa valokuvana ja lämpökameran kuvana.	33
Kuvio 9. Ilmaääneneristysmittauksen tuloksia.....	34
Kuvio 10. Askelääneneristysmittauksen tuloksia.....	34

1 JOHDANTO

1.1 Ilmatiiviys

Rakennusten energiatehokkuus korostuu yhä enemmän nykypäivänä, kun energiamääräykset tiukentuvat ja energian hinta on nousussa. Rakennuksen energiankulutusta kuvaamaan on kehitetty energiatodistus. Energiatodistus tuli pakolliseksi kaikille rakennettaville asuintaloille vuoden 2008 alusta alkaen. Se on ollut myös pakollinen vuoden 2009 alusta lähtien vanhemmille rakennuksille myynnin ja vuokrauksen yhteydessä, mutta määräys ei koske pientaloja, enintään kuuden asunnon asuinrakennuksia tai asuinrakennusryhmiä. Työssä käsitellään tiiviysmittausta ja ilmavuotolukuja, jotka kuuluvat osana energiatodistukseen.

Ilmatiiviysmittauksia on aloitettu tavallisessakin rakentamisessa tehdä jo 1980-luvulla energiatehokkuuslaskelmien ja muuttuneiden rakennusmääräysten vuoksi (Niemi 2010, 11). Rakennuksen energiatehokkuusluokkaa energiatodistuksessa voidaan parantaa vaipan hyvällä ilmanpitävyydellä. Hyvällä ilmanpitävyydellä on mahdollista kompensoida myös rakennuksen muita lämpöhäviöitä, mutta ensisijaisesti sitä tulisi käyttää rakennuksen energiatehokkuutta parantavana tekijänä heikentämättä ulkovaipan lämmöneristystä tai lämmöntalteenottolaitteiston hyötysuhdetta. Rakennuksen ilmavuotolukua, n_{50} , tarvitaan lähtötietona rakennuksen lämmöntarvetta laskettaessa. Pientalossa erinomainen arvo on $< 1,0$ 1/h, normaali noin $< 3,0$ 1/h ja heikko $> 8,0$ 1/h. Kerrostalon tapauksessa erinomainen arvo on $< 0,5$ 1/h, normaali noin $1,5$ 1/h ja heikko > 4 1/h. n_{50} -arvot ovat usein suuremmissa rakennuksissa pienempiä. Lämmöntarvetta tarkastellaan uudisrakennuksen tapauksessa energiaselvitystä ja energiatodistusta laadittaessa sekä energiatodistuksen tietoa tarkastettaessa ennen rakennuksen vastaanottoa. Käytössä olevissa rakennuksissa lämmöntarvetta tarkastellaan energiakatselmuksen yhteydessä, sekä mahdollisen energiatodistuksen laatimisen yhteydessä. Ilmavuotoluvun suunnitteluarvona $n_{50,suun}$, voidaan käyttää rakentamismääräyksissä annettua ilmavuotoluvun raja-arvoa, jota käytettäessä luvun paikkansapitävyyttä ei tarvitse mitenkään todistaa. Ilmavuotoluvun raja-arvo $n_{50,raja}$, on $4,0$ 1/h. Käytettäessä suunnittelussa tätä raja-arvoa pienempää ilmavuotolukua tulee ilmoitettu arvo

osoittaa rakennusvalvonnalle mittauksella tai muulla menettelyllä. (RT 80-10974, 2009, 3). Tutkittavaan rakennukseen on tehty suunnitteluarvojen pohjalta energiatodistus ja ilmoitettu siihen kuuluvat ilmapuotoluvut. Ilmapuotoluku on suunnitelmi- en pohjalta laskettuna $n_{50,suun}[1/h] = 2,0$.

1.2 Ääneneristys

Rivitaloasunnoissa ja kerrostaloasunnoissa asuntojen välisten seinien ääneneris- tävyys koetaan usein asumisviihtyvyyteen vaikuttavaksi asiaksi ja tähän tulisi kiin- nittää huomiota kyseisen kaltaisia rakennuksia rakennettaessa. Äänenvoimakkuut- ta kuvataan sanalla äänenpainetaso. Äänenpainetaso ilmoitetaan lukuarvona, jon- ka yksikkönä käytetään desibeliä (dB). Kyseistä suuretta voidaan mitata äänen- painemittarilla. Desibeli on logaritminen suure, joten useiden äänilähteiden aiheut- tamaa äänenpainetasoa ei voi laskea pelkästään summaamalla yksittäiset äänen- painetasot yhteen. Rakenteen kykyä eristää ilmapuotusta tilojen välillä kuvataan il- mapuoteneristysluvulla R_w [dB]. Luku kuvaa ilmapuoteneristävyttä siten, että mitä suurempi se on, sitä parempi on rakenteen ilmapuoteneristävyys. Ääneneris- tysongelmien ehkäisemiseksi on kehitetty erilaisia seinärakenteita. (Lahtela, 2004, 3,12)

Askeläänen eristys vaikuttaa myös omalta osaltaan asumisviihtyvyyteen ja myös siihen kiinnitetään erityistä huomiota useita asuntoja sisältävien rakennusten lattia rakenteissa. Askeläänet aiheutuvat normaalissa asumisessa väli- tai alapohjalla kävelemisestä tai muista iskuista lattiaan. Kävely tai muut lattiaan kohdistuvat iskut aiheuttavat väli- tai alapohjassa värähtelyä, joka synnyttää ilmapuotusta toiseen huo- neistoon. Erityisesti askeläänet ovat kerrostalojen ongelma, mutta myös rivitalois- sa askelääniä voi kulkeutua häiritsevästi asunnosta toiseen. Käsitteellä rakenteen askelääneneristävyys kuvataan rakenteen kykyä tuottaa ilmapuotusta toiseen huo- neistoon, kun toisessa huoneistossa tuotetaan runkoääntä tietyllä voimakkuudella askeläänikojeen avulla. Tämän mittauksen tulosta kutsutaan askeläänitasoluvuksi, ja sen yksikkö on $L_{n,w}$ [dB]. Tätä lukuarvoa tulee tulkita siten, että mitä pienempi luku on, sitä parempi on rakenteen askelääneneristys. (Lahtela 2004, 10,12-13)

Tässä työssä tutkittavien huoneistojen välisissä väliseinissä osalta on pyritty ilma-äänien kulkeutumista estävään rakenteeseen rakentamalla väliseinä, joka on tehty ilmaraollisella limitetyllä kaksoisrunkorakenteella. Alapohjassa on päädytty kelluvalla pintalaatalla varustettuun rakenteeseen, joka vähentää askeläänien kulkeutumista asuntojen välillä.

1.3 Työn tausta

Työn taustalla on halu saada tietoa rakenteiden tiivyydestä, ilmaääneneristävyydestä ja askelääneneristävyydestä. Rakennuksista on laskettu ilmanvuotoluvut, ($n_{50,suun}$) suunnitteluvaiheessa energiatodistusta tehtäessä. Lujatalo Oy halusi testata, ovatko asunnot ilmanpitävyydeltään energiatodistuksen suunnitteluarvoja vastaavia tai mahdollisesti vielä parempia. Ääneneristysmittaukset tulivat eräänlaisena lisäosana työhön, mutta niiden avulla urakoitsijan on hyvä seurata valittujen rakenteiden toimivuutta ja mahdollisesti hyödyntää saatuja tietoja myöhemmin erilaisissa kohteissa.

1.4 Työn tavoite

Työn tavoitteena on suorittaa laadunvarmistustoimenpiteitä tutkittaville rakennuksille. Tarkoituksena on tutkia rakennuksien ilmatiiviyttä paine-erokokeen avulla, sekä tutkia ilmaäänien ja askeläänien eristävyyttä huoneistojen välillä. Saatuja tuloksia voidaan mahdollisesti hyödyntää energiatodistusta tehtäessä, sekä rakennettaessa myöhemmin samankaltaisia kohteita.

1.5 Työn rakenne

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ensin teoreettisesti aiheena olevia asioita. Tiiviyksmittausta käsitellään lähinnä mittauksen toteutusta ja saatujen tulosten hyödyntämistä kuvaten. Tulokset ovat hyödynnettävissä energialukujen laskennassa. Ilmaääneneristävyyttä sekä askelääneneristävyyttä tarkastellaan myös ensin teoreettisesti käytännön toimenpiteiden ja yleisen teorian osalta. Tämän jälkeen tutus-

tutaan mittausmenetelmiin ja niiden toteutukseen. Seuraavaksi tarkastellaan mittausmenetelmistä saatuja tuloksia. Lopuksi tarkastellaan saatuja tuloksia ja tehdään niiden pohjalta yhteenveto.

1.6 Yritysesittely

Lujatalo Oy on suomalainen rakennusalan yritys, joka kuuluu Luja-yhtiöihin. Lujayhtiöt on yksi Suomen suurimmista rakennusalan konserneista ja siihen kuuluu rakennusliike Lujatalo Oy, betoniteollisuusyritys Lujabetoni Oy sekä kuivatuoteyritys Fescon Oy. Yhtiö on kolmannen polven perheyrittäjä, joka on perustettu 16.11.1953. Lujatalo Oy:ssä työskentelee yli 900 työntekijää ja koko konsernissa noin 1600 työntekijää. Konsernin liikevaihto on noin 454 M€. Yrityksellä on alueyksiköitä kautta Suomen. Uudenmaan, Lahden, Hämeen, Pirkanmaan, Kaakkois-Suomen, Itä-Suomen, Keski-Suomen, Pohjanmaan sekä Pohjois-Suomen toimialueilla on käynnissä noin 120 työmaata vuodessa. Työmaita on sekä uudisrakentamisen että korjausrakentamisen alalta. Yritys tekee myös omia myyntiasuntoja, jotka myydään Lujakoti-brändin alla. Pohjanmaan toimipiste sijaitsee Seinäjoella ja sen kautta on hoidettu tämän työn toimeksianto sekä muu yhteydenpito. Yhteyshenkilönä toimi Vesa Väliniemi.

2 TEORIAOSUUS

2.1 Ilmatiiviys

Ilmatiiviysmittauksessa eli painekokeessa, määritetään ilman tilavuusvirta, joka on puhallettava rakennukseen tai sieltä pois, jotta rakennuksen ulkovaipan yli saadaan tavoiteltu paine-ero. Puhallettaessa ilmaa rakennukseen, kutsutaan koetta ylipainemittaukseksi ja puhallettaessa ilmaa pois rakennuksesta, kutsutaan koetta alipainemittaukseksi. Ilman tilavuusvirtoja määritettäessä ne tulee mitata portaittain eri paine-eroilla vähintään 50 Pa:n paine-eroon asti. Ilmatiiviysmittauksessa mitataan 50 Pa:n paine-erolla esiintyvää ilman vuotamista rakenteiden läpi standardin SFS EN 13829/14/ mukaisesti. Mittauksessa käytetään standardissa esitellyä menetelmää B, eli ilmavuotolukuna käytetään alipaineessa saatuja tuloksia. Ilmanvaihtoa varten tehdyt aukot sekä muut aukot, kuten hormit ja tulisijat, tiivistetään huolellisesti teippaamalla tai muulla toimivalla tavalla. Ovien ja ikkunoiden tulee mittauksen aikana olla kiinni. Viemäreistä on tarkastettava, että viemäreiden vesilukot ovat ilmaa pitäviä eli niissä on vettä. Asunnon väliovet pidetään kokeen aikana auki, jotta ilma pääsee kulkemaan esteettä rakennuksessa. Tiiviysmittaus tapahtuu tarkoitusta varten tehdyllä painekoelaitteistolla mutta vaihtoehtona, on mahdollista tehdä mittaus myös rakennuksen omilla ilmanvaihtolaitteilla. Kun käytetään rakennuksen omaa ilmanvaihtolaitteistoa, menetelmää B tulee käyttää soveltuvien osien. Ilmavuotoluvun mittauksessa tulisi suosia painekoelaitteistoa, koska sillä saatu mittaustulos on luotettavampi. Mitattaessa ilmanvuotolukua pien- tai kerrostalon omalla ilmanvaihtolaitteistolla on edellytyksenä, että rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmänä on keskitetty poistoilmanvaihto tai keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto. Käytettäessä keskitettyä poistoilmanvaihtojärjestelmää huoneiston tai huoneistojen korvausilmakanavat tulee sulkea. Ilman tilavuusvirta mitataan tässä tapauksessa puhaltimen tai IV-koneen poistoilmakanavasta. Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustetussa rakennuksessa on mahdollista tehdä sekä ali-että ylipainekoe. Kyseisessä tapauksessa tulee sulkea joko IV-koneen tulo- tai poistoilmakanava toimenpiteen ajaksi ja mitata ilman tilavuusvirta avoimesta kanavasta. IV-koneen avulla tehtävässä painekokeessa on tärkeää varmistaa,

että mitattaviin tiloihin sisältyy kaikki tilat, joiden ilmanvaihdosta IV-kone huolehtii. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.)

2.1.1 Ilmanvuotoluvun laskenta

Ilmanvuotoluku voidaan laskea kaavalla $n_{50}=v/V$. v tarkoittaa ilman tilavuusvirtaa, joka tarvitaan 50 Pa:n paine-eron saavuttamiseksi vaipan yli [m^3/h]. V tarkoittaa rakennuksen sisätilavuutta [m^3]. Rakennuksen ilmavuotoluku on mahdollista määrittää myös vaipan pinta-alaa kohti $q_{50}=m^3/(h*m^2)$ lukuna, missä m^3 tarkoittaa rakennuksen tilavuutta, h tuntia ja m^2 huoneiston bruttopinta-alaa. q_{50} -luku voidaan laskea myös n_{50} -luvusta kaavalla $q_{50} = n_{50}(V / A_e)$. Kaavassa A_e tarkoittaa rakennuksen vaipan pinta-alaa sisätilojen mukaan laskettuna. Rakennuksen tilavuuden kasvaessa n_{50} -luku yleensä pienenee, vaikka vaipan ilmanpitävyys ei tule paremmaksi. Ilmiö johtuu siitä, että suhde V/A_e yleensä kasvaa sisätilavuuden kasvaessa. Pientaloissa suhde V/A_e on tyypillisesti välillä 0,7—1,5, mutta kerrostaloissa suhde V/A_e vaihtelee välillä 2,0 — 3,5, jos ilmanpitävyyssmittaus sisältää koko rakennuksen tai koko portaan. Edellä kuvatuista syistä johtuen q_{50} -luku kuvaa paremmin ulkovaipan todellista ilmanpitävyyttä suurempien rakennusten ollessa mittauksen kohteena. Ilmanpitävyyden mittaustulosta ilmoitettaessa onkin suositeltavaa ilmoittaa sekä n_{50} - että q_{50} -luku. Talotyyppin ilmoitettua ilmanvuotolukua laskettaessa on myös suositeltavaa ilmoittaa sekä n_{50} - että q_{50} -luku, vaikka energiaselvityksen laadinnassa käytetäänkin n_{50} -luvun perusteella laskettua ilmoitettua ilmanvuotolukua. Ilmanvuotolukujen mittaustulosten arvot ilmoitetaan 0,1 1/h:n ja 0,1 $m^3/(h*m^2)$:n tarkkuudella ja ne pyöristetään normaalien pyöristyssääntöjen mukaisesti. Myös alle 50 Pa:n paine-eroa voidaan käyttää rakennuksen ilmanvuotoluvun määrittämisessä, jos mittaukset on tehty portaittaisesti vähintään kolmella eri paine-erolla ja kokeessa on saavutettu vähintään 30 Pa:n paine-ero. Myös vähintään 20 Pa:n paine-ero voidaan hyväksyä, jos mittaus tehdään kesäaikana ulkolämpötilan ollessa vähintään 15 celsius astetta ja tuulen nopeuden ollessa alle 1 metri sekunnissa. Käytettäessä mittauksessa alle 50 Pa:n paine-eroa, 50 Pa:n paine-eroa vastaava ilmavuotoluku tulee määrittää ekstrapoloimalla lineaarisesti logaritmisella asteikolla alemmissa paine-eroissa saaduista tuloksista. Paine-eron mittaus tulee pyrkiä suorittamaan tuulelta suojaossa olevan julkisivun puolelta. Kuitenkin

käytännössä esimerkiksi ulko-oveen kiinnitettävän painekoelaitteiston tapauksessa paine-eron mittaus tapahtuu ulko-oven kohdalta, jolloin ulko-oven sijainti määrää mittaussuunnan. Tarvittaessa voidaan muista ilmansuunnista tehdä paine-eron tarkistusmittauksia erillisillä mittareilla. Ympäristöministeriön julkaisemassa Tasaustaslaskentaoppaassa 2007/15/ ohjeistetaan mittaamaan ilmanvuotoluku 50 Pa:n alipainetilanteessa. On kuitenkin suositeltavaa suorittaa mittaus sekä yli- että alipainetilanteessa, koska paine-eron suunnan muuttuessa vaipan ilmavuotoluku voi muuttua merkittävästi. Erot ilmavuotoluvussa voivat johtua esimerkiksi siitä, että ilmansulun vuotokohdat voivat avautua tai sulkeutua riippuen ilman virtaussuunnasta. Tehtäessä mittaus sekä yli- että alipainetilanteessa ja vaipan ilmanvuotolukujen eroavaisuuden toisistaan ollessa enintään 0,5 1/h ilmanvuotolukuna tulee käyttää mittausten keskiarvoa. Muussa tapauksessa ilmavuotoluvuksi valitaan suurempi mittaustulos. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.)

2.1.2 Mittaukseen sisältyvät tilat

Rakennuksen mitattavaan tilaan sisältyvät kaikki tilat, jotka ovat selvästi ilmanpitävän vaipan sisäpuolella. Kaikki lämmitetyt ja jäähdytetyt tilat sekä koneellisella ilmanvaihdolla varustetut tilat sisältyvät yleensä mitattavaan tilaan. Tehtäessä paine-eromittauksista osassa rakennusta, mittaukseen tulee pääsääntöisesti ottaa mukaan saman palo-osaston sisällä olevat tilat. Jos lämmitetty tai jäähdytetty ja ulkovaipaltaan lämmöneristetty, mutta selvästi ilmanpitävän vaipan ulkopuolelle jäävä tila liittyy mitattavaan huoneistoon, sitä ei tule ottaa mukaan mittaukseen. Tällöin mitattavan tilan, ja edellä mainitun erillisen tilan, välillä olevat ilmanvaihtoaukot tiivistetään ja kulkuaukot suljetaan paine-erokokeen ajaksi. Edellä mainitun mukaisesti mitattavaan tilaan otetaan mukaan myös esimerkiksi autotallit, tekniset tilat, varastot ja kellarit, jos ne ovat ilmanpitävän vaipan sisäpuolella. Mitattaessa näitä lisätiloja, ei ole väliä, onko tiloihin erillinen sisäänkäynti ulkoa ja ovatko tilat lämmitettyjä. Väliseinien ilmatiiviyttä voidaan myös arvioida mittaamalla paine-ero seinän yli painekokeen yhteydessä. Mitattaessa ilmavuotolukua rakennuksen omalla ilmanvaihtokoneella mittaukseen tulee ottaa mukaan kaikki tilat, joiden ilmanvaihto tapahtuu laitteen kautta. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.)

Laskettaessa ilmavuotolukua käytetään sisätilojen tilavuuden laskennassa Rakentamismääräyskokoelmassa D5 /16/ määritettyä rakennuksen ilmatilavuuden määrittelyä. Rakennuksen ilmatilavuutena käytetään huonekorkeuden ja kokonaissämittojen mukaan lasketun pohjapinta-alan tuloa. Välipohjia ei lasketa mukaan ilmatilavuuteen. Huoneiston ilmatilavuus lasketaan pääosin samoin, kuin rakennuksen ilmatilavuus, mutta rakennuksen ilmatilavuuden laskennasta poikkeavasti myös väliseinät otetaan mukaan tilavuutta laskettaessa. Laskettaessa rakennuksen tai huoneiston ilmatilavuutta ilmavuotolukujen laskentaa varten standardin SFS-EN 13829/14/ ohjeista poiketaan siten, että myös väliseinien ilmatilavuus ja alle 160 cm korkuiset tilat huomioidaan. Näin saadaan rakennuksen todellista ilmatilavuutta vastaava luku ja väliseinien mukaanotto helpottaa laskentaa. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.)

Uudisrakennuksissa paine-ero-koe kannattaa tehdä siinä vaiheessa, kun ulkovaiipan ilmanpitävyyteen vaikuttavat työt on tehty, mutta pintoja ei ole vielä viimeistely. Tällöin mahdolliset lisätiivistykset on helpompaa toteuttaa. Jos rakennuksen lämpöhäviöiden laskentaan on käytetty ilmavuotoluvun suunnitteluarvoa ja mitattu arvo poikkeaa suunnitteluarvosta huonompaan, rakennusta tulee lisätiivistää ja tehdä uusintamittaus. Lisätiivistystä ja uusintamittauksia jatketaan tarvittaessa niin kauan, että päästään suunnitteluarvon mukaiselle tasolle. Mahdollisesti esiintyvät ilmanvuotoreitit voidaan mittauksen yhteydessä paikallistaa joko lämpökameralla tai merkkisavulla. Tämä mahdollistaa niiden välittömän tiivistämisen. Ilmanpitävyyssmittauksesta laaditaan raportti, jollainen on tämänkin opinnäytetyön liitteenä. Raportissa on tietoa rakennuksesta, vallitsevista sääolosuhteista, mittalaitteista ja mittaustuloksista. Mittauslaitteistosta tulee aina mainita merkki, soveltuvuus pienten ilmavirtojen ja vuotolukujen mittaukseen sekä tarkkuus eri ilmavirroilla, jos se on määritetty testikokeiden avulla. Rakennusvalvonta voi perustellusta syystä määrätä uuden mittauksen toisella laitteella, jos mittauksessa on käytetty laitetta, jonka soveltuvuus on todettu puutteelliseksi kokeessa esiintyneillä ilmavirta- ja vuotolukuarvoilla. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.)

Painekokeessa käytettävät laitteet tulee kalibroida säännöllisesti. Painekoelaitteisto sekä virtaus- ja paine-eromittarit tulee kalibroida 2 vuoden välein ja lämpötila-

anturit 4 vuoden välein. Jos laitteiston valmistaja on ilmoittanut kalibrointivälit, tulee toimia kyseisten aikavälien mukaan. Kalibrointi on myös aina tehtävä uudelleen, jos laitteistoon tehdään korjauksia. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.)

Pientalossa, joka sisältää useita huoneistoja, eli pari- tai rivitalossa, voidaan ilmanpitävyys määrittää mittaamalla vähintään yksi huoneisto. Kun kyseessä on rivitalo, mitattavan tilan tulee olla päätyhuoneisto. Tällöin mitattava huoneisto rajoittuu mahdollisimman paljon ulkovaippaan. Mitattaessa useampia huoneistoja pientalosta, tulee rakennuksen ilmavuotoluvuksi eri huoneistoista saatujen lukemien keskiarvo. Mitattaessa useampia huoneistoja vähintään yhden huoneiston tulee rajoittua ulkovaippaan. Kun mitataan pelkän ulkovaipan ilmavuotolukua, kaikkiin huoneistoihin on luotava sama paine yhtä aikaa. Tällöin ilma ei virtaa merkittävästi huoneistojen välisten väliseinien läpi. Paine-ero luodaan sijoittamalla jokaiseen huoneistoon oma painekoelaitteisto tai tekemällä painekoe rakennuksen omalla IV-koneella samanaikaisesti kaikissa huoneistoissa. Talon ilmanvuotoluvuksi tulee tässä tapauksessa saatujen huoneistokohtaisten lukemien keskiarvo. Mitattaessa kerrostalon ilmavuotolukua rakennuskohtainen ilmavuotoluku voidaan määrittää vähintään kolme huoneistoa mittaamalla. Tällaisessa rakennuksessa voidaan mitata myös kerralla koko rakennus tai porraskäytävä siihen liittyvine huoneistoinen. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.)

2.1.3 Ilmoitusmenettely

Talotoimittaja voi myös määrittää talo ja toteutusratkaisukohtaisen ilmavuotoluvun arvon, jota voidaan käyttää myöhemmin vastaavia rakennuksia valmistettaessa ilmoitusmenettelyn kautta. Ilmoitusmenettelyyn kuuluu kolme osiota, jotka ovat: tutkimus, ilmoitus sekä seuranta. Tällöin talotoimittaja teettää ulkopuolisella taholla tutkimuksen valittua talotyyppiä edustavasta rakennuksesta. Tutkimuksen kuuluu ilmanpitävyysmittaukset sekä määrittelyt talotyyppin kuvauksesta, käytettävistä liitoksista ja detaljeista, rakennustavoista, rakennusmateriaaleista, rakennusprosessista ja työmaavalvonnasta. Yhtä talotyyppiä kohti täytyy tehdä ilmanvuotoluvunmittaus vähintään kuudesta valmiista rakennuksesta, mutta jos sama talotyyppi sisältää vaipan osien tai liitosten osalta vaihtoehtoisia toteutustapoja, on jokaisesta

erilailla tehdystä rakenne ratkaisusta tehtävä vähintään kuusi mittausta. Talotoimitaja luovuttaa listan kunkin talotyypin rakennuksista ulkopuoliselle taholle, joka valitsee mitattavat kohteet. Mittaaja valitsee mittauskohteet satunnaisesti huomioiden kaikki mahdolliset muuttujat. Ilmoitettu ilmanvuotoluku $n_{50,ilm}$ lasketaan tutkimuksessa mitattujen ilmanvuotolukujen perusteella. Ilmoitettua ilmanvuotolukua laskettaessa otetaan huomioon mittaustulosten keskihajonta sekä mitattujen kohteiden lukumäärä. Talotyypin ilmanpitävyyttä seurataan kolmen vuoden jaksoissa. Ensimmäinen jakso alkaa talotyyppiä koskevan tutkimuksen valmistuttua. Seurantamittauksissa määritetään talotyypin ilmanvuotoluvun arvo seuraavan seuranta-kauden ajaksi. Mittauksiin valitaan kolme kyseistä talotyyppiä edustavaa rakennusta, jotka ulkopuolinen mittaaja valitsee satunnaisotannalla mahdolliset muuttujat huomioon ottaen. Mittaustuloksista lasketaan uusi ilmanvuotoarvo, joka edustaa talotyypin ilmoitettua ilmanvuotolukua $n_{50,ilm}$ seuraavan seuranta-kauden ajan. (RT 80-10974, 2009, 4—6.)

Kun mitataan useammasta huoneistosta koostuvaa pientaloa, jonka rakenteet sisältävät useita eri rakenneratkaisuja, edellyttäen vähintään kuuden rakennuksen otoksen mittausta, mitattava huoneisto tai huoneistot tulee valita siten, että ne sisältävät kaikilla tällaisilla rakenneratkaisuilla tehtyjä vaipan osia. Tällainen rakenne voi olla esimerkiksi puu- ja kivirakenteinen ulkoseinä. Jos kaikkia rakenteita sisältävien huoneistojen valinta on ongelmallista, on suositeltavaa, että rakennuksen kaikki huoneistot mitataan. Näin saadaan luotettava mittaustulos. Pientalossa suoritettavassa painekokeessa vaipan yli hallitseva paine-ero voidaan mitata yhdellä paine-eromittarilla. Paine-eromittari on suositeltavinta sijoittaa lähelle huoneiston korkeuden puoliväliä. Painekoelaitteistoa käytettäessä mittaus tapahtuu käytännössä usein ulko-ovesta tai ikkuna-aukosta, johon laitteisto on kiinnitetty. Tarkistusmittauksiin voidaan tarvittaessa käyttää lisämittareita. (RT 80-10974, 2009, 10 — 14.) Mittausolosuhteille on lisäksi annettu kolme reunaehto Wöhler laitteiston käyttöohjeessa: sisä- ja ulkolämpötilan erotus kertaa rakennuksen korkeus ei saa ylittää mK:ta (metriäKelviniä). Sisä- ja ulkoilmanpaineen erotus ei saa olla yli viittä Pascalia (5 Pa) ja tuulen nopeus ei saa ylittää kuutta metriä sekunnissa (6m/s). (Wöhler 2008, 44—46).

2.2 Ilmanvuotoluku osana energiatodistusta

Rakennuksen ilmavuotolukua tarvitaan lämmöntarpeen laskennassa ja sitä kautta myös energiakatselmusta ja energiatodistusta laadittaessa. Ilmavuotoluvun raja-arvona rakentamismääräys kokoelmissa käytetään arvoa $n_{50} = 4,0$ 1/h. Jos suunnittelussa käytetään tätä pienempää ilmavuotoluvun arvoa, se tulee osoittaa oikeaksi mittaamalla tai muulla menettelyllä. Lämmöntarpeen laskennassa ilmavuotolukua tarvitaan lähtöarvona vuotoilman lämmitystarvetta kuvaavan suureen $Q_{\text{vuotoilma}}$ laskennassa. Laskenta aloitetaan laskemalla vuotoilmakerroin $n_{\text{vuotoilma}}$ (kaava 1.). Tämän jälkeen sijoitetaan $n_{\text{vuotoilma}}$:n arvo kaavaan $q_{v,\text{vuotoilma}}$ (kaava 2.) ja näin saadaan vuotoilmavirran arvo. Vuotoilmavirran $q_{v,\text{vuotoilma}}$ arvo sijoitetaan vuotoilman ominaislämpöhäviön $H_{\text{vuotoilma}}$ (kaava 3.) kaavaan ja näin saadaan tälle suurelle jatkotoimenpiteissä tarvittava tulos. Lopuksi lasketaan rakenteiden läpi sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmitykseen tarvitseman energian tarvetta kuvaava suure $Q_{\text{vuotoilma}}$ (kaava 3.), jonka laskemiseen tarvitaan arvoa $H_{\text{vuotoilma}}$. Suuretta $Q_{\text{vuotoilma}}$ voidaan käyttää energiatodistuksen laajempia arvioita tehtäessä ja näin ilmavuotoluku n_{50} vaikuttaa rakennuksen energialuokkaan. (D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2007, 20)

$$n_{\text{vuotoilma}} = n_{50}/25, \text{ missä} \quad (1)$$

$n_{\text{vuotoilma}}$ on rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h
 n_{50} on ilmanvuotoluku, 1/h

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} V/3600 \quad (2)$$

$q_{v,\text{vuotoilma}}$ on vuotoilmavirta m^3/s

$n_{\text{vuotoilma}}$ on rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h

V on rakennuksen tilavuus, m^3

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}} \quad (3)$$

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

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

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

ρ_i on ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$

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

$q_{v,\text{vuotoilma}}$ on vuotoilmavirta m^3/s

T_s on sisäilman lämpötila, °C

T_u on ulkoilman lämpötila, °C

Δt on ajanjakson pituus, h

1000 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

2.3 Ääneneristys

2.3.1 Ilmaääneneristys

Ääni on väliaineessa, kuten kaasussa, nesteessä tai kiinteässä aineessa, etenevää mekaanista värähtelyä. Ääntä kutsutaan eri nimellä sen perusteella, missä väliaineessa se etenee. Ilmaääniksi kutsutaan ilmassa etenevää ääntä ja runkoääniksi kutsutaan rakennuksen rungossa eli kiinteässä väliaineessa etenevää ääntä. Runkoäänien ollessa tarpeeksi voimakasta sen voi tuntea tärinänä. Näillä eri väliaineissa etenevillä äänillä on kuitenkin yhteys. Ilmaääni voi synnyttää runkoääntä, ja runkoääni synnyttää useimmiten ilmaääntä. Äänenvoimakkuutta kuvataan sanalla äänenpainetaso. Äänenpainetaso ilmoitetaan lukuarvona, jonka yksikkönä käytetään desibeliä (dB). Kyseistä suuretta voidaan mitata äänenpainemittarilla. Desibeli on logaritminen suure, joten useiden äänilähteiden aiheuttamaa äänenpainetasoa ei voi laskea pelkästään summaamalla yksittäiset äänenpainetasot yhteen. Myöskään äänenpaineen suurentuminen ei tapahdu suoraan lukuarvojen mukaan. Useiden yksittäisten äänilähteiden aiheuttamaa äänenpainetasoa voidaan määrittää kaavalla, joka on nähtävissä tämän työn kaavataulukossa. (Lahela, 2004, 14.)

Ääntä esiintyy monella eri taajuudella. Äänentaajuus tarkoittaa, kuinka monta kertaa ääniaalto värähtelee sekunnissa. Äänentaajuuden yksikkö on Hertsi [Hz], ja se kertoo suoraan värähtelyiden määrän sekunnissa. Ihminen voi kuulla äänet taajuusalueelta 16 Hz—16000 Hz. Tämä aiheuttaa ongelmia rakenteiden suunnittelussa, koska rakenteen ääneneristysominaisuuksien täytyy olla oikealla tasolla sekä korkeilla että matalilla taajuuksilla. Rakenteiden suunnittelussa keskitytään kuitenkin pääasiallisesti 100 Hz—3150 Hz taajuuksien vaimentamiseen, koska ihmisen kuulo on herkimmillään tällä alueella. Nykyään on alettu kiinnittää enemmän huomiota myös matalien, alle 100 Hz, taajuuksien eristävyteen rakenteissa. Tämä on ollut tarpeen erityisesti kevyiden väliseinien ja välipohjien suunnittelussa niiden huonomman matalien taajuuksien eristävyden vuoksi. Lähes kaikenlainen toiminta asunnossa synnyttää ääntä. Ilmaääntä syntyy muun muassa ihmisen toiminnasta huoneistossa sekä LVIS-laitteista. Runkoääniä taas voi syntyä esimerkiksi kävelystä, tuolin siirtämisestä tai muista runkoon kohdistuvista iskuista. Ääntä voi kulkeutua myös rakennuksen ulkopuolelta, esimerkiksi liikenteestä. Rakennuksessa ääni voi kulkeutua useita eri reittejä. Ilmaääni saattaa kulkeutua suoraan rakenteen läpi tai LVI-laitetta pitkin. Runkoääni saattaa kulkeutua suoraan rakenteen läpi, sivutiesiirtymänä rakennetta pitkin tai LVI-laitteiden kautta. Ääni voi muuttua eri väliaineessa kulkevaksi rakenteessa edetessään. (Lahtela, 2004, 14.)

Rakenteen kykyä eristää ilmaääntä tilojen välillä kuvataan ilmaääneneristysluvulla. Jos luku on saavutettu laboratorio-olosuhteissa, merkintänä on $R_{w,b}$. Valmiissa rakennuksessa mitatun ilmaääneneristävyysluvun merkintänä on $R'_{w,b}$. Luku kuvaa ilmaääneneristävyyttä siten, että mitä suurempi se on, sitä parempi on rakenteen ilmaääneneristävyys. RakMK C1 1998:ssa on määritelty huoneistojen välisen väliseinän pienimmäksi sallituksi ääneneristävyys luvuksi 55 dB. (Lahtela 2004, 10-12, 17.)

Ilmaääneneristävyuden määrittämiseen tarvitaan mittauslaitteisto. Laitteistoon kuuluu kaiutin eli äänilähde sekä mikrofonit äänilähde- ja äänenvastaanottohuoneessa. Nämä on kytketty vahvistimen kautta tietokoneeseen, jolla voi mitata erilaisia suureita tarkoitukseen tehdyn ohjelmiston avulla. Tässä työssä ohjelmistona/laitteistona oli 01 dB-Stell, Harmonie 4210. Ilmaääneneristävyysluvun määrit-

tämiseen tarvitaan taustaäänitason mittaus ääntä vastaanottavassa huoneessa, äänenpainetason mittaus äänenlähdehuoneessa, jälkikaiuntamittaus ääntä vastaanottavassa huoneessa sekä äänenpainetason mittaus ääntä vastaanottavassa huoneessa.

Rakennusmateriaalit ja erilaiset rakenneratkaisut vaikuttavat rakenteen ääneneristävyyssominaisuuksiin. Massaltaan suurella rakennusaineella on usein hyvät ääneneristävyyssominaisuudet. Käytettäessä materiaalina puuta pitää usein turvautua monimutkaisempiin rakenteisiin kuin mahdollisimman paksun seinän valmistamiseen. Esimerkiksi 200 mm:n vahvuinen höylähirsinen huoneistojen välinen väliseinä ei ole ilmaääneneristävyydeltään kuin noin 40 dB. Puurakenteisissa taloissa ääneneristävyyksivaatimukset saadaan pääsääntöisesti täytettyä käyttämällä levy-pintaista kaksikerroksista rakennetta. Tyypillisesti huoneistojen välisenä seinänä käytetään kaksoisrunkoista rakennetta. Rakenteessa on oma mineraalivillalla eristetty runko molemmilla puolilla seinää ja näiden välissä on ilmarako. Lisäksi molemmilla puolilla rakennetta on pintarakenteena levytys. Välissä oleva ilmatila toimii eräänlaisena ”joustimena”, joka vaimentaa värähtelyä. Lisäksi runkoäänien kulkeutumista puurakenteiden kohdalla vähentää se, että liitokset on tehty luonnostaan joustavilla mekaanisilla liittimillä ja liittymissä on useimmiten sauma, joka katkaisee rakenteen jatkuvuuden. Ääniaaltojen sivusiirtyminen estyy myös useasti tällä liitostavalla. (Lahtela, 2004, 14.)

2.3.2 Askelääneneristys

Huoneistoon kulkeutuvia runkoääniä kutsutaan askelääniksi. Askeläänit aiheutuvat normaalissa asumisessa väli- tai alapohjalla kävelemisestä tai muista iskuista lattiaan. Kävely tai muut lattiaan kohdistuvat iskut aiheuttavat väli- tai alapohjassa värähtelyä, joka synnyttää ilmaääntä toiseen huoneistoon. Rakenteen askelääneneristävyydellä kuvataan alapohjan kykyä tuottaa ilmaääntä toiseen huoneistoon. Mittauksessa askelääni luodaan askeläänikojeella ja sen määreenä käytetään askeläänitasolukua. Laboratoriossa mitatusta askeläänitasoluvusta käytetään määrettä $L_{n,w}$. Kun askeläänitasoluku on mitattu valmiissa rakennuksessa, käytetään määrettä $L'_{n,w}$. Askeläänestä syntyvää ilmaääntä mitataan pääosin samalla

laitteistolla, kuin ilmaäänenvoimakkuutta. Lisänä on askelääntä luova laite. Askelääneneristävyys on sitä parempi, mitä pienempi askeläänitasoluku on. Yleisesti ottaen varmempi mittaustulos saadaan, kun äänenpainemittaus tehdään paikan päällä valmiissa rakennuksessa, verrattuna laboratoriotestiin. (Lahtela, 2004, 14.)

3 MITTAUKSET

3.1 Tiiviysmittaus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia rivitalon ominaisuuksia tiiviysmittauksen ja ääneneristysmittausten avulla. Molempiin aiheisiin liittyy sekä teorian läpikäymistä että käytännön mittausten suorittamista. Käytännön työt aloitettiin As Oy Tuomipuistossa Kauhavalla tiiviysmittauksella. Tiiviysmittaukset aloitettiin huoneistossa A1 2.4.2012 tiivistämällä ilmanvaihtokanavat sekä viemärit muovin ja teipin avulla ilmanpitäväksi (Kuvio 1.). EN 13829-standardin mukaan näin tulee tehdä tuloksen oikeellisuuden varmistamiseksi (RT 80-10974 2009, 10—14). 3.4.2012 jatkettiin projektia viimeistellen tiivistykset. Seuraavaksi tutkittiin rakenteiden ominaisuuksia Flir-lämpökameran avulla, jotta voitaisiin verrata, tuleeko näkymään eroavaisuuksia tiiviysmittauksen aikana. Tämän jälkeen asennettiin Wöhler Blower Check BC-21 -ilmanpitävyysmittari ikkuna-aukkoon mukana tulleiden ohjeiden mukaisesti.

Tiiviysmittaukset aloitettiin noin kello 14.45 Wöhlerin mittausohjelma B:llä, joka on ohjelmoitu standardi EN 13829 mukaiseksi. Wöhleriin syötettiin tarvittavat tiedot, kuten huoneiston tilavuus, huoneiston pohjapinta-ala, huoneiston vaipan pinta-ala, huoneiston korkeus, puhaltimen asennuskorkeus sekä tuulenvoimakkuus. Mittauksen aikana tutkittiin lämpökameralla rakenteiden lämpövuotoja. Noin kello 14.55 mittaus oli suoritettu loppuun ja tulokset olivat nähtävillä.

4.4.2012 jatkettiin tiiviysmittauksia huoneistossa B4, aloittaen työt viemäreiden ja ilmanvaihtokanavien tiivistyksellä samaan tapaan kuin A1 huoneistossa. Rakenteiden lämpövuotoja tutkittiin lämpökameran avulla mittauksen aikana. Mittaus suoritettiin Wöhler Blower Check BC-21 -laitteistolla (Kuvio 2.) ohjelman B mukaisesti eli samalla tavalla kuin huoneistossa A1. 5.4.2012 tehtiin tiiviysmittaus huoneistoon C1 samalla tavalla, kuin aikaisemmissakin mittauksissa ja 13.4.2012 suoritettiin samat toimenpiteet huoneistolle D4.



Kuvio 1. Ilmanvaihtoaukkojen ja viemärien tiivistyksiä.



Kuvio 2. Wöhler Blower Check BC-21 valmiina mittaukseen.

3.2 Ilma- ja askelääneneristysmittaukset

Ääneneristysmittaukset aloitettiin 24.4.2012 kyseisessä kohteessa noin kello 17.00. Aluksi mittausvälineet laitettiin toimintakuntoon asunnossa A2. Laitteistoon kuuluu kaiutin, eli äänilähde, sekä mikrofonit äänilähde- ja äänenvastaanottohuoneessa. Nämä on kytketty vahvistimen kautta tietokoneeseen, jolla voi mitata eri-

laisia suureita tarkoitukseen tehdyn ohjelmiston avulla. Tässä työssä ohjelmistona ja laitteistona oli 01 dB-Stell, Harmonie 4210 (Kuvio 3). Huoneistossa A2 mitattiin taustaäänenvoimakkuus sekä jälkikaiunta. Seuraavaksi laitteisto siirrettiin huoneiston A3 vastaanottohuoneeseen mikrofonia lukuun ottamatta. Sieltä käsin mitattiin äänenlähdehuoneen äänenvoimakkuus sekä vastaanottohuoneen äänenvoimakkuus. Äänilähdettä ja mikrofonia siirrettiin standardin ohjeiden mukaan. Kun ilmaääneneristysluvun, $R'_{w,b}$, tulos oli selvillä, aloitettiin mittaamaan askelääneneristyslukua, $L'_{n,w}$. Askelääneneristysmittauksessa hyödynnettiin aiemmassa mittauksessa saatuja taustaääni ja jälkikaiunta-arvoja. Vakioherätettä tuottava askeläänikoje sijoitettiin huoneistoon A2 ja mittaus aloitettiin. Hetken ajan kuluttua mittaus oli saatu suoritettua loppuun ja tulokset olivat nähtävillä. Ääneneristysmittausohjelma dBati32:n kysymäksi mitattavan tilan tilavuudeksi annettiin koko huoneiston tilavuus, 183 m^3 , koska välivet eivät olleet paikallaan. Huoneistojen välisen väliseinän pinta-alaksi laitteistoon syötettiin 12 m^2 , koska se oli olohuoneen osalla oleva väliseinän pinta-ala.

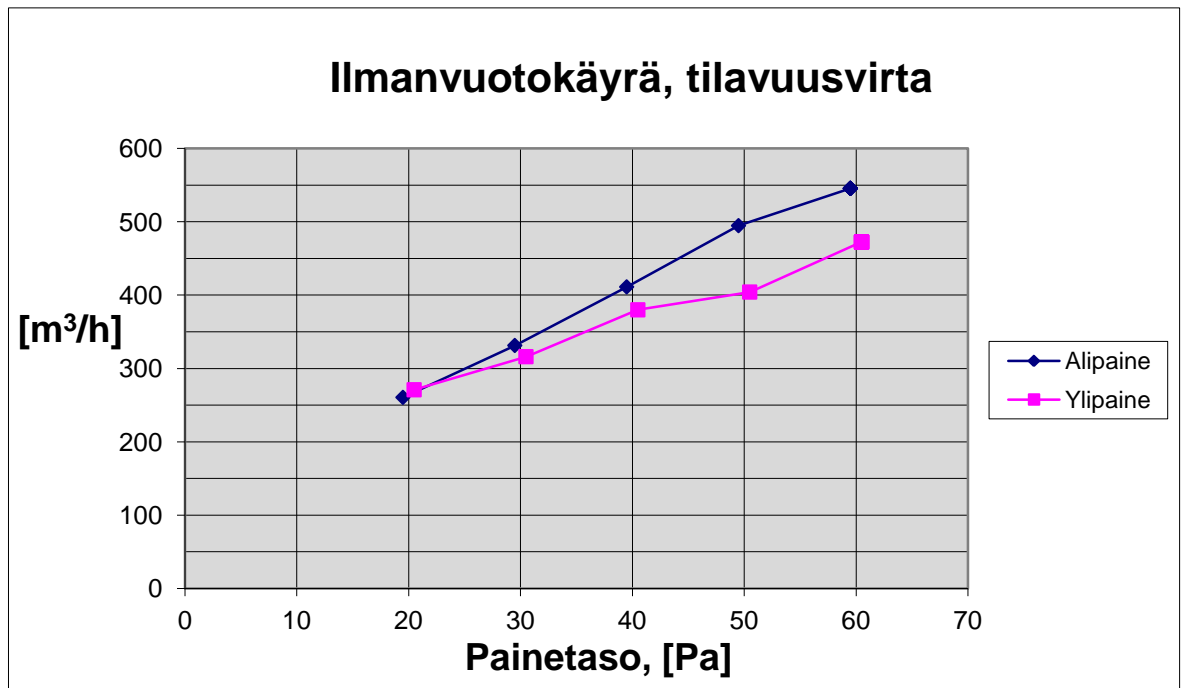


Kuvio 3. Ääneneristysmittauslaitteistoa.

4 MITTAUSTULOKSET

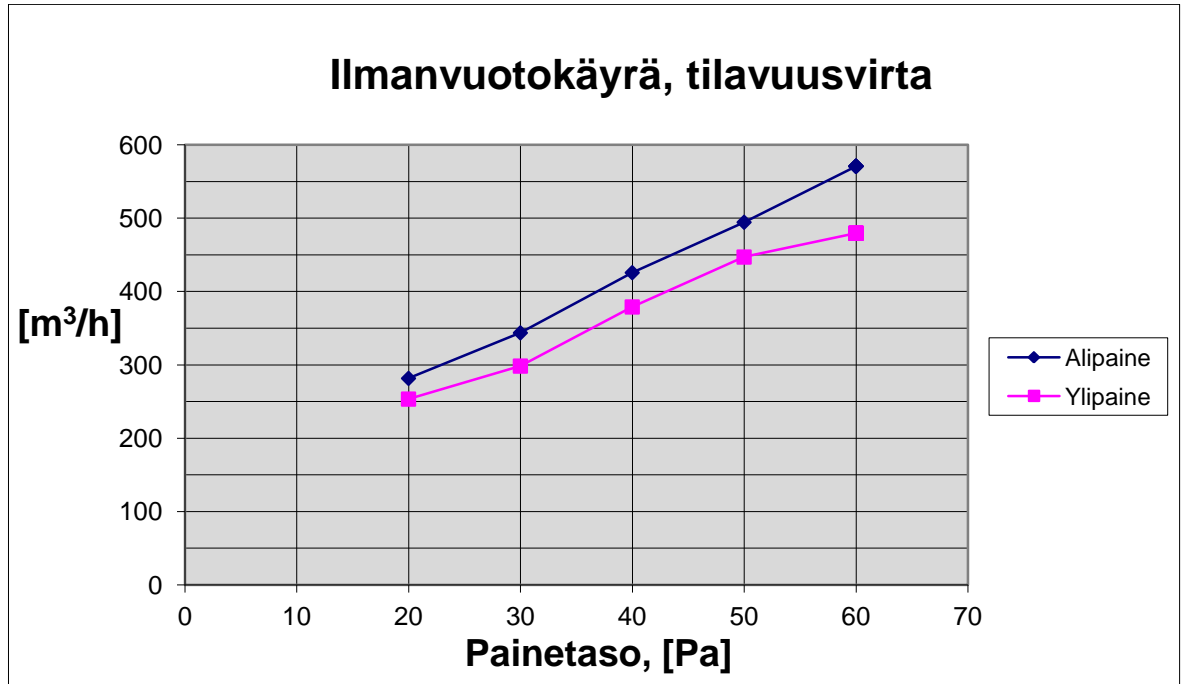
4.1 Ilmanvuotoluvut

Mittaukset suoritettiin huhtikuun 2012 aikana Lujatalo Oy:n kohteessa As Oy Tuomipuistossa Kauhavalla. Ilmanvuotolukumittauksia on suoritettu yksi kutakin rakennusta kohti, kuten RT-kortissa on neuvottu pientalon ilmanvuotoluvun määrittämisestä pientaloissa. Ilmatiiviysmittauksen osalta saatiin seuraavia tuloksia n_{50} -luvuksi. Asunto A1:llä ilmanvuotoluvuksi saatiin $n_{50}=2,0$ 1/h (Kuvio 4).



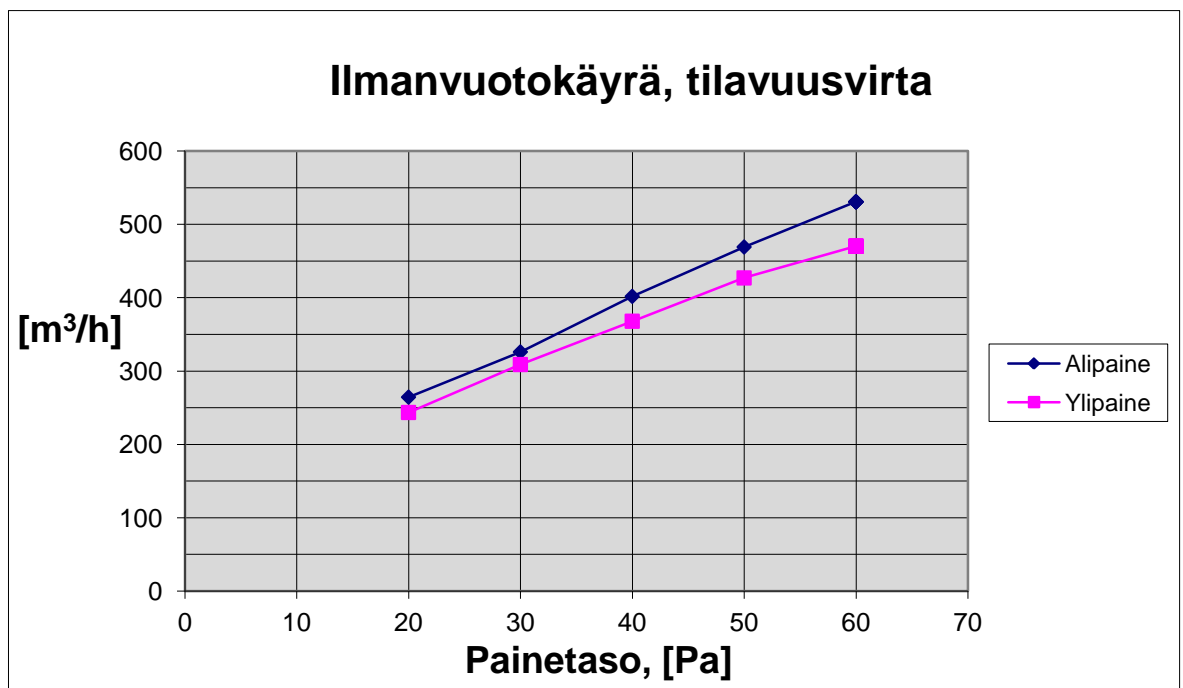
Kuvio 4. Huoneiston A1 ilmanvuotokäyrä.

Huoneisto B4:n ilmanvuotoluvuksi saatiin $n_{50}=2,2$ 1/h (Kuvio 5.)



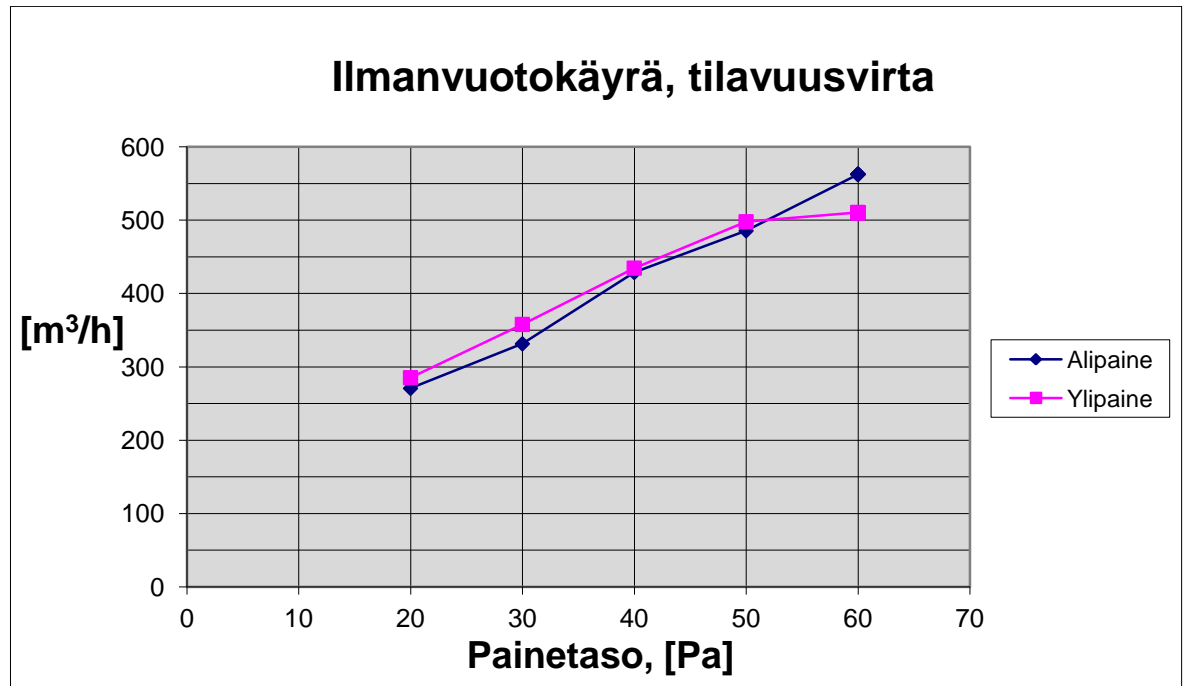
Kuvio 5. Huoneiston B4 ilmanvuotokäyrä.

Huoneisto C1:n ilmanvuotoluvuksi mitattiin $n_{50}= 2,4$ 1/h (Kuvio 6.)



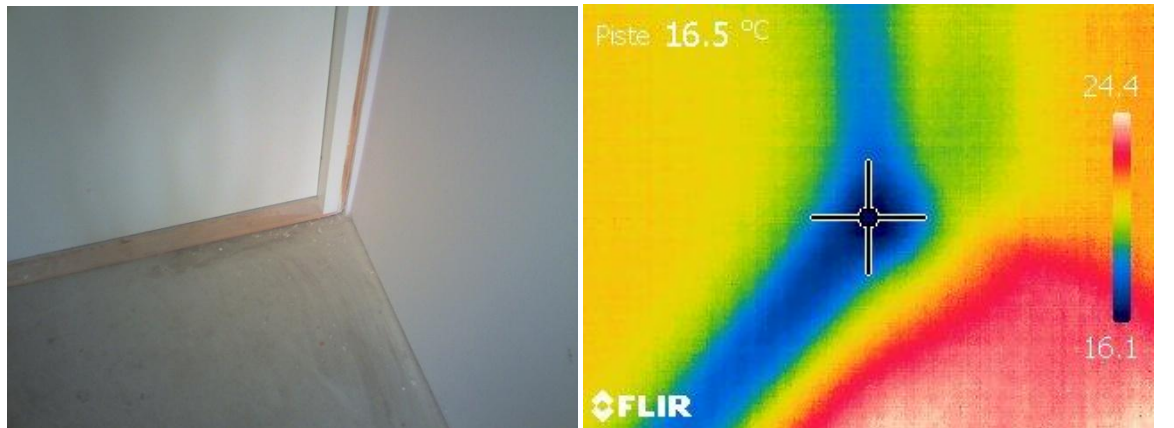
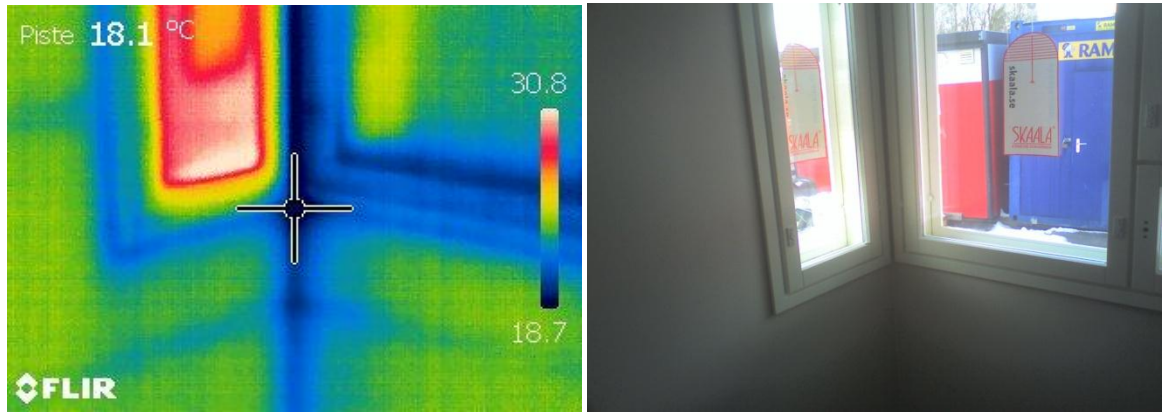
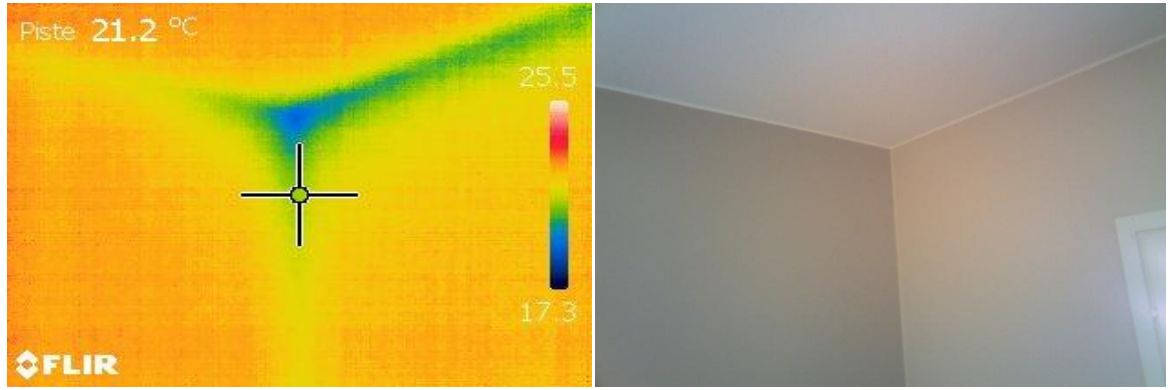
Kuvio 6. Huoneiston C1 ilmanvuotokäyrä.

Asunto D4:n ilmanvuotoluvuksi mittauksissa saatiin $n_{50}=2,8$ 1/h (Kuvio 7.)



Kuvio 7. Huoneiston D4 ilmanvuotokäyrä.

Ilmanvuotolukujen tulokset olisivat luultavasti olleet parempia, jos huoneistot olisivat olleet tiiviiden osalta valmiita, erityisesti tämä koskee huoneistoa D4. Lisäksi edellä kuvioissa näkyvissä ilmanvuotokäyryissä näkyy eroavaisuuksia yli- ja alipaineessa rakenteiden läpi virtaavan vuotoilman määrässä. Erot ovat samansuuntaisia kaikissa mitatuissa huoneistoissa. Ero ilmanvuotoluvuissa on kuitenkin melko pieni, joten tästä eroavaisuudesta ei ole syytä huolestua. Yleensä tämän kaltaiset erot tuloksissa johtuvat siitä, että jokin ilmatiivis rakenne pääsee aukeamaan ja sulkeutumaan painesuhteiden vaihdella. Pienehköjä lämpövuotoja näkyi lämpökameralla rakenteita tutkittaessa ikkunoiden ja ovien ympäristössä (Kuvio 8). Tämä ilmiö todennäköisesti vähenee huomattavasti, kun kyseisten rakenneseosien asennus viimeistellään. Lisäksi jokaisessa kuvatussa huoneistossa näkyi pienehköjä lämpövuotoja sisäänkäynnin molemmin puolin olevien makuuhuoneiden yläpohjan ja ulkoseinän saumassa.



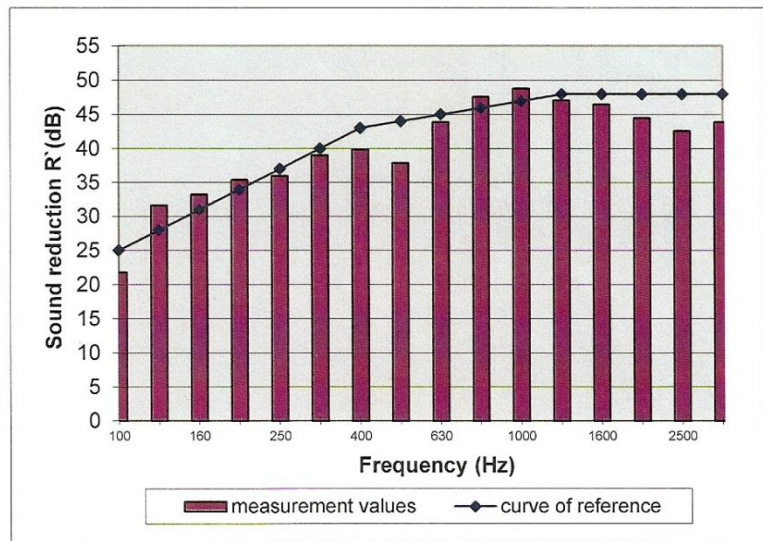
Kuvio 8. Kuvia samoista tiloista huoneistoissa valokuvana ja lämpökameran kuvana.

4.2 Ääneneristysluvut

Ilmaääneneristysluvuksi huoneistojen A2 ja A3 välisen väliseinän osalle saatiin $R'_{w,b}=45\text{dB}$ (Kuvio 9.) ja askelnääneneristysluvuksi huoneistojen A2 ja A3 välille $L'_{n,w}=54\text{dB}$ (Kuvio 10).

Ilmaääneneristävyys R' :	44 dB	Korjaus, dB: -8
Ei-toivottujen poikkeamien summa:	30,9 dB	(< 32 dB)

Taajuus	Mittaustulos
f	R'
(Hz)	(dB)
100	21,8
125	31,6
160	33,2
200	35,4
250	36
315	39
400	39,9
500	37,9
630	43,9
800	47,6
1000	48,8
1250	47,1
1600	46,5
2000	44,5
2500	42,6
3150	43,9



Kuvio 9. Ilmaääneneristys mittauksen tuloksia.

Askeläänitasoluku L'n :

54 dB

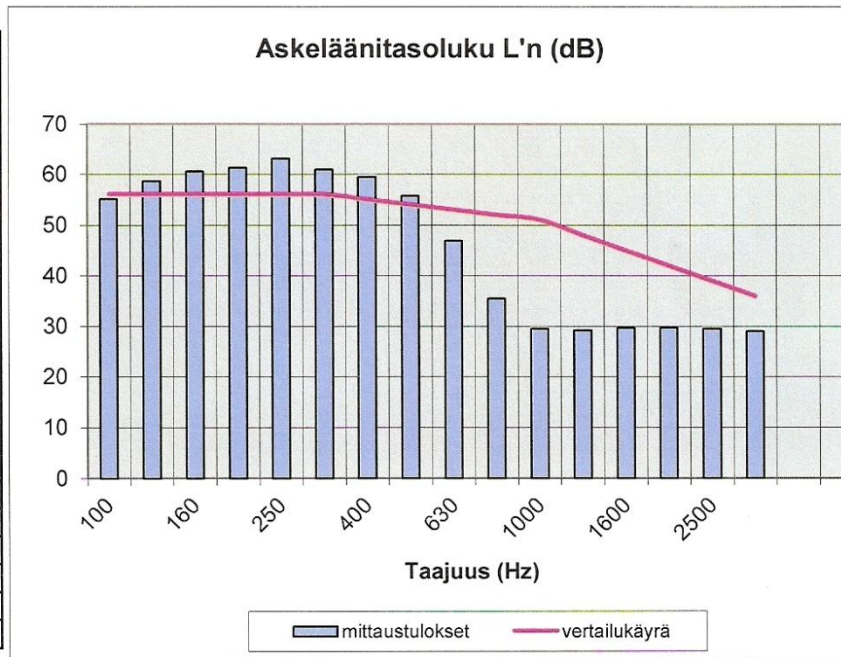
Korjaus, dB: -6

Ei-toivottujen poikkeamien summa:

31 dB

(< 32 dB)

Taajuus	Mittaus- tulos
f (Hz)	L'n (dB)
100	55,2
125	58,6
160	60,6
200	61,3
250	63,2
315	61
400	59,5
500	55,8
630	46,9
800	35,5
1000	29,5
1250	29,2
1600	29,7
2000	29,8
2500	29,5
3150	29



Kuvio 10. Askelääneneristys mittauksen tuloksia.

Ilmääneneristys- ja askelääneneristysluvun mittauspöytäkirjat tietoineen löytää tämän työn liitteistä. Tässä tapauksessa olisi voinut olla hyvä mitata ääneneristysominaisuudet myös toisen huoneistojen välisistä seinistä, jotta olisi saatu hienoa varmempaa tietoa siitä, ovatko tämän rakenteen ääneneristävyysominaisuudet oikeasti samoja kuin edellä ilmoitetut luvut vai onko mittaamassamme seinässä jotain poikkeavuutta. Ilmään osalta siirtyminen toiseen huoneistoon tapahtuu todennäköisesti sivusiirtymäreittejä pitkin. Näitä reittejä ovat mahdollisesti alapohjan pintalaatta, ilmastointiputket, väliseinän runkojen koskettaminen toisiinsa tai yläpohja. Askeläänin siirtyminen tapahtuu todennäköisesti alapohjan kautta kulkevana runkoääninä. Erilaisilla rakenneratkaisuilla, kuten pintalaatan katkaisemisella huoneistojen välisen väliseinän kohdalta, olisi voitu mahdollisesti vähentää askeläänien voimakkuutta viereisessä huoneistossa.

5 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin As Oy Tuomipuiston rivitalorakennusten ominaisuuksia ilmatiiviyden ja rakenteiden ääneneristävyyden osalta. Toimeksiannon ilmatiiviyden mittauksista antoi kyseisissä rakennuksissa pääurakoitsijana toimiva Lujatalo Oy. Ääneneristävyysmittaukset tulivat mukaan työhön hieman myöhemmin, mutta ne saatiin sovittua samaan kohteeseen mitattavaksi toimeksiantajan kanssa. Mitattavien asioiden selvittämiseen ja ymmärtämiseen tarvittava tieto löytyi melko selkeästi muutamasta lähteestä.

Huhtikuussa 2012 suoritetuissa ilmatiiviydsmittauksissa saatiin edeltävässä kappaleessa mainitut tulokset. Mittaustoimenpiteet suoritettiin Wöhler -puhaltimen käyttöohjeiden sekä RT 80-10974:n ohjeen mukaan. Tulokset ovat siis rakennuksen hetkisen ilmatiiviyden mukaisia. Mittaushetkellä rakennuksissa oli kuitenkin vielä joitakin ilmatiiviyttä heikentäviä tekijöitä. Tiiviydsmittausten suoritus hetkellä rakennusten valmiusasteen piti tiiviydeltään olla valmista vastaava, mutta mittauksia tehtäessä oli esimerkiksi ovien ja niiden karmien sekä ikkunan karmien sovituksissa vielä keskeneräisyyttä ilmatiiviyden osalta. Tämä varmasti vaikutti siihen, että lukemat eivät olleet suunnitteluarvon $n_{50, \text{suun}}=2,0$ 1/h tasoisia. Lämpökameralla kuvattaessa näkyi lähinnä sisäänkäyntiä ympäröivien makuuhuoneiden ulkoseini- en ja yläpohjan liitoksissa lämpövuotoja, jotka vaikuttivat kuitenkin melko vähäisiltä. Myös olohuoneen nurkassa, jossa on lasit molemmin puolin nurkkaa, oli havaittavissa pienehköä lämpövuotoa. Edellä mainittujen ovien ja ikkunoiden alueella näkyi myös viileämpiä kohtia, jotka varmasti ainakin osittain korjaantuvat rakennusosien viimeistelyn yhteydessä. Lisäksi Wöhler Blower Check BC-21 -laitteiston sekä ylipaineessa että alipaineessa tallentamissa tuloksissa näkyy eroavaisuuksia yli- ja alipaineen ilmavuotoluvuissa. Erot eivät kuitenkaan ole mitenkään hälyttävän suuria. Ero yli- ja alipaineen ilmavuotoluvuissa johtuu yleensä siitä, että jokin ilmanpitävä kohta rakenteissa pääsee aukeamaan paineolosuhteiden muuttuessa. Täysin valmiissa rakennuksissa ilmatiiveys voi hyvin ollakin vähintään suunnitteluarvon tasolla.

Ääneneristysmittaukset suoritettiin myös huhtikuussa 2012 samassa kohteessa. Ilma-, sekä askelääneneristävyysmittaukset suoritettiin huoneistojen A2 ja A3 välillä. Ääneneristävyysmittauksista ei siis ollut tarkoitus saada virallista mittaustulosta koko rivitaloryhmälle, vaan saada tietoa yleisesti rakenteiden ominaisuuksista ja toimivuudesta. Hyvä rakenteiden ääneneristävyys on keskeinen osa asumisviihtyvyyttä, erityisesti useampia asuntoja sisältävissä pari-, rivi-, sekä kerrostaloissa. Hyvät ääneneristävyysominaisuudet omaavien rakenteiden suunnittelussa ja valmistamisessa on omat haasteensa. Erityisesti käytettäessä rakennusmateriaalina kevyttä ainetta, kuten puuta, tulee rakenteiden suunnittelu ja valmistus tehdä tarkasti. Kyseisissä rivitaloissa on huoneistojen välisten väliseinien osalta päädytty limitetyllä kaksoisrunkoisella ja runkojen välisellä ilmaraolla varustettuun väliseinään. Kyseisessä seinässä on siis molempien huoneistojen puolella 600 millimetrin jaolla oleva runko, joka on tehty 45*70 mm runkopuista. Nämä rungot ovat siis keskenään tavallaan 300 millimetrin jaolla ja ne ovat villalla eristettyjä. Runkojen välissä on 1 cm rako. Molempien huoneistojen puolella pintamateriaalina on kipsilevy. Tämänkaltaisen rakenne on yleisesti käytetty tämänkaltaisissa rakennuksissa. Ilmaääneneristyslukuksi $R'_{w,b}$ saatiin 45dB, joka ei täytä määräysten $R'_{w,b} = 55$ dB raja-arvoa. Väliseinärakenteelle on kuitenkin mitattu laboratoriossa ilmaääneneristävyudeksi $R_{w,b} = 56$ dB. Väliseinän rakenne tai ominaisuudet eivät siis välttämättä ole minkäänlainen ongelma, vaan äänien siirtyminen saattaa tapahtua sivusiirtymäreittien kautta. Näitä reittejä voivat olla esimerkiksi alapohjan pintalaatta tai erillisrunkojen väliin jäänyt kiila tai muu vastaava liitos. Myös yläpohjan liitos on yksi mahdollinen siirtymäreitti. Sivusiirtymäreittien kautta tapahtuvassa äänien siirtymisessä, äänien siirtyminen tapahtuu todennäköisesti runkoäänenä, joka aiheuttaa ilmaääntä toisella puolen seinää. Rakenteita ei kuitenkaan alettu sen tarkemmin tutkimaan. Pientä epätarkkuutta tulokseen voi tulla myös huoneiston tilavuus ja pinta-alatiedoista. Mittausta tehtäessä ei löytynyt selkeää ohjetta, mitä tulisi ilmoittaa mitattavan huoneiston tilavuudeksi, kun asunnossa ei ollut lainkaan väliovia paikallaan. Laitteistoon syötettiin tilavuudeksi koko asunnon tilavuus, 183 m³, huoneistoissa. Huoneistojen välisen seinän pinta-alaksi kirjattiin 12 m² molemmissa huoneissa. Tämä oli olohuoneessa tilojen välisen seinän pinta-ala. Olohuoneen ja pesutilojen välisen väliseinän tulkittiin estävän siinä määrin ääniaaltojen kulkeutumista, että molempien huoneistojen sisällä oleva väliseinän takainen,

huoneiston A3 pesutilojen ja huoneiston A2 makuuhuoneen välinen huoneistojen välinen seinä, jätettiin huomioimatta.

Askelääneneristysmittaukset suoritettiin samalla kerralla kuin ilmaääneneristysmittaukset. Askelääneneristyslukuksi saatiin $L'_{n,w}=54\text{dB}$, joka on hieman yli määräysten antaman arvon $L_{n,w}=53\text{ dB}$. Tämä on kuitenkin niin lähellä raja-arvoa, että edeltävässä kappaleessa mainitut mahdolliset mittaepätarkkuudet saattaisivat muuttaa luvun vielä hyväksytyyn arvoon puolelle. Useammat, eri huoneistoissa suoritettavat huoneistojen väliset ääneneristävyysmittaukset, olisivat luultavasti tuoneet paremmin esille huoneistojen todelliset ääneneristävyysominaisuudet. Askeläänien kulkeutumista olisi voitu vaimentaa lisää katkaisemalla laatta huoneistojen välisen seinän kohdalta.

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni sain itsekin tutustua moniin nykyaikana enemmän huomioituihin rakennusten ominaisuuksiin ja niiden testaamiseen. Rakennusten ominaisuuksista saatiin myös mitattua tietoa, mutta ilmavuotolukujen osalta mitattujen lukujen eroavaisuus täysin valmiin rakennuksen mahdollisten ilmavuotolukujen kanssa on varmasti jonkinsuuruinen rakenteiden keskeneräisyydestä johtuen. Täten ilmavuotolukujen mahdollinen hyötykäyttö jatkossa ei ehkä ole tarkoituksenmukaista. Mutta yleisesti ottaen mittauksissa sai tietoa rakenteiden ominaisuuksista. Ääneneristysmittausten tuloksista sai myös ehkä tulevaisuudessa hyödyllistä tietoa vastaavankaltaisia rakenteita suunniteltaessa.

LÄHTEET

- Lahtela, T. 2004. Ääneneristys puutalossa: Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyden suunnitteluohje,[www-dokumentti] Wood Focus Oy. [viitattu 1.1.2012] Saatavana:
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf>
- Niemi, J. 2010. Asuinrakennuksen ilmanpitävyys. Ilmanvuotoluvun määrittäminen ja tutkiminen. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, Rakennustekniikka, Talonrakennustekniikka. Opinnäytetyö. Julkaisematon.
- RT 80-10974. 2009. Asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Taina, P. 2006. Pientalon huoneakustiikan parantaminen. [PDF-tiedosto, Teknillinen korkeakoulu, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto, Akustiikka- ja äänenkäsittelytekniikka, Diplomityö.[viitattu 1.1.2012] Saatavana:
lib.tkk.fi/Dipl/2006/urn007857.pdf
- Wöhler. 2008. Wöhler Blower Check BC-21. Ilmatiiveysmittarin käyttöohje. Käännös: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Käyttöohje tiiveysmittauslaitteelle
- Ympäristöministeriö. 2007. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmöntarpeen laskenta.[www-dokumentti. PDF-tiedosto]. [viitattu 1.1.2012]. Saatavana: <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>

LIITTEET

LIITE 1: Rakennuspiirustukset

LIITE 2: Pohja- ja leikkauskuvat Tuomipuisto Kauhava

LIITE 3: Ääneneristysmittausraportit

LIITE 4: Ilmatiiviyydenmittauspöytäkirja A1

LIITE 5: Ilmatiiviyydenmittauspöytäkirja B4

LIITE 6: Ilmatiiviyydenmittauspöytäkirja C1

LIITE 7: Ilmatiiviyydenmittauspöytäkirja D4

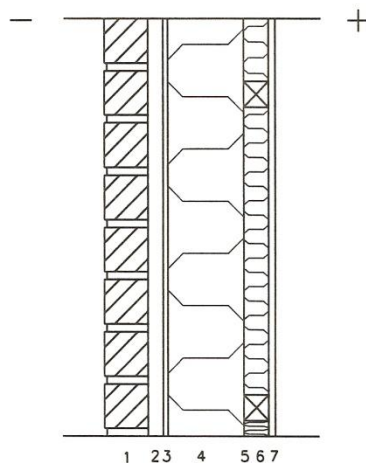
Liite 1: Rakennuspiirustukset

AS OY TUOMIPUISTO
TUOMITIE 3, 62200 KAUHAVA

RAKENNETYYYPIT

Lujatalo Oy
YHDESSÄ RAKENTAEN

Rakennuskohde As Oy Tuomipiisto Kauhava	Tekijä VVAL	Muutos	US1
	Päiväys 25.09.2008		
Suunnittelija Lujatalo Oy YHDESSÄ RAKENTAEN	Sisältö Ulkoseinät		



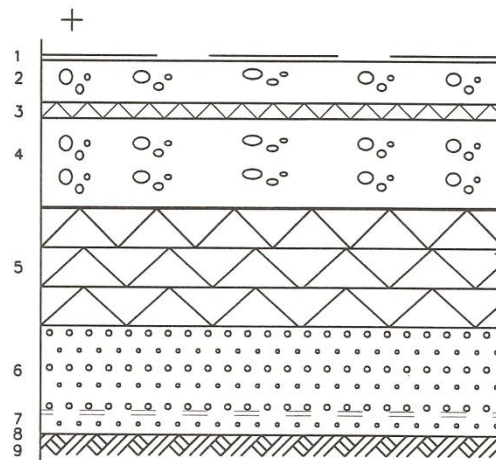
- | | |
|--------|--|
| 85 mm | 1 Puhdasmuuraus |
| 30 mm | 1 tiilimuuraus (alaosaan tuuletusraot) / lautaverh.+koolaukset (22mm+22mm) |
| 12 mm | 2 Ilmarako, tuuletettu (muuraus), lautaver. tuuletusväli 44mm |
| 148 mm | 3 Tuulensuojalevy, Tuulileijona |
| 0,2 mm | 4 Lämmöneriste esim. ISOVER KL32-150 150 mm+pystyrunko 48*148 k600 |
| 48 mm | 5 Höyrynsulku muovikelmu, teipatuin saumoin |
| 13 mm | 6 Lämmöneriste esim. ISOVER KL32-50 50 mm+vaakakoolaus 48*48 k600 |
| | 7 Gyproc 13 GN (ruuvikiinnitys)
-pintakäsittelyt |

Lämmönläpäisykerroin (laskennassa käytetty lämmönjohtavuus λ_d)

$U=0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

REI 30
 $R'_{w} \sim 43 \text{ dB}$
 $R_w 45-50 \text{ dB}$
 $C_{tr} -9$

Rakennuskohde As Oy Tuomipiisto Kauhava	Tekijä VVAL	Muutos	AP1
	Päiväys 25.09.2008		
Suunnittelija Lujatalo Oy YHDESSÄ RAKENTAEN	Sisältö Alapohja Asuinrakennukset		

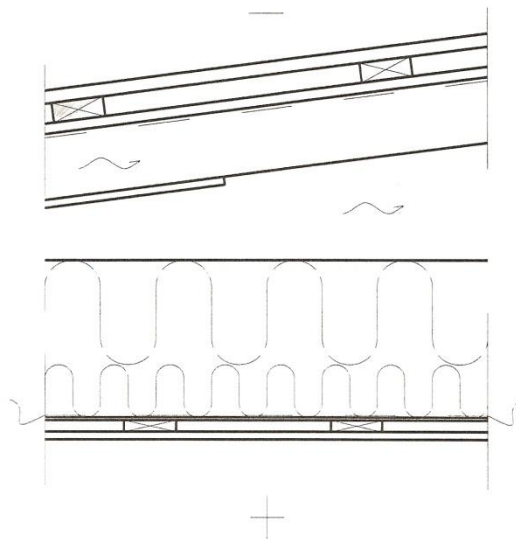
4,0 ölk. m²2,76 ölk. m²

- | | | |
|----------|---|--|
| 80mm | 1 | Lattiapinnoite |
| | 2 | Pintabetonilaatta hl=80mm BY45 A-3-30, verkko 6-150 + Rengasteräiset laatan ympäri T10 |
| 30mm | 3 | Lämmöneriste esim. EPS 100 lattia |
| 150mm | 4 | Kantava Teräsbetonilaatta, hl=150 mm, raud. rak.puurustusten mukaan liikuntasäilyä joiin |
| 150+50mm | 5 | Lämmöneriste, esim. EPS 100 lattia (150mm) (ulommalla reuna-alueella 200 mm) 1m kaistana Eristeen kannakointi laattaan 4kpl/m ² |
| 250 mm | 6 | Salaojasepeli, yhteys salaojiin |
| >350 mm | 7 | Tiivistetty soratäyttö >350mm |
| | 8 | Suodatinkangas, kl II |
| | 9 | Perusmaa, kallistus reunoille |

Pesuh. ja saunojen lattiat tehdään RT-ohjeiden mukaan.
Märkätilojen rakenteet ja kynnykset RT 84-10759 mukaan.

Lämmönläpäisykerroin (laskennassa käytetty lämmönjohtavuus λ_d)
U=0.16 W/m²K

Rakennuskohde As Oy Tuomipiisto Kauhava	Tekijä VVAL	Muutos	YP 1
	Päiväys 25.09.2008		
Suunnittelija Lujatalo Oy YHDESSÄ RAKENTAEN	Sisältö Yläpohja asuinrakennukset		



RAKENNE YLHÄÄLTÄ ALASPÄIN

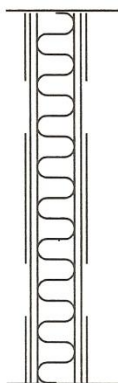
Ruoteet ja vesikate aluskatteineen rakennesuunnitelmien mukaan
Reuna-alueilla kattokannattajan yläpaarteen alapinnassa tuulenohjain
Tuuletettu ilmatila

450 mm	Puhallusvilla Esim: ISOVER PUH KV-042 Kattokannattajat rakennesuunnitelmien mukaan Höyrynsulku, esim. ISOVER Vario
22 mm	Koolaus 22x100 k400
13 / 15 mm	kipsilevy 13 mm tai paneliverhous 15 mm Pintakäsittely huoneselityksen mukaan

Ei	30	U-arvo [W/m ² K]	
R' _w	~35 dB	Lämmöneriste yhdistelmä	λ ₀ -arvoilla
R _w	40 dB	KV Puhallusvilla 450 mm	0.09

TALO.ROKAMU & HÄMÄLÄ.FI

Rakennuskohde As Oy Tuomipuisto Kauhava	Tekijä VVAL	Muutos	VS 1
	Päiväys 25.09.2008		
Suunnittelija Lujatalo Oy YHDESSÄ RAKENTAEN	Sisältö Huoneistojen sisäiset kevyetväliseinät (Asuinrakennukset) YLEENSA		



1 2 3

- 1 Pintakäsittely + Gyproc 13 N TAI 13 EK
- 2 Puurunko 45x66 k 600 , tai 66mm teräsrankarunko, laat. tiloissa k400,
- 3 Pintakäsittely + Gyproc 13 N TAI 13 EK

Rungon teko Gyproc-teko-ohjeiden mukaan.

Kalusteiden kiinnitykset huomioitava.

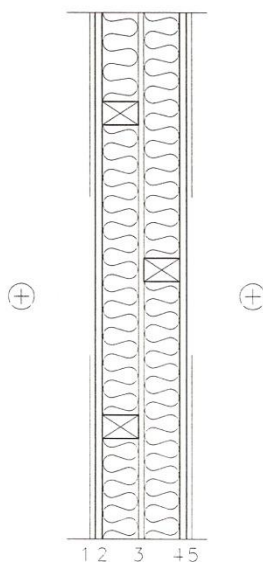
Ovipielijäkisteet huomioitava.

Saunojen seinät tehdään RT-ohjeiden mukaan.

Märkätilojen rakenteet ja kynnykset RT 84-10759 mukaan.

Rakennuskohde As Oy Tuomipuisto Kauhava	Tekijä VVAL	Muutos	VS 2
	Päiväys 25.09.2008		
Suunnittelija Lujatalo Oy YHDESSÄ RAKENTAEN	Sisältö Huoneistojen väliset seinät (Asuinrakennukset)		

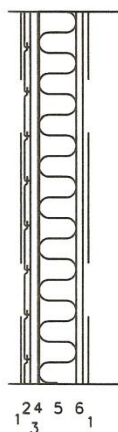
VS64



- 1 PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY, huoneselityksen mukaan
- 2 RAKENNUSLEVY
kipsilevy
- 3 PUURUNKO 70+70 mm
2x70x45 mm k 600 mm limitys 300 mm+
Vuorivilla PAROC UNS 35
(ilmarako 10 mm runkojen välissä)
- 4 RAKENNUSLEVY
kipsilevy
- 5 PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY, huoneselityksen mukaan

paloluokka EI 60
ilmääneneristysluku R'_w (lab) 56 dB

Rakennuskohde As Oy Tuomipuisto Kauhava	Tekijä VVAL	Muutos	VS 3
	Päiväys 25.09.2008		
Suunnittelija Lujatalo Oy YHDESSÄ RAKENTAEN	Sisältö Saunan seinä yleensä		



- 1 Pintakäsittely
- 2 Paneelaus
- 3 Tuulettuva ilmatila + paneelauksen kiinnityslaudat
- 4 Alumiiniitiivistyspaperi
- 5 45x66 k 400 puurunko + min.villa
- 6 Gyproc 13 EK

Rungon teko Gyproc-ohjeiden mukaan.

Kalusteiden kiinnitykset huomioitava.

Ovipielijäkisteet huomioitava.

Saunojen seinät tehdään RT-ohjeiden mukaan.

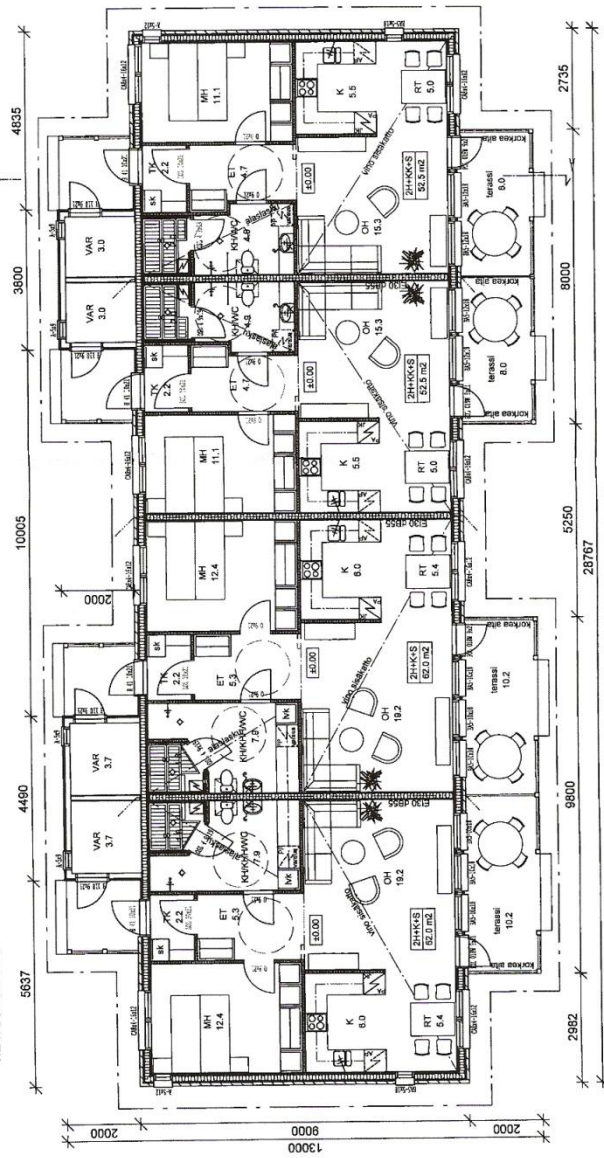
Märkätilojen rakenteet ja kynnykset RT 84-10759 mukaan.

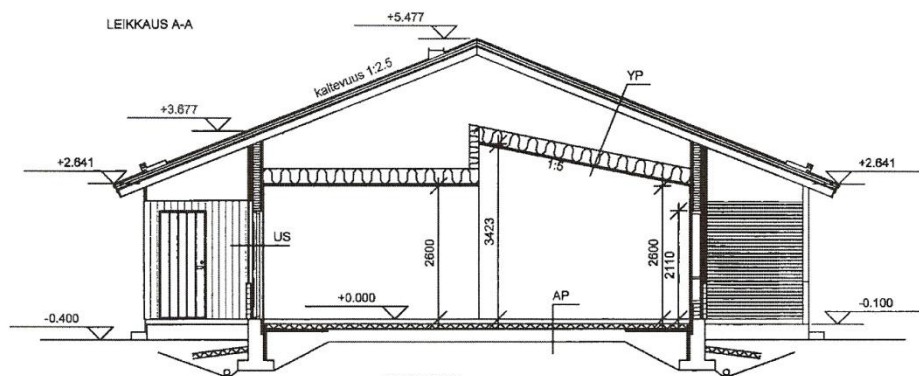
POHJAPIIRROS TALO D
 KERROSALA 275,5 m²
 HUONEISTOTALA 234,2 m²
 TILAVUUS 883,2 m³

RAKENNUKSEN PALLOIUKKA P3

RAKENNUS VARIUSTETAAN KONEELLISELLA ILMAN-
 VAIHDOLLA JA LÄMMÖNTALTEENOTOLLA

421
 420





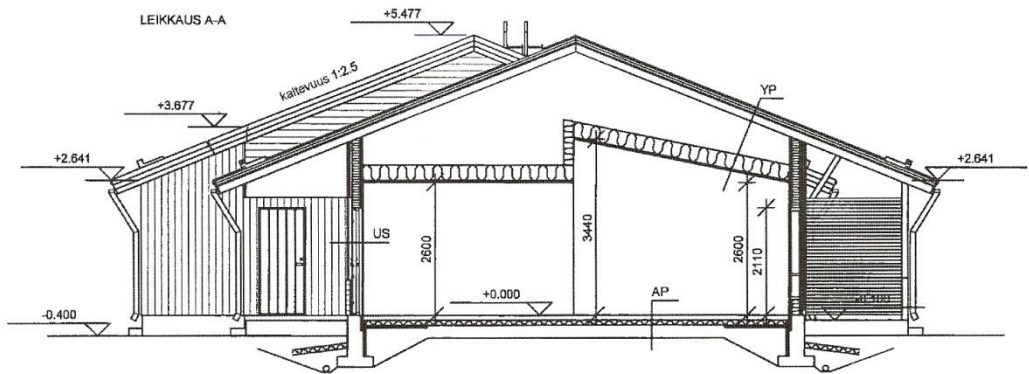
RAKENTEET

YP
 TIILIKUPIOPELTI
 RUOTEET
 KOROKERIMA
 ALUSKATE
 TUULETTUVA TILA
 KATTORISTIKOT k900
 ERISTE 300
 HÖYRYNSULKU
 KOOLAUS 22
 SISÄVERHOUSLEVY-PANEELI
 u-arvo: 0.11 W/m²K

US
 ULKOVERHOUSTIILI / LAUDOITUS JS-KUVIEN MUKAAN
 TUULETUSRAKO
 TUULENSUOJALEVY 9
 RUNKO 48x148 k600 +ERISTE 150
 HÖYRYNSULKU
 LISÄKOOLAUS 48x48 +ERISTE 50
 SISÄVERHOUSLEVY 13
 u-arvo: 0.21 W/m²K

AP
 LATTIAMATERIAALI
 TERÄSBETONILAATTA 80
 ERISTE 100, REUNOILLA 150
 ROUTIMATON SORA min. 250
 u-arvo: 0.15 W/m²K

VS1 (OSASTOIVA SEINÄ)
 SISÄVERHOUSLEVY KIPSI 2x13mm
 KAKSINKERTAINEN PUURUNKO 70/150 k600
 10mm ILMARAKO RUNKOJEN VÄLISSÄ
 150 ÄÄNENERISTE, LASIVILLA
 SISÄVERHOUSLEVY KIPSI 2x13mm



RAKENTEET

YP
 TIILIKUVIOPELTI
 RUOTEET
 KOROKERIMA
 ALUSKATE
 TUULETTUVA TILA
 KATTORISTIKOT k300
 ERISTE 300
 HÖYRYNSULKU
 KOOLAUS 22
 SISÄVERHOUSLEVY /PANEELI
 u-arvo: 0.11 W/m²K

US
 ULKOVERHOUSTIILI / LAUDOITUS JS-KUVIEN MUKAAN
 TUULETUSRAKO
 TUULENSUOJALEVY 9
 RUNKO 48x148 k600 +ERISTE 150
 HÖYRYNSULKU
 LISÄKOOLAUS 48x48 +ERISTE 50
 SISÄVERHOUSLEVY 13
 u-arvo: 0.21 W/m²K

AP
 LATTIAMATERIAALI
 TERÄSBETONILAATTA 80
 ERISTE 100, REUNOILLA 150
 ROUTIMATON SORA min. 250
 u-arvo: 0.15 W/m²K

VS1 (OSASTOIVA SEINÄ)
 SISÄVERHOUSLEVY KIPSI 2x13mm
 KAKSINKERTAINEN PUURUNKO 70/150 k600
 10mm ILMARAKO RUNKOJEN VÄLISSÄ
 150 ÄÄNENERISTE, LASIVILLA
 SISÄVERHOUSLEVY KIPSI 2x13mm

LIITE 3 Ääneneristysmittausraportit



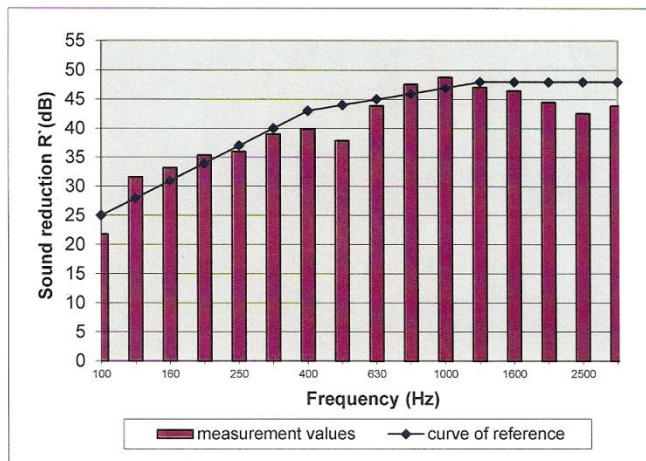
KENTTÄMITTAUSRAPORTTI

Ilmaääneneristävyyden määrittäminen 1/3-oktaavikaistoittain

Tehtävä:	Huoneistojen välisen ilmaääneneristävyyden määrittäminen
Menetelmät:	ISO 140-4: 1998 (mittaus) ja ISO 717-1 (R':n määrittäminen)
Mittauskohde:	Rivitalo, Varastotie 3, Kauhava
Mittauspvm:	25.4.2012
Mittaajat:	Juha Koivumäki, Jyrki Annala
Lähetyshuone:	A3
Vastaanottohuone:	A2
Kuvaus rakenteista:	Huoneiden välinen seinä, kaksoisrunkoinen puuseinä
Vastaanottohuoneen tilavuus:	183 m ³
Tiloja erottavan rakenteen pinta-ala S:	12,0 m ²
Laitteisto:	01dB-Stell, Harmonie 4210

Ilmaääneneristävyys R' :	44 dB	Korjaus, dB: -8
Ei-toivottujen poikkeamien summa:	30,9 dB	(< 32 dB)

Taajuus f (Hz)	Mittausulos R' (dB)
100	21,8
125	31,6
160	33,2
200	35,4
250	36
315	39
400	39,9
500	37,9
630	43,9
800	47,6
1000	48,8
1250	47,1
1600	46,5
2000	44,5
2500	42,6
3150	43,9



KENTTÄMITTAUSRAPORTTI

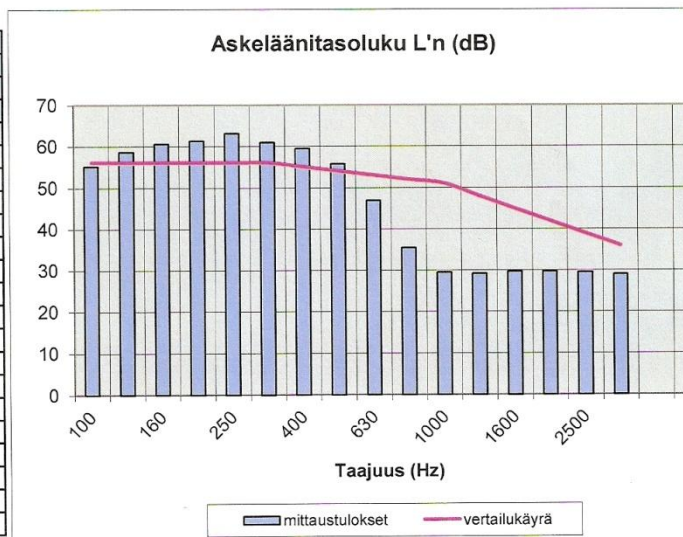
Askeläänitasoluvun määrittäminen 1/3-oktaavikaistoittain

Testin pvm: 24.2.2012
Asiakas: Lujatalo Oy
Seinäjoki


Mittaja: Juha Koivumäki, Jyrki Annala
Mittauskohde: Varastotie 3, Kauhava
Tehtävä: Huoneistojen välisen askeläänitasoluvun määrittäminen
Menetelmät: ISO 140-6: 1998 (mittaus) ja ISO 717-2 (L'n määrittäminen)
Lähetysruutu: A2
Vastaanottohuone: A3
Kuvaus rakenteista: kipsil. EK + 70 mm runko ja villa + 10 mm ilmarako + runko ja kipsil.
Lähetysruutun tilavuus: 183 m³
Vastaanottohuoneen tilavuus: 183 m³
Laitteisto: Harmonie 4210

Askeläänitasoluku L'n : 54 dB Korjaus, dB: -6
Ei-toivottujen poikkeamien summa: 31 dB (< 32 dB)

Taajuus	Mittaus-
f	tulos
(Hz)	(dB)
100	55,2
125	58,6
160	60,6
200	61,3
250	63,2
315	61
400	59,5
500	55,8
630	46,9
800	35,5
1000	29,5
1250	29,2
1600	29,7
2000	29,8
2500	29,5
3150	29



LIITE4:Ilmatiiviydenmittauspöytäkirja

		A1	
			
Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU			
<h2>Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja</h2>			
Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti			
Sivu 1/7: Projektitiedot			
Asiakas			
Asiakasnumero			
Nimi / Yritys	Lujatalo Oy		
Lähiosoite	Kaarantie 3		
Postinumero ja -toimipaikka	60510 HYLLYKALLIO		
Projektitiedot			
Projektinumero			
Rakennuksen lähiosoite	Varastotie 3		
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	62200 KAUHAVA		
Päivämäärä / Kellonaika	3.4.2012/14.55		
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä		
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi			
Rakennusvuosi	2012		
Rakennuskorkeus	5,5		
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER		
Mittausyyppi - A / B	B		
Mittauspaikka / Huoneisto	A 1		
Asennuspaikka rakennuksessa	Parvekkeen oviaukko		
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1		
Netttilavuus - m ³	221		
Nettopinta-ala - m ²	83		
Verhoilupinta-ala - m ²	539		
Vuotokohtien paikanmääritys		Lisätyöskentely	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä	Vuodon paikantaminen	
Havainnointi valokuvaamalla	Kyllä	Jälkiparannuksen valvominen	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä		
Havainnointi kuormalanka-anemometrillä			
Havainnointi savupumpulla			
Huomautukset			
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:			
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot: Ilmastoinin venttiilit+viemärit			
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:			
BC21-huomautus:			

Ilmatiiviyden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet	
Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakenus	+
Valmistalo	
Muu	
Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiiviystasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	+
Puuaines	
Sisäpuolella	+
Ulkopuolella	
Muuta	
Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmatiivit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	+

Ilmatiiviyden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun	
Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa	
Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	
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 ilmanvaihtventtiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	

Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

Mittaustiedot

Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	287	365	453	545	601						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	246	287	345	367	429						m ³ /h

Luonnolliset paine-erot

Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	-3,0	Pa
	dP0,1	-1,0	Pa
Mittauksen jälkeen	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	0,0	Pa
	dP0,2	0,0	Pa

Tulokset

	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	34,01		58,34	
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	25,32	45,67	36,85	92,36
Virtauseksponentti - n	0,68		0,50	
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,60	0,76	0,38	0,63
Vuotokerroin - C_L	34,21		56,11	
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	25,47	45,94	35,44	88,83
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	490		401	
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	470	510	377	425

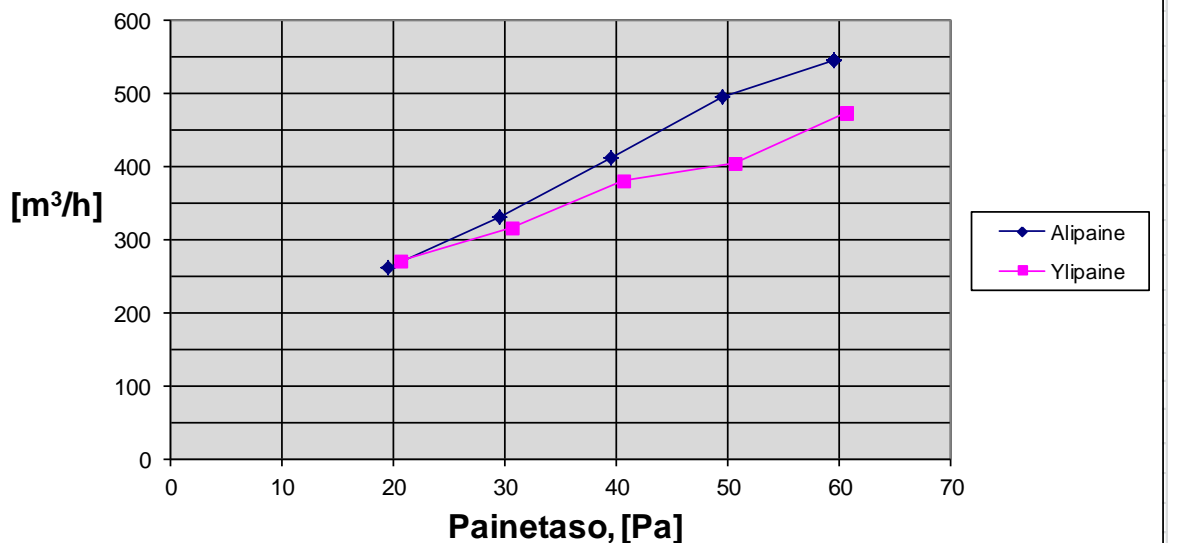
Ympäristötiedot

Tuulen voimakkuus	3	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	944	hPa
Ulkolämpötila	-4,0	°C
Sisälämpötila	22,0	°C


Tunnusarvot

	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - n_{50}	2,2	1,8	2,0	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	5,9	4,8	5,4	m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	0,9	0,7	0,8	m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



LIITE 5: Ilmatiiviydenmittauspöytäkirja B4

		B4	
			
Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU			
Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja			
Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti			
Sivu 1/7: Projektitiedot			
Asiakas			
Asiakasnumero			
Nimi / Yritys	Lujatalo Oy		
Lähiosoite	Kaarantie 3		
Postinumero ja -toimipaikka	60510 HYLLYKALLIO		
Projektitiedot			
Projektinumero			
Rakennuksen lähiosoite	Varastotie 3		
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	62200 KAUHAVA		
Päivämäärä / Kellonaika	4.4.2012/19.07		
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä		
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi			
Rakennusvuosi	2012		
Rakennuskorkeus	5,5		
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER		
Mittausstyyppi - A / B	B		
Mittauspaikka / Huoneisto	B 4		
Asennuspaikka rakennuksessa	Ikkuna-aukko		
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1		
Netttilavuus - m ³	191		
Nettopinta-ala - m ²	69		
Verhoilupinta-ala - m ²	227		
Vuotokohtien paikanmääritys		Lisätyöskentely	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä	Vuodon paikantaminen	
Havainnointi valokuvaamalla	Kyllä	Jälkiparannuksen valvominen	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä		
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä			
Havainnointi savupumpulla			
Huomautukset			
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:			
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot: Ilmastoinin venttiilit+viemärit			
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:			
BC21-huomautus:			

Ilmatiiviyden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet	
Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	+
Valmistalo	
Muu	
Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	+
Puuaines	
Sisäpuolella	+
Ulkopuolella	
Muuta	
Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmatiivit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	+

Ilmatiiviyden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun	
Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa	
Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	
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 ilmanvaihtventtiilit	
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	295	360	446	518	598						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	242	285	362	427	458						m ³ /h

Luonnolliset paine-erot

Ennen mittausta	dP0,1+	1,0 Pa
	dP0,1-	-1,0 Pa
	dP0,1	0,0 Pa
Mittauksen jälkeen	dP0,2+	0,0 Pa
	dP0,2-	-1,0 Pa
	dP0,2	0,0 Pa

Tulokset

	Alipaine	Ylipaine
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	39,40	38,97
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	26,53 58,51	22,25 68,24
Virtausekponentti - n	0,65	0,62
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,54 0,76	0,46 0,77
Vuotokerroin - C_L	39,30	38,18
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	26,46 58,37	21,80 66,86
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	495	424
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	470 522	393 457

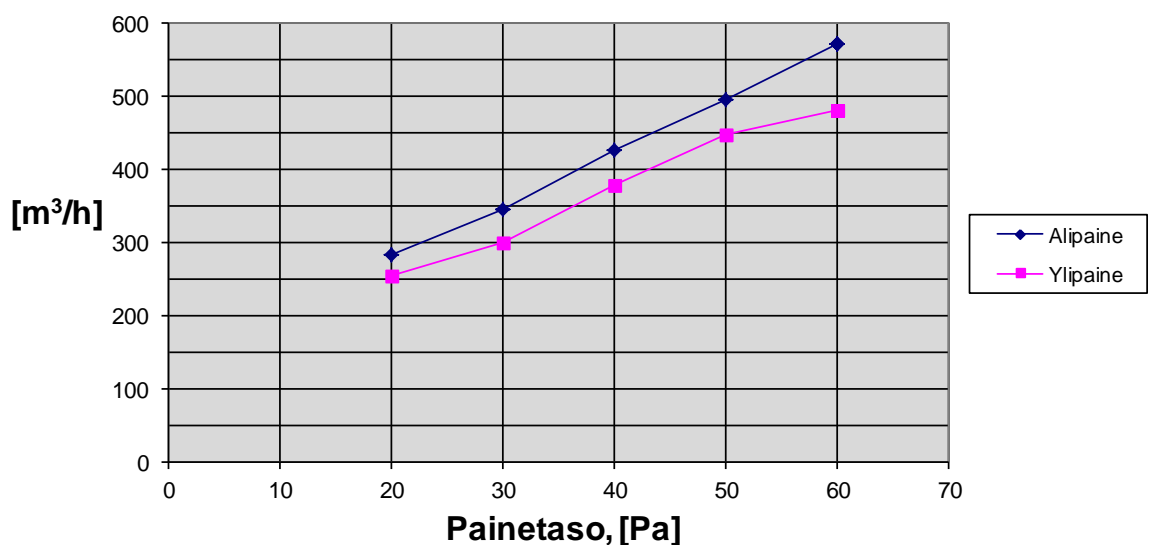
Ympäristötiedot

Tuulen voimakkuus	3 m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B
Ilmanpaine	956 hPa
Ulkolämpötila	6,1 °C
Sisälämpötila	18,6 °C

Tunnusarvot

	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo
Ilmanvuotoluku - n_{50}	2,6	2,2	2,4 1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	7,2	6,1	6,7 m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	2,2	1,9	2,0 m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet

Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	3,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	6 %	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	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon
---------------------	-----	--

Kokonaisvirhe

n ₅₀	8 %
w ₅₀	8 %
q ₅₀	8 %


Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 3.5.2012	Juha Koivumäki	

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

LIITE 6: Ilmatiiviydenmittauspöytäkirja C1

		C1	
			
Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU			
Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja			
Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti			
Sivu 1/7: Projektitiedot			
Asiakas			
Asiakasnumero			
Nimi / Yritys	Lujatalo Oy		
Lähiosoite	Kaarantie 3		
Postinumero ja -toimipaikka	60510 HYLLYKALLIO		
Projektitiedot			
Projektinumero			
Rakennuksen lähiosoite	Varastotie 3		
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	62200 KAUHAVA		
Päivämäärä / Kellonaika	5.4.2012/13.03		
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä		
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi			
Rakennusvuosi	2012		
Rakennuskorkeus	5,5		
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER		
Mittaustyyppi - A / B	B		
Mittauspaikka / Huoneisto	C 4		
Asennuspaikka rakennuksessa	Ikkuna-aukko		
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1		
Netttilavuus - m ³	191		
Nettopinta-ala - m ²	69		
Verhoilupinta-ala - m ²	185		
Vuotokohtien paikanmääritys		Lisätyöskentely	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä	Vuodon paikantaminen	
Havainnointi valokuvaamalla	Kyllä	Jälkiparannuksen valvominen	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä		
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä			
Havainnointi savupumpulla			
Huomautukset			
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:			
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot: Ilmastoinin venttiilit+viemärit			
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:			
BC21-huomautus:			

Ilmatiiviuden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet	
Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	+
Valmistalo	
Muu	
Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	+
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	
Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmatiivit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	+

Ilmatiiviyden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennuksenvalmisteluun	
Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa	
Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	
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 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	279	344	424	495	560						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	231	293	349	405	446						m ³ /h

Luonnolliset paine-erot

Ennen mittausta	dP0,1+	0,0 Pa
	dP0,1-	-1,0 Pa
	dP0,1	0,0 Pa
Mittauksen jälkeen	dP0,2+	0,0 Pa
	dP0,2-	-1,0 Pa
	dP0,2	0,0 Pa

Tulokset

	Alipaine	Ylipaine
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	37,75	39,66
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	27,87 51,14	35,98 43,71
Virtausekponentti - n	0,64	0,61
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,56 0,73	0,58 0,63
Vuotokerroin - C_L	37,49	38,53
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	27,67 50,78	34,95 42,47
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	464	411
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	445 483	406 416

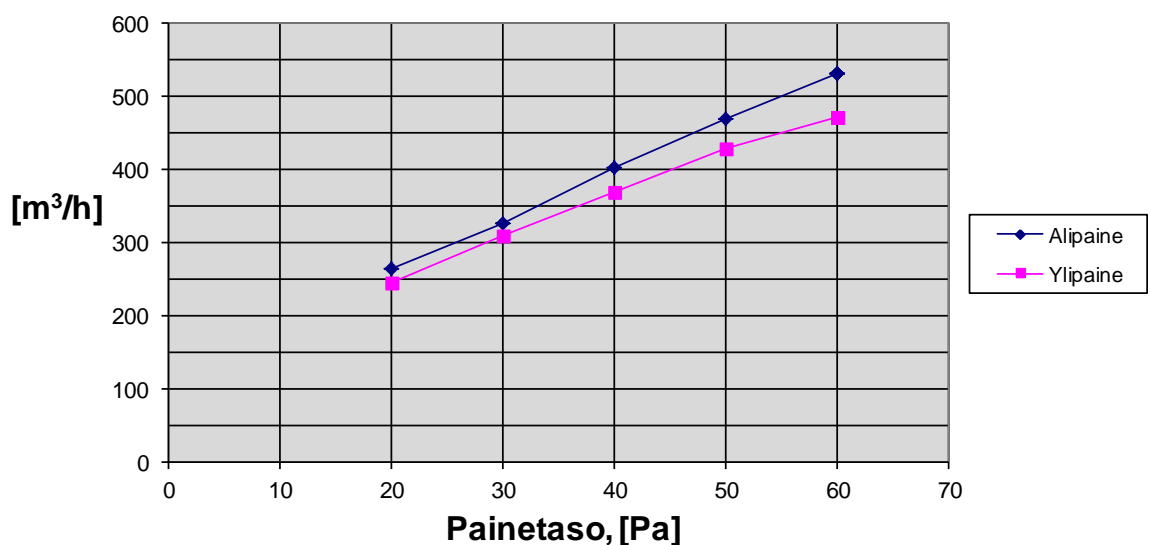
Ympäristötiedot

Tuulen voimakkuus	3 m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B
Ilmanpaine	945 hPa
Ulkolämpötila	6,5 °C
Sisälämpötila	20,9 °C


Tunnusarvot

	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo
Ilmanvuotoluku - n_{50}	2,4	2,2	2,3 1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - w_{50}	6,7	6,0	6,3 m ³ /h/m ²
Ilmanläpäisevyys - q_{50}	2,5	2,2	2,4 m ³ /h/m ²

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta



Liite 7 Ilmatiivyydenmittauspöytäkirja D4

		D4	
			
Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU			
Ilmatiivyyden mittaaminen, mittauspöytäkirja			
Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti			
Sivu 1/7: Projektitiedot			
Asiakas			
Asiakasnumero			
Nimi / Yritys	Lujatalo Oy		
Lähiosoite	Kaarantie 3		
Postinumero ja -toimipaikka	60510 HYLLYKALLIO		
Projektitiedot			
Projektinumero			
Rakennuksen lähiosoite	Varastotie 3		
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	62200 KAUHAVA		
Päivämäärä / Kellonaika	13.4.2012/14.30		
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä		
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi			
Rakennusvuosi	2012		
Rakennuskorkeus	5,5		
Mittauslaite	Wöhler BC 21 WÖHLER		
Mittaus tyyppi - A / B	B		
Mittauspaikka / Huoneisto	D 4		
Asennuspaikka rakennuksessa	Ikkuna-aukko		
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1		
Netttilavuus - m ³	166		
Nettopinta-ala - m ²	62		
Verhoilupinta-ala - m ²	187		
Vuotokohtien paikanmääritys		Lisätyöskentely	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä	Vuodon paikantaminen	
Havainnointi valokuvaamalla	Kyllä	Jälkiparannuksen valvominen	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä		
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä			
Havainnointi savupumpulla			
Huomautukset			
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:			
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot: Ilmastoinin venttiilit+viemärit			
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi:			
BC21-huomautus:			

Ilmatiiviuden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet	
Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	+
Valmistalo	
Muu	
Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	+
Puuaines	
Sisäpuolella	
Ulkopuolella	
Muuta	
Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmatiivit tilat valmiit	
Väliaikainen tiivistys tarpeen	+

Ilmatiiviyden mittaaminen	
EN 13829 standardin mukaisesti	
Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennuksenvalmisteluun	
Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa	
Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	
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 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	281	344	445	504	584						m ³ /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	275	345	419	480	492						m ³ /h

Luonnolliset paine-erot

Ennen mittausta	dP0,1+	0,0 Pa
	dP0,1-	-1,0 Pa
	dP0,1	0,0 Pa
Mittauksen jälkeen	dP0,2+	1,0 Pa
	dP0,2-	-1,0 Pa
	dP0,2	0,0 Pa

Tulokset

	Alipaine	Ylipaine
Virtauskerroin - C_{env} [m ³ /h]	34,95	53,95
VB (95%) C_{env} : minimi...maksimi	22,34 54,69	33,62 86,56
VirtausekspONENTTI - n	0,68	0,56
VB (95%) n : minimi...maksimi	0,55 0,80	0,43 0,69
Vuotokerroin - C_L	34,53	52,20
VB (95%) C_L : minimi...maksimi	22,07 54,02	32,53 83,76
Vuototilavuusvirtaus - V_{50} [m ³ /h]	484	465
VB (95%) V_{50} : minimi...maksimi	456 514	437 495

Ympäristötiedot

Tuulen voimakkuus	3 m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B
Ilmanpaine	944 hPa
Ulkolämpötila	11,0 °C
Sisälämpötila	21,0 °C

Tunnusarvot

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

Ilmanvuotokäyrä, tilavuusvirta

