

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Petri Matias Hakamaa

PUU- JA TIILITALON ENERGIA-
TEHOKKUUDEN VERTAILU

Tekniikka ja liikenne
2009

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa syksyllä 2009. Opinnäytetyön aiheen ideoin itse ja siitä kiinnostui myös rakennusinsinööritoimisto JM-Rakenne Oy Kauhajoelta, jonka kanssa tein yhteistyötä.

JM-Rakenne Oy:llä ohjaajana toimi toimitusjohtaja Jukka Mättö. Vaasan Ammattikorkeakoulussa ohjaajana toimi yliopettaja Tapani Hahtokari.

Työn valmistumisesta ja etenkin mittauksien onnistumisesta suuri kiitos Technobotnian laboratorioinsinööri Mika Korvelle. Kiitos myös henkilöille joiden kotona sain suorittaa ilmanvuotomittaukset. Työhön liittyvien mittauksien kohteita etsittäessä suurena apuna oli myös Wienerberger Oy:n Länsi-Suomen aluemyyntipäällikkö Keijo Laine, hänelle myös kiitos.

Vaasassa 27.11.2009

Petri Hakamaa

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Petri Hakamaa
Opinnäytetyön nimi	Puu- ja tiilitalon energiatehokkuuden vertailu
Vuosi	2009
Kieli	suomi
Sivumäärä	41 + 3 liitettä
Ohjaaja	Tapani Hahtokari

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan puu- ja tiilitalon energiatehokkuutta. Tarkoituksena oli selvittää paljonko puu- ja tiilitalon energiankulutus eroavat toisistaan ja sen myötä vaikutus energiatehokkuuteen. Työstä ilmenee seikat, jotka vaikuttavat puu- ja tiilitalon erilaiseen energiankulutukseen.

Suuri osa työstä keskittyy suoritettuihin ilmanvuotomittauksiin ja niiden vaikutuksiin. Ilmanvuotomittaukset suoritettiin neljälle puutalolle ja kolmelle tiilitalolle. Talojen vertailu toteutettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisella energiankulutuksen laskennalla. Vertailussa käytettiin samoja lähtötietoja molemmille rakenteille.

Asiasanat: lämmityksen energiankulutus, ominaislämpöhäviö, vuotoilma

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Rakennustekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Petri Hakamaa
Title	Energy Requirements of Wooden Houses and Brick Houses
Year	2009
Language	Finnish
Pages	41 + 3 appendices
Name of Supervisor	Tapani Hahtokari

This thesis was a comparative study on the energy performance of wooden houses and brick houses. The purpose was to find out the differences in the energy consumption between these two house types and the effect on the energy efficiency. The factors which have an effect on the different energy efficiency of a wooden house and a brick house were also studied.

A large part of the study concentrated on the airflow measurements and the effects of the airflow. The measurements were carried out in four wooden houses and three brick houses. The comparison was made of houses on the basis of energy efficiency calculations in accordance with the National Building Code of Finland, part D5. The same cost data was used for both structures in the comparison.

Keywords: Energy Consumption in Heating, Heat Loss Coefficient, Leakage Airflow Rate

KÄSITTEITÄ

Energiankulutus: Energiankulutus tarkoittaa rakennuksessa normaalin käyttötilanteen aikana toteutunutta energiantarvetta kilowattitunteina mitattuna määrätyllä ajanjaksolla. Energiankulutus voidaan ilmoittaa kokonaiskulutuksena tai suhteellisenä kulutuksena kohdistettuna huoneistopinta-alaa, bruttopinta-alaa tai rakennus-tilavuutta kohden.

Energiatehokkuus: Energiatehokkuus on termi, jota käytetään kuvaamaan rakennuksen energiankulutukseen ja -tarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. Energiatehokkuuteen sisältyy sellaiset ominaisuudet, joilla on välitön vaikutus energiankulutukseen, kuten lämmöneristävyys, tiiviys ja talotekniset ratkaisut.

Hyötysuhde: Kun laitteeseen syötetään tietty määrä energiaa kertoo hyötysuhde suhdelukuna kuinka suuri osa siitä energiasta voidaan hyödyntää koneen varsinaista tarkoituspää varten.

Ilmanpitävyys: Ilmanpitävyydellä tarkoitetaan rakennuksen vaipan kykyä estää ilmavirtausten pääsy rakenteiden läpi, vrt. rakennuksen tiiviys.

Ilmansulku: Ilmansulku tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi.

Ilmanvuotoluku eli n_{50} -arvo: Ilmanvuotoluku tarkoittaa rakennukseen mittauksien avulla määriteltyä vuotoilmamäärää, joka siirtyy yhdessä tunnissa vaipan rakenteiden läpi kun sisä- ja ulkoilman välillä vallitsee 50 pascalin paine-ero. Yksikkönä käytetään 1/h, eli montako kertaa ilma vaihtuu tunnissa.

Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo: Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkönä käytetään $W/(m^2K)$.

Ominaislämpöhäviö: Lämpöteho, joka siirtyy lämmitetystä tilasta ulkoilmaan laskettuna sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroa kohti. Rakennuksen ominaislämpöhäviötä verrataan RakMK:ssa määriteltyyn vertailutasoon ominaislämpöhäviötarkastelussa.

Ominaislämpökapasiteetti: Ominaislämpökapasiteetti kuvaa miten paljon lämpöenergiaa materiaaliin sitoutuu lämpötilaeroa ja massaa kohti. Tässä työssä kyse on koko rakennuksen sisäisestä kyvystä varata lämpöenergiaa.

Rakennuksen vaippa: Rakennuksen vaippaan sisältyvät ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimän tilan ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaippaan kuuluvat siten alapohja, ulkoseinät, yläpohja, ikkunat ja ulko-ovet.

Vertailulämpöhäviö: Rakennuksen laskennallinen lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö. Vertailulämpöhäviö määritellään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3 mukaisesti.

Vuotoilma: Rakennuksen vaipan epätiiviydestä aiheutuva hallitsematon ilmanvaihto, joka kasvattaa ilmanvaihdon lämpöhäviötä.

LYHENTEITÄ

RakMK:	Suomen rakentamismääräyskokoelma
C3, D2, D3, D5:	RakMK:n osat
kWh:	kilowattitunti on energia, joka kuluu käytettäessä kilowatin tehoa tunnin ajan.
brm²:	rakennuksen bruttopinta-ala
K:	kelvin, SI-järjestelmän yksikkö lämpötilalle.
Pa:	pascal, SI-järjestelmän paineen yksikkö.

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	2
TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
KÄSITTEITÄ.....	5
LYHENTEITÄ.....	7
1 JOHDANTO.....	10
2 ENERGIATEHOKKUUS.....	11
2.1 Ympäristöministeriön asetus.....	11
2.2 Vaatimukset.....	11
3 ENERGIATEHOKAS SUUNNITTELU.....	13
3.1 Talon koko ja muoto.....	13
3.2 Talon sijoitus tontille.....	13
3.3 Rakennustekniikka	14
3.3.1 Lämmöneristys.....	14
3.3.2 Ilmanpitävyys.....	15
3.4 Talotekniikka.....	16
3.4.1 Lämmitysjärjestelmät.....	16
3.4.2 Sähkölaitteet ja valaistus	16
3.4.3 Ilmanvaihto ja sisäilma.....	17
3.4.4 Vesikalusteet.....	18
3.5 Energiataseen muodostuminen.....	18
4 VERTAILUN LÄHTÖTIEDOT.....	20
4.1 Soveltaminen.....	20
4.2 Vertailutalo.....	20
4.3 Rakenteet.....	21
4.4 Talotekniikka.....	23

5 ILMANVUOTO MITTAUKSET.....	24
5.1 Mittauksien tavoite.....	24
5.2 Mittaustapa ja käytetty laitteisto.....	24
5.3 Kohteet.....	25
5.3.1 Kohde 1.....	25
5.3.2 Kohde 2.....	25
5.3.3 Kohde 3.....	25
5.3.4 Kohde 4.....	25
5.3.5 Kohde 5.....	25
5.3.6 Kohde 6.....	26
5.3.7 Kohde 7.....	26
5.4 Mittauksen kulku.....	26
5.5 Havainnot.....	30
5.6 Tulokset.....	31
6 VAIKUTUS ENERGIAN KULUTUKSEEN.....	35
6.1 Ilmanvuotoluku (n50-luku).....	35
6.2 Rakennuksen vaipan lämmönläpäisykerroin.....	37
6.3 Rakennuksen ominaislämpökapasiteetti.....	39
7 YHTEENVETO.....	40
7.1 Energiansäästö.....	40
7.2 Vertailu ja mittaukset.....	40
LÄHDELUETTELO.....	42
LIITEET.....	44

1 JOHDANTO

Nykyään kiinnitetään huomiota kaikenlaiseen energiankulutukseen ja tämä koskee myös rakennusalaan. Rakennusosalalle vaikutukset ovat lähinnä työllistävät. Etenkin suunnittelu- ja tuotekehitystyöhön joudutaan panostamaan kun rakennusten energiankulutusta rajoitetaan maailmanlaajuisesti. Suomessa on yhtenäinen linja Euroopan unionin kanssa, jolla on tavoitteena vähentää rakennusten energiankulutusta 10-15 % vuoteen 2010 mennessä.

Rakennusten energiankulutus on saanut aikaan paljon keskustelua ja nykyään tietoa on hyvin helppo löytää. Rakennusten energiantarpeen laskentaan on saatavilla jo useita laskentaohjelmia. Ohjelmia käytettäessä on syytä tarkastaa pohjautuvatko ne EN-standardeihin.

Tämä insinöörityö perehtyy muutamaan tekijään, jotka vaikuttavat pientalon energiankulutukseen. Työssä vertaillaan puu- ja tiilitalon energiankulutuksia sekä ilmastuodista aiheutuvia lämpöhäviöitä. Vaikka Suomesta löytyy rakennusalan ammattitaitoa paljon ja rakentamisen laatu on hyvää, voidaan pienillä asioilla vielä vaikuttaa rakennusten energiatehokkuuteen. Kun halutaan parantaa rakennusten energiatehokkuutta tulee kiinnittää erityistä huomiota rakennedetaljien suunnitteluun ja tietenkin itse työsuoritukseen.

2 ENERGIATEHOKKUUS

2.1 Ympäristöministeriön asetus

Rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan rakennuksen energiatehokkuusluvulla, joka saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla, josta on vähennetty lämmittämättömien tilojen osuus. /9/

Energiatehokkuusluku sisältää rakennuksen tarvitseman vuotuisen lämmitys-, laitesähkö- ja jäähdytysenergiamäärän. Muissa kuin pienissä asuinrakennuksissa laitesähköenergia sisältää vain kiinteistösähkön. /9/







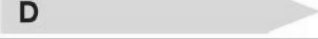







Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm²/vuosi), ilmoitetaan ylöspäin pyöristettynä kokonaislukuna. /9/

2.2 Vaatimukset

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviötä rajoitetaan hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Rakennuksen laskennallinen lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö. Määräystenmukaisuus voidaan osoittaa energiaselvityksellä, josta on ohjeet Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D3. /13/

Energiatehokkuus on luokiteltu ET-luvulla, jolle on asetettu selkeät rajat riippuen rakennuksen käyttötarkoituksesta. Pienten asuinrakennusten energiatehokkuudet luokitellaan kirjaimin A-G (Kuva 1). Energiatehokkain luokka on A ja energiaa kuluttavin luokka on G. Energiatehokkuusluku pyöristetään aina ylöspäin seuraavaan tasalukuun. /1/

Vanhojen määräysten mukaisten talojen ET-luku on useimmiten välillä 191-230 ja tällöin ne kuuluvat ET- luokkaan D. /13/

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 150		
151 - 170		
171 - 190		
191 - 230		
231 - 270		
271 - 320		
321 -		
<i>Paljon kuluttava</i>		

Kuva 1. Pienen asuinrakennuksen energiatehokkuusluokat ja niiden raja-arvot. /1/

3 ENERGIATEHOKAS SUUNNITTELU

Uusimmalla tekniikalla ja hyvällä suunnittelulla voidaan vähentää rakennuksen energiankulutusta huomattavasti. Suunnittelussa otetaan huomioon talon koko ja muoto, sijoitus tontille sekä monia rakennus- ja taloteknisiä asioita. Hyvin suunniteltu rakennus viimeistellään uusilla vähän energiaa kuluttavilla sähkölaitteilla ja energiaa säästävällä valaistuksella.

Vaikka suunnittelutyö on rakentamisen halvin vaihe, lyödään sen aikana lukkoon 90 % lopullisista rakennuskustannuksista. Suunnitteluvaiheessa lyödään myös lukkoon 80 % asumisen aikaisista energiakustannuksista. Loput 20 % energiakustannuksista määräytyy perheen asumistottumusten mukaan. Hyvä suunnittelu maksaa itsensä takaisin jo rakentamisen aikana ja myöhemmin alentuneina käyttökustannuksina. /5/

3.1 Talon koko ja muoto

Talon koon ja muodon vaikutukset tulee tiedostaa suunnitteluvaiheessa ja tarpeet miettiä tarkkaan. Ulkovaipan pinta-alan suhde tilavuuteen tulisi optimoida, koska lämmitetty sisäilma vaihdetaan kerran kahdessa tunnissa. Näin ollen suhteettoman korkeita huonetiloja tulee välttää. Monimuotoisessa talossa vaipan ja tilavuuden suhde on suuren seinäpinta-alan johdosta huono. Tämän vuoksi kulmikas talo kuluttaa enemmän energiaa kuin neliön muotoinen. /5/

Nurkissa lämmöneristävyys jää tavallisesti suoraa seinää huonommaksi, koska runkorakenteita on enemmän ja kylmäsiltoja syntyy helposti lisää. Tämä on enemmän puutalojen kuin tiilitalojen ongelma. Nurkan rakentaminen ilmanpitäväksi on myös vaikeampaa kuin suoran seinän. /2/

3.2 Talon sijoitus tontille

Energiankulutuksen kannalta talon paras paikka tontilla on mahdollisimman aurinkoinen sekä suojaisa. Mikäli mahdollista, tonttia kannattaa tarkastella eri vuo-

rokauden- ja vuodenaikoina. Pohjatutkimuksessa tarkistetaan maan kantavuus ja routivuus. Rakennuksen perustukset tulee suunnitella ja toteuttaa niin, ettei perustusten alla oleva maa pääse painumaan tai routimaan. Painumisesta tai routimisesta voi aiheutua halkeamia, jotka saattavat aiheuttaa ilmavuotoja ja heikentää rakennuksen lämmöneristävyyttä. /5/

Huoneiden sijoittelua suunniteltaessa voidaan energiankulutuksen lisäksi vaikuttaa asumisviihtyvyyteen. Huoneet tulisi sijoitella niin, että lämpimiä tiloja vaativat asumistoiminnot ovat talon keskellä ja auringon puolella etelään päin. Vähemmän lämpöä tarvitsevat tilat kuten harrastus- ja säilytystilat sekä makuuhuoneet kannattaa rakentaa pohjoisen puolelle. /3/

3.3 Rakennustekniikka

Normaalia nykypäiväistä rakennustapaa noudattaen päästään hyvään energiatehokkuuteen. Toisaalta kiinnittämällä huomiota erityisesti lämmöneristyksen ja ilmansulun asennukseen voidaan ilman lisäkustannuksia parantaa energiatehokkuutta huomattavasti. Energiaa voidaan säästää paljon myös hyvillä ikkunoilla ja energiatehokkaan ikkunan etuna on lämpimänä pysyvä sisäpinta, jolloin ei tarvita erillisiä pattereita eikä synny vedon tunnetta. Nykyaikaisessa talossa on yhä useammin jopa viisi ovea, jolloin on tärkeää valita myös hyvin lämpöä pitävät ovet. /2/

3.3.1 Lämmöneristys

Lämmöneristyksen suunnittelussa huomiota tulee kiinnittää liitoksiin ja läpivienteihin. Tärkeää on valita käyttötarkoitukseltaan sopiva eriste. Lämmöneristyksen asennus ja muut huomioon otavat asiat esitellään tarkoilla detaljikuvilla, näin varmistetaan eristyksen moitteettomuus. /4/

Lämmöneristys on perusmenetelmä rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi eikä sitä voi korvata muilla keinoin. Lämmöneristyksen parantaminen on ollut ja tulee aina olemaan energiatehokkuuden parantamisen perusta, joka on yleensä

sä hyvin yhteensopiva muiden energiaa säästävien keinojen kanssa. Kun pidetään huoli, että rakennus on normaalissa suunnitelmien mukaisessa käytössä ja oikein tehtynä. Lämmöneristys on toimintavarma koko rakennuksen käyttöiän ajan. /4/

Rakennuksen käytön ja huollon kannalta lämmöneristys ei vaadi erityisiä toimenpiteitä. Lämmöneristys pienentää lämpöhäviötä rakennusosien kautta ulos tai vastaavasti helleajan lämpökuormaa sisäänpäin. Energiatehokkuuden lisäksi hyvä lämmöneristys helpottaa laadukkaan sisäilmaston toteuttamista eri tavoin. On tärkeää, että valmis lämmöneristys on mahdollisimman virheetön ja liittyy hyvin kaikkiin eristetilaa rajoittaviin pintoihin. Eristekerroksessa olevat raot lisäävät ilman liikettä ja se korostuu voimakkaasti eristyspaksuuden kasvaessa. /4/

3.3.2 Ilmanpitävyys

Energiatehokkaassa kodissa ilma kulkee suunnitellusti: raitis ilma tulee sisään ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottokennon kautta, lämpenee siinä poistuvan ilman lämmöllä ja se puhalletaan asuintiloihin lämmitettynä. Talossa ei ole vetoa eikä siellä tarvita korvausilma-aukkoja, joista usein tulee hallitsemattomasti sisään kylmää ilmaa, epäpuhtauksia ja melua. /2/

Ilmansulussa pitää saada saumat tiiviiksi ja välttää reikien tekoa. Puurakenteita suunniteltaessa voidaan ilmansulku sijoittaa kantavan pystyrungon ja sen sisäpuolelle tulevan asennusrungon väliin. Putkitukset ja sähkövedot voidaan tällöin tehdä asennusrunkoon rikkomatta ilmansulkua. /5/

Rakennuksen vaipan ilmanpitävyys on yksi edellytys vaipan lämmöneristävyuden toteutumiselle suunnitelmien mukaisesti. Ilmansulun huolellisen toteutuksen, erityisesti liitoskohtien ja läpimenojen huolellisen tiivistyksen ansiosta saavutetaan talossa rakennusmateriaaleista riippumatta hyvä ilmanpitävyys. Ilmanpitävyyttä ilmaisee n_{50} -luku, joka tulisi Suomen rakentamismääräyksien mukaan olla lähellä arvoa 1,0 l/h. /12/

3.4 Talotekniikka

3.4.1 Lämmitysjärjestelmät

Pientalon lämmitysjärjestelmä voidaan jakaa erilaisiin toiminnallisiin kokonaisuuksiin: lämmönkehityslaitteisiin, lämmönvarastointiin, lämmönjakojärjestelmään sekä säätö- ja ohjauslaitteisiin. Jako on ohjeellinen, käytännössä eri osakokonaisuudet saattavat yhdistyä. Pientalossa pitää lämmittää asuin- ja kosteat tilat, puolilämpimät tilat sekä tuloilma ja käyttövesi. Pientalon energiankulutus jakaantuu seuraavasti tilojen lämmitykseen 40-60 % käyttöveden lämmitykseen 10-25 % tuloilman esilämmitykseen 5-15 % huoneisto- ja kiinteistösähköön 20-30 %. Lämmitysjärjestelmän valinta ja suunnittelu vaikuttavat keskeisesti asumisen mukavuuteen ja käyttökustannuksiin. /5/

Eri lämmöntuottolaitteita ovat esimerkiksi öljy- ja kaasukattilat, puupolttoaineita käyttävät kattilat, kaukolämpö sekä maa- vesi- ja ilmalämpöpumput. Lämmönjako voidaan toteuttaa esimerkiksi pattereilla tai lattialämmityksellä. Lämmityslaitteiston valintaan vaikuttaa rakennuspaikka ja omat mieltymykset. /5/

3.4.2 Sähkölaitteet ja valaistus

Sähkölaitteet vievät kolmanneksen kodin energiankulutuksesta. Viihde-elektronikan lisääntyminen kasvattaa jatkuvasti niiden kuluttamaa osuutta. Laitteiden oikea valinta, sijoittaminen ja asennus vaikuttavat olennaisesti huoneistosähkön kulutukseen. Kotitalouskoneissa energiamerkki ilmoittaa niiden energiatehokkuusluokan aakkosin A:sta G:hen. Vihreällä nuolella merkityt A-luokan laitteet edustavat parhaimmistoa. Kylmäsäilytyslaitteissa on myös A+ ja A++ -luokat. Energiamerkeissä ilmoitettu laitteen energiankulutus on mitattu laboratorio-olosuhteissa. Laitteen käyttö ja sijoitus vaikuttavat aina todelliseen kulutukseen. /5/

Energiamerkillä varustettuja kodinsähkölaitteita ovat pyykinpesukoneet, kuivausrummut, astianpesukoneet, uunit, ilmastointilaitteet ja lamput. Energiamerkki on syytä huomioida valittaessa kodin sähkölaitteita.

Kodissa tarvitaan sekä kohde- että yleisvalaistusta. Pientalon tyypillisiä valonlähteitä ovat loistelamput, hehkulamput ja halogeenilamput. Pienloistelamppu eli energiansäästölamppu sopii erinomaisesti energiatehokkaan kodin perusvalaisimien valonlähteeksi. Valaistukseen tulevien uusien määräysten mukaan hehkulamput tullaan poistamaan kokonaan kauppojen hyllyiltä ja ne korvataan energiansäästölamppuilla. Perinteisten valokatkaisijoiden tilalle voidaan asentaa infrapuna-tunnistimet, jotka sytyttävät valot huoneeseen mentäessä ja sammuttavat ne säädetyn ajan kuluttua sieltä lähdettäessä. Pihan perusvalaistusta voidaan ohjata hämäräkytkimin, ulko-ovien ja kulkuteiden valaistusta voidaan ohjata lähestymiskytkimien avulla. /5/

3.4.3 Ilmanvaihto ja sisäilma

Ilmanvaihdolle on asetettu vaatimukset, joiden mukaan ilmavirta tulee olla niin suuri että rakennuksen sisäilma vaihtuisi kerran kahdessa tunnissa. Energiatehokas koti on tiivis, eikä lämmintä ilmaa karkaa hallitsemattomien ilmarakojen kautta. Erilaiset sisäilman epäpuhtaudet ja kosteus täytyy kuitenkin saada ulos ja tilalle tarvitaan raitista ilmaa. Siksi nykyaikaisessa ja energiatehokkaassa talossa tarvitaan koneellinen ilmanvaihto lämmöntalteenotolla. /2/

Jatkuvasti toimivassa koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa käytetty ilma poistetaan ulos ja sen tilalle puhalletaan raitista ilmaa. Raitis ilma johdetaan lämmöntalteenottolaitteeseen, jossa se lämpenee talosta poistettavan ilman lämmöllä ennen siirtymistään huonetiloihin. Ilmanvaihto tulee mitoittaa tarpeeksi suureksi ja välttää alimitoitettuja ilmanvaihtokanavia ja -koneita. Liian ahtaaksi mitoitettu ilmanvaihto pitää melua ja kuluttaa turhaan sähköä. /2/

Oikein mitoitettuun ilmanvaihtokoneeseen voidaan liittää tehokkaasti käryjä poistava liesikupu, jolloin omalla puhaltimella varustettua erillistä liesituuletinta ei tarvita. Lämmöntalteenottolaitteilla saa talteen jopa 70 % muuten harakoille menevästä lämmöstä. /5/

3.4.4 Vesikalusteet

Keskimäärin pientaloasukkaat kuluttavat vettä henkeä kohden 110 - 120 l/vrk. Tästä puolet käytetään peseytymistiloissa, neljännes keittiössä ja neljännes WC:ssä. Käyttötottumukset vaikuttavat oleellisesti vedenkulutukseen, esim. 5 minuutin suihkussa vettä kuluu keskimäärin 60 l, kun taas ammekylvyssä viisi kertaa enemmän. /5/

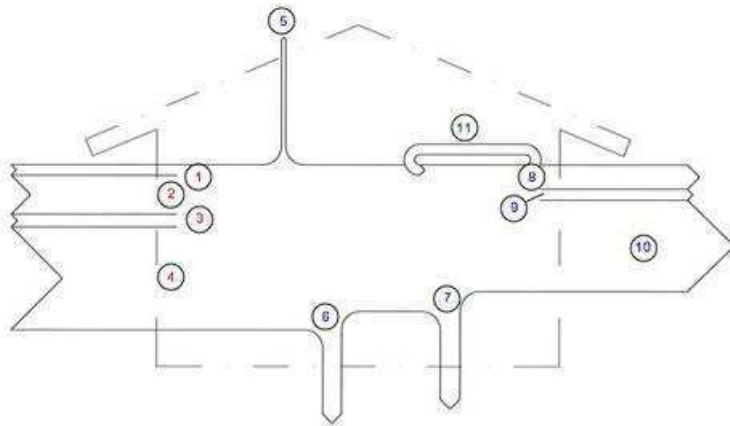
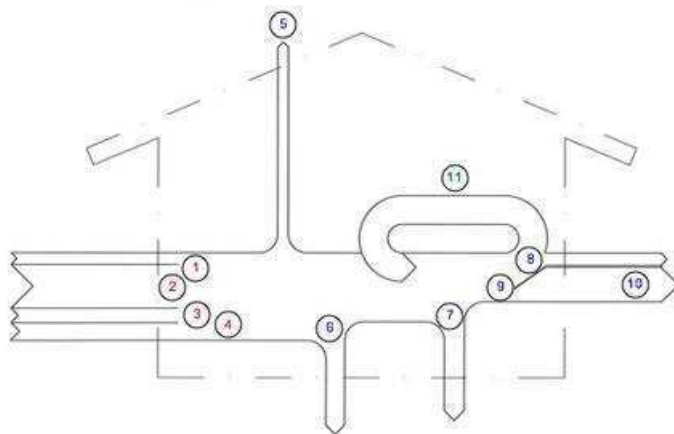
Lämmin käyttövesi vie noin viidenneksen asuinrakennuksen energiankulutuksesta. Lämmintä vettä kuluu henkilöä kohden 40 - 50 l/vrk. Lämpimän käyttöveden oikea lämpötila on 50 –55 °C, varaajan 70 – 90 °C. /5/

Energiankulutusta pienennettäessä vesikalusteissa kannattaa sijoittaa uusimpaan tekniikkaan. Nykyaikaisissa yksiotehanoissa veden täysi virtaama voidaan rajoittaa 4 litraan minuutissa. Uudet WC-istuimet toimivat jopa alle 4 litran kertahuuhtelulla tai niiden huuhtelumäärän voi valita tarpeen mukaan./5/

3.5 Energiataseen muodostuminen

Kokonaisenergiankulutuksesta lämmityksen osuus on noin puolet. Kaikki tämä ei kuitenkaan näy lämmityslaskussa, sillä varsinaisen lämmitysjärjestelmän lisäksi rakennuksessa on muitakin lämmönlähteitä; ”ilmaisenergiaa”. Lämmön talteenoton yleistyessä ja erilaisten lämpöä tuottavien sähkölaitteiden lisääntyessä suoran lämmitysenergian tarve on vähenemään päin. Koneiden ja laitteiden käyttämästä sähköenergiasta suuri osuus muuttuu lämmöksi talon sisällä. /6/

Sähkölaitteiden tuottama lämpöenergia on sama tavallisessa ja passiivirakenteisessa talossa. Passiivirakenteilla lämpöenergian tarve on pienempi. Tästä syystä laitteet tuottavat lähes kaiken passiivien energiatalon tarvitsemasta lämpöenergiasta. /6/

Normitalon energiatase:**Passiivitalon energiatase:****Energian lähteet**

1. Auringon säteilylämpö
2. Laitteet
3. Ihmiset
4. Varsinainen lämmitysenergia

Energian kulutus

5. Hyödyntämättä jäävä ilmaisenergia
6. Tekniset häviöt
7. Käyttöveden lämmitys
8. Ilmanvaihdon lämpöhäviöt
9. Vuotoilman lämpöhäviöt
10. Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt
11. Ilmastoinnin lämmön talteenotto

Kuva 2. Energiatase, mistä energia tulee ja mihin sitä kuluu. /6/

4 VERTAILUN LÄHTÖTIEDOT

4.1 Soveltaminen

Tässä työssä suoritettu puu- ja tiilitalon energiankulutuksen vertailu pohjautuu laskennallisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan D5. Rakennusten sisäiset ominaislämpökapasiteetit on laskettu eri ohjeen mukaan koska D5 pohjautuu keskimääräisten lämpökapasiteettien ominaisarvoihin. Ilmanvuotoluvut vertailussa tulevat omista mittauksista ja koska mittauskohteita oli vain seitsemän (neljä puu- ja kolme tiilitaloa) ei mittausten keskiarvo anna todellista kuvaa kaikista Suomen puu- ja tiilitaloista.

Laskentapohjalla voidaan vertailla kahden talon energiankulutusta. Muutettavia tietoja ovat seinä-, katto-, alapohja-, ikkuna- ja ovipinta-alat sekä näiden rakennusosien U-arvot. Vertailtavia ominaisuuksia ovat myös ilmanvuotoluku, rakennuksen sisäinen ominaislämpökapasiteetti ja bruttopinta-ala. Laskentapohjalla voi vertailla kaikkia rakentamismääräyskokoelman osassa D5 esiteltyjä tekijöitä, mutta se vaatii perehtymistä rakentamismääräyskokoelmaan sekä laskentapohjaan.

Laskentapohjan luomisessa apuna käytin seuraavia lähteitä /7/, /10/ ja /11/.

4.2 Vertailutalo

Vertailutalon lähtötiedot ovat seuraavat. Talo sijaitsee Vaasassa eli säävyöhykkeellä 2 ja sen huoneistoala on 140 m^2 . Huonekorkeus on keskimäärin 2.5 m , jolloin tilavuus on 350 m^3 . Rakennus on suorakaiteen muotoinen ja sisämitat ovat $9.5 \text{ m} \times 15.0 \text{ m}$. Laskelmat on tehty nelihenkisellä perheelle. Talo on yksikerroksinen eikä siinä ole kylmiä tai puolilämpimiä tiloja.

Sisämittojen pysyessä samana tulee bruttopinta-alaan pieni ero. Puutalolla se on 159 m^2 ja tiilitalolla 165 m^2 . Tämä johtuu seinärakenteiden paksuuserosta.

4.3 Rakenteet

Tässä vertailussa huomioidaan ilmanvuodon ja lämpökapasiteetin vaikutuksia, joten rakennuksen vaipan läpi johtuva lämpöenergia on sama ja näin ollen rakenteiden lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot ovat samat.

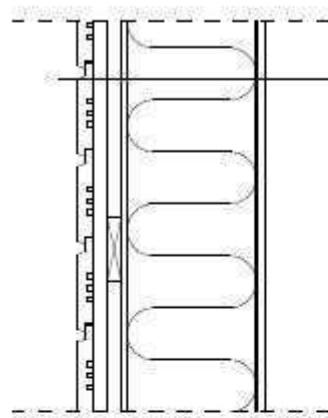
Puutalossa on lämmöneristys ja runko samassa rakennekerroksessa. Tiilitalossa runko ja lämmöneristys ovat erillisiä rakennekerroksia. Erillisen rakennekerroksen etuna on yhtenäinen ja tiivis rakenne myös kulmissa. Puutalossa on erillinen rakennusmuovi tai paperi, joka toimii höyryn- ja ilmansulkuna. Tiilitalon 130 mm paksun runkorakenteen tasoitekerros on oikein toteutettuna niin tiivis, että se ei vaadi erillistä höyryn- tai ilmansulkua. Molemmissa seinärakenteissa julkisivuverhouksen takana on ilmarako josta tuuletetaan rakenteeseen kertyvä kosteus pois. Puisen seinärakenteen tuulensuojana on erillinen tuulensuojalevy ja tiilirakenteessa tuulensuojana on villalevy, jonka pinnassa on tuulenpitävä pinnoite. Seinärakenteet kuvassa 3.

Ala- ja yläpohja ovat molemmissa taloissa samanlaiset. Alapohja on 80 mm paksu maanvarainen teräsbetonilaatta ja yläpohja on ristikkorakenteinen. Ikkunat ja ovet ovat myös samanlaiset.

Rakenteiden U-arvot ovat vuonna 2010 voimaan tulevan rakentamismääräyskoelman osan D3 mukaiset. Lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa. Suluissa vuoden 2007 määräyksien mukaiset arvot:

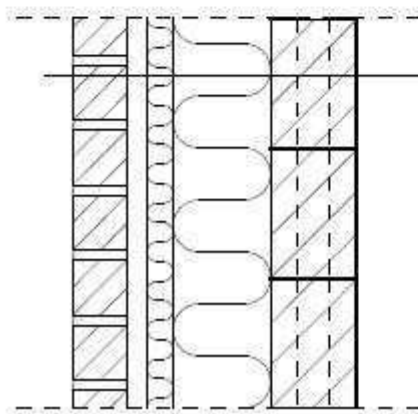
- Seinät 0,17 (0,24) W/(m²K)
- Yläpohja 0,09 (0,16) W/(m²K)
- Alapohja 0,16 (0,24) W/(m²K)
- Ikkunat ja ovet 1,00 (1,40) W/(m²K)

Puurakenne



Ulkoverhous
 Tuuletusväli
 Tuulensuojalevy
 Runko/Lämmöneriste
 Ilman- ja höyrnsulku
 Sisäverhouslevy

Tiilirakenne



Ulkoverhous tiili
 Tuuletusväli
 Tuulensuojavilla
 Lämmöneriste
 Poltettu runkoponttitiili
 Tasoite ja sisäpinnoite

Kuva 3. Vertailun seinärakenteet

4.4 Talotekniikka

Talotekniikalla on suuri vaikutus rakennuksen ET-lukuun. Tässä työssä ne määritellään vakioiksi, jolloin vertailu rajautuu rakenteiden ominaisuuksiin. Vertailulaskelemissa olevat ratkaisut ovat seuraavat. Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla. Lämmöntalteenotto on toteutettu vastavirtalevyylämmönsiirtimellä ilman poistoilmalämpöpumppua. Vertailurakennuksen lämmitys toteutetaan maalämpöpumpulla ja kaikki tilat lämmitetään vesikiertoisella lattialämmityksellä. Lämminvesivaraajan koko on 400 litraa. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon ei ole liitetty lämmityslaitteita. Sähkön- ja vedenkulutus lasketaan nelihenkisen perheen kulutuksen mukaan.

Hyötysuhteina eri laitteilla käytetään arvoja, joita RakMK D5:ssa suositellaan jos tarkkaa tietoa ei ole.

5 ILMANVUOTO MITTAUKSET

5.1 Mittauksien tavoite

Tavoitteena oli määritellä muutaman puu- ja tiilitalon ilmanvuotoluvut ja sitä kautta vuotoilman lämpöhäviöiden määrä. Tutkimuksessa tarkasteltiin ilmanvuo-
tokohtia ainoastaan aistinvaraisesti. Mittaustuloksia käytetään työssä suoritettuun
puu- ja tiilitalon energiatehokkuuden vertailuun. Tavoitteena ei ollut saada mitään
tarkkaa ilmanvuotojen eroa vaan suuntaa antavat arvot eri rakenteille.

Vertailuun laskettiin mittauksien pohjalta puutalolle ilmanvuotoluvun puuraken-
teisten talojen tuloksien keskiarvona ja tiilitalolle saman tiilirakenteisten talojen
keskiarvona.

Mikäli rakentamisvaiheessa halutaan suorittaa ilmanvuotomittaukset, tulee ne teh-
dä siinä vaiheessa kun rakennuksen ilmansulku on valmis. Tällöin voidaan vielä
mahdolliset vuotokohdat korjata.

5.2 Mittaustapa ja käytetty laitteisto

Paine-eroa vastaava ilmavirta mitattiin Wöhler Blower Check BC21 laitteistolla,
joka toimii aina -20 °C:n pakkasesta 50 °C:n lämpötilaan. Laite pystyy puhalta-
maan ilmaa n. 3000 m³/h.

Asuntojen ilmanpitävyys mitattiin sekä yli- että alipainekokeena. Kokeen ajaksi
rakennuksen ilmanvaihtoventtiilit ja muut tarkoitukselliset aukot suljetaan tiiviisti.
Koe tehtiin luomalla rakennukseen 50 Pa yli- ja alipaine. Laitteisto laskee auto-
maattisesti energiatehokkuuden laskennassa käytettävän ilmanvuotoluvun. Asuin-
rakennusten ilmatilavuuteen lasketaan mukaan väliseinät. Tässä tutkimuksessa tu-
loksia ilmoitetaan Suomessa yleistyneellä tavalla n₅₀-lukuina.

Euroopassa on yleistynyt toisenlainen tapa jossa ilmavirtaus normalisoidaan ra-
kennuksen vaipan alan suhteen. Näin lasketusta luvusta käytetään merkintää q₅₀-
luku. /8/

5.3 Kohteet

5.3.1 Kohde 1.

Kohde 1 on paikalla rakennettu puurunkoinen omakotitalo joka sijaitsee Kauha-joella. Rakennus on valmistunut vuonna 2009 ja sen ilmatilavuus on 442 m³. Mitausajankohta oli 12.5.2009.

5.3.2 Kohde 2.

Kohde 2 on paikalla rakennettu puurunkoinen omakotitalo joka sijaitsee Kauha-joella. Rakennus on valmistunut vuonna 2009 ja sen ilmatilavuus on 460 m³. Mitausajankohta oli 12.5.2009.

5.3.3 Kohde 3.

Kohde 3 on paikalla rakennettu puurunkoinen omakotitalo joka sijaitsee Kauha-joella. Rakennus on valmistunut vuonna 2009 ja sen ilmatilavuus on 318 m³. Mitausajankohta oli 13.5.2009.

5.3.4 Kohde 4.

Kohde 4 on paikalla rakennettu puurunkoinen omakotitalo joka sijaitsee Kauha-joella. Rakennus on valmistunut vuonna 2009 ja sen ilmatilavuus on 276 m³. Mitausajankohta oli 3.11.2009.

5.3.5 Kohde 5.

Kohde 5 on paikalla rakennettu tiilirunkoinen omakotitalo joka sijaitsee Terva-joella. Rakennus on valmistunut vuonna 2009 ja sen ilmatilavuus on 442 m³. Mitausajankohta oli 11.5.2009.

5.3.6 Kohde 6.

Kohde 6 on paikalla rakennettu tiilirunkoinen omakotitalo joka sijaitsee Seinäjoella. Rakennus on valmistunut vuonna 2008 ja sen ilmatilavuus on 423 m³. Mittausajankohta oli 11.5.2009.

5.3.7 Kohde 7.

Kohde 7 on paikalla rakennettu tiilirunkoinen omakotitalo joka sijaitsee Kauhaajoella. Rakennus on valmistunut vuonna 2008 ja sen ilmatilavuus on 230 m³. Mittausajankohta oli 24.10.2009.

5.4 Mittauksen kulku

Ilmanvuotomittauslaitteisto asennettiin toimintakuntoon (Kuvat 4, 5 ja 6) ja ilmanvaihtokanavat teipattiin (Kuva 7) tai tukittiin ilmanvaihtokoneesta (Kuva 9). Liesituuletin ja takka sekä mahdolliset korvausilmaventtiilit tiivistettiin. Tämän jälkeen asunto oli valmis ilmanvuotomittaukseen.

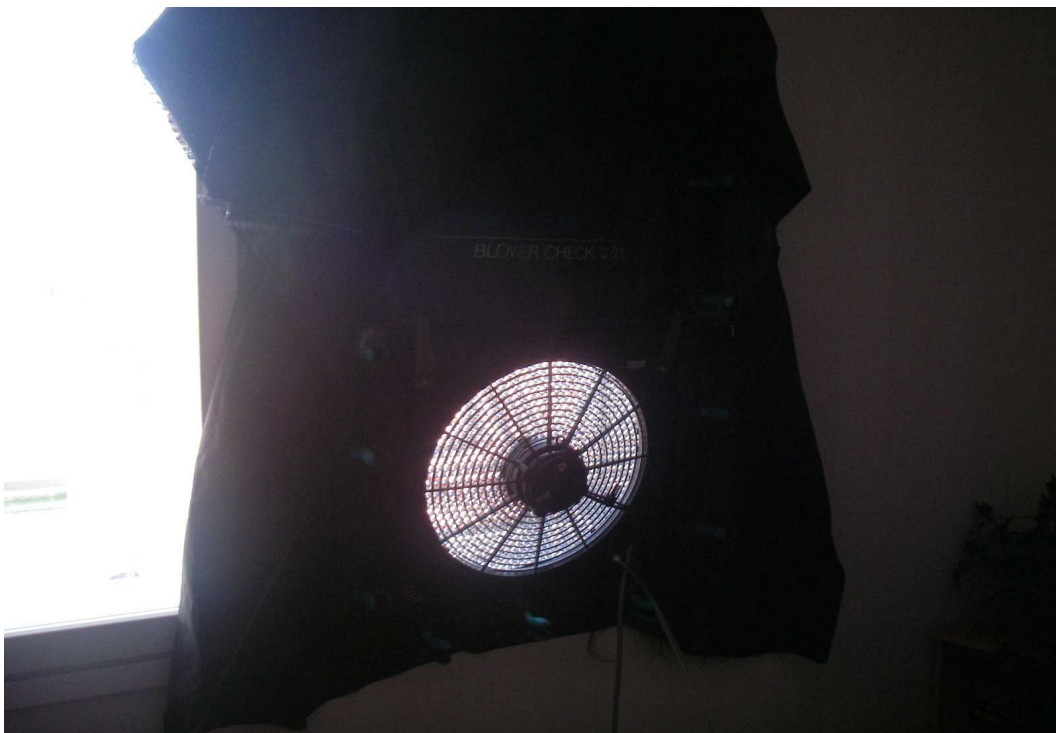
Laitteisto mittasi 20, 30, 40, 50 ja 60 Pa:n paine-erolla vuotoilman määrän. Lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä olivat myös sisä- ja ulkoilman lämpötilaero sekä paine-ero. Lopullinen tulos ei siis muodostu suoraan 50 Pa:n paine-erolla aiheutuvista ilmavuodoista vaan laitteisto huomioi myös sään vaikutuksen.



Kuva 4. Ilmanvuotomittauslaitteiston keskusyksikkö asennettuna.



Kuva 5. Ilmanvuotomittauslaitteiston puhallin asennettuna tiilitalon oveen.



Kuva 6. Ilmanvuotomittauslaitteiston puhallin asennettuna ikkunaan.



Kuva 7. Ilmanvaihtokanava teipattuna mittauksen ajaksi.



Kuva 8. Ilmanvuotomittauslaitteiston puhallin asennettuna puutalon oveen.



Kuva 9. Ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakanava tukittuna ”ilmapalloilla”.

5.5 Havainnot

Ilmanvuotohavainnot tehtiin mittauksen aikana aistinvaraisesti. Ilmanvuotokohtia voidaan etsiä kylminä aikoina lämpökameralla ja lämpiminä aikoina tarkoitukseen soveltuvilla savuilla. Havainnot kohdistui nurkkiin ikkuna- ja ovieliin sekä ilmansulun läpivienteihin.

Puurakenteissa suurimmat vuodot löytyivät ilmansulun läpivienneistä ja etenkin pistorasioiden sekä valaisimien kohdilta. Huomattava ilmanvuotokohta on myös liian pitkillä nauloilla tehty sisäkaton paneelous. Tällaisia rakenteita oli myös tutkituissa kohteissa, mutta vuotojen havaitsemiseksi täytyisi tehdä lämpökamerakuvaus. Nurkkien ilmanvuotoja ei aistinvaraisesti havaittu, mutta lämpökamera paljastaisi jo pienetkin lämpötilaerot. Ikkuna- ja ovikarmit oli lähes poikkeuksetta tiivistetty uretaanivaahdolla. Yllättävää oli niidenkin kohtuullisen hyvä tiiveys.

Tiilirakenteissa vuotoja aiheutti sähköjohtojen suojaputkiasennukset silloin kun ne läpäisi tiiviin rakenteen. Tämä on myös puurakenteiden ongelma jos suojaputkia käytetään. Ikkuna- ja ovipielet eivät tiilitaloissa aistin varaisesti vuotaneet. Tiilirakenteisissa taloissa tulee huomiota kiinnittää tiilirungon ja puurakenteen liitokseen. Mittauskohteissa liitos oli tiivistetty vaihtelevasti, mutta huomattavaa vuotoa se ei aiheuttanut.

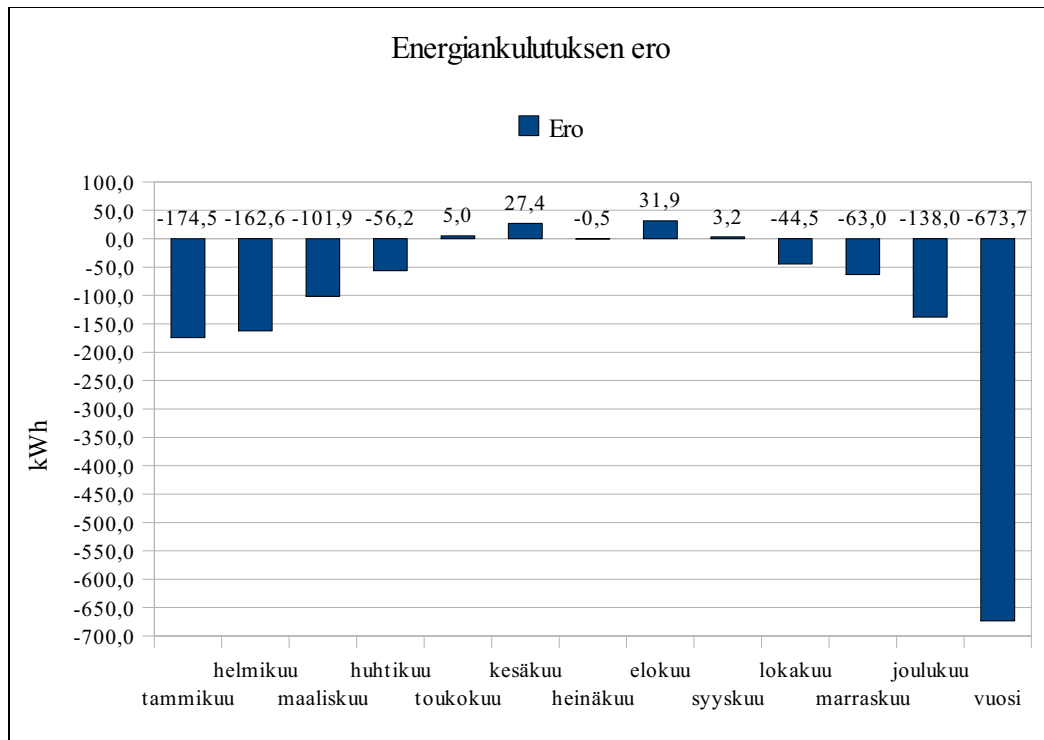
Lähtökohtaisesti tiilitalo on hieman tiiviimpi, mutta kuten tutkimus osoittaa on rakentamisen laadulla selkeästi suurin rooli. Ilman lisääntyviä kustannuksia pystytään rakennuksen ilmanvuotoluku saamaan jopa alle yhden, kuten yhdessä tutkittussa puutalokohteessa. Yhdessä puutalokohteessa oli koolaus ja lämmöneriste asennettu ilman- ja höyrynsulun päälle. Tällöin ilmansulkua ei vahingossa hajoteta.

5.6 Tulokset

Puu- ja tiilitalojen energiankulutuksen vertailussa puurakenteisten talojen kulutus oli lähes 680 kWh vähemmän vuodessa kuin tiilirakenteisten (kaaviot 1 ja 2). Lopullinen ostettavan energian ero ei ole vertailussa näin suuri. Tähän vaikuttaa lämmöntuotto- sekä lämmönjakotapa (ks. kohta 4.4 Talotekniikka). Vertailussa puutaloon ostettavan energian määrä on n. 228 kWh vähemmän kuin tiilitaloon ostettava energia. Mikäli oletamme sähkön hinnaksi 0,08 €/kWh tulee kustannusten eroksi noin 18,2 €/vuosi. Vertailu on laskennallinen eikä vastaa täysin todellista energiankulutusta (Taulukko 1.).

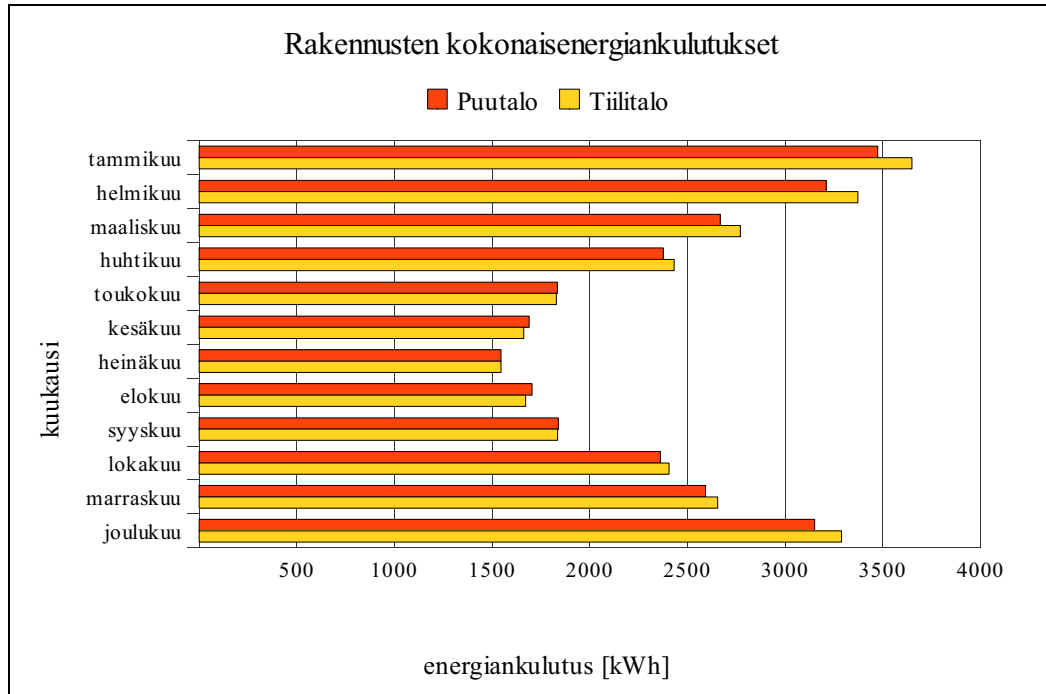
Energiankulutuksen eron muodostaa suurimmaksi osaksi ilmavuodot sekä rakennuksen ominaislämpökapasiteetti. Ilmavuodot aiheuttavat 1190 kWh eron vuodessa puutalon hyväksi (vrt. luku 6.1). Rakennuksen ominaislämpökapasiteetti aiheuttaa 495 kWh eron vuodessa tiilitalon hyväksi (vrt. luku 6.3). Mitättömän osan erosta muodostaa muut erinäiset asiat ja laskentatapa.

Kaavio 1. Puu- ja tiilitalon energiankulutuksen ero.



Suurimman eron vertailussa aiheutti hallitsemattomien ilmapuotojen aiheuttama vuotoilman lämpöhäviö. Puurunkoisten kohteiden ilmanvuotoluvun keskiarvo oli 2,8 1/h ja tiilirunkoisten 4,7 1/h (Kaaviot 3 ja 4). Rakennuksen ominaislämpökapasiteetilla oli myös merkitystä laskennallisesti. Huomattava energiatehokkuusluvun muutos aiheutui myös rakennusten bruttopinta-aloista, koska tiilirunkoisen talon seinärakenne on paksumpi ja ET-luku ilmoitetaan nimenomaan bruttopinta-alaa kohti. Tämän voi todeta lopullisesta ET-luvusta, joka oli vertailussa puutalolla 179 ja tiilitalolla 177 vaikka kokonaisenergiankulutus oli puutalolla pienempi.

Kaavio 2. Vertailun kokonaisenergiankulutus



Taulukko 1. Vertailun ostoenergian kulutus.

Rakennukseen ostettavan energian kulutus [kWh/vuosi].

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = Q_{\text{lämmitys}} / \eta_{\text{lämmitys}}$$

$$Q_{\text{jäähdytys,osto}} = Q_{\text{jäähdytys,tilat}} / \varepsilon_{\text{jäähdytys}}$$

$$W_{\text{laitesähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö}} / \eta_{\text{laitesähkö}}$$

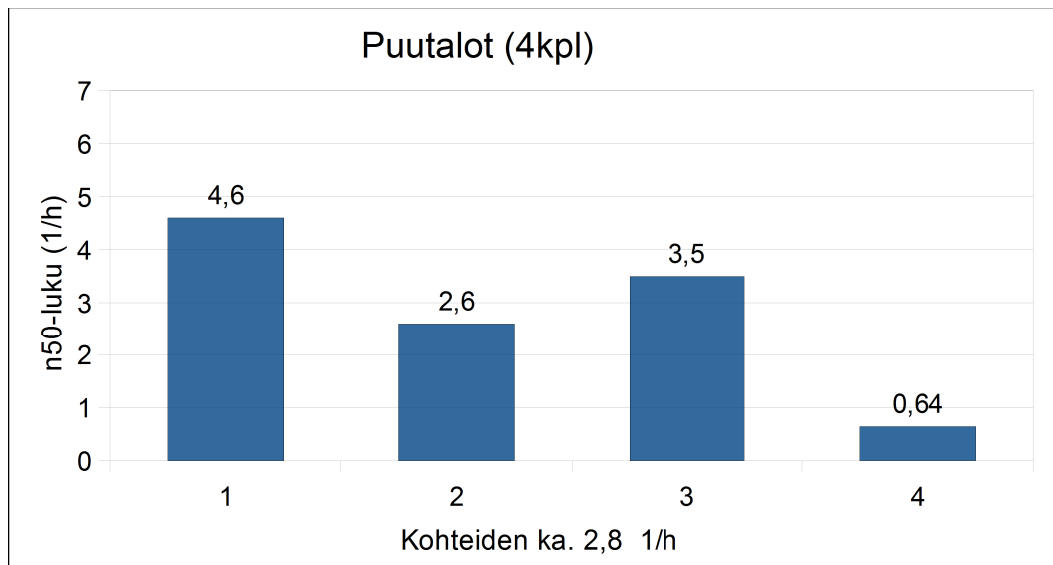
$$W_{\text{sähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö,osto}} + Q_{\text{jäähdytys,osto}} + Q_{\text{lämmitys,osto}}$$

	$Q_{\text{lämmitys,osto}}$	$Q_{\text{jäähdytys,osto}}$	$W_{\text{laitesähkö,osto}}$	
Puutalo	8029,9	283,2	8077,8	kWh
Tiilitalo	8327,1	213,9	8077,8	kWh

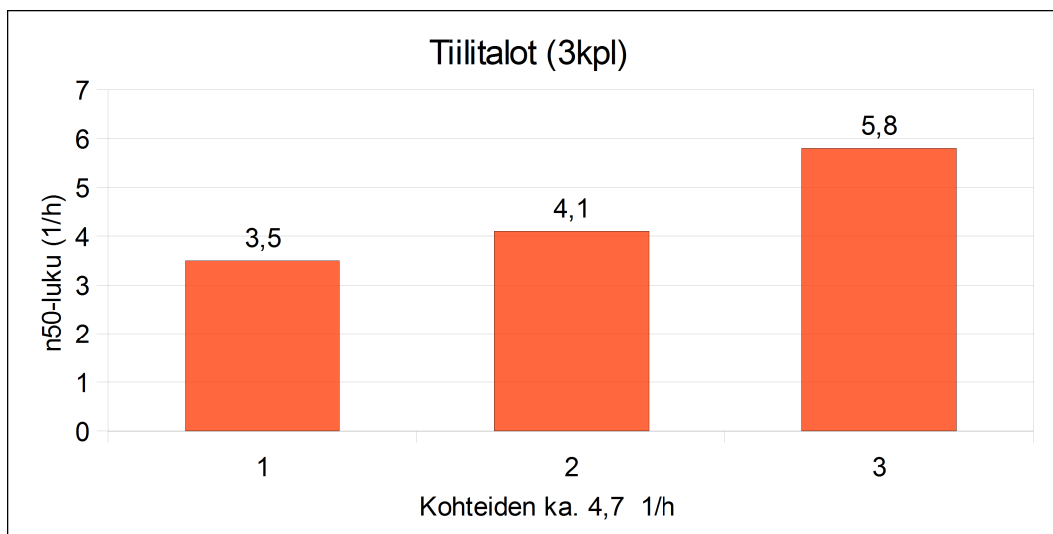
Sähkön hinta 0,08 €/kWh

	$W_{\text{sähkö,osto}}$		Sähkön hinta	
Puutalo	16390,9	kWh/vuosi	1311,27	€/vuosi
Tiilitalo	16618,8	kWh/vuosi	1329,51	€/vuosi
Erotus	227,9	kWh/vuosi	18,23	€/vuosi

Kaavio 3. Tutkimuksen puurunkoisten kohteiden ilmanvuotoluvut.



Kaavio 4. Tutkimuksen tiilirunkoisten kohteiden ilmanvuotoluvut.



6 VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN

Samalla taulukkolaskentaohjelmalla suoritettiin vertailua myös eri asioiden vaikutuksista energiankulutukseen ja energiatehokkuuteen. Vertailtaviksi asioiksi valittiin ilmanvuotoluvun, lämmönläpäisykertoimen ja ominaislämpökapasiteetin. Vertailujen pohjalla käytettiin kohdassa 4.2 esitellyn puutalon lähtötietoja. Ohjelmaa ei tehty erinäisten vertailujen suorittamiseen, mutta näiden asioiden vertailu ohjelmalla onnistuu.

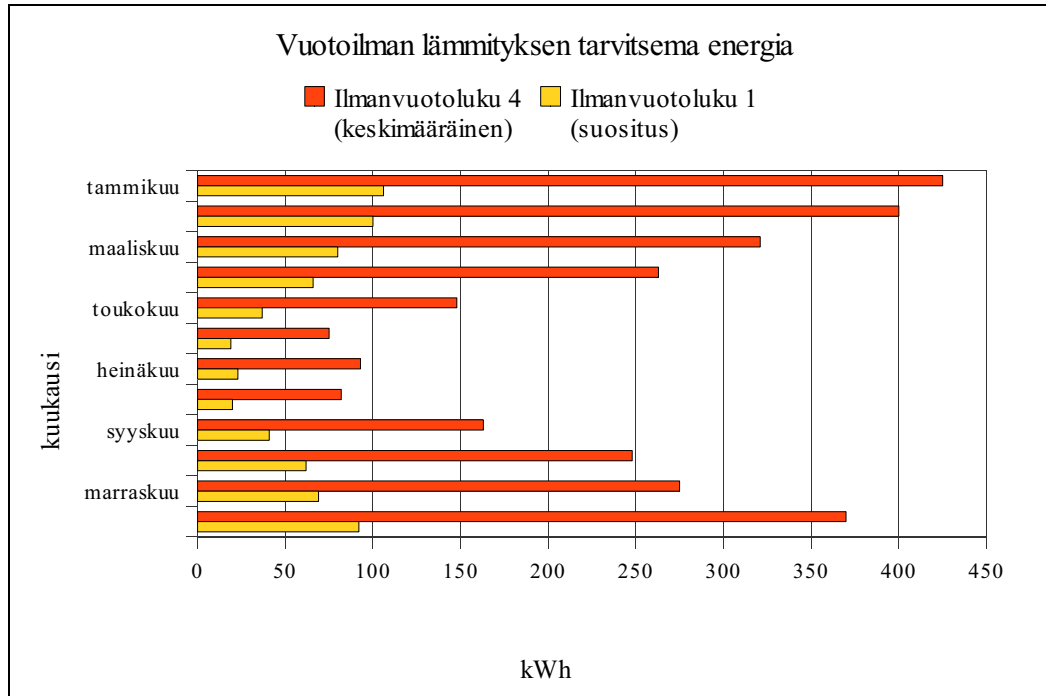
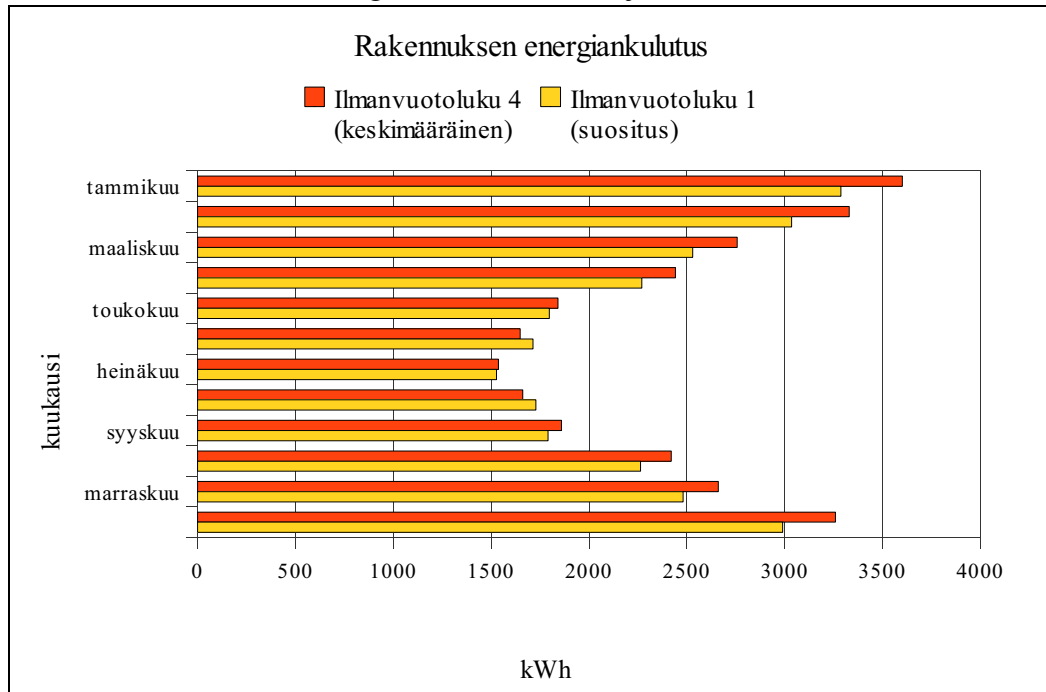
6.1 Ilmanvuotoluku (n_{50} -luku)

Ilmanvuotoluvun vaikutuksia lähdettiin vertaamaan kahden eri ilmanvuotoluvun kesken. Energiatodistusta ja energiaselvitystä tehdessä saa ilmanvuotolukuna käyttää korkeintaan arvoa 4 jos ei toisin voida todistaa. Tätä arvoa verrattiin RakMK:n suositukseen, joka on 1. RakMK:n mukaan pientaloille hyvä ilmanpitävyys saavutetaan kun ilmanvuotoluku on 3 tai pienempi.

Rakenteiden U-arvoiksi asetettiin vertailussa vuoden 2010 määräysten mukaiset arvot (ks. kohta 4.3). Vaikutukset esitettiin taulukoilla, joissa näkyy vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia ja rakennuksen energiankulutus.

Vaikutusten suuruus muuttuu kun lähtötiedot vaihdetaan, joten vertailu on suuntaa antava. Näillä lähtötiedoilla vuotoilman lämmitykseen kuluisi energiaa 2863 kWh/vuosi, kun vuotoilmaluku on 4 ja 715 kWh/vuosi, kun vuotoilmaluku on 1. Vuodessa eroa kertyy siis 2148 kWh (Kaavio 5.).

Rakennuksen energiankulutukseen vaikutus ei ole yhtä suuri, koska tiiviimpänä rakennus tarvitsee kesällä enemmän jäähdytysenergiaa. Tämä näkyy kaaviossa 6. Rakennuksen energiankulutuksen ero vuodessa on 1607 kWh. ET-luku paremmalla ilmatiiveydellä (1) on 172 ja huonommalla (4) on 183. ET-luokat (Kuva 1.)

Kaavio 5. Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia n_{50} -lukujen vertailussa.Kaavio 6. Rakennuksen energiankulutus n_{50} -lukujen vertailussa.

6.2 Rakennuksen vaipan lämmönläpäisykerroin

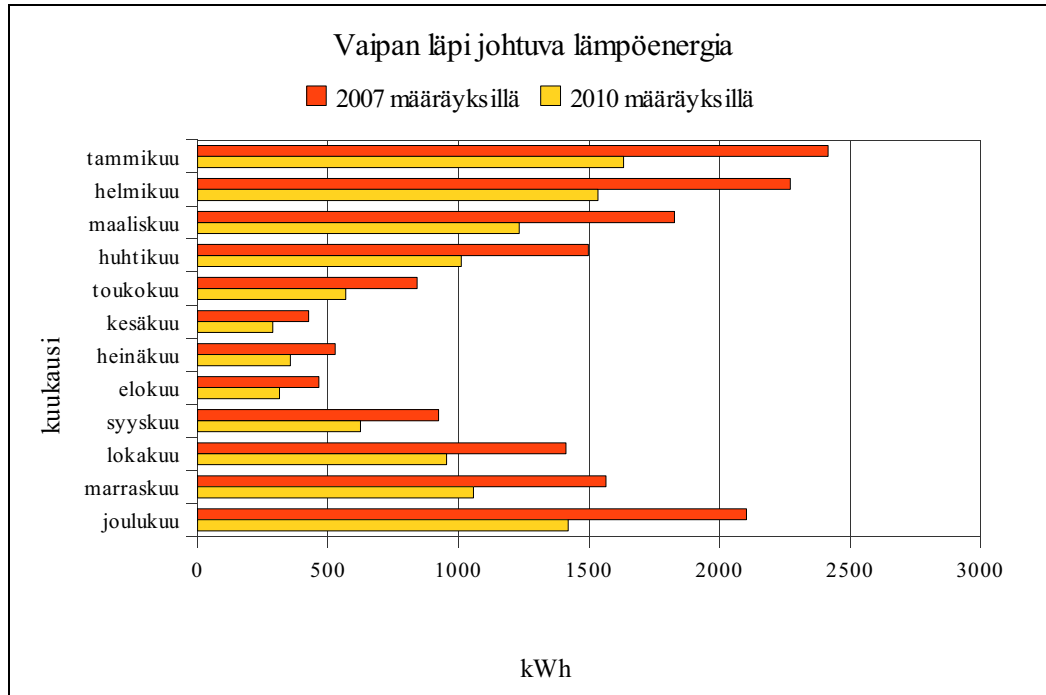
Vaipan U-arvon vaikutuksia selvitettiin vertaamalla vuoden 2007 määräysten mukaisia arvoja vuoden 2010 arvoihin (ks. kohta 4.3). Vertailussa käytettiin ilmanvuotolukuna arvoa 4.

Vaikutusten suuruus muuttuu kun lähtötiedot vaihdetaan, joten vertailu on suuntaa antava. Näillä lähtötiedoilla vaipan läpi johtuva lämpöenergia, 2007 vuoden arvoilla on 16276 kWh/vuosi ja 2010 vuoden arvoilla 10991 kWh/vuosi. Vuodessa eroa kertyy siis 5285 kWh. Kaaviossa 7 näkyy rakennuksen vaipan läpi johtuvan lämpöenergian määrä kuukausittain.

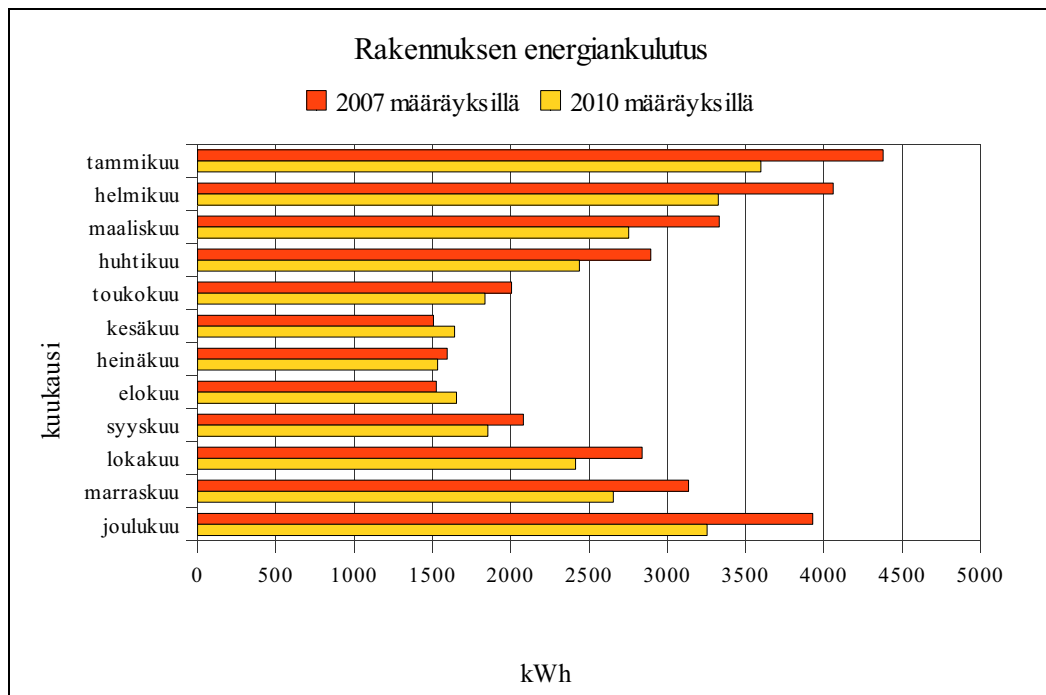
Rakennuksen energiankulutuksen ero 2007 vuoden ja 2010 vuoden määräyksillä on 4323 kWh. Tämä näkyy kaaviossa 8. ET-luku uusilla arvoilla on 183 ja vanhoilla arvoilla se on 211. ET-luokat (ks. Kuva 1).

Määräyksillä ohjataan rakentamista energiatehokkaampaan suuntaan ja tästäkin vertailusta se on selvästi nähtävissä. Määräysten mukainen lämmöneristys yhdistettynä ohjeelliseen ilmanpitävyyteen vähentävät rakennuksen energiankulutusta.

Kaavio 7. Rakennuksen vaipan läpi johtuva lämpöenergia lämmönläpäisykertoimien vertailussa.



Kaavio 8. Rakennuksen energiankulutus lämmönläpäisykertoimien vertailussa.



6.3 Rakennuksen ominaislämpökapasiteetti

Rakennuksen sisäisen ominaislämpökapasiteetin vaikutuksia vertailtiin RakMK:n osassa D5 taulukossa 8.9 esiteltyihin pientalon tapauksiin (Taulukko 2). Vertailussa käytettiin ilmanvuotolukuna arvoa 4 ja rakenteiden lämmönläpäisykertoimina vuoden 2010 määräysten mukaisia arvoja (ks. kohta 4.3).

Vaikutusten suuruus muuttuu kun lähtötiedot vaihdetaan, joten vertailu on suuntaa antava. Vertailtavia tietoja ovat jäädytysenergiankulutus ($Q_{\text{jäädytys}}$, kWh/vuosi), rakennuksen energiankulutus (E_{rakennus} , kWh/vuosi) ja energiatehokkuusluku.

Pientalojen massiivisuuden vaikutukset ovat energiansäästön kannalta melko pieniä. Kuten taulukosta 2 näkyy, on kevytrakenteisen ja ensimmäisen keskiraskaan tyyppisillä rakennuksilla suurimmat erot.

Taulukko 2. Rakennuksen ominaislämpökapasiteetin vaikutus jäädytysenergiankulutukseen, rakennuksen energiankulutukseen ja energiatehokkuuteen.

Rakennetyyppi	$C_{\text{rak,omin}}$	$Q_{\text{jäädytys}}$	E_{rakennus}	ET-luku
Kevytrakenteinen	40	250	29132	184
Keskiraskas I	70	222	28613	181
Keskiraskas II	110	216	28399	180
Raskasrakenteinen	200	215	28287	179

7 YHTEENVETO

7.1 Energiansäästö

Uudet määräykset astuvat ensi vuonna voimaan, mutta pelkillä määräyksillä ei kotitalouksien energiankulutusta pystytä pienentämään. Kun katsotaan kotitalouksien energiankulutusta huomataan, että varakkaammat käyttävät suhteessa huomattavasti enemmän energiaa kun pienituloisemmat. Nykyään rakennettavilla matala- ja passiivienergiataloilla päästään pieneen rakennuksen tarvitsemaan energiaan, mutta toisaalta taas käyttäjät kuluttavat entistä enemmän. Pienituloisemmat myös harvemmin ryhtyvät matalaenergiarakentamiseen, koska rakennus maksaa itsensä takaisin vasta useamman kymmenen vuoden kuluttua.

Parempaan energiatehokkuuteen ja pienempään lämmityksen tarvitsemaan energiaan päästään tehokkaammin uudella talotekniikalla sekä lämmöntalteenotolla kuin lämmöneristettä lisäämällä.

7.2 Vertailu ja mittaukset

Erilaisten rakennusten energiankulutuksien vertailu ja yleensäkin rakennuksien laskennallinen energiankulutus ei vastaa todellista käytön aikaista kulutusta. Vertailu laskennallisesti ei myöskään anna massiiviselle rakennukselle niin paljon etua energiatehokkuudessa kuin luulin. Ennakkokäsitykseni mukaan myös tiilitalojen ilmanvuotoluku olisi pitänyt olla pienempi kuin puutaloilla. Vertailun tuloksen uskon johtuvan kyseisen tiilirungon muutamasta yksityiskohdasta, jotka vaativat huolellista työtä ja heikosti toteutettuna ilmapuodot ovat huomattavia. Puutalojen tiivistyksestä ja teippailun tärkeydestä on rakentajille puhuttu jo muutaman vuoden ajan. Tämä näkyy uusien puutalojen rakentajien asenteissa.

Tiilitalojen pahimmaksi vuotokohdaksi osoittautui sähköjohtojen suojaputkitukset ja yleisesti ulkoseinillä olevat sähköasiat. Runkoponttitiilessä on pystysuuntaiset reiät nimenomaan sähkövetoja varten, mutta kun tiileen tehdään rasiälle reikä ri-

kotaan samalla tasoitteen muodostama ilmansulku. Tästä syystä yläpuolisen puurakenteen höyrynsulku tulee taittaa tiilirungon ja lämmöneristeen väliin sekä tiivistää läpivientien kohdat.

Mittausten suorittaminen oli hyvin yksinkertaista ja ensimmäiset mittaukset suoritin alan ammattilaisen kanssa yhteistyössä. Opittuani laitteiston käytön ja huomioitavat asiat olin valmis suorittamaan mittauksia yksin. Mittausten vertailu keskenään on mahdollista, koska suoritin mittaukset aina samalla kalustolla. Eri mittauslaitteistot eivät ole keskenään aivan vertailukelpoisia. Aistinvaraisella vuotokohtien etsinnällä löytyy helposti pahimmat vuotokohdat. Kun vuotoilmaluku lähestyy yhtä on aistinvaraisesti vuotojen löytäminen lähes mahdotonta.

Hallitsemattomien ilmanvuotojen määrittämisessä on monia asioita, jotka tulisi ottaa huomioon mittausten lisäksi. Esimerkiksi ilmanvaihtokonetta säätämällä voidaan kompensoida todellisia ilmavuotoja.

Tutkimukseni osoittaa, että hyvällä rakennuksen ilmantiiveydellä saadaan selvää säästöä käytönaikaisiin kustannuksiin. Tästä syystä ihmettelen kun ilmanvuotomittaukset eivät ole vielä yleistyneet rakennusvalvonnan työkaluna.

LÄHDELUETTELO

- /1/ Energiatodistusopas 2007. Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen. 12.1.2009. Ympäristöministeriö. Helsinki. Saatavilla www-muodossa:
<URL:<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=82328&lan=fi>>
- /2/ Eskola, Lari – Jokisalo, Juha – Kalamees, Targo – Kurnitski, Jarek – Korpi, Minna – Mikkilä, Antti - Palonen, Jari – Valovirta & Ilkka – Vinha, Juha 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tampere. TTY. Saatavilla www-muodossa:
<URL:<http://www.tut.fi/units/rak/rtek/tutkimusraportit/Raportti131.pdf>>
- /3/ Hekkanen, Martti – Hienonen, Markku – Ilmarinen, Juhani – Kilpeläinen, Mikko, Klemettilä – Mäkikyrö, Tapani – Riippa, Tommi – Seppälä, Pekka & Tulla, Kauko 2007. Pientalon ekomittarit. Espoo. VTT. Saatavilla www- muodossa:
<URL:<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2354.pdf>>
- /4/ <URL:http://www.deski.fi/page.php?page_id=10&tiedote_id=2425>
[viitattu 28.4.2009].
- /5/ <URL:<http://www.energiatehokaskoti.fi/fi/suunnittelu>>
[viitattu 1.4.2009].
- /6/ <URL:http://www.spu.fi/energia_lammitysenergia>
[viitattu 5.5.2009].
- /7/ Kalema, Timo - Keränen, Hannu - Luhanka, Juha - Ripatti, Raimo - Saarala, Tapio - Taivalantti, Kirsi & Teikari, Minna 2003. Rakennusten lämmöntarpeen laskentaohje. Jyväskylä. Rakennusteollisuus RT ry. Gummerus Kirjapaino Oy.

- /8/ Kurnitski, Jarek – Korpi, Minna & Vinha, Juha 2007. Pientalojen ja kerros-taloasuntojen ilmanpitävyys. Tampere. TTY.
Saatavilla www-muodossa:
<URL:http://www.tut.fi/units/rka/rtek/tutkimus/rakennusfysiikka/Pientalojen_ja_kerrostaloasuntojen_ilmanpitavyys.pdf>
- /9/ 487/2007 (1, 2, 3 ja 8 §:n nojalla.) Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta. 19.6.2007. Saatavilla www-muodossa:
<URL:http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=69790>
- /10/ Paananen, Heikki. Rakennusfysiikan kurssi. Kevät 2008. Vaasa. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- /11/ Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta ohjeet 2007. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto osasto. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D5. Ympäristöministeriö. Helsinki.
Saatavilla www-muodossa:
<URL:http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf>
- /12/ Rakennuksen lämmöneristys määräykset 2010. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C3. Ympäristöministeriö. Helsinki. Saatavilla www-muodossa:
<URL:http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf>
- /13/ Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2010. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3. Ympäristöministeriö. Helsinki.
Saatavilla www-muodossa:
<URL:http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf>

LIITEET

Liite 1. Laskennassa käytetyt suureet ja yksiköt (RakMK D5)

Liite 2. Vertailussa käytetty laskentapohja

Liite 3. Mittausraportit

1.3.4

Laskentakaavoissa käytetään alla olevia suureita ja yksiköitä. Celsiusaste on yksikön kelvin (K) erityisnimi, jota käytetään ilmaistaessa celsiuslämpötila-arvoja.

A	rakennusosan pinta-ala, m ²
A _{huone}	valaistavan tilan huonepinta-ala, hum ²
A _{br}	rakennuksen bruttoala, brm ²
A _{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m ²
A _{ikk, valoaukko}	ikkunan valoaukon pinta-ala, m ²
C _{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/(kgK)
C _{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kgK)
C _{rak}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K
C _{rak, omin}	rakennuksen sisäpuolinen tehollinen ominaislämpökapasiteetti, (Wh/K)/brm ²
E	tilan valaistusvoimakkuus, lx
E _{rakennus}	rakennuksen energiankulutus, kWh
f	valaistuksen ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin, -
F _{kehä}	ikkunan kehäkerroin, lasipinta-alan suhde ikkunapinta-alaan, -
F _{läpäisy}	ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
F _{sivubarjostus}	ikkunan sivuilla olevien pystysuorien rakenteiden varjostuksen korjauskerroin, -
F _{suunta}	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
F _{varjostus}	ikkunan varjostusten korjauskerroin, -
F _{verho}	ikkunan verhokerroin, -
F _{ylävarjostus}	ikkunan yläpuolisten vaakasuorien rakenteiden varjostuksen korjauskerroin, -
F _{ympäristö}	ympäristön horisontaalisten ikkunavarjostusten korjauskerroin (esimerkiksi maasto, ympäröivät rakennukset ja puut), -
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -
g _{kohtisuora}	ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaissäteilykerroin, -
G _{säteily, pystypinta}	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/m ²
G _{säteily, vaakapinta}	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/m ²
H	rakennuksen tai tilan ominaislämpöhäviö, W/K
ΣH _{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
H _{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
H _{vuotoilma}	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
k	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa, -
n	henkilöiden lukumäärä
n ₅₀	rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
n _{vuotoilma}	rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h
PA _{lämmitys, osto}	rakennuksen ostettavaa lämmitysenergiaa vastaava polttoainemäärä, polttoaineen mittayksikkö
P _e	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho, kW
P _{es}	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
P _{valaistus}	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum ²
Q _{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh
Q _{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
Q _{henk, omin}	henkilöiden luovuttama ominaislämpöenergia, kWh/brm ²
Q _{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
Q _{iv, ei LTO}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ilman lämmöntalteenottoa (LTO), kWh
Q _{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
Q _{jäähditys, osto}	rakennuksen ostettavan jäähditysenergian kulutus, kWh
Q _{jäähditys, tilat}	rakennuksen tilojen jäähditysenergiankulutus (jäähditysjärjestelmään tuotu kylmäenergia), kWh
Q _{jäähditys, tilat, netto}	rakennuksen tilojen jäähdityksen nettoenergiatarve, kWh

Q_{lkv}	lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh
$Q_{lkv, kehityshäviöt}$	lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lkv, kiertohäviöt, omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämmityksen tarvitsema ominaislämpöenergia, kWh/brm ²
$Q_{lkv, kuorma}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{lkv, häviöt}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lkv, kiertohäviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, kWh
$Q_{lkv, netto}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh
$Q_{lkv, varaajahäviöt}$	lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöenergia, kWh
Q_{LTO}	lämmöntalteenottolaitteistolla talteenotettu ja tuloilman lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{LTO, LP}$	poistoilmalämpöpumpulla talteenotettu ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
Q_{LP}	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{LP, lkv}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{LP, tilat}$	poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh
$Q_{lämmitys}$	rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh (lämmöntuottolaitteen rakennukseen tuottaman lämpöenergian määrä sisältäen lämmöntuottolaitteiden lämpöhäviöenergiat sisälle rakennukseen ja lämmitysverkostoon menevän lämmön)
$Q_{lämmitys, kuorma}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle tuleva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{lämmitys, osto}$	rakennuksen ostettavan lämmitysenergian kulutus, kWh
$Q_{lämmitys, tilat}$	rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, häviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkon lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien (radiaattori, lattialämmitys) lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, netto}$	rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{lämmitys, tuloilmapatteri}$	tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutus, kWh
$Q_{lämpöhäviö}$	rakennuksen tai tilan lämpöhäviöenergia (johtumisen, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviöenergia vähennettynä tarvittaessa tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutuksella), kWh
$Q_{lämpökuorma}$	lämpökuormaenergia eli muulla tavalla kuin säätölaitteilla ohjatulla lämmityksellä rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
$Q_{polttoaine, omin}$	käytetyn polttoaineen tehollinen lämpöarvo, kWh/polttoaineen mittayksikkö
$Q_{sis.lämpö}$	rakennuksen lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$Q_{säh}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva lämpöenergia, kWh
$Q_{säh, omin}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle tuleva ominaislämpöenergia, kWh/brm ²
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
$q_v, lkv, kierto$	lämpimän käyttöveden kiertopiirin vesivirta, m ³ /s

Q_v , poisto	poistoilmavirta, m^3/s
Q_v , vuotoilma	vuotoilmavirta, m^3/s
Q_v , lkv	lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama, m^3/s
Q_v , lkv, kierto	lämpimän käyttöveden kiertojohdon mitoitusvesivirta, m^3/s
Q_v , tulo	tuloilmavirta, m^3/s
r	muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan
R	ilmavirtasuhde, lämmöntalteenoton kautta kulkevan tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -
$S17$	lämmitysenergiantarpeen normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, Kd
t_d	keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte tai käyttöaikasuhte, h/24h
t_v	keskimääräinen viikoittainen käyntiaikasuhte tai käyttöaikasuhte, vrk/7 vrk
$T_{jäte}$	jäteilman lämpötila, $^{\circ}C$
$T_{jäte, mit}$	jäteilman lämpötila mitoitusilanteessa, $^{\circ}C$
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, $^{\circ}C$
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, $^{\circ}C$
$T_{lkv, kierto, paluu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon paluuveden lämpötila, $^{\circ}C$
$T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, $^{\circ}C$
$T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, $^{\circ}C$
T_p	poistoilman lämpötila, $^{\circ}C$
T_s	sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$
$T_s, lask, keskim$	laskennallinen kuukauden keskimääräinen sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$
T_t	tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, $^{\circ}C$
T_{tulo}	tuloilman lämpötilan asetusarvo, $^{\circ}C$
$T_{tulo, mit}$	tuloilman lämpötilan asetusarvo mitoitusolosuhteissa, $^{\circ}C$
T_u	ulkoilman lämpötila, $^{\circ}C$
$T_{u, mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, $^{\circ}C$
$T_{u, vuosi}$	ulkoilman vuotuinen keskilämpötila (liite 1), $^{\circ}C$
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2K)$
V	rakennuksen tilavuus, m^3
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m^3
$V_{lkv, omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm^3/brm^2
$V_{lkv, omin, henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, $dm^3/henk$ vuorokaudessa
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, kWh
$W_{jäähdytys, sähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan jäähdytys­sähköenergian kulutus, kWh
W_{kiuas}	saunan kiukaan sähköenergiankulutus, kWh
$W_{laitesähkö}$	rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh
$W_{laitesähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan laitesähköenergian kulutus, kWh
W_{liesi}	lieden ja uunin sähköenergiankulutus, kWh
$W_{lämmitys, sähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan lämmityssähköenergian kulutus, kWh
$W_{muut laitteet}$	laitteiden (ei sisällä valaistusta eikä ilmanvaihtojärjestelmää) sähköenergiankulutus, kWh
$W_{muut pienlaitteet}$	rakennuksen sisällä olevien pienitehoisten tai jatkuvatoimisten laitteiden sähköenergiankulutus (laitteet, joilla ei ole omaa merkintää), kWh
$W_{pesukoneet}$	pesu- ja kuivauskoneiden sekä kostuttimien ja kuivaimien sähköenergiankulutus, kWh
$W_{sisävalaistus}$	sisävalaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
$W_{sähkö, osto}$	rakennuksen ostettavan sähköenergian kokonaiskulutus, kWh
$W_{tuloilmapuhallin}$	ilmanvaihdon tuloilmapuhaltimien sähköenergiankulutus, kWh
$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergiankulutus, kWh
β	valaistuksen alenemakerroin (" <i>beeta</i> "), -
γ	lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin (" <i>gamma</i> "), -
Δt	käyttöaika, h tai ajanjakson pituus (" <i>delta t</i> "), h tai vrk
$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika, h
Δt_{vrk}	lämmöntarpeen huomioon ottava vuorokautinen näennäiskäyntiaika, h
$\Delta T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, $^{\circ}C$
$\Delta T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen

	keskilämpötilan ero, °C
$\epsilon_{\text{jäähditys}}$	kylmäntuottolaitteen vuotuinen kylmäkerroin (" <i>epsilon</i> "), -
ϵ_{LP}	poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin, -
η	valaistushyötysuhde (" <i>eeta</i> "), -
η_a	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde laskentajaksolta, -
$\eta_{\text{huonelämmitys}}$	huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{jäähditys, tilat}}$	tilojen jäähditysjärjestelmän hyötysuhde, -
η_{lkv}	käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{lämmitys}}$	lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde, -
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaaste, -
η_p	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde, $\eta_p = (T_p - T_{\text{jäte}})/(T_p - T_u)$, -
$\eta_{p,\text{mit}}$	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa, -
$\eta_{\text{sähkö}}$	sähköntuotto- ja muuntolaitteen vuosihyötysuhde, -
η_t	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde, $\eta_t = (T_t - T_u)/(T_p - T_u)$, -
$\eta_{t, a}$	lämmöntalteenoton tuloilman vuotuinen lämpötilasuhde, -
$\eta_{t, \text{mit}}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa, -
η_{tuloilma}	ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -
η_{ϕ}	lamppujen valotehokkuus, lm/W
ρ_i	ilman tiheys (" <i>rho</i> "), 1,2 kg/m ³
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
Σ	summa (" <i>sigma</i> ")
τ	rakennuksen aikavakio (" <i>tau</i> "), h
ϕ_{henk}	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä) (" <i>fi</i> "), W/henkilö
$\phi_{\text{huonelämmitys}}$	huonelämmityksen tehon tarve, W
ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
ϕ_{joht}	johtumislämmitysteho, W
ϕ_{lkv}	käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, kW
$\phi_{\text{lkv, kiertoäviö, omin}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon tarvitsema ominaisteho, kW/brm ²
$\phi_{\text{lkv, kiertoäviö}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon tarvitsema teho, kW
$\phi_{\text{lämmitys}}$	rakennuksen lämmitystehon tarve, W
$\phi_{\text{tuloilmapatteri}}$	tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, W

Pientalon ET-luvun laskenta

ET-luku on rakennuksen energiatehokkuusluku (kWh/brm²/vuosi).

Tämä laskenta suoritetaan poikkeavalla tavalla, kun laskennassa vertaillaan mittaustulosten pohjalta puu- ja tiilitalon energiatehokkuutta.

$$ET - luku = \frac{(\sum E_{rakennus})}{(\sum A_{br})} = \frac{(\sum (Q_{lämmitys} + W_{laitesähkö} + Q_{jäähdytys.tilat}))}{(\sum A_{br})}$$

Rakennuksen energiatehokkuuden laskukaavat

$$Q_{lämmitys} = Q_{lämmitys.tilat} + Q_{lkv} + Q_{LP} / \epsilon_{LP}$$

$$Q_{lämmitys.tilat} = Q_{lämmitys.tilat.netto} + Q_{lämmitys.tilat.häviöt} - Q_{LP.tilat}$$

$$Q_{lkv} = Q_{lkv.netto} + Q_{lkv.häviöt} - Q_{LP.lkv}$$

$$Q_{lkv.netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600$$

$$Q_{lkv.häviöt} = Q_{lkv.kehityshäviöt} + Q_{lkv.kiertohäviöt} + Q_{lkv.varaajahäviöt}$$

$$Q_{lkv.kiertohäviöt} = Q_{lkv.kiertohäviöt.omin} A_{br}$$

$$Q_{lämmitys.tilat.netto} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv} - Q_{sis.lämpö}$$

$$Q_{lämmitys.tilat.häviöt} = Q_{lämmitys.tilat.kehityshäviöt} + Q_{lämmitys.tilat.jakeluhäviöt} + Q_{lämmitys.tilat.luovutushäviöt} + Q_{lämmitys.tilat.säätöhäviöt} + Q_{lämmitys.tilat.varaajahäviöt}$$

$$Q_{joht} = \sum H_{joht} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

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

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000$$

$$Q_{sis.lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma}$$

$Q_{lämmitys.tilat.häviöt}$: Lasketaan ominaishäviöiden mukaan.

$$\begin{aligned} \sum H_{joht} &= \sum (U_{ulkoseinä} A_{ulkoseinä}) + \sum (U_{yläpohja} A_{yläpohja}) + \sum (U_{alupohja} A_{alupohja}) \\ &+ \sum (U_{ikkuna} A_{ikkuna}) + \sum (U_{ovi} A_{ovi}) \end{aligned}$$

$$Q_{\text{johd.alapohja}} = \Sigma (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) (T_s - T_{\text{maa.kuukausi}}) \Delta t / 1000$$

$$T_{\text{maa.kuukausi}} = T_{\text{maa.vuosi}} + \Delta T_{\text{maa.kuukausi}}$$

$$T_{\text{maa.vuosi}} = T_{\text{u.vuosi}} + \Delta T_{\text{maa.vuosi}}$$

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v.vuotoilma}$$

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v.poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a)$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{(1 - \gamma^a)}{(1 - \gamma^{(a+1)})}$$

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys.kiorma}} + Q_{\text{lkv.kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}}$$

$$\eta_a = 0,6 \eta_t$$

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{lämpöhäviö}}}$$

$$a = 1 + \frac{\tau}{15}$$

$$Q_{\text{lämmitys.kuorma}} = 0,7 Q_{\text{lämmitys.tilat.häviöt}}$$

$$Q_{\text{lkv.kuoema}} = 0,3 Q_{\text{lkv.netto}} + 0,5 Q_{\text{lkv.häviöt}}$$

$$Q_{\text{aur}} = \Sigma G_{\text{säteily.pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g$$

$$Q_{\text{lämpöhäviö}} = Q_{\text{johd}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{iv} - Q_{\text{lämmitys.tuloilmapatteri}}$$

$$\tau = \frac{C}{H}$$

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}}$$

$$g = 0,9 g_{\text{kohtisuora}}$$

$$Q_{\text{lämmitys.tuloilmapatteri}} = \rho_i c_{pi} q_{v.tulo} t_d r t_v (T_{\text{tulo}} - T_u - \eta_{t.a} (T_s - T_u)) \Delta t / 1000$$

$$C = \Sigma \Sigma \rho_{ij} c_{ij} d_{ij} A_{ij}$$

$$H = \frac{Q_{\text{lämpöhäviö}}}{((T_s - T_u) \Delta t)} 1000$$

LIITE 2

$$W_{\text{laitesähk}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muutlaitteet}}$$

$$Q_{\text{jäähdytys.tilat}} = Q_{\text{jäähdytys.tilat.netto}} / \eta_{\text{jäähdytys.tilat}}$$

$$Q_{\text{jäähdytys.tilat.netto}} = (1 - \eta_{\text{lämpö}}) Q_{\text{lämpökuorma}} - \frac{(T_{s.\text{lask.keskim}} - T_s)^{1,1}}{(T_s - T_u)} Q_{\text{lämpöhäviö}}$$

$$T_{s.\text{lask.keskim}} = T_s + \left(\frac{((1 - \eta_{\text{lämpö}}) Q_{\text{lämpökuorma}} - Q_{\text{jäähdytys.tilat.netto}})}{(Q_{\text{lämpöhäviö}} / (T_s - T_u))} \right)^{(1/1,1)}$$

Vertailutalon energiankulutuksen vertailulaskelmat

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia Q_{joht} [kWh].

		W/m ² K			m ²
$U_{\text{ulkoseinä}}$	=	0,17	$A_{\text{ulkoseinä}}$	=	103
$U_{\text{yläpohja}}$	=	0,09	$A_{\text{yläpohja}}$	=	142
U_{alapohja}	=	0,16	A_{alapohja}	=	142
U_{ikkuna}	=	1,00	A_{ikkuna}	=	15,5
U_{ovi}	=	1,00	A_{ovi}	=	4,2
T_s	=	21	(°C)		

kuukausi	T_u (°C)	$T_s - T_u$ (°C)	Δt (h)	$T_{\text{maa.kuukausi}}$ (°C)
tammikuu	-9,16	30,16	744	9
helmikuu	-10,40	31,40	672	8
maaliskuu	-1,80	22,80	744	7
huhtikuu	1,68	19,32	720	6
toukokuu	10,50	10,50	744	6
kesäkuu	15,50	5,50	720	7
heinäkuu	14,20	6,80	720	9
elokuu	15,20	5,80	744	10
syyskuu	9,08	11,92	720	11
lokakuu	3,37	17,63	744	12
marraskuu	0,81	20,19	720	12
joulukuu	-5,25	26,25	744	11

kuukausi	$Q_{\text{joht.alapohja}}$ (kWh)	Q_{joht} (kWh)
tammikuu	509,8	1631,5
helmikuu	479,4	1534,2
maaliskuu	385,4	1233,4
huhtikuu	316,0	1011,4
toukokuu	177,5	568,0
kesäkuu	90,0	287,9
heinäkuu	111,2	356,0
elokuu	98,0	313,8
syyskuu	195,0	624,0
lokakuu	298,0	953,7
marraskuu	330,3	1057,0
joulukuu	443,7	1420,0

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia $Q_{\text{vuotoilma}}$ [kWh].Ilmatilavuus 350 m³

	Puutalo	Tiilitalo	
n_{50}	2,8	4,7	1/h (mittaustulosten keskiarvo)
$n_{\text{vuotoilma}}$	0,11	0,19	$n_{50}/25$
A_{br}	159	165	m ²
kuukausi	$Q_{\text{vuotoilma}}$	$Q_{\text{vuotoilma}}$	kWh
tammikuu	293,2	492,2	kWh
helmikuu	275,7	462,8	kWh
maaliskuu	221,7	372,1	kWh
huhtikuu	181,8	305,1	kWh
toukokuu	102,1	171,3	kWh
kesäkuu	51,7	86,9	kWh
heinäkuu	64,0	107,4	kWh
elokuu	56,4	94,6	kWh
syyskuu	112,1	188,2	kWh
lokakuu	171,4	287,7	kWh
marraskuu	189,9	318,8	kWh
joulukuu	255,2	428,4	kWh
vuosi	1975,2	3315,5	kWh

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia ja lämmöntalteenotto Q_{iv} [kWh].

Tuloilmavirta on 90% poistoilmavirrasta, kun ilma vaihdetaan 0,5 kertaa tunnissa

$$q_{\text{v,poisto}} = 0,049 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_{\text{v,tulo}} = 0,044 \text{ m}^3/\text{s}$$

kuukausi	Q_{iv} (kWh)
tammikuu	759,2
helmikuu	713,9
maaliskuu	516,5
huhtikuu	470,6
toukokuu	264,3
kesäkuu	134,0
heinäkuu	165,6
elokuu	146,0
syyskuu	290,4
lokakuu	443,8
marraskuu	491,8
joulukuu	660,8

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia $Q_{\text{lkv,netto}}$ [kWh].

kuukausi	V_{lkv} (m ³)	$Q_{\text{lkv,netto}}$	kWh
tammikuu	6,2	361,7	kWh
helmikuu	5,6	326,7	kWh
maaliskuu	6,2	361,7	kWh
huhtikuu	6,0	350,0	kWh
toukokuu	6,2	361,7	kWh
kesäkuu	6,0	350,0	kWh
heinäkuu	6,0	350,0	kWh
elokuu	6,2	361,7	kWh
syyskuu	6,0	350,0	kWh
lokakuu	6,2	361,7	kWh
marraskuu	6,0	350,0	kWh
joulukuu	6,2	361,7	kWh

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia $Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo	
$Q_{\text{lämmitys,tilat,kehityshäviöt}}$	2000	2000	kWh/vuosi
$Q_{\text{lämmitys,tilat,jakeluhäviöt}}$	795	825	kWh/vuosi
$Q_{\text{lämmitys,tilat,luovutushäviöt}}$	2385	2475	kWh/vuosi
$Q_{\text{lämmitys,tilat,säätöhäviöt}}$	636	660	kWh/vuosi
$Q_{\text{lämmitys,tilat,varaajahäviöt}}$	318	330	kWh/vuosi

kuukausi	Puutalo	Tiilitalo
	$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ (kWh)	$Q_{\text{lämmitys,tilat,häviöt}}$ (kWh)
tammikuu	769,3	791,9
helmikuu	750,2	772,7
maaliskuu	578,5	593,9
huhtikuu	572,1	587,5
toukokuu	387,7	395,9
kesäkuu	190,5	191,5
heinäkuu	196,9	197,9
elokuu	196,9	197,9
syyskuu	381,3	389,5
lokakuu	578,5	593,9
marraskuu	762,9	785,5
joulukuu	769,3	791,9

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia $Q_{\text{lkv,häviöt}}$ [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo	
kuukausi	$Q_{\text{lkv,häviöt}}$	$Q_{\text{lkv,häviöt}}$	kWh
tammikuu	329,0	336,7	kWh
helmikuu	297,2	304,1	kWh
maaliskuu	329,0	336,7	kWh
huhtikuu	318,4	325,8	kWh
toukokuu	329,0	336,7	kWh
kesäkuu	318,4	325,8	kWh
heinäkuu	318,4	325,8	kWh
elokuu	329,0	336,7	kWh
syyskuu	318,4	325,8	kWh
lokakuu	329,0	336,7	kWh
marraskuu	318,4	325,8	kWh
joulukuu	329,0	336,7	kWh

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia $W_{\text{laitesähkö}}$ [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo	
kuukausi	$W_{\text{laitesähkö}}$	$W_{\text{laitesähkö}}$	kWh
tammikuu	687,9	687,9	kWh
helmikuu	621,4	621,4	kWh
maaliskuu	687,9	687,9	kWh
huhtikuu	665,8	665,8	kWh
toukokuu	687,9	687,9	kWh
kesäkuu	665,8	665,8	kWh
heinäkuu	665,8	665,8	kWh
elokuu	687,9	687,9	kWh
syyskuu	665,8	665,8	kWh
lokakuu	687,9	687,9	kWh
marraskuu	665,8	665,8	kWh
joulukuu	687,9	687,9	kWh
vuosi	8077,8	8077,8	kWh

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia Q_{henk} [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo	
kuukausi	Q_{henk}	Q_{henk}	kWh
tammikuu	125,0	125,0	kWh
helmikuu	112,9	112,9	kWh
maaliskuu	125,0	125,0	kWh
huhtikuu	121,0	121,0	kWh
toukokuu	125,0	125,0	kWh
kesäkuu	121,0	121,0	kWh
heinäkuu	121,0	121,0	kWh
elokuu	125,0	125,0	kWh
syyskuu	121,0	121,0	kWh
lokakuu	125,0	125,0	kWh
marraskuu	121,0	121,0	kWh
joulukuu	125,0	125,0	kWh

Lämmityslaitteista vapautuva lämpökuorma $Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo
kuukausi	$Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ (kWh)	$Q_{\text{lämmitys,kuorma}}$ (kWh)
tammikuu	538,5	554,3
helmikuu	525,2	540,9
maaliskuu	404,9	415,7
huhtikuu	400,5	411,3
toukokuu	271,4	277,1
kesäkuu	133,4	134,1
heinäkuu	137,8	138,5
elokuu	137,8	138,5
syyskuu	266,9	272,7
lokakuu	404,9	415,7
marraskuu	534,0	549,9
joulukuu	538,5	554,3

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia $Q_{\text{lkv,kuorma}}$ [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo	
kuukausi	$Q_{\text{lkv,kuorma}}$	$Q_{\text{lkv,kuorma}}$	kWh
tammikuu	273,0	276,8	kWh
helmikuu	246,6	250,1	kWh
maaliskuu	273,0	276,8	kWh
huhtikuu	264,2	267,9	kWh
toukokuu	273,0	276,8	kWh
kesäkuu	264,2	267,9	kWh
heinäkuu	264,2	267,9	kWh
elokuu	273,0	276,8	kWh
syyskuu	264,2	267,9	kWh
lokakuu	273,0	276,8	kWh
marraskuu	264,2	267,9	kWh
joulukuu	273,0	276,8	kWh

Valaistuksesta ja laitteista vapautuva lämpökuormaenergia $Q_{\text{säh}}$ [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo	
kuukausi	$Q_{\text{säh}}$	$Q_{\text{säh}}$	kWh
tammikuu	432,1	448,4	kWh
helmikuu	390,3	405,0	kWh
maaliskuu	432,1	448,4	kWh
huhtikuu	418,2	434,0	kWh
toukokuu	432,1	448,4	kWh
kesäkuu	418,2	434,0	kWh
heinäkuu	418,2	434,0	kWh
elokuu	432,1	448,4	kWh
syyskuu	418,2	434,0	kWh
lokakuu	432,1	448,4	kWh
marraskuu	418,2	434,0	kWh
joulukuu	432,1	448,4	kWh

Ikkunoista rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia Q_{aur} [kWh].

ilmansuunta	$F_{varjostus}$	$F_{läpäisy}$	A_{ikk} (m ²)	g
pohjoinen	1,00	0,23	4,60	0,45
itä	1,00	0,23	2,20	0,45
etelä	0,95	0,21	7,60	0,45
länsi	0,92	0,21	1,10	0,45

kuukausi	$G_{säteily,pystypinta}$ (kWh/m ²)			
	pohjoinen	itä	etelä	länsi
tammikuu	6,2	6,5	10,9	6,9
helmikuu	19,5	27,4	57,6	28,7
maaliskuu	37,0	48,4	69,2	51,1
huhtikuu	32,7	61,0	81,4	57,5
toukokuu	57,6	96,5	104,7	100,0
kesäkuu	73,9	126,4	114,7	123,0
heinäkuu	59,0	81,2	77,0	76,0
elokuu	47,4	90,6	102,9	79,8
syyskuu	27,0	48,1	70,7	50,7
lokakuu	12,3	24,0	48,2	21,7
marraskuu	4,4	6,0	11,3	5,5
joulukuu	2,3	2,3	2,3	2,3

kuukausi	Q_{aur} (kWh)			
	pohjoinen	itä	etelä	länsi
tammikuu	2,9	1,4	8,0	0,7
helmikuu	9,1	6,1	42,1	2,9
maaliskuu	17,2	10,8	50,6	5,2
huhtikuu	15,2	13,6	59,5	5,9
toukokuu	26,8	21,5	76,5	10,3
kesäkuu	34,4	28,2	83,8	12,6
heinäkuu	27,5	18,1	56,3	7,8
elokuu	22,1	20,2	75,2	8,2
syyskuu	12,6	10,7	51,7	5,2
lokakuu	5,7	5,3	35,2	2,2
marraskuu	2,0	1,3	8,3	0,6
joulukuu	1,1	0,5	1,7	0,2

Lämpökuormista hyödynnettävä energia $Q_{\text{sis,lämpö}}$ [kWh] ja rakennuksen nettoenergiantarve $Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ [kWh].

	Puutalo	Tiilitalo	
ulkoseinät	103	103	m ²
väliseinät	82	82	m ²
yläpohja	142	142	m ²
alapohja	142	142	m ²
$C_{\text{rak,US}}$	345,9	3347,5	Wh/K
$C_{\text{rak,VS}}$	550,8	2265,3	Wh/K
$C_{\text{rak,YP}}$	426,0	426,0	Wh/K
$C_{\text{rak,AP}}$	6058,7	6058,7	Wh/K
C_{rak}	7381,3	12097,4	Wh/K

	Puutalo			
kuukausi	τ	a	γ	$\eta_{\text{lämpö}}$
tammikuu	61,71	5,11	0,51	0,98
helmikuu	61,71	5,11	0,53	0,98
maaliskuu	63,51	5,23	0,67	0,96
huhtikuu	61,71	5,11	0,78	0,92
toukokuu	61,71	5,11	1,32	0,70
kesäkuu	61,71	5,11	2,31	0,43
heinäkuu	61,71	5,11	1,79	0,54
elokuu	61,71	5,11	2,12	0,47
syyskuu	61,71	5,11	1,12	0,79
lokakuu	61,71	5,11	0,82	0,91
marraskuu	61,71	5,11	0,78	0,92
joulukuu	61,71	5,11	0,59	0,97

kuukausi	Tiilitalo			
	τ	a	γ	$\eta_{\text{lämpö}}$
tammikuu	94,16	7,28	0,49	1,00
helmikuu	94,16	7,28	0,51	1,00
maaliskuu	96,71	7,45	0,64	0,99
huhtikuu	94,16	7,28	0,74	0,97
toukokuu	94,16	7,28	1,26	0,76
kesäkuu	94,16	7,28	2,19	0,46
heinäkuu	94,16	7,28	1,70	0,58
elokuu	94,16	7,28	2,01	0,50
syyskuu	94,16	7,28	1,07	0,85
lokakuu	94,16	7,28	0,78	0,96
marraskuu	94,16	7,28	0,74	0,97
joulukuu	94,16	7,28	0,56	0,99

kuukausi	Puutalo		Tiilitalo		kWh
	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$Q_{\text{lämpöhäviö}}$	
tammikuu	1381,6	2683,9	1417,6	2882,9	kWh
helmikuu	1335,2	2523,9	1369,1	2711,0	kWh
maaliskuu	1318,9	1971,6	1349,8	2122,0	kWh
huhtikuu	1298,1	1663,8	1328,3	1787,2	kWh
toukokuu	1236,6	934,4	1262,5	1003,7	kWh
kesäkuu	1095,8	473,7	1115,9	508,8	kWh
heinäkuu	1050,8	585,6	1071,0	629,0	kWh
elokuu	1093,6	516,1	1114,5	554,4	kWh
syyskuu	1150,5	1026,5	1175,7	1102,6	kWh
lokakuu	1283,6	1568,9	1314,5	1685,2	kWh
marraskuu	1349,6	1738,7	1384,9	1867,6	kWh
joulukuu	1372,1	2336,0	1408,1	2509,1	kWh

kuukausi	Puutalo		Tiilitalo		kWh
	$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	$Q_{\text{sis,lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	$Q_{\text{sis,lämpö}}$	
tammikuu	1325,1	1358,8	1469,4	1413,5	kWh
helmikuu	1213,4	1310,5	1346,5	1364,4	kWh
maaliskuu	710,6	1260,9	789,4	1332,5	kWh
huhtikuu	468,4	1195,4	501,9	1285,3	kWh
toukokuu	66,5	867,9	45,6	958,1	kWh
kesäkuu	3,7	469,9	0,9	507,9	kWh
heinäkuu	13,4	572,2	5,5	623,6	kWh
elokuu	5,9	510,2	1,7	552,7	kWh
syyskuu	123,0	903,5	104,3	998,4	kWh
lokakuu	403,6	1165,3	425,1	1260,1	kWh
marraskuu	494,1	1244,6	527,1	1340,6	kWh
joulukuu	1002,6	1333,4	1110,4	1398,8	kWh

**Jäähdyttämisen tarve kun sisätila ylittää 25°C $Q_{\text{jäähdytys,tilat,netto}}$ [kWh]
ja kuukauden keskimääräinen sisälämpötila $T_{\text{s,lask,keskim}}$ [°C].**

kuukausi	Puutalo		Tiilitalo	
	kWh	°C	kWh	°C
	$Q_{\text{jäähdytys,tilat,netto}}$	$T_{\text{s,lask,keskim}}$	$Q_{\text{jäähdytys,tilat,netto}}$	$T_{\text{s,lask,keskim}}$
tammikuu	-386,0	21,3	-435,1	21,1
helmikuu	-344,6	21,3	-392,0	21,1
maaliskuu	-339,4	21,7	-410,3	21,2
huhtikuu	-293,0	22,2	-382,0	21,5
toukokuu	-40,2	24,6	-134,8	23,9
kesäkuu	230,1	25,0	183,0	25,0
heinäkuu	82,9	25,8	22,4	25,2
elokuu	174,5	25,0	122,6	25,0
syyskuu	-148,8	23,6	-247,7	22,8
lokakuu	-290,6	22,3	-384,8	21,6
marraskuu	-290,7	22,2	-380,7	21,5
joulukuu	-370,1	21,5	-429,9	21,1

Rakennuksen lämmitysenergian kulutus $Q_{\text{lämmitys}}$ [kWh]

	Puutalo	Tiilitalo	
kuukausi	$Q_{\text{lämmitys}}$	$Q_{\text{lämmitys}}$	kWh
tammikuu	2785,1	2959,7	kWh
helmikuu	2587,5	2750,0	kWh
maaliskuu	1979,8	2081,7	kWh
huhtikuu	1709,0	1765,2	kWh
toukokuu	1144,8	1139,8	kWh
kesäkuu	862,7	868,2	kWh
heinäkuu	878,7	879,2	kWh
elokuu	893,5	898,0	kWh
syyskuu	1172,8	1169,6	kWh
lokakuu	1672,8	1717,3	kWh
marraskuu	1925,5	1988,4	kWh
joulukuu	2462,6	2600,6	kWh
vuosi	20074,7	20817,7	kWh

Rakennuksen jäähdytysenergian kulutus $Q_{\text{jäähdytys,tilat}}$ [kWh]

	Puutalo	Tiilitalo	
kuukausi	$Q_{\text{jäähdytys,tilat}}$	$Q_{\text{jäähdytys,tilat}}$	kWh
tammikuu	-270,2	-304,6	kWh
helmikuu	-241,2	-274,4	kWh
maaliskuu	-237,5	-287,2	kWh
huhtikuu	-205,1	-267,4	kWh
toukokuu	-28,1	-94,4	kWh
kesäkuu	161,1	128,1	kWh
heinäkuu	58,0	15,7	kWh
elokuu	122,2	85,8	kWh
syyskuu	-104,1	-173,4	kWh
lokakuu	-203,4	-269,4	kWh
marraskuu	-203,5	-266,5	kWh
joulukuu	-259,1	-300,9	kWh
vuosi *	283,2	213,9	kWh

* Ei huomioida negatiivisia kulutuksia.

**Rakennuksen energiankulutus E_{rakennus} [kWh] ja
ET-luku [kWh/brm²/vuosi].**

	Puutalo	Tiilitalo		Ero	
kuukausi	E_{rakennus}	E_{rakennus}	kWh	E_{rakennus}	kWh
tammikuu	3473,0	3647,6	kWh	-174,5	kWh
helmikuu	3208,9	3371,4	kWh	-162,6	kWh
maaliskuu	2667,7	2769,6	kWh	-101,9	kWh
huhtikuu	2374,8	2431,0	kWh	-56,2	kWh
toukokuu	1832,7	1827,7	kWh	5,0	kWh
kesäkuu	1689,5	1662,2	kWh	27,4	kWh
heinäkuu	1544,5	1545,0	kWh	-0,5	kWh
elokuu	1703,5	1671,7	kWh	31,9	kWh
syyskuu	1838,6	1835,4	kWh	3,2	kWh
lokakuu	2360,7	2405,2	kWh	-44,5	kWh
marraskuu	2591,3	2654,2	kWh	-63,0	kWh
joulukuu	3150,5	3288,5	kWh	-138,0	kWh
vuosi	28435,7	29109,5	kWh	-673,7	kWh

Puutalo	
E_{rakennus}	ET-luku
28436	178,8

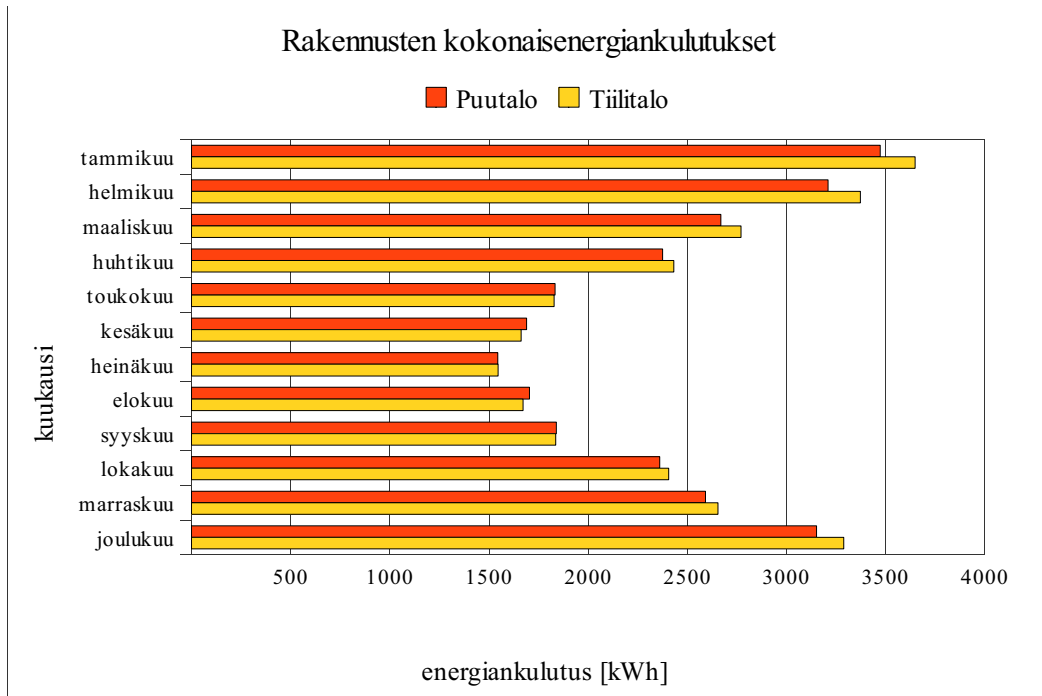
Tiilitalo	
E_{rakennus}	ET-luku
29109	176,4

ET-luokat	ET-luku
A	-150
B	151-170
C	171-190
D	191-230
E	231-270
F	271-321
G	-321

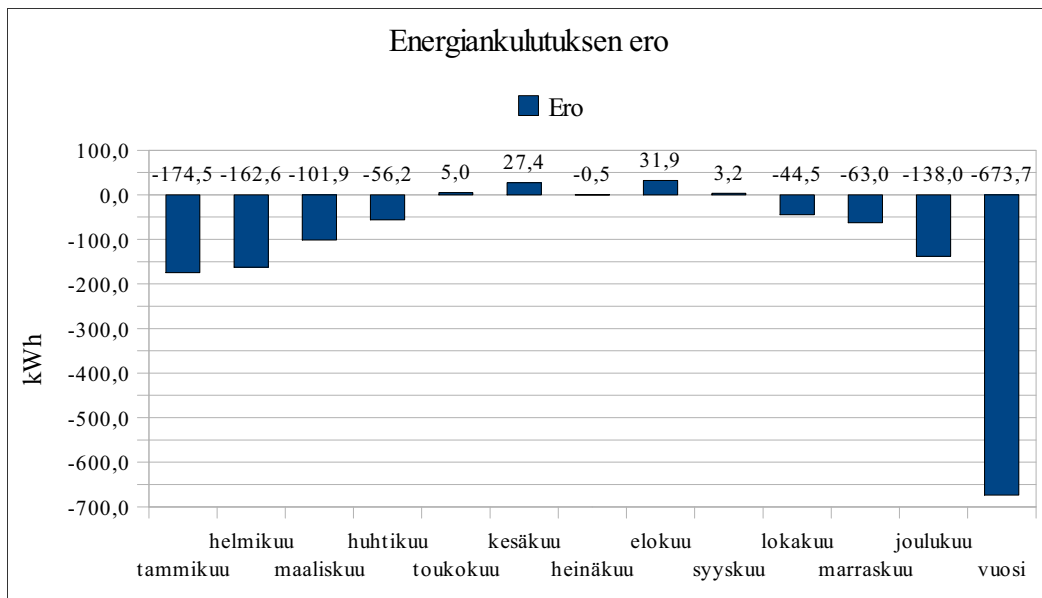
$$ET - luku = \frac{(\sum E_{\text{rakennus}})}{(\sum A_{br})} = \frac{(\sum (Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys.tilat}}))}{(\sum A_{br})}$$

Rakennuksen energiankulutus E_{rakennus} [kWh].

Taulukko 1. Rakennusten kokonaisenergiankulutuksen vertailu kuukausittain.



Taulukko 2. Rakennusten kokonaisenergiankulutuksen ero kuukausittain.



Rakennukseen ostettavan energian kulutus [kWh/vuosi].

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = Q_{\text{lämmitys}} / \eta_{\text{lämmitys}}$$

$$Q_{\text{jäähdytys,osto}} = Q_{\text{jäähdytys.tilat}} / \varepsilon_{\text{jäähdytys}}$$

$$W_{\text{laitesähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö}} / \eta_{\text{laitesähkö}}$$

$$W_{\text{sähkö,osto}} = W_{\text{laitesähkö,osto}} + Q_{\text{jäähdytys,osto}} + Q_{\text{lämmitys,osto}}$$

	$Q_{\text{lämmitys,osto}}$	$Q_{\text{jäähdytys,osto}}$	$W_{\text{laitesähkö,osto}}$	
Puutalo	8029,9	283,2	8077,8	kWh
Tiilitalo	8327,1	213,9	8077,8	kWh

Sähkön hinta 0,08 €/kWh

	$W_{\text{sähkö,osto}}$		Sähkön hinta	
Puutalo	16390,9	kWh/vuosi	1311,27	€/vuosi
Tiilitalo	16618,8	kWh/vuosi	1329,51	€/vuosi
Erotus	227,9	kWh/vuosi	18,23	€/vuosi



11.05.2009

Tilaaaja: -

Kohde: Omakotitalo, Tervajoki, uudisrakennus, rakentamisvuosi 2009.
Talomalli: paikalla rakennettu yksikerroksinen tiilitalo.

Mittausaika: 11.05.2009

Käytetty

menetelmä: Laitteena käytettiin Wöhler BC21-Blower Check puhallin- ja mittausyksikköä. Ennen tiiveysmittausta liesituuletin sekä ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoventtiilit tukittiin. Vesilukot tarkistettiin ja täytettiin. Puhallin asennettiin kodinhoituhuoneen oveen.

Yhteys-

henkilö: Petri Hakamaa, petri.matias@kauhajokelainen.com

Tehtävä: Asuinrakennuksen tiiveysmittaus

Tulokset ja yhteenveto

Kohteena oli valmis koneellisella ilmanvaihdolla varustettu yksikerroksinen tiilirunkoinen omakotitalo.

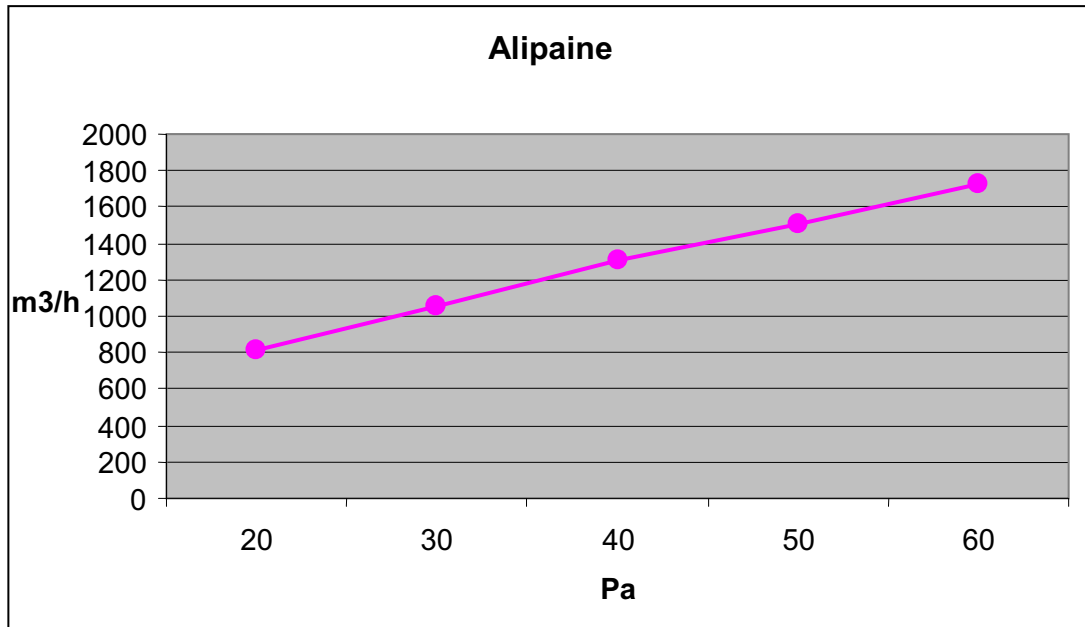
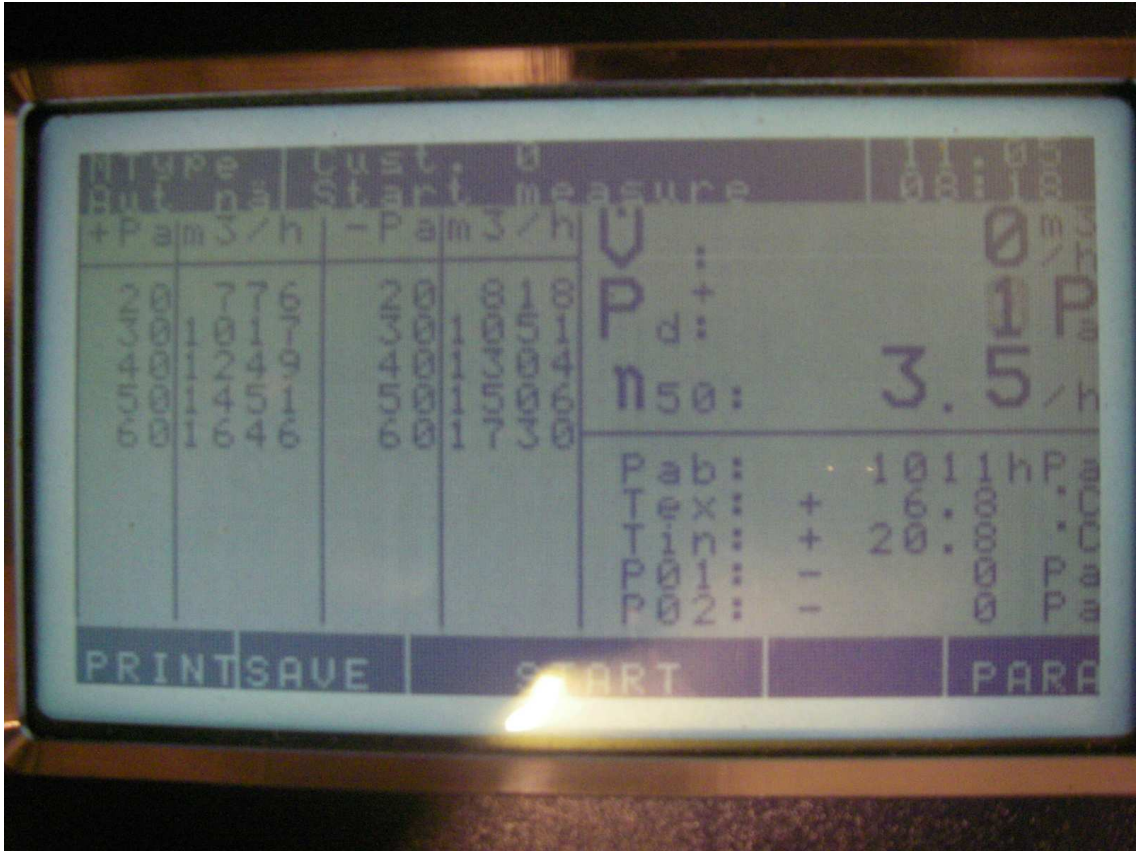
Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys. Mittaus suoritettiin esiohjelmoituna normin EN 13829 mukaisesti. Mittausten aikana ulkolämpötila oli +7°C ja sisälämpötila +21 °C. Mittausaikana ulkosää oli tyyni ja paine-ero ulko- ja sisätilan välillä oli -0 Pa.

Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} oli 3.5 1/h (vaihtoa tunnissa).

Rakennuksen ilmatilavuus oli 442 m³.

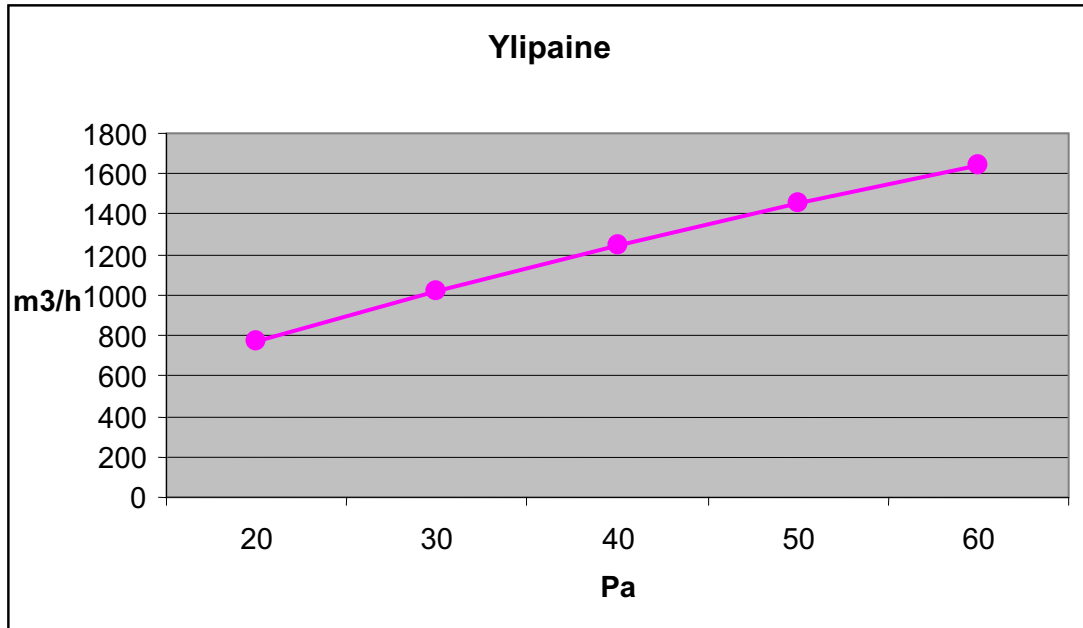


11.05.2009





11.05.2009



Taulukko 1. Rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmapuotolukuja:

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Petri Hakamaa, RI opiskelija
Vaasan ammattikorkeakoulu



11.05.2009

Tilaja: -

Kohde: Omakotitalo, Seinäjoki, uudisrakennus, rakentamisvuosi 2008.
Talomalli: paikalla rakennettu puolitoistakerroksinen tiilitalo.

Mittausaika: 11.05.2009

Käytetty

menetelmä: Laitteena käytettiin Wöhler BC21-Blower Check puhallin- ja mittausyksikköä. Ennen tiiveysmittausta liesituuletin ja ilmanvaihtoventtiilit sekä takan hormi tukittiin. Vesilukot tarkistettiin ja täytettiin. Puhallin asennettiin yläkerran ikkunaan.

Yhteys-

henkilö: Petri Hakamaa, petri.matias@kauhajokelainen.com

Tehtävä: Asuinrakennuksen tiiveysmittaus

Tulokset ja yhteenveto

Kohteena oli valmis koneellisella ilmanvaihdolla varustettu puolitoistakerroksinen omakotitalo. Talon alakerta on tiilirunkoinen ja yläkerta puurakenteinen.

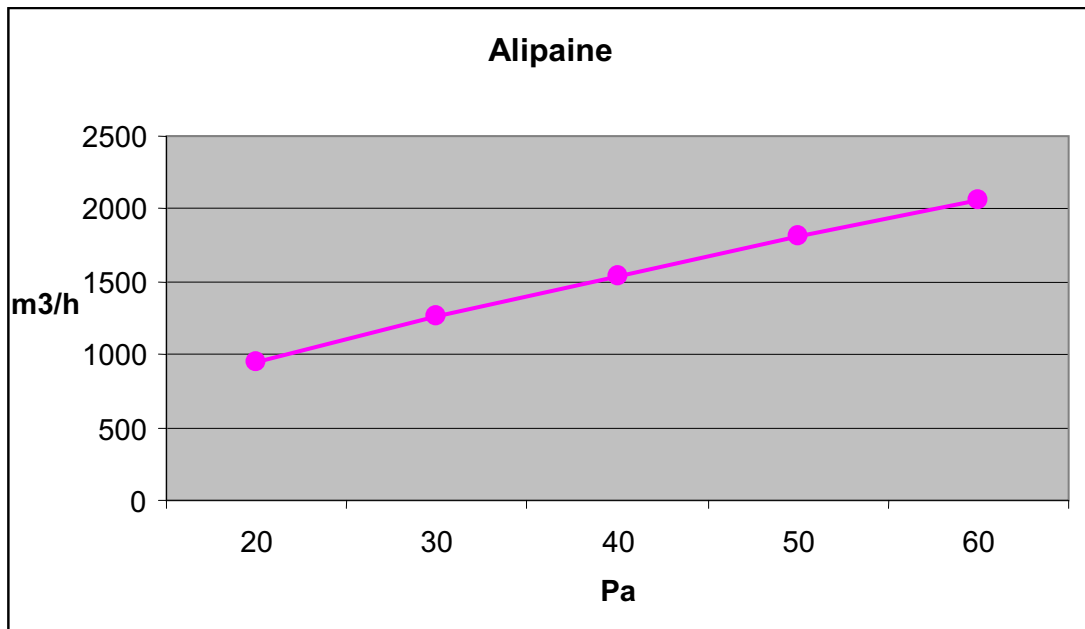
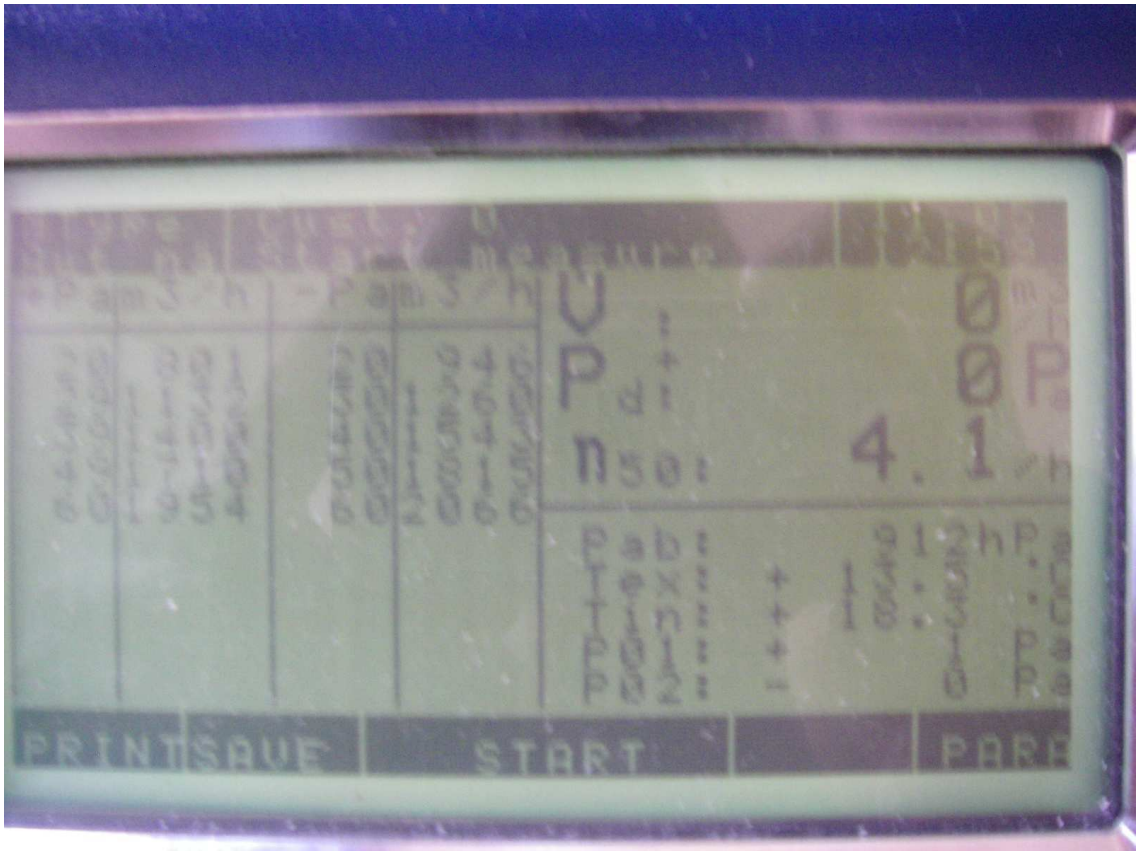
Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys. Mittaus suoritettiin esiohjelmointuna normin EN 13829 mukaisesti. Mittausten aikana ulkolämpötila oli +13⁰C ja sisälämpötila +18⁰C. Mittausaikana ulkona oli heikkoa tuulta ja paine-ero ulko- ja sisätilan välillä oli -0 Pa.

Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} oli 4.1 1/h (vaihtoa tunnissa).

Rakennuksen ilmatilavuus oli 423 m³.

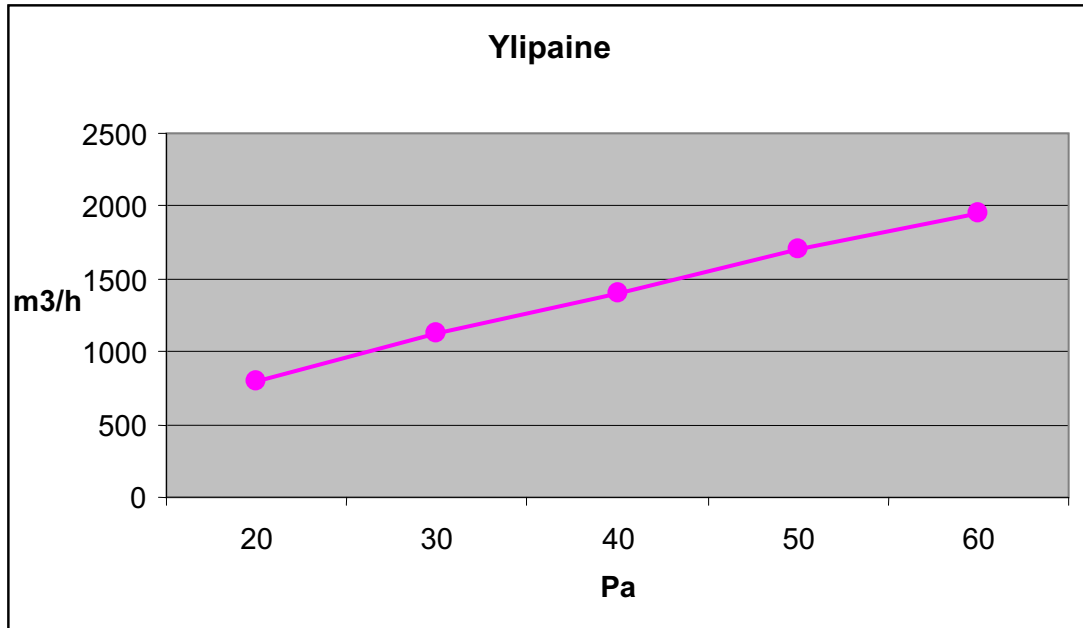


11.05.2009





11.05.2009



Taulukko 1. Rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmapuotolukuja:

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Petri Hakamaa, RI opiskelija
Vaasan ammattikorkeakoulu



24.10.2009

Tilaja: -

Kohde: Omakotitalo, Kauhajoki, uudisrakennus, rakentamisvuosi 2008.
Talomalli: paikalla rakennettu yksikerroksinen tiilitalo.

Mittausaika: 24.10.2009

Käytetty

menetelmä: Laitteena käytettiin Wöhler BC21-Blower Check puhallin- ja mittausyksikköä. Ennen tiiveysmittausta liesituuletin ja ilmanvaihtoventtiilit sekä takan hormi tukittiin. Vesilukot tarkistettiin ja täytettiin. Puhallin asennettiin olohuoneen oveen.

Yhteys-

henkilö: Petri Hakamaa, petri.matias@kauhajokelainen.com

Tehtävä: Asuinrakennuksen tiiveysmittaus

Tulokset ja yhteenveto

Kohteena oli valmis koneellisella ilmanvaihdolla varustettu yksikerroksinen tiilitalo.

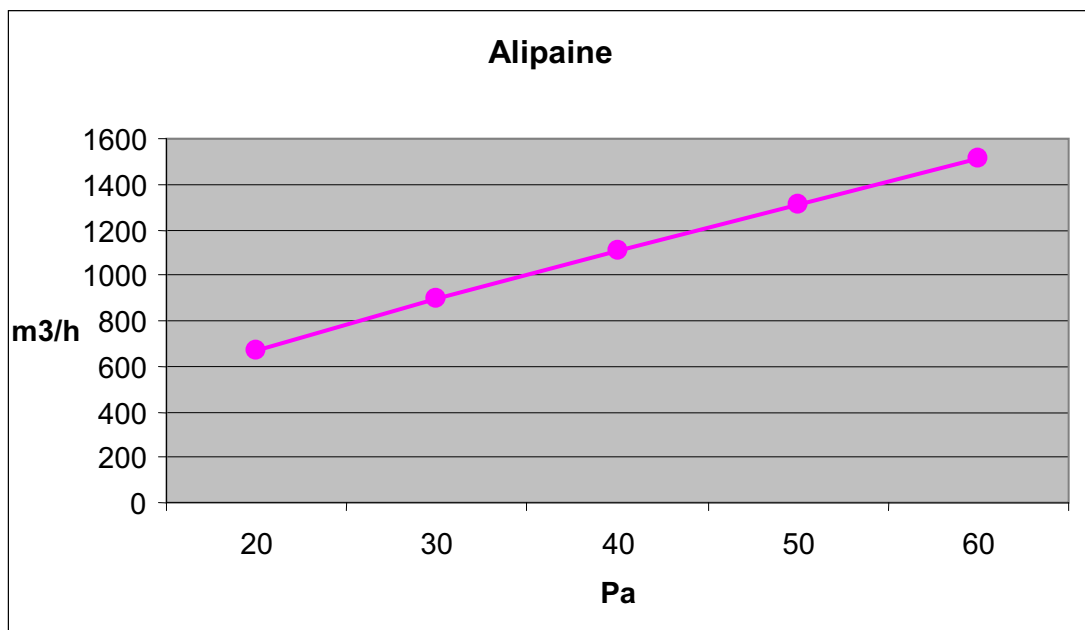
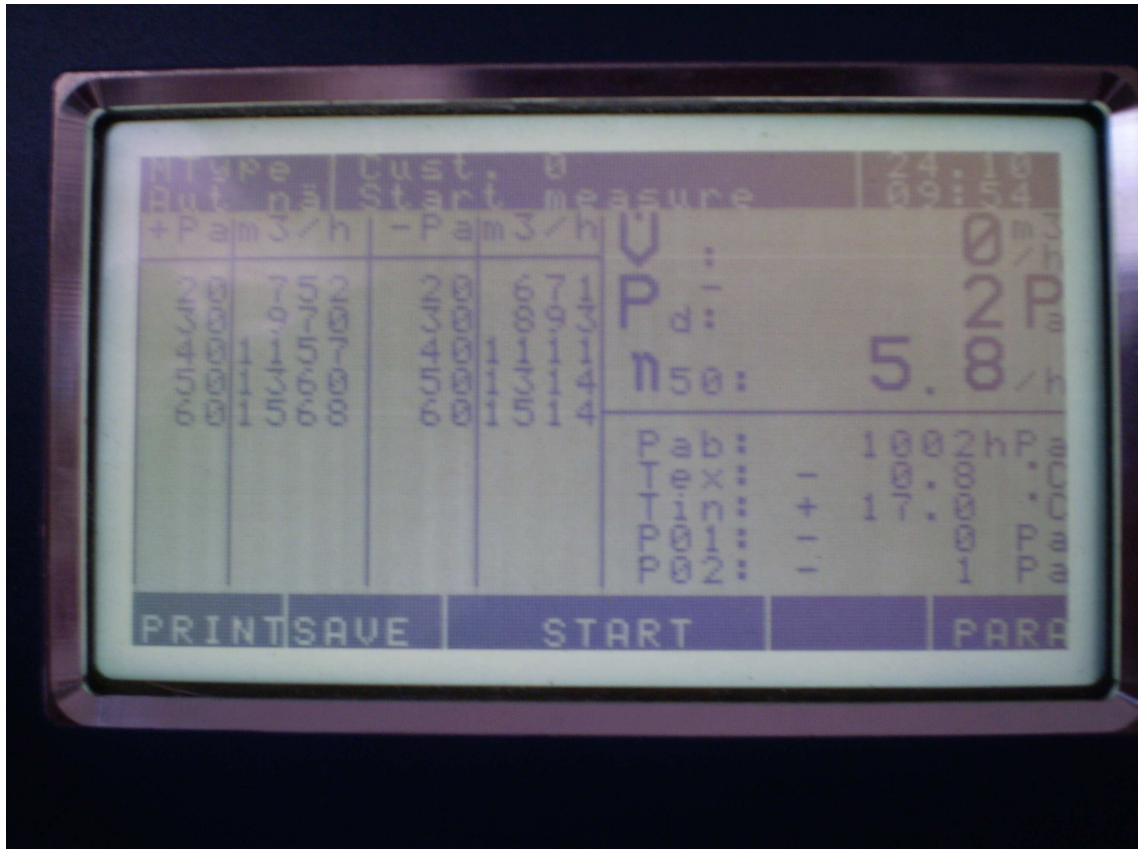
Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen ilmanpitävyys. Mittaus suoritettiin esiohjelmoituna normin EN 13829 mukaisesti. Mittausten aikana ulkolämpötila oli +4⁰C ja sisälämpötila +19⁰C. Mittausaikana ulkona oli heikkoa tuulta ja paine-ero ulko- ja sisätilan välillä oli -0 Pa.

Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} oli 5.8 1/h (vaihtoa tunnissa).

Rakennuksen ilmatilavuus oli 230 m³.

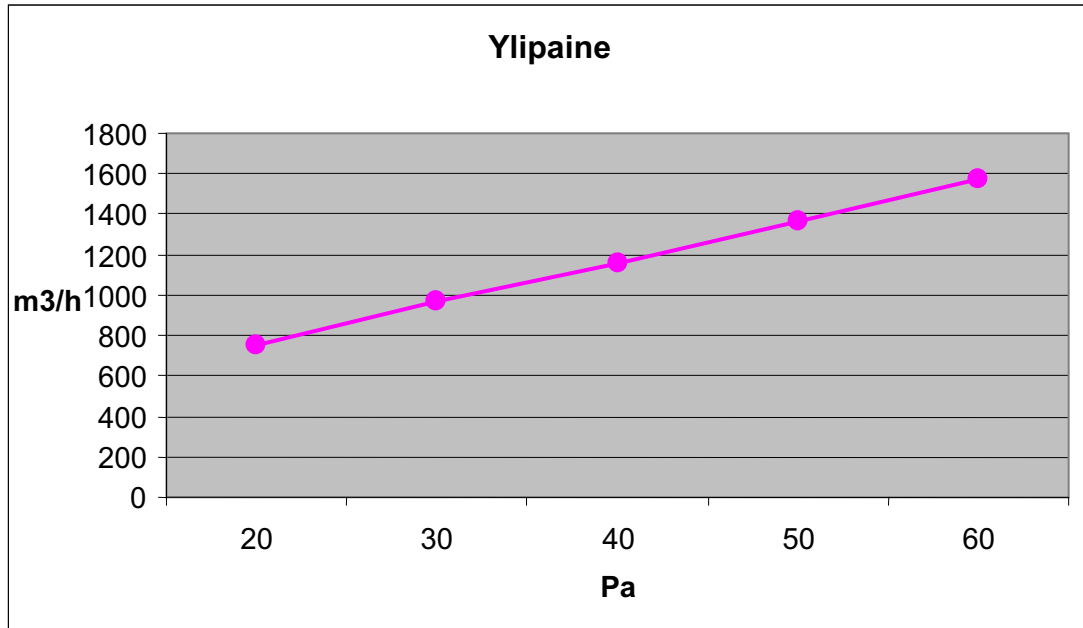


24.10.2009





24.10.2009



Taulukko 1. Rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmavuotolukuja:

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Petri Hakamaa, RI opiskelija
Vaasan ammattikorkeakoulu



12.05.2009

Tilaja: -

Kohde: Omakotitalo, Kauhajoki, uudisrakennus, rakentamisvuosi 2009.
Talomalli: paikalla rakennettu puolitoistakerroksinen puutalo.

Mittausaika: 12.05.2009

Käytetty

menetelmä: Laitteena käytettiin Wöhler BC21-Blower Check puhallin- ja mittausyksikköä. Ennen tiiveysmittausta liesituuletin ja ilmanvaihtoventtiilit sekä takan hormi tukittiin. Vesilukot tarkistettiin ja täytettiin. Puhallin asennettiin portaikossa sijaitsevaan ikkunaan.

Yhteys-

henkilö: Petri Hakamaa, petri.matias@kauhajokelainen.com

Tehtävä: Asuinrakennuksen tiiveysmittaus

Tulokset ja yhteenveto

Kohteena oli valmis koneellisella ilmanvaihdolla varustettu puolitoistakerroksinen puutalo.

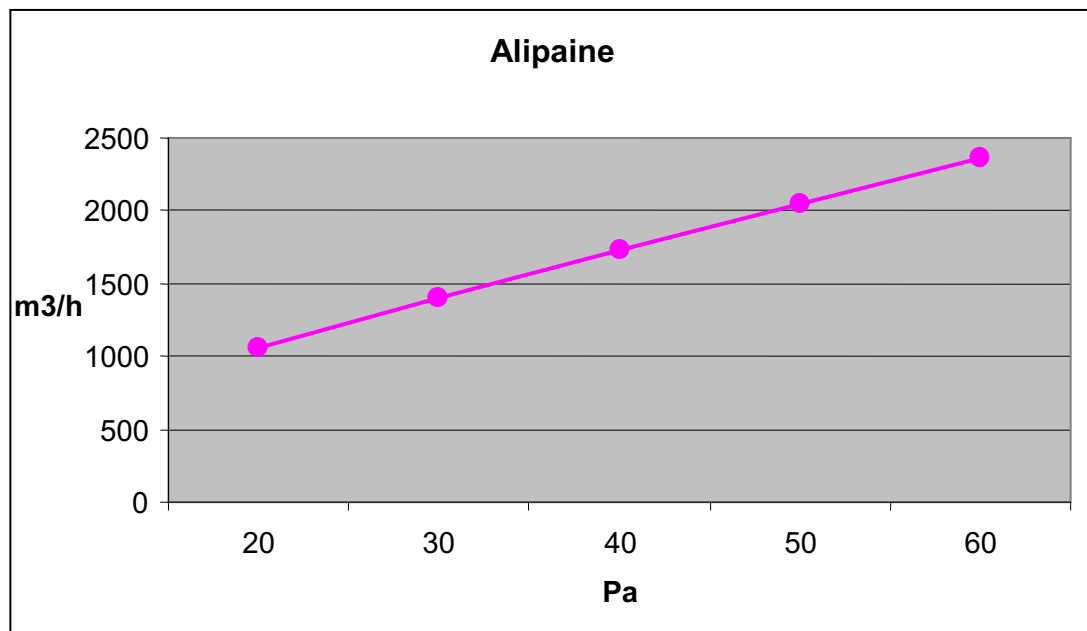
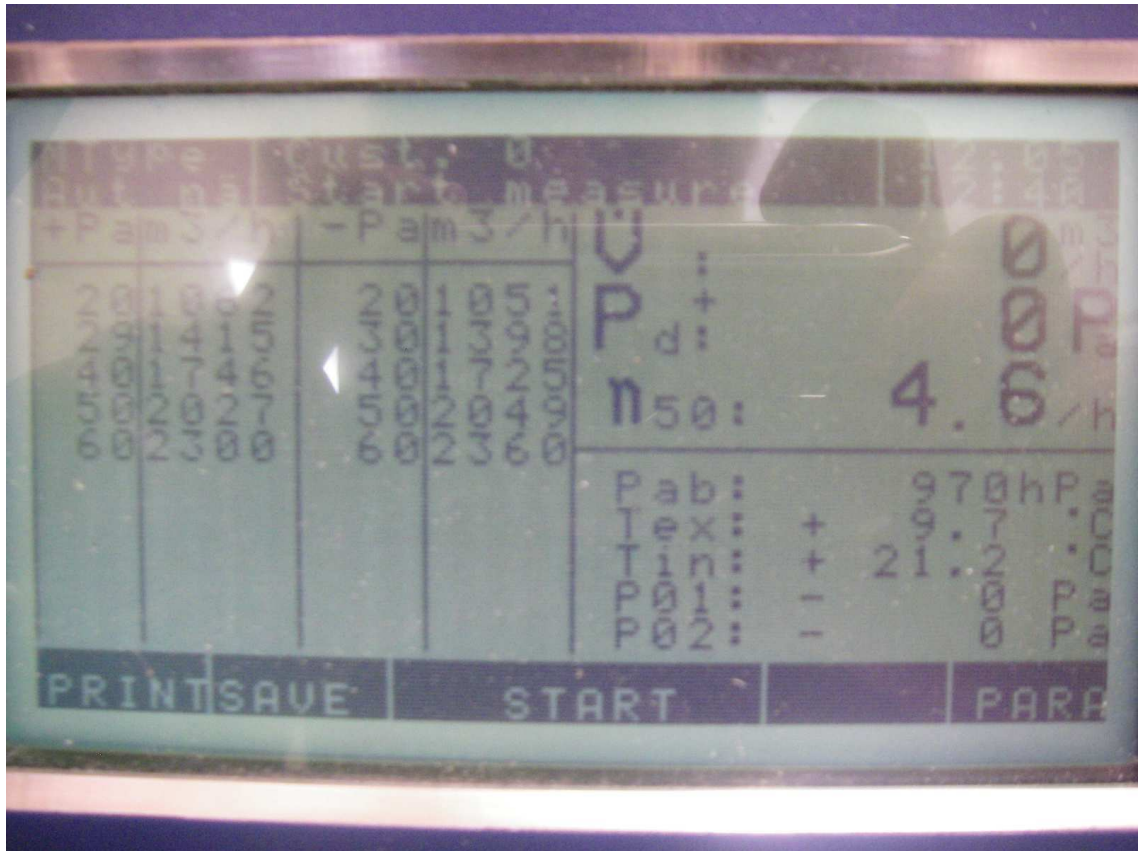
Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys. Mittaus suoritettiin esiohjelmituna normin EN 13829 mukaisesti. Mittausten aikana ulkolämpötila oli +10⁰C ja sisälämpötila +21⁰C. Mittausaikana ulkosää oli tyyni ja paine-ero ulko- ja sisätilan välillä oli -0 Pa.

Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} oli 4.6 1/h (vaihtoa tunnissa).

Rakennuksen ilmatilavuus oli 442 m³.

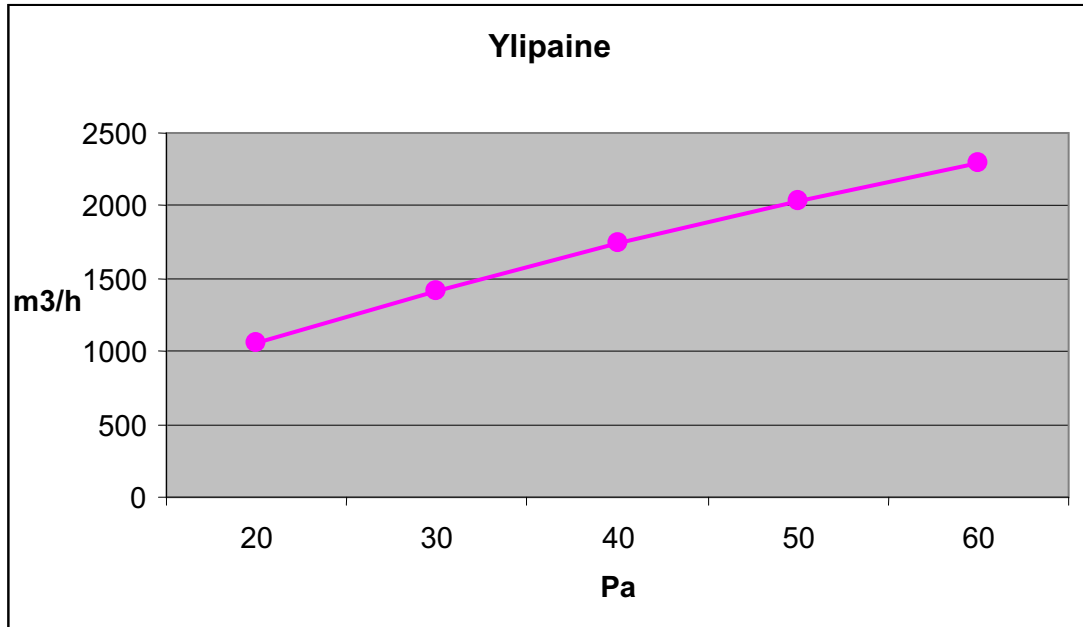


12.05.2009





12.05.2009



Taulukko 1. Rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitetyjä tyypillisiä rakennusten ilmapuotolukuja:

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Petri Hakamaa, RI opiskelija
Vaasan ammattikorkeakoulu



12.05.2009

Tilaja: -

Kohde: Omakotitalo, Kauhajoki, uudisrakennus, rakentamisvuosi 2009.
Talomalli: paikalla rakennettu puolitoistakerroksinen puutalo.

Mittausaika: 12.05.2009

Käytetty

menetelmä: Laitteena käytettiin Wöhler BC21-Blower Check puhallin- ja mittausyksikköä. Ennen tiiveysmittausta liesituuletin ja ilmanvaihtoventtiilit sekä takan hormi tukittiin. Vesilukot tarkistettiin ja täytettiin. Puhallin asennettiin olohuoneen ikkunaan.

Yhteys-

henkilö: Petri Hakamaa, petri.matias@kauhajokelainen.com

Tehtävä: Asuinrakennuksen tiiveysmittaus

Tulokset ja yhteenveto

Kohteena oli valmis koneellisella ilmanvaihdolla varustettu puolitoistakerroksinen puutalo.

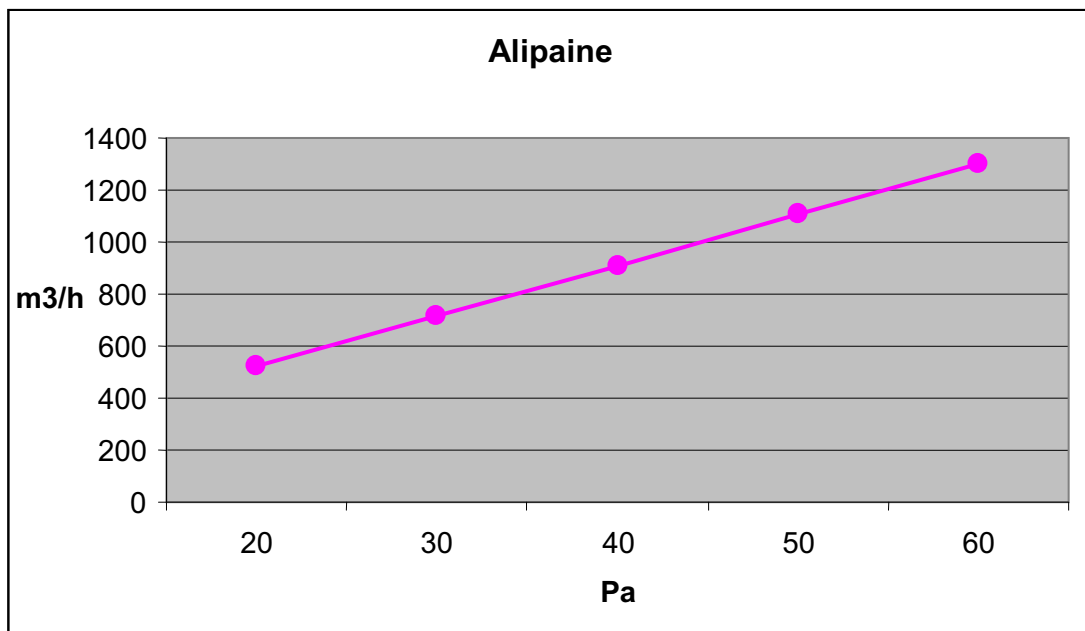
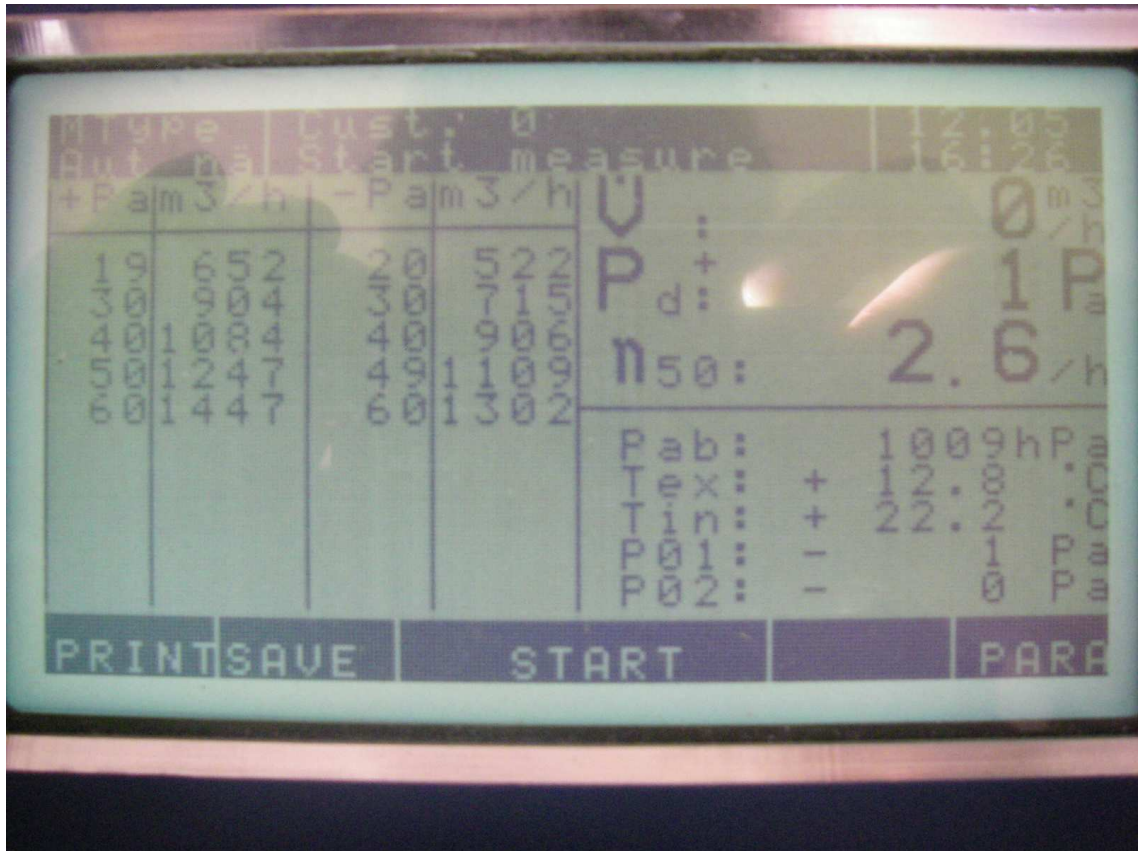
Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys. Mittaus suoritettiin esiohjelmointuna normin EN 13829 mukaisesti. Mittausten aikana ulkolämpötila oli +13⁰C ja sisälämpötila +22⁰C. Mittausaikana ulkona oli heikkoa puuskittaista tuulta ja paine-ero ulko- ja sisätilan välillä oli 1 Pa.

Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} oli 2.6 1/h (vaihtoa tunnissa).

Rakennuksen ilmatilavuus oli 460 m³.

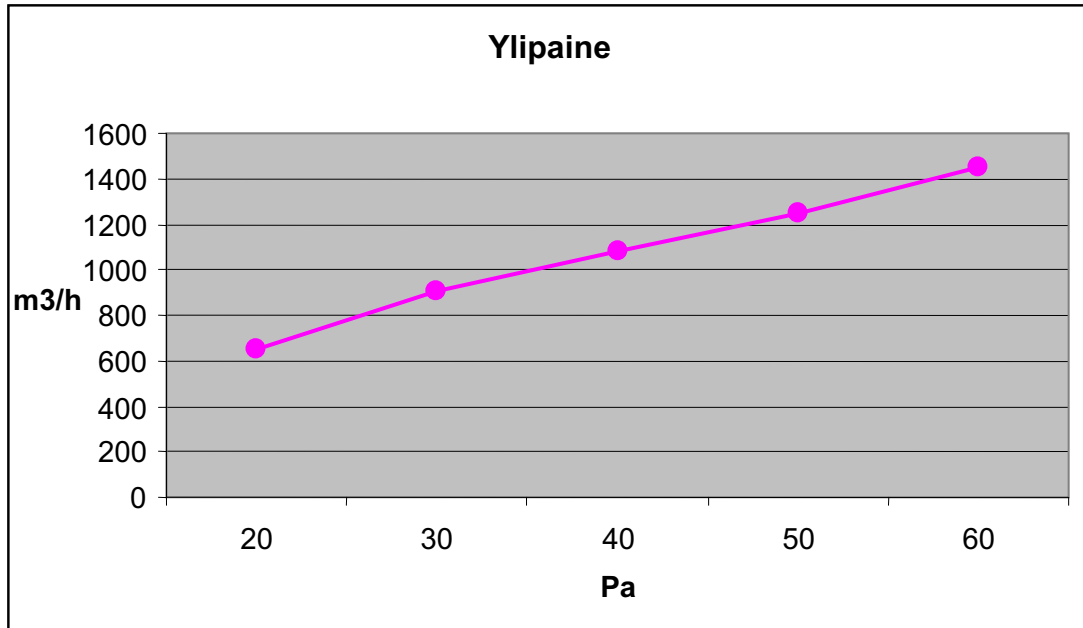


12.05.2009





12.05.2009



Taulukko 1. Rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmapuotolukuja:

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Petri Hakamaa, RI opiskelija
Vaasan ammattikorkeakoulu



13.05.2009

Tilaja: -

Kohde: Omakotitalo, Kauhajoki, uudisrakennus, rakentamisvuosi 2009.
Talomalli: paikalla rakennettu puolitoistakerroksinen puutalo (mittaus vain alakerran osalta).

Mittausaika: 13.05.2009

Käytetty

menetelmä: Laitteena käytettiin Wöhler BC21-Blower Check puhallin- ja mittausyksikköä. Ennen tiiveysmittausta liesituuletin ja ilmanvaihtoviitit sekä takan hormi tukittiin. Vesilukot tarkistettiin ja täytettiin. Puhallin asennettiin takahuoneen oveen.

Yhteys-

henkilö: Petri Hakamaa, petri.matias@kauhajokelainen.com

Tehtävä: Asuinrakennuksen tiiveysmittaus

Tulokset ja yhteenveto

Kohteena oli alakerran osalta valmis koneellisella ilmanvaihdolla varustettu puolitoistakerroksinen puutalo (mittaus suoritettiin vain alakerran osalta).

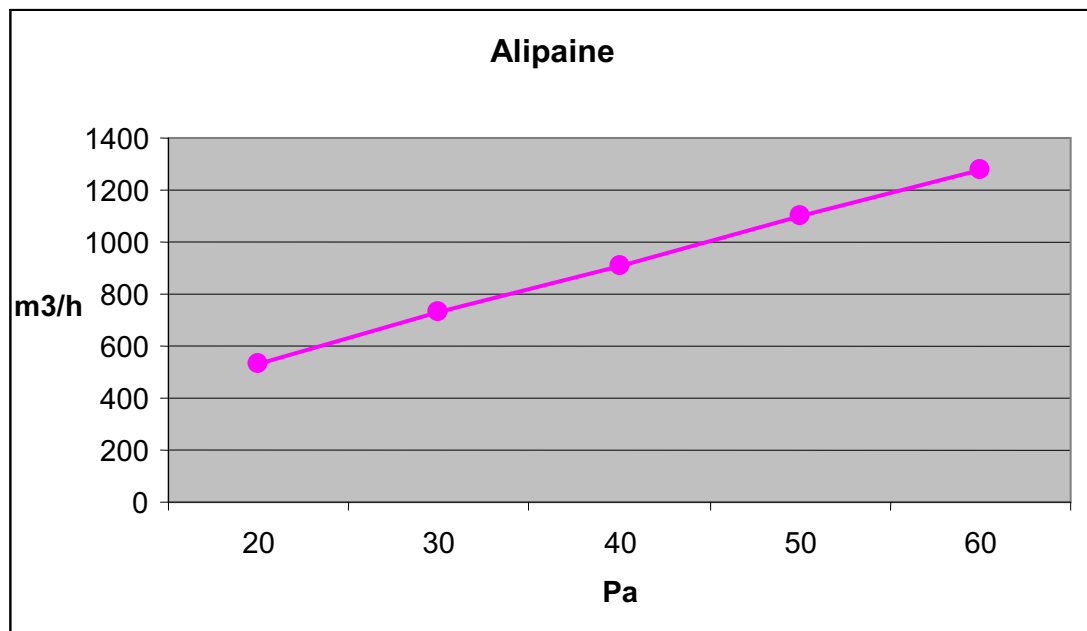
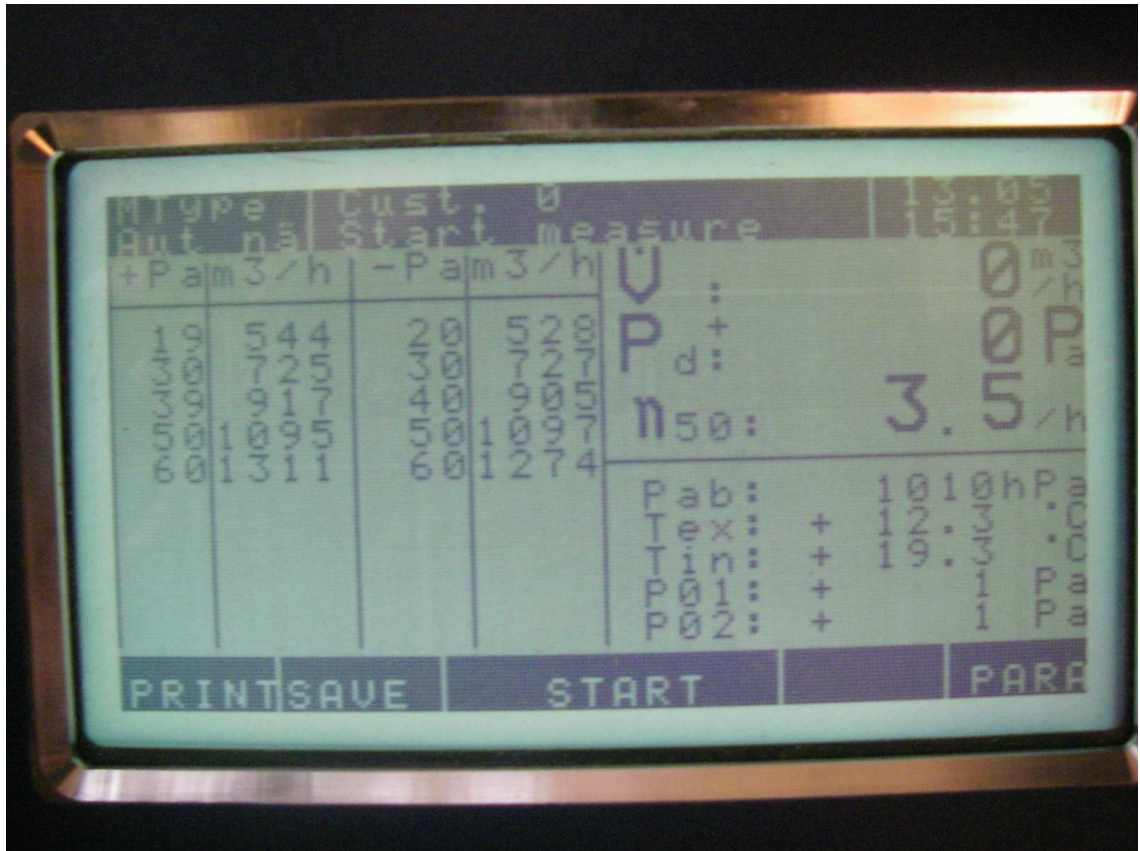
Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen alakerran ilmanpitävyys. Mittaus suoritettiin esiohjelmoituna normin EN 13829 mukaisesti. Mittausten aikana ulkolämpötila oli +12°C ja sisälämpötila +19°C. Mittausaikana ulkona oli heikkoa puuskittaista tuulta ja paine-ero ulko- ja sisätilan välillä oli -0 Pa.

Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} oli 3.5 l/h (vaihtoa tunnissa).

Rakennuksen alakerran ilmatilavuus oli 318 m³.

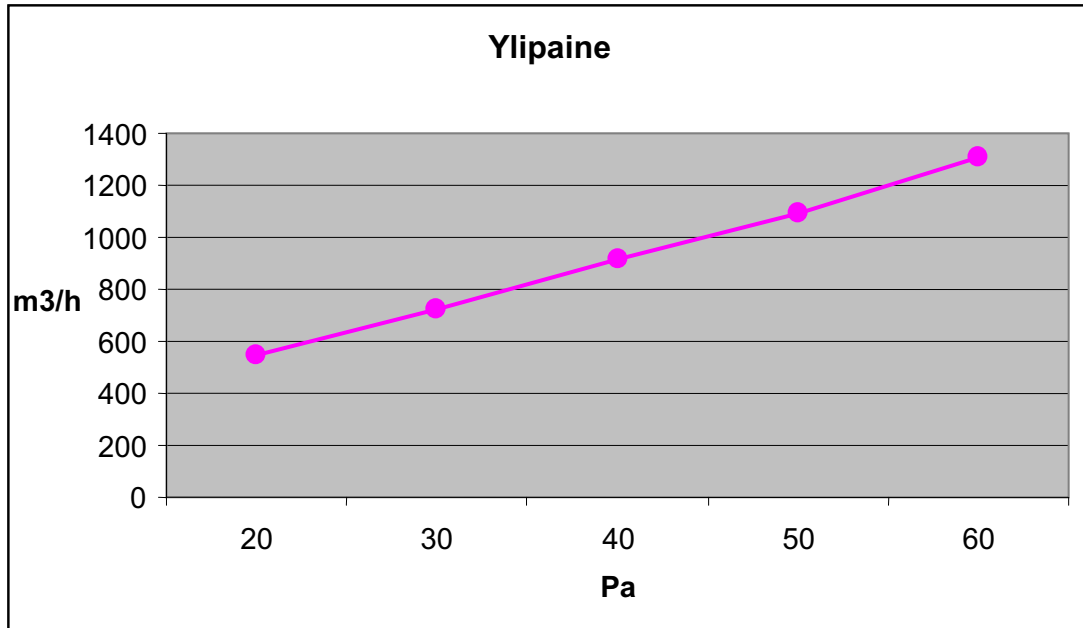


13.05.2009





13.05.2009



Taulukko 1. Rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmavuotolukuja:

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Petri Hakamaa, RI opiskelija
Vaasan ammattikorkeakoulu



3.11.2009

Tilaja: -

Kohde: Omakotitalo, Kauhajoki, uudisrakennus, rakentamisvuosi 2009.
Talomalli: paikalla rakennettu puolitoistakerroksinen puutalo (mittaus vain alakerran osalta).

Mittausaika: 3.11.2009

Käytetty

menetelmä: Laitteena käytettiin Wöhler BC21-Blower Check puhallin- ja mittausyksikköä. Ennen tiiveysmittausta liesituuletin ja ilmanvaihtoviitit sekä takan hormi tukittiin. Vesilukot tarkistettiin ja täytettiin. Puhallin asennettiin kodinhoituhuoneen oveen.

Yhteys-

henkilö: Petri Hakamaa, petri.matias@kauhajokelainen.com

Tehtävä: Asuinrakennuksen tiiveysmittaus

Tulokset ja yhteenveto

Kohteena oli alakerran osalta valmis koneellisella ilmanvaihdolla varustettu puolitoistakerroksinen puutalo (mittaus suoritettiin vain alakerran osalta).

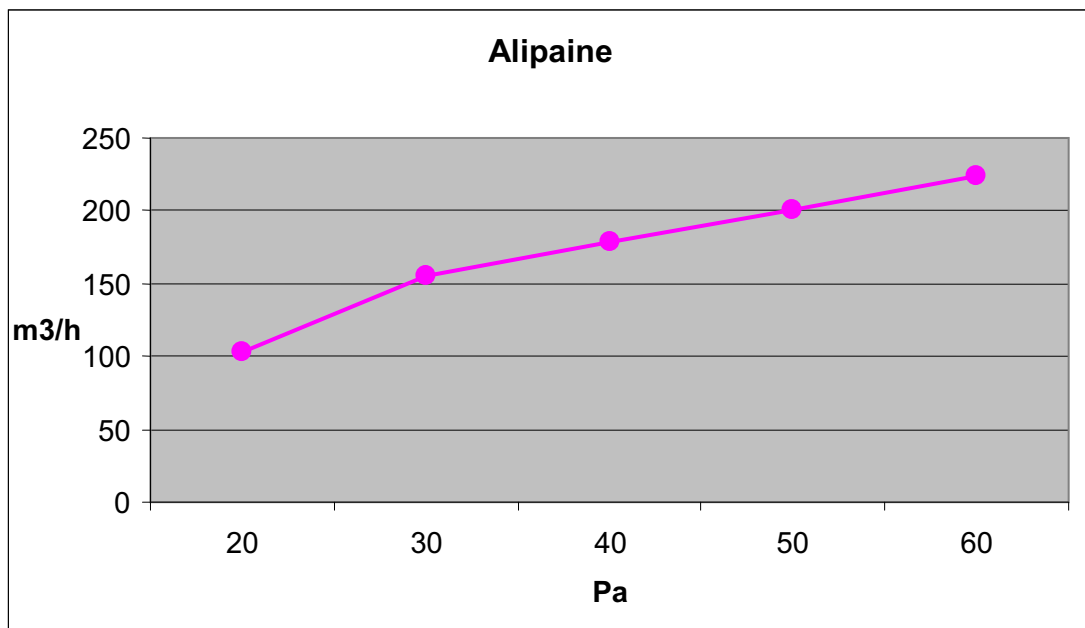
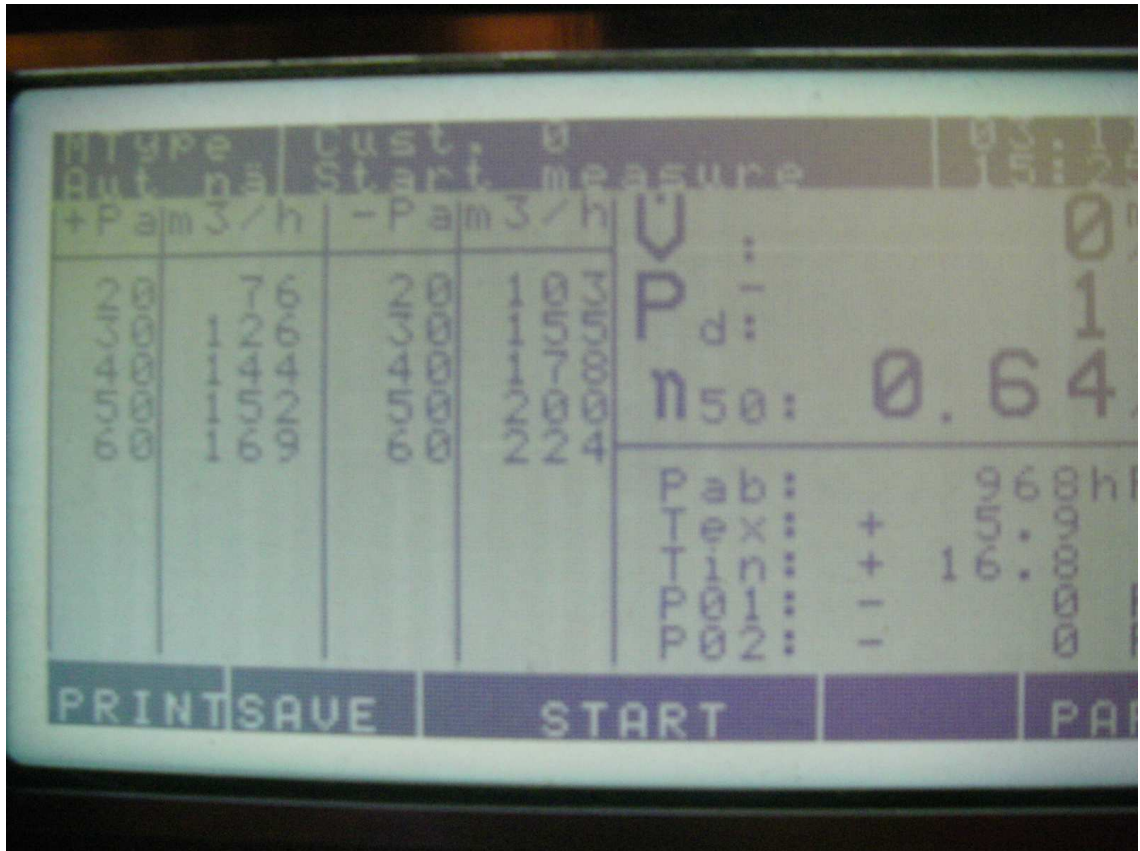
Tarkoituksena oli selvittää rakennuksen alakerran ilmanpitävyys. Mittaus suoritettiin esiohjelmoituna normin EN 13829 mukaisesti. Mittausten aikana ulkolämpötila oli +6⁰C ja sisälämpötila +17⁰C. Mittausaikana ulkona oli heikkoa tuulta ja paine-ero ulko- ja sisätilan välillä oli -0 Pa.

Rakennuksen ilmavuotoluku n_{50} oli 0.64 1/h (vaihtoa tunnissa).

Rakennuksen alakerran ilmatilavuus oli 276 m³.

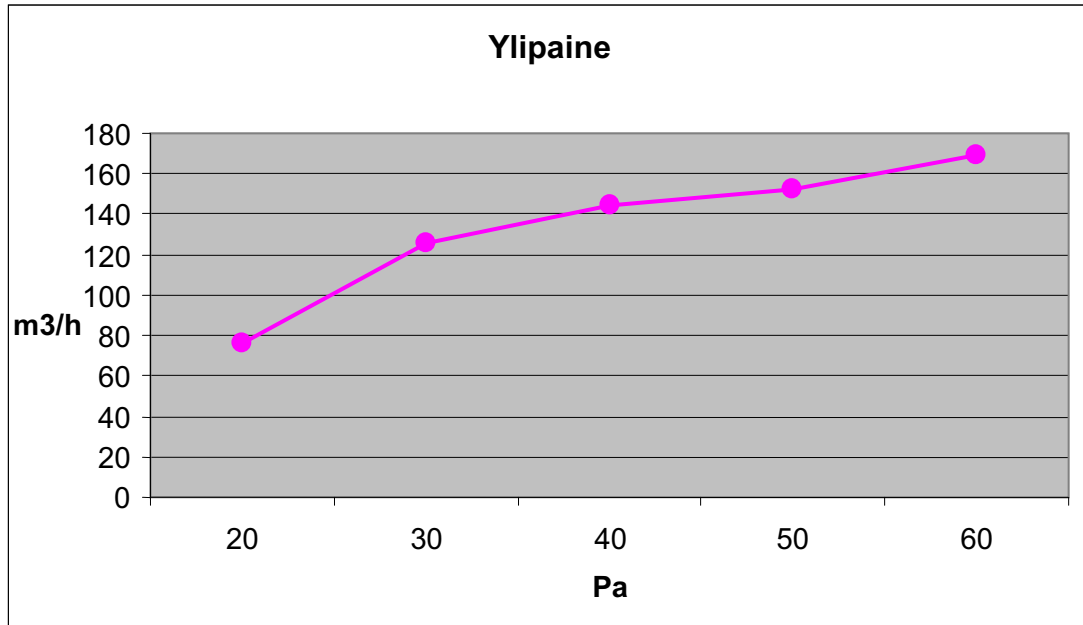


3.11.2009





3.11.2009



Taulukko 1. Rakentamismääräyskokoelman D5:ssä esitettyjä tyypillisiä rakennusten ilmavuotolukuja:

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 1 ... 3 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 ... 1,5
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3 ... 5 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 ... 3,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5 ... 10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3 ... 7

Petri Hakamaa, RI opiskelija
Vaasan ammattikorkeakoulu