

Simo Karhu

# Julkisten rakennusten ilmanvaihto käyttöajan ulkopuolella

Opinnäytetyö  
Talotekniikka


Joulukuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  3.12.2015				
<b>Tekijä(t)</b> Simo Karhu	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Talotekniikan koulutusohjelma				
<b>Nimeke</b> Julkisten rakennusten ilmanvaihto käyttöajan ulkopuolella					
<b>Tiivistelmä</b> Opinnäytetyön tilaajana on Suomen sisäilmakeskus Oy. Suomen sisäilmakeskus on rakennusterveyden asiantuntijaorganisaatio, joka on erikoistunut rakennuksista aiheutuvien terveyshaittojen selvityksiin sekä sisäilmaongelmien kokonaisvaltaiseen ratkaisemiseen. Sisäilmakeskus on puolueeton ja luotettava kumppani kaikissa sisäilmaan liittyvissä asioissa. Sisäilmakeskuksen omistaa Hengitysliitto ry.  Opinnäytetyöni tavoitteena oli tutkia, millaiset painesuhteet rakennukseen muodostuu rakennuksen käyttöajan ulkopuolella. Opinnäytetyössä painesuhteita tutkittiin tekemällä viikon mittaisia mittausjaksoja julkisiin rakennuksiin. Viikon mittausjaksolla saatavista mittaustuloksista voidaan tarkastella eroavaisuuksia käyttöajan ja käyttöajan ulkopuolisen ajan välillä. Tutkittavia kohteita oli viisi kappaletta, yksi koulurakennus, yksi toimistorakennus ja kolme päiväkotia, joihin jokaiseen tehtiin mittausjakso keväällä 2015 sekä syksyllä 2015. Tavoitteena työssä oli löytää ongelmakohtia, jotka ovat uhkana rakennuksen terveelliselle käyttöille.  Mittausjaksoilla ilmanvaihto toimi asetettujen käyttöaikojen mukaisesti, jolloin painesuhteita pystyttiin mittaamaan käyttötilanteen mukaan sekä yleisilmanvaihdon ollessa pysäytettynä. Rakennuksessa mitattiin painesuhteita ulkovaipan yli sekä lattianalaisiin tiloihin nähden. Lisäksi mitattiin käyttöajoista johtuvia lämpötilojen ja kosteuksien muutoksia. Mittauksissa löytyi selviä viitteitä, että hygienia-tilojen pois-toilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen alipainetta. Aiheutunut alipaine on liian suuri ja aiheuttaa hallitsematonta epäpuhtauksien ja kosteuden siirtymistä ilmapirtausten mukana ulkoilmasta rakenteisiin päin. Lisäksi löytyi viitteitä, että rakennuksen ilmanvaihto ei toimisi oikein. Tämä ilmeni siten, että yleisilmanvaihdon ollessa toiminnassa rakennukseen aiheutui suurta ylipainetta. Rakennuksen oikeanlainen painesuhde tulisi olla 2-5 Pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden.  Mielestäni rakennuksen painesuhteilla voidaan vaikuttaa sisäilmaongelmien muodostumiseen. Väärät painesuhteet vaikuttavat kosteuden ja muiden epäpuhtauksien siirtymiseen rakenteiden läpi ja näin ollen lyhentävät rakennuksen käyttöikää sekä aiheuttavat vaaraa terveelliselle sisäilmalle. Rakenteisiin katsottaessa alipaineisuus aiheuttaa ilmapirtojen liikkumista ulkoa sisäpuolelle ja ylipaineisuus aiheuttaa ilmapirtojen liikkumista sisältä ulkopuolelle päin.					
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Painesuhde, ilmanvaihto, alipaine, ylipaine, tiiviys, hygienia-tila, julkinen rakennus, sisäilma					
<b>Sivumäärä</b> 85+16	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>Kieli</b></td> <td style="width: 33%;"><b>URN</b></td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b>	<b>URN</b>	Suomi	
<b>Kieli</b>	<b>URN</b>				
Suomi					
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>					
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Marianna Luoma	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Suomen Sisäilmakeskus Oy (Kuopion Tilakeskus)				

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  3.12.2015
<b>Author(s)</b> Simo Karhu	<b>Degree programme and option</b> Building services engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Ventilation of public buildings outside of usage time		
<b>Abstract</b>  <p>In this thesis the aim was to study what kind of pressure ratio has been caused to public buildings outside of usage time. Pressure ratio was examined by doing measurement periods in public buildings which took one week. These measurement periods were done during spring and fall. There were five targets, a school, one office and three day care centers, in which the measurements were executed. The aim of this study was to find problem areas which endanger the usage age of the buildings and healthy indoor air.</p> <p>In measurement periods ventilation works with schedule of usage time. Ventilation was switched off when the building was empty and it was started before usage time. Pressure ratio were examined over the envelope and the crawling space. Also room temperatures were measured and that how usage time, ventilation and outside temperature affect them. I was also examined how hygiene space ventilation works and what kind of pressure ratio it causes.</p> <p>I think that buildings pressure ratio must be at the right level, because it can cause indoor air problems. The right kind of building pressure ratio should be between two and five Pascal underpressure compared to the outside air. Wrong kind of pressure ratio causes transfer of humidity and other contaminants into constrictions. These kind of problems shorten usage age of buildings and are threat to healthy indoor air.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b> Pressure ratio, ventilation, underpressure, excess pressure, condensation, hygiene space, public building, indoor air		
<b>Pages</b> 85+16	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b> Marianna Luoma	<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Suomen Sisäilmakeskus Oy (Kuopion Tilakeskus)	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	JULKINEN RAKENNUS.....	2
2.1	Rakennuksen määritelmä.....	2
2.2	Julkiset rakennukset.....	2
2.3	Rakennusten määrä.....	4
3	ILMANVAIHTO JA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT .....	6
3.1	Ilmavaihtojärjestelmät .....	7
3.1.1	Painovoimainen ilmanvaihto .....	7
3.1.2	Koneellinen poistoilmanvaihto .....	8
3.1.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.....	9
3.2	Ilmavaihdon toiminta-ajat.....	10
3.3	Ilmanvaihtoon liittyvät määräykset, ohjeet sekä luokitukset.....	10
3.3.1	Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.....	10
3.3.2	Sisäilmastoluokitus .....	15
3.3.3	Asumisterveysopas .....	17
3.4	Rakennuksen painesuhteet ulkovaipan yli.....	18
3.4.1	Ilmavaihdon vaikutus.....	19
3.4.2	Lämpötilan (tiheyserojen) vaikutus .....	19
3.4.3	Tuulen vaikutus.....	20
3.4.4	Yhteisvaikutus.....	21
3.5	Rakennuksen tiiviys.....	23
3.5.1	Rakennuksen tiiviyyden määrittäminen .....	23
3.5.2	Rakennuksen tiiviys ja ilmanvaihto .....	23
3.5.3	Rakennuksen tiiviys ja vuotoilmanvaihtuvuus .....	26
3.5.4	Rakennuksen yläpohjan tiiviyyden vaikutus .....	26
3.6	Rakennuksen alapohja .....	28
3.6.1	Maanvastainen alapohja.....	28
3.6.2	Ryömintätilainen alapohja .....	29
4	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	31
4.1	Tutkimuskohteet .....	31

4.2	Ilmavaihdon toiminta-ajat.....	32
4.3	Mittalaitteiden valinta.....	33
4.4	Mittaukset .....	33
4.4.1	Ilmamäärien mittaus.....	35
4.4.2	Painesuhteiden mittaus.....	37
4.4.3	Lämpötilan mittaus .....	39
4.5	Mittaustuloksiin vaikuttavat asiat.....	40
4.6	Mittaustulosten käsittely.....	41
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	41
5.1	Sääolot .....	41
5.2	Sääolojen vaikutus .....	51
5.3	Sisälämpötila ja kosteus.....	54
5.4	Ilmanvaihdon vaikutus.....	56
5.5	Painesuhteet rakennuksen vaipan yli .....	56
5.5.1	Kasarmirakennus E .....	57
5.5.2	Palo Ahon toimintakeskus .....	59
5.5.3	Niiralan päiväkoti.....	63
5.5.4	Maljapuron päiväkoti .....	67
5.5.5	Haapaniemen päiväkoti.....	71
5.6	Painesuhteet alapohjan yli .....	75
5.6.1	Kasarmirakennus E .....	75
6	POHDINTA .....	77
	Lähdeluettelo .....	79

## LIITTEET

- Liite 1. Painesuhteen jakauma eri paikoissa
- Liite 2. Kasarmi E pohjakuva
- Liite 3. Palo Ahon toimintakeskus pohjakuva
- Liite 4. Niiralan päiväkoti pohjakuva
- Liite 5. Maljapuron päiväkoti pohjakuva
- Liite 6. Haapaniemen päiväkoti pohjakuva

## 1 JOHDANTO

Rakennusten painesuhteet ovat nykypäivänä ajankohtainen aihe, josta käydään jatkuvasti keskustelua. 2000-luvulla sisäilmaongelmista on tullut suuri puheenaihe etenkin koulujen sekä päiväkotien osalta ja niihin halutaan nopeita ratkaisuja. Rakennuksen sisäilmaston muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä on monia, kuten rakennusmateriaalit, rakentamisen laatu, oikein toimiva ilmanvaihto ja rakennuksen sijainti. Yhtenä tärkeimmistä asioista voidaan pitää oikeita rakennuksen painesuhteita, jotka takaavat rakennukselle pitkän käyttöiän ja terveellisen sisäilmaston.

Väärin säädetty ilmanvaihto aiheuttaa vääränlaiset painesuhteet, jolloin epäpuhtaudet ja kosteus liikkuvat rakenteeseen nähden väärään suuntaan. Rakennuksen painesuhteet pitäisi suunnitella ja toteuttaa siten, että huonetila on ulkoilmaan nähden 2- 5 Pascalia alipaineinen. Määräysten mukaisesti alipaine ei saa olla suurempi kuin 30 Pascalia, joka jatkuvasti muodostuessa rakennukseen on liian suuri. Poikkeuksena tähän ovat jotkin erikoistilat, jotka vaativat ylipaineen ympäröiviin tiloihin nähden. Oleskelutilat, kuten luokka-, toimisto-, kokous- ja taukokuoneet sekä muut samankaltaiset tilat suunnitellaan tasapainoon eli näissä tiloissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret. Näin ollen hygieniatilojen poistoilmanvaihdolla tulisi toteuttaa rakennukseen saatava alipaineisuus. (Asumisterveysopas 2003, 64/Srmk D2, 17.)

Rakennuksen painesuhteita voidaan tarkastella mittalaitteilla. Mittauksia tehtäessä vaikuttavia asioita ovat muun muassa tuuli, ilmanvaihto, lämpötila-ero ulko- ja sisäilman välillä sekä rakennuksen tiiviys. Painesuhteita voidaan tarkastella rakennuksen ulkovaipan yli ulkoilmaan nähden, sisärakenteiden yli toiseen tilaan nähden sekä rakennuksen alapohjan yli lattianalaiseen tilaan nähden. Alapohjaan nähden rakennuksen tulisi olla ylipaineinen, ettei maaperässä ja alapohjassa syntyvät epäpuhtaudet siirry rakennukseen. Yleensä lattianalaisten tilojen alipaineistus aikaansaadaan erillisellä poistoilmanvaihdolla.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan Kuopion alueella sijaitsevien julkisten rakennusten olosuhteita käyttöajan ulkopuolella. Kohteita tutkimuksessa on viisi kappaletta; kolme päiväkotia, yksi toimintakeskus/koulu sekä yksi toimistorakennus. Rakennusvuodet jakautuvat vuosien 1882–1997 välille ja peruskorjaukset vuosien 2001–

2013 välille. Työn tilaajana on Suomen sisäilmakeskus Oy Kuopion toimipisteestä ja kohteet tutkimukseen on saatu Kuopion tilakeskukselta.

Työn tarkoituksena on tutkia hygieniatilojen poistoilmanvaihdon vaikutuksia, kun yleisilmanvaihto pysäytetään. Tätä asiaa tutkitaan mittaamalla rakennuksen painesuhteita vaipan ja alapohjan yli sekä lämpötiloja. Lisäksi tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja lattianalaisten tilojen tuuletuksen/ilmanvaihdon toteutukselle. Mittauksissa tehtiin viikon mittausjaksot keväällä sekä syksyllä jokaiseen tutkimuskohteeseen.

Mittauksissa täytyy ottaa huomioon muidenkin kuin hygieniatilojen poistoilmanvaihto käyttöaikojen ulkopuolella. Näitä tiloja ovat muun muassa teknisten tilojen ylläpöönpoisto, radonpoisto, maalikaapit, alapohjan tuuletukset.

## **2 JULKINEN RAKENNUS**

### **2.1 Rakennuksen määritelmä**

Rakennukseksi luetaan erillinen, sijaintipaikalleen kiinteästi rakennettu tai pystytetty, omalla sisäänkäynnillä oleva rakennelma. Rakennus sisältää yleensä eri toimintoihin tarkoitettuja tiloja, jotka ovat yleensäkin ulkoseinien tai muiden seinien rajoittamaa tilaa. (Tilastokeskus 2015.)

Rakennukseksi ei lueta muun muassa kallioluolia tai muita maanalaisia tiloja, koska niiden rakenteet eivät vastaa talorakennusten rakenteisiin verrattavia rakenteita. Lisäksi matkailuvaunut, laivat, kevytrakenteiset katokset, kioskit ja muut tämän kaltaiset rakennelmat eivät ole rakennuksia. (Tilastokeskus 2015.)

### **2.2 Julkiset rakennukset**

Julkiset rakennukset ovat rakennuksia, joita käytetään muuhun kuin asumiseen, kuten muun muassa koulutukseen, hoitotoimenpiteisiin, työskentelyyn, oleskeluun. Julkisiin rakennuksiin voidaan laskea rakennusluokitus 1994 mukaisesti seuraavat rakennukset: (Tilastokeskus 2015.)

- Liikerakennukset
  - o Ravintolat
  - o Myymälärakennukset
  - o Hotellit
  - o Asuntolarakennukset
- Toimistorakennukset
- Liikenteen rakennukset
  - o Rautatie- ja linja-autoasemat, lento- ja satamaterminaalit
- Hoitoalan rakennukset
  - o Keskussairaalat
  - o Terveyskeskukset
  - o Terveystieteiden laitokset
  - o Huoltolaitosrakennukset
  - o Vanhainkodit
  - o Lasten- ja koulukodit
  - o Hoitolaitokset
  - o Sosiaalitoimen rakennukset
  - o Päiväkodit
  - o Vankilat
- Kokoontumisrakennukset
  - o Teatteri- ja konserttirakennukset
  - o Kirjasto-, museo- ja näyttelyrakennukset
  - o Seura- ja kerhorakennukset
  - o Uskonnollisten yhteisöjen rakennukset
  - o Urheilu- ja kuntoilurakennukset
  - o Muut kokoontumisrakennukset
- Opetusrakennukset
  - o Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset
  - o Ammatillisten oppilaitosten rakennukset
  - o Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset
  - o Muut opetusrakennukset

Julkisten rakennusten käyttö ajoittuu pääsääntöisesti päiväaikaan, lukuun ottamatta hoitolaitoksia ja sairaaloita. Tämän vuoksi tämän kaltaisiin rakennuksiin suunnitellaan



keinoja, joilla kuluja voidaan laskea, esimerkiksi ilmanvaihto pysäytetään yön ajaksi, lämmitystä/jäähdytystä pienennetään, valaistus sammutetaan. (Heljo ja Vihola 2012.)

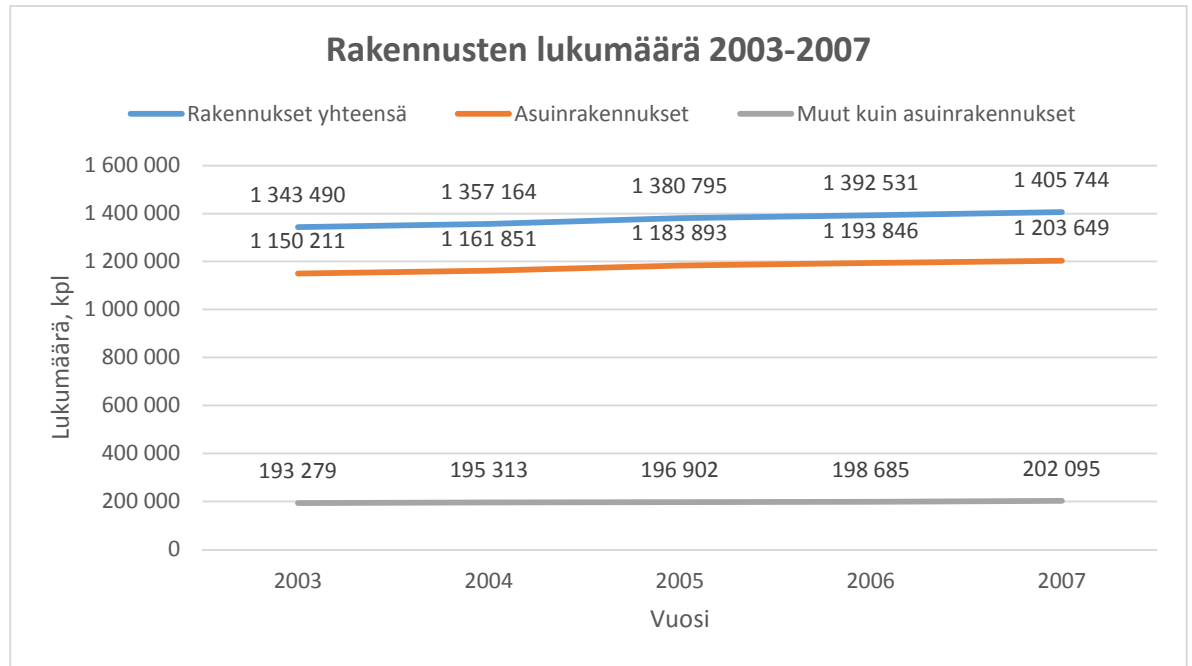
### 2.3 Rakennusten määrä

Vuonna 2007 Suomessa oli 1 406 000 rakennusta, joista asuinrakennusten osuus 86 prosenttia ja muiden kuin asuinrakennusten osuus 14 prosenttia. Yli puolet Suomen rakennuskannasta on rakennettu vuoden 1970 jälkeen. Yhteenlaskettu rakennusten kerrosala vuoden 2007 lopussa oli yli 414 miljoonaa neliometriä. Taulukossa 1 sekä kuvassa 1 on esitetty eri käyttötarkoituksen mukaiset rakennukset ja niiden lukumäärät vuosien 2003 ja 2007 aikana. Rakennuksen luokittelu tapahtuu sen mukaisesti, mihin suurinta osaa kerrosalasta käytetään. (Tilastokeskus 2015.)

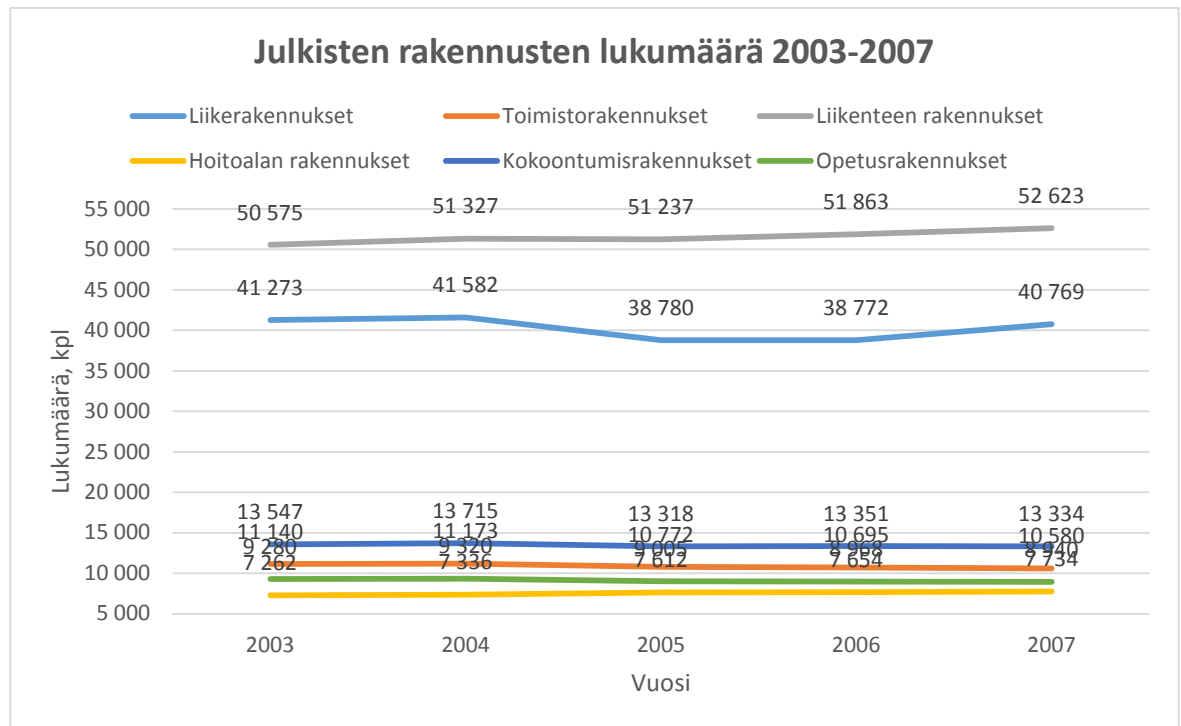
**TAULUKKO 1. Rakennusten lukumäärä vuonna 2003-2007 (Tilastokeskus 2015.)**

<i>Käyttötarkoitus</i>	<b>2007</b>	<b>2006</b>	<b>2005</b>	<b>2004</b>	<b>2003</b>
<b><i>Rakennukset yhteensä</i></b>	1 405 744	1 392 531	1 380 795	1 357 164	1 343 490
<b><i>Asuinrakennuksia yhteensä</i></b>	1 203 649	1 193 846	1 183 893	1 161 851	1 150 211
<i>Erilliset pientalot</i>	1 074 059	1 065 442	-	-	-
<i>Rivi- ja ketjutalot</i>	74 201	73 229	-	-	-
<i>Asuinkerrostalot</i>	55 389	55 105	-	-	-
<b><i>Muita kuin asuinrakennuksia Yhteensä</i></b>	202 095	198 685	196 902	195 313	193 279
<i>Liikerakennukset</i>	40 769	38 772	38 780	41 582	41 273
<i>Toimistorakennukset</i>	10 580	10 695	10 772	11 173	11 140
<i>Liikenteen rakennukset</i>	52 623	51 863	51 237	51 327	50 575
<i>Hoitoalan rakennukset</i>	7 734	7 654	7 612	7 336	7 262
<i>Kokoontumisrakennukset</i>	13 334	13 351	13 318	13 715	13 547
<i>Opetusrakennukset</i>	8 940	8 968	9 005	9 320	9 280
<i>Teollisuusrakennukset</i>	38 625	38 498	38 222	39 017	38 420
<i>Varastorakennukset</i>	24 062	23 452	22 769	11 502	11 397
<i>Muut rakennukset</i>	5 428	5 432	5 187	10 341	10 385

Julkisten rakennusten lukumäärä muodostuu liikerakennusten, toimistorakennusten, liikenteen rakennusten, hoitoalan rakennusten, kokoontumisrakennusten ja opetusrakennusten mukaan. Kuvassa 2 on esitetty julkisten rakennusten lukumäärän kehitys vuodesta 2003 vuoteen 2007. (Tilastokeskus 2015.)



**KUVA 1. Rakennusten lukumäärän kehitys (Tilastokeskus 2015.)**



**KUVA 2. Julkisten rakennusten lukumäärän kehitys (Tilastokeskus 2015.)**

### 3 ILMANVAIHTO JA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

Ilmanvaihdon oikealla suunnittelulla, toteutuksella ja lopullisella säädöllä on tärkeä merkitys rakennuksen hyvän sisäilmaston saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Tällöin se luo edellytykset tavanomaisissa käyttötilanteissa ja sääoloissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle.

Ilmanvaihdon tehtävänä on vaihtaa ja puhdistaa rakennuksen sisäilmaa sekä poistaa siellä syntyvät epäpuhtaudet. Ilmanvaihdon avulla erilaiset epäpuhtaus- sekä vesihöyrynpitoisuudet saadaan pidettyä ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla.

Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin, jossa ilma virtaa aina suuremmasta paineesta pienempään. Paine-eroja saadaan aikaan joko puhaltimilla (koneellinen ilmanvaihto) tai tuulen ja lämpötilan yhteisvaikutuksella (painovoimainen ilmanvaihto). Jos tuloilmaa kostutetaan tai jäähdytetään eli käsitellään jotenkin, puhutaan tällöin ilmastoinnista.

Oleskeluvyöhykellä tarkoitetaan tilaa, jossa sisäilmastoon liittyvät vaatimukset ja ohjeet on tarkoitettu toteutettavaksi. Tämä on ”huoneen osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat ovat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista rakennusosista” (Asumisterveysopas 2003, 10.)

”Likaisilla tiloilla” tarkoitetaan tiloja, joissa syntyy epäpuhtauksia, ja näitä tiloja ovat mm. WC:t, pesutilat, vaatehuoneet, keittiöt, kodinhoituhuoneet, siivousvarastot, yms.

”Puhtailla tiloilla” tarkoitetaan tiloja, joihin tuodaan raikasta tuloilmaa ja joissa oleskellaan. Näitä tiloja ovat mm. makuuhuoneet, olohuoneet, toimistotilat, neuvottelutilat, luokkahuoneet, kahviot, yms.

Ilmanvaihtojärjestelmät voidaan jakaa seuraavasti:

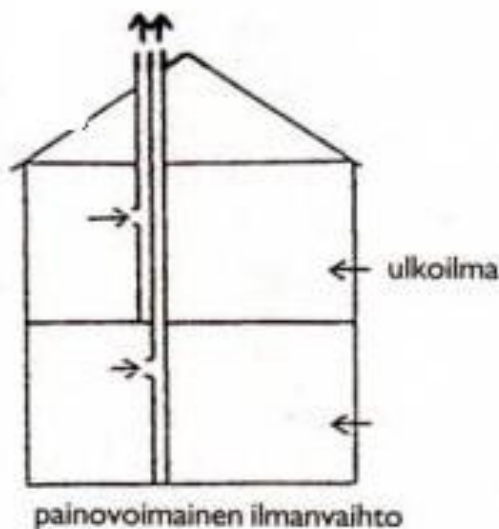
- Painovoimainen ilmanvaihto
- Koneellinen ilmanvaihto
  - o Koneellinen poistoilmanvaihto
  - o Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

### 3.1 Ilmavaihtojärjestelmät

#### 3.1.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto syntyy lämpötilan ja tuulen sekä korkeuseron yhteisvaikutuksesta. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa paine-ero riippuu korkeuserosta, eli mitä suurempi korkeusero ja lämpötilaero sitä paremmin ilmanvaihto toimii. Kuvassa 3 on havainnollistettu kuinka lämmennyt sisäilma virtaa ulos vesikaton yläpuolelle poistoilmakanavia pitkin ja ulkoilma johdetaan sisälle oleskelutiloihin korvausilmaventtiilien kautta. Kanavassa olevat ylimääräiset mutkat heikentävät painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaa ja mitä suurempi korkeusero on, sitä enemmän kertavastuksia (mutkia) kanavassa voi olla. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)

Painovoimainen ilmanvaihto on heikoimmillaan kesällä, jolloin sisä- ja ulkolämpötilan ero on pienimmillään. Tällöin ilmanvaihtoa voidaan tehostaa esimerkiksi pitämällä ikkunoita auki. Jotta ilmanvaihto toimisi hyvin, täytyy korvausilmaa saada riittävästi ja näin ollen korvausilmaventtiilien on oltava suuret. Talviaikaan ulkoa virtavaa kylmää korvausilmaa on vaikea lämmittää, minkä takia se voi aiheuttaa vedon tunnetta. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)

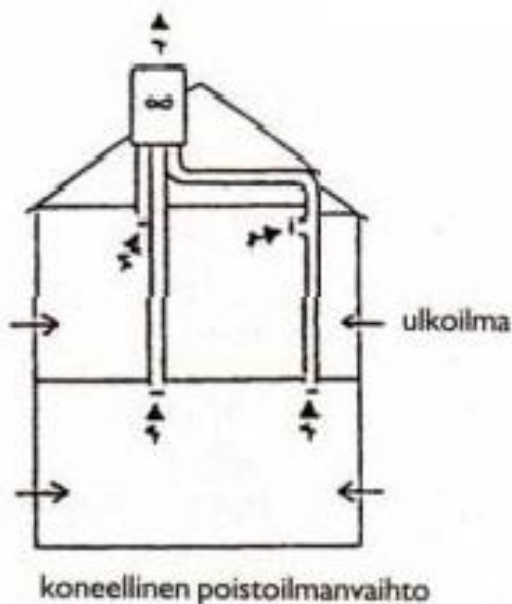


**KUVA 3. Painovoimainen ilmanvaihto (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)**

### 3.1.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa lämmin sisäilma poistetaan puhaltimen avulla poistoilmakanavia pitkin, joka nähdään kuvassa 4. Poistoilmavirtojen säätäminen on helppoa ja sääolojen muutokset eivät vaikuta poistoilmanvaihtoon. Kuvassa 2 tuloilma johdetaan huonetiloihin ulkoa venttiilien kautta ja tilojen kesken ovirakojen kautta. Tällöin pitää huolehtia riittävästä korvausilmasta, ettei rakennukseen aiheudu liiallista alipainetta. (Hengitysliitto ry. 2015.)

Järjestelmän heikkoutena on hallittu tuloilman sisään johtaminen ulkoilmaventtiilien kautta. Jotta korvausilma saataisiin tuotua venttiilien kautta, on rakennuksen oltava tiivis, ettei korvausilma tule rakenteiden läpi. Talviaikaan ulkoa virtaavaa kylmää korvausilmaa on vaikea lämmittää, ja sen takia se voi aiheuttaa vedon tunnetta. Lisäksi korvausilman suodattaminen on vaikeaa ja näin ollen ulkoilman epäpuhtaudet siirtyvät sisäilmaan. (Hengitysliitto ry. 2015.)

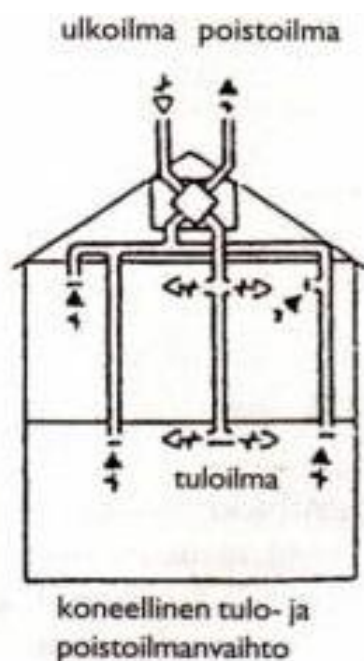


**KUVA 4. Koneellinen poistoilmanvaihto (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)**

### 3.1.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Kuvassa 5 on esitetty koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän toiminta periaate. Järjestelmässä ilmaa tuodaan ja poistetaan huonetilasta koneellisesti puhaltimien avulla. Järjestelmä sisältää poistoilma- ja tuloilmakanaviston, jotka on jaettu ”likaisien tilojen” ja ”puhtaiden tilojen” kesken. Tällä järjestelmällä on helppo hallita ilmavirtoja ja sisäilmasto olosuhteiden ylläpitäminen on helpompaa kuin painovoimaisella tai koneellisella poistoilmanvaihdolla. (Hengitysliitto ry. 2015.)

Ilmanvaihtojärjestelmä toteutetaan yleensä ilmanvaihtokojeella. Kojeessa on yleensä valmiina lämmöntalteenotto, tulo- ja poistoilmapuhaltimet sekä suodattimet. Lisäksi ilmanvaihtokoje voidaan varustaa yksilöllisesti jäähdytyksellä, kostutuksella, kuiva- tuksella tai lisälämmityksellä, jolloin puhutaan ilmastoinnista. Ilmanvaihtokojeessa suodattimia on tuloilmapuolella kaksi kappaletta; karkea suodatin ja hienosuodatin sekä poistoilmapuolella yksi suodatin. Nämä suodattimet on hyvä vaihtaa säännöllisin ajoin tai niiden tukkeutuessa. Suodattimet estävät epäpuhtauksien pääsyn huonetiloihin ja näin ollen parantavat sisäilman laatua. (Hengitysliitto ry. 2015.)



**KUVA 5. koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)**

### **3.2 Ilmavaihdon toiminta-ajat**

Ilmavaihdon toiminta-ajoilla pyritään säästämään energiaa ja optimoimaan paras mahdollinen ilmanvaihtokojeiden käyttöikä. Rakennuksissa ei aina ole tarvetta ilmavaihdon käyttöajan mukaisille ilmavirroille, joten käyttöaikojen käyttö on suositeltavaa. (Asikainen 2015.)

Ilmavaihdon ollessa poissa käytöstä, lisääntyvät epäpuhtauspitoisuudet huonetilassa ja näin ollen ilmanvaihto käynnistetään muutamia tunteja ennen käyttöaikoja. Kun taas käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihto voidaan järjestää siten, että hygieniatilojen ilmanvaihto on jatkuvasti toiminnassa tai yleisilmanvaihto käy jaksottaisesti. (Asikainen 2015.)

### **3.3 Ilmanvaihtoon liittyvät määräykset, ohjeet sekä luokitukset**

Ilmanvaihtoon liittyvät määräykset ja ohjeet on annettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2, rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Tässä on esitetty uusien rakennuksien viranomaisten vähimmäisvaatimukset, joiden tulisi täyttyä rakentamisessa. (Srmk, D2 2012.). Tämän lisäksi rakentamisessa voidaan käyttää sisäilmastoluokitusta 2008, jos tavoitellaan vähimmäisvaatimuksia parempia mukavuus- ja sisäilmasto olosuhteita. (Sisäilmastoluokitus 2008.)

#### **3.3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto**

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 annettuja määräyksiä voidaan pitää viranomaisten vähimmäisvaatimuksina uudisrakentamista tehdessä. Korjausrakentamisen osalta rakennusvalvontaviranomainen päättää, miltä osin määräyksiä noudatetaan. Määräyskokoelman tavoitteena on, että rakennukseen saadaan viihtyisiä, turvallinen ja terveellinen sisäilmasto. (Srmk, D2 2012, 3/5.)

Kokoelman osassa D2 esitetään määräyksiä ja ohjeita muun muassa seuraavista asioista:

- Rakennuksen sisäilmasto
  - o Lämpöolot
  - o Ilmalaatu
  - o Ääniolosuhteet
  - o Valaistusolosuhteet
- Ilmanvaihto
  - o Ilmanvaihtojärjestelmät
  - o Ilmavirrat sekä ilman jako ja poisto
  - o Ilman suodatus
  - o Ilmanvaihtolaitteiden sijoittaminen
  - o Palautus, siirto- ja kiertoilma
  - o Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys, paineet ja puhtaus
- Ilmanvaihtojärjestelmän toimintakunnon varmistaminen ja käyttöönotto
- Ilmavirtojen, -liikkeen ja äänitason ohjearvot

### 3.3.1.1 Sisäilman lämpötilat

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti.” (Srmk D2 2012, 5.)

Rakennuksen oleskeluvyöhykkeen lämpötilan suunnitteluarvona lämmityskaudella käytetään yleensä +21°C, kun taas kesäkaudella suunnitteluarvona käytetään yleensä +23°C. Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan hyväksyttävä poikkeama lämmityskaudella on ±1°C, joka on huonetilan keskellä 1,1 metrin korkeudella. (Srmk D2 2012, 6.)

Perustellusta syystä huonelämpötila voidaan suunnitella ohjearvosta poikkeavaksi. Taulukossa 2 on esitetty poikkeavia ohjearvoja, joita käytetään huonelämpötilan suunnittelussa.



## TAULUKKO 2. Poikkeavat huonelämpötilat (Srmk D2, 6.)

Tila	Huonelämpötila °C
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymäla	18
– myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

Kuitenkaan rakennuksen käyttöaikana oleskeluvyöhykkeen lämpötila ei saa yleensä olla yli 25°C. Ulkoilman lämpötilan viiden tunnin enimmäisjakson keskiarvon ollessa yli 20°C voi huonetilan lämpötila ylittää tämän arvon korkeintaan 5°C. (Srmk D2 2012, 6.)

### 3.3.1.2 Ilmanvaihdon asetteluarvot

Huonetiloissa ja oleskeluvyöhykkeillä tulee olla käyttöaikana riittävä ilmanvaihto, jolla saadaan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmanlaatu. (Srmk D2 2012, 7).

Ulkoilmavirta suunnitellaan ensisijaisesti henkilömäärän mukaan. Jos tälle mitoitukselle ei ole riittäviä perusteita, määräytyvät ilmavirrat pinta-aloihin perustuvan mitoituksen mukaan. Kuitenkin ulkoilmavirta tulee olla vähintään:

- Asuinrakennuksessa 0,35 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,5 1/h huoneessa, jonka vapaa korkeus 2,5m.
- Muussa kuin asuin rakennuksessa 0,15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,2 1/h huoneessa, jonka vapaa korkeus 2,5m. (Srmk D2 2012, 10.)

Ilmanvaihtojärjestelmä on toteutettava siten, että ilmavirtoja voidaan ohjata kuormituksen ja ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty muiden kuin asuinrakennusten suunnittelu ilmavirtoja D2:n mukaan.

Taulukossa 3 on esitetty oppilaitosten yleisilmanvaihdon ilmavirtojen mitoitusilmavirrat sekä taulukossa 4 toimistorakennusten mitoitusilmavirrat. Taulukoiden ilmavirtoja käytetään kun mitoitetaan ilmanvaihtoa vähimmäisvaatimusten tasolle

**TAULUKKO 3. Oppilaitosten ilmapvirrat (Srmk D2, 26.)**

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Opetustilat	6	3		<b>33 / 38 *</b>	0,20 / 0,30	#4, *C1 ohje
Käytävät / Aulat		4		38 / 43		#2
Liikuntasali:						#3
– liikuntasalikäyttö		2		38 / 43	0,30	
– juhlasalikäyttö		6		33 / 38	0,25	
Luentosali	8	6		33 / 38	0,20 / 0,30	#4
Ryhmätyötila	8	4		33 / 38	0,20 / 0,30	#4
Ruokala	6	5		33 / 38	0,25	
Varastot			0,35			#S
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilmanopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#3	Sisäilmasto ja ilmanvaihto mitoitetaan vaatimman käytön mukaisesti, oltava ohjattavissa tarpeen mukaan eri käyttötilanteisiin.					
#4	Tilan ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.					
#S	Voi käyttää siirtoilmaa					

**TAULUKKO 4. Toimistorakennusten ilmapvirrat (Srmk D2, 26.)**

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Toimistohuone ja vastaavat tilat		1,5		<b>33 / 38 *</b>	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Neuvotteluhuone	8	4		33 / 38	0,20 / 0,30	#3
Asiakastila		2		38 / 43	0,30 / 0,40	#2,
Käytävätila		0,5		38 / 43	0,30	#2,
Kahvio, taukotila		5		38 / 43	0,25	
Arkisto, varasto			0,35			
Tupakointitila:						
– rakennuksen käyttöaikana			20	38 / 43	0,30	#4
– rakennuksen käyttöajan ulkopuolella			10			#4
Kopiointihuone		1	4			
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#3	Jos rakennuksessa on kolme tai useampia neuvotteluhuoneita, on niiden ilmanvaihto oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.					
#4	Tupakointitilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.					

Taulukossa 5 on esitetty muiden kuin asuinrakennusten hygieniatilojen poistoilmanvaihdon mitoitustilavirrat. Ilmavirtoja käytetään esimerkiksi kun mitoitetaan koulurakennusten, toimistorakennusten, päiväkotien, teatterien ja muiden julkisten rakennusten hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa.

**TAULUKKO 5. Muiden kuin asuntojen hygienia-tilat sekä muut tilat (Srmk D2, 31.)**

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
WC:t						
- työpaikkatiloihin tai vastaaviin liittyvät			20 / paikka	38 / 43		#S
- yleisön käyttämiin tiloihin liittyvät			30 / paikka	38 / 43		#S
Pesuhuone		3	5,	38 / 43	0,20	#S
Pukuhuone		5	4/kaappi	38 / 43	0,20	#S
Saunan löylyhuone		1	2	38 / 43		#S
Siivoustilat			4			#S
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38 / 43		#1
Hissikuilu	4		8			
Hissikonehuone			17			#2
#1 Ilmanvaihtokerroin						
#2 Tarkistetaan lämpökuorman perusteella. Konehuoneen enimmäislämpötila on 35 °C.						
#S Siirtoilmavirta						

### 3.3.1.3 Sisäilman laatu

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja” (Srmk D2, 7).

Hiilidioksidin pitoisuus sisäilmassa tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käytön aikana on yleensä enintään 2160 mg/m<sup>3</sup>, joka vastaa suhteellisen suhdeyksikön ppm (parts per million) lukemaa 1200 ppm (Srmk D2, 7).

Taulukossa 6 on esitetty sisäilmanlaadun suunnittelussa käytettäviä epäpuhtauspitoisuusarvoja. Ohjearvot koskevat kuusi kuukautta käytössä ollutta rakennusta ja jonka ilmanvaihto on pidetty jatkuvasti toiminnassa käyttöajan ilmanvaihdon ilmavirroilla. Epäpuhtauspitoisuuksien mittauksessa käytetään sosiaali- ja terveysministeriön ohjeessa esitettyjä menetelmiä.

**TAULUKKO 6. Sisäilma epäpuhtauksien pitoisuuden suunnitteluarvoja (Srmk D2, 7.)**

<i>Epäpuhtaus</i>	<b>Yksikkö</b>	<b>Suunnittelun ohjearvo, Pitoisuus enintään</b>
<i>Ammoniakki ja amiinit</i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20
<i>Asbesti</i>	kuitua/ $\text{m}^3$	0
<i>Formaldehydi</i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50
<i>Hiilimonoksidi</i>	$\text{mg}/\text{m}^3$	8
<i>Hiukkaset <math>\text{PM}_{10}</math></i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50
<i>Radon</i>	$\text{Bg}/\text{m}^3$	200 (vuosikeskiarvo)
<i>Styreeni</i>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1

Rakennuksen suunnittelu ja rakennusvaiheessa on huomioitava, että kosteus pysyy käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa myös käyttöaikana.

Rakennuksen sisäilma kosteus ei saa olla jatkuvasti liian korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin, niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään aiheuttaen kosteusvaurioita tai mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa.

### **3.3.2 Sisäilmastoluokitus**

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 annettuja arvoja pidetään sisäilmaston ja ilmanvaihdon vähimmäisvaatimuksina. Suunniteltaessa ja toteuttaessa voidaan myös soveltaa Sisäilmastoluokitus 2008 -ohjeita, kun halutaan vähimmäisvaatimuksia paremmat sisäilmasto ja ilmanvaihdolliset olosuhteet rakennukseen. (Sisäilmastoluokitus 2008.)

Sisäilmastoluokituksessa on esitetty kolme sisäilmastoluokkaa: S1, S2 ja S3. Jokaisessa luokassa on esitetty suunnittelu- ja tavoitearvot, joiden tulee täytyä sisäilmastoluokituksen päästökseen. Sisäilmastoluokka S3 on sama kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 vähimmäisvaatimus. Saneerausrakentamisessa luokitusta voidaan käyttää soveltuvien osin, sekä muutenkaan luokitusta ei voida pitää lopullisina määräyksinä rakentamisessa. (Sisäilmastoluokitus 2008, 3.)

Sisäilmastoluokkien tarkoituksena on antaa käyttäjille viihtyisämpi ja yksilöllisempi sisäilmasto. Suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon sisäilmastoluokitus ja niiden puitteissa suunnitellaan rakennuksen sisäilmasto-olosuhteet käyttäjien vaatimusten/halujen mukaisesti. (Sisäilmastoluokitus 2008, 3.)

Sisäilmastoluokituksessa on esitetty mm. ilman laadun tavoitearvoja (Taulukko 8) ja ilmavirtojen tavoitearvoja (Taulukko 7) sisäilmastoluokakohtaisesti.

**TAULUKKO 7. Ilmavirtojen tavoitearvot (SL2008, 14.)**

	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka/D2	
		dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö
Toimitila, normaali tilatehokkuus	12	16	1,5	13	1,5		1,5
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	14	2,0	11	1,5		1,5
Neuvotteluhuone	3	12	4,0	9	4,0	8	4,0
Taukotila, kahvio	1,5	11	7,0	8	5,0		5,0
Hotellihuone	10	15	1,5	12	1,0	10	1,0
Käytävä ja porrashuone			1		0,5		0,5
Hissikoulu			8		8		8
Luokahuone	2	11	5,5	8	4,0	6	3,0
Luentosali	1	11	10,5	8	7,5	6	6,0
Käytävä, aula koulussa	2	11	5,5	8	4,0		4,0
Aula	6	13	2,0	10	2,0		2,0
Päiväkoti	3	12	4,0	9	2,5	6	2,5
Päiväkodin märkäeteinen (poisto)			5		5		5
Ruokala ja kahvila	2	11	6...8	8	5...6	6	5,0
Kuumennus- ja jakelukeittiö <sup>1)</sup>			10		10		10
Valmistuskeittiö <sup>1)</sup>			15...40		15...40		15
Astianpesuhuone <sup>1)</sup>			12...20		10...15		
Liiketila <sup>1)</sup>	6	13	2,5	10	2,0		2,0
Näyttelytila			4		4		4
Kirjasto			3		2	8	2
Salit (konsertti, teatteri, elokuva, koulun sali)		10		8		8	
Lämpö			5		5	0	5
Kuntosali			6,0		6,0		6,0
Liikuntasali			5,5		4,0		4,0
Liikunta- ja uimahalli, urheilijat			2,5		2		2
Liikunta- ja uimahalli, katsojat		10		8		8	
Lääkäriasema			3...4		2...3		
Sairaala (ei koske erikoistiloja) <sup>2)</sup>			3...6		2...3		
Potilashuone		15	2,0	15	1,5	10	1,5
Leikkaussali <sup>1)</sup>			15...20		15...20		
Laboratorio <sup>1)</sup>			2...5		2...5		
Varasto, artkisto (poisto)			0,5		0,5		0,5
Kopiointi-, tulostushuone (poisto)			4		4		4
Työtilojen WC (poisto)		20		20		20	
Pesuhuone (poisto)			5		5		5
Pukuhuone			5		5		5
Löylyhuone			3		2		2
Siivoustila (poisto)			4		4		4

<sup>1)</sup> Prosessien aiheuttama ilmanvaihdon tarve tai yllämmön poistaminen tulee suunnitella tapauskohtaisesti.

<sup>2)</sup> Sairaalatiilojen sisäilmaston suunnittelusta ja ilmavirroista on tietoja raportissa *Sairaalailmanvaihdon suunnitteluohjeita* (Ryyndänen 2007).

**TAULUKKO 8. Ilman laadun tavoitearvot (SL2008, 6.)**

	S1	S2	S3
<i>Hiilidioksidipitoisuus (ppm)</i>	<750	<900	<1200
<i>Radonpitoisuus (Bg/m<sup>3</sup>)</i>	<100	<100	<200
<i>Olosuhteiden pysyvyys (% käyttöajasta)</i>			
- <i>Toimi- ja opetustilat</i>	95 %	90 %	
- <i>Asunnot</i>	90 %	80 %	

### 3.3.3 Asumisterveysopas

Asumisterveysopas 2009 (STM 2003) on opaskirja, jossa esitetään asuntoihin, asumiseen ja sisäilmaan liittyviä ongelmia ja niiden ratkaisumalleja. Asumisterveysopas on sosiaali- ja terveysministeriön tekemä julkaisu, joka on asumisterveysohjeen soveltamisopas. Opas on tehty terveydensuojelulain mukaan, jotta tilat olisivat käyttäjälle terveelliset ja viihtyisät. (Asumisterveysopas 2003, 4.)

Asumisterveysoppaassa on esitetty

- Ohjeet
- Tutkimustavat
- Mittausmenetelmät
- Tulosten luotettavuuden arviointiin ja tulkintaan tarvittavat tiedot ja ohjeet

Opas on tarkoitettu muun muassa seuraavien ammattialojen käyttöön: terveydensuojeluviranomaiset, rakennustarkastajat, rakennusterveysasiantuntijat, laadunvalvojat, isännöitsijät, sisäilmakonsultit, kuntotarkastajat ja muut monipuolisesti kiinteistö- ja asumisterveysalalla toimivat. (Asumisterveysopas 2003, 3.)

Oppaassa on esitetty ohjeellisia paine-eroja asuinrakennuksiin eri ilmanvaihtojärjestelmillä, jotka on kuvattu taulukossa 9 (Miinusmerkki paine-erossa tarkoittaa, että ilmanpaine sisällä on pienempi kuin ulkona). Painovoimaisessa ilmanvaihdossa on huomattava, että rakennuksessa ei kesällä ole suurta alipaineisuutta johtuen pienestä lämpötilaerosta ja talvella alipainetta aiheutuu enemmän lämpötilaeron ollessa suuri.

**TAULUKKO 9. Tavoitteelliset asuinrakennuksen paine-erot (Asumisterveysopas 2009, 64.)**

<i>Ilmanvaihtotapa</i>	<b>paine-ero</b>	<b>Huomautuksia</b>
<i>Painovoimainen ilmanvaihto</i>	0...-5 Pa ulkoilmaan (talvella) 0...5 Pa ulkoilmaan (kesällä) ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat voimakkaasti sään mukaan
<i>Koneellinen poistoilmavaihto</i>	-5...-20 Pa ulkoilmaan 0...-5 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan
<i>Koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto</i>	0...-2 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	paine-erot vaihtelevat sään mukaan

### 3.4 Rakennuksen painesuhteet ulkovaipan yli

Rakennuksen painesuhteisiin on monta vaikuttavaa tekijää, kuten sisä- ja ulkolämpötila, tuuli, ilmanvaihto sekä rakennuksen tiiviys. Rakennuksen painesuhteet jaetaan sisäisiin painesuhteisiin ja vaipan yli oleviin painesuhteisiin. Rakennuksen painesuhde vaipan yli tulisi olla hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden, eli tällöin rakennuksen sisäilma ja siinä oleva kosteus ei siirry ilmapvirtausten mukana rakenteisiin päin. Sisäiset painesuhteet tulisi olla siten, että ilma siirtyy puhtaista tiloista ”likaisiin” tiloihin päin. Kuitenkaan rakennus ei saa olla enempää kuin 30 Pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden. (Srmk D2, 19.)

Rakennuksen painesuhteisiin vaipan yli vaikuttaa kolme tekijää, joista muodostuu joko yksittäin tai yhteisvaikutuksena painesuhde ulkovaipan yli. Tähän vaikuttavat:

- Ilmanvaihto
- Ilman lämpötilaerot (savupiippuvaikutus)
- Tuuli

Kuitenkin on muistettava, että muille kuin asuinrakennuksille ei ole annettu painesuhteisiin liittyviä virallisia suosituksia. Kuitenkin, jos rakennuksessa on poistoilmavaihto, tulisi paine-eron keskimäärin olla -2...-5 Pa alipaineinen ulkoilmaan nähden. (Asiakainen 2015.)



### 3.4.1 Ilmanvaihdon vaikutus

Ilmanvaihdon aiheuttama paine-ero riippuu ilmanvaihtojärjestelmästä. Painovoimainen ilmanvaihto on eniten ”riippuvainen” sisä- ja ulkoilman välillä olevasta lämpötilaerosta. Kesäaikaan kun ulkolämpötila on lähellä sisälämpötilaa, ei ilmanvaihto toimi lainkaan ja taas talviaikaan, kun lämpötilaero on suuri, toimii ilmanvaihto tehokkaasti. (Sisä-ilmayhdistys ry. 2015.)

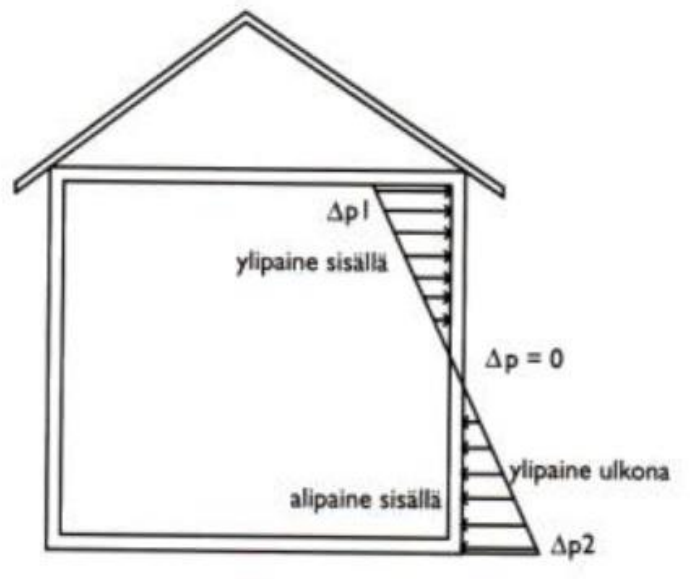
Koneellisissa ilmanvaihtojärjestelmissä painesuhteet riippuvat pitkälti ilmanvaihtolaitteiden tehokkuudesta ja säädöstä sekä korvausilman saannista (koneellinen poistoilmanvaihto). Lisäksi tähän vaikuttavia tekijöitä on rakennuksen tiiviys sekä tulo- ja poistoilmaventtiilien määrä ja sijoittelu. Kuitenkin koneellinen poistoilmanvaihto aiheuttaa suuremman paine-eron vaipan yli kuin koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tämä johtuu siitä, että koneellisessa poistoilmanvaihdossa on korvausilma rakennukseen hankalammin johdettavissa kuin koneellisessa tulo ja poistoilmanvaihdossa. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)

### 3.4.2 Lämpötilan (tiheyserojen) vaikutus

Lämpötilaerosta aiheutuvaa paine-eroa kutsutaan myös termiseksi paine-eroksi. Lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä aiheuttaa rakennukseen paine-eron, joka muuttuu pystysuuntaisesti. Paine-ero muodostuu ilman lämpötilaeron muodostamasta ilman tiheyseroista. Lämpötilan aiheuttamaa paine-eroa kutsutaan savupiippuvaikutukseksi. Näin ollen jos ulkolämpötila on alhaisempi kuin sisälämpötila, rakennuksen alaosaan muodostuu alipaine ja yläosaan vastaavasti ylipaine. (Seppänen 2010, 13.)

Kuvassa 6 näkyvää painejakauman neutraaliakselin ( $\Delta p=0$ ) korkeusasemaa on vaikea määrittää tarkasti. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa vaipan epätiiviyyskohdat ja niiden virtausvastukset, jotka vaihtelevat satunnaisesti rakennuksessa. Lämpötilaeron sisä- ja ulkoilman välillä ollessa 20 °C nousee ylipaine neutraaliakselilta ( $\Delta p=0$ ) ylöspäin noin 0,9 Pa/metri. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)





**KUVA 6. Lämpötilaeroista aiheutuva tasatiiviiseen rakennukseen kohdistuva painejakauma (Sisäilmäyhdistys ry. 2015.)**

Terminen paine-ero voidaan laskea kaavan 1 avulla kun tiedossa on sisä- ja ulkolämpötila sekä neutraaliakselin paikka (Leivo 2003, 10).

$$\Delta p = -\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot \frac{T_s - T_u}{T_u} \quad (1)$$

jossa  $\Delta p$  on paine-ero, Pa

$g$  gravitaatiovakio, (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$\Delta h$  etäisyys neutraaliakselista, (normaalisti neutraaliakselin paikka on 0,3...0,7 \* rakennuksen korkeus)

$T_s$  sisälämpötila

$T_u$  ulkolämpötila

Jos on tiedossa paine jossakin pisteessä ja siinä vaikuttava sisä- ja ulkolämpötila, voidaan määrittellä neutraaliakselin paikka ratkaisemalla  $\Delta h$  kaavasta 1 (Leivo 2003, 10).

### 3.4.3 Tuulen vaikutus

Tuulen vaikutusta rakennuksen paine-eroon on vaikea arvioida sen vaihtelevuuden vuoksi. Kuitenkin tuulen aiheuttama paine riippuu tuulen nopeudesta ja suunnasta. Pintoihin, joihin tuuli vaikuttaa suoraan aiheutuu ylipainetta ja muihin osiin taas ali-

painetta. Lisäksi rakennuksen sisälle tuulen vaikuttamalle seinälle aiheutuu alipainetta ja suojan puoleisille osille ylipainetta tuulen suuntaan nähden. (Sisäilmäyhdistys ry. 2015.)

Tuulen aiheuttamaa paine-eroa voidaan laskea kaavasta 2 (Leivo 2003, 8.)

$$\Delta P = C_p \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2)$$

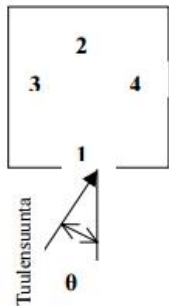
jossa  $\Delta P$  on paine-ero, Pa

$C_p$  tuulenpainekerroin, normaalisti tuulenpuolella 0,5...0,8 ja vastakkaisella puolella -0,3...0,4 (Leivo 2003, Kuva 7)

$\rho$  ilmantiheys, (1,2 kg/m<sup>3</sup>)

$v$  tuulen nopeus, m/s

Seinä	Tuulen suuntakulma=0 °	Tuulen suuntakulma=45 °
Seinä 1	+0,4	+0,1
Seinä 2	-0,2	-0,35
Seinä 3	-0,3	+0,1
Seinä 4	-0,2	-0,35
Katto, kaltevuus alle 10°		
	Tuulen suuntakulma=0 °	Tuulen suuntakulma=45 °
Etuosa	-0,6	-0,5
Takaosa	-0,6	-0,5
Katto, kaltevuus 10...30°		
	Tuulen suuntakulma=0 °	Tuulen suuntakulma=45 °
Etuosa	-0,35	-0,45
Takaosa	-0,35	-0,45
Katto, kaltevuus yli 30°		
	Tuulen suuntakulma=0 °	Tuulen suuntakulma=45 °
Etuosa	+0,3	-0,5
Takaosa	-0,5	-0,5

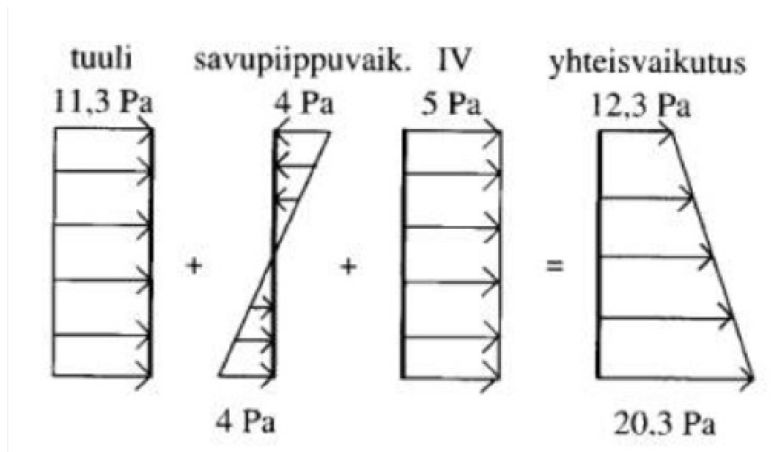


**KUVA 7. Kerroin  $C_p$  laskettaessa tuulen vaikutusta rakennuksen painesuhteisiin (Leivo 2003, 9.)**

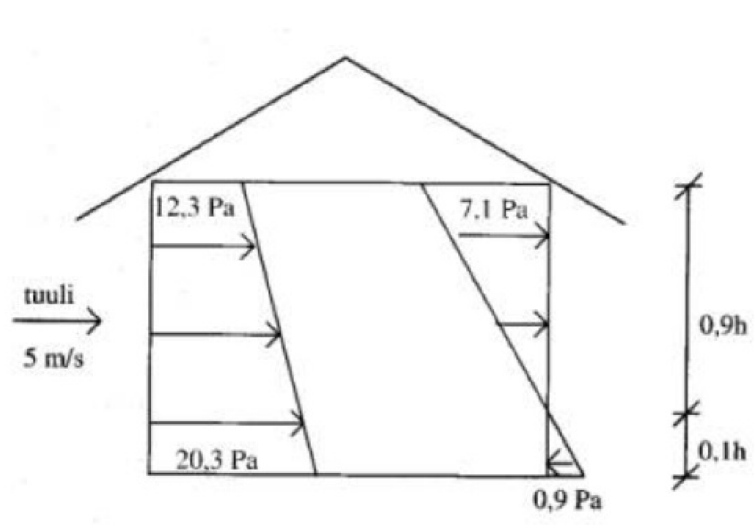
### 3.4.4 Yhteisvaikutus

Rakennuksen painesuhteet määräytyvät kuitenkin yhteisvaikutuksesta, joka sisältää ilmanvaihdon, lämpötilaeron ja tuulen vaikutukset. Painesuhteet vaihtelevat joskus voimakkaasti ja nopeasti johtuen tuulen ja ilmanvaihtolaitteiston toiminnasta. Kuitenkin tyypillinen vaihtelu aika on vuorokauden- ja vuodenaikojen välillä. Suurin painesuhteiden muutos tapahtuu ns. savupiippuvaikutuksesta, jonka toimintaa esiintyy painovoimaisessa ilmanvaihdossa. (Sisäilmäyhdistys ry. 2015.)

Kokonaispainere saadaan laskettua, kun tiedetään eri vaikutuksista aiheutuvat painerot. Kuvassa 8 on esitetty, kuinka osapainereista saadaan laskettua yhteisvaikutus, joka rakennukseen aiheutuu. Lisäksi kuvassa 9 on kuvattu yhteisvaikutuksesta rakennukseen aiheutunut painere. (Sisäilmäyhdistys ry. 2015.)



**KUVA 8.** Tuulen, savupiippuvaikutuksen ja ilmanvaihdon yhteisvaikutus tuulen puoleiseen ulkoseinään kohdistuvaan paineeseen. (Sisäilmäyhdistys ry. 2015.)



**KUVA 9.** Rakennuksen tuulen- ja suojanpuoleisiin seiniin tuulesta, savupiippuvaikutuksesta ja ilmanvaihdosta kohdistuvat painejakaumat (Sisäilmäyhdistys ry. 2015.)

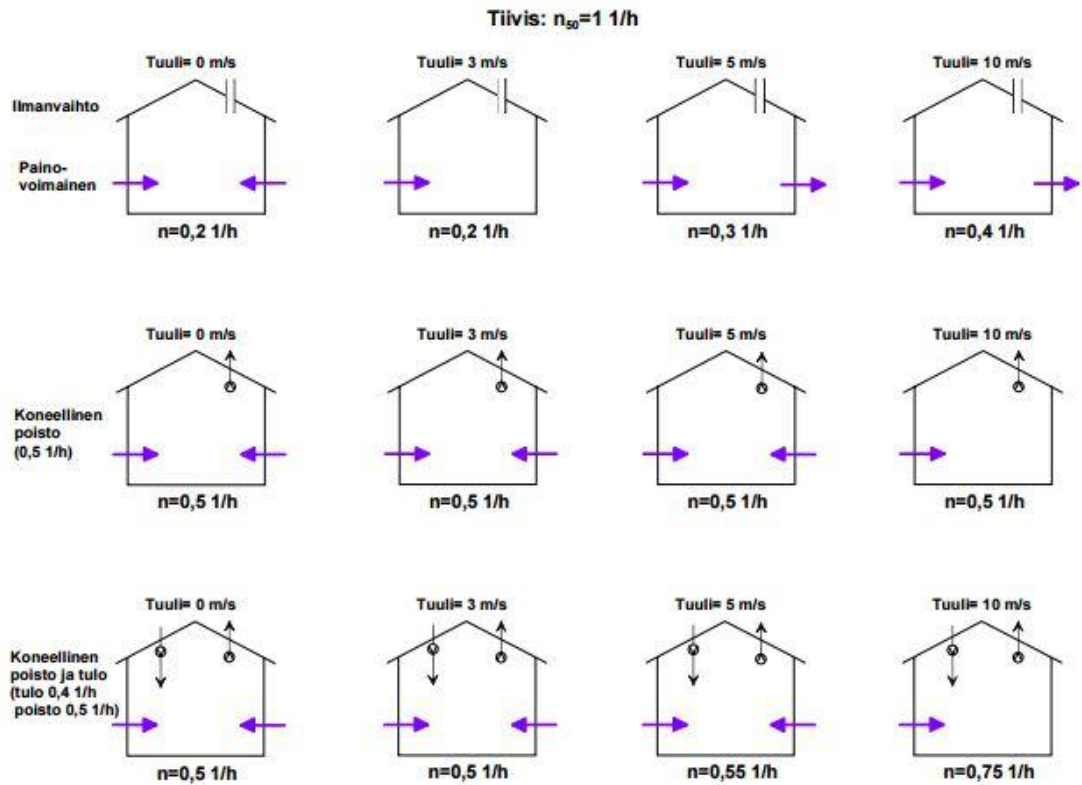
### **3.5 Rakennuksen tiiviys**

#### **3.5.1 Rakennuksen tiiviuden määrittäminen**

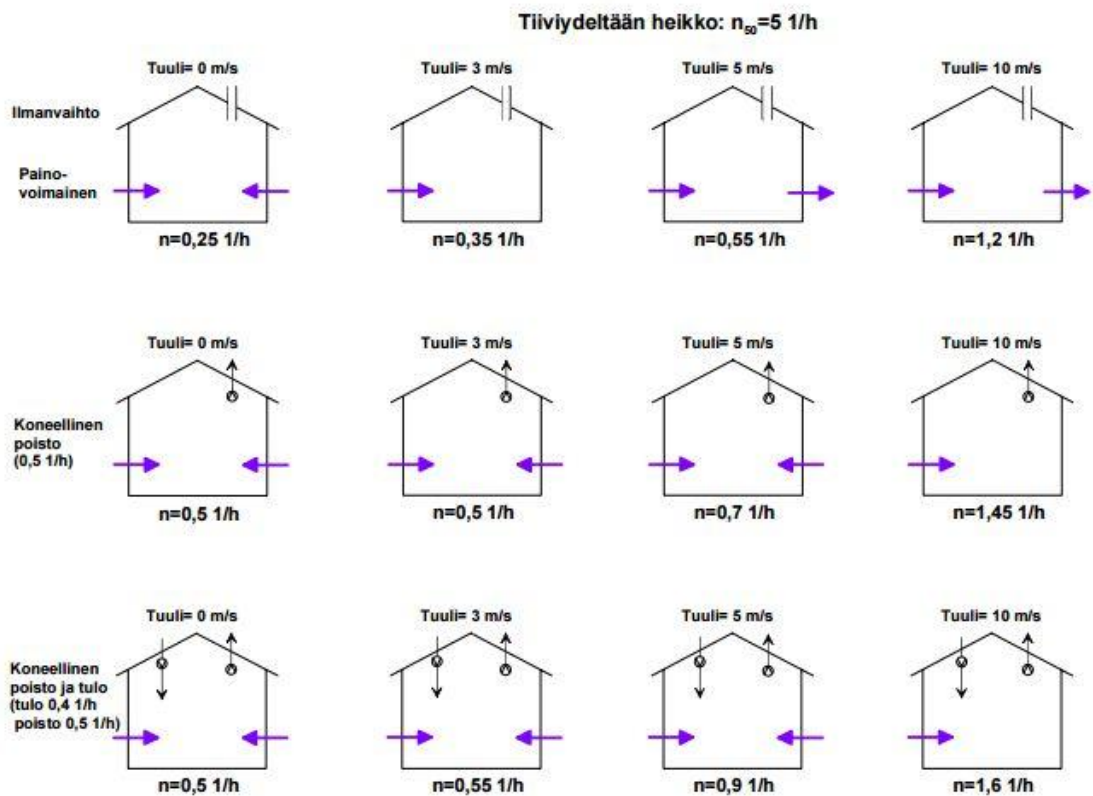
”Rakennuksen ilmatiiviyttä kuvataan yleisesti vuotoluvulla. Vuotoluku saadaan painekokeella, jossa rakennukseen aikaansaadaan 50 Pa:n ali- (tai ylipaine) ja mitataan vaipan läpi poistuvan (tai tulevan) ilmavirran suuruus”. Rakennuksen vuotoluku  $n_{50}$  tarkoittaa että ilmavirta on esitettyä ilmanvaihtuvuutena, tilavuutta tunnissa (1/h). (Leivo 2003, 12.)

#### **3.5.2 Rakennuksen tiiviys ja ilmanvaihto**

Liika epätiiviyys rakennuksessa lisää rakenteiden läpi tapahtuvaa hallitsematonta ilmanvaihtoa, joka tapahtuu suunnitellun ilmanvaihdon lisäksi. Näin ollen tapahtuu vuotoilmanvaihtoa. ”VTT:n julkaisemassa oppaassa ”rakennusten tiiviuden ja ilmanvaihdon laskentamalli”, Saarnio, 1983 on selvitetty kuinka tuuli vaikuttaa rakennuksen kokonaisilmanvaihtuvuuteen. Selvityksessä on luotu laskentamalli, jolla asiaa voidaan tarkastella. Mallissa tarkastellaan tuulen vaikutusta rakennuksissa erilaisilla ilmanvaihtojärjestelmillä toteutettuna. Tarkastelua tehdään tiiviissä ( $n_{50}=1$ , kuva 10) sekä tiiviydeltään heikoissa ( $n_{50}=5$ , kuva 11) rakennuksissa. Oletuksena laskelmissa on käytetty, että rakennuksen ilmapuodoista 70 % olisi jakaantunut tasaisesti tuulen- sekä suojanpuoleisille seinille. (Leivo, 2003, 13.)

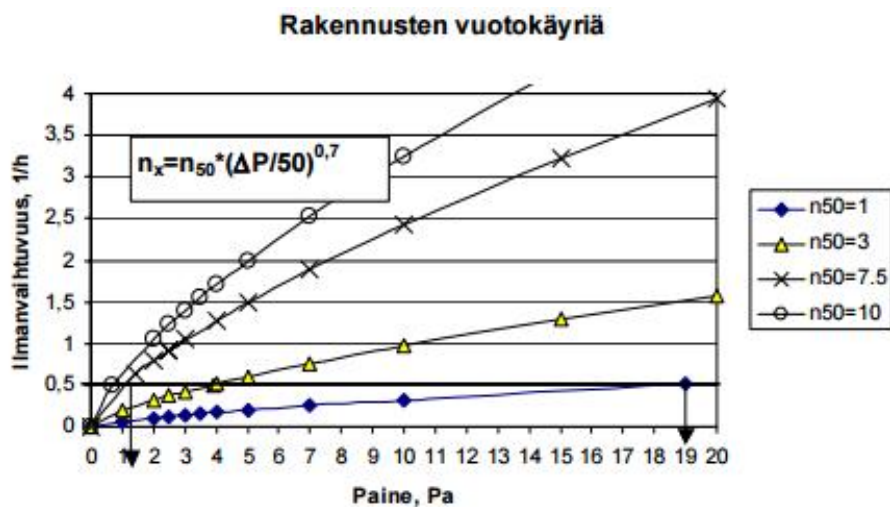


**KUVA 10.** Tiiviissä rakennuksessa tuulen vaikutus kokonaisilmanvaihtuvuuteen eri ilmanvaihtojärjestelmillä (Leivo 2003, 13.)



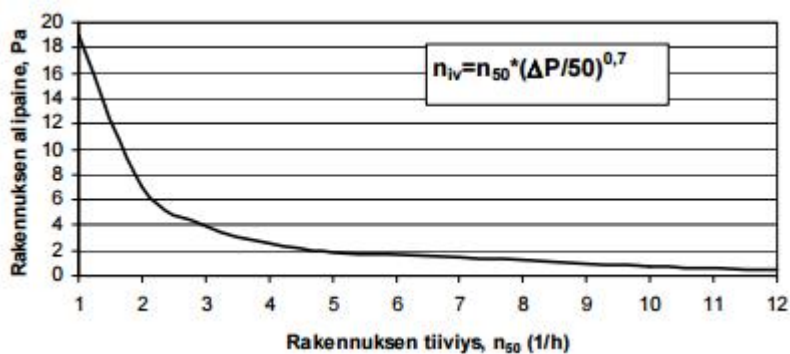
**KUVA 11.** Tiivydeltään heikossa rakennuksessa tuulen vaikutus kokonaisilmanvaihtuvuuteen eri ilmanvaihtojärjestelmillä (Leivo 2003, 14.)

Jos rakennuksessa olevan koneellisen poistoilmanvaihdon korvausilma vuotaa rakennuksenvaipan epätiiviyksien läpi, vaikuttaa rakennuksen tiiviys ratkaisevasti ilmanvaihdon aikaansaamiin paineoloihin. ”Tarkastellaan neljää tiiviydeltään erilaista rakennusta, joiden vuotoilmakäyrät näkyvät kuvassa 12. Kuvasta voidaan todeta, että ilmanvaihdon perusarvo 0,5 l/h aikaan saadaan tiiviydeltään heikossa ( $n_{50}=10$ ) rakennuksessa jo alle yhden Pa alipaineella, kun tiiviydeltään hyvässä ( $n_{50}=1$ ) rakennuksessa tarvittava alipaine on 19 Pa”. (Leivo 2003, 14.)



**KUVA 12. Eri tiiviydsluokkaisten rakennusten vuotokäyrät (Leivo 2003, 14.)**

On mahdollista määrittellä millainen alipaine rakennukseen halutaan aikaansaada, jos ilmanvaihtuvuutena halutaan pitää 0,5 l/h. Tiiviydeltään erilaisiin rakennuksiin aikaansaattava alipaine vaihtelee kuvan 13 mukaisesti. (Leivo 2003, 15.)



**KUVA 13. Tarvittava alipaine ilmanvaihdon (0,5 l/h) saavuttamiseksi eri rakennus tiiviyksillä (Leivo 2003, 15.)**

### 3.5.3 Rakennuksen tiiviys ja vuotoilmanvaihtuvuus

Olemassa on erilaisia laskenta- ja tietokonemalleja vuotoilmanvaihtuvuuden määrittämiseksi rakennuksessa. Nämä ohjelmat toimivat tiiviyn, tuulen- ja termisten olosuhteiden perusteella. Kuitenkin rakennuksen keskimääräinen vuotoilmanvaihtuvuus ja lämmitysenergian tarve nousevat ilmanvuotoluvun kasvaessa ja tämä voidaan todeta erilaisten stimulointitulosten avulla. Yleensä vuotoilmanvaihtuvuuden kasvaessa myös rakennuksen tiiviys heikkenee, koska vuotoilmanvaihtoa tapahtuu hallitsemattomasti rakenteiden lävitse. Pääsääntöisesti mallit käyttävät laskennan lähtöarvoissa rakennuksen painekokeessa saatua vuotopinta-alaa ns. tehokasta vuotopinta-alaa (ELA=Equivalent Leakege Area). Painekokeessa saatu vuotopinta-ala ilmaisee, kuinka suuri aukko (m<sup>2</sup>) vastaa vuotoilman vuotoa. (Leivo 2003, 15.)

### 3.5.4 Rakennuksen yläpohjan tiiviyn vaikutus

Hyvä ratkaisu vähentämään rakennuksen vaipan kokonaisvuotoja on parantaa yläpohjan tiiviyttä. Tiiviyn parantaminen vaikuttaa muun muassa rakennuksen ilmanvuotovuotolukuun pienentäen sitä sekä muuttaen syntyviä paineoloja. (Leivo 2003, 20.)

Rakennuksen yläpohjan tiiviyn parantamisen myötä tapahtunutta kokonaistiiviyn muutosta voidaan tarkastella seuraavan esimerkin avulla. (Leivo 2003, 20.)

**Esimerkki.** Rakennuksen koko 10x10x3 m, n<sub>50</sub>- luku alkutilanteessa 7 l/h, alapohja täysin tiivis, seinät ja yläpohja yhtä läpäiseviä. Rakennuksen yläpohjan pinta-ala 100 m<sup>2</sup>, seinien 120 m<sup>2</sup> ja tilavuus 300 m<sup>3</sup>. (Leivo 2003, 20.)

Alkutilanne

$$n_{50} = 7 \text{ l/h}$$

$$V_{\text{vuoto}} = 300 \times 7 = 2100 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (50 Pa painessa)}$$

$$V_{\text{vuoto\_seinät}} = (120 \text{ m}^2/220 \text{ m}^2) \times 2100 \text{ m}^3/\text{h} = 1145 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{vuoto\_yläpohja}} = (100 \text{ m}^2/220 \text{ m}^2) \times 2100 \text{ m}^3/\text{h} = 955 \text{ m}^3/\text{h}$$

Yläpohja täysin tiivis

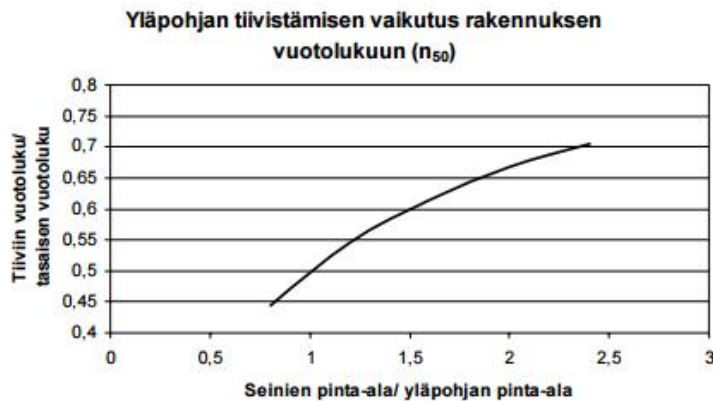
$$V_{\text{vuoto\_seinät}} = (120 \text{ m}^2/220 \text{ m}^2) \times 2100 = 1145 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{vuoto\_yläpohja}} = 0$$

$$n_{50} = 1\,145 \text{ m}^3/\text{h} / 300 \text{ m}^3 = 3,8 \text{ 1/h}$$

$$\text{Vuotoluku (tiivis yläpohja)}/\text{vuotoluku (tasainen vaipan tiiviy)} = 3,8 \text{ 1/h}/71 \text{ 1/h} = 0,54$$

Kuvassa 14 on havainnollistettu, kuinka rakennuksen kokonaistiiveys paranee yläpohjan tiivyyden parantamisen jälkeen. Kokonaistiiveyteen vaikuttaa seinien ja yläpohjan pinta-alojen suhde, joka vaihtelee 0,8...2,4 välillä. Kuvassa on tiivis yläpohjainen rakennus, jonka ilmanvuotoluku on 44...71 %. (Leivo 2003, 20.)

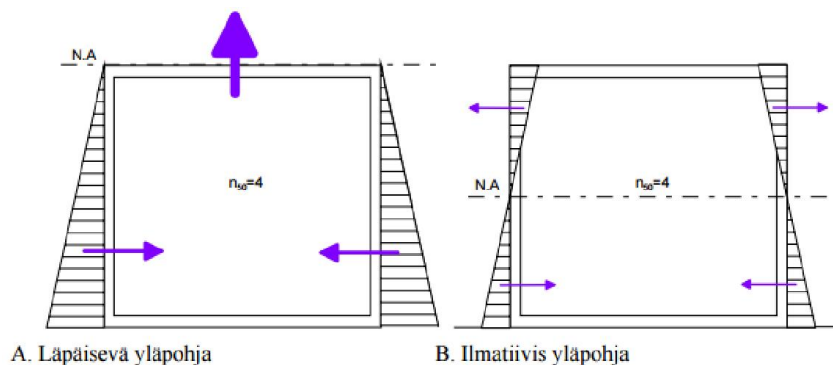


**KUVA 14. Vuotoilmaluvun muutos yläpohjan tiivistämisen jälkeen (Leivo 2003, 20.)**

Teoreettisesti tarkasteltuna kaksi erilaista rakennusta:

- A. Yläpohja erittäin ilmaa läpäisevä
- B. Yläpohja erittäin ilmatiivis.

Molemmissa tapauksissa alapohja on täysin tiivis (oletus). Ensimmäisessä tapauksessa neutraaliakseli on yläpohjan tasolla eli koko muu vaippa on alipaineinen. Tällöin ilmavirrat ovat tasapainossa. Toisessa tapauksessa neutraaliakseli on seinien puolivälissä eli tällöin ilmavirtausta ei yläpohjan kautta tapahdu ja ilmavirrat seinissä tasapainottuvat. Kuvassa 15 olevissa rakennuksissa ilmavuotojen summa ei ole samanlainen, mutta kokonaistiiveys eli vuotoluku  $n_{50}$  on samanlainen. (Leivo 2003, 21.)





### **KUVA 15. Teoreettisesti eri yläpohjan tiiviyksillä rakennukseen muodostuvat painejakaumat (Leivo 2003, 21.)**

Sisäilman kosteuden siirtymisen kannalta kaikki ilmavuodot ovat ongelmallisia, mutta kuitenkin kuvassa 15 esitetty vaihtoehto A on yhtä huonompi. Yläpohjaan siirtyvä kosteus aiheuttaa vaurioita muun muassa eristykseen. Lisäksi yläpohjaan aiheutuu lisää kosteusrasitusta, mikäli lämmin sisäilma siirtyy yläpohjaan kondensoiden kosteutta kattorakenteeseen. Sisäilman kosteus ei saisi siirtyä rakenteisiin päin. Epätiivissä rakenteessa kosteus aiheuttaa kosteusongelmia, jonka rakennuksen käyttöikä lyhenee ja sisäilmanlaatu muuttuu huonommaksi. Kaikki rakennuksen havaitut ilmavuodot tulisi estää ongelmien syntymisen vuoksi. (Vinha, 2012.)

## **3.6 Rakennuksen alapohja**

Rakennuksen alapohjalla tarkoitetaan rakennuksen lattiaa. Yleisin tapa tehdä lattiarakennetta on tehdä se maata vasten rajoittuvaksi. Toisena vaihtoehtona on tehdä ryömintätilainen lattiarakenne, jolloin lattian alla on vähintään 0,8 metriä korkea tuuletettu tila. Lattian suhteesta maanpintaan on määräyksiä ja ohjeita Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa G 1, asuntosuunnittelu. (Srmk C2, 7.)

Lattiarakenteita on erilaisia, ja niiden käytöstä päätetään aina tapauskohtaisesti, kun suunnitelmia tehdään. Oikeaa ratkaisua lattiarakenteen valintaa ei ole, siihen on monia vaikuttavia tekijöitä, kuten maaperä, sijainti, fysikaaliset- ja lämpöolosuhteet, jne.

### **3.6.1 Maanvastainen alapohja**

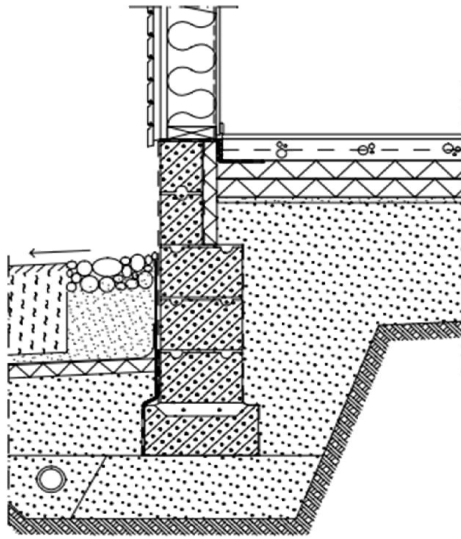
Maanvastaisen lattian tulisi olla vähintäänkin 0,3 metriä rakennuksen ulkopuolisen maanpinnan yläpuolella, lukuun ottamatta kellarin lattiaa. Lattiarakenteelle, joka rakennetaan maapohjaa vasten, tulee levittää vähintään 0,2 metrin paksuinen kapillaarisen kosteuden katkaiseva kerros. Tämän kaltaisen kerroksen alle levitetään tarpeen vaatiessa myös suodatin kangas, perusmaan ollessa silttiä tai savea (Srmk C2, 7.)

Maahan sijoitettava vesijohto ja siihen liitettävät kalusteet sekä viemärit on asennettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita ajoissa ja luotettavasti. Tämä vaikuttaa esimerkiksi siihen että viemäreiden vähimmäiskoko lattialaatussa on DN70

sekä vesiputket tulee asentaa suojaputkeen, jotta ne ovat vaihdettavissa eikä vuodon tapahtuessa vesi jää rakenteeseen, vaan tulee huonetilassa suojaputken päästä näkyviin. (Srmk D1, 11/47.)

Kuvassa 16 on esitetty maanvastaisen alapohjan periaatekuva. Maanvastaisen lattian toteuttamisessa on monta vaihtoehtoa, joten tämä esittää vain pääpiirteittäin rakentamisen periaatteen. Lisätietoja alapohja ratkaisuksista löytyy esimerkiksi RT-kortiston ohjeista.

Mittakaava 1:20



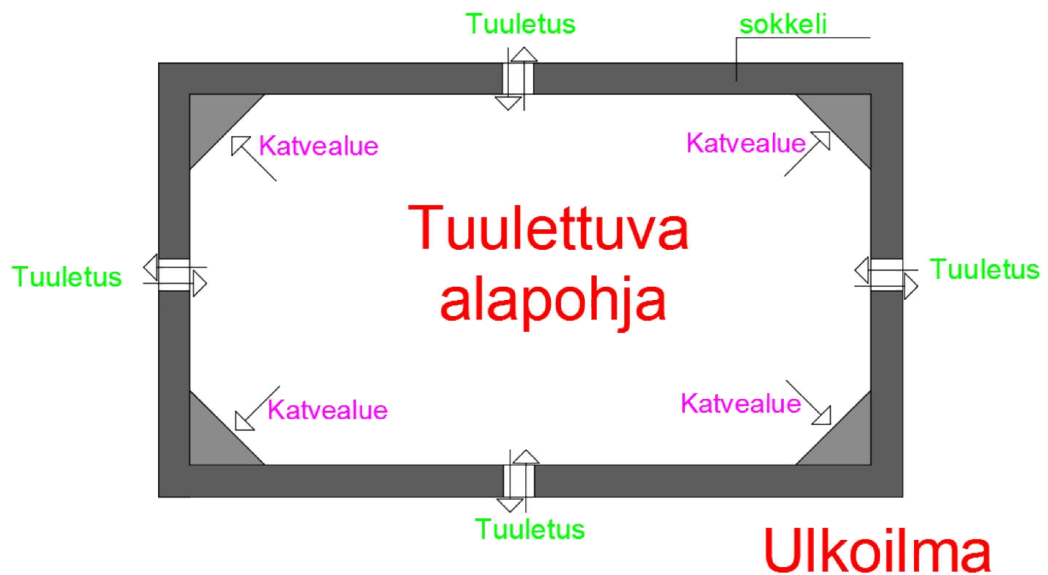
**KUVA 16. Maanvastainen alapohja, leikkauskuva (RT 81–10854.)**

### 3.6.2 Ryömintätilainen alapohja

”Alapohjan alapuolinen ryömintätila on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei ryömintätilaan kerääny vettä ja että ryömintätila tuuletuu riittävästi, eikä ilmatilan kosteudesta ole haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle”. (Srmk C2, 8.)

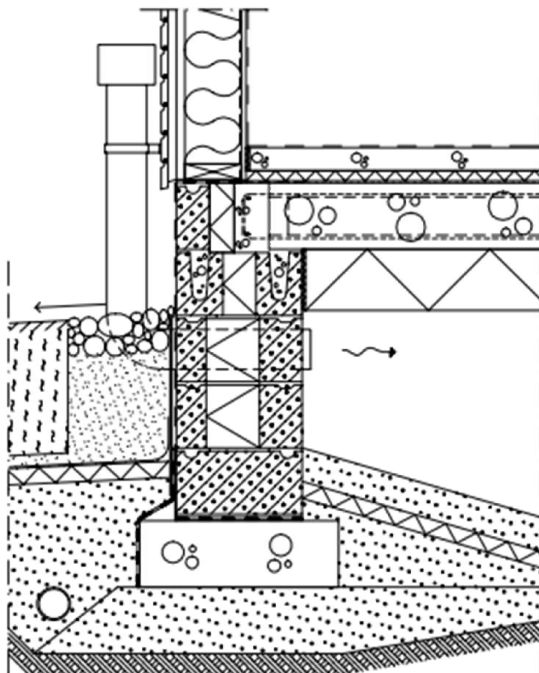
Ryömintätilaiseen alapohjatilaan voidaan järjestää tuuletus/ilmanvaihto painovoimaisesti tai koneellisesti sijoittamalla puhallin joko alapohjan tuuletusaukkoon tai huipputuuletukseen vesikatolle. Tuuletukseen tarkoitettujen tuuletusaukkojen yhteispinta-ala täytyy olla ainakin neljä promillea koko ryömintätilan pinta-alasta. Tuuletusaukoiksi lasketaan suojaavan säleen/verkon vapaana oleva pinta-ala. Tuuletusaukkojen tulisi sijaita vähintään 150 mm maanpinnan päällä ja aukkojen minimikoko on 150 cm<sup>2</sup> sekä enimmäisväli 6 metriä. (Srmk C2, 9.)

On kuitenkin muistettava, että liiallinen tuuletukseen ei ole hyväksi alapohja rakenteelle. Tästä voi olla haittaa esimerkiksi, kun ilma on lämmintä ja kosteaa ja se virtaa alapohjaan. Tällöin voi ilmankosteus tiivistyä viileämpiin rakenteisiin. Rakenteisiin voi jäädä myös ns. katvealueita, joissa ei tapahdu tuuletusta lainkaan ja kosteusvaurioriski kasvaa (kuva 17)



**KUVA 17. Ryömintätilainen alapohja (tuulettuva alapohja), periaatekuva**

Mittakaava 1:20



**KUVA 18. Tuulettuva alapohja, leikkauskuva (RT 81–10854.)**

## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Tutkimuskohteet

Tutkimuskohteina työssä on yhteensä viisi rakennusta; kolme päiväkotia, yksi toimintakeskus/koulu sekä yksi toimistorakennus. Kohteet ovat pääpiirteittäin peruskorjattu 2000-luvun alkupuolella ja yksi rakennettu hieman ennen 2000-lukua. Rakennukset sijaitsevat eri puolella Kuopiota ja ovat Kuopion kaupungin omistuksessa, joita Kuopion Tilakeskus hallinnoi. Kaikissa kohteissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto sekä pääosassa rakennuksista hygieniatilojen koneellinen erillispoistojärjestelmä.

Taulukossa 10 on esitetty tutkimuskohteet sekä muutamia tietoja rakennuksista, kuten rakennustyyppi, tilavuus, kerros lukumäärä ja rakennus-/korjausvuosi. Lisäksi taulukossa näkyy huoneiden sekä hygieniatilojen lukumäärä.

**TAULUKKO 10. Tutkimuksen kohteet (Kuopion tilakeskus)**

<i>Kohde</i>	<b>Rakennustyyppi</b>	<b>Tilavuus m<sup>3</sup></b>	<b>Kerroksia Tilat yhteensä Hygieniatilat</b>	<b>Rak./korj.</b>
<i>Kasarmirakennus E Pohjakuva: Liite 2</i>	hirsirakennus/rossipohja	2404	1 43 7	1882/2011
<i>Palo Ahon toimintakeskus Pohjakuva: Liite 3</i>	puurunkoinen paikallaan rakennettu	6865	1 79 17	1997
<i>Niiralan päiväkotia Pohjakuva: Liite 4</i>	vanha kivirakennus	4890	3 32+26+21 4+5+4	1949/2013
<i>Maljapuron päiväkotia Pohjakuva: Liite 5</i>	hirsirakennus/rossipohja	5241	1 48 8	1906/2009
<i>Haapaniemen päiväkotia Pohjakuva: Liite 6</i>	muurattu kivirakennus	4600	2 43+38 9+7	1962/2001

## 4.2 Ilmavaihdon toiminta-ajat

Mittausten aikana ilmavaihtokoneet toimivat taulukossa 11 esitetyillä käyntiajoilla. Joissakin kohteissa osa ilmanvaihtokoneista asettuu puoliteholle yön ajaksi, pysäyttämisen sijasta. Hygieniatilojen ilmanvaihto toimii jatkuvasti ja joissakin tapauksissa se hiljenee hieman käyttöajan ulkopuolella. Taulukossa 11 on myös esitetty ilmanvaihtokoneen toiminta-alue.

**TAULUKKO 11. Rakennusten ilmanvaihtokoneiden toiminta-ajat**

<i>Kohde</i>	<b>Ilmanvaihtokone</b>	<b>Toiminta-aika (klo-klo)</b>	<b>Käyntiaika (h)</b>	<b>vrk/ vko</b>
<i>Kasarmirakennus E</i>	TK1 (toimistot)	05.00-18.00	13	5
<i>(toimistorakennus)</i>	EP1 (wc-tilat, sos. tilat)	00.00-24.00	24	7
<i>Rak. 1882</i>	EP2 (alapohjan tuuletus)	00.00-24.00	24	7
<i>Palo Ahon toiminta- keskus</i>	TK1 (toimintakeskus)	05.00-19.30	14 ½	5
<i>Rak. 1997</i>	TK2 (uima-allastila)	07.00-16.05	9	5
		16.05-07.00 *	15	5
	Viikonloppu	00.00-24.00 *	24	2
	EP1 (sos. tilat)	05.00-19.30	14 ½	5
		19.30-05.00 *	9 ½	5
	Viikonloppu	00.00-24.00 *	24	2
	EP2 (sos. tilat)	05.00-19.30	14 ½	5
		19.30-05.00 *	9 ½	5
	Viikonloppu	00.00-24.00 *	24	2
<i>Niiralan päiväkot</i>	TK1 (päiväkot)	04.30-19.00	14 ½	5
<i>Rak. 1949</i>	TK2 (päiväkot/keittiö)	04.30-19.00	14 ½	5
	TK3 (käytävät, sos. tilat)	00.00-24.00	24	7
	TK4 (porrasuoneet)	04.30-19.00	14 ½	5
	EP1 (alapohja)	00.00-24.00	24	7
<i>Maljapuron päiväkot</i>	TK1 (wc-tilat, sos. tilat)	04.30-20.30	16	5
<i>Rak. 1906</i>	TK2 (keittiö)	04.30-20.30	16	5
	TK3 (juhla-/jumppasali)	04.30-20.30	16	5
	EP1 (alapohja)	00.00-24.00	24	7

	EP2 (alapohja)	00.00-24.00	24	7
<i>Haapaniemen päiväko- tti</i>	TK1 (päiväkoti)	04.00-19.00	15	5
<i>Rak. 1962</i>	TK2 (wc-tilat, sos. tilat)	04.00-19.00	15	5
		19.00–04.00 *	9	5
*= hidas toiminto	Viikonloppu	00.00-24.00 *	24	2

### 4.3 Mittalaitteiden valinta

Mittalaitteiden valinta riippuu muun muassa siitä millainen mittauskohde on, vaadittava tarkkuus, haluttu mittausmenetelmä, dokumentointi tapa. Valinnassa on otettava huomioon muun muassa tallennusominaisuudet, tiedonsiirto ja jatko käsittely mahdollisuudet, luotettavuus sekä mittaus-alue. Mittausten luotettavuuden kannalta täytyy ilmanvaihtokoneen toimia normaalisti tai erikoistapauksissa tietyillä asetuksilla, joista mittaukset halutaan suorittaa. Mittauksissa tulee ottaa huomioon seikkoja, jotka vaikuttavat mittaustulosten luotettavuuteen, kuten esimerkiksi sääolot, iv-koneenohjelmat, yms.

### 4.4 Mittaukset

Mittauksina tutkimuksessa on viikon mittausjaksoja sekä hetkellisiä mittauksia. Mittausjaksolla mitataan painesuhteita rakennuksen vaipan ja alapohjan yli sekä lämpötiloja. Hetkellisinä mittauksina tehdään ilmamäärämittauksia ”likaisista tiloista” sekä määritetään savun avulla, millaisia korvausilmareittejä rakennuksessa on.

Mittausjaksoja jokaiseen kohteeseen tehdään kaksi, ensimmäinen talviolosuhteissa kevään 2015 aikana ja toinen alkusyksyn 2015 aikana. Näin saadaan varmistettua parempaa tulosten luotettavuutta ja nähdään lämpötilasta johtuvat muutokset paremmin. Taulukossa 12 on esitetty mittauskohteiden mittauspaikat, suuret, ajankohdat sekä mittausten kesto. Lisäksi taulukossa 12 on esitetty kohteet ja niissä sijaitsevat mittauspisteet on esitetty liitteissä 2-6 olevissa rakennuksien pohjakuvissa.

**TAULUKKO 12. Mittauspaikat, ajankohdat, suuret sekä mittalaitteen ilman-suunta**

<i>Kohde</i>	<b>Mitattava suure</b>	<b>Mittausjakso</b>	<b>Mittausten kesto</b>	<b>Ilmansuunta</b>
<b><i>Kasarmirakennus E LIITE 2, Rak. 1882</i></b>				(Johon mittari on asennettu)
<i>Siivoushuone 107</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	20.2–27.2.2015	7 päivää	pohjoinen
<i>Neuvottelutila 132</i>	Paine-ero alapohjan yli, Pa	14.8–21.8.2015	7 päivää	etelä
<i>Taukotila 102a</i>	Lämpötila, °C			pohjoinen
<i>Toimisto 112</i>	Lämpötila, °C			länsi
<b><i>Palo Ahon toimintakeskus LIITE 3, Rak. 1997</i></b>				
<i>Yksilöopetus 133</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	27.2–6.3.2015	7 päivää	luode
<i>Apuväline varasto 148</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	21.8–28.8.2015	7 päivää	luode
<i>Luokkahuone 137</i>	Lämpötila, °C			lounas
<i>Ruokasali 157</i>	Lämpötila, °C			koillinen
<b><i>Niiralan päiväkotii LIITE 4, Rak. 1949</i></b>				
<i>Puheterapeutti 023</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	6.3–13.3.2015	7 päivää	lounas
<i>Toimisto 216</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	28.8–4.9.2015	7 päivää	koillinen

<i>Lepohuone 114</i>	Lämpötila, °C			lounas
<i>Ryhmätila 116</i>	Lämpötila, °C			lounas
<i>Ryhmätila 207</i>	Lämpötila, °C			lounas
<b><i>Maljapuron päiväkotii LIITE 5, Rak. 1906</i></b>				
<i>Liikuntahalli 032</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	13.3–20.3.2015	7 päivää	länsi
<i>Toimisto 033</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	4.9–11.9.2015	7 päivää	pohjoinen
<i>Ryhmätila 044</i>	Lämpötila, °C			etelä
<i>Ryhmätila 010</i>	Lämpötila, °C			itä
<b><i>Haapaniemen päiväko- tti LIITE 6, Rak. 1962</i></b>				
<i>Toimisto 038</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	20.3–27.3.2015	7 päivää	länsi
<i>Kanslia, 1.krs</i>	Paine-ero ulkovaipan yli, Pa	11.9–18.9.2015	7 päivää	pohjoinen
<i>Leikkisali 49,6 m<sup>2</sup></i>	Lämpötila, °C			etelä
<i>Ryhmätila 031-032</i>	Lämpötila, °C			etelä

#### 4.4.1 Ilmamäärien mittaus

##### 4.4.1.1 Mittausvälineet

Ilmavirtojen mittauksessa käytetään Airflow TA465 – mikromanometria, joka on varustettu sondilla. Mittalaitteella saadaan mitattua nopeutta, paine-eroa, lämpötiloja ja kosteutta. Lisäksi mittalaitteesta saadaan laskennallisesti ilmamäärä (tilavuusvirta), märkälämpötila ja kastepiste. (TSI 2015.)





**KUVA 19. TSI Airflow – mikromanometri**

#### 4.4.1.2 Mittaustapa

Tällä menetelmällä mitataan yleensä tulo- ja poistoilmaventtiileiden ilmamäärät. Sondimittauksessa mitataan venttiilin paine-eroa ja katsotaan venttiilin avaukselle sopiva k-kerroin, josta ilmamäärä saadaan laskettua. Paine-ero mitataan asettamalla sondi venttiilin taakse (sisäpuolelle), jonka jälkeen vain katsotaan paine-ero mittarista. Venttiilin avaus saadaan rakotulkilla tai ihan tavallisella mitalla (tuloilmaventtiilit). (SFS 5512.)

Mittalaite antaa paine-eron, jonka avulla lasketaan ilmavirta kaavasta (Fläktwoods 2015.):

$$q_v = k \times \sqrt{\Delta p m} \quad (3)$$

jossa

$q_v$  on laskettu ilmavirta,  $\text{dm}^3/\text{s}$

k-kerroin on valmistajan tuoteluettelosta löytyvä arvo kyseisellä avauksella

$\Delta p m$  on mitattu paine-ero, Pa

Mittalaitteella pystytään mittaamaan myös suoraan ilmamäärät kun laitteen asetuksiin syötetään k-kerroin. K-kerroin on pääte-elimien säätökerroin, jota käytetään ilmavirtojen laskennassa. Jokaisella pääte-elimellä on oma k-kerroin, jonka valmistaja ilmoittaa

joko pääte-elimessä tai säätöoppaassa. Yleensä k-kerroin on määritelty ilmavirran yksiköllä l/s. (Fläktwoods 2015.)

#### **4.4.2 Painesuhteiden mittaus**

Paine-eromittaukset tehdään normaaliolosuhteissa eli ilmanvaihto on normaalisti toiminnassa. On kuitenkin tiedettävä, mitä kaikkea mittaushetkellä on toiminnassa sekä on huolehdittava, että ikkunat ovat suljettuina. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)

Paine-eromittauksen tavoitteena on selvittää epäpuhtauksien ja vesihöyryn kulkeutumismahdollisuuksia rakennuksen vaippaan nähden. Mittaustuloksien avulla voidaan päätellä onko mahdollista, että vesihöyryn siirtyminen ilmavirtauksien mukana aiheuttaisi kosteusvaurioita rakenteisiin. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)

Kun ilmanvaihto saadaan toimimaan, tulisi tarkastuksen yhteydessä tarkastaa myös, että rakennuksen painesuhteet ovat suositusten mukaiset. Tarkastus voidaan tehdä jossain huoneessa mm. mittalaitteiden avulla tai merkkisavun avulla havainnollistamalla ilmavirran suunta. (SFS 5512.)

##### **4.4.2.1 Mittausvälineet**

Paine-ero mittauksessa käytetään Pro dual PEL-N – paineanturia (kuvassa 20), joka toimii verkkovirralla. Paine-ero mittauksen mitta-alueena käytettiin 0-100 Pa  $\pm$ 50 Pa. Jos tämä mitta-alue osoittautuu liian pieneksi, on vielä valittavana 3 suurempaa mitta-alueita aina 0-1000 Pa asti.

Mittauksen yhteydessä tähän liitetään Tinytag TGPR-0704 – dataloggeri (kuvassa 20), joka tallentaa saadun tiedon jatkoanalysointia varten. Mittaustulokset saadaan dataloggerista usb-kaapelin avulla tietokoneelle, jossa ne puretaan ja analysoidaan Tinytag Explorer -ohjelman avulla.

Myös merkkisavut ovat yksinkertainen menetelmä tutkia rakennuksessa olevia ilmavirtoja ja painesuhteita. Menetelmässä päästetään savulähteestä tilanteen mukainen

määrä savua, jonka kulkureitistä tehdään silmämääräisesti havaintoja. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)

Produal PEL N – paineanturin mittalaitteen epätarkkuus on  $< \pm 0,5 \text{ Pa} + \pm 1 \% \text{ lukemasta}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ), virhe nollapaineessa  $< \pm 0,05 \text{ Pa}$  sekä käyttölämpötila  $0 \dots 45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

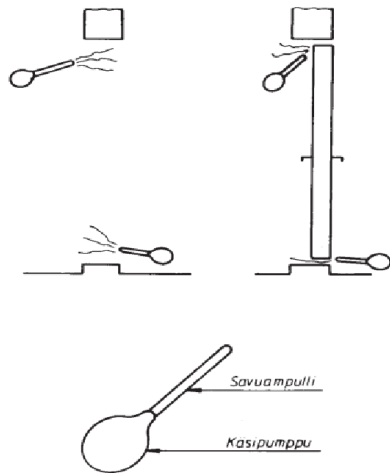


**KUVA 20. Tinytag TGPR – 0704 – dataloggeri ja Produal PEL-N – paineanturi**

#### 4.4.2.2 Mittaustapa

Paine-eromittarin toinen letku asennetaan vaipan läpi kupariputken avulla ulkoilmaan/toiseen mitattavaan tilaan ja reikä tiivistetään tiiviiksi. Tämän jälkeen tehdään viikon mittainen mittausjakso, josta tulokset tallentuvat dataloggerin muistiin. Mittalaite ohjelmoidaan tallentamaan mittauksia minuutin välein seitsemän päivän ajan.

Yleensä mittausvälineenä/havainnointivälineenä käytetään savuampullia, jolla sumutetaan savua tutkittavaan kohteeseen. Savuampulli sisältää lasiputkilossa olevan savupatruunan ja kumisen käsipumpun, jonka avulla savua sumutetaan. On huomioitava että savu päästetään kohtisuoraan oletettuun ilmavirtaukseen nähden, jottei savun liike sotke havaintoja. (Sisäilmayhdistys ry. 2015.)



**KUVA 21. Merkkisavulla tutkiminen (SFS 5512.)**



**KUVA 22. Merkkisavu ampulli ja merkkisavut**

#### 4.4.3 Lämpötilan mittaus

##### 4.4.3.1 Mittausvälineet

Lämpötilaa mitataan CEM DT-172 dataloggerilla (kuvassa 23), jolla saadaan lisäksi mitattua kosteutta. Mittareita asennetaan kohteeseen kaksi kappaletta. Mittausalue lämpötilassa on  $-40^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$  ja kosteudessa 0-100 % RH. Muistipaikkoja mittalaitteessa on 32 000 kappaletta ja ne jakautuvat puoliksi lämpötilan ja kosteuden mitaustuloksille.



**KUVA 23. CEM DT-172 – lämpötila ja kosteus-dataloggeri**

#### **4.4.3.2 Mittaustapa**

Mittalaitteita asennetaan kaksi kappaletta jokaiseen mittauskohteeseen. Mittalaite sijaitsee yleensä oleskeluvyöhykkeellä kaapin päällä tai jossain muussa korkeassa paikassa. Tällöin vähenee riski, että joku liikuttaisi tai muuttaisi mittarin paikkaa mittausjakson aikana. Mittalaite ohjelmoidaan tallentamaan mittaustuloksia minuutin välein seitsemän päivän ajan. Tällöin saadaan luotettavampi kuvaaja, kun mittaustuloksia on suurempi määrä.

#### **4.5 Mittaustuloksiin vaikuttavat asiat**

Painesuhteiden mittaukseen vaikuttavia tekijöitä on monia kuten sääolot, rakennuksen käyttöaste, ilmanvaihdon toiminta, ikkunoiden auki pito ja korvausilma venttiileiden aukinaisuus. Kohdasta 3.3 rakennuksen painesuhteet vaipan yli löytyy tietoa näistä vaikutuksista. Sääolojen vaikutusta tuloksiin voidaan tarkastella tallennettujen säädätietojen avulla (kuvat 24–33).

Lämpötilamittaukseen vaikuttavia tekijöitä on muun muassa ulkolämpötila, lämmitysverkoston toiminta (lämpötilat) ja rakennuksen käyttöaste. Lämmitysverkoston veden lämpötilaa säätelee ulkolämpötila ja huonetilassa lämmönluovuttimen lämpötilaa säätelee huonekohtainen termostaatti. Ensimmäinen mittausjakso sattui keväälle, jolloin

oli hieman viileämpää, joten lämmitys oli toiminnassa ja toisen mittausjakson aikana lämmitys ei ollut käytössä.

#### **4.6 Mittaustulosten käsittely**

Mittaustulokset puretaan ja tallennetaan dataloggereista tietokoneelle siihen tarkoitetuilla ohjelmilla. Käytössä ovat seuraavat ohjelmat:

Painesuhteet: Tinytag Explorer 4.8

Lämpötila/kosteus: RH and Temp Datalogger 1.5

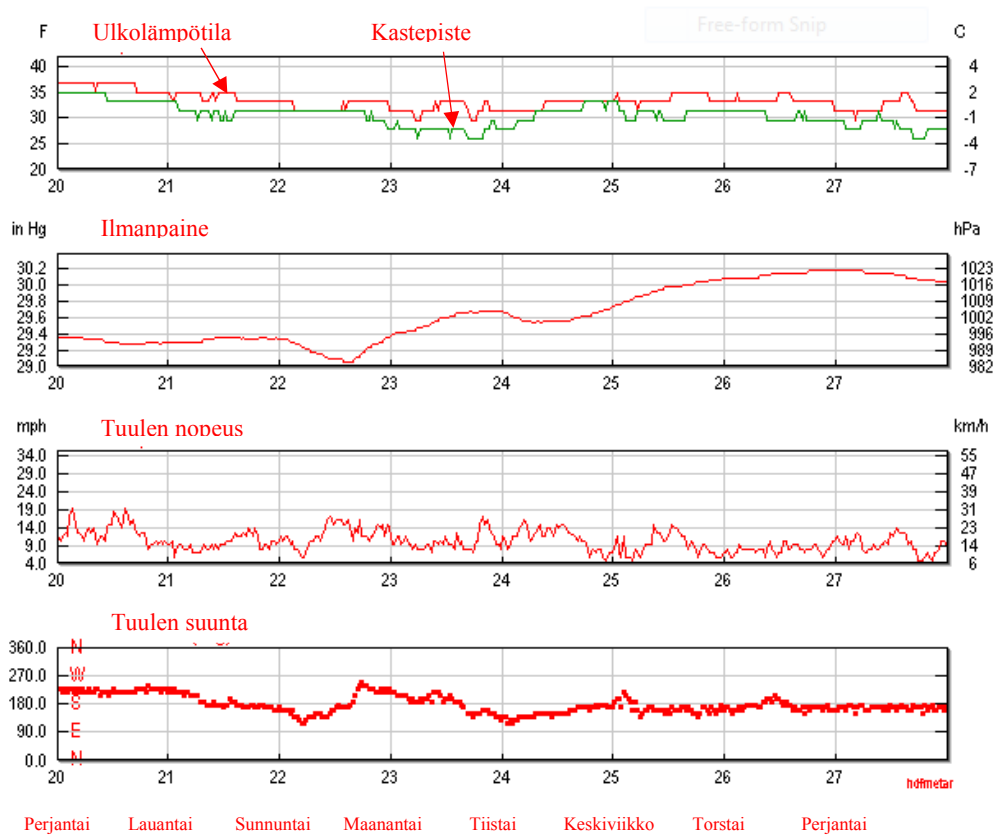
Ohjelmilla tuloksista saadaan kuvaajat, joissa tiedot esitetään graafisesti mitattujen tietojen arvoilla. Lisäksi puretut tulokset käsitellään Microsoft office Excel-ohjelmistolla, jonka avulla tuloksista saadaan suhteelliset jakaumat ja frekvenssit (kappalemäärät) tietyille jakaumalle.

### **5 TULOSTEN TARKASTELO**

Tulokset on esitetty kuva muodossa, jotka löytyvät seuraavista kappaleista. Sääolot on esitetty kuvissa 24–33, sekä tarkempia tietoja taulukoissa 13 ja 14. Sisälämpötilat on esitetty taulukossa 15. Paine-erokuvaajat on esitetty kuvissa 34–53 ja tulosten tarkastelu on kuvien alapuolella.

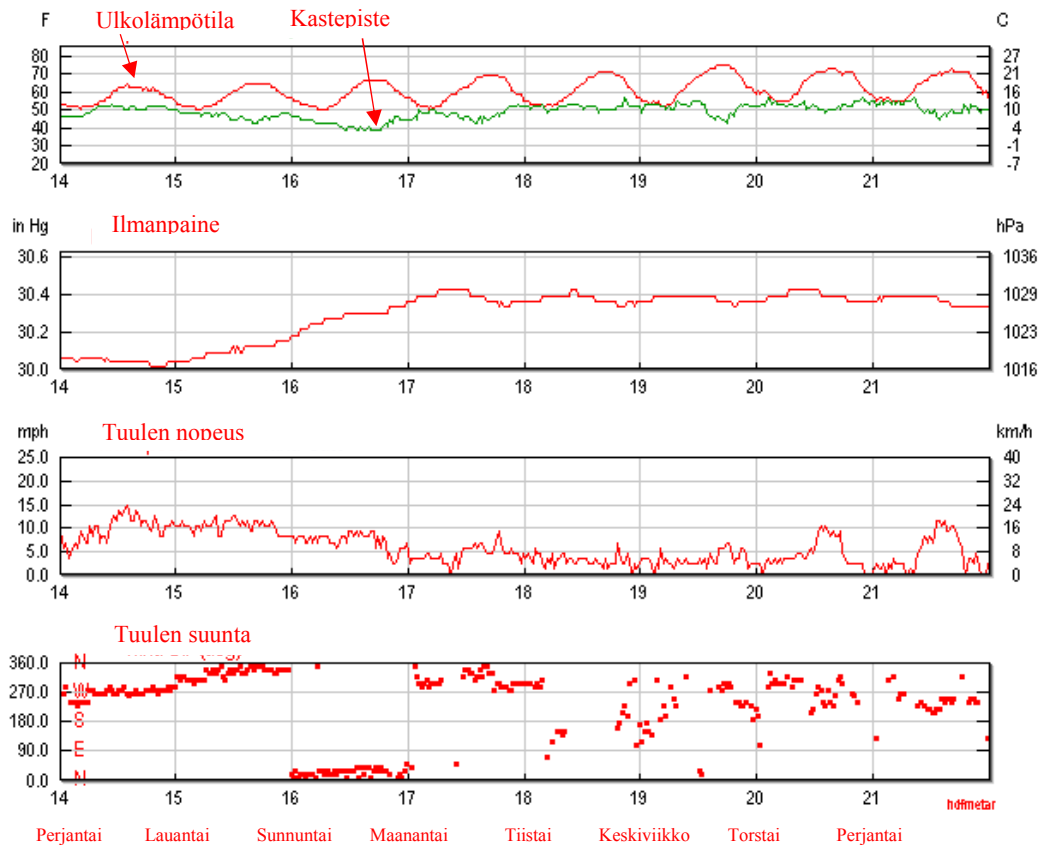
#### **5.1 Sääolot**

Sääolosuhteet on katsottu Weather Underground.com sivustolta. Sivusto käyttää sääasemien keräämiä tietoja, jotka antavat todelliset säätiedot. Kuopiossa säätiedot on kerätty Rauhanlahdentien säähavaintoasemalta, joka sijaitsee tutkimuskohteiden eteläpuolella. (Weather Underground.)



**KUVA 24. 1. mittausjakso 20.2.–27.2.2015 Kasarmirakennus E (KEVÄT)**

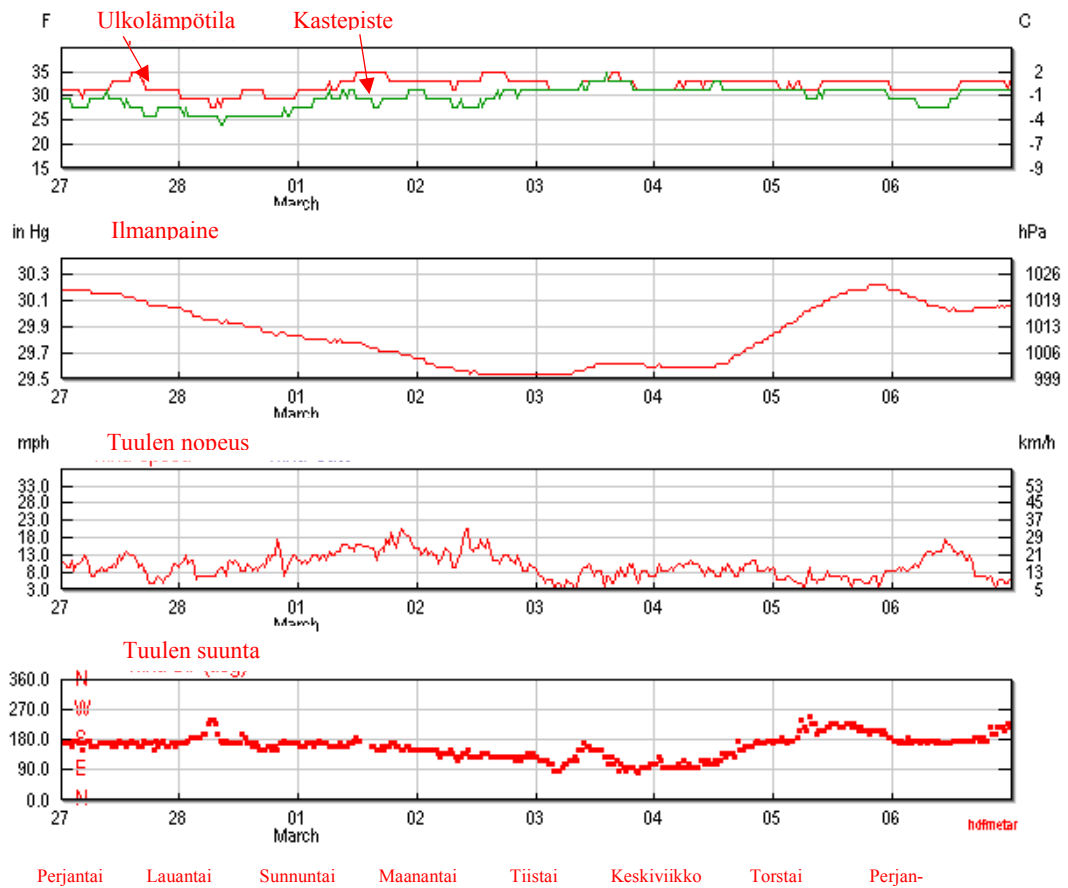
Kuvassa 24 näkyy ensimmäisen kevään mittausjakson aikana vallinneet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvasta voidaan lukea sääolosuhteet päiväkohtaisesti, kun mittausjakso on ajoittunut 20.2.–27.2. väliselle ajalle.



**KUVA 25. 1. mittausjakso 14.8.–21.8.2015 Kasarmirakennus E (SYKSY)**

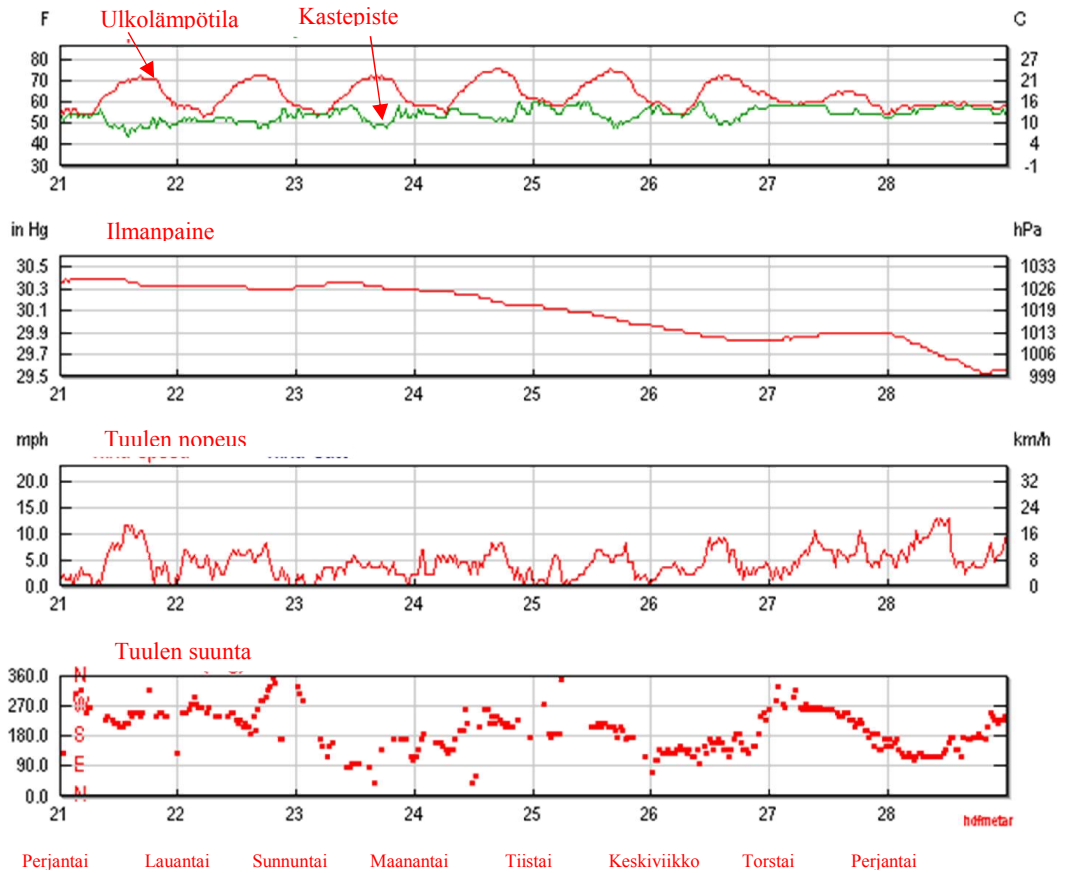
Kuvassa 25 näkyy ensimmäisen syksyn mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvasta voidaan lukea päiväkohtaiset sääolosuhteet (viikonpäivät ovat näkyvissä kuvaajien alapuolella).





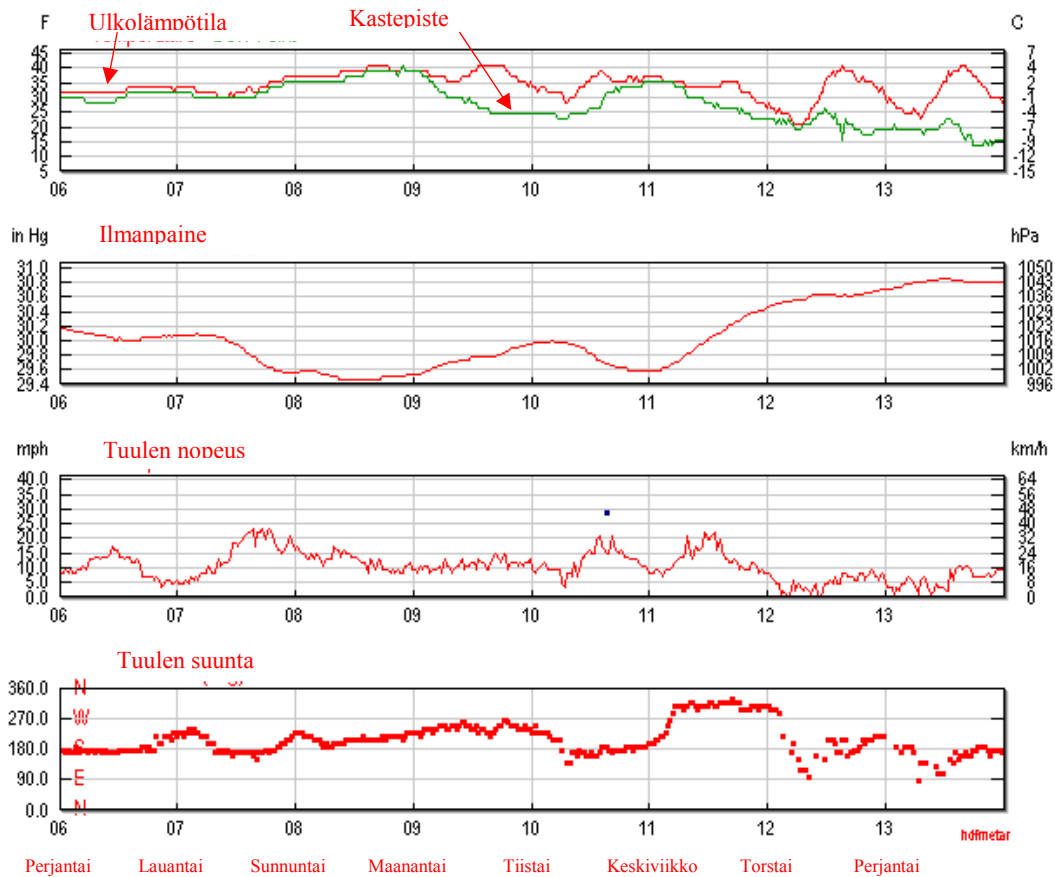
## KUVA 26. 2. mittausjakso 27.2.–6.3.2015 Palo Ahon koulu (KEVÄT)

Kuvassa 26 näkyy toisen kevään mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa on esitetty ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvasta voidaan lukea päiväkohtaiset säätiedot. Kuvaajien alla on näkyvissä päivämäärät, jolloin mittaukset on tehty eli 27.2.–6.3. välisenä aikana.



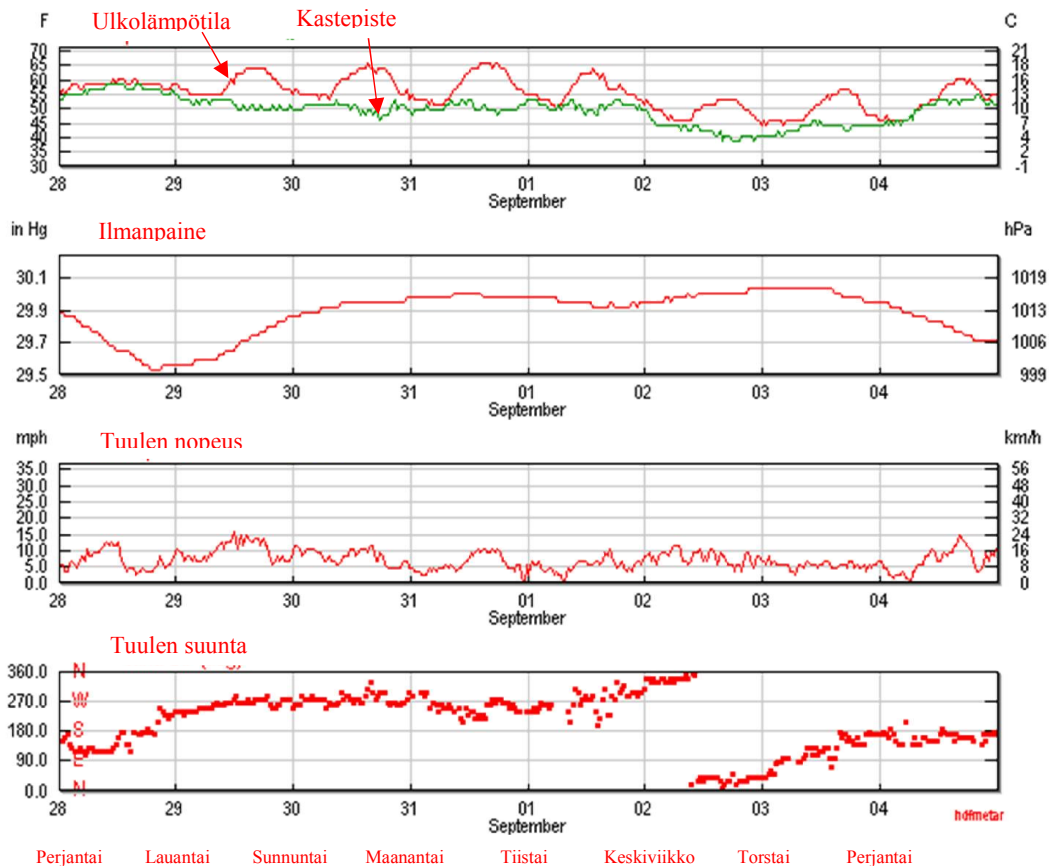
**KUVA 27. 2. mittausjakso 21.8.–28.8.2015 Palo Ahon koulu (SYKSY)**

Kuvassa 27 näkyy toisen syksyn mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvasta on luettavissa mittausjakson aikana olleet päiväkohtaiset sääolosuhteet. Mittausjakso on ajoittunut 21.8.–28.8. väliselle ajalle.



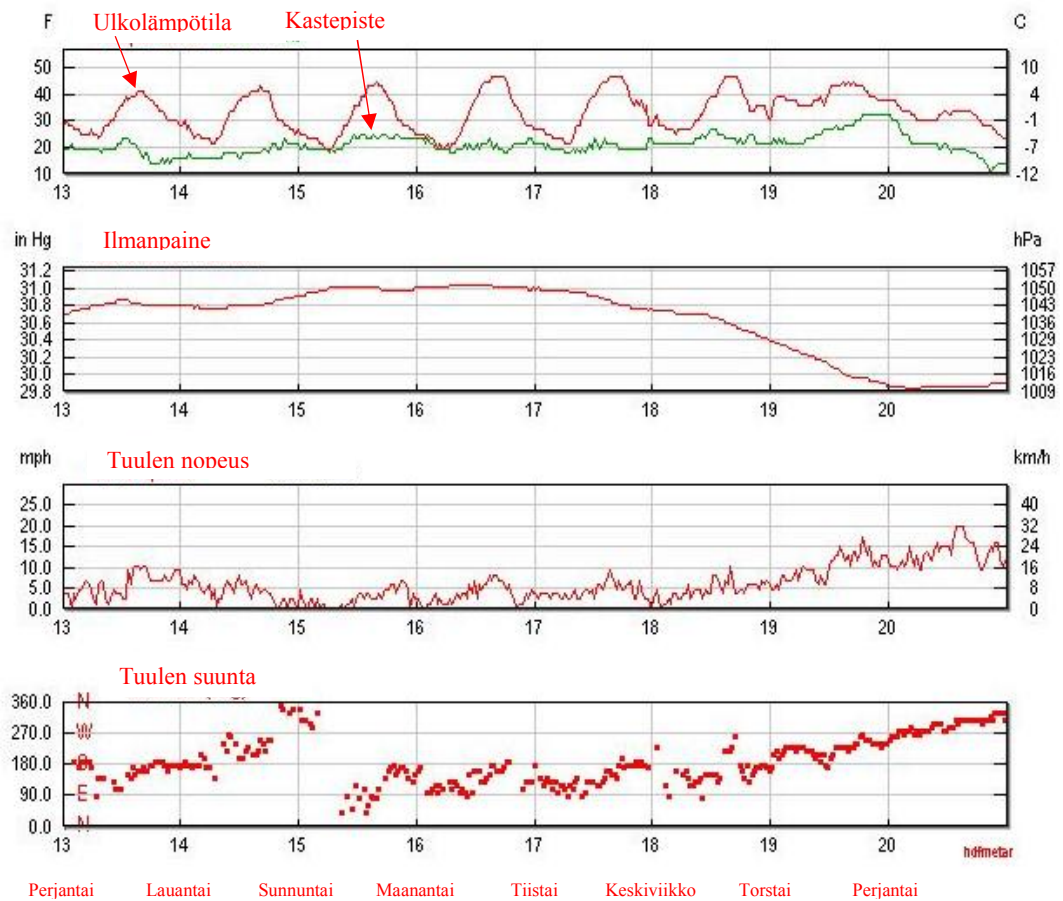
**KUVA 28. 3. mittausjakso 6.3.–13.3.2015 Niiralan päiväkotiki (KEVÄT)**

Kuvassa 28 näkyy kolmannen kevään mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvassa olevista kuvaajista voidaan lukea mittausjakson aikana olleet päiväkohtaiset sääolosuhteet. Tämä mittausjakso ajoittui 6.3.–13.3. väliselle ajalle.



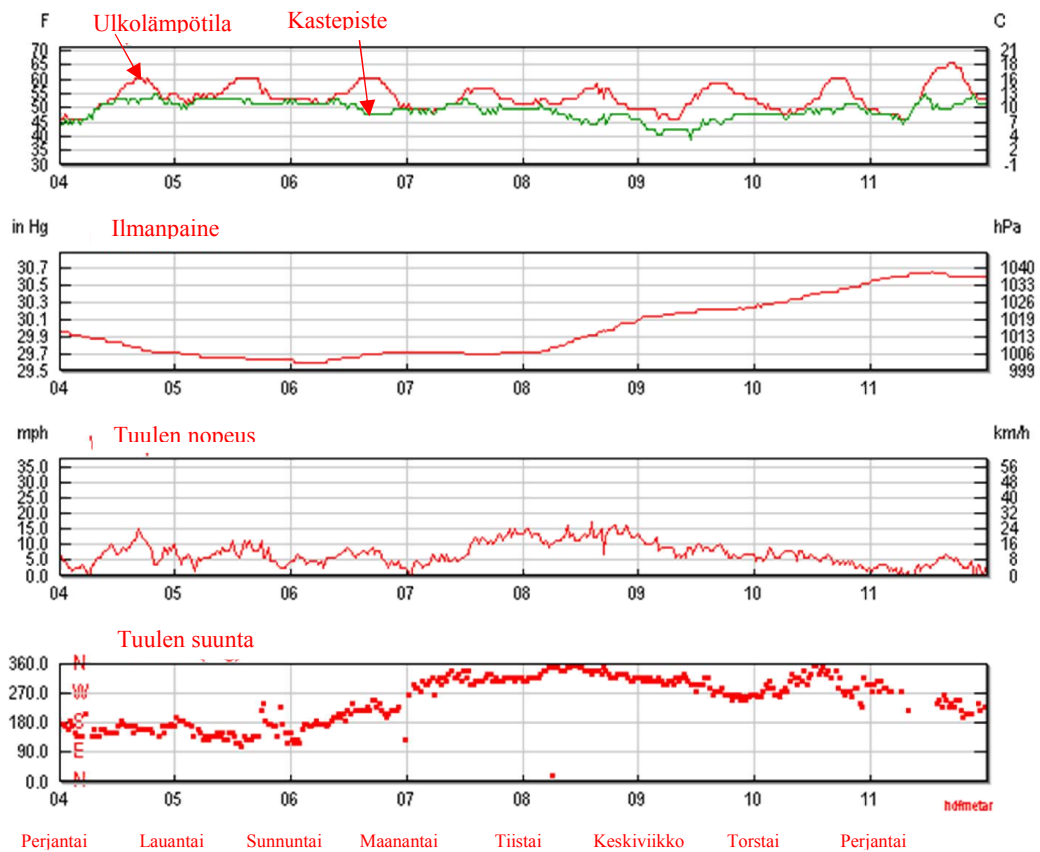
**KUVA 29. 3. mittausjakso 28.8.–4.9.2015 Niiralan päiväkoti (SYKSY)**

Kuvassa 29 näkyy kolmannen syksyn mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvassa olevista kuvaajista voidaan katsoa mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet päiväkohtaisesti. Jokaisen kuvaajan alla on näkyvissä päivät, joilta sääolosuhteita halutaan katsoa. Tämä mittausjakso ajoittui 28.8.–4.9. väliselle ajalle.



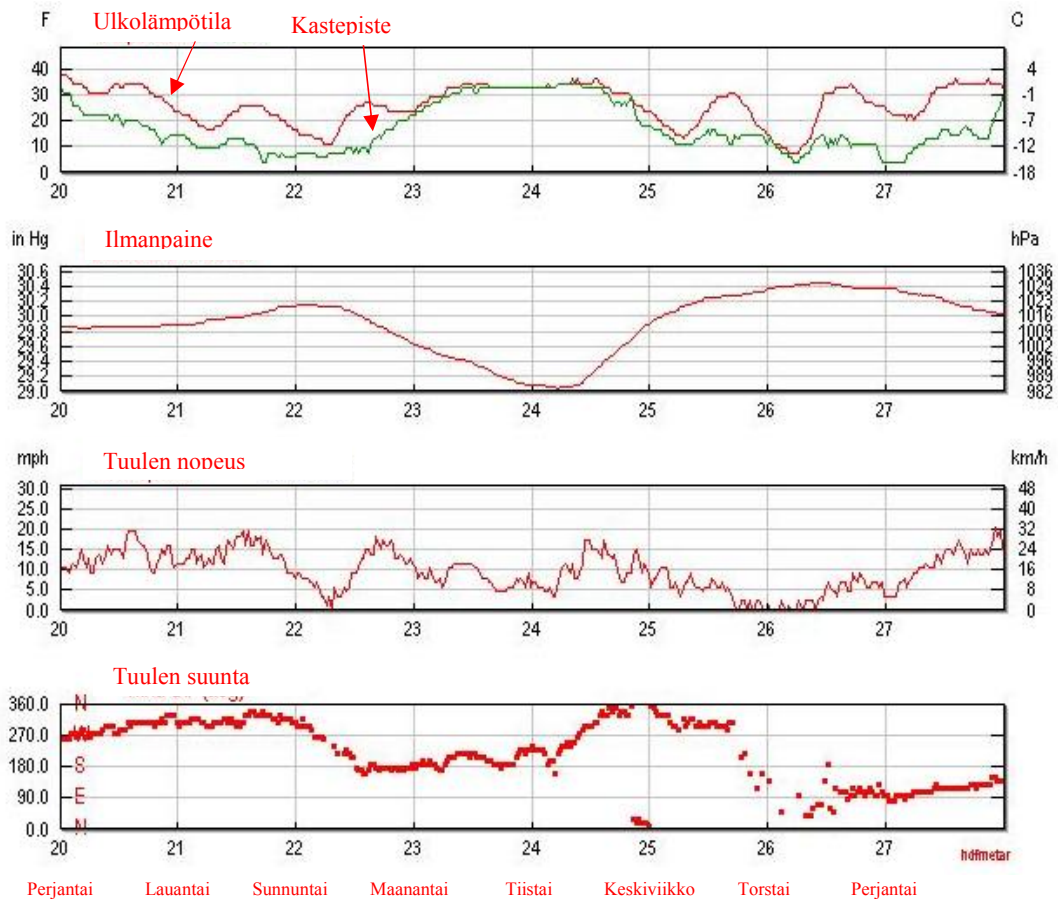
**KUVA 30. 4. mittausjakso 13.3.–20.3.2015 Maljapuron päiväkoti (KEVÄT)**

Kuvassa 30 näkyy neljännen kevään mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvasta on luettavissa mittausjaksolla päiväkohtaisesti vallinneet sääolosuhteet. Kuvan alareunassa on näkyvissä päivämäärät, jolloin mittausjakso oli. Mittausjakso ajoitui 13.3.–20.3. väliselle ajalle.



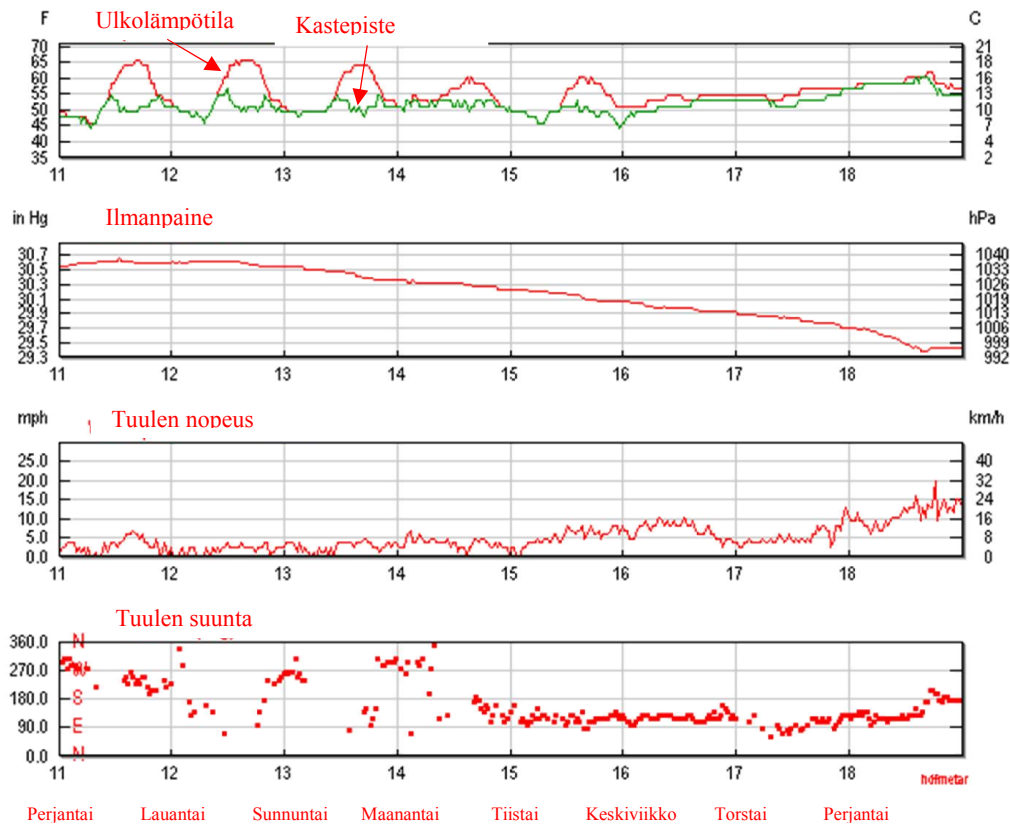
**KUVA 31. 4. mittausjakso 4.9.–11.9.2015 Maljapuron päiväkotä (SYKSY)**

Kuvassa 31 näkyy neljännen syksyn mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvassa on näkyvissä koko mittausjakson sääolosuhteet ja päivämäärät näkyvät jokaisen kuvaajan alapuolella. Tämän mittausjakson ajankohta oli 4.9.–11.9. välisenä aikana.



**KUVA 32. 5. mittausjakso 20.3.–27.3.2015 Haapaniemen päiväkotiki (KEVÄT)**

Kuvassa 32 näkyy viidennen ja viimeisen kevään mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvasta voidaan katsoa koko mittausjakson aikana eli 20.3.–27.3. välisenä aikana vallinneet sääolosuhteet. Jokaisen kuvassa näkyvän kuvaajan alla on myös näkyvissä päivämäärät, jotta tietoja voidaan katsoa halutulta päivältä.



**KUVA 33. 5. mittausjakso 11.9.–18.9.2015 Haapaniemen päiväkotiki (SYKSY)**

Kuvassa 33 näkyy viidennen ja viimeisen syksyn mittausjakson aikana olleet sääolosuhteet. Kuvassa näkyy ulkolämpötila, kastepiste, ilmanpaine, tuulen nopeus sekä tuulen suunta. Kuvassa on neljä kuvaajaa, joissa jokaisessa on edellä mainitut asiat koko mittausjakson ajalta. Mittausjakson ajankohta ajoittui 11.9.–18.9. väliselle ajalle ja päivämäärät ovat esitetty jokaisen kuvaajan alapuolella.

## 5.2 Sääolojen vaikutus

Sääolojen vaikutus on satunnaista, esimerkiksi tuulen vaikutus on hetkellistä ja nopeaa. Mittaustuloksiin ei yleensä tule pitkäaikaista poikkeamaa, vaan se näkyy hetkellisenä muutoksena. Johtuu tuulen suunnan muuttumisesta, jolloin tuuli käy erilaisilla mittalaitteeseen.

Sääolosuhteet ovat olleet mittausten aikana vaihtelevat ja taulukosta 13 näkyy kevään ja taulukosta 14 syksyn sääolosuhteet. Taulukoissa on esitetty tuulennopeus ja suunta sekä ulkolämpötila mittauspäivien aikana. Esitetyt tulokset ovat keskiarvoja ja mittalaitteiden ilmansuunta on esitetty taulukossa 12.



TAULUKKO 13. Sääolosuhteet keväällä

<i>Päivämäärä</i>		<b>Keskituulen- nopeus, m/s</b>	<b>Tuulen suunta (ilmansuunta)</b>	<b>Keskiulkolämpötila, °C</b>
20.2.2015	<b>1.mittausjakso</b>	5,8	lounas	+2
21.2.2015		3,9	lounas	+1
22.2.2015		5,0	etelä	0
23.2.2015		4,4	lounas	0
24.2.2015		5,0	kaakko	0
25.2.2015		3,9	etelä	+1
26.2.2015		3,6	etelä	+1
27.2.2015	<b>2.mittausjakso</b>	4,4	etelä	0
28.2.2015		4,4	etelä	-1
1.3.2015		5,8	etelä	0
2.3.2015		5,8	etelä	+1
3.3.2015		3,0	kaakko	+1
4.3.2015		3,9	itä	+1
5.3.2015		2,8	kaakko	+1
6.3.2015	<b>3.mittausjakso</b>	4,4	etelä	0
7.3.2015		5,0	etelä	+1
8.3.2015		5,8	etelä	+3
9.3.2015		5,0	lounas	+3
10.3.2015		5,0	länsi	+1
11.3.2015		5,0	lounas	0
12.3.2015		2,2	luode	-1
13.3.2015	<b>4.mittausjakso</b>	1,7	lounas	-1
14.3.2015		2,2	etelä	-1
15.3.2015		0,8	luode	-1
16.3.2015		1,4	kaakko	0
17.3.2015	<b>5.mittausjakso</b>	1,4	kaakko	1
18.3.2015		1,7	kaakko	2
19.3.2015		3,9	etelä	3
20.3.2015		5,3	länsi	-2
21.3.2015		5,8	luode	-7

22.3.2015	5.mittausjakso	3,9	luode	-8
23.3.2015		3,6	etelä	-2
24.3.2015		3,9	lounas	-2
25.3.2015		2,8	pohjoinen	-6
26.3.2015		1,4	lounas-kaakko	-7
27.3.2015		4,4	itä	-3

#### TAULUKKO 14. Sääolosuhteet syksyllä

<i>Päivämäärä</i>		<b>Keskituulen- nopeus, m/s</b>	<b>Tuulen suunta (ilmansuunta)</b>	<b>Keskiulkolämpötila, °C</b>
14.8.2015	1.mittausjakso	3,9	länsi	+13
15.8.2015		4,4	luode	+14
16.8.2015		3,0	pohjoinen	+14
17.8.2015		1,7	pohjoinen	+16
18.8.2015		1,4	luode	+16
19.8.2015		1,4	lounas	+17
20.8.2015	2.mittausjakso	1,7	länsi	+18
21.8.2015		1,4	länsi	+18
22.8.2015		1,7	lounas	+17
23.8.2015		0,8	länsi	+18
24.8.2015		1,7	kaakko	+19
25.8.2015		1,4	lounas	+20
26.8.2015	3.mittausjakso	1,4	kaakko	+18
27.8.2015		1,7	lounas	+16
28.8.2015		3,0	etelä	+14
29.8.2015		4,4	lounas	+16
30.8.2015		3,6	länsi	+16
31.8.2015		2,2	länsi	+14
1.9.2015	4.mi	2,2	länsi	+14
2.9.2015		3,6	luode	+10
3.9.2015		2,2	pohjoinen	+11
4.9.2015		2,2	etelä	+12
5.9.2015		3,0	etelä	+13

6.9.2015	4.mittausjakso	2,2	kaakko	+13
7.9.2015		2,2	lounas	+12
8.9.2015		5,3	luode	+12
9.9.2015		3,9	luode	+11
10.9.2015		2,2	länsi	+13
11.9.2015		0,8	luode	+13
12.9.2015	5.mittausjakso	0,6	lounas	+13
13.9.2015		0,8	länsi	+13
14.9.2015		1,4	länsi	+13
15.9.2015		1,4	kaakko	+12
16.9.2015		3,0	itä	+11
17.9.2015		1,4	kaakko	+13
18.9.2015		3,9	kaakko	+15

### 5.3 Sisälämpötila ja kosteus

Lämpötiloja ja kosteuksia mitattiin kahdella mittalaitteella jokaisen mittausjakson aikana. Taulukossa 15 on esitetty mittaustulosten minimi, maksimi ja keskiarvot. Taulukossa 12 on nähtävissä mittauksessa olleet tilat ja liitteissä 2-6 esitetyissä rakennuksien pohjakuvissa tilojen sijainnit. Punaisella merkityt arvot ovat suositusten ulkopuolella.

**TAULUKKO 15. Lämpötilojen ja kosteuden mittaustulokset**

	Minimi		Maksimi		Keskiarvo	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
<b><i>Kasarmi E</i></b>						
<i>Taukotila 102a (kevät)</i>	17,7	20,2	32,1	24,4	23,2	21,5
<i>Taukotila 102a (syksy)</i>	33,8	20,4	55,6	24,9	45,0	21,7
<i>Toimisto 112 (kevät)</i>	18,6	20,9	27,1	23,9	22,2	21,8
<i>Toimisto 112 (syksy)</i>	34,7	20,5	55,0	23,8	45,2	21,5
<b><i>Palo Ahon koulu</i></b>						
<i>Luokka 137(kevät)</i>	19,4	19,7	33,9	21,5	24,2	21,1
<i>Luokka 137 (syksy)</i>	36,3	22,2	67,2	27,4	47,2	24,7

<i>Ruokasali 157 (kevät)</i>	16,3	20,0	32,3	23,6	21,4	22,1
<i>Ruokasali 157 (syksy)</i>	63,9	21,8	38,1	25,5	51,0	23,1
<b><i>Niiralan päiväkotii</i></b>						
<i>Lepohuone 114 (kevät)</i>	11,8	15,6	47,7	21,5	25,1	19,3
<i>Ryhmättila 116 (syksy)</i>	34,1	20,4	66,1	22,8	48,3	21,5
<i>Ryhmättila 207 (kevät)</i>	9,7	16,0	38,7	21,7	22,3	20,2
<i>Ryhmättila 207 (syksy)</i>	30,7	22,0	79,7	25,5	45,3	23,0
<b><i>Maljapuron päiväkotii</i></b>						
<i>Ryhmättila 044 (kevät)</i>	11,1	19,4	29,1	23,5	18,6	22,4
<i>Ryhmättila 044(syksy)</i>	35,6	21,2	57,1	23,2	46,5	21,9
<i>Ryhmättila 010(kevät)</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ryhmättila 010(syksy)</i>	38,1	19,6	57,8	23,1	49,6	20,5
<b><i>Haapaniemien päiväkotii</i></b>						
<i>Leikkisali 49,6 m<sup>2</sup> (kevät)</i>	9,7	13,5	34,6	22,1	16,4	20,6
<i>Leikkisali 49,6 m<sup>2</sup> (syksy)</i>	44,7	21,4	66,1	24,9	50,1	22,1
<i>Ryhmäh. 031-032(kevät)</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Ryhmäh. 031-032 (syksy)</i>	45,4	20,4	70,2	23,0	51,4	21,8

Lämpötilojen keskiarvo mittauksen aikana on ollut 21,7 °C:a ja keskimääräinen poikkeama minimin ja maksimin välillä 3,95 °C:a. Suurin poikkeama minimin ja maksimin välillä on 8,6 °C:a. Alhaisin mitattu lämpötila mittauksissa oli 13,5 °C:a ja korkein 27,4 °C:a. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaisesti sisäilman lämpöolot suunnitellaan +21 °C:een ja maksimi arvona voidaan pitää +25 °C:a. Kolmessa mittauksessa +25 °C:a ylittyi, sekä kolmessa mittauksessa lämpötila laski alle 19 °C:n.

Pääosin lämpöolojen hallinta on kunnossa, vaikkakin jotkut lämpötilat laskivat liian alhaisiksi, johtuen käytön puuttumisesta ja lämmityksen alhaisuudesta. Lämpötilojen nousua ei ole voitu kohteissa estää, koska niihin ei ole asennettuna jäähdytysjärjestelmiä, joten tämän kaltainen nousu on luonnollista lämpiminä päivinä. Käyttöajan ulkopuolella lämpötilat eivät ole juurikaan poikenneet käyttöajan tilanteesta.

Sisäilman suhteellinen kosteus on talviaikaan välillä 20...40 % RH ja kesäaikaan ulkoilmankosteuspitoisuuden mukaan välillä 50...70 % RH. Mittauksissa suhteellinen

kosteus on jakautunut näiden arvojen väliin, lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta. (Hengityслиitto ry. 2015)

#### **5.4 Ilmanvaihdon vaikutus**

Ilmanvaihdon vaikutuksen huomaa siitä, kun tuloksissa näkyy samankaltainen ja toistuva muutos. Esimerkiksi painesuhde menee samaan arvoon useamman kerran tutkitavalla aikajaksolla ja näin ollen voidaan puhua jatkuvasta vaikutuksesta. Tämän kaltaisia tuloksia saadessa tulisi tehdä tarkempia tutkimuksia, jotta saataisi selville mikä poikkeaman aiheuttaa. Tutkimuksessa on selviä tapauksia, joissa on ilmanvaihdon vaikutus havaittavissa.

#### **5.5 Painesuhteet rakennuksen vaipan yli**

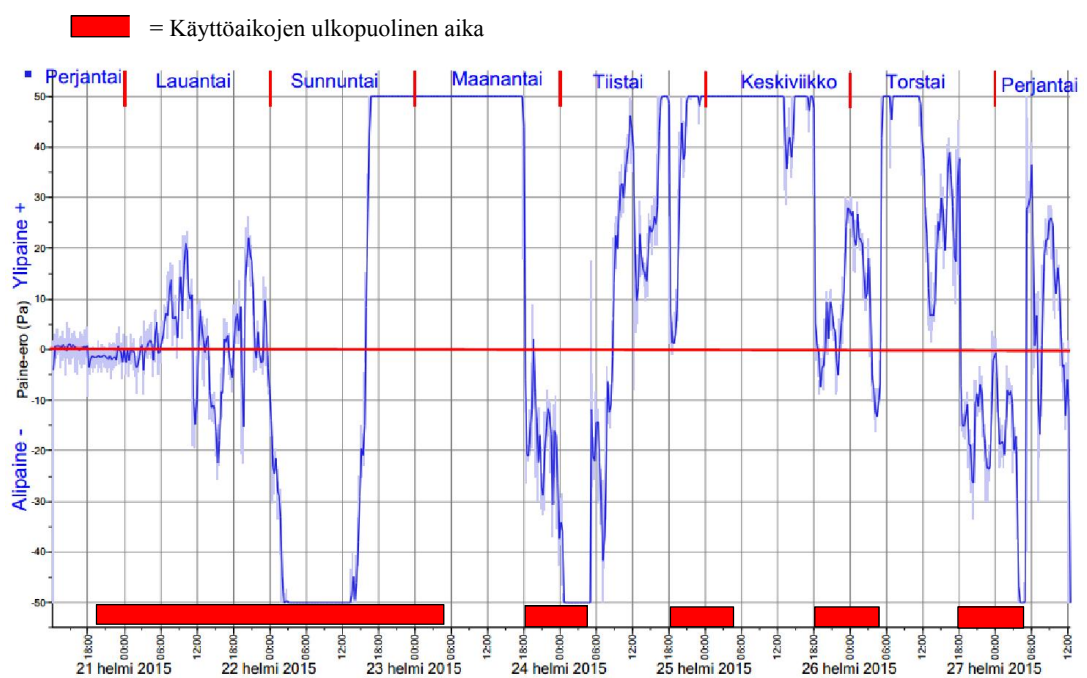
Painesuhteiden ulkovaipan yli tulisi olla normaali tapauksissa aina hieman alipaineinen. Suomenrakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaisesti maksimissaan -30 Pascalia alipaineinen ja asumisterveysoppaan mukaisesti 0- -2 Pascalia alipaineinen (koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto). Tässä kappaleessa analysoidaan sanallisesti saatuja mittaustuloksia. Kun taas poikkeuksena ovat alapohjien painesuhteet, joihin nähden rakennuksen tulisi olla ylipaineinen. Tämä sen vuoksi, etteivät maaperästä tulevat epäpuhtaudet siirtyisi rakennukseen. Mittaustulosten tarkastelussa on käytettyjä seuraavia tietoja:

- Mittapaikkojen sijainnit (ilmansuunnat) taulukosta 12
- Sääolojenkuvat kuvista 24–33
- Painesuhdekuvat kuvista 34–53
- Tuulen keskinopeus, suunta sekä ulkolämpötila taulukosta 13 ja 14
- Painesuhteiden prosentuaalinen jakauma liite 1
- Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat taulukosta 11

Rakennuksen painesuhteiden mittaukset tehtiin Tinytag TGPR – 0704 – dataloggerilla ja Pro dual PEL-N – paineanturilla. Dataloggerista saatiin kuvaaja, jossa näkyy painesuhdekäyrä. Seuraavissa kuvissa on kohteissa vallinneet paine-erot ulkoseinän yli.

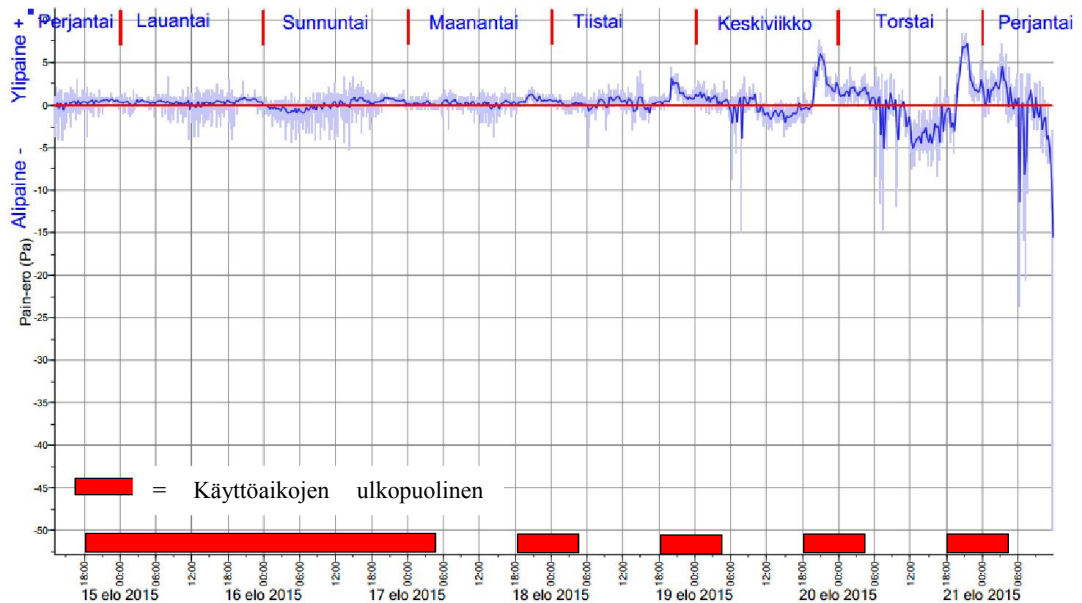
Kuvia luettaessa jokaisen kuvaajan nolla linjaan on asetettu punainen viiva kuvaamaan tasapainotilaa, eli kun rakennuksessa ei ole ali- tai ylipainetta. Yläreunassa näkyy viikonpäivä ja vasemmassa reunassa, onko rakennuksessa ali- vai ylipainetta. Lisäksi kuvan alareunassa olevat punaiset palkit kuvaavat käyttöajan ulkopuolista aikaa, sitä jolloin yleisilmanvaihto on pysäytetty. Kuvassa olevat mittausjaksot ovat viikon mittaisia ja mittaustuloksia on otettu yhden minuutin välein. Mittausjakso alkaa perjantaina ja päättyy perjantaihin. Tämä sen vuoksi että viikonlopun ajalta saataisi ehjä kuvaaja painesuhteista.

### 5.5.1 Kasarmirakennus E



**KUVA 34. Kasarmirakennus E, paine-ero vaipan yli (huone-107) (KEVÄT)**

Kuvasta 34 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään ensimmäisen mittausjakson aikana. Kuvasta voidaan nähdä, että painesuhde ei ole pysynyt vakaana ja äkillisiä muutoksia on ollut paljon. Tämä voi johtua tuulen vaikutuksesta (tuulen keskinopeus 5,1 m/s, tuulen suunta lounas-etelä ja mittalaitteen suunta pohjoiseen) Näin ollen tuuli olisi käynyt juuri mittauspisteeseen päin tai mittaletkun päähän on aiheutunut jokin este (esimerkiksi vesi, roska). Toisena vaihtoehtona on, että mittalaitteeseen on tullut jokin vika (esimerkiksi desimaalivirhe). Tätä mittausta ei voida pitää täysin luotettavana, koska tämä on ainoa erilainen saatu mittaustulos. Sääoloja voidaan katsoa kuvasta 24, jossa ei näy mitään poikkeavaa muihin sääoloihin nähden.

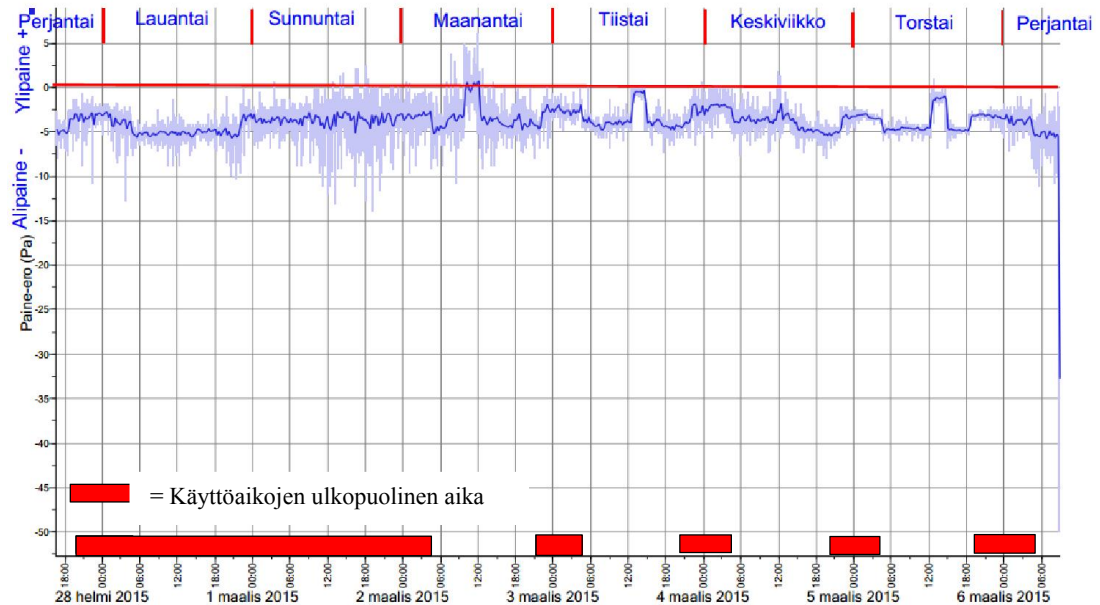


**KUVA 35. Kasarmirakennus E, paine-ero vaipan yli (huone-107) (SYKSY)**

Kuvasta 35 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn ensimmäisen mittausjakson aikana. Kevään mittausjaksoon nähden painesuhde on vakaampi ja lähempänä oikeaa tasoa. Kuitenkin paine-ero on ollut hieman (1-2 Pa) ylipaineinen puolet ajasta ja se ei ole suositeltavaa. Kuvasta on nähtävissä, kuinka painesuhde muuttuu ylipaineisemmaksi, kun yleisilmanvaihto pysäytetään. Punaiset palkit kuvaavat käyttöajan ulkopuolista aikaa, jolloin yleisilmanvaihto on pysäytetty. Mittausjakson loppua kohden käyttöajan ulkopuolinen ylipaineisuus kasvaa, vaikka rakennuksessa on toiminnassa hygieniatiilojen poistoilmanvaihto. Sääolojen vaikutusta ei tässä mittauksessa ole havaittavissa (tuulen keskinopeus 2,7 m/s, tuulen suunta länsi-pohjoinen ja mittalaitteen suunta pohjoiseen). Tällöin mittalaite jää suojanpuolelle ja tuuli ei pääse vaikuttamaan suoraan mittalaitteeseen. (sääolot kuva 25)

Rakennus on vanha (rak. 1882) puurakennus, jolloin rakennuksen tiiviys on kyseenalainen. Heikon tiiviyn vuoksi tuuli pääsee vaikuttamaan rakennukseen muuttaen painesuhteita sekä lisäksi ilmanvaihdon ilmavirrat tulisi olla säädettyinä oikein. Suosituksena tämänkaltaiseen rakennukseen voitaisi tehdä seuraavia toimenpiteitä. Lisätä hygieniatiilojen poistoilmavirtaa käyttöajan ulkopuolella sekä yleisilmanvaihdon poistoilmavirtaa käyttöajalla. Rakennuksen tiiviys tulisi todentaa mittauksin, jotta tiedettäisi todellinen tiiviys ja sen myötä tiiviyn vaikutus rakennuksen painesuhteisiin voitaisiin kartoittaa tarkemmin.

### 5.5.2 Palo Ahon toimintakeskus



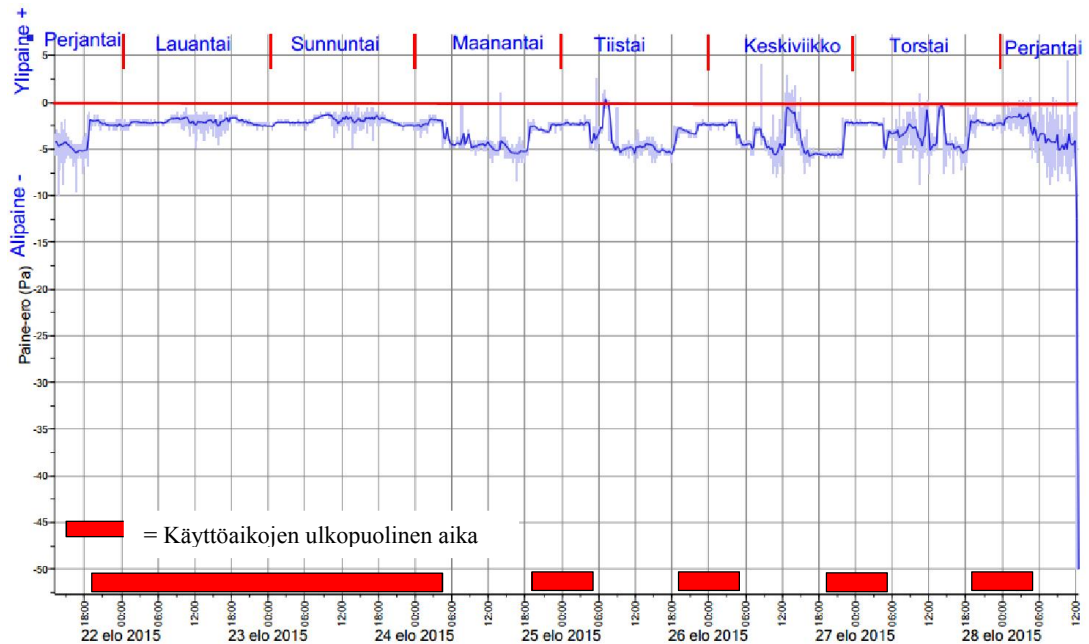
**KUVA 36. Palo Ahon toimintakeskus, paine-ero vaipan yli (huone-133) (KEVÄT)**

Kuvasta 36 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään toisen mittausjakson aikana. Rakennuksen painesuhteet ovat olleet suositeltavalla tasolla koko mittausjakson ajan. Kuvasta on nähtävissä, kuinka painesuhde on hieman vähemmän alipaineisempi käyttöajan ulkopuolella (punaisten palkkien alue) kuin käyttöajalla. Kuitenkaan mittauksen perusteella mitään huolestuttavaa asiassa ei ole.

Mittaustulokseen vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää tilan käyttöä, jos mittalaitteeseen on aiheutunut liikettä tai esteitä huonetilassa. Sääolojen vaikutus kuvan 26 perusteella on myös vähäistä (tuulen keskinopeus 4,9 m/s, tuulen suunta itä-etelä ja mittalaitteen suunta luode), vaikkakin tuuli on voinut aiheutua mittalaitteeseen rakennuksen muotojen vuoksi (liite 3).

Rakennuksen painesuhteet ovat oikealla tasolla ja mitään parannuksia ei ole tarvetta tehdä. Yleisilmanvaihto näyttäisi olevan oikein säädetty ja hygienia-tilojen poistoilmanvaihto ei aiheuta muutoksia tähän huonetilaan. Rakennus näyttäisi myös olevan tiivis, koska painesuhde pysyy suhteellisen vakiona koko ajan.



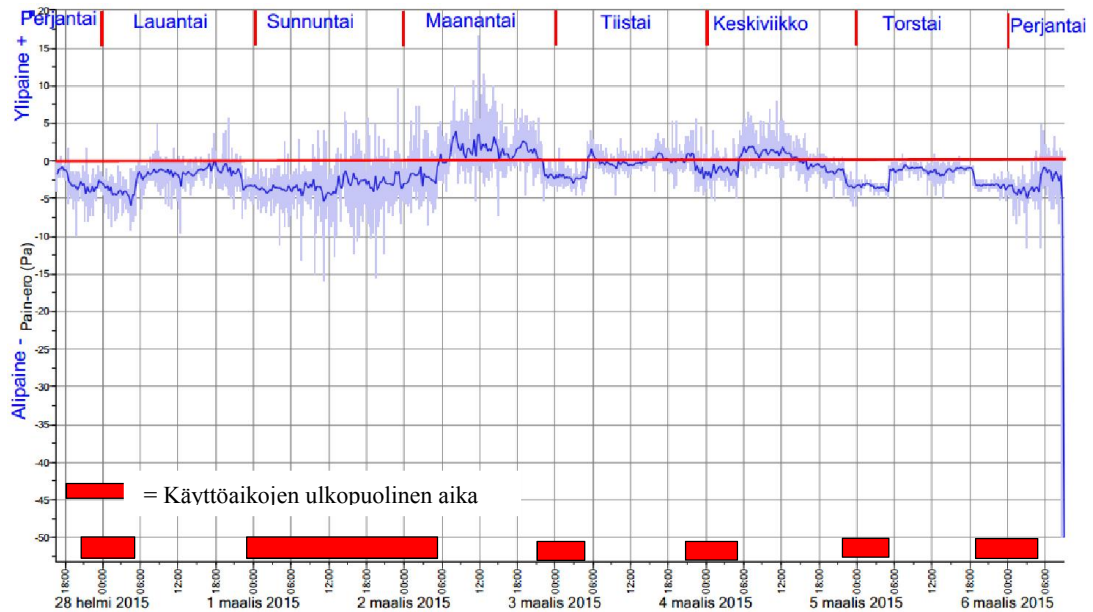


**KUVA 37. Palo Ahon toimintakeskus, paine-ero vaipan yli (huone-133) (SYKSY)**

Kuvasta 37 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn toisen mittausjakson aikana. Rakennuksen painesuhteet ovat olleet suositeltavalla tasolla koko mittausjakson ajan. Kuvasta voidaan todeta, että rakennuksen painesuhde on hieman vähemmän alipaineisempi ja tasaisempi käyttöajan ulkopuolella (punaisten palkkien alue) kuin yleisilmanvaihdon toimiessa käyttöajalla. Kuitenkaan suuresta poikkeamasta ei ole kyse ja mitään huolestuttavaa ei asiassa ole.

Mittaustulokseen vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää tilan käyttöä, jos mittalaitteeseen on aiheutunut ulkopuolista liikettä tai esteitä huonetilassa. Sääolojen vaikutus kuvan 27 perusteella on todella vähäistä (tuulen keskinopeus 1,6 m/s, tuulen suunta kaakko-lounas ja mittalaitteen suunta luode). On myös mahdollista, että tuuli on aiheuttanut pientä vaikutusta mittalaitteeseen rakennuksen muotojen vuoksi (liite 3).

Mittausten perusteella rakennukseen aiheutuu oikeanlaiset painesuhteet ja mitään parannuksia ei ole tarvetta tehdä. Käyttöajan ulkopuolisen ilmanvaihdon vaikutus on vähäistä, koska rakennus on suuri ja hygienia-tiloja on vähän. Rakennus vaikuttaisi myös olevan tiivis, koska epätiiviyteen viittaavaa ei ilmennyt.

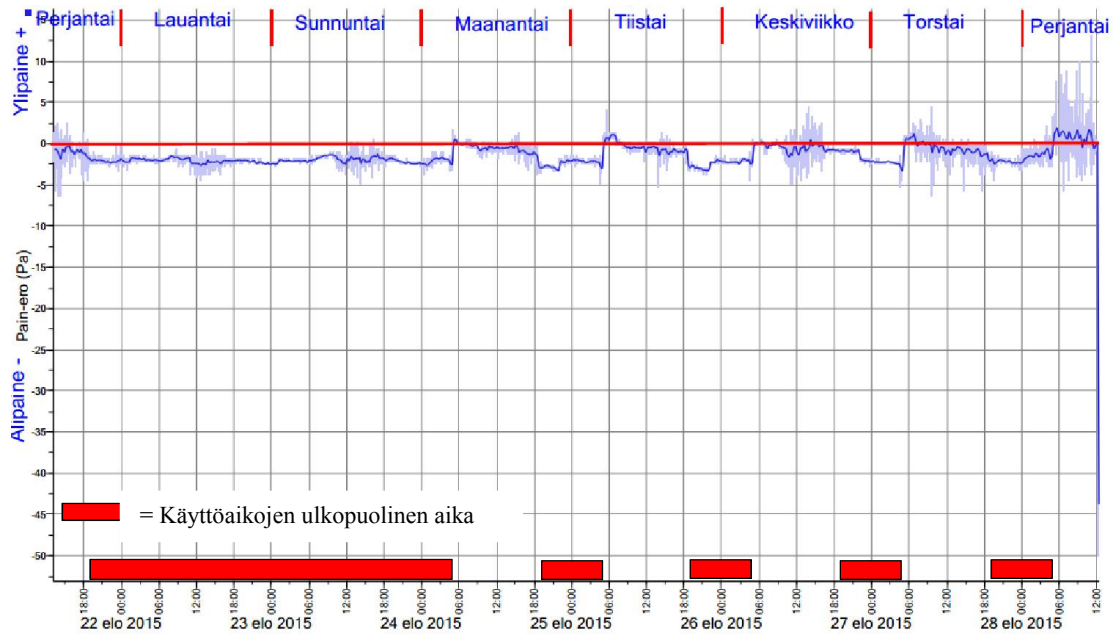


**KUVA 38. Palo Ahon toimintakeskus, paine-ero vaipan yli (huone-148) (KEVÄT)**

Kuvasta 38 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään toisen mittausjakson aikana. Rakennuksen painesuhteet ovat mittausjakson aikana olleet hyvällä tasolla, vaikkakin pieniä poikkeamia kuvasta on nähtävissä. Kuvasta voidaan nähdä, että käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa pientä alipainetta, nähden käyttöaikaan. Käyttöaikana rakennus on vähemmän alipaineinen tai hieman ylipaineinen nähden käyttöajan ulkopuoliseen aikaan. Suuresta erosta ei ole kyse, mutta kuitenkin pienikin ylipaine on haitallista.

Sääolojen vaikutus mittaukseen on nähtävissä kuvasta 26 (tuulen keskinopeus 4,4 m/s, tuulen suunta etelä-kaakko ja mittalaitteen suunta luode). Tämän perusteella on mahdollista, että tuuli on vaikuttanut mittalaitteeseen muuttaen painesuhteen ylipaineiseksi kuvien ylipaineisissa kohdissa. Kuvaajasta on nähtävissä nopeita muutoksia, jotka juuri viittaavat tuulen vaikutukseen.

Tämän mittausjakson perusteella rakennukseen aiheutuu oikeanlaiset painesuhteet ja mitään parannuksia ei ole tarvetta tehdä. Käyttöajan ulkopuolisen ilmanvaihdon (hygieniatilojen poistoilmanvaihdon) vaikutus näyttäisi olevan hieman suurempi, kuin toisessa tutkittavassa huoneessa (huone 133) ja rakennus vaikuttaisi myös olevan tiivis sekä ilmanvaihto toimii oikealla tavalla.



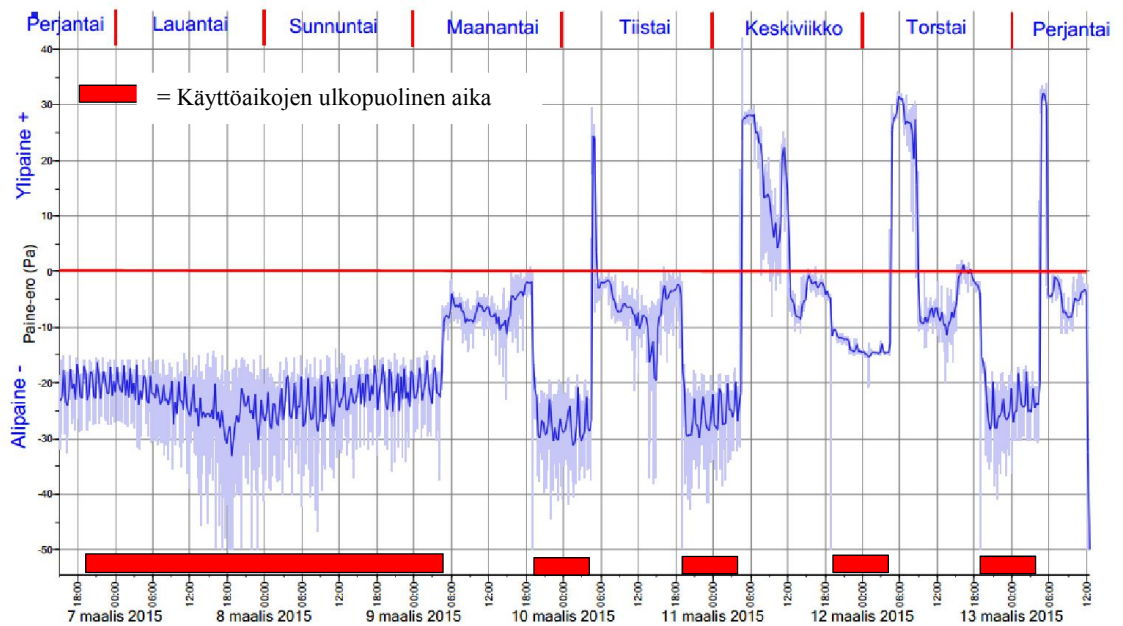
**KUVA 39. Palo Ahon toimintakeskus, paine-ero vaipan yli (huone-148) (SYKSY)**

Kuvasta 39 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn toisen mittausjakson aikana. Rakennuksen painesuhteet ovat mittausjakson aikana olleet hyvällä tasolla, vaikkakin pieniä poikkeamia kuvasta on nähtävissä. Kuvan mukaisesti käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatiilojen poistoilmavaihto aiheuttaa pientä alipainetta rakennukseen. Yleisilmanvaihdon ollessa päällä, ovat rakennuksen painesuhteet vähemmän alipaineiset. Tämä viittaa siihen, että tuuloilmavirta on suurempi kuin poistoilmavirta. Kuitenkaan kovin suuresta erosta ei ole kyse ja mitään huolestuttavaa ei asiassa ole.

Sääolojen vaikutus mittaustuloksiin voidaan katsoa kuvasta 27 (tuulen keskinopeus 1,6 m/s, tuulen suunta kaakko-lounas ja mittalaitteen suunta luode). Tämän perusteella tuulen vaikutus on vähäistä ja sen aiheuttamia vaikutuksia on havaittavissa vasta mittausjakson lopussa.

Tämän mittausjakson perusteella rakennukseen aiheutuu oikeanlaiset painesuhteet ja mitään parannuksia ei ole tarvetta tehdä. Käyttöajan ulkopuolisen ilmanvaihdon (hygieniatiilojen poistoilmavaihdon) vaikutus on hieman suurempi, kuin toisessa tutkitavassa huoneessa (huone 133). Lisäksi rakennus vaikuttaisi olevan tiivis sekä ilmanvaihto toimii oikealla tavalla.

### 5.5.3 Niiralan päiväkotit

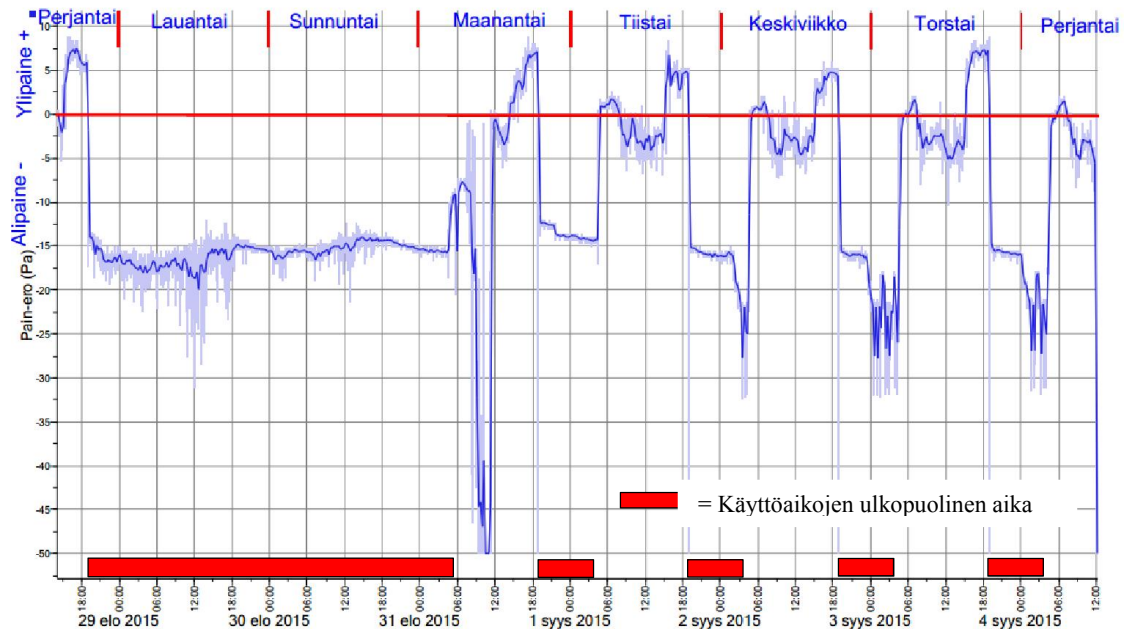


**KUVA 40. Niiralan päiväkotit, paine-ero vaipan yli (huone-023) (KEVÄT)**

Kuvasta 40 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään kolmannen mittausjakson aikana. Kuvasta voidaan nähdä, että käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygienia-tilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen alipainetta. Yleisilmanvaihdon käynnistyessä rakennukseen alipaineisuus laskee tai rakennukseen muodostuu hieman ylipainetta nähden käyttöajan ulkopuoliseen aikaan. Paine-ero käyttöaikojen välillä on suhteellisen suuri ja se ei ole hyväksi rakennukselle tai terveelliselle sisäilmalle.

Sääolojen vaikutus mittauksittain on nähtävissä kuvasta 28 (tuulen keskinopeus 4,9 m/s, tuulen suunta etelä-länsi ja mittalaitteen suunta lounas). Johtuvat kuvassa näkyvät nopeat painesuhteiden muutokset mittausjakson aikana vallinneesta tuulisuudesta. Kuitenkin tiistain ja perjantain välisinä päivinä käyttöaikana on painesuhde kohonnut jopa 30 Pascalia ylipaineiseksi. Tähän vaikuttavana tekijänä on joko rakennuksen sisällä mittalaitteeseen aiheutunut jonkinlainen haittavaikutus tai ilmanvaihdonvaikutus.

Rakennukseen aiheutuu selvästi suuri alipaine käyttöajan ulkopuolella. Parannuksena voidaan hygienia-tilojen poistoilmanvaihtoa pienentää esimerkiksi 50 % tai 70 %, jolloin alipaineisuus pienenee noin -10 Pascaliin. Käyttöaikana aiheutuva ylipaineisuus saattaa johtua väärin toimivasta ilmanvaihdosta. Tämän vuoksi ilmavirrat tulisi tarkastaa ja tarvittaessa säätää uudelleen.

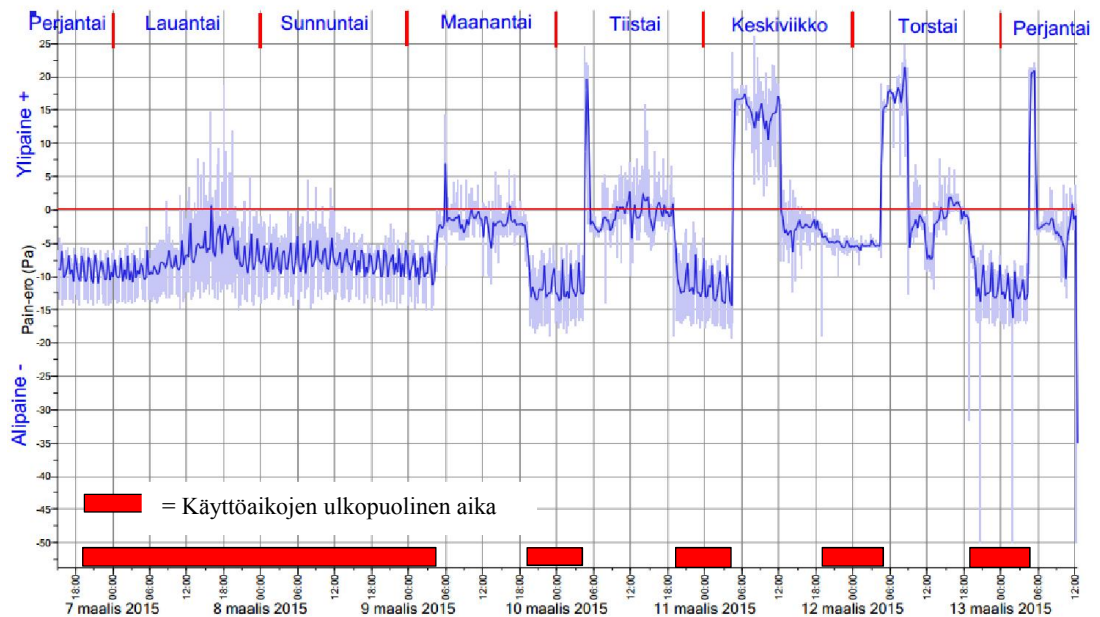


**KUVA 41. Niiralan päiväkoti, paine-ero vaipan yli (huone-023) (SYKSY)**

Kuvasta 41 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn kolmannen mittausjakson aikana. Kuvasta on nähtävissä, kuinka käyttäjän ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen alipainetta. Yleisilmanvaihdon käynnistyessä rakennuksen alipaineisuus laskee tai rakennus muuttuu hieman ylipaineiseksi. Paine-ero käyttöaikojen välillä on suhteellisen suuri sekä rakennukseen aiheutuu ylipainetta ja se ei ole hyväksi rakennukselle tai terveelliselle sisäilmalle.

Sääolojen vaikutus mittaustuloksiin on nähtävissä kuvasta 29 (tuulen keskinopeus 3,4 m/s, tuulen suunta etelä-länsi ja mittalaitteen suunta lounas). Mittalaite on ollut sijoitettuna tuulen alapuolelle, joten tuulen suurta vaikutusta ei pitäisi olla havaittavissa. Kuitenkin maanantain ja perjantain välisinä päivinä käyttöaikana on painesuhde kohonnut noin 7-8 Pascalia ylipaineiseksi. Tähän vaikuttavana tekijänä rakennuksen sisällä on mittalaitteeseen aiheutunut jonkinlainen haittavaikutus tai väärin toimiva ilmanvaihto.

Rakennukseen aiheutuu selvästi alipainetta käyttäjän ulkopuolella. Parannuksena voidaan hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa pienentää esimerkiksi 50 % tai 70 %, jolloin alipaineisuus pienenee noin -5- -7 Pascaliin. Yleisilmanvaihto vaikuttaisi aiheuttavan rakennukseen vaihtelevaa ylipainetta ja tämä saataisi poistettua lisäämällä rakennuksen yleisilmanvaihdon poistoilmavirtaa tai pienentämällä tuloilmavirtaa.



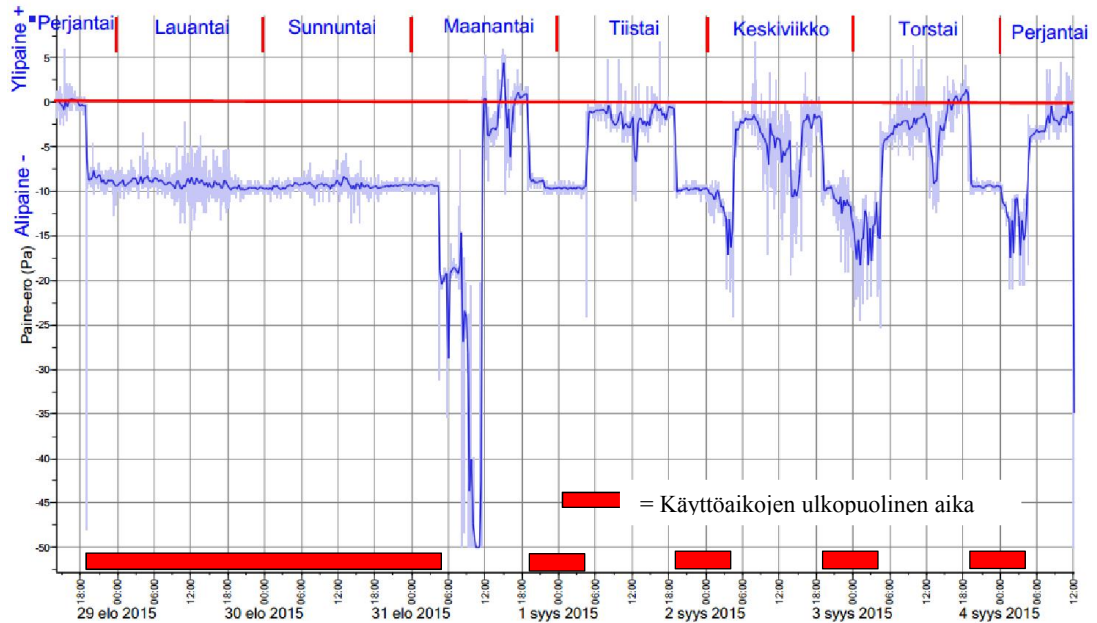
**KUVA 42. Niiralan päiväkoti, paine-ero vaipan yli (huone-216) (KEVÄT)**

Kuvasta 42 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään kolmannen mittausjakson aikana. Kuvasta voidaan katsoa, kuinka käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen alipainetta. On nähtävissä, että tiistain ja perjantain välisinä päivinä käyttöaikana on painesuhde kohonnut jopa 20 Pascalia ylipaineiseksi. Tähän vaikuttavana tekijänä on joko suuri tuulen vaikutus, joka on toistuvuudesta päätellen epätodennäköistä tai rakennuksen sisällä on mittalaitteeseen aiheutunut jonkinlainen haittavaikutus (este, paperi, ihminen, ilmavirtaus). Kolmantena vaihtoehtona on väärin säädetty ilmanvaihto, joka aiheuttaa rakennukseen ylipainetta. Aiheutunut alipaine ei ole liiallista, mutta rakennukseen aiheutunut ylipaine on ja se ei ole hyväksi rakennukselle tai terveelliselle sisäilmalle.

Sääolojen vaikutus on nähtävissä kuvasta 28 (tuulen keskinopeus 4,9 m/s, tuulen suunta etelä-länsi ja mittalaitteen suunta koillinen). Mittalaitte on ollut sijoitettuna tuulen suuntaa vasten, joten johtuvat kuvassa näkyvät nopeat muutokset tuulisuudesta.

Hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa pientä alipainetta käyttöajan ulkopuolella, jota saataisi pienennettyä vähentämällä hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa esimerkiksi 50 %, jolloin alipaineisuus laskisi -5 Pascaliin.. Käyttöaikana muodostunut ylipaineisuus saataisi poistettua lisäämällä rakennuksen yleisilmanvaihdon poistoilmavirtaa tai pienentämällä tuloilmavirtaa.





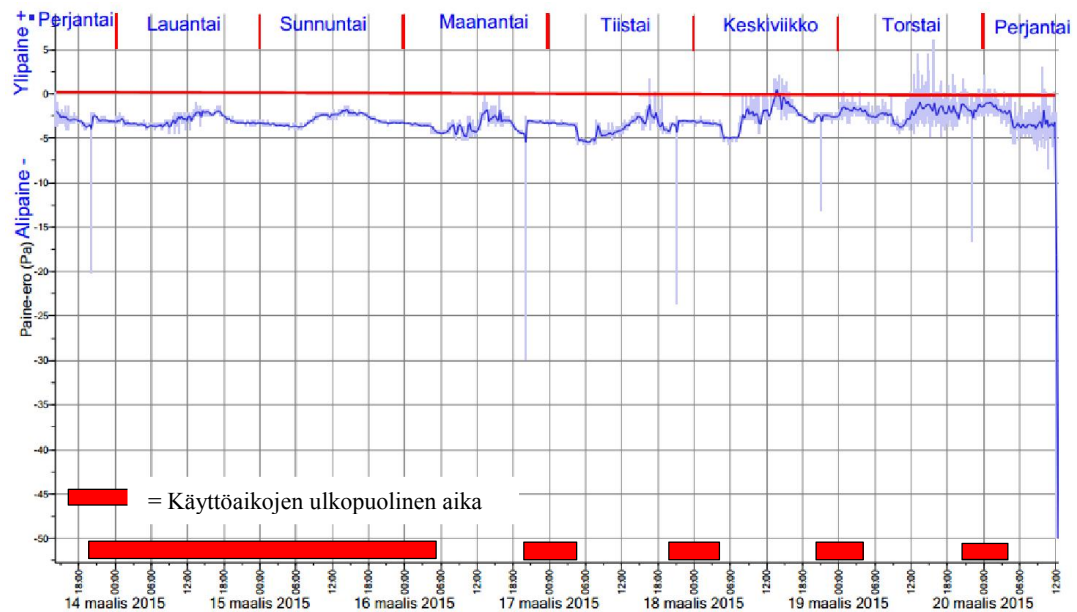
**KUVA 43. Niiralan päiväkoti, paine-ero vaipan yli (huone-216) (SYKSY)**

Kuvasta 43 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn kolmannen mittausjakson aikana. Kuvasta voidaan nähdä, kuinka käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen alipainetta. Kevään mittaukseen verrattuna käyttöaikana muodostunut ylipaineisuus on hävinnyt. Kuitenkin rakennus on vähemmän alipaineinen käyttöajalla, joka on toistuvaa. Toistuvuudesta päätellen siihen vaikuttaa yleisilmanvaihto ja ilmavirtojen suhde.

Sääolojen vaikutus on nähtävissä kuvasta 29 (tuulen keskinopeus 3,4 m/s, tuulen suunta etelä-länsi ja mittalaitteen suunta koillinen). Mittalaite on ollut sijoitettuna tuulen suuntaa vasten, joten johtuvat kuvassa näkyvät nopeat muutokset tuulisuudesta.

Hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa pientä alipainetta käyttöajan ulkopuolella. Alipainetta saataisi pienennettyä vähentämällä hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa esimerkiksi 50 %, tällöin rakennukseen aiheutuisi enää noin -5- -10 Pascalin alipaine. Käyttöaikana tilanne on hyvällä tasolla ja siihen ei ole tarvetta tehdä mitään muutoksia. Vaikkakin painesuhde on ollut satunnaisesti ylipaineinen, saattaa se johtua tuulen vaikutuksesta ja asialle ei tarvitse tehdä mitään toimenpiteitä.

### 5.5.4 Maljapuron päiväkoti

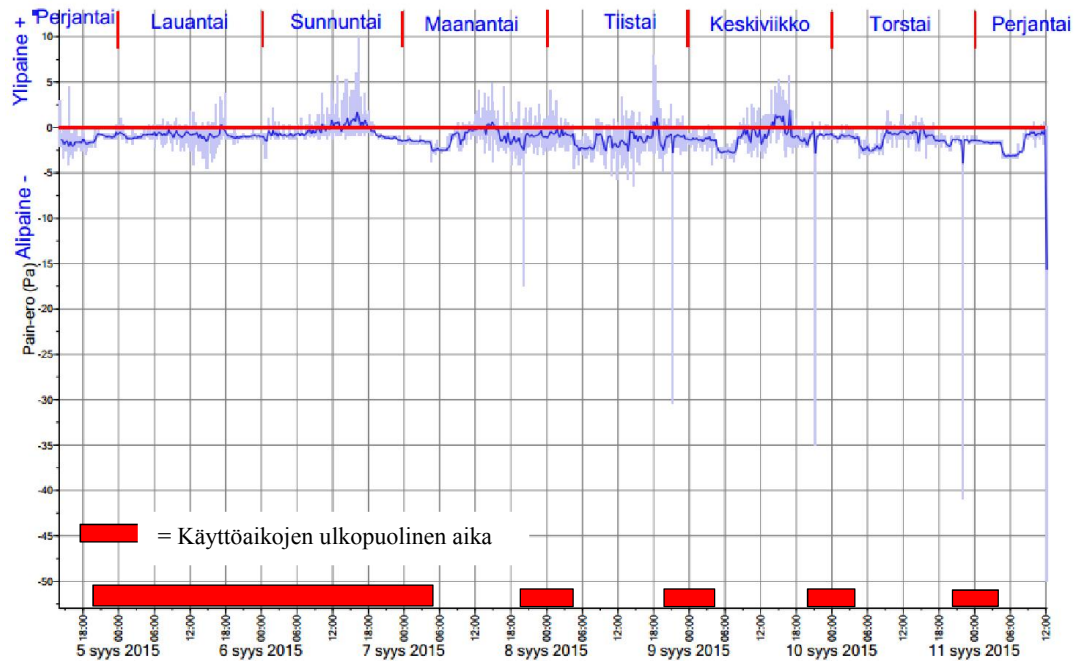


**KUVA 44. Maljapuron päiväkoti, paine-ero vaipan yli (liikuntahalli-032) (KEVÄT)**

Kuvasta 44 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään neljännen mittausjakson aikana. Rakennuksen painesuhteet ovat hyvällä tasolla ja mitään poikkeavaa ei kuvassa tapahdu. Punaisten palkkien kohdalla on esitetty käyttöaikojen ulkopuolinen aika ja rakennuksen hygieniatiilojen poistoilmanvaihto on pysäytettyä myöskin tällöin. Kuvasta on nähtävissä, kuinka rakennuksen alipaineisuus vähenee, kun ilmanvaihto pysäytetään kokonaan. Käyttöaikojen ulkopuolella rakennuksessa ei ole toiminnassa kuin lattianalaisten tilojen koneellinen erillispoisto. Kun taas käyttöaikana ilmanvaihdon ollessa toiminnassa painesuhde heittelee hieman, joka voi johtua sääolosuhteista, mittalaitteeseen kohdistuvasta häirtävaikutuksesta (ihminen, roska) tai ilmanvaihdon pienestä huojumisesta. Kohteessa ei ole havaittavissa mitään ongelmia, joten parannuksia ei ole aihetta tehdä.

Sääolojen vaikutus on nähtävissä kuvasta 30 (tuulen keskinopeus 3,4 m/s, tuulen suunta kaakko-länsi ja mittalaitteen suunta länsi). Mittausjakson lopussa on tuulen suunta ollut mittalaitteeseen päin, joten se selittää nopeat muutokset kuvassa. Verrattessa syksyn mittaukseen samasta tilasta (kuva 45) on rakennuksen alipaine suurempi johtuen lämpötila eron vaikutuksesta (tässä mittauksessa lämpötila-ero on suurempi).

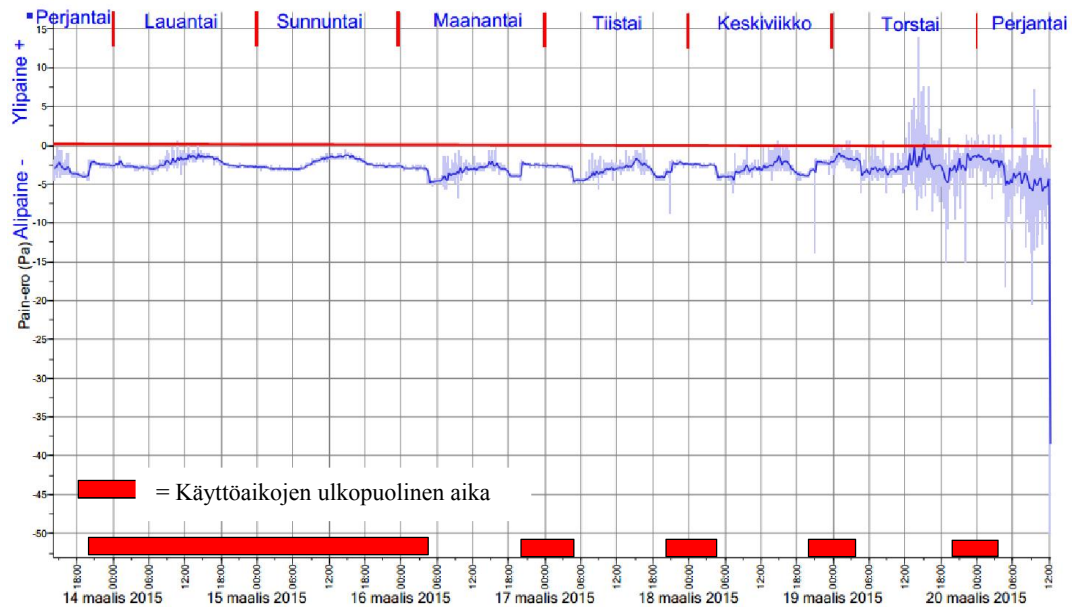




**KUVA 45. Maljapuron päiväkoti, paine-ero vaipan yli (liikuntahalli-032) (SYKSY)**

Kuvasta 45 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn neljännen mittausjakson aikana. Rakennuksen painesuhteet ovat hyvällä tasolla ja mitään huolestuttavaa ei kuvassa tapahdu. Punaisten palkkien kohdalla on esitetty käyttöaikojen ulkopuolinen aika ja rakennuksen hygieniatilojen poistoilmanvaihto on pysäytettynä myöskin tällöin. Rakennuksessa ei ole toiminnassa käyttöaikojen ulkopuolella, kuin lattianalaisten tilojen koneellinen erillispoisto. Kuvasta on nähtävissä, kuinka rakennuksen alipaineisuus vähenee, kun ilmanvaihto pysäytetään kokonaan. Käyttöaikana ilmanvaihdon ollessa toiminnassa havaitaan pientä painesuhteen huojuntaa, joka on normaalia. Kuitenkin tämä voi johtua sääolosuhteista, mittalaitteeseen kohdistuvasta häirtävaikutuksesta tai ilmanvaihdon pienestä huojumisesta. Kohhteessa ei ole havaittavissa mitään ongelmia, joten parannuksia ei ole aihetta tehdä.

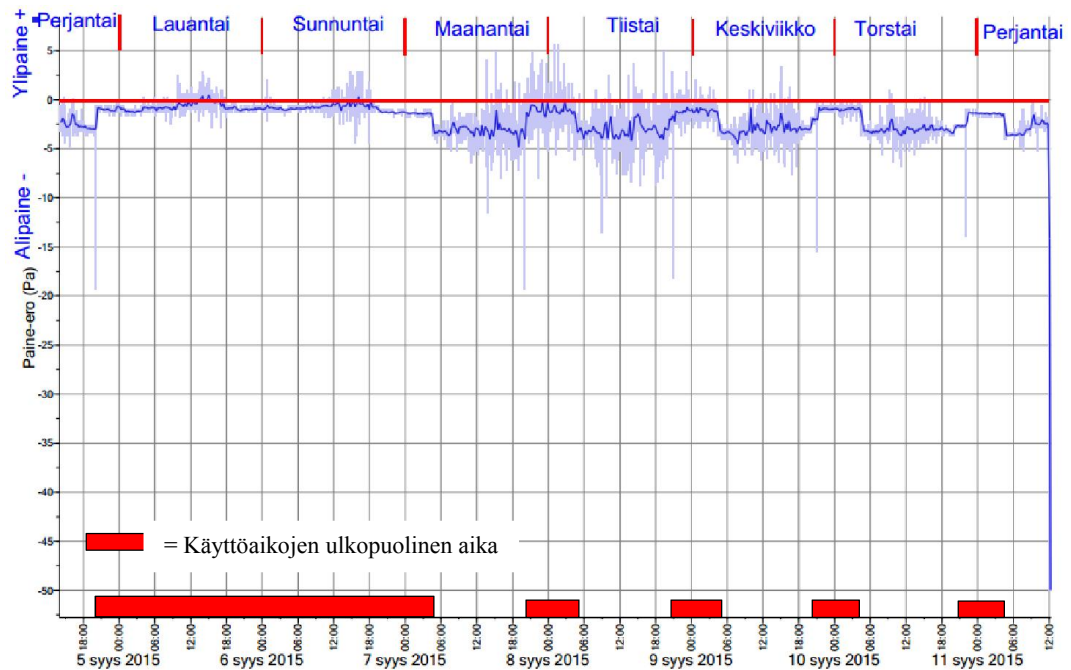
Sääolojen vaikutus on nähtävissä kuvasta 31 (tuulen keskinopeus 3,2 m/s, tuulen suunta kaakko-luode ja mittalaitteen suunta länsi). Mittausjakson aikana tuuli on käynyt osittain mittalaitteeseen päin, joten se selittää nopeat muutokset kuvassa. Verrattessa kevään mittaukseen samasta tilasta (kuva 44) on rakennuksen alipaine pienempi johtuen lämpötila eron vaikutuksesta (tässä mittauksessa lämpötila-ero on pienempi).



**KUVA 46. Maljapuron päiväkotii, paine-ero vaipan yli (toimisto-033) (KEVÄT)**

Kuvasta 46 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään neljännen mittausjakson aikana. Rakennukseen muodostuvat painesuhteet ovat suositusten mukaiset ja mitään huolestuttavaa ei kuvassa tapahdu. Punaisten palkkien kohdalla on esitetty käyttöajan ulkopuolinen aika, jolloin yleisilmanvaihto ei ole toiminnassa. Lisäksi hygieniatilojen poistoilmanvaihto toimii käyttöaikojen mukaisesti ja on pysäytettyä punaisten palkkien kohdalla. Ainoastaan lattianalaisten tilojen koneellinen poistoilmanvaihto toimii jatkuvasti. Kuvasta on nähtävissä, kuinka rakennuksen alipaineisuus vähenee, kun ilmanvaihto pysäytetään kokonaan. Ilmanvaihdon käynnistyessä kasvaa alipaineisuus hetkellisesti, jonka jälkeen palaa samalla tasolle kuin käyttöajan ulkopuolella. Käyttöaikana ilmanvaihdon ollessa toiminnassa havaitaan pientä painesuhteen huojuntaa, joka on normaalia. Kuitenkin tämä voi johtua sääolosuhteista, mittalaitteeseen kohdistuvasta häirtävaikutuksesta (ihminen) tai ilmanvaihdon pienestä huojumisesta. Rakennuksessa ei ole havaittavissa mitään ongelmia, joten parannuksia ei ole aihetta tehdä.

Sääolojen vaikutus on nähtävissä kuvasta 30 (tuulen keskinopeus 3,4 m/s, tuulen suunta kaakko-länsi ja mittalaitteen suunta pohjoinen). Mittausjakson aikana tuuli on vaikuttanut mittalaitteeseen päin, joten se selittää nopeat muutokset kuvassa. Verrattessa syksyn mittaukseen samasta tilasta (kuva 47) on rakennuksen alipaine suurempi johtuen lämpötila eron vaikutuksesta (tässä mittauksessa lämpötila-ero on pienempi).

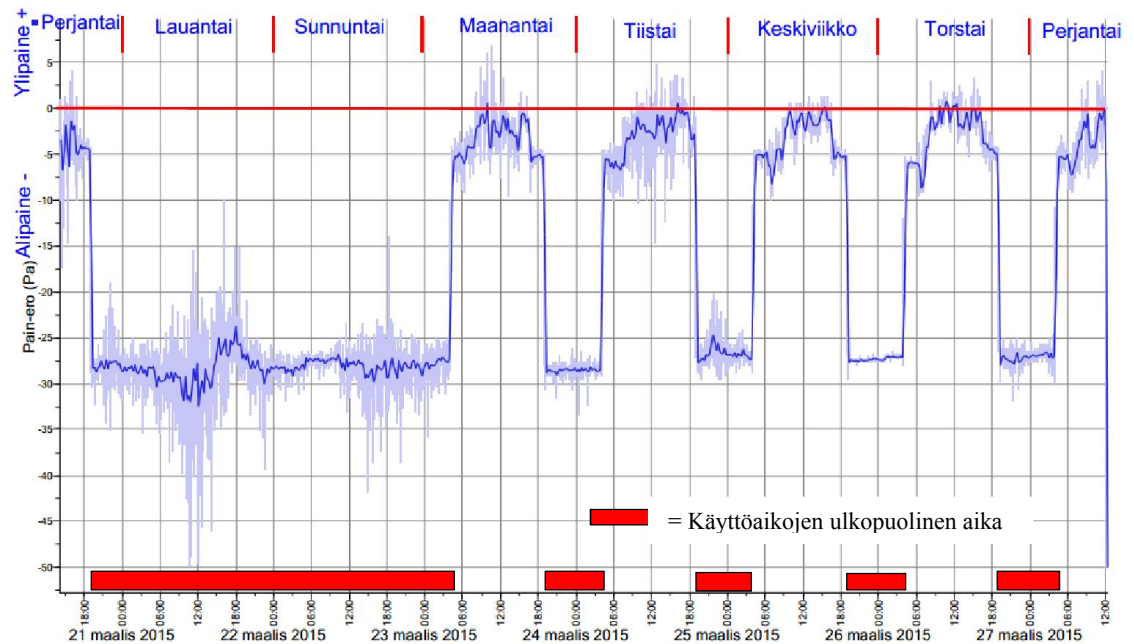


**KUVA 47. Maljapuron päiväkoti, paine-ero vaipan yli (toimisto-033) (SYKSY)**

Kuvasta 47 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn neljännen mittausjakson aikana. Rakennukseen muodostuvat painesuhteet ovat suositusten mukaisella tasolla ja mitään huolestuttavaa ei kuvassa tapahdu. Punaisten palkkien kohdalla on esitetty käyttöajan ulkopuolinen aika, jolloin yleisilmanvaihto ei ole toiminnassa. Rakennuksessa hygieniatilojen poistoilmanvaihto toimii käyttöaikojen mukaisesti ja on myös pysäytettynä punaisten palkkien kohdalla. Ainoastaan lattianalaisten tilojen koneellinen poistoilmanvaihto toimii jatkuvasti. Kuvasta on nähtävissä, kuinka rakennuksen alipaineisuus vähenee, kun ilmanvaihto pysäytetään kokonaan. Ilmanvaihdon käynnistyessä kasvaa alipaineisuus, joka kestää siihen saakka kun ilmanvaihto taas pysäytetään. Käyttöaikana ilmanvaihdon ollessa toiminnassa havaitaan pientä painesuhteen huojuntaa, joka on normaalia. Kuitenkin tämä voi johtua sääolosuhteista, mittalaitteeseen kohdistuvasta haittavaikutuksesta tai ilmanvaihdon pienestä huojumisesta. Rakennuksessa ei ole havaittavissa mitään ongelmia, joten parannuksia ei ole aihetta tehdä.

Sääolojen vaikutus on nähtävissä kuvasta 31 (tuulen keskinopeus 3,2 m/s, tuulen suunta kaakko-länsi ja mittalaitteen suunta pohjoinen). Mittausjakson aikana tuuli on vaikuttanut mittalaitteeseen päin, joten se selittää nopeat muutokset kuvassa. Verrattessa kevään mittaukseen samasta tilasta (kuva 46) on rakennuksen alipaine pienempi johtuen lämpötila eron vaikutuksesta (tässä mittauksessa lämpötila-ero on pienempi).

### 5.5.5 Haapaniemen päiväkoti

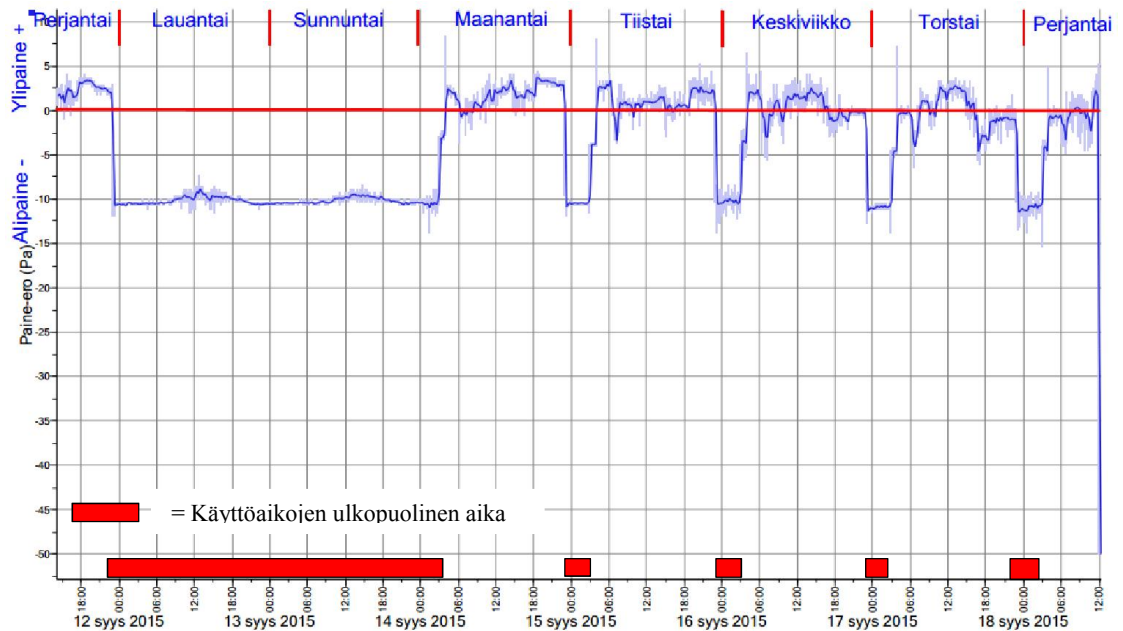


**KUVA 48. Haapaniemen päiväkoti, paine-ero vaipan yli (huone-038) (KEVÄT)**

Kuvasta 48 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut kevään viidennen ja viimeisen mittausjakson aikana. Kuvasta on nähtävissä, kuinka käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen huomattavaa alipainetta. Käyttöaikana yleisilmanvaihdon ollessa päällä, muodostuu rakennukseen vähemmän alipainetta (0- -5 Pa) ja huojuntaa, joka on sallituissa arvoissa. Paine-ero käyttöaikojen välillä on liian suuri sekä liiallinen alipaineisuus ei ole hyväksi rakennukselle tai terveelliselle sisäilmalle. Painesuhteisiin vaikuttavana tekijänä rakennuksen sisällä on väärin toimiva ilmavaihto.

Sääolojen vaikutus mittaustuloksiin on nähtävissä kuvasta 32 (tuulen keskinopeus 4,5 m/s, tuulen suunta etelä-luode ja mittalaitteen suunta länsi). Mittalaite on ollut sijoitettu tuulen alapuolelle, joten tuulen suurta vaikutusta ei pitäisi olla havaittavissa.

Rakennukseen aiheutuu selvästi alipainetta käyttöajan ulkopuolella. Parannuksena voidaan hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa pienentää esimerkiksi 50 % tai 70 %, jolloin alipaineisuus pienenee noin -8- -13 Pascaliin. Yleisilmanvaihto vaikuttaisi aiheuttavan rakennukseen pientä alipainetta joka on suositusten mukaisella tasolla ja lisäksi on havaittavissa pientä huojuntaa, joka on normaalia.

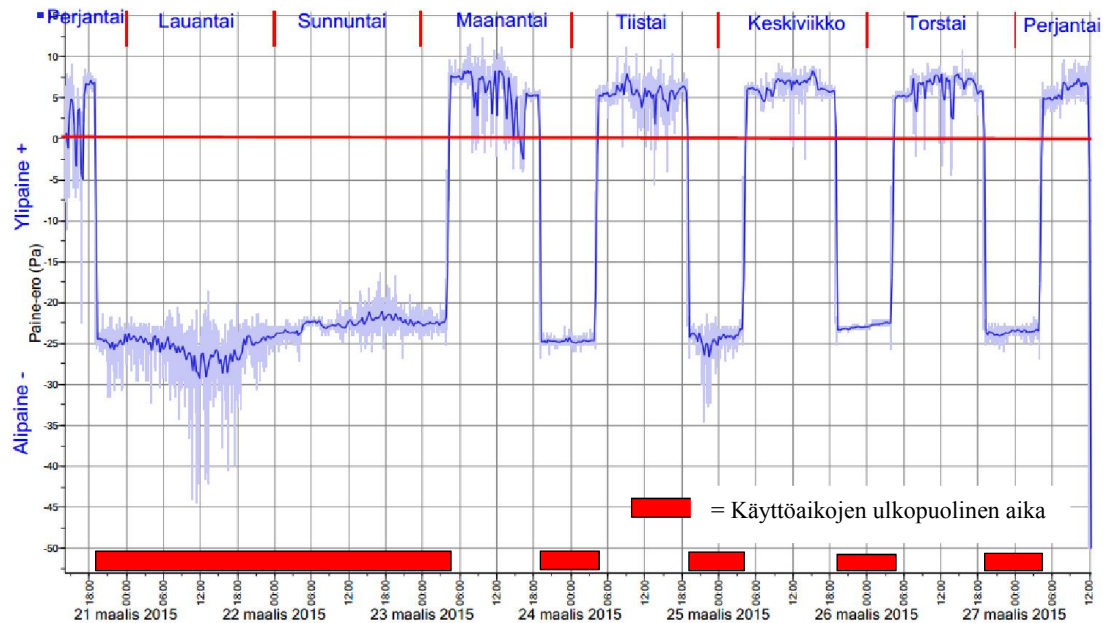


**KUVA 49. Haapaniemen päiväkoti, paine-ero vaipan yli (huone-038) (SYKSY)**

Kuvasta 49 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn viidennen ja viimeisen mittausjakson aikana. Kuvasta voidaan katsoa, kuinka käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen alipainetta, joka ei ole niin suuri kuin kevään mittauksissa (kuva 48). Käyttöaikana yleisilmanvaihdon ollessa päällä, muodostuu rakennukseen hieman ylipainetta (0-4 Pa). Rakennukseen aiheutuva ylipaineisuus ei ole suositeltavaa ja jo pienikin ylipaine aiheuttaa haittaa rakennukselle tai terveelliselle sisäilmalle.

Sääolojen vaikutus mittaustuloksiin on nähtävissä kuvasta 33 (tuulen keskinopeus 1,9 m/s, tuulen suunta kaakko-luode ja mittalaitteen suunta länsi). Mittalaite on ollut sijoitettuna tuulen alapuolelle, joten tuulen suurta vaikutusta ei pitäisi olla havaittavissa.

Rakennukseen aiheutuu selvästi alipainetta käyttöajan ulkopuolella. Parannuksena voidaan hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa pienentää esimerkiksi 50 %, jolloin alipaineisuus pienenesi noin -5 Pascaliin. Yleisilmanvaihdon ollessa toiminnassa rakennukseen aiheutuu ylipainetta, joka saataisiin poistettua lisäämällä ilmanvaihtokoneen poistoilmavirtaa.



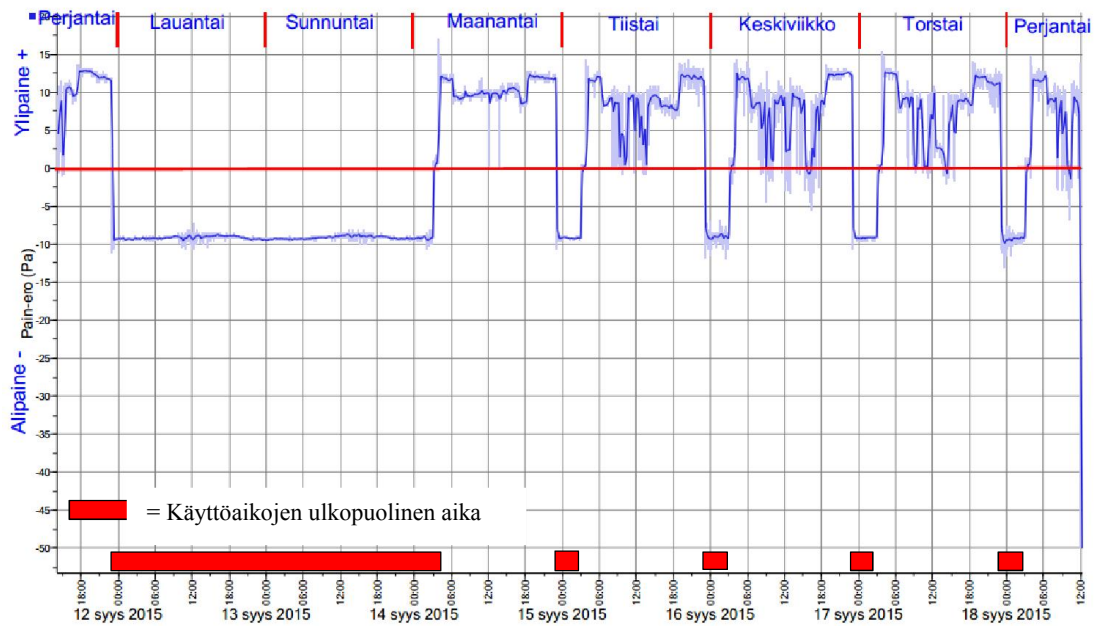
**KUVA 50. Haapaniemen päiväkotii, paine-ero vaipan yli (kanslia) (KEVÄT)**

Kuvasta 50 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut viidennen ja viimeisen mittausjakson aikana. Kuvasta on nähtävissä, kuinka käyttäjän ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen huomattavaa alipainetta (-25 Pa). Käyttöaikana yleisilmanvaihdon ollessa päällä, muodostuu rakennukseen ylipainetta (5-8 Pa). Paine-ero käyttöaikojen välillä on suuri sekä liiallinen alipaineisuus tai pienikin ylipaineisuus ei ole hyväksi rakennukselle tai terveelliselle sisäilmalle. Rakennuksen ylipaineen on aiheuttanut vääränlaiset tulo- ja poistoilmavirtojen suhteet ja kuvan avulla voidaan todeta, että tuloilmavirta on suurempi kuin poistoilmavirta.

Sääolojen vaikutus mittauksittuloksiin on nähtävissä kuvasta 32 (tuulen keskinopeus 4,5 m/s, tuulen suunta etelä-luode ja mittalaitteen suunta pohjoinen). Mittalaite on ollut sijoitettuna siten, että tuuli on päässyt vaikuttamaan hieman, mutta suurta vaikutusta ei ole havaittavissa.

Rakennukseen aiheutuu selvästi alipainetta käyttäjän ulkopuolella. Parannuksena voidaan hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa pienentää esimerkiksi 50 % tai 70 %, jolloin alipaineisuus pienenesi noin -8- -13 Pascaliin. Yleisilmanvaihdon ollessa toiminnassa rakennukseen aiheutuu ylipainetta, joka saataisiin poistettua lisäämällä ilmanvaihtokoneen poistoilmavirtaa.





**KUVA 51. Haapaniemen päiväkoti, paine-ero vaipan yli (kanslia) (SYKSY)**

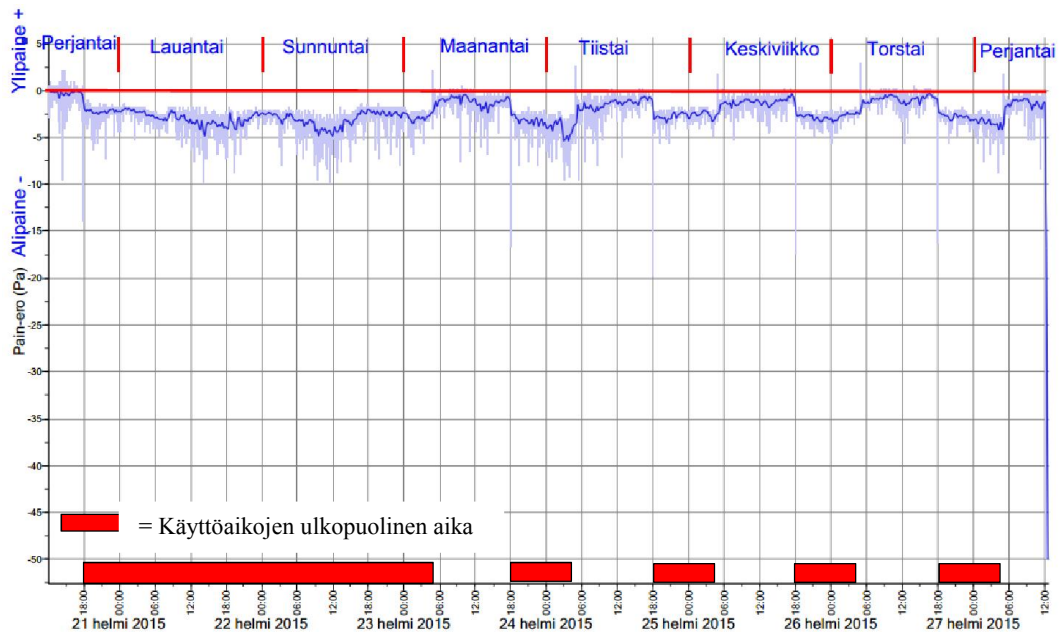
Kuvasta 51 on nähtävissä, millaiset painesuhteet ulkovaipan yli rakennuksessa on ollut syksyn viidennen ja työn viimeisen mittausjakson aikana. Kuvasta on nähtävissä, kuinka käyttöajan ulkopuolella (punaiset palkit) hygieniatilojen poistoilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen alipainetta (-10 Pa). Käyttöaikana yleisilmanvaihdon ollessa päällä, muodostuu rakennukseen ylipainetta (10–12 Pa). Paine-ero käyttöaikojen välillä on suuri sekä liiallinen alipaineisuus tai pienikin ylipaineisuus ei ole hyväksi rakennukselle tai terveelliselle sisäilmalle. Rakennuksen ylipaineen on aiheuttanut vääränlaiset tulo- ja poistoilmavirtojen suhteet ja kuvan avulla voidaan todeta, että tuloilmavirta on suurempi kuin poistoilmavirta.

Sääolojen vaikutus mittauksittain on nähtävissä kuvasta 33 (tuulen keskinopeus 1,9 m/s, tuulen suunta kaakko-luode ja mittalaitteen suunta pohjoinen). Mittalaitte on ollut sijoitettuna siten, että tuuli on päässyt vaikuttamaan hieman, mutta suurta vaikutusta ei ole havaittavissa.

Rakennukseen aiheutuu selvästi alipainetta käyttöajan ulkopuolella. Parannuksena voidaan hygieniatilojen poistoilmanvaihtoa pienentää esimerkiksi 50 % jolloin alipaineisuus pienenesi noin -5 Pascaliin. Yleisilmanvaihdon ollessa toiminnassa rakennukseen aiheutuu ylipainetta, joka saataisiin poistettua lisäämällä ilmanvaihtokoneen poistoilmavirtaa.

## 5.6 Painesuhteet alapohjan yli

### 5.6.1 Kasarmirakennus E

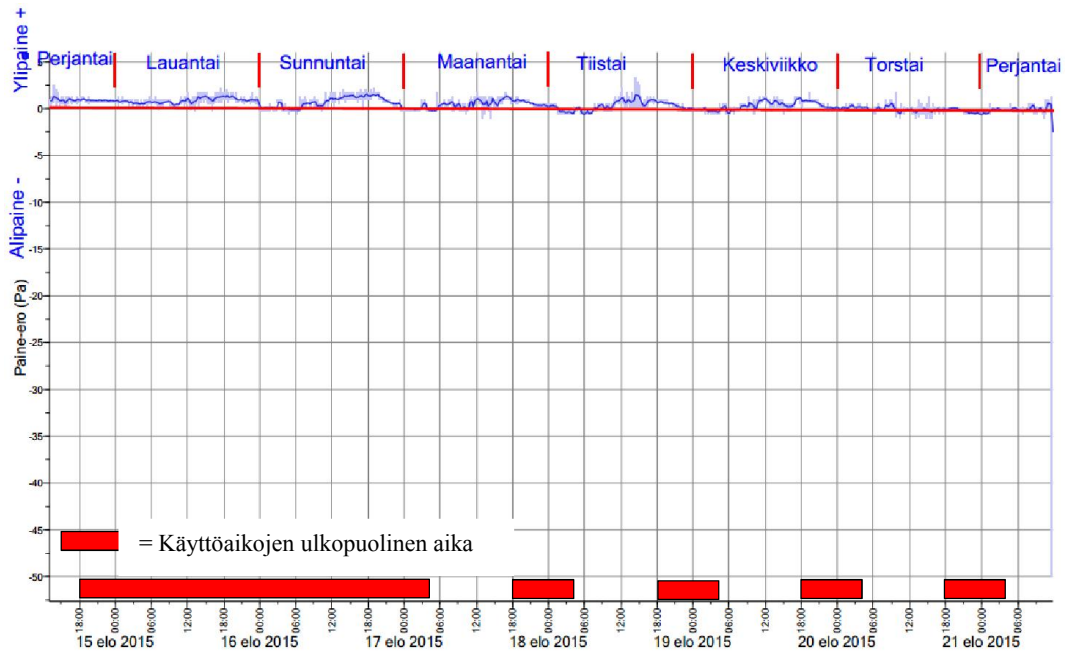


**KUVA 52. Kasarmirakennus E, paine-ero alapohjan yli (huone-132) (KEVÄT)**

Kuvasta 52 on nähtävissä, millaiset painesuhteet lattianalaiseen tilaan nähden rakennuksessa on ollut kevään ensimmäisen mittausjakson aikana. Lattianalaiset tilat tulisi suunnitella ja toteuttaa hieman alipaineisiksi rakennukseen nähden. Tässä mittauksessa rakennus on ollut alipaineinen lattianalaiseen tilaan nähden eli ilmavirtausta tapahtuu alapohjasta rakennukseen päin. Suuresta alipaineesta ei ole kyse, mutta kuitenkin se on haitallista pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa. Rakennuksen yleisilmanvaihdon vaikutus näkyy myös lattianalaisen tilan painesuhteessa. Rakennukseen muodostuu suurempi alipaine käyttäjän ulkopuolella kun yleisilmanvaihto on pysäytetty. Tämä johtuu siitä, että hygieniatilojen poistoilmanvaihto muodostaa alipainetta rakennukseen, kuitenkin suuresta erosta ei ole kyse. Käyttöaikojen ulkopuolella poistoilmapuhaltimien ollessa päällä tulisi huolehtia riittävän korvausilman tuomisesta rakennukseen.

Sääolojen vaikutusta voidaan katsoa kuvasta 24 (tuulen keskinopeus 5,1 m/s, tuulen suunta lounas-etelä ja mittalaitteen suunta etelä). Mittausjakson aikana tuulen vaikutus on ollut vähäistä, koska lattianalaisiin tiloihin tuuli vaikuttaa vain tuuletusaukkojen kautta. Verratessa kuvaa syksyn mittaukseen samasta tilasta (kuva 53) on rakennus alipaineinen lattianalaiseen tilaan nähden, johtuen lämpötilaeron vaikutuksesta (tässä mittauksessa lämpötila-ero on suurempi).





**KUVA 53. Kasarmirakennus E, paine-ero alapohjan yli (huone-132) (SYKSY)**

Kuvasta 53 on nähtävissä, millaiset painesuhteet lattialaiseen tilaan nähden rakennuksessa on ollut syksyn ensimmäisen mittausjakson aikana. Lattialaisen tilan painesuhde on oikeanlainen, kun se on ylipaineinen rakennukseen nähden. Vaikkakin kyseessä on pienehkö yli paine, niin se estää ilmapvirtausten muodostumista rakennukseen päin ja näin ollen estää myös epäpuhtauksien siirtymistä rakennukseen. Rakennuksen alapohjassa on oma jatkuvasti toimiva koneellinen poistoilmanvaihto. Yleisilmanvaihdon vaikutus näkyy myös lattialaisen tilan painesuhteessa. Rakennukseen muodostuu suurempi ylipaine, kun yleisilmanvaihto on toiminnassa. Tämä johtuu siitä, että hygieniatilojen poistoilmanvaihto muodostaa alipainetta rakennukseen käyttöajan ulkopuolella, kuitenkin suuresta erosta ei ole kyse.

Sääolojen vaikutusta voidaan katsoa kuvasta 25 (tuulen keskinopeus 2,7 m/s, tuulen suunta länsi-pohjoinen ja mittalaitteen suunta etelä). Mittausjakson aikana tuulen vaikutus on ollut vähäistä, koska lattialaisiin tiloihin tuuli vaikuttaa vain tuuletusaukkojen kautta. Verratessa kuvaa kevään mittaukseen samasta tilasta (kuva 52) on rakennus ylipaineinen lattialaiseen tilaan nähden, johtuen lämpötilaeron vaikutuksesta (tässä mittauksessa lämpötila-ero on pienempi).

## 6 POHDINTA

Tarkoituksena oli tutkia julkisten rakennusten painesuhteita käyttöajan ulkopuolella eli millaiset olosuhteet rakennukseen aiheutuu ilta ja viikonloppu aikoina sekä onko hygieniatiilojen poistoilmanvaihto tarpeellista toimia aina. Saaduista painesuhteista voitaisiin päätellä, millaisia vaikutuksia ilmanvaihdolla on rakennuksen sisäolosuhteisiin ja rakenteisiin. Painesuhteidenmittauksia suoritettiin rakennuksen ulkovaippaan sekä lattianalaisiin tiloihin nähden. Lämpötilojen mittaukset suoritettiin satunnaisesti valittuihin tiloihin.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on annettu määräyksiä ja ohjeita, joiden mukaan rakennus ei saa olla alipaineisempi kuin 30 Pascalia. Lisäksi asumisterveysoppaassa on annettu suositusarvoja painesuhteille (koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto 0-2 Pa alipainetta), mutta nämä arvot eivät ole määräyksiä. Kuitenkin hyvänä painesuhteena rakennukselle olisi 2 – 5 Pascalin alipaine, jota tulisi suosia. Mittauksista saadut painesuhteet olivat pääosin määräysten sekä suositusten mukaisella tasolla lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia.

Mittaustulosten perusteella rakennukset olivat pääasiallisesti määräysten mukaisissa arvoissa (maksimissaan 30 Pa alipainetta). Osa kohteista oli erinomaisella tasolla 2- 5 Pascalia alipainetta sekä muutamassa kohteessa oli havaittavissa ilmanvaihdon aiheuttamaa ylipainetta. Ongelmakohteissa korjaustoimenpiteinä tulisi mitata, että koko ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat ovat oikeanlaiset.

Ilmanvaihdon käyttöajat ovat suuri energiansäästökeino, jota kannattaa suosia ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on annettu määräys, että käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihto voidaan toteuttaa pitämällä hygieniatiilojen ilmanvaihtoa jatkuvasti päällä tai ilmanvaihdon jaksottaisella käytöllä. Lisäksi rakennuksen ulkoilmavirta tulisi olla vähintään  $0,15 \text{ l/s/m}^2$ , joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,2 1/h. Osassa kohteista hygieniatiilojen poistoilmanvaihto on jatkuvasti päällä, josta aiheutuu vain liiallista alipainetta rakennukseen, joka taas aiheuttaa haittaa rakennukselle ja terveelliselle sisäilmalle. Ei ole annettu määräyksiä siitä, tulisiko hygieniatiilojen poistoilmanvaihdon toimia täydellä teholla myös käyttöaikojen ulkopuolella, joten olisi suositeltavaa laskea hygieniatiilojen poistoilmanvaihtoa puoleen tai enemmänkin, kun tiloilla ei ole käyttöä. Kuitenkin ottaen huomioon, että rakennukseen saadaan toteutet-

tua riittävä ilmanvaihto käyttöajan ulkopuolella. Käyttöajan ulkopuolisen ilmanvaihdon toimivuus tulisi aina osoittaa myös mittauksin, kuten käyttöajan ilmanvaihdon toimivuus.

Etenkin vanhoissa rakennuksissa, joiden alapohja- ja muut rakenteet eivät ole tiiviitä, on painesuhteita tarkasteltaessa 30 Pascalin alipaine jatkuvaan käyttöön liian suuri. Rakennukset, joissa on havaittu sisäilmaongelmia, jo 10–15 Pascalin alipaine on jatkuvaan käyttöön liian suuri. Lisäksi vanhoissa rakenteissa esimerkiksi yläpohjat/alapohjat voi olla huomattavia epäpuhtauksia, jotka liiallisen alipaineen vuoksi siirtyvät ilmavirtausten mukana huonetiloihin. Rakennuksen parhaan käyttöiän ja terveellisen sisäilman takaamiseksi 2-5 Pascalin jatkuva alipaine on oikeanlainen. Pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa alkaa rakenteisiin päin siirtymään ilman epäpuhtauksia ja kosteutta, jos rakennukseen on jatkuvasti aiheutunut suuri alipaine. Rakennuksen painesuhteita katseltaessa ei pienikään ylipaineisuus ole hyvä, koska silloin rakennuksen sisällä oleva kosteus ja epäpuhtaudet siirtyvät rakenteisiin päin.

Lattianalaisia tiloja mitattiin ainoastaan yhdestä kohteesta johtuen mittauksien suorittamisen hankaluuden vuoksi. Tässä kohteessa oli lattianalaisen tilan ilmanvaihto toteutettu omalla jatkuvasti päällä olevalla poistopuhaltimella. Tuloksien perusteella poistopuhallin toimii tasaisesti ja mitään ongelmia ei ole havaittavissa. Lattianalaiset tilat vaativat riittävän kokoiset tuuletusaukot, jotta tuulettumista tapahtuu. Lisäksi tuulettumista voidaan tehostaa poistoilmapuhaltimella, mutta on kuitenkin muistettava, että rakennuksen tulisi olla hieman ylipaineinen lattianalaiseen tilaan nähden maaperästä rakennukseen siirtyvien epäpuhtauksien ehkäisemiseksi. Ekologisin tuuletustapa on luonnollinen tuuletus, joko tuuletusaukkojen kautta tai poistoputken kautta katolle. Tehokkain tuuletustapa on kuitenkin järjestää tuuletus poistoilmapuhaltimella. On kuitenkin paikkakohtaista, kuinka paljon epäpuhtauksia maaperästä nousee.

## Lähdeluettelo

Asikainen, Vesa. 2015. Yleisilmanvaihdon jaksottaisen käytön vaikutukset rakennusten paine-eroihin ja sisäilman laatuun. Sisäilmastoseminaari 2015. Envimetria Oy. Pdf-dokumentti.

Asumisterveysopas. 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. Pori. Ympäristö ja terveys.. 3. korj.p. Julkaistu 2009.

C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1998. kosteus, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. Pdf-dokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>. Luettu 25.7.2015.

D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. Pdf-dokumentti. [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf). Luettu 1.4.2015.

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma.2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. Pdf-dokumentti. [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf). Luettu 1.4.2015.

Fläktwoods ilmavirtojen mittaus- ja säätöopas.11/2011 Pdf-dokumentti. Luettu 15.8.2015.

Heljo, Juhani. Vihola, Jaakko. 2012. Energiansäästämahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa. Raportti 8. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennustuotanto- ja talous. Pdf-dokumentti. [http://www.tut.fi/ee/Materiaali/Epat/EPAT\\_loppuraportti.pdf](http://www.tut.fi/ee/Materiaali/Epat/EPAT_loppuraportti.pdf). Luettu 29.10.2015.

Hengitysliitto ry. 2015. Ilmanvaihtojärjestelmät. Sähköinen lähde. <http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat>. Luettu 28.10.2015.

Leivo, Virpi. 2003. Hirsirakennuksen yläpohjan tiiviys, vaikutus lämpöenergiankulutukseen. Tutkimusraportti 126. Tampereen teknillinen yliopisto. Talonrakennustekniikka. Pdf-dokumentti.

[http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/16505/leivo\\_hirsirakennuksen\\_ylapohjan\\_tiiviys.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/16505/leivo_hirsirakennuksen_ylapohjan_tiiviys.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Luettu 30.6.2015.

RT 07-10946. 2008. Sisäilmastoluokitus. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Ohjeet. Rakennustieto. Pdf-dokumentti. Luettu 30.3.2015.

RT 81-10854. 2005. Pientalon perustukset ja alapohjien liittymät. Ohjetiedosto. Rakennustieto. Pdf-dokumentti. Luettu 30.3.2015.

Seppänen Kim. 2010. Painesuhteet rakennuksen ulkovaipan yli., Aducate Reports and Books 9/2010. Kuopio. Itä-Suomen yliopisto. Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate. Pdf-dokumentti. [http://epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-952-61-0056-2/urn\\_isbn\\_978-952-61-0056-2.pdf](http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0056-2/urn_isbn_978-952-61-0056-2.pdf). Luettu 25.3.2015.

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Terveelliset tilat- tietojärjestelmä. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Sähköinen lähde.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/>. Luettu 30.6.2015

Suomen standardisoimisliitto SFS. 1992, Ilmastointi, ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaaminen ilmastointilaitoksissa. LVI 014-10190 (SFS 5512)

Tilastokeskus. Rakennusluokitus 1994. Sähköinen lähde.

[http://tilastokeskus.fi/tk/tt//luokitukset/lk/rakennus\\_index.html](http://tilastokeskus.fi/tk/tt//luokitukset/lk/rakennus_index.html)

TSI incorporated. Ilman virtausnopeuden mittari. AIRFLOW malli TA460. Käyttö ja huolto-opas. Pdf-dokumentti.

[http://www.tsi.com/uploadedFiles/\\_Site\\_Root/Products/Literature/Manuals/TA460-Finnish-6001252C.pdf](http://www.tsi.com/uploadedFiles/_Site_Root/Products/Literature/Manuals/TA460-Finnish-6001252C.pdf)

Vinha, Juha. 2012. Kosteus rakentamisessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Pdf-dokumentti.

[http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B92452E33B2BC582C22579CA004A530E/\\$file/Lahti\\_Kosteus%20rakentamisessa%20Juha%20Vinha\\_140312.pdf](http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/B92452E33B2BC582C22579CA004A530E/$file/Lahti_Kosteus%20rakentamisessa%20Juha%20Vinha_140312.pdf). Luettu

3.12.2015

**LIITE 1(1).**  
**Painesuhteen jakauma eri paikoissa**

**TAULUKKO 1. Kasarmi E vaipan painesuhteen jakauma (1.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -40	1129	11 %
-39- -30	158	2 %
-29- -20	405	4 %
-19- -10	783	8 %
-9- -5	361	4 %
-4-0	966	10 %
1-5	913	9 %
6-10	427	4 %
11-20	595	6 %
21-30	654	6 %
31-40	314	3 %
41-50	3384	34 %
<b>Yhteensä</b>	<b>10089</b>	<b>100 %</b>

**Huone 107**

**TAULUKKO 2. Kasarmi E vaipan painesuhteen jakauma (1.mittaus, syksy)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -20	4	0 %
-19- -15	10	0 %
-14- -10	18	0 %
-9- -8	28	0 %
-7- -6	61	1 %
-5- -4	198	2 %
-3- -2	428	4 %
-1-0	2662	27 %
1-2	5757	58 %
3-10	844	8 %
11-20	0	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>10010</b>	<b>100 %</b>

**Huone 107**

**TAULUKKO 3. Kasarmi E alapohjan painesuhteen jakauma (1.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -20	0	0 %
-19- -15	4	0 %
-14- -10	4	0 %
-9- -8	22	0 %
-7- -6	106	1 %
-5- -4	704	7 %
-3- -2	5346	53 %
-1-0	3682	37 %
1-2	214	2 %
3-5	0	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>10082</b>	<b>100 %</b>

**Huone 132**

**TAULUKKO 4. Kasarmi E alapohjan painesuhteen jakauma (1.mittaus, syksy)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>	
-7- -6	0	0 %	
-5- -4	0	0 %	
-3- -2	0	0 %	
-1,9- -1	15	0 %	
-0,9-0	2330	23 %	
0,1-1	6790	68 %	
1,1-2	841	8 %	
3-4	32	0 %	
5-6	0	0 %	
<b>Yhteensä</b>	<b>10008</b>	<b>100 %</b>	<b>Huone 132</b>

**TAULUKKO 5. Palo Ahon toimintakeskus vaipan painesuhteen jakauma (2.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>	
-50- -20	0	0 %	
-19- -15	0	0 %	
-14- -10	19	0 %	
-9- -8	65	1 %	
-7- -6	444	5 %	
-5- -4	4094	43 %	
-3- -2	3994	42 %	
-1-0	864	9 %	
1-2	111	1 %	
3-10	26	0 %	
<b>Yhteensä</b>	<b>9617</b>	<b>100 %</b>	<b>Huone 133</b>

**TAULUKKO 6. Palo Ahon toimintakeskus vaipan painesuhteen jakauma (2.mittaus, syksy)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>	
-50- -20	0	0 %	
-19- -15	0	0 %	
-14- -10	1	0 %	
-9- -8	10	0 %	
-7- -6	182	2 %	
-5- -4	3012	30 %	
-3- -2	4945	49 %	
-1-0	1823	18 %	
1-2	51	1 %	
3-10	4	0 %	
<b>Yhteensä</b>	<b>10028</b>	<b>100 %</b>	<b>Huone 133</b>



**TAULUKKO 7. Palo Ahon toimintakeskus vaipan painesuhteen jakauma  
(2.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -20	0	0 %
-19- -15	3	0 %
-14- -10	14	0 %
-9- -8	43	0 %
-7- -6	153	2 %
-5- -4	919	10 %
-3- -2	2886	30 %
-1-0	3495	36 %
1-2	1524	16 %
3-12	575	6 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9612</b>	<b>100 %</b>

**Huone 148**

**TAULUKKO 8. Palo Ahon toimintakeskus vaipan painesuhteen jakauma  
(2.mittaus, syksy)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-9- -8	0	0 %
-7- -6	3	0 %
-5- -4	32	0 %
-3- -2	4029	40 %
-1-0	4784	48 %
1-2	1059	11 %
3-10	121	1 %
<b>Yhteensä</b>	<b>10028</b>	<b>100 %</b>

**Huone 148**

**TAULUKKO 9. Niiralan päiväkotiki vaipan painesuhteen jakauma (3.mittaus,  
kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -40	51	1 %
-39- -30	905	9 %
-29- -20	2611	26 %
-29- -10	2730	28 %
-9-0	2704	27 %
1-10	176	2 %
11-20	164	2 %
21-30	441	4 %
31-40	121	1 %
41-50	1	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9904</b>	<b>100 %</b>

**Huone 023**

**TAULUKKO 10. Niiralan päiväkoti vaipan painesuhteen jakauma (3.mittaus, syksy)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -40	127	1 %
-39- -30	120	1 %
-29- -20	433	4 %
-19- -10	5315	53 %
-9-5	297	3 %
-4-0	1846	19 %
1-5	1196	12 %
6-10	621	6 %
11-20	0	0 %
21-50	0	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9955</b>	<b>100 %</b>

**Huone 023**

**TAULUKKO 11. Niiralan päiväkoti vaipan painesuhteen jakauma (3.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -30	3	0 %
-29- -25	0	0 %
-24- -20	0	0 %
-19- -15	498	5 %
-14- -10	1496	15 %
-9- -5	3325	34 %
-4- 0	3107	31 %
1- 5	607	6 %
6-10	83	1 %
11-15	179	2 %
16-20	513	5 %
21-25	100	1 %
26-30	1	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9912</b>	<b>100 %</b>

**Huone 216**

**TAULUKKO 12. Niiralan päiväkotiki vaipan painesuhteen jakauma (3.mittaus, syksy)**

Paineluokka (Pa)	Kappalemäärä	Jakauma (%)
-50- -40	119	1 %
-39- -30	18	0 %
-29- -20	200	2 %
-19- -10	2064	21 %
-9- -5	4104	41 %
-4-0	2849	29 %
1-5	592	6 %
6-10	12	0 %
11-20	0	0 %
21-30	0	0 %
31-40	0	0 %
41-50	0	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9958</b>	<b>100 %</b>

**Huone 216**

**TAULUKKO 13. Maljapuron päiväkotiki vaipan painesuhteen jakauma (4.mittaus, kevät)**

Paineluokka (Pa)	Kappalemäärä	Jakauma (%)
-50- -20	3	0 %
-19- -10	2	0 %
-9- -5	215	2 %
-4-0	9635	97 %
1-5	105	1 %
6-10	1	0 %
11-50	0	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9961</b>	<b>100 %</b>

**Liikuntahalli 032**

**TAULUKKO 14. Maljapuron päiväkotiki vaipan painesuhteen jakauma (4.mittaus, syksy)**

Paineluokka (Pa)	Kappalemäärä	Jakauma (%)
-50- -10	4	0 %
-9- -4	28	0 %
-3- -2	1599	16 %
-1-0	7286	73 %
1-2	929	9 %
3-10	118	1 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9964</b>	<b>100 %</b>

**Liikuntahalli 032**

**TAULUKKO 15. Maljapuron päiväkotiki vaipan painesuhteen jakauma (4.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -20	1	0 %
-19- -10	21	0 %
-9- -5	190	2 %
-4-0	9643	97 %
1-5	104	1 %
6-10	6	0 %
11-50	1	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9966</b>	<b>100 %</b>

**Toimisto 033**

**TAULUKKO 16. Maljapuron päiväkotiki vaipan painesuhteen jakauma(4.mittaus, syksy)**

<b>Painejakauma (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-50- -10	8	0 %
-9- -5	172	2 %
-4- -2	4190	42 %
-1- 0	5204	52 %
1-2	348	3 %
3-5	37	0 %
6-10	2	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9961</b>	<b>100 %</b>

**Toimisto 033**

**TAULUKKO 17. Haapaniemen päiväkotiki vaipan painesuhteen jakauma (5.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>
-49- -40	15	0 %
-39- -30	551	6 %
-29- -20	5007	50 %
-19- -10	98	1 %
-9- -5	1069	11 %
-4-0	2796	28 %
1-5	427	4 %
6-50	2	0 %
<b>Yhteensä</b>	<b>9965</b>	<b>100 %</b>

**Huone 038**

**TAULUKKO 18. Haapaniemen päiväkoti vaipan painesuhteen jakauma (5.mittaus, syksy)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>	
-49- -40	0	0 %	
-39- -30	0	0 %	
-29- -20	0	0 %	
-19- -10	3415	34 %	
-9- -5	680	7 %	
-4-0	1955	20 %	
1-5	3885	39 %	
6-50	21	0 %	
<b>Yhteensä</b>	<b>9956</b>	<b>100 %</b>	<b>Huone 038</b>

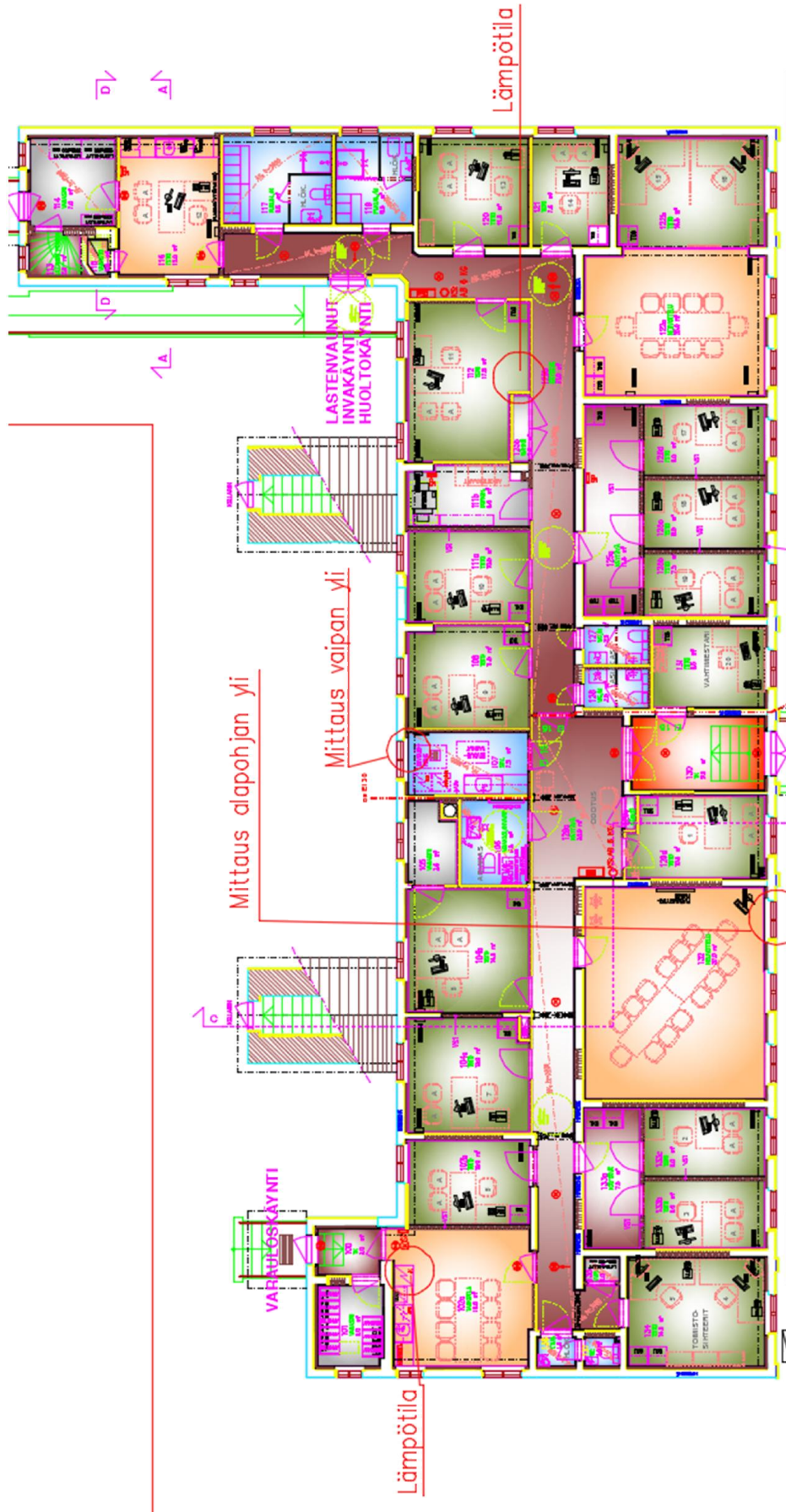
**TAULUKKO 19. Haapaniemen päiväkoti vaipan painesuhteen jakauma (5.mittaus, kevät)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>	
-50- -40	7	0 %	
-39- -30	106	1 %	
-29- -20	5426	54 %	
-19- -10	50	1 %	
-9- -5	82	1 %	
-4-0	197	2 %	
1-5	760	8 %	
6-10	3322	33 %	
11-20	11	0 %	
21-50	0	0 %	
<b>Yhteensä</b>	<b>9961</b>	<b>100 %</b>	<b>Kanslia 1.krs</b>

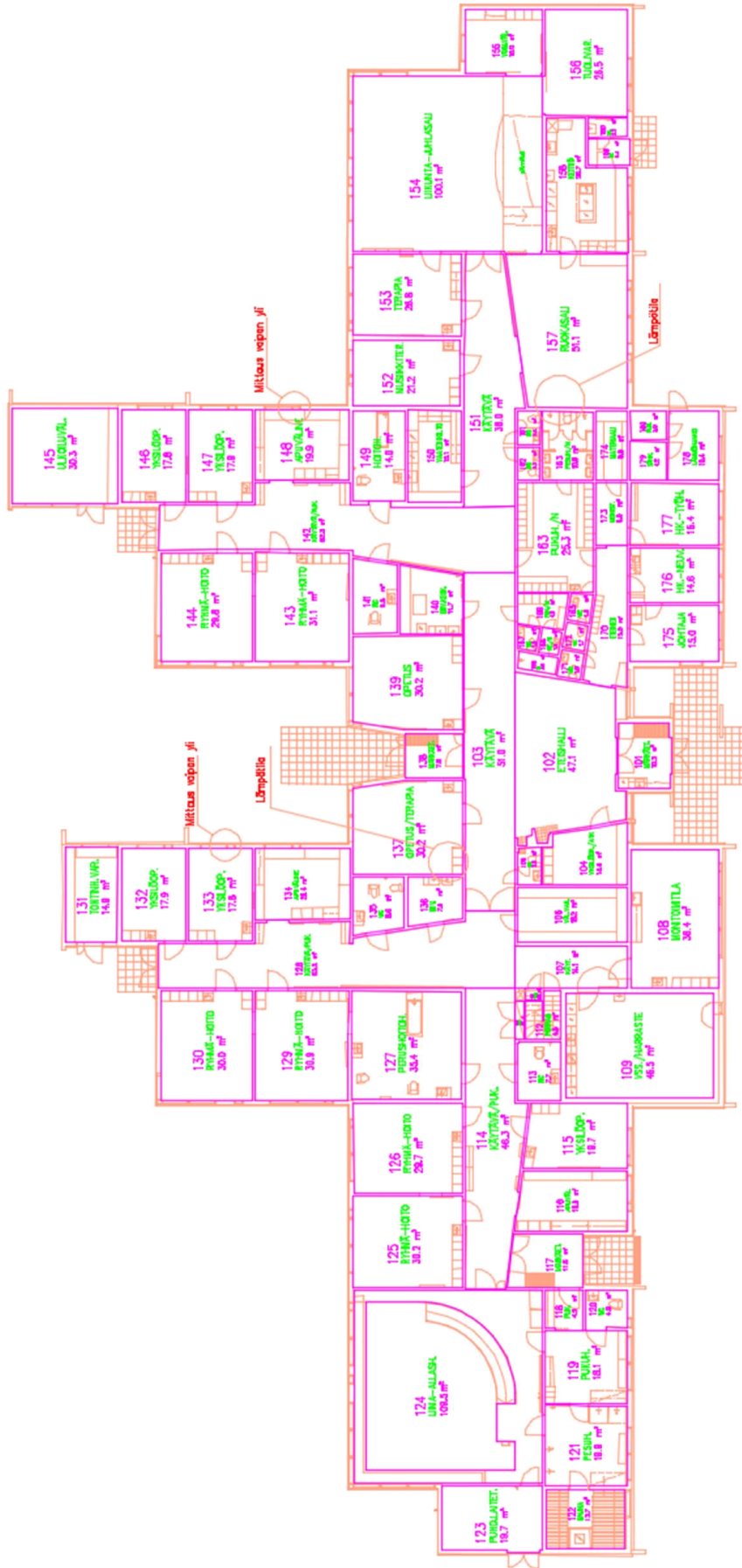
**TAULUKKO 20. Haapaniemen päiväkoti vaipan painesuhteen jakauma (5.mittaus, syksy)**

<b>Paineluokka (Pa)</b>	<b>Kappalemäärä</b>	<b>Jakauma (%)</b>	
-49- -40	0	0 %	
-39- -30	0	0 %	
-29- -20	0	0 %	
-19- -10	129	1 %	
-9- -5	3955	40 %	
-4-0	309	3 %	
1-5	724	7 %	
6-10	2440	25 %	
11-15	2394	24 %	
16-20	3	0 %	
<b>Yhteensä</b>	<b>9954</b>	<b>100 %</b>	<b>Kanslia 1.krs</b>

LIITE 2.  
Kasarmi E pohjakuva



LIITE 3.  
Palo Ahon toimintakeskus pohjakuva



















LIITE 6(1).  
Haapaniemen päiväkotikellarikerros pohjakuva

