

Jouko Riuttala

TOIMISTON ILMASTOINNIN PARANNUSEHDOTUS

Energiatekniikan koulutusohjelma

2011

TOIMISTON ILMASTOINNIN PARANNUSEHDOTUS

Riuttala, Jouko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2011
Ohjaaja: Sandberg, Esa
Sivumäärä: 59
Liitteitä: 12

Asiasanat: Ilmastointi, sisäilmasto, toimisto, lämmöntalteenotto.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Cupori Pori Oy:n putkitehtaan toimistorakennuksen ensimmäisen kerroksen ilmastoinnin mahdolliset ongelmakohdat sisäilmakyselyin ja lämpöolojen mittauksin sekä tehdä niiden pohjalta parannusehdotus ilmastointijärjestelmään. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella laitoksen energiataloudellisuutta.

Työ aloitettiin tutustumalla nykyiseen ilmastointijärjestelmään ja sen mitoitukseen. Toimistossa tehtiin kysely henkilökunnalle sisäilmastoon liittyen ja kun ongelmakohdat oli selvitetty, suoritettiin lämpöolojen mittaukset

Mittaustuloksista todettiin, että pieniä paikallisia ongelma-kohtia löytyy, mutta muuten nykyinen ilmastointijärjestelmä riittää pitämään sisäilmaston hyvällä tasolla. Työn lopussa on esitetty parannusehdotukset ongelma-kohtien korjaamiseksi ja ilmastointijärjestelmän poistoilman lämmöntalteenoton toteuttamiseksi.

PROPOSAL FOR IMPROVEMENTS OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM IN AN OFFICE

Riuttala, Jouko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy Technology

May 2011

Supervisor: Sandberg, Esa

Number of pages: 59

Appendices: 12

Keywords: air conditioning, indoor air, office, heat recovery

The aim of this thesis was to find out possible problems of the air conditioning system by doing inquiries and measurements in the first floor office of Cupori Pori Oy. With that basis a proposal for improvements of the air conditioning system was made. The aim was also to review the energy efficiency of the equipment.

The work was started by getting acquainted with current air conditioning system and its dimensioning. The indoor climate inquiry was made among the personnel and after the black spots were found the indoor climate measurements were done.

Measurement results showed that there are some local problems in the air conditioning but overall the current system is adequate enough to keep the indoor climate at a good level. In the end of the thesis is shown the proposals for improvements for repairing the black spots and the execution of heat recovery system is also presented.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SISÄILMASTON OLOSUHTEET.....	6
2.1	Ilman laatu	6
2.2	Lämpöolot.....	7
2.3	Ilman liike ja veto	7
2.4	Ilmanvaihto	8
3	SISÄILMASTOLUOKITUKSIEN TAVOITEARVOT.....	9
3.1	Sisäilmaston raja-arvojen saavuttaminen.....	9
3.2	Sisäilmastoluokat	9
3.2.1	S1: Yksilöllinen sisäilmasto	11
3.2.2	S2: Hyvä sisäilmasto	11
3.2.3	S3: Tyydyttävä sisäilmasto	11
3.3	Puhtausluokitus.....	11
4	SISÄILMAKYSELY	13
4.1	Sisäilmakyselyn tulokset.....	14
4.1.1	Alakerran kyselyn tulokset.....	15
4.1.2	Yläkerran kyselyn tulokset.....	24
4.2	Sisäilmakyselyn yhteenveto.....	28
5	SISÄILMASTON MITTAUKSET	29
5.1	Mittauslaitteisto	29
5.2	Mittausten toteutus.....	31
5.3	Ilmanvaihtojärjestelmän asetusarvot.....	35
5.4	Mittaustulokset.....	35
5.4.1	Toimiston lämpötilamittausten tulokset	36
5.4.2	Toimiston hiilidioksidipitoisuusmittausten tulokset	37
5.4.3	Toimiston hetkellisten virtausnopeuksien ja lämpötilojen mittaustulokset ..	38
5.4.4	Toimiston sisäilmamittaustulosten yhteenveto	39
6	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT	41
6.1	Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus ja laiteluettelo	41
6.2	Passiivipalkit.....	43
6.3	Johtopäätökset ja parannusehdotukset.....	43
	LÄHDELUETTELO	46
	LIITTEET	
	1. Sisäilmakyselykaavake	
	2. Sisäilmamittauksen excel-kaaviot	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Cupori Oy Porin putkitehtaan toimistorakennuksen ensimmäisen kerroksen ilmanvaihdon parannusehdotus.

Kohteena on tehdasarakennuksen yhteydessä, sen sivussa, sijaitseva kaksikerroksisen toimistorakennuksen ensimmäinen kerros, Kuparitie 60, 28101 Pori (Kuva 1.1). Ensimmäisen kerroksen pinta-ala on noin 350 m². Toimistotila on jaettu toimistohuoneisiin ja kahteen avoimeen toimistotilaan. Avoimissa toimistotiloissa on käytössä siirreltävät ja noin kaksi metriä korkeat sermit työpisteiden jakamiseen. Toimisto on etelä- pohjoissuunnassa ja toimistotilojen ikkunat ovat etelään ja itään päin. Ensimmäisessä kerroksessa on jäähdytyspalkkijärjestelmä toteutettuna passiivipalkein.



Kuva 1.1. Cupori Oy Porin putkitehdas

Cupori Oy on pyytänyt ilmanvaihtojärjestelmän parannusehdotusta toimistorakennuksen ensimmäiseen kerrokseen, koska toimistossa on valitettu ilmanvaihdon aiheuttamasta vedosta ja lämpötilaoloista. Työhön kuului eri ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmiin tutustuminen niin käytännössä kuin kirjallisuuden avulla. Tarkoituksena oli löytää sopiva ratkaisu toimiston ilmanvaihtoon, mahdollisesti lämmöntalteenotolla.

Sisäilmakysely ja -mittaukset suoritettiin heti alkuun ongelmien kartoittamiseksi.

2 SISÄILMASTON OLOSUHTEET

2.1 Ilman laatu

Ihmiset oleskelevat sisätiloissa noin 90 % ajasta. Tämän vuoksi sisäilman laatu on ihmisille tärkeämpi kuin ulkoilman laatu. Huonosta sisäilmasta aiheutuu vuosittain satojen miljoonien eurojen ylimääräiset kustannukset sairauskustannusten ja poissaolojen muodossa. Rakennuksen sisäilmastoon vaikuttaa itse rakennus ja sen LVIA-laitteisto. (Seppänen, Seppänen 1997, 10.)

Sisäilmasto muodostuu huoneessa vaikuttavien kemiallisten, fysikaalisten yms. olosuhteiden kokonaisuudesta. Sen tärkeimmät tekijät ovat huoneen lämpöolosuhteet: lämpö ja veto, sekä ilman laatutekijät: erilaiset kemialliset ja biologiset epäpuhtaudet, kosteus ja pölyt. (Seppänen, Seppänen 1997, 11.)

On otettava huomioon ihmisten erilainen sisäilmasto-ongelmien kokeminen. Olosuhteiden henkilökohtainen säätömahdollisuus onkin ihmisten viihtyvyyden kannalta tärkeää. (Seppänen, Seppänen 1997, 12.)

Cupori Oy Porin putkitehtaan toimistorakennuksen ilman lämpötila ja vetoisuus vaihtelevat toimiston eri puolten välillä melko paljon. Osassa avotoimistoa on huomattavan tuntuista vetoa aivan työpisteiden kohdalla ja osassa toimistoa ilmanvaihto ei puolestaan riitä jäähdyttämään tiloja tarpeeksi, etenkin kesäisin. Toimistotiloissa on siis huomattavia eroavuuksia ilman olosuhteissa. Yhtenä syynä tähän lienee se, että toimistotilaa on muunneltu korkeilla siirreltävillä sermeillä, eikä ilmapirta pääse siis kulkemaan enää suunnitellulla tavalla.

2.2 Lämpöolot

Lämpötilat vaikuttavat henkiseen ja fyysiseen suorituskykyyn siten, että suorituskyky laskee lämpötilan noustessa. Korkea lämpötila nostaa myös rakennusmateriaalien epäpuhtaustuottoa aiheuttaen välillisesti ilman laadun heikkenemistä ja suhteellisen kosteuden alenemista. Lämpöoloille asetetut vaatimukset ja raja-arvot perustuvat yleensä lämpöviihtyvyyteen ja kehon lämpötasapainoon. (Seppänen, Seppänen 1997, 15-18.)

Huoneen lämpötila ei pysy vakiona. Siihen vaikuttaa mm. säätölaitteiden toiminta, lämpökuormat ja ulkolämpötilojen vaihtelut. Suuret lämpötilan vaihtelut koetaan epämiellyttävinä, vaikka lämpötilat pysyisivät keskimäärin oikeina. Nopean lämpötilan muutoksen tulisi pysyä alle 1,1 °C/h. Lämpötila ei saisi nousta työpäivän aikana yli 4 °C ja muutosnopeuden tulisi olla alle 0,6 °C/h. Pään ja nilkkojen välillä ei saisi olla yli 3 °C lämpötilaeroa. Vaikka olosuhteet keskimäärin olisivat kohdallaan, saattaa lämpösäteily etenkin suurten ikkunoiden ja lämmittimien läheisyydessä tuntua epämiellyttävältä. (Seppänen, Seppänen 1997, 15-18.)

Cupori Oy Porin putkitehtaan toimistorakennuksessa on paljon suuria ikkunoita, joissa on sälekaihtimet pienentämässä auringon aiheuttamaa lämpötehoa. Toimistossa on jäähdytys poistamassa tätä ylikämpöä. Toimistossa on etenkin kesäaikaan huomattavaa ylikämpöä.

2.3 Ilman liike ja veto

Vedon tunne syntyy lämmön siirtymisestä iholta. Lämmön siirtymiseen vaikuttaa ilman nopeuden lisäksi lämpösäteily (kylmän pinnan läheisyys) ja vähäinen vaatetus. Vedon tunne on yksilöllistä. Ilmanvaihto voi aiheuttaa vetoa. Vetoa voi tulla myös heikkolaatuisten ikkunoiden tai muutoin epätiivisiin tai puutteellisesti eristetyin rakennuksen vaipan kautta. Isot ja kylmät pinnat voidaan myös aistia vetoisina. Alhaisissa lämpötiloissa veto voimistaa kylmän vaikutusta. Korkeissa lämpötiloissa

veto parantaa lämmönsietoa, sillä se edesauttaa ihon viilenemistä. (Sisäilmayhdistyksen www-sivut.)

2.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tehtävänä on laimentaa ja poistaa epäpuhtauksia oleskeluvyöhykkeeltä. Ihmisen aineenvaihdunnan määrä asettaa ilmanvaihdon minimivaatimukset. Ilmanvaihdon tarpeeseen vaikuttavat lisäksi kosteuden-, huonekalujen- ja rakennusmateriaalien päästöjen sekä tupakansavun laimennuksista aiheutuvat vaatimukset. Ilmanvaihdon energiankulutus on huomattava osa koko rakennuksen energia tarpeesta. (Kovanen ym. 1993, 97.)

Ihmisten vaatimukset koskevat lähinnä ilman terveellisyyttä ja viihtyisyyttä. Huono ilmanvaihto aiheuttaa oireita. Rakenteiden ja rakennuksen asettamat vaatimukset koskevat lähinnä ilman lämpötilaa, -kosteutta ja -epäpuhtauksia. (Puhakka, Bäck, Kalso, 119-120.)

3 SISÄILMASTOLUOKITUKSIEN TAVOITEARVOT

Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu käytettäväksi asetettaessa tavanomaisia työ- ja asuintiloja (toimisto- ja julkiset rakennukset, koulu-, päiväkot- ja asuinrakennukset sekä muut vastaavat rakennukset) koskevia sisäilmastotavoitteita. Luokituksessa määritellyt tavoitetasot (Kuva 3.1) kuvaavat nykytiedon mukaan terveyden ja viihtyisyyden kannalta turvallisia, viranomaisvaatimuksia korkealaatuisempia sisäilmasto-olosuhteita. Luokitus on tarkoitettu ensisijaisesti uudisrakennuskohteiden sisäilmastotavoitteiden asettamiseen, mutta soveltaen sitä voidaan käyttää myös perusparannushankkeen tavoitteiden asettelussa. (Sisäilmastoluokitus 2008.)

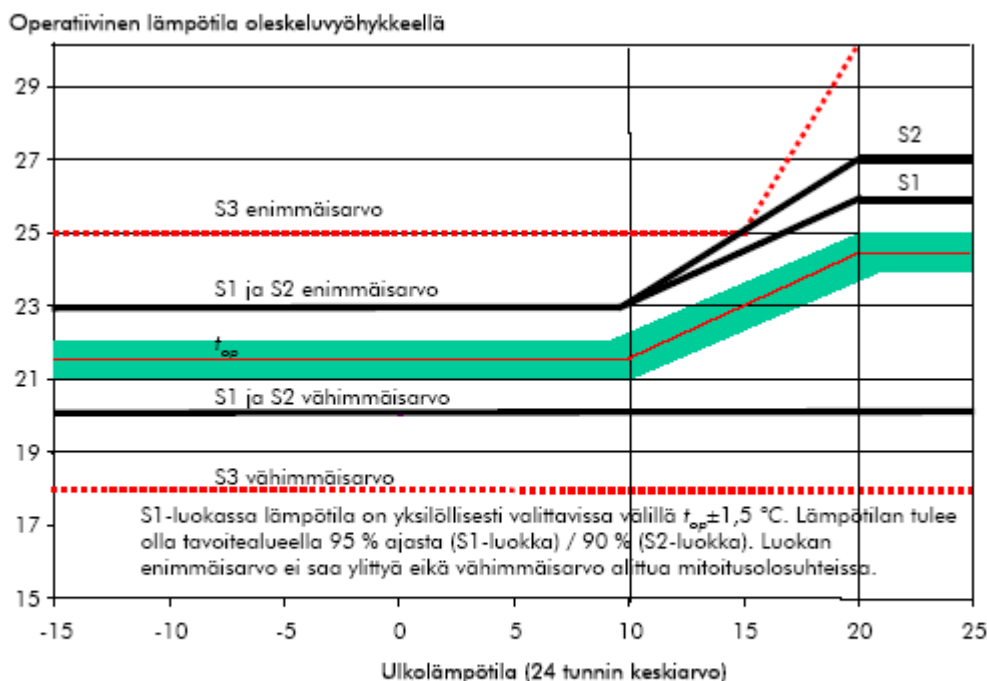
3.1 Sisäilmaston raja-arvojen saavuttaminen

Riippumatta ulkoisesta ja sisäisestä kuormituksesta, tavoitteena on aina sisäilmaston raja-arvojen saavuttaminen. Rakennuksen ja kaikkien laitteiden suunnittelun ja rakentamisen tulee perustua raja-arvoja ylittämättömiin normaaliolosuhteisiin. Vain poikkeustilanteessa (esimerkiksi pakkas- tai hellekausi) raja-arvot voivat ylittyä. Kun poikkeama ei aiheuta terveydellistä vaaraa, voidaan tilannetta pitää tyydyttävänä. Raja-arvot koskevat oleskeluvyöhykettä. (LVI 05-10144.)

3.2 Sisäilmastoluokat

Sisäilmastoluokituksen tavoitearvot on pyritty asettamaan siten, että luokka S3 vastaa maankäyttö- ja rakennuslain sekä terveydensuojelulain 309/2006 (RT STM-21319, LVI STM-00341) vaatimuksia. Nykytietämyksen mukaan tämän luokituksen tavoitearvojen toteutuessa ei terveille henkilöille aiheudu terveyshaittaa, jos rakennuksessa on suunnitellulla tavalla toimiva ilmanvaihto ja poikkeuksellisia epäpuhtauslähteitä ei ole. Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen: laatuluokat S1, S2 ja S3. Luokka S1 on paras, mikä merkitsee suurempaa tyytyväisten osuutta. Tavoitteen

asettaminen sisäilmastolle edesauttaa eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä ja viihtyvyyttä vaarantavien ongelmien syntymisen riskiä. (Sisäilmastoluokitus 2008.)



Lämpötilan tavoitearvot Sisäilmastoluokitus 2008:ssa. Lämpötilan tavoitealue S1-luokassa on esitetty tummennettuna. Alueen keskellä oleva viiva (T_{op}) on lämpötilan astusarvo.

Ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvoja tiloissa, jotka täyttävät crittään vähäpäästöisen rakennuksen kriteerit. Huonelämpötilan hallinta tai varautuminen muuntojoustoon saattavat edellyttää suurempia ilmavirtoja.

Tila	Lattia-ala m ² /hlö	S1-luokka		S2-luokka	
		dm ³ /s per henkilö	dm ³ /s per neliö	dm ³ /s per henkilö	dm ³ /s per neliö
Toimitila, normaali tilatehokkuus	12	16	1,5	13	1,5
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	14	2,0	11	1,5

Kuva 3.1. Sisäilmastoluokitus 2008:n lämpötilojen tavoitearvot sekä ulkoilmavirtojen mitoitusarvot.

3.2.1 S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllilämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

3.2.2 S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllilämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

3.2.3 S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. Eri suureiden tavoite- ja suunnittelu-arvot voidaan valita eri laatuluokista tai tarvittaessa määrittellä jonkin suureen arvo tapauskohtaisesti jättää kokonaan määrittelemättä. (Sisäilmastoluokitus 2008.)

3.3 Puhtausluokitus

Puhtausluokitus ilmanvaihtojärjestelmille jaetaan kahteen luokkaan: P1 ja P2, joista P1 on korkeatasoisempi. P1 luokkaan kuuluvat työ- ja asuintilat, joissa pyritään sisäilmastoluokkiin S1 tai S2. P2 luokkaan kuuluvat tavanomaiset työ- ja asuintilat,

joissa pyritään sisäilmastoluokan S3 mukaiseen sisäilmaston laatuun. (Sisäilmastoluokitus 2008.)

Puhtausluokan 1 mukaan rakennuksen tulee olla puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Tuloilmakanavat ja kanavaosat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotarvikkeista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista. Tiivistemateriaalina käytetään rakennusmateriaalien päästöluokkaan M1 tai M2 luokiteltuja tai muuten emissioiltaan alhaisiksi tunnettuja materiaaleja. Laitoksessa ei käytetä palautusilmaa lukuun ottamatta vain yhtä asuntoa palvelevia ilmanvaihtokoneita. Ilmanvaihtokoneiden tuloilmapuolelle asennetaan puhtausluokiteltu suodatin, jonka erotusaste vastaa vähintään luokkaa F8/EU8 ja joka on lisäksi varustettu EU3 luokan esisuodattimella. Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla enintään $1,0 \text{ g/m}^2$ suodatinmenetelmällä mitattuna. (Sisäilmastoluokitus 2008.)

4 SISÄILMAKYSELY

Ennen mittausten aloittamista teetettiin sisäilmakysely toimiston työntekijöillä. Tarkoituksena oli saada tarkemmin selville alakerran toimistotilan sisäilmaan liittyvät ongelmat ja ongelmapaikat. Näin saatiin selville mihin paikkoihin mittaukset tuleen tarkemmin kohdistaa. Vaikka sisäilman ongelmat toimistorakennuksessa kohdistuivat ensimmäisen kerroksen toimistotiloihin, otettiin toinenkin kerros mukaan kyselyyn vertailun vuoksi.

Kyselyssä käytettiin valmista sisäilmakyselykaavaketta (Liite 1), jota muokattiin hieman tarkoitukseen sopivaksi. Sisäilmakysely suoritettiin maaliskuussa 2010. Kysymykset liittyivät sisäilmaolosuhteisiin, niiden aistimisiin ja tuntemuksiin sekä mahdollisiin sisäilmaolojen aiheuttamiin oireisiin.

Sisäilmaolosuhteita tiedusteltiin seuraavasti:

1. Vedon tunnetta
2. Liian korkea huonelämpötila
3. Liian matala huonelämpötila
4. Tunkkainen ilma
5. Kuiva ilma
6. Kosteaa ilmaa
7. Epämiellyttävä haju
8. Havaittava pöly
9. Ilmanvaihdon aiheuttama ääni häiritsevä
10. Häiritsevä ilmavirtaus, paperit liikkuu

Sisäilmaolosuhteiden aiheuttamia oireita tiedusteltiin seuraavasti:

1. Päänsärky
2. Pahoinvointi
3. Väsymys
4. Nuha, nenän tukkoisuus
5. Yskä, kurkkukipua

Vastausvaihtoehdot olivat: Kyllä, Ei ja Ei osaa sanoa.

Tämän lisäksi kyselylomakkeeseen lisättiin kohta, "Jotain muuta ilmanvaihtoon liittyvää", johon sai vapaasti kertoa muut kyseiseen ilmanvaihtoon liittyvät tuntemuksensa

4.1 Sisäilmakyselyn tulokset

Sisäilmakyselystä saadut tulokset jakautuvat kahteen osaan, sen mukaan työskenteleekö vastaaja toimistohuoneessa vai avoimessa toimistotilassa. Lisäksi tulokset on jaettu kahden eri kerroksen mukaan, mutta toinen kerros on mukana vain vertailukohtana.

Kyselyistä saatujen tulosten perusteella on tehty kaaviot koetuista sisäilmaolosuhteista ja sisäilmaolosuhteiden aiheuttamista oireista.

4.1.1 Alakerran kyselyn tulokset

Alakerran toimistotilassa kyselyyn vastanneita oli 20, joista 7 työskentelee toimistohuoneessa ja 13 avoimessa toimistotilassa.

Alakerran toimistohuoneet:

1. Vedon tunnetta

	Lkm	%
Kyllä	3	43
Ei	4	57
Eos	0	0
Yht.	7	100

2. Liian korkea huonelämpötila

	Lkm	%
Kyllä	3	43
Ei	3	43
Eos	1	14
Yht.	7	100

3. Liian matala huonelämpötila

	Lkm	%
Kyllä	6	86
Ei	1	14
Eos	0	0
Yht.	7	100

4. Tunkkainen ilma

	Lkm	%
Kyllä	4	57
Ei	2	29
Eos	1	14
Yht.	7	100

5. Kuiva ilma

	Lkm	%
Kyllä	3	43
Ei	4	57
Eos	0	0
Yht.	7	100

6. Kosteaa ilmaa

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	7	100
Eos	0	0
Yht.	7	100

7. Epämiellyttävä haju

	Lkm	%
Kyllä	2	29
Ei	5	71
Eos	0	0
Yht.	7	100

8. Havaittava pöly

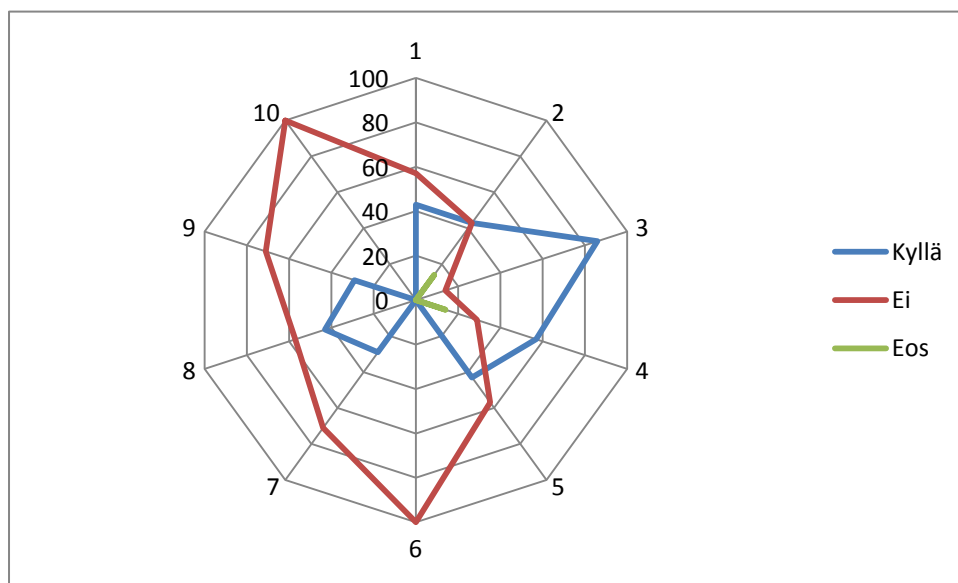
	Lkm	%
Kyllä	3	43
Ei	4	57
Eos	0	0
Yht.	7	100

9. Ilmanvaihdon aiheuttama ääni häiritsevä

	Lkm	%
Kyllä	2	29
Ei	5	71
Eos	0	0
Yht.	7	100

10. Häiritsevä ilmavirtaus, paperit liikkuu

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	7	100
Eos	0	0
Yht.	7	100



Kuva 4.1. Alakerran toimistohuoneiden sisäilmaolosuhteiden kyselyn tulokset.

1. Päänsärky

	Lkm	%
Kyllä	1	14
Ei	6	86
Eos	0	0
Yht.	7	100

2. Pahoinvointi

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	7	100
Eos	0	0
Yht.	7	100

3. Väsymys

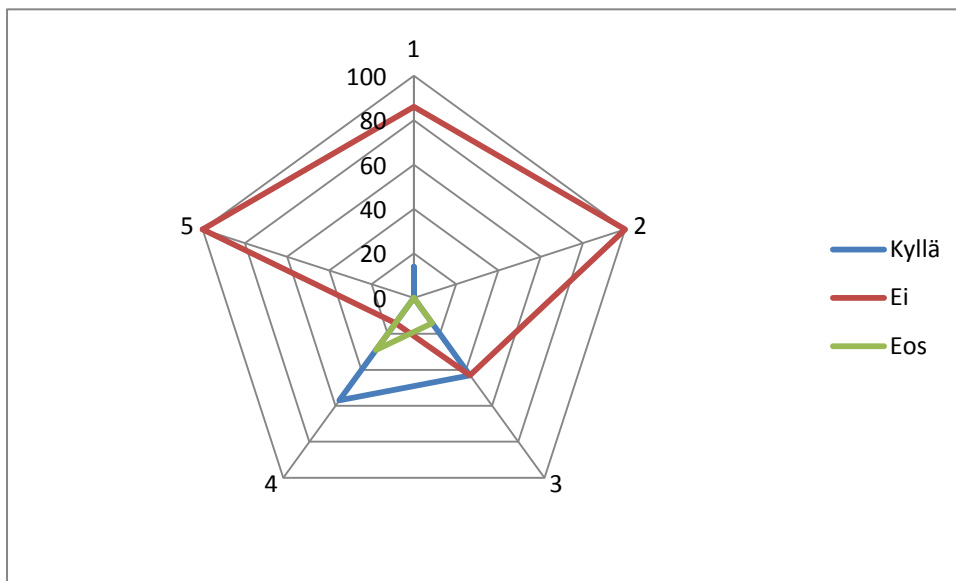
	Lkm	%
Kyllä	3	43
Ei	3	43
Eos	1	14
Yht.	7	100

4. Nuha, nenän tukkoisuus

	Lkm	%
Kyllä	4	57
Ei	1	14
Eos	2	29
Yht.	7	100

5. Yskä, kurkkukipua

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	7	100
Eos	0	0
Yht.	7	100



Kuva 4.2. Alakerran toimistohuoneiden sisäilman aiheuttamien oireiden kyselyn tulokset.

Alakerran avoin toimistotila:

1. Vedon tunnetta

	Lkm	%
Kyllä	5	38
Ei	8	62
Eos	0	0
Yht.	13	100

2. Liian korkea huonelämpötila

	Lkm	%
Kyllä	7	54
Ei	6	46
Eos	0	0
Yht.	13	100

3. Liian matala huonelämpötila

	Lkm	%
Kyllä	3	23
Ei	10	77
Eos	0	0
Yht.	13	100

4. Tunkkainen ilma

	Lkm	%
Kyllä	10	77
Ei	3	23
Eos	0	0
Yht.	13	100

5. Kuiva ilma

	Lkm	%
Kyllä	2	15
Ei	10	77
Eos	1	8
Yht.	13	100

6. Kosteaa ilmaa

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	12	92
Eos	1	8
Yht.	7	100

7. Epämiellyttävä hajua

	Lkm	%
Kyllä	3	23
Ei	9	69
Eos	1	8
Yht.	13	100

8. Havaittava pöly

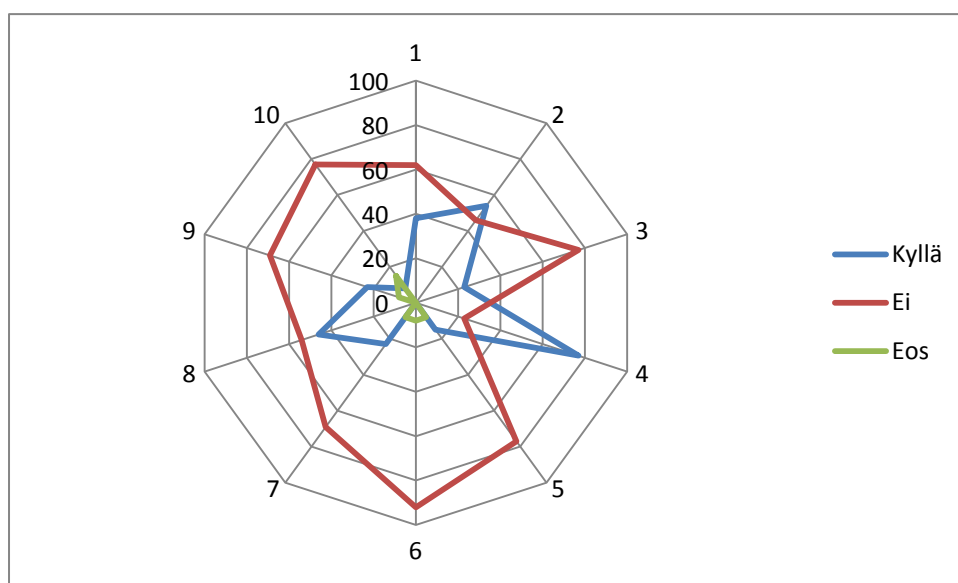
	Lkm	%
Kyllä	6	46
Ei	7	54
Eos	0	0
Yht.	13	100

9. Ilmanvaihdon aiheuttama ääni häiritsevää

	Lkm	%
Kyllä	3	23
Ei	9	69
Eos	1	8
Yht.	13	100

10. Häiritsevää ilmavirtaus, paperit liikkuu

	Lkm	%
Kyllä	1	8
Ei	10	77
Eos	2	15
Yht.	13	100



Kuva 4.3. Alakerran avoimen toimistotilan sisäilmaolosuhteiden kyselyn tulokset.

1. Päänsärky

	Lkm	%
Kyllä	5	38
Ei	7	54
Eos	1	8
Yht.	13	100

2. Pahoinvointi

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	13	100
Eos	0	0
Yht.	13	100

3. Väsymys

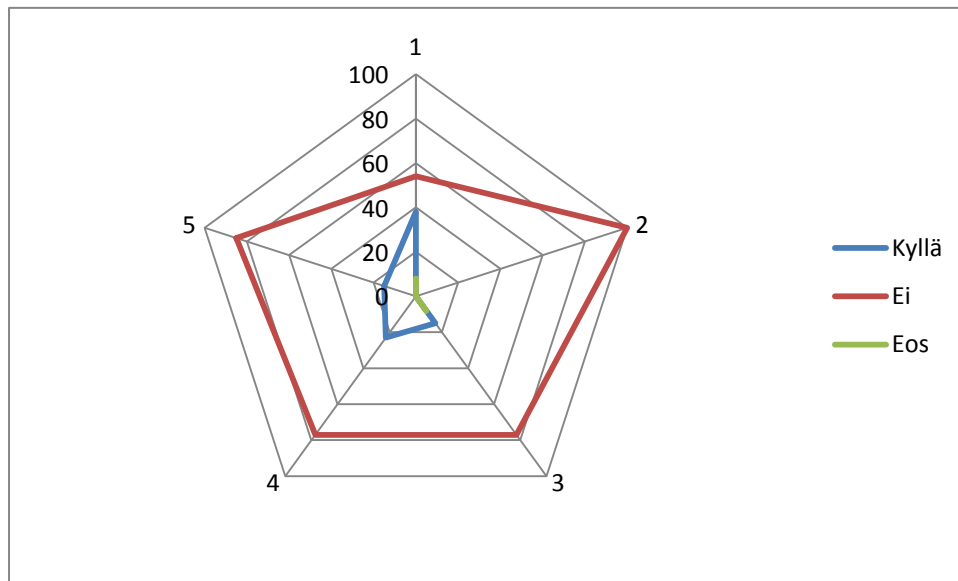
	Lkm	%
Kyllä	2	15
Ei	10	77
Eos	1	8
Yht.	13	100

4. Nuha, nenän tukkoisuus

	Lkm	%
Kyllä	3	23
Ei	10	77
Eos	0	0
Yht.	13	100

5. Yskä, kurkkukipua

	Lkm	%
Kyllä	2	15
Ei	11	85
Eos	0	0
Yht.	13	100



Kuva 4.4. Alakerran avoimen toimistotilan sisäilman aiheuttamien oireiden kyselyn tulokset.

4.1.2 Yläkerran kyselyn tulokset

Yläkerran toimistotilassa kyselyyn vastanneita oli 18, joista jokainen työskentelee toimistohuoneessa.

Yläkerran toimistohuoneet:

1. Vedon tunnetta

	Lkm	%
Kyllä	2	11
Ei	16	89
Eos	0	0
Yht.	18	100

2. Liian korkea huonelämpötila

	Lkm	%
Kyllä	8	45
Ei	8	45
Eos	2	10
Yht.	18	100

3. Liian matala huonelämpötila

	Lkm	%
Kyllä	1	6
Ei	15	83
Eos	2	11
Yht.	18	100

4. Tunkkainen ilma

	Lkm	%
Kyllä	11	61
Ei	5	28
Eos	2	11
Yht.	18	100

5. Kuiva ilma

	Lkm	%
Kyllä	4	22
Ei	7	39
Eos	7	39
Yht.	18	100

6. Kosteaa ilmaa

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	14	78
Eos	4	22
Yht.	18	100

7. Epämiellyttävä haju

	Lkm	%
Kyllä	2	11
Ei	14	78
Eos	2	11
Yht.	18	100

8. Havaittava pöly

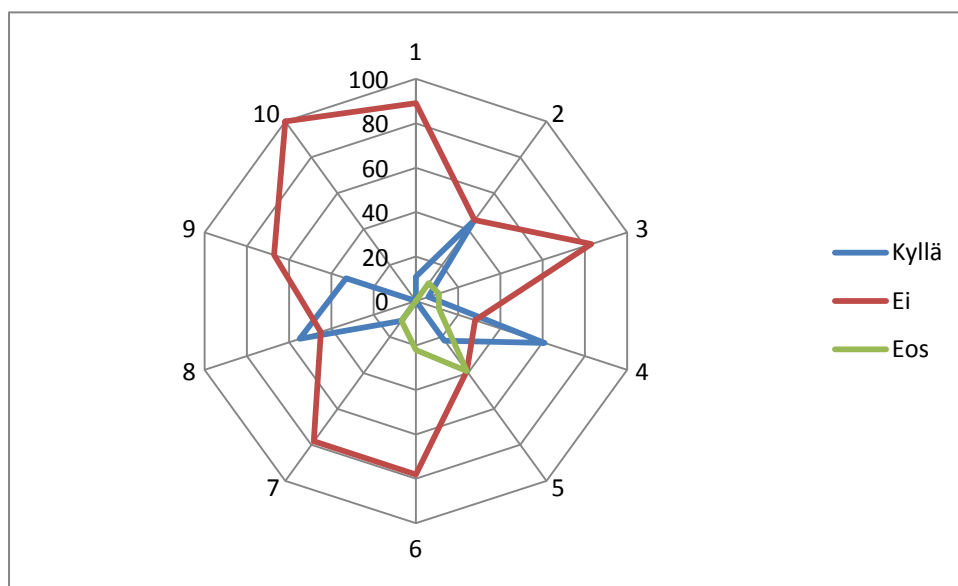
	Lkm	%
Kyllä	10	55
Ei	8	45
Eos	0	0
Yht.	18	100

9. Ilmanvaihdon aiheuttama ääni häiritsevä

	Lkm	%
Kyllä	6	33
Ei	12	67
Eos	0	0
Yht.	18	100

10. Häiritsevä ilmavirtaus, paperit liikkuu

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	18	100
Eos	0	0
Yht.	18	100



Kuva 4.5. Yläkerran toimistohuoneiden sisäilmaolosuhteiden kyselyn tulokset.

1. Päänsärky

	Lkm	%
Kyllä	2	11
Ei	15	83
Eos	1	6
Yht.	18	100

2. Pahoinvointi

	Lkm	%
Kyllä	0	0
Ei	17	94
Eos	1	6
Yht.	18	100

3. Väsymys

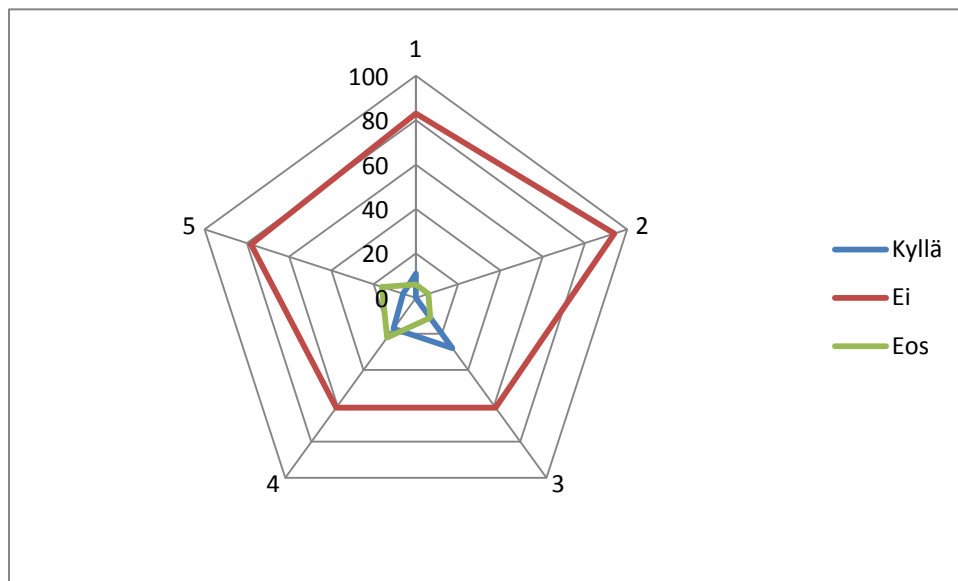
	Lkm	%
Kyllä	5	28
Ei	11	61
Eos	2	11
Yht.	18	100

4. Nuha, nenän tukkoisuus

	Lkm	%
Kyllä	3	17
Ei	11	61
Eos	4	22
Yht.	18	100

5. Yskä, kurkkukipua

	Lkm	%
Kyllä	1	6
Ei	14	78
Eos	3	16
Yht.	18	100



Kuva 4.6. Yläkerran toimistohuoneiden sisäilman aiheuttamien oireiden kyselyn tulokset.

4.2 Sisäilmakyselyn yhteenveto

Cupori Oy Porin putkitehtaan toimistorakennuksessa suoritetun kyselyn perusteella voi todeta, että yläkerran toimistotilassa ei pahoja olosuhdeongelmia ole, kun taas alakerran toimistotilan sisäilmasto-olosuhteet ovat enimmäkseen epäviihtyisät ja aiheuttavat työtehoa heikentäviä oireita. Lähes puolet työntekijöistä kokee työpisteessään vedon tunnetta, joka johtaa jatkuviin niskakipuihin ja päänsärkyyn. Myös huonelämpötila koetaan alakerran toimistotilassa liian korkeaksi. Toimistotilassa on myös todettu tunkkaisuutta ja huomattavaa paperipölyä.

Suurimpaan osaan huonoista sisäilmasto-olosuhteista vaikuttaa todennäköisesti puutteellinen ilmanvaihtojärjestelmä.

5 SISÄILMASTON MITTAUKSET

5.1 Mittauslaitteisto

Telaire Model 1050 CO₂

Telaire Model 1050 CO₂-mittauslaitetta (Kuva 5.1) käytettiin ilman hiilidioksidipitoisuuden mittaamiseen fotoakustisella menetelmällä liittämällä se yhteen dataloggerin kanssa.



Kuva 5.1. Hiilidioksidin mittauslaite Telaire Model 1050 CO₂.
(Telaire www- sivut.)

Grant 1250 Squirrel-datalogger

Grant squirrel dataloggeria (Kuva 5.2) käytettiin Telairen tuottaman mittausdatan tallentamiseen. Dataloggerin mittausalue on DC jännitteellä 0...5V, jolloin erottelukyky on 0,1%.



Kuva 5.2. Grant 1250 Squirrel-datalogger.

(Grant datalogger www- sivut.)

SwemaAir 300

SwemaAir 300 (Kuva 5.3), ilmastoinnin yleismittaria käytettiin ilmastoinnin huonevirtausten ja lämpötilan mittaamiseen työpisteissä. Virtausnopeusanturina toimii termisori ja lämpötila-anturina toimii NI-100 vastusanturi.

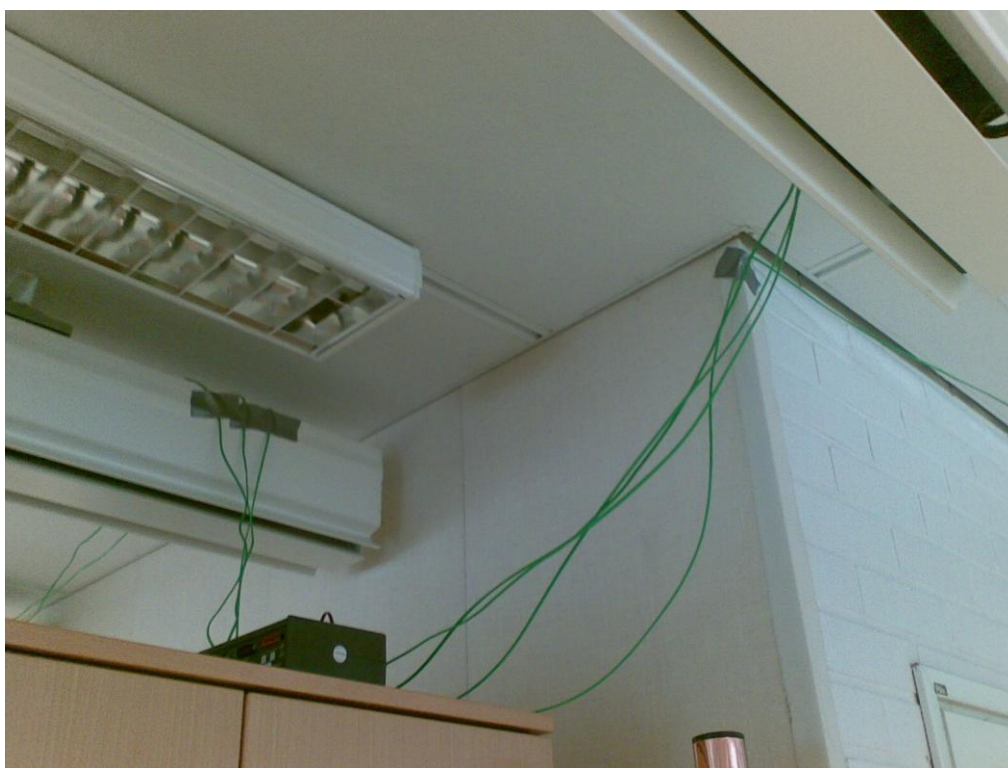


Kuva 5.3. SwemaAir 300.

(Swema www- sivut)

5.2 Mittausten toteutus

Sisäilman mittaukset suoritettiin Cupori Oy Porin putkitehtaan toimistorakennuksen ensimmäisessä kerroksessa. Mittausten suoritusajankohtana, toukokuussa 2010, ulkona vallitsi noin +25 °C päivälämpötila ja +16 °C yölämpötila. Hiilidioksidipitoisuuksien ja lämpötilojen mittaukset kestivät neljän päivän ajan ja mittausten päätyttyä suoritettiin vielä virtausnopeuksien ja lämpötilojen hetkelliset mittaukset toimiston jokaisessa työpisteessä. Ilmastointilaitteiston asetukset pysyivät samoina koko mittausten ajan, mutta ikkunatuuletukset ovat kuitenkin olleet mahdollisia riittämättömän ilmanvaihdon takia.

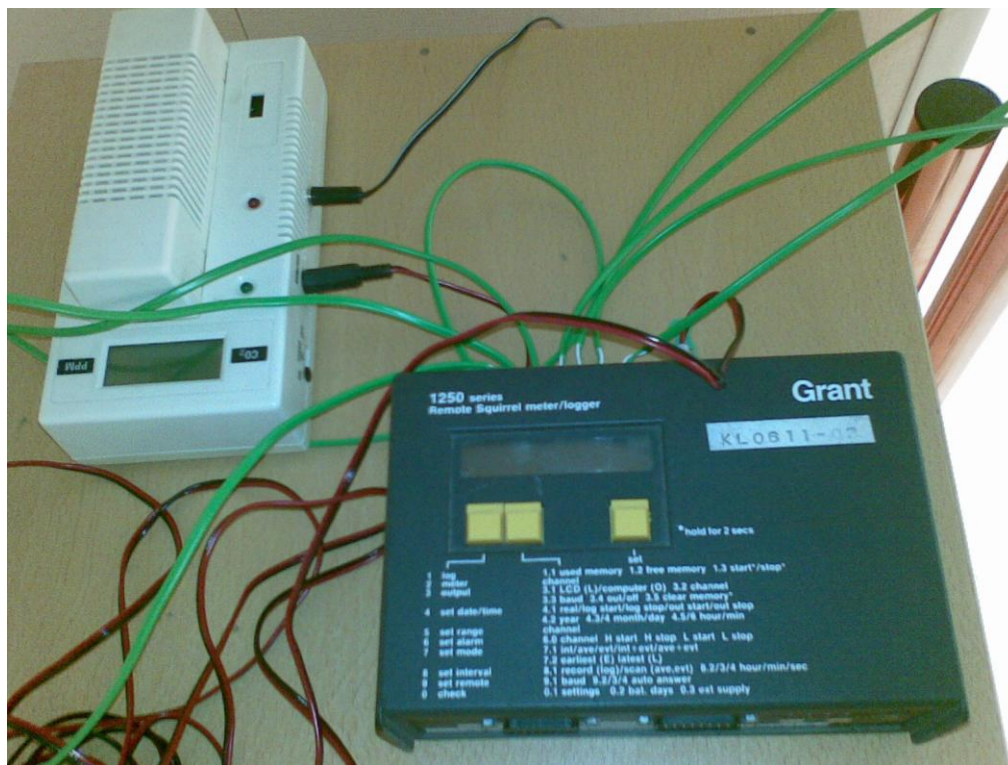


Kuva 5.4. Termoparit asennettu kulkemaan katon kautta eri puolille toimistoa.



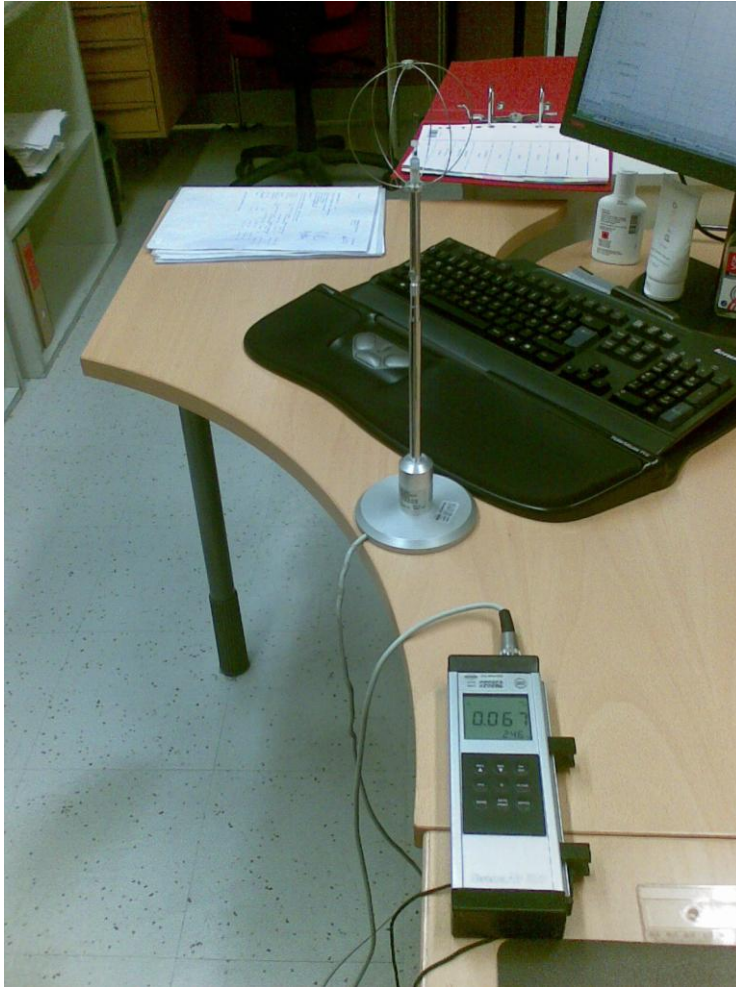
Kuva 5.5. Termopari paikallaan työpisteiden välissä.

Mittausantureina käytetyt termoparit (Kuva 5.5) asennettiin kahdeksaan eri paikkaan toimistotilassa niin, että ne olivat 1,2 metrin korkeudella lattiapinnasta ja etteivät ne häirinneet työntekijöitä eikä työntekijöiden läsnäolo suuremmin vaikuttanut tallennettuun mittausdataan.



Kuva 5.6. CO₂-mittauslaite ja datalogger mittauspaikalla.

Telairin hiilidioksidimittauslaite (Kuva 5.6) mittasi avoimen toimistotilan ja kahden toimistohuoneen hiilidioksidipitoisuuksia neljän päivän ajan ja Grantin datalogger tallensi mitatut pitoisuudet ja lämpötilat minuutin välein.



Kuva 5.7. SwemaAir 300 mittaamassa ilmavirran nopeutta ja lämpötilaa.

Hetkelliset ilmavirran nopeudet ja lämpötilat toimiston jokaisessa työpisteessä mitattiin pistokokein SwemaAir 300:lla (Kuva 5.7).

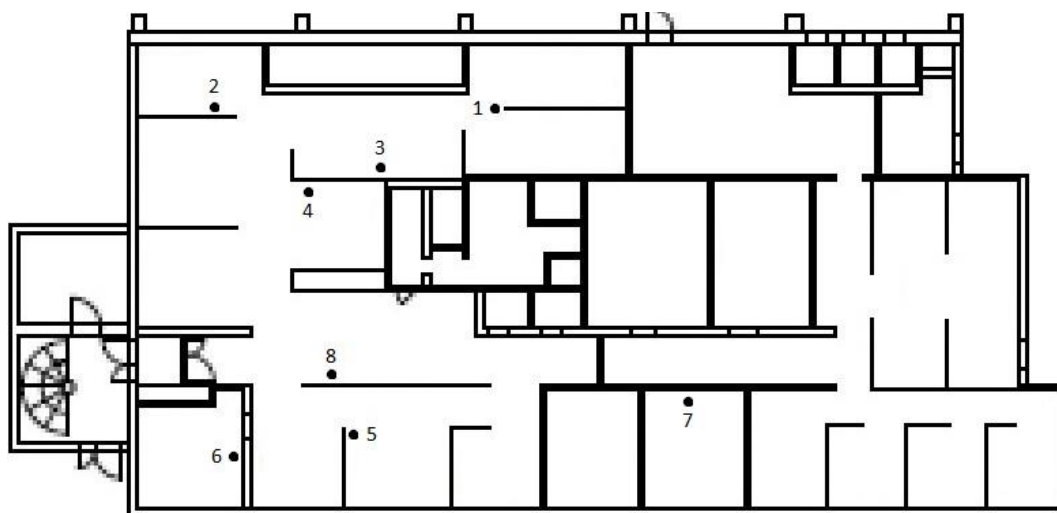
5.3 Ilmanvaihtojärjestelmän asetusarvot

Seuraavassa on lueteltuna toimiston ilmanvaihtojärjestelmän asetusarvot mittausten aikana.

- Lämmönsäädön asetusarvo (lämmitys) 20 °C
- Lämmönsäädön asetusarvo (jäähdytys) 21 °C
- Sisäänpuhalluksen rajoituksen minimiasetusarvo 19 °C
- Sisäänpuhalluksen rajoituksen maksimiasetusarvo 27 °C

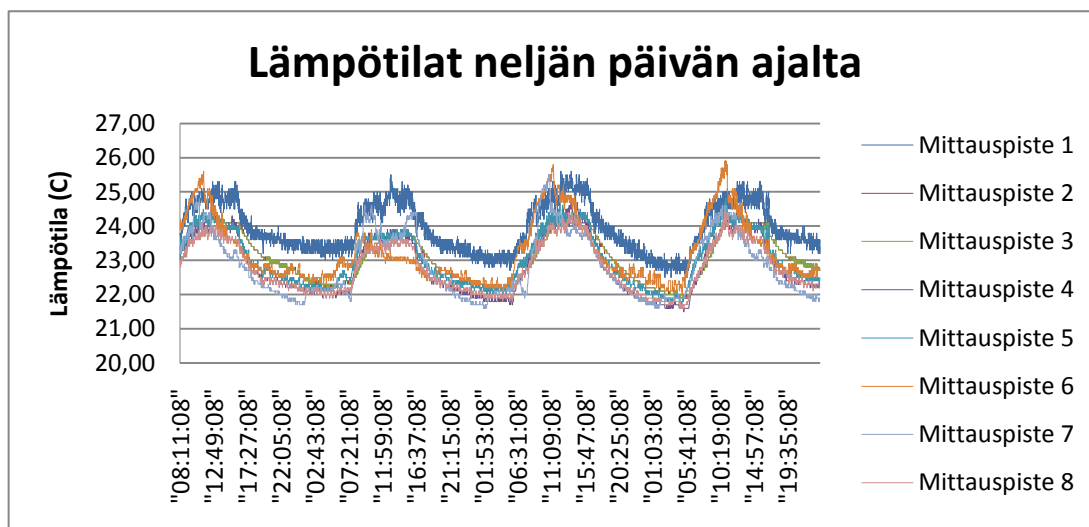
5.4 Mittaustulokset

Mittauspisteistä viisi sijaitsi avotoimiston työpisteissä (mittauspisteet 1-5), kaksi toimistohuoneissa (mittauspisteet 6 ja 7) ja yksi toimiston käytävällä (mittauspiste 8). Tuloksista on tehty seuraavanlaiset excel-kaaviot: lämpötilat neljän päivän ajalta, lämpötilat yhden päivän ajalta, hiilidioksidipitoisuudet neljän päivän ajalta ja hiilidioksidipitoisuudet yhden päivän ajalta. Ulkolämpötila tehdasalueella mittausten aikana oli alimmillaan öisin noin +15°C ja korkeimmillaan päivisin noin +27°C.



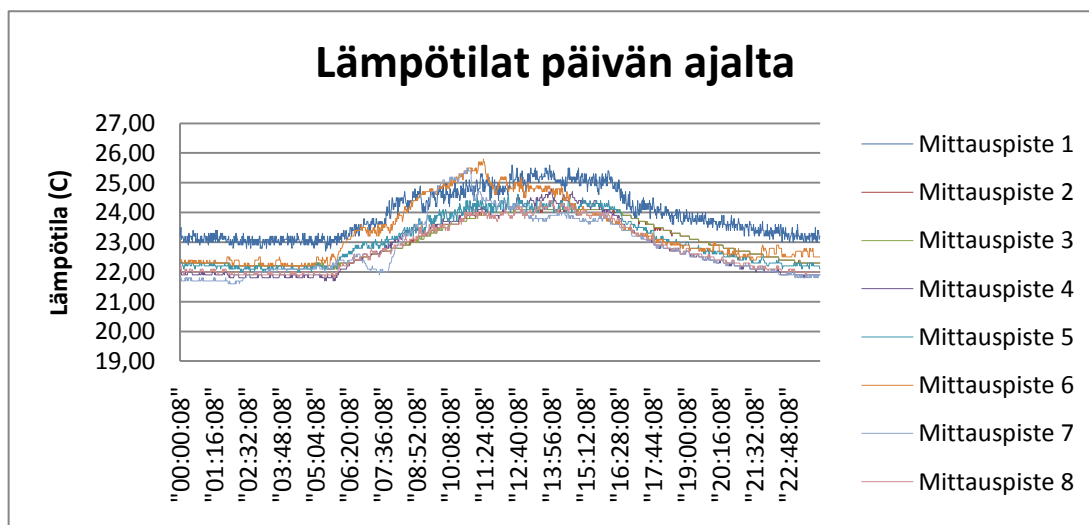
Kuva 5.8. Toimiston sisäilmamittausten mittauspisteet.

5.4.1 Toimiston lämpötilamittausten tulokset



Kuva 5.9. Toimiston lämpötilat neljän päivän ajalta

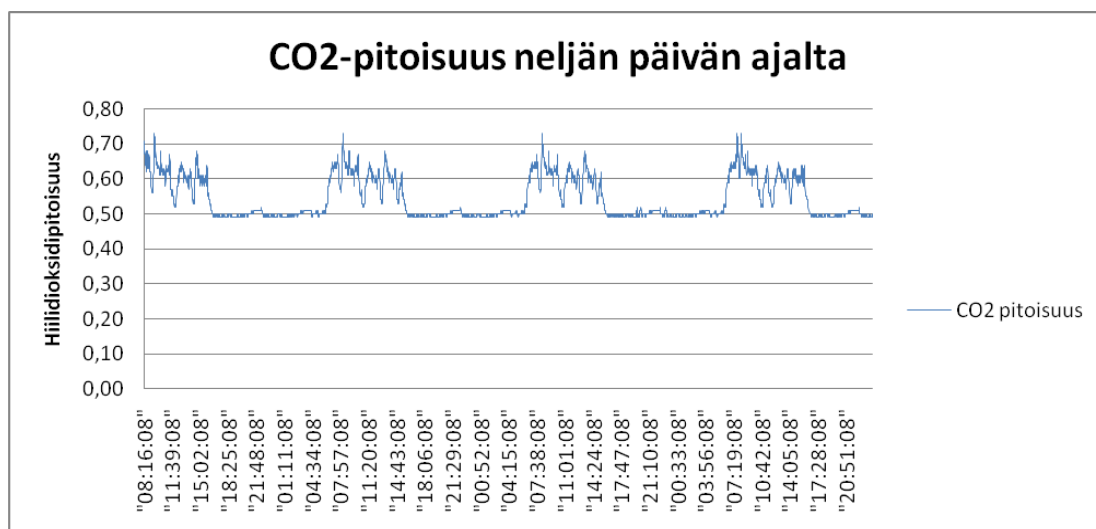
Avotoimiston lämpötiloissa ei näy suuria vaihteluita lyhyillä aikaväleillä. Mittaustuloksista huomaa, että saavutettuaan huippunsa, avotoimiston lämpötila pysyy lähes samana koko työpäivän ajan. Lämpötila kohoaa aamu seitsemän ja kymmenen välillä noin 22 °C:sta 24 °C:seen. Siitä eteenpäin lämpötila pysyy lähes samana aina ilta kuuteen asti, jolloin ulkolämpötila saavuttaa huippunsa ja alkaa laskea. Ainoana poikkeuksena avotoimistossa on mittauspiste 1, joka sijaitsee aivan avotoimiston perimmäisessä nurkassa. Siellä lämpötila laskee alimmillaan 23 °C:seen ja nousee päivisin aina 25 °C:teen tietämille.



Kuva 5.10. Toimiston lämpötilat yhden päivän ajalta.

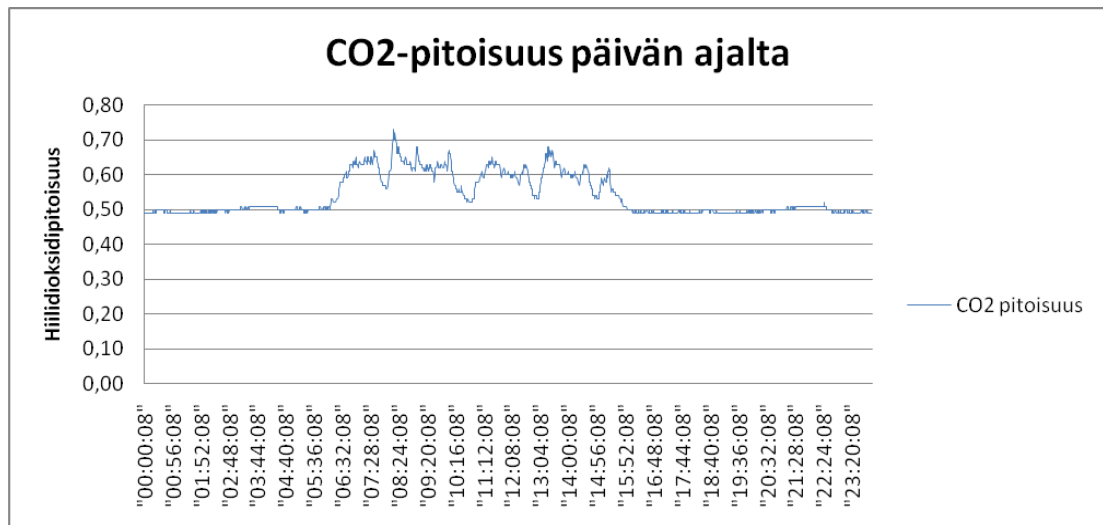
Toimistohuoneissa puolestaan lämpötilamuutokset ovat selkeästi nopeampia kuin avotoimistossa. Lämpötilat kohoavat nopeasti nopeasti aamu seitsemän ja kymmenen välillä. Toisessa toimistohuoneessa 22 °C:sta 24,5 °C:seen ja toisessa 22,5 °C:sta 25,5 °C:seen. Molemmissa huoneissa lämpötilan saavutettua huippunsa, laskee lämpötila nopeasti yhdellä asteella noin puoleksi tunniksi, kunnes se taas kohoaa hieman ja pysyy loppu työpäivän ajan lähes samana. Kyseinen lämpötilan putoaminen johtuu varmaankin ruokatauosta, jolloin ihmisen tuoma lämpökuorma pieneen toimistohuoneeseen poistuu ja mahdollisesti ovet jäävät auki ja huoneeseen pääsee kiertämään enemmän ilmaa. Toimiston työajan jälkeen toimistohuoneiden lämpötilakäyrät seuraavat avotoimiston lämpötilakäyriä.

5.4.2 Toimiston hiilidioksidipitoisuusmittausten tulokset



Kuva 5.11. Toimiston hiilidioksidipitoisuus neljän päivän ajalta.

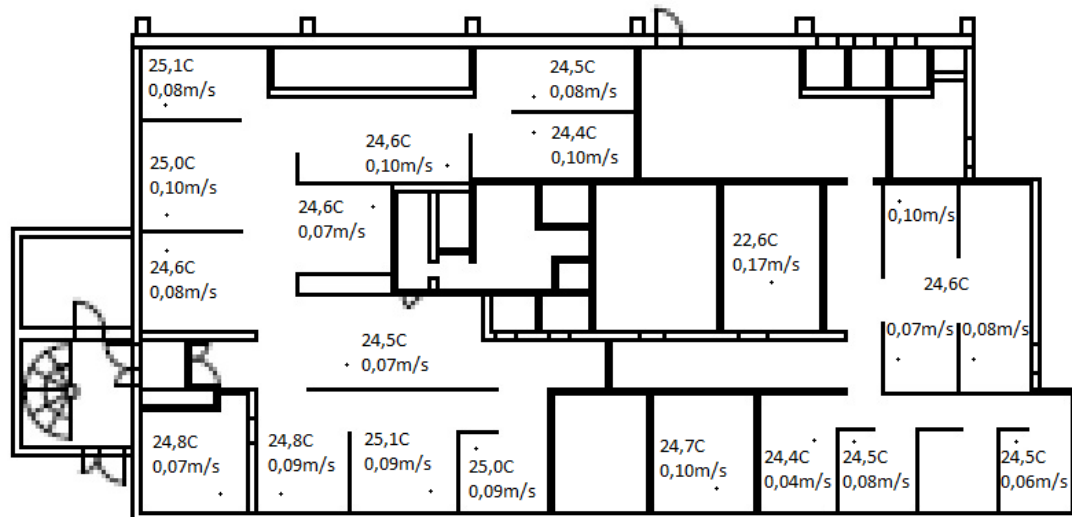
Toimiston hiilidioksidipitoisuudet pysyttelivät mittausten ajan noin 500 ja 700ppm:n välillä. Sisäilmastoluokitus 2008:n tavoitearvojen mukaan toimiston hiilidioksidipitoisuudet menevät luokkaan S1 (S1<750 ppm).



Kuva 5.12. Toimiston hiilidioksidipitoisuus yhden päivän ajalta.

5.4.3 Toimiston hetkellisten virtausnopeuksien ja lämpötilojen mittaustulokset

Hetkelliset mittaukset suoritettiin yhdentoista aikaan aamupäivällä, jolloin toimiston lämpötilat olivat kohonneet maksimiarvoihinsa. Mittalaitteet sijaitsivat noin 1,2 metrin korkeudella lattiapinnasta.



Kuva 5.13. Toimiston hetkelliset virtausnopeudet ja lämpötilat.

Lämpötilat pysyttelivät pääosin 24,5 °C ja 25 °C välillä. Ilmavirran nopeudet (Kuva 5.13) pysyivät pääosin alhaisina (0,06-0,10 m/s), mutta vaihtelua oli havaittavissa. Joissain työpisteissä oli selkeitä, melko suuriakin nopeuden kasvuja (>0,20 m/s).

5.4.4 Toimiston sisäilmamittaustulosten yhteenveto

Rakennuksen käyttöaikana ei oleskeluvyöhykkeen lämpötila yleensä saa olla korkeampi kuin 25 °C. Ulkoilman lämpötilan viiden tunnin enimmäisjakson keskiarvon ollessa korkeampi kuin 20 °C voi huoneilman lämpötila ylittää tämän arvon korkeintaan 5 °C. (RakMK D2, 5)

Eli ottaen huomioon mittaushetkellä ulkona vallinneen lämpötilan, eivät toimiston sisälämpötilat nousseet liian korkeiksi. D2:n mukaan ulkolämpötilan ollessa +25 °C sisälämpötila saa nousta 5 °C korkeammaksi pysyäkseen sallituissa rajoissa. Lämpötilat pysyivät hyvin lämpötilan tavoitealue S2-luokan sisällä ja osassa toimistoa olivat jopa S1-luokan rajoissa (Kuva 3.1). Avotoimiston alue (mittauspiste 1), jossa lämpötila ylitti 25°C, sijaitsee aivan avotoimiston perällä ja siellä työskentelee kaksi työntekijää, joka omalta osaltaan lisää lämpökuormaa. Ilmanvaihto kyseisessä toimiston osassa mahdollisesti liian vähäistä. Sama tilanne toistuu toisessa toimistohuoneessa (mittauspiste 6), jossa mittaukset suoritettiin. Lämpötila nousee selvästi korkeammaksi kuin suurimmassa osassa toimistoa. Lisäksi kyseisen toimistohuoneen suuret ikkunat tuovat lisälämpöä pieneen huoneeseen.

Pistokokein suoritettujen lämpötilamittaukset antoivat pidempi aikaista mittausta vastaavat tulokset. Ilmavirran nopeuden mittauksissa ilmeni, että toimiston ilman liikenopeudet pysyivät sallitun rajoissa, lukuunottamatta hetkittäisiä nousuja.

Kun jäähdytyspalkkien tuloilmasuihkut törmäävät, putoavat suihkut suoraan oleskeluvyöhykkeelle ja aiheuttavat hartiatasolla paikallisia maksimeja. Vedon tunnetta aiheuttaa mahdollisesti myös huoneeseen muodostuvat pyörteet, jotka johtuvat jäähdytyspalkkien ja lämmönlähteiden epäsymmetrisestä sijoittelusta. (H. Koskela, Sisäilmastoseminaari 18.3.2009)

Hiilidioksidimittauksissa todettiin pitoisuuksien pysyvän hyvissä raja-arvoissa, alle S1-luokassa. Mahdollisesti aivan toimiston nurkissa, ilmanvaihdon puutteista johtuen, pitoisuudet voivat välillä nousta S2-luokkaan eli 750 ja 900 ppm:n välille, joka sekin on vielä hyvää luokkaa.

Vaikka mittaukset suoritettiin kesäaikana, jolloin ilmanvaihdon kuormitus on suurimmillaan ja ongelmia esiintyy eniten, on muistettava, että myös talviaikaan on olemassa omat ilmanvaihto-ongelmansa. "Esimerkiksi kylmät ikkunapinnat talviaikaan ovat merkittävä vedon aiheuttaja. Kylmä ikkunapinta aiheuttaa myös lämpösäteilyn kautta ihmisen tuntemaan operatiivisen lämpötilan alenemisen ikkunan lähellä olevissa työpisteissä. Vastaavasti kesällä lämmin ikkunapinta nostaa operatiivista lämpötilaa. Viileän tuloilman puhaltamista ikkunalle pitäisi välttää, koska tällöin kylmä ikkunapinta voimistaa alaspäin suuntautuvaa viileää tuloilmavirtausta. Huonetilan virtaukset muuttuvat tilan kuormituksen ja vuodenajan mukaan, joka tekee veto-ongelmien hallinnasta monimutkaisen kokonaisuuden." (Työterveyslaitoksen www-sivut 2011)

6 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

6.1 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus ja laiteluettelo

Ensimmäisen kerroksen toimiston ilmanvaihtokone sijaitsee toimiston viereisessä korjauspajassa. Kyseinen ilmanvaihtokone palvelee ainoastaan ensimmäisen kerroksen toimistoa. Ilmanjaosta vastaa kantikkaat, kahteen suuntaan puhaltavat, kattohajottimet. Ilmanvaihtokoneeseen on lisätty jäähdytyspatteri ja jäähdytyksestä vastaamaan on asennettu ilma- / vesikiertoinen Farex-passiivipalkkijärjestelmä. Ilmastoinnin säätö toimii tuloilman lämpötilan mukaan ja hajottimilla sekä palkeilla on omat säätimet. Lisäksi odotushuoneeseen on asennettu erillinen kierrätysilmakone. Poistoilman toimistosta hoitaa tuloilmakoneesta erilleen sijoitettu poistoilmapuhallin.

Tuloilmakone, Li7 320.10

- Paloeristetty A30 kone.
- Ulkoilmapelti: lämpöeristetyt säleet ja lämpöeristetty kehys.
- Suodatinosa: kertakäyttösuodatin, jonka suodatusluokka EU6 ja pölynvarauskyky $400 \text{ g/m}^3/\text{s}$ kun loppupainehäviö 250 Pa.
- Tuloilmavirta $3,17 \text{ dm}^3/\text{s}$ neliometriä kohden.
- Lämmityspatteri: materiaali CU/Al
 - teho; $P=63 \text{ kW}$
 - ilma; $q_v=1,11 \text{ dm}^3/\text{s}$, $t_1=-27 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2=+20 \text{ }^\circ\text{C}$
 - vesi; $q_v=1 \text{ dm}^3/\text{s}$, $t_1=55 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2=40 \text{ }^\circ\text{C}$
- Rakenneosa: pituus 500 mm, huoltoluukku.
- Jäähdytyspatteri: materiaali CU/Al, vesilukollinen kondenssiallas, viemäröinti CU 22 ulos seinän läpi.
 - teho; $P=25 \text{ kW}$
 - ilma; $q_v=1,11 \text{ dm}^3/\text{s}$, $t_1=27 \text{ }^\circ\text{C}$, $i_1=55 \text{ kJ/kg}$, $t_2=15^\circ\text{C}$, $i_2=36 \text{ kJ/kg}$

- vesi; $q_v=1 \text{ dm}^3/\text{s}$, $t_1=7 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2=13 \text{ }^\circ\text{C}$

TF7.1

- Puhallinosa: ilma $q_v=1,11 \text{ dm}^3/\text{s}$, kanaviston painehäviö 250 Pa, koteloitu keskipakoispuhallin, taaksepäin kaartuvat siivet, värinänvaimennuskumit, joustava liitin painepuolella, huoltoluukku, tarkastusikkuna ja ilmavirtamittari (näyttö m^3/s).
- Äänenvaimennin koneenmukainen.

Kierrätysilmakone KK 301

- Puhallinkonvektori, kattomalli.
- Puhallin: seinämallinen 4-asentoinen etäohjauslaite pyörimisnopeuden säätöön OFF-MAX-MED-MIN, maksimi äänenpainetaso 45dB(A).
- Jäähdytyspatteri:
 - kokonaisteho 1,5 kW
 - ilma; $t_1=25 \text{ }^\circ\text{C}$, $i_1=50 \text{ kJ/kg}$
 - vesi; $q_v=0,12 \text{ dm}^3/\text{s}$, $t_1=14 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2=17 \text{ }^\circ\text{C}$

Kattojäähdytyspalkit

- Farex KGA2020.
- Jäähdytysteho 120 W/m, vesi 14/17 $^\circ\text{C}$, ilma +25 $^\circ\text{C}$.

Poistokone Hi

- Poistoilmavirta 1,4 m^3/s .
- Aukko 650x650.

Poistopuhallin PIK 301

- Poistopuhallin: aksiaalipuhallin, ilmavirta 0,2 m^3/s .
- Poistopelti: itsestään sulkeutuva pelti, muoviset säleet.
- Korvausilmapelti: moottoripelti 250x250.
- Ulkosäleikkö: 250x250.

6.2 Passiivipalkit

Ilmastointipalkit voidaan jakaa ominaisuuksiensa perusteella passiivi- ja aktiivipalkkeihin. Passiivipalkeissa lämmönsiirto tapahtuu pääasiassa vapaan konvektion ja osittain säteilyn avulla. Aktiivipalkkeihin on lisäksi yhdistetty tuloilma, jolloin lämmönsiirto on passiivipalkeja tehokkaampaa pakotetun konvektion ansiosta.

Lähinnä jäädytykseen käytettyjen passiivipalkkien tehokkaimmat tyypit ovat konvektorityyppisiä. Palkki muodostuu jäädytysveden kiertoputkesta ja siihen tiiviisti liitetyistä lamelleista, jotka lisäävät laitteen lämmönsiirtopintaa.

Jäädytystilanteessa lämmin huoneilma jäähtyy virratessaan ylhäältä alas palkin läpi. Lämpö siirtyy putkessa virtaavaan jäädytysveteen. Lisäksi palkin kylmä ulkopinta jäädyttää säteilyn ja konvektion muodossa. Konvektorin lämmönsiirrosta noin 80 % tapahtuu konvektiona ja noin 20 % säteilynä. (Seppänen, Ilmastoinnin suunnittelu 2004, 50-51.)

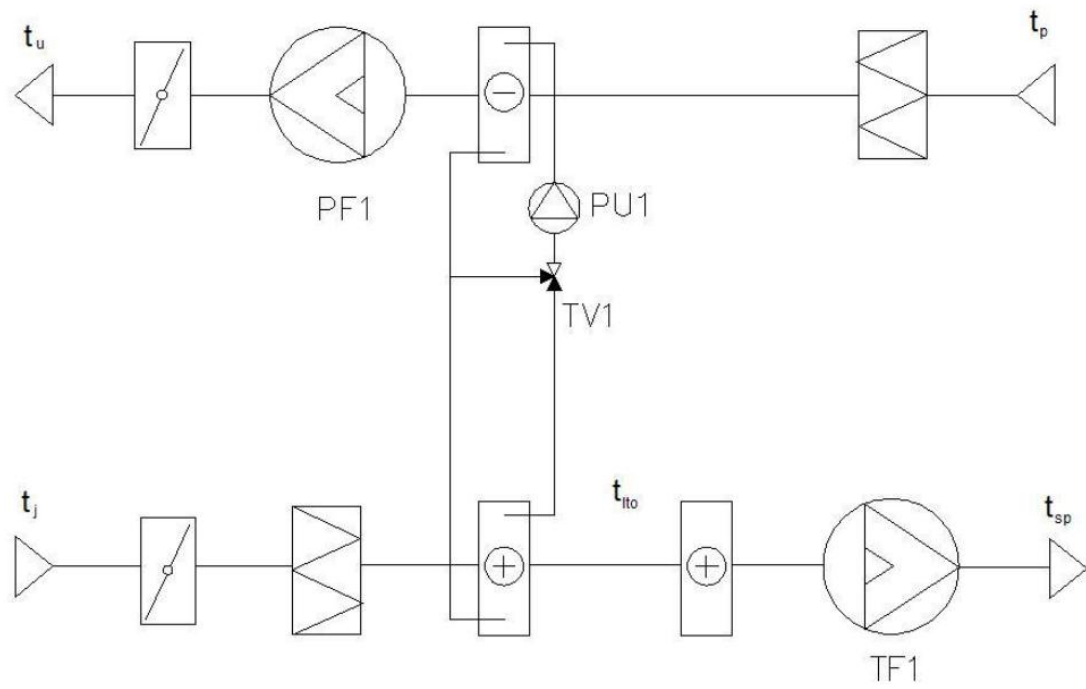
6.3 Johtopäätökset ja parannusehdotukset

Toimistossa suoritettujen kesäajan mittausten ja laitetietojen perusteella ($3,17 \text{ dm}^3/\text{s}$ neliometriä kohden) ilmavirrat riittävät ilman laadun kannalta nykykuormituksella. Kyselyissäkään ei tullut esiin pahoja ilmanlaadullisia ongelmia. Jäädytysteho riittävä pitämään lämpötilat S2-luokan arvoissa. Jäädytysteho siis riittävä nykyisellään. Nykyisten kanttikanavien vaihtoa uusiin pyöreisiin kanaviin voisi myös miettiä, mutta se ei välttämättä ole tarpeellista. Kanavien kunto ja lämmöneristys olisi kuitenkin hyvä tarkistaa.

Ilmanjaossa näyttäisi olevan suurin ongelma. Jäädytyspalkit ja ilmanhajottimet sijaitsevat suoraan työpisteiden yläpuolella ja aiheuttavat paikallisia veto-ongelmia. Palkkien uudelleensijoittamisella ja ilmavirran puhalluksen suuntaamisella tilanne saataisiin korjattua. Lisäksi havaittu ilmanvaihdon aiheuttavan ajoittain häiritsevää ääntä, joten äänenvaimentimen riittävyys tulisi tarkistaa.

Lämmöntalteenoton lisääminen nykyiseen ilmanvaihtojärjestelmään olisi järkevä vaihtoehto. Lämmöntalteenottojärjestelmissä on kolme vaihtoehtoa; pyörivä regeneraattori, levylämmönsiirrin ja vesi-glykoli kiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä. Tässä tapauksessa ominaisuuksiensa puolesta paras vaihtoehto lämmöntalteenotolle on vesi-glykolijärjestelmä. Se on yleisin vaihtoehto tällaisissa tapauksissa ja se soveltuu hyvin kun tulo- ja poistoilmakone sijaitsevat etäällä toisistaan. LTO-pattereiden lisääminen perusilmanvaihtokoneeseen johtaa ilmanvaihdon puhaltimien tehontarpeen kasvamiseen. Uuden liuospiirin lisäys lisää sähköenergian kulutusta, mutta lämmityspatterin lämmitystehontarve puolestaan laskee. Vesi-glykoli-lämmöntalteenottojärjestelmän tyypillinen lämpötilahyötysuhde on 40 – 60 %. Uusi lämmöntalteenottojärjestelmä vaatisi uuden huippuimurin esim. neulaputkilämmönsiirtimillä, automatiikkalisäykset järjestelmään, kanavien osat, vesi-glykoliputkiston ja täyttöaseman. Lisäksi järjestelmän asennukseen kuuluisi ilmavirtojen säätö.

Vesi-glykoli kiertoisen järjestelmän toiminta perustuu kahteen erilliseen lämmönsiirtimeen, joita yhdistää vesi-glykoli kiertoinen putkisto (Kuva 6.1). Lämmönsiirtimet voidaan sijoittaa etäälle toisistaan, koska putkisto niiden välille voidaan rakentaa tarvittavan pituiseksi. Toinen lämmönsiirtimestä sijoitetaan poistoilmakanavaan ja toinen tuloilmakanavaan. Järjestelmässä on epäsuora rekuperatiivinen lämmönsiirrin. Liuospiirissä kiertää lämmönsiirtoneste, joka on tyypillisesti noin 30 % vesi-etyleeniglukooliseos. Nestekiertoinen järjestelmä siirtää ainoastaan lämpöenergiaa, ei kosteutta. Järjestelmä toimii parhaiten yhtä suurilla ilmavirroilla. Lisäksi järjestelmä on täysin ilmatiivis ja näin ollen poistoilman epäpuhtaudet eivät pääse tuloilmaan.



Kuva 6.1. Vesi-glykoli-lämmöntalteenottojärjestelmän yksinkertaistettu kytkentäkaavio.

LÄHDELUETTELO

Grant datalogger [www-sivut. www.grant.co.uk](http://www-sivut.www.grant.co.uk).

Koskela, H. 2009. Sisäilmastoseminaari.

Kovanen, K. 1993. Sisäilmaston suunnitteluperusteet. Valtion teknillinen tutkimuslaitos VTT.

Puhakka, E. 1996. Terveellinen sisäilma. Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy.

RT STM-21319. 1994. Terveystieteiden lakien ja asetusten kokoelma 763/1994.

Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys.

Seppänen, O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut.

Seppänen, O. 1988. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. LVI-kustannus.

Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustieto Oy.

Suomen RakMK D2. 2010. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Swema [www-sivut. www.swema.com](http://www-sivut.www.swema.com).

Telaire [www-sivut. www.ge-mcs.com](http://www-sivut.www.ge-mcs.com).

Työterveyslaitoksen [www-sivut. www.ttl.fi](http://www-sivut.www.ttl.fi)

SISÄILMAKYSELY, Cupori TOIMISTORAKENNUS 1. KERROS

Pvm ja paikka _____
Nimi _____
Toimistohuone _____ Avoin toimistotila _____

(Nimi välttämätön, jotta sijainti konttoritiloissa selviää)

Toimistohuone

	Kyllä	Ei	EOS
Vedon tunnetta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liian korkea huonelämpötila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liian matala huonelämpötila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tunkkainen ilma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kuiva ilma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kostea ilma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Epämiellyttävä haju	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Havaittava pöly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihdon aih. ääni häiritsevä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Häiritsevä ilmavirtaus, paperit liikkuu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aiheutuuko ympäristöstä sinulle seuraavia oireita?			
Päänsärky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pahoinvointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Väsymys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuha, nenän tukkoisuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yskä, kurkkukipua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

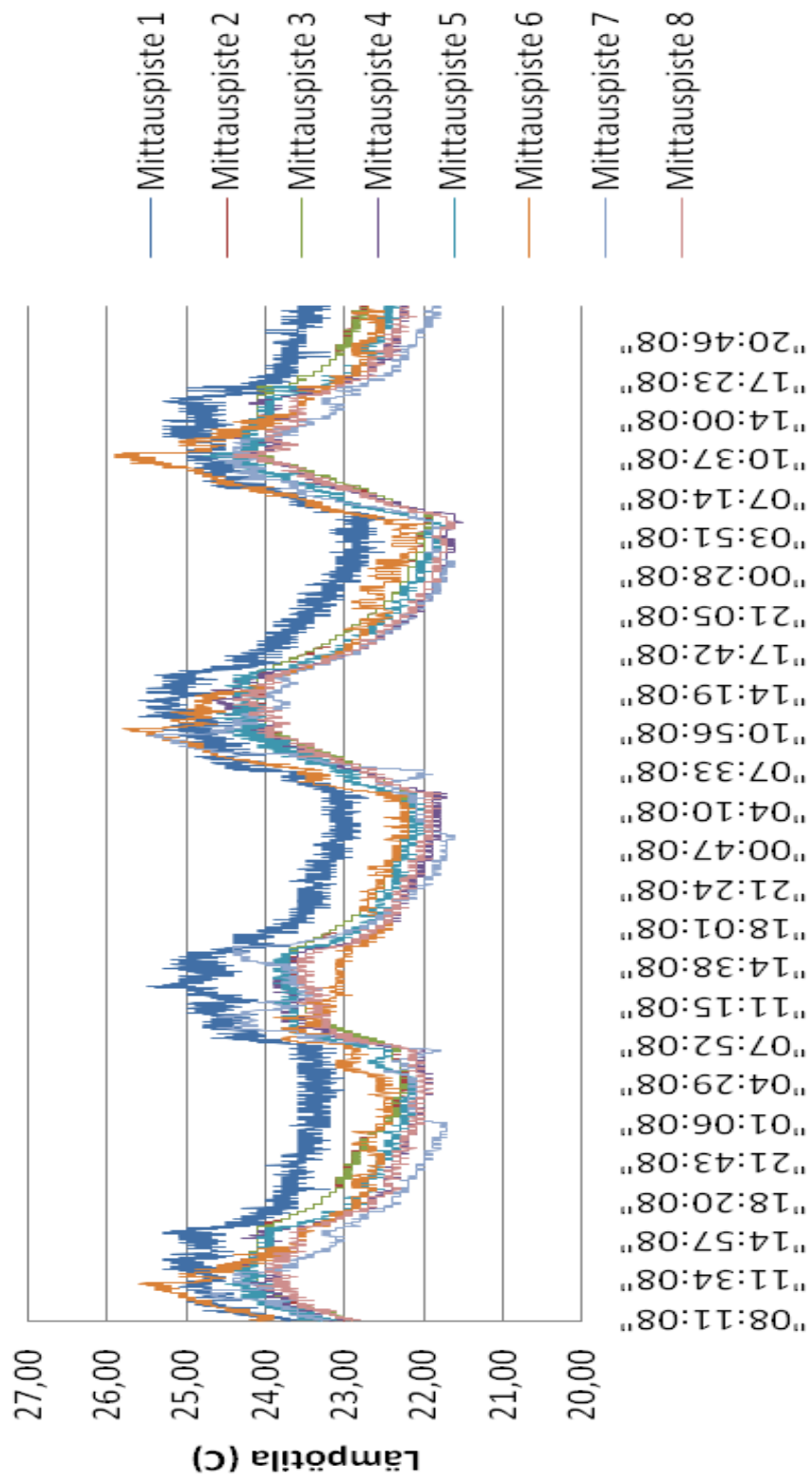
Avoin toimistotila

	Kyllä	Ei	EOS
Vedon tunnetta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liian korkea huonelämpötila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liian matala huonelämpötila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tunkkainen ilma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kuiva ilma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kostea ilma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Epämiellyttävä haju	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Havaittava pöly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihdon aih. ääni häiritsevä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Häiritsevä ilmavirtaus, paperit liikkuu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aiheutuuko ympäristöstä sinulle seuraavia oireita?			
Päänsärky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pahoinvointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Väsymys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nuha, nenän tukkoisuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yskä, kurkkukipua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

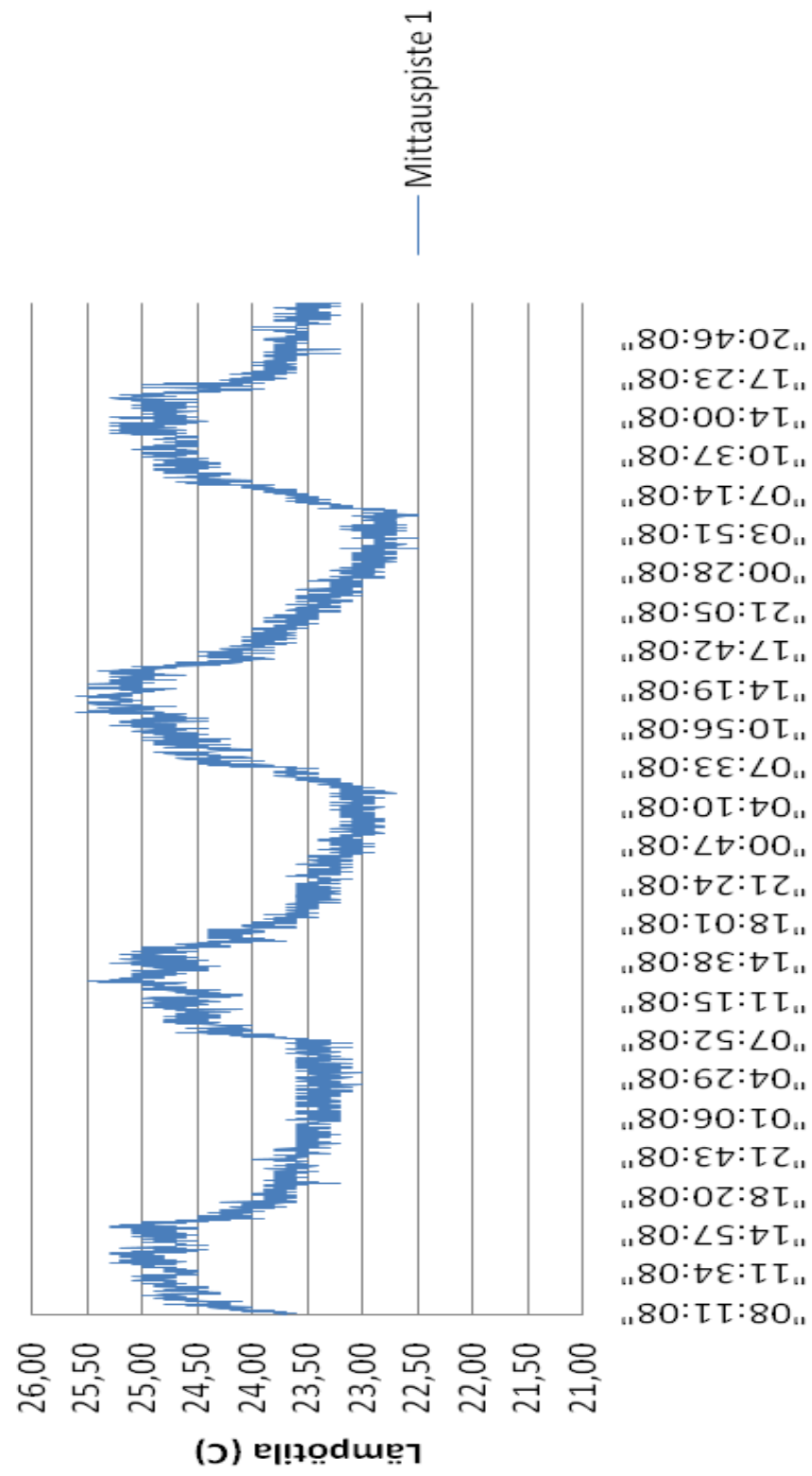
Jotain muuta ilmanvaihtoon liittyvää: _____

Kiitos!

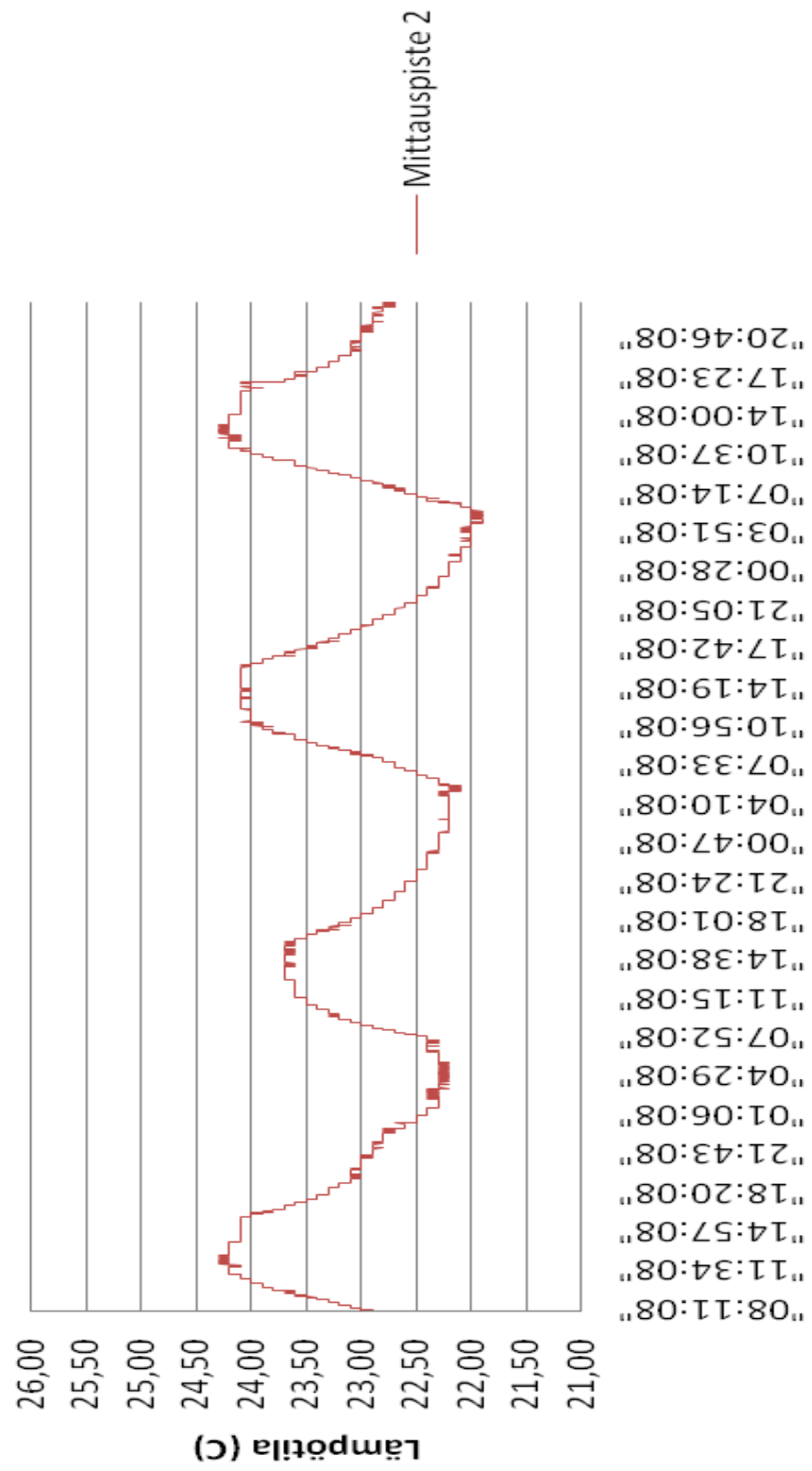
Lämpötilat neljän päivän ajalta



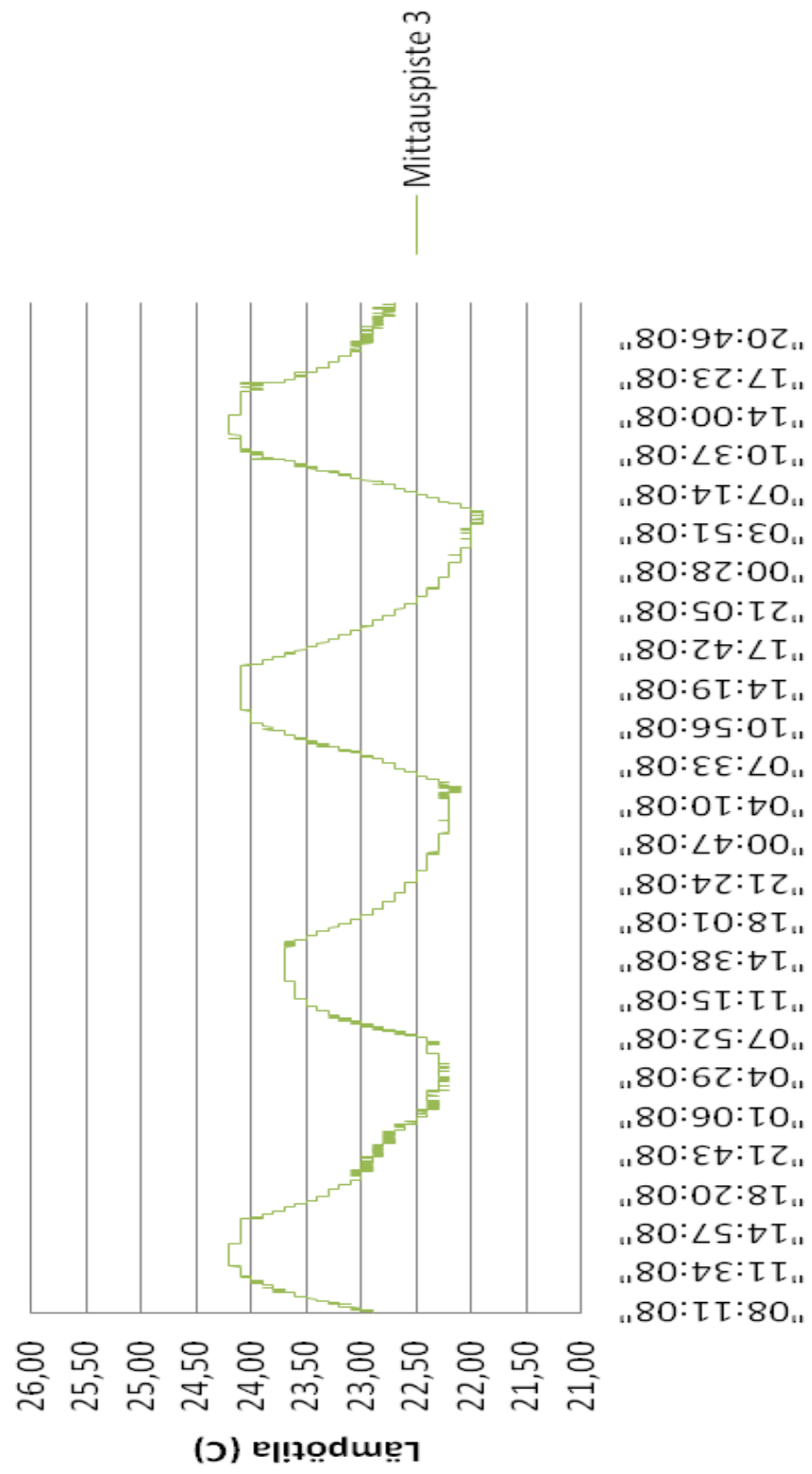
Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 1



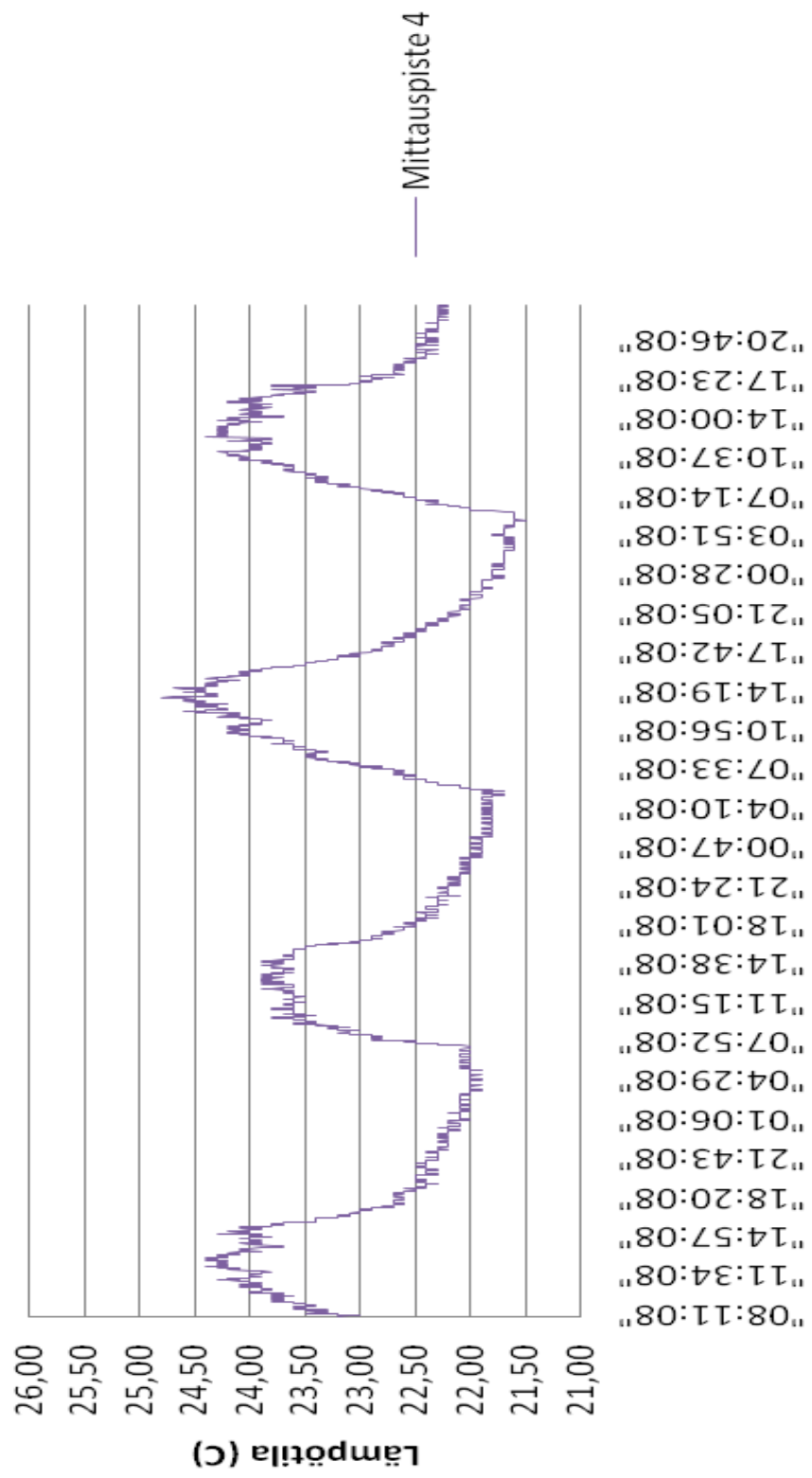
Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 2



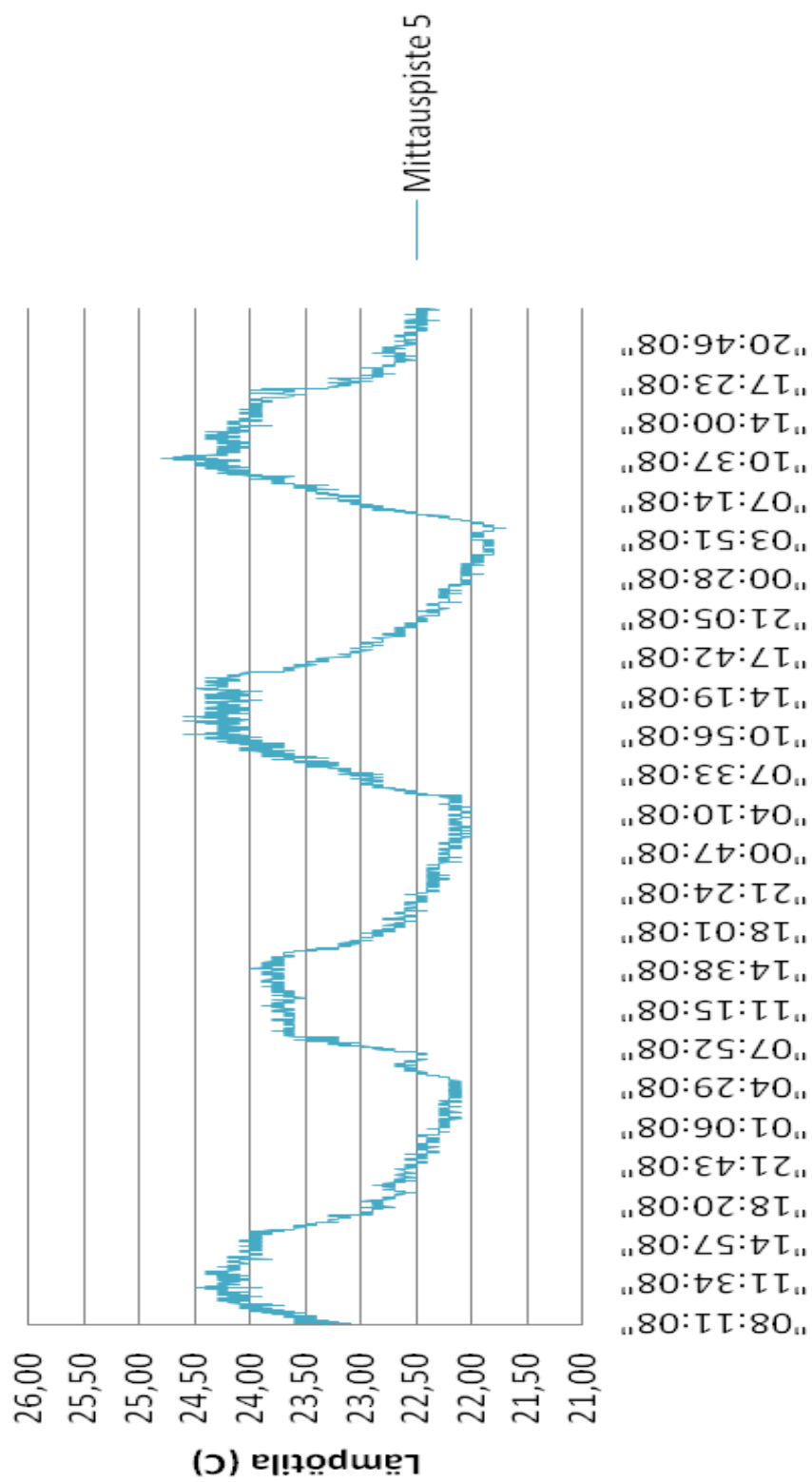
Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 3



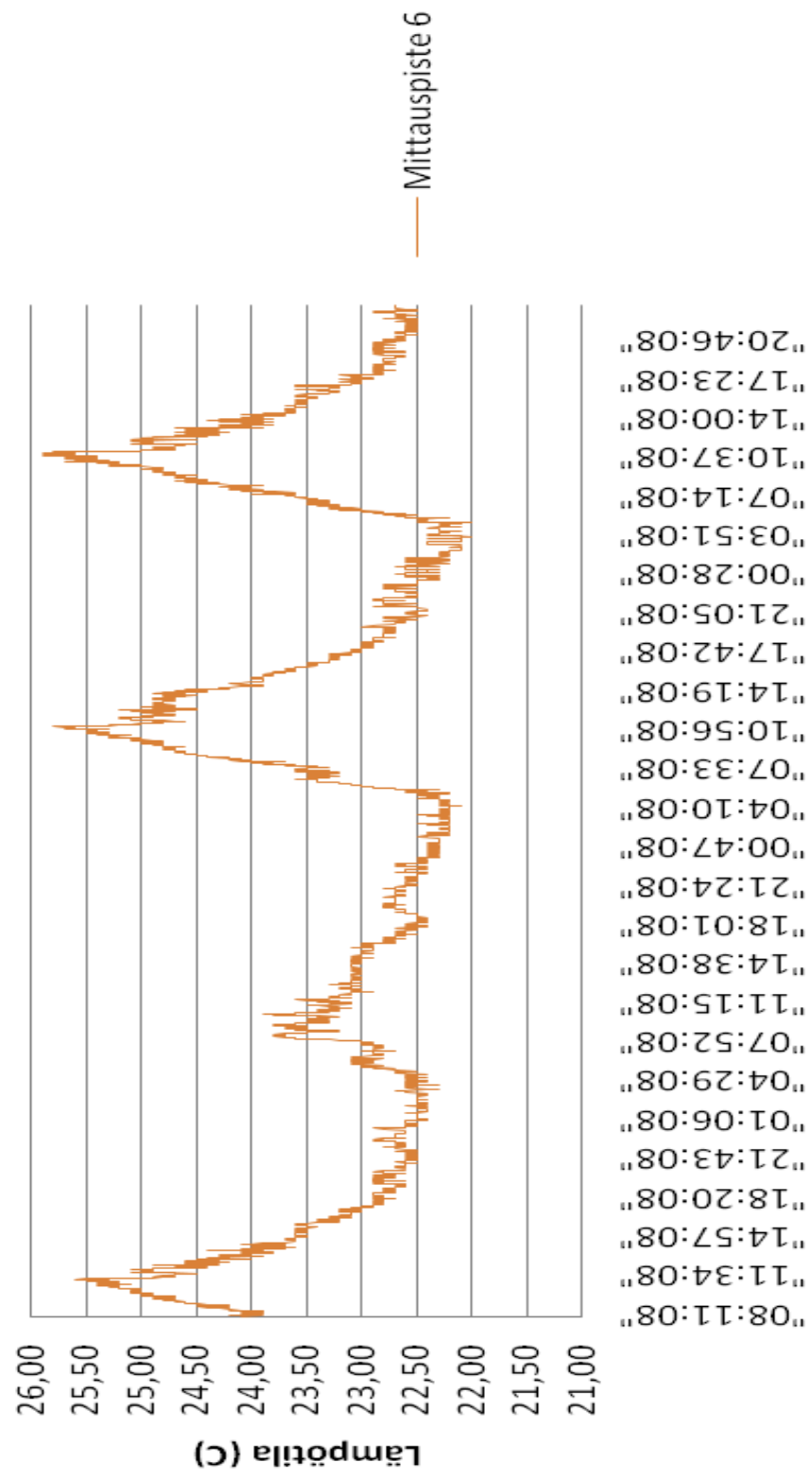
Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 4



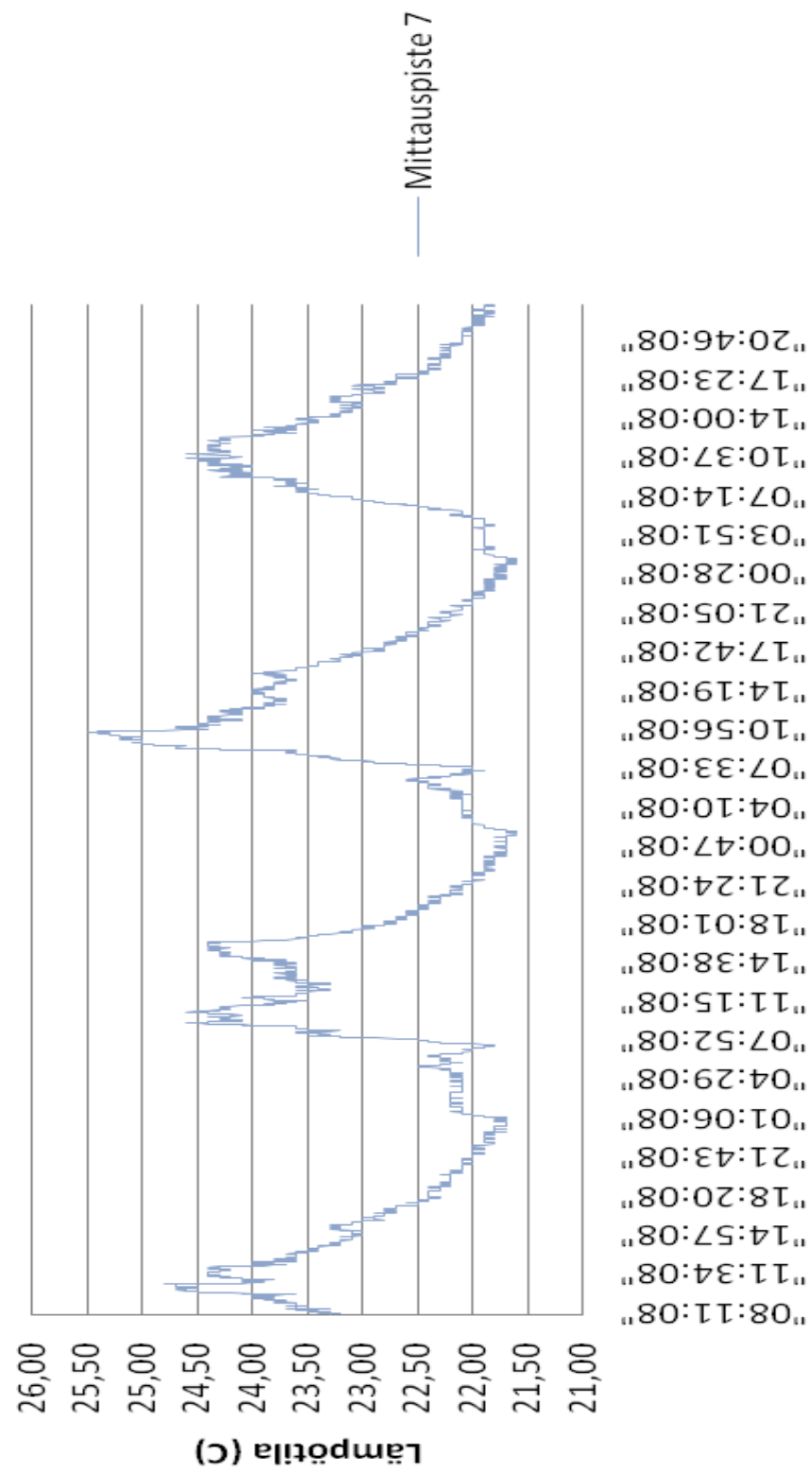
Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 5



Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 6



Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 7



Lämpötilat neljän päivän ajalta - Mittauspiste 8

