

Ilmaverhopuhallinprojekti

Lakeuden Ilmastointi Oy

Henri Korpinen
Janne Rantala
Juhana Raja-aho
Sami Kaunisto

KLAUTE08B



SISÄLTÖ

1. Johdanto	3
2. Ilmaverhopuhaltimet.....	4
3. Mittausmenetelmät.....	7
4. Mittaustulokset	9
5. Mittaustulosten analysointi	16
6. Yhteenveto.....	18

1. Johdanto

Tämä projekti tehtiin Lakeuden Ilmastointi Oy:lle ja tarkoituksena oli saada konkreettisia mittatuloksia tämän yrityksen valmistamista ilmaverhopuhaltimista erityisesti markkinointia varten. Oppilastyönä tehdyt mittaukset suoritettiin firman omissa tiloissa muutamana päivänä maaliskuun 2012 aikana.

Mittatuloksilla haettiin selvyyttä siihen, kuinka hyvin juuri tämän yrityksen valmistamat ilmaverhopuhaltimet estävät hallin jäähtymistä nosto-ovea jouduttaessa availemaan vähän väliä eripituisiksi ajoiksi. Mittaukset suoritettiin käyttäen kahta erilaista puhallinta, joista saatuja tuloksia sitten verrattiin keskenään.

2. Ilmaverhopuhaltimet

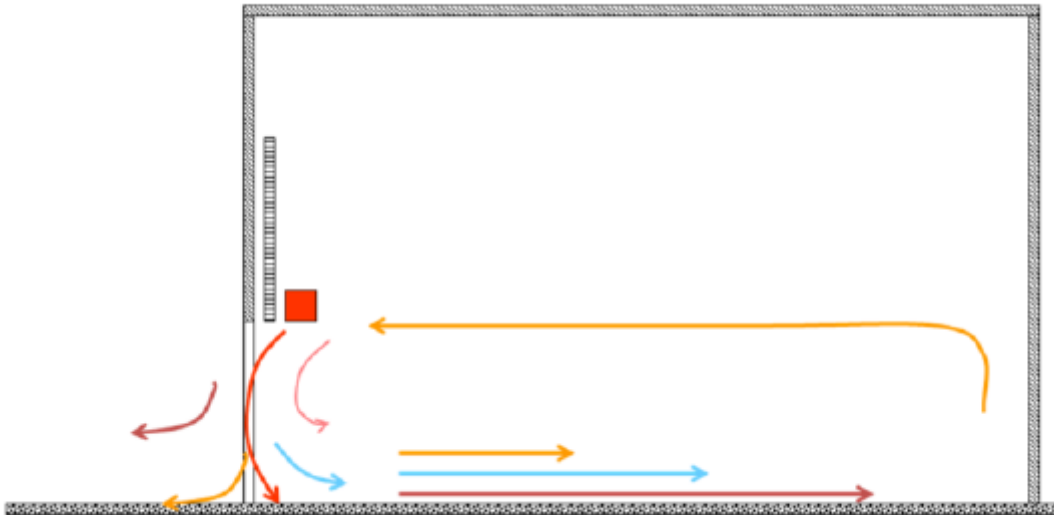
2.1 Ilmaverhon hyödyt

Teollisuusrakennuksille tyypilliset isot kulkuaukot aiheuttavat kylmissä oloissa taloudellisesti merkittävää energiahukkaa. Ovien käyttö aiheuttaa oviaukossa voimakasta virtausta, jonka oviaukon välittämässä läheisyydessä sekä kauempana ovilinjalla työskentelevä henkilökunta tuntee vetona. Lisäksi oviaukosta virtaava kylmä ilmassa voi vaikuttaa negatiivisesti lämpötilaherkkiin prosesseihin sekä suurta tarkkuutta vaativiin työstöihin. Automatisoidut ilmastointi- ja lämmityslaitteistot voivat käyttäytyä yllättävästi sisäilman mittauksien nopeiden muutoksien yhteydessä.

2.2 Vertikaalinen ylhäältä puhaltava ilmaverho

Mittaamamme Thermomaster 4000 oli ylhäältä päin puhaltava ilmaverho, jolla saavutetaan noin 60 %:n tiiveysaste eli 40 % ilmasta pääsee sisään asti. Ylhäältä päin puhaltava ilmaverho on saanut suosiota kohteissa, jossa muiden ilmaverhotyyppien asentaminen on hankalaa oviympäristön muiden rakenteiden tai toiminnan takia. Ylhäältä puhallettu suihku törmää lattiaan ja kääntyy sisälle jäähtyneenä aiheuttaen voimakasta vetoa laajalla alueella sisällä. Tämä aiheuttaa voimakkaita viileitä ilmavirtauksia työskentelyvyöhykkeellä. Kuvassa 1 on kuvattu vertikaalisen ylhäältä puhaltavan ilmaverhon toiminta.

Kuva 1 on sivulta kuvattuna, puhallus oven päältä alas ja ulos suunnattuna. Punaiset nuolet kuvaavat lämpimiä, keltaiset haaleita, violetit viileitä ja siniset kylmiä virtauksia.



Kuva 1. Ylhäältä puhaltavan ilmaverhon toiminta.

2.3 Thermomaster ilmaverhot

Thermomaster 3000–4000:a käytetään ilmaverhona estämään kylmän ilman virtaaminen sisätilaan.

Toimintaperiaate on, että oven avautuessa käynnistyy puhallin muodostaen ilmaverhon oviaukkoon. Oven sulkeuduttua puhallin pysähtyy.

Ohjauskeskuksesta ohjataan puhallin toimimaan automaattisesti tai se voidaan tarvittaessa kytkeä pois toiminnasta. Käyttökohteina erityisesti ovat teollisuushallit ja tuotantotilat, joissa suuria ovia.



Kuva 2. Thermomaster 4000 ilmaverho asennettuna.

Thermomaster 4000 puhaltimen tiedot on esitettyinä taulukossa 1.

Taulukko 1. Thermomaster 4000 puhaltimen tiedot

PUHALTIMEN TEKNISET TIEDOT	
Puhallintyyppi	RA 12/9 -4D
Käyttöjännite	400V (50/60Hz)
Nimellisteho	2,6 kW
Pyörimisnopeus	1300 rp/min
Ilmamäärä	4800m ³ /h
Toiminta-alue	600 Pa
Lämpötila-alue	-25C - +40C

3. Mittausmenetelmät

Kaikki mittaukset on suoritettu SwemaAir 3000 – merkkisellä mittarilla. Lisäksi käytimme A-tikkaita, sekuntikelloa ja mittanauhaa. Nosto-oven korkeudeksi mitattiin 3,7 metriä ja leveydeksi 4,3 metriä. Mittaukset on suoritettu oppilastyönä eivätkä ole mitenkään standardoituja.

3.1 Lämpötilamittaus 1

Mittasimme ensin hallin lämpötilan 3,5 metrin korkeudelta puolen metrin välein noin kolmen metrin päässä nosto-ovesta. Sen jälkeen avasimme oven puhaltimen ollessa kytkettynä pois päältä, ja toistimme saman lämpötilamittauksen. Kirjattuamme tulokset ylös, suljimme oven ja odottelimme hallin lämpötilan palautumista alkutilaan. Sitten avasimme oven puhaltimen ollessa päällä ja toistimme jälleen mittauksen samalta kohdalta. Kirjasimme tulokset ja siirryimme suorittamaan seuraavaa mittausta.

3.2 Lämpötilamittaus 2

Toisessa lämpötilamittauksessa haimme selvyyttä miten hyvin puhallin auttaa estämään lämmön karkaamista hallista, kun ovea avataan vähän väliä. Mittauksessa seistiin lämpötilamittarin kanssa noin kolmen metrin päässä ovesta, pitäen mitta-anturia noin 1,5 metrin korkeudella. Ovi aukaistiin puoleksi minuutiksi ja mitattiin lämpötila 15 sekunnin ja 30 sekunnin kohdalta. Sitten ovi suljettiin, odotettiin neljä minuuttia ja kirjattiin lämpötila kahden minuutin ja neljän minuutin kohdalta. Sen jälkeen ovi taas aukaistiin puoleksi minuutiksi. Toistimme tätä mittaustapaa viisi kertaa kummallakin tapaa, puhaltimen ollessa päällä, ja puhaltimen ollessa pois päältä.

3.3 Virtausmittaus 1

Mittasimme ilman virtausnopeutta 3,5 metrin korkeudelta puolen metrin välein noin kolmen metrin päässä nosto-ovesta. Mittasimme siten, että otimme aina kolme virtausnopeutta peräkkäin samalta mittauskohdalta, joista mittari antoi

sitten keskiarvon. Lähtökohtana oli todettu, että hallissa oven ollessa suljettuna ei ollut ilmavirtoja. Avasimme oven puhaltimen ollessa kytkettynä pois päältä ja kirjasimme ylös tulokset. Sen jälkeen toistimme mittauksen samalla kaavalla, mutta puhaltimen ollessa päällä. Nämä tulokset kirjattiin myös ylös.

3.4 Virtausmittaus 2

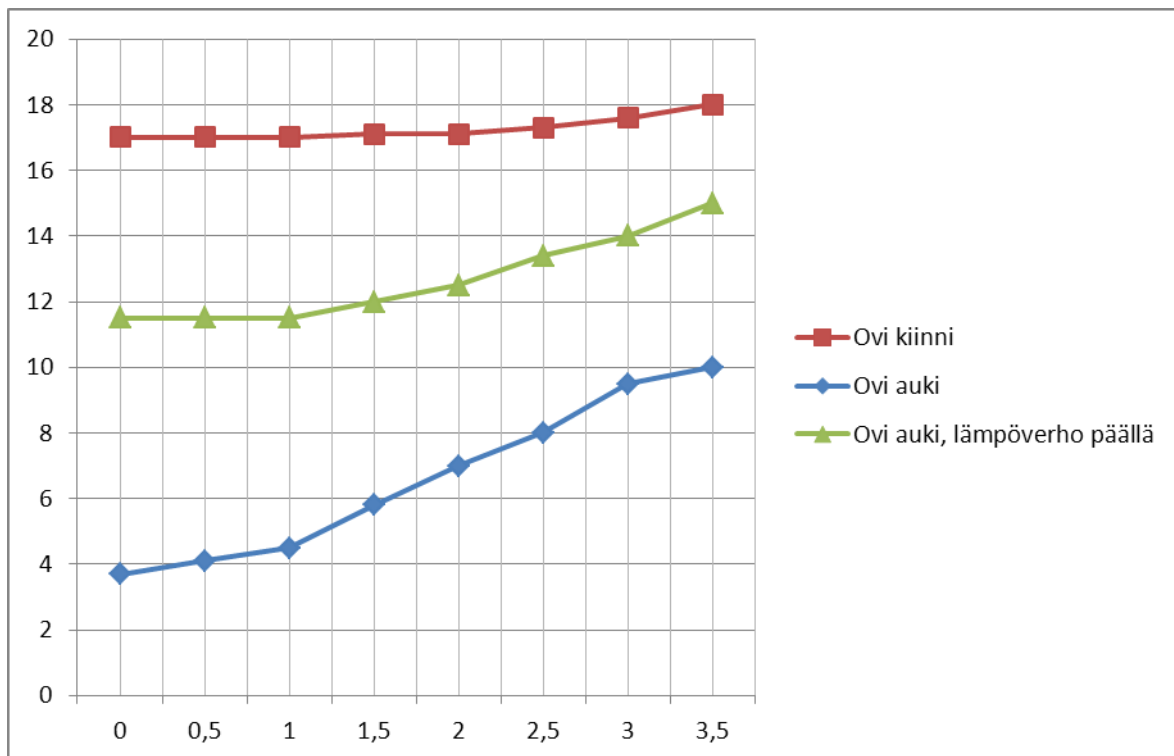
Toisessa virtausnopeusmittauksessa mitattiin kuinka tehokkaasti puhallin puhaltaa eri korkeuksille. Eli laitoimme puhaltimen päälle ja mittasimme virtausnopeusmittarilla suoraan puhaltimen alta, tai siitä missä virtaus tuntui kovimmin, 3,5 metrin korkeudesta puolen metrin välein aina maahan asti ja kirjasimme virtausnopeudet ylös. Käytimme samaa keskiarvomittausta kuin Virtausnopeusmittaus 1:ssä. Toistimme mittauksen puhaltimen ollessa täysillä ja puhaltimen ollessa puoliteholla.

4. Mittaustulokset

4.1 Puhallin 1 mittaustulokset

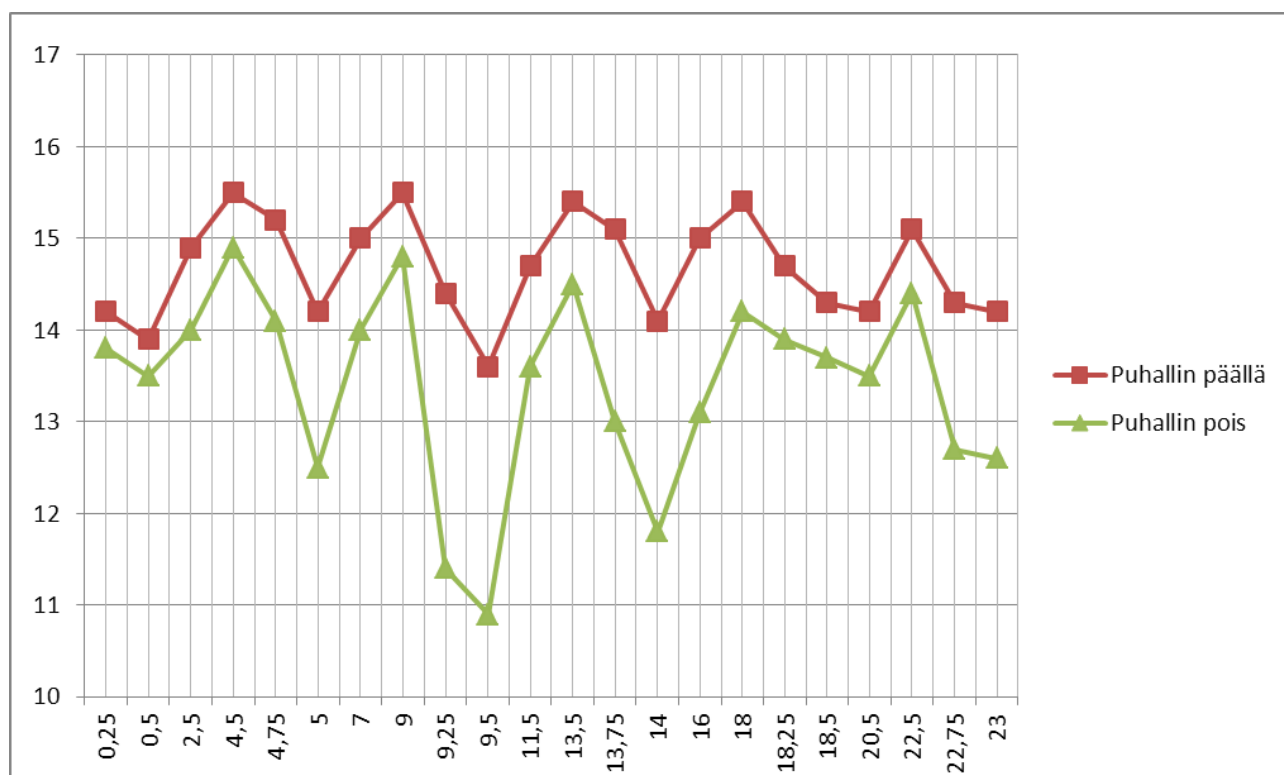
Lämpötilamittaus 1

Korkeus lattiasta	Lämpötila ovi kiinni	Lämpötila ovi auki	Lämpötila ovi auki ja ilmaverho päällä
3,5 m	18,0 °C	10 °C	15 °C
3,0 m	17,6 °C	9,5 °C	14 °C
2,5 m	17,3 °C	8 °C	13,4 °C
2,0 m	17,1 °C	7 °C	12,5 °C
1,5 m	17,1 °C	5,8 °C	12 °C
1,0 m	17 °C	4,5 °C	11,5 °C
0,5 m	17 °C	4,1 °C	11,5 °C
0 m	17 °C	3,7 °C	11,5 °C



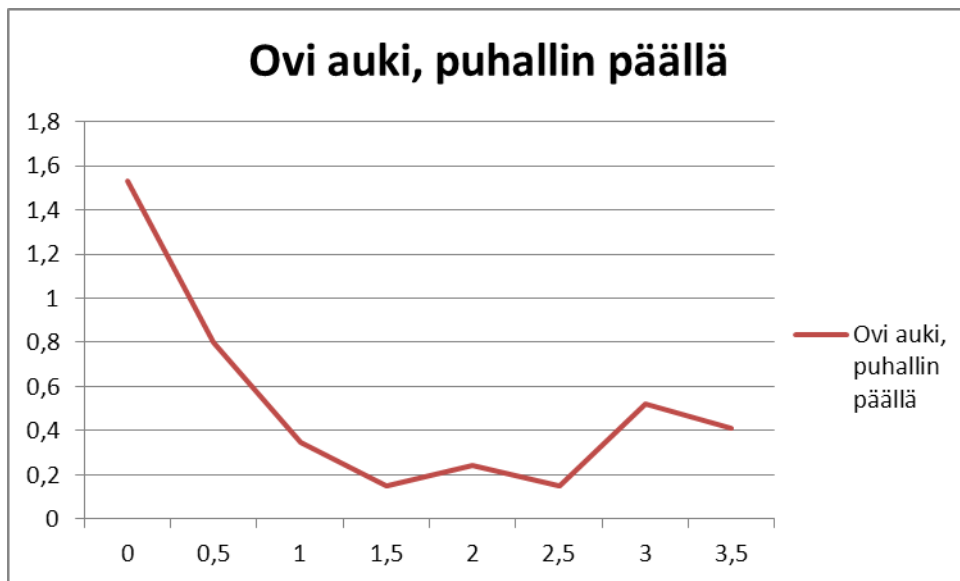
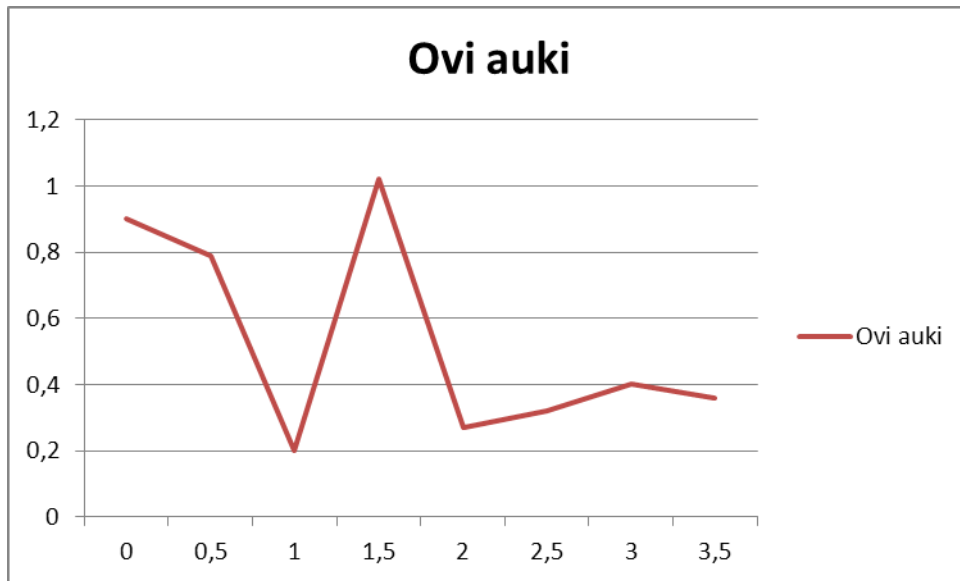
Lämpötilamittaus 2

Puhallin päällä			Puhallin pois päältä		
Ovi auki	15 s	14,2 °C	Ovi auki	15 s	13,8 °C
	30 s	13,9 °C		30 s	13,5 °C
Ovi kiinni	2 min	14,9 °C	Ovi kiinni	2 min	14 °C
	4 min	15,5 °C		4 min	14,9 °C
Ovi auki	15 s	15,2 °C	Ovi auki	15 s	14,1 °C
	30 s	14,2 °C		30 s	12,5 °C
Ovi kiinni	2 min	15 °C	Ovi kiinni	2 min	14 °C
	4 min	15,5 °C		4 min	14,8 °C
Ovi auki	15 s	14,4 °C	Ovi auki	15 s	11,4 °C
	30 s	13,6 °C		30 s	10,9 °C
Ovi kiinni	2 min	14,7 °C	Ovi kiinni	2 min	13,6 °C
	4 min	15,4 °C		4 min	14,5 °C
Ovi auki	15 s	15,1 °C	Ovi auki	15 s	13 °C
	30 s	14,1 °C		30 s	11,8 °C
Ovi kiinni	2 min	15 °C	Ovi kiinni	2 min	13,1 °C
	4min	15,4 °C		4 min	14,2 °C
Ovi auki	15 s	14,7 °C	Ovi auki	15 s	13,9 °C
	30 s	14,3 °C		30 s	13,7 °C
Ovi kiinni	2 min	14,2 °C	Ovi kiinni	2 min	13,5 °C
	4 min	15,1 °C		4 min	14,4 °C
ovi auki	15 s	14,3 °C	Ovi auki	15 s	12,7 °C
	30 s	14,2 °C		30 s	12,6 °C



Virtausnopeusmittaus 1

Korkeus lattiasta	Virtausnopeus ovi kiinni	Virtausnopeus ovi auki	Virtausnopeus ovi auki / ilmaverho päällä
3,5 m	0	0,36	0,41
3,0 m	0	0,4	0,52
2,5 m	0	0,32	0,15
2,0 m	0	0,27	0,24
1,5 m	0	1,02	0,15
1,0 m	0	0,2	0,35
0,5 m	0	0,79	0,8
0 m	0	0,9	1,53

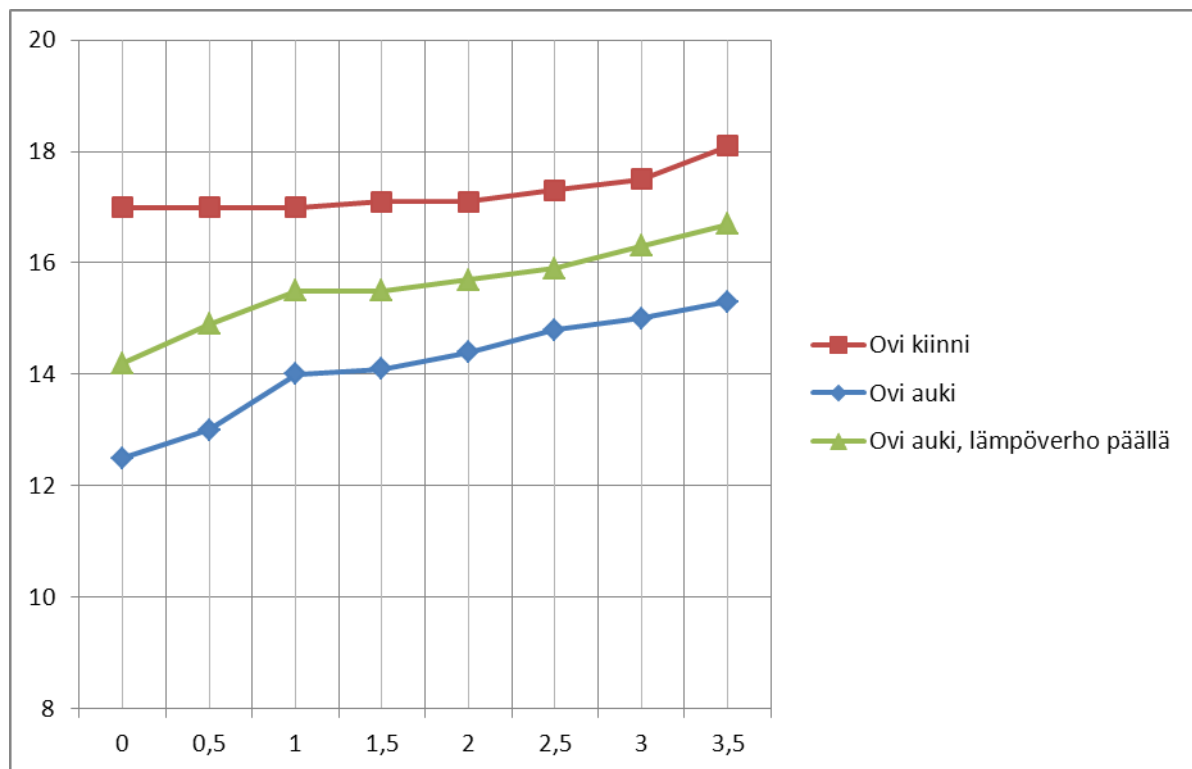


Virtausnopeusmittaus 2

4.2 Puhallin 2 mittaustulokset

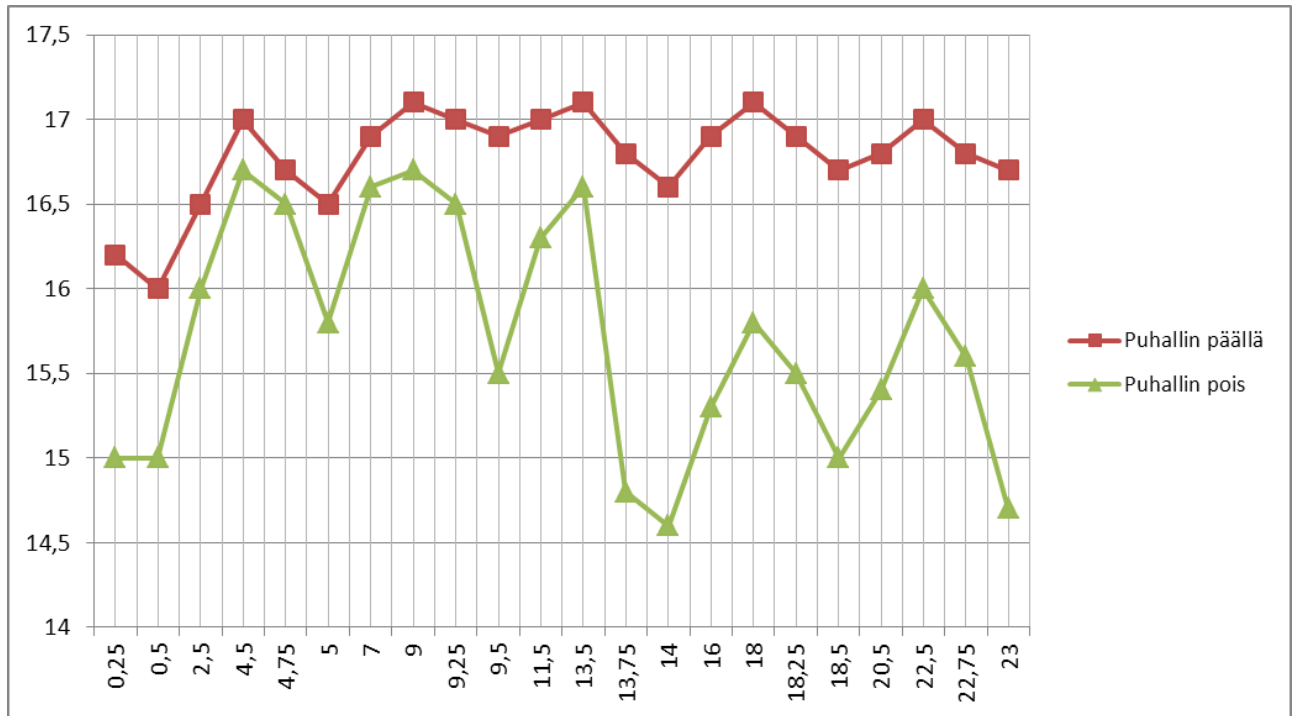
Lämpötilamittaus 1

Korkeus lattiasta	Lämpötila ovi kiinni	Lämpötila ovi auki	Ovi auki / ilmaverho päällä
3,5 m	18,1 °C	16,7 °C	15,3 °C
3,0 m	17,5 °C	16,3 °C	15 °C
2,5 m	17,3 °C	15,9 °C	14,8 °C
2,0 m	17,1 °C	15,7 °C	14,4 °C
1,5 m	17,1 °C	15,5 °C	14,1 °C
1,0 m	17 °C	15,5 °C	14 °C
0,5 m	17 °C	14,9 °C	13 °C
0 m	17 °C	14,2 °C	12,5 °C



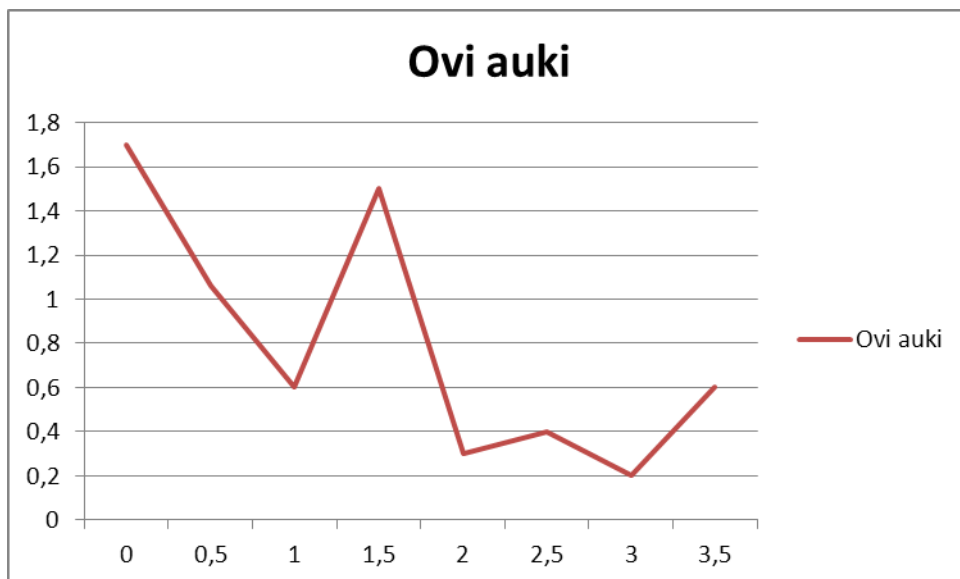
Lämpötilamittaus 2

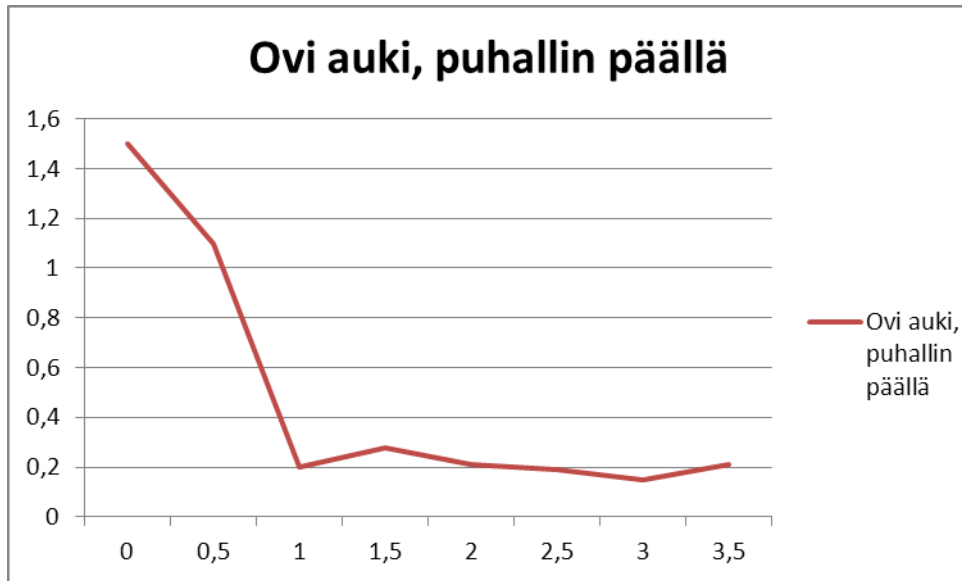
Puhallin päällä			Puhallin pois päältä		
Ovi auki	15 s	16,2 °C	Ovi auki	15 s	15 °C
	30 s	16 °C		30 s	15 °C
Ovi kiinni	2 min	16,5 °C	Ovi kiinni	2 min	16 °C
	4 min	17 °C		4 min	16,7 °C
Ovi auki	15 s	16,7 °C	Ovi auki	15 s	16,5 °C
	30 s	16,5 °C		30 s	15,8 °C
Ovi kiinni	2 min	16,9 °C	Ovi kiinni	2 min	16,6 °C
	4 min	17,1 °C		4 min	16,7 °C
Ovi auki	15 s	17 °C	Ovi auki	15 s	16,5 °C
	30 s	16,9 °C		30 s	15,5 °C
Ovi kiinni	2 min	17 °C	Ovi kiinni	2 min	16,3 °C
	4 min	17,1 °C		4 min	16,6 °C
Ovi auki	15 s	16,8 °C	Ovi auki	15 s	14,8 °C
	30 s	16,6 °C		30 s	14,6 °C
Ovi kiinni	2 min	16,9 °C	Ovi kiinni	2 min	15,3 °C
	4 min	17,1 °C		4 min	15,8 °C
Ovi auki	15 s	16,9 °C	Ovi auki	15 s	15,5 °C
	30 s	16,7 °C		30 s	15 °C
Ovi kiinni	2 min	16,8 °C	Ovi kiinni	2 min	15,4 °C
	4 min	17 °C		4 min	16 °C
ovi auki	15 s	16,8 °C	ovi auki	15 s	15,6 °C
	30 s	16,7 °C		30 s	14,7 °C



Virtausnopeusmittaus 1

Korkeus lattiasta	Virtausnopeus ovi kiinni	Virtausnopeus ovi auki	Virtausnopeus ovi auki / ilmaverho päällä
3,5 m	0	0,6	0,21
3,0 m	0	0,2	0,15
2,5 m	0	0,4	0,19
2,0 m	0	0,3	0,21
1,5 m	0	1,5	0,28
1,0 m	0	0,6	0,2
0,5 m	0	1,06	1,1
0 m	0	1,7	1,5





Virtausnopeusmittaus 2

Puhallin 2 täysillä, asento 6		
0,5 m	11,3	m/s
1 m	8,1	m/s
1,5 m	6	m/s
2 m	4,9	m/s
2,5 m	3,4	m/s
3 m	3	m/s
3,5 m	3	m/s
Puhallin 2 puoliteholla, asento 4		
0,5 m	10,1	m/s
1 m	6,3	m/s
1,5 m	5,1	m/s
2 m	4,4	m/s
2,5 m	3,4	m/s
3 m	3	m/s
3,5 m	1,8	m/s

5. Mittaustulosten analysointi

5.1 Haittaavat tekijät

Mittauksia tehtäessä on otettava huomioon niihin vaikuttavat ilmastolliset, sekä muut ulkoiset tekijät. Ulkolämpötila ja tuulen voimakkuus vaikuttavat mittauksiin ja antavat näin virheellisen kuvan tuloksista. Myös useampien ovien aukiolo hallissa voi aiheuttaa läpivedon ja näin ollen vaikuttaa tuloksiin.

Vaikka mittauksia tehtäessä näitä haittatekijöitä oli, niin silti tuloksista on nähtävissä ilmaverhopuhaltimen positiiviset vaikutukset hallin lämpötilaan, sekä ilmanvirtauksiin.

5.2 Lämpötilamittaukset

Ensimmäisten lämpötilamittausten tuloksista huomaamme, kuinka ilmaverhon päällä ollessa hallin ilma jäähtyy huomattavasti hitaammin, kuin ilmaverhon ollessa pois päältä. Taulukosta myös näemme, että kylmää ilmaa virtaa sisään hallin oven alaosasta, jolloin ilman lämpötila kasvaa, mitä korkeamalta ilman lämpötila hallissa mitataan.

Toinen lämpötilamittaus keskittyi tarkastelemaan ilman jäähtymistä suhteessa aikaan. Ilmaverhopuhaltimen ollessa pois päältä ja hallin oven avattaessa lämpötila alkoi nopeasti laskea. Oven sulkeutuessa ja 4 min lämpenemisjakson aikana lämpötila ei enää noussut yhtä korkealle, mitä se oli ollut edellisellä kerralla. Näin tapahtui jokaisella eri mittauskerralla. Ilmaverhopuhaltimen ollessa päällä, lämmin ilma ei päässyt karkaamaan hallista yhtä nopeasti. Tämän vuoksi oven sulkeuduttua lämpötila ehti kohoamaan aina takaisin samalle tasolle, mitä se oli ennen oven avausta ja jäähtymisen alkamista.

5.3 Virtausmittaukset

Virtausmittauskäyristä on helposti havaittavissa, kuinka ilmaverhopuhallin rajoittaa ilman kulkua halliin ja hallista ulos. Puhaltimen ollessa pois päältä huomataan, että kuvaaja nousee ja laskee tuulen nopeuden mukaan. Ilmaverhon päällä ollessa ilmanvirtausnopeus laskee huomattavasti. Yläosasta keskivaiheille virtaus on hyvin vähäistä, kun taas alaosasta ilmaa virtaa hieman enemmän.

Toisessa virtausnopeusmittauksessa on havaittavissa, kuinka suurimmat virtausnopeudet ovat puhaltimen läheisyydessä, kauemmas ja maanrajaa kohti mentäessä virtausnopeudet laskee. Tässäkin mittauksessa tarkan mittauskohdan löytäminen oli tärkeää, koska virtausmittaukset saattoivat vaihdella rajustikkin.

6. Yhteenveto

Projektissa saatiin hyviä tuloksia joista käy ilmi, että ilmaverhopuhallin toimii käytännössä. Puhallin toimii kuten pitääkin, se rajoittaa lämpimän ilman karkaamista hallista ulos ja kylmän pääsyä sisään. Lämpötilamittauksissa käy ilmi, että sisälämpötila pysyy korkeammalla huomattavasti pidempään, jos puhallinta käytetään hallin oven ollessa auki. Virtausmittauksista käy ilmi, että puhallin rajoittaa ilman kulkemista oviaukosta. Mielestäni tuloksissa päästiin haluttuun lopputulokseen.