



OsloMet - storbyuniversitet

Institutt for Bygg- og energiteknikk

Postadresse: Postboks 4. St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

Telefon: 67 23 50 00

www.oslomet.no

KANDIDAT NR.

3

TILGJENGELIGHET

Åpen

MASTEROPPGAVE

PROSJEKTOPPGAVENS TITTEL SvalVent - Hastighetsmålinger og Termisk Komfort	DATO 23.05.2018
	Sidetall/Vedlegg 61/19
FORFATTER Henrik Slåen Nordby	VEILEDERE Kari Thunshelle Peter G. Schild

UTFØRT I SAMARBEID MED SINTEF GK, TROX Auranor, Tropo Industrier	KONTAKTPERSON Henrik Slåen Nordby Tlf: +47 902 39 634 E-mail: henrik.s.n92@gmail.com
--	---

SAMMENDRAG

Det ble gjennomført forsøk i forbindelse med SvalVent prosjektet i SINTEF sine lokaler. Et egent klimakammer ble tilpasset for disse forsøkene. Her var formålet å teste om man kan gå opp på tilluftstemperatur ved å kompensere for måten luften blir tilført på. En prototype er blitt utviklet til formålet som kan tilføre luft via en tilluftsventil samt i gjennom en luftdyse. Et spørreskjema ble utviklet for forsøkene som baserte seg hovedsakelig på termisk komfort, opplevd hudtemperatur og et par spørsmål om retning og hastigheten på luftstrålen som traff forsøkspersonen. I Mars måned ble det satt av 3 uker til testing i forsøksrommet. Det var simulert et inneklime som skal etterligne typisk sommer, derfor var romtemperaturen 24°C første uken, 26°C andre uken og 28°C siste uka. Hver dag deltok 4 personer i forsøkene og de samme gruppene stilte hver uke. Hastighetsmålinger ble gjort for å beregne gjennomsnittshastighet, turbulensintensitet, β -koeffisient og flere andre parametere. Resultatene viser store individuelle forskjeller. Likevel er det noen tendenser som viser at ventilering mot bryst er mer foretrukket enn mot hodet og dette ble statistisk vist ved ekstrem tilfelle 28°C. Flere enn halvparten av forsøkspersonene ved 24 og 26°C ønsket ikke å endre lufthastigheten og brukere var særlig fornøyd med inneklime ved 26°C når de hadde lufthastigheter "Høy" og "Ekstra Høy" rettet mot seg.

3 stikkord:

Hastighetsmålinger

Turbulensintensitet

β -koeffisient

1 Forord

Dette er det avsluttende kapittelet i mitt studieløp på OsloMet - Storbyuniversitet. Det har vært en spennende reise og jeg har møtt mange fantastiske mennesker i løpet av studiet. Jeg er veldig takknemlig til SINTEF og til Kari Thunshelle som har ønsket meg og Håkon som samarbeidspartnere til et så omfattende og spennende prosjekt.

Dere har tatt oss godt i mot, gitt konstruktiv veiledning og virkelig hjulpet oss på vei når vi trodde at alt skulle gå i vasken. Særlig når det er snakk om de endeløse timene vi tilbrakte på labben helgen før forsøkene skulle starte. Det viste seg at små og relativt ”enkle” detaljer ikke skulle være så små og enkle. Vi brukte veldig mye tid på å finne ut hvordan vi skulle regulere labben på en god måte og det var vell i siste liten at den stod klar mandag morgen etter at Kari hadde døgnnet natt til mandag. Selv om det har vært mye slit og lange dager, har det også vært mye gøy! Jeg vil også takke Peter G. Schild for utrolig god veiledning, innspill og kritikk. Du har kommet med synspunkter som har vært vesentlige for dette prosjektet og hvordan det skulle gjennomføres.

Jeg må også rette stor takk til Håkon S. Rikoll som har vært utrolig god og tålmodig samarbeidspartner i et så stort prosjekt. Det har vært helt supert å ha jobbet med deg dette semesteret. Selv om dette prosjektet har vært todelt for våres del har vi hatt muligheten å utveksle ideer sammen og vi har hatt muligheten til bruke styrkene til hverandre.

Det har vært veldig givende og betryggende de dagene man føler at man sitter helt fast. Vi har kommet oss heltskinnet igjennom dette semesteret også Håkon!

Til sist må jeg takke min samboer, Katja som har hjulpet meg de gangene jeg har følt ting har blitt for mye og du har vært der for meg, takk.

Takk for et utrolig spennende semester!

Henrik S. Nordby

Innholdsfortegnelse

1 Forord	1
Figur liste	3
Tabell liste	5
2 Sammendrag	6
3 Nomenklatur	7
4 Introduksjon	8
4.1 Mål	9
5 Tidligere erfaringer	10
6 Teori	11
6.1 Turbulensintensitet	11
6.2 Fast Fourier Transform	12
6.3 Power Spectrum analyse og Beta-koeffisient	14
7 Metode	16
7.1 Innledende forsøk	16
7.2 Oppsett av lab til hovedforsøk	22
7.2.1 Hastighetslogging og behandling av data	26
7.3 Forsøksdesign	30
7.3.1 Bestemmelse av romtemperatur og relativ fuktighet	30
7.3.2 Bestemmelse av tilluftstemperatur	31
7.3.3 Lufthastigheter og dyse plassering	32
7.3.4 Bestemmelse av luftmengde	32
7.3.5 Forsøkspersoner	34
7.4 Hovedforsøkene	34
7.5 Kontroll av parametere	37
7.5.1 Luftmengder	37
7.5.2 Lufthastighet ved lav, høy og ekstra høy luftmengde	37
7.5.3 Lufthastighet i rom	38
7.6 Spørreskjema til hovedforsøk	38
8 Resultater	42
8.1 Resultater fra innledende forsøk	42
8.2 Resultater fra hovedforsøk	45
8.3 Statistikk	55
9 Diskusjon	57
10 Konklusjon	58
11 Instrumentliste	59
12 Referanser	60

Figur liste

6.1	Sammenligning av laminær og turbulent strømming	11
6.2	En fremstilling av hvordan virvler oppstår og hvordan de bidrar til turbulent strømming	12
6.3	FFT som algoritme gjør et signal som funksjon av tid over til frekvensdomene	12
6.4	En tilpasningskurve til logget hastighet	13
6.5	Power spectrum som funksjon av frekvens	15
6.6	En oppsummering av de frekvensene som hadde best kjøleeffekt (Zhu, Luo, Ouyang, Huang, & Cao, 2015)	15
7.1	En oversikt over hvordan testrommet så ut ved innledende forsøk	16
7.2	En oversikt over tidsskjemaet til innledende forsøk	17
7.3	Forsøksperson sitter klar før forsøket starter	18
7.4	En oversikt over de forskjellige parameterne og hvor det er på kroppen. Der: x_1 - Venstre side på testpersonen x_2 - Midt på testpersonen y_1 - Mot hodet på testpersonen y_2 - Mot brystet på testpersonen	19
7.5	En sammenligning av vinklene α og γ , α er innfallsvinkel mellom ventil og person og γ er vinkelen mellom senterakse på person og venstreside	20
7.6	En graf som viser hvordan differansen i vinkel mellom hodet og bryst α og vinkelen mellom venstreside og senterakse γ varierer med avstand	21
7.7	Testrommet ferdig oppsatt til hovedforsøk	22
7.8	Kastelengde til ventilasjonsrist Orion LØV	23
7.9	En håndtegning av forsøksrommet i plan, det viser plassbegrensning	24
7.10	Over forsøksrommet er ventilasjonskanalene	25
7.11	CodeSYS - Brukergrensesnitt for styring av forsøk	25
7.12	Hastighetsfølernes fordeling i høyde	27
7.13	Loggeprogrammet VentRigg - De røde ringene indikere de posisjonene der det logges	28
7.14	Excelarket FFT-Spectrum-v5 fremgangsmetode	29
7.15	H-X - diagram som viser prosessveien for å komme til settpunkt i uke 11	31
7.16	Viser ventilenes avstand og vinkler i forhold til hverandre for de personene som sitter ovenfor hverandre	33
7.17	Spørreskjema Del 1	39
7.18	Spørreskjema Del 2 - En liten del av spørreskjemaet	40
7.19	Spørreskjema Del 2 - Diverse spørsmål	40
8.1	Midlet hastighet over forsøksperiode	42
8.2	En sammenligning av forventet hastighet med forsøket C	43
8.3	Temperaturvariasjon i forsøkene	44
8.4	Resultater termisk komfort - Hele kroppen	44
8.5	Resultater termisk komfort - Bryst	45
8.6	Boksdigram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, ved start	47
8.7	Boksdigram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, alle ved 10 minutter	48
8.8	Boksdigram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, alle ved 25 minutter	48
8.9	Boksdigram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun kvinner ved start	49
8.10	Boksdigram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun kvinner ved 10 minutter	50

8.11	Boksdigram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av duftlyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun menn ved start	50
8.12	Boksdigram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun menn ved 10 minutter	51
8.13	Termisk komfort gjennomsnittsvar ved ekstra høy hastighet	51
8.14	Termisk komfort gjennomsnittsvar ved høy hastighet	52
8.15	Termisk komfort gjennomsnittsvar ved lav hastighet	53
8.16	Scatterplot - Hastighet og standardavvik	53
8.17	Scatterplot - Hastighet og luftmengde	54
8.18	Scatterplot - β -koeffisient og Termisk komfort mot bryst	54
8.19	Paret Student T-test av posisjon bryst mot hodet ved 24°C Lav og høy hastighet	55
8.20	Paret Student T-test av posisjon bryst mot hodet ved 26°C Lav og høy hastighet	56
8.21	Paret Student T-test av posisjon bryst mot hodet ved 28°C Lav og høy hastighet	56

Tabell liste

6.1	En sammenligning av hastighetsforskjeller ved FFT og DFT	13
7.1	Høydene på målerne under de innledende forsøkene	18
7.2	En oversikt over alle testparametere mot hvilke forsøk	19
7.3	De forskjellige vinklene ved forskjellige avstander til person	20
7.4	Testforholdene ved de innledende testene	21
7.5	Oversikt over de forskjellige effekt innstillingene og temperatur setpunkt	24
7.6	Hastighetsmålerne innstilling i høyde under hovedforsøk	26
7.7	De forskjellige parameterne som logges	28
7.8	Tidsskjema for oppsett av forsøk til hovedforsøkene	36
7.9	Beregning av luftmengder etter ISO 5167-2	37
7.10	Oversikt over målte hastigheter ved ulike luftmengder	37
7.11	Middelverdi av hastighets målere 1-5 og standardavvik ved forskjellig forsøk	38
8.1	Betegnelse av forsøkspersoner	42
8.2	En oversikt over brukere som ønsket mer, mindre eller uendret luftmengde i løpet av hovedforsøkene	46
8.3	Ekstra høye lufthastigheter - Ønsker mer eller uendret	46
8.4	Gjennomsnittsverdier av alle loggede parametere	46

2 Sammendrag

I løpet av våren 2018 ble det gjennomført forsøk i SINTEF sin klimalab. Her deltok 21 deltakere som var blant annet studenter, pensjonister og ansatte fra forskjellige selskap.

Hensikten med disse forsøkene er å finne ut om det er mulig å komme frem med et konsept for brukerstyrt ventilasjon som, skal håndtere høye innendørs temperaturer med minimal bruk av kjøling. For å komme i gang med dette måtte klimalabben tilpasses slik at det etterlignet et kontorlandskap, forsøkspersoner måtte rekrutteres og forsøksdesign måtte bestemmes.

Det ble laget et spørreskjema som spurte etter termisk komfort, opplevd hudtemperatur og andre spørsmål som kunne påvirke termisk komfort.

Avstand fra ventil til person, hvilke vinkler som måtte til og lufthastigheter måtte bestemmes, derfor ble det gjennomgått noen innledende forsøk.

Det ble målt lufthastigheter, turbulens intensiteter, β -koeffisienter og temperatur i luftstrålen med en bevegelig rigg i en periode på 8 minutter per måleserie. Denne målte alle posisjonene der forsøkspersonene skulle sitte.

Erfaringer fra dette prosjektet er at det er vanskelig å treffe nøyaktig med en luftdyse, kun små justeringer gir store utslag på hvor den treffer. Dette gjorde det tidkrevende og vanskelig å få de til med det oppsettet vi hadde.

Resultatene viser at overraskende mange var fornøyd med de hastighetene vi trodde de skulle være missfornøyd med. Eksempelvis var "Ekstra Høy" hastighet ved 26°C et gjennomgående godt resultat for de fleste.

Hastighetene bommet litt i forhold til hva det var interessant å undersøke, særlig på "lav" og "ekstra høy" hastighet.

Noe denne oppgaven skulle undersøke var om det var forskjell mellom bryst og hodet når det gjaldt luftdyse posisjoneringen. Ved 28°C gav en paret student T-test statistisk signifikant utslag på det var forskjell på om man fikk luftmengden mot bryst eller hodet. Luftdyse posisjonering mot bryst gav høyest score på termisk komfort.

Fra spørreskjema ble forsøkspersonene også spurt hva de synes om luftmengden som traff dem. Ved 26°C var det 83,6% ved høy hastighet som syntes det var passe eller ønsket mer. Ved ekstra høy hastighet var 77,2 % som syntes det var passe eller ønsket mer.

3 Nomenklatur

Indeks	Forklaring
Tu	Turbulensintensitet
\bar{v}	Middelhastighet
v_i	Målt hastighet
\bar{v}_{lokal}	Gjennomsnittlig lokal lufthastighet
$\bar{T}_{\text{luftstråle}}$	Temperatur i luftstråle
P_{amp}	Den største verdien i y-aksen fra regresjonslinjen i Power Spectrum analysen
σ	Standardavviket til lufthastighet
β	Karakteristikken til luftbevegelsene
FFT	Fast Fourier Transform
DFT	Discret Fourier Transform
N, n	Antall punkter
x_1, x_2, y_1, y_2	Fire definerte posisjoner på kroppen
α	Innfallsvinkel fra takflate mot person
θ	Vinkel fra normal
γ	Vinkelen mellom senterakse på person og skulder
Met	Metabolisme
Clo	Clothing
RF	Relativ fuktighet
TEK	Teknisk Forskrift
CO_2	Karbondioksid

4 Introduksjon

SvalVent er et innovasjons prosjekt i regi av SINTEF. Det pågår mellom årene 2018 - 2019 og er en del en av EnergiX programmet som er finansiert av Norges forskningsråd. Denne master oppgaven og master oppgaven til Håkon S. Rikoll er kun en liten del av prosjektet som skal gi grunnlag for videre testing og analyser av konseptet.

Tanken med dette prosjektet er å utvikle et konsept for brukerstyrt ventilasjon hvor hver bruker får sin egen ventil. Det er da interessant å prøve å ventilere med høyere lufthastigheter enn det som gjøres i dag. Flere tidligere studier viser at ved å gå opp i lufthastighet kan vi kompensere for kjølebehovet (Zhang et al. 2007, Toftum 2004, Zhu et al. 2015).

Et klima rom på SINTEF sine lokaler benyttes til dette formålet hvor det skal gjenskapes et typisk norsk sommerklima. Klimarommet må tilpasses for å etterligne et typisk kontorlandskap. Forsøkspersoner skal rekrutteres til formålet og skal svare på spørreskjema om termisk komfort.

Denne oppgaven begrenser seg til å undersøke hvordan lufthastighet, turbulens intensitet og vindkarakteristikk påvirker termisk komfort. Dette gjøres ved å analysere spørreskjemaer og se hvilke hastigheter vi får ved ulike situasjoner.

Til dette prosjektet er det utviklet en prototype fra Trox AuraNOR. Denne prototypen må kunne ha fleksibilitet slik at den lett kan installeres i et eksisterende ventilasjonsanlegg. Den må kunne fordele luften mellom felles tilluftsventil og personlig luftdyse slik at luftmengden inn til prototypen er konstant.

I løpet av dagen skal de utsettes for forskjellige lufthastigheter og innfallsvinkler og som gjøres hva ved sommerforhold ved ulike innetemperaturer og undersøke om man kan redusere det kjølebehovet som er i ventilasjonssystemer i dag. SvalVent har samme ambisjoner om å få fornøye selv på varme sommerdager. Dersom man kan redusere eller eventuelt kutte kjøling av tilluft er det et stort energisparing potensiale.

Blant SvalVent sine samarbeidspartnere finner vi: GK, Tropo Industrier og Trox AuraNOR.

4.1 Mål

Målet for SvalVent er å komme frem til et produkt og et konsept for ventilasjon som skal redusere energibruk til kjøling. Samtidig skal det være et konsept som gir fornøyde brukere selv på veldig varme dager.

Målet for denne oppgaven er å undersøke om hva slags hastigheter og innstilling av luft dysen som foretrekkes, mot hodet eller mot brystet.

Oppgavens hypotese er:

- H_0 Det er ikke noe forskjell på om man ventilerer mot brystet og hodet
- H_1 Det er en forskjell mellom å ventilere mot brystet og hodet.

5 Tidligere erfaringer

Den internasjonale standarden ISO 7730 setter en grense på 0,2 m/s for å unngå trekk risiko. Disse kravene har vært gjeldende fordi man har fokus på de negative sidene med høy lufthastighet. Dersom man har et varmt inneklima vil man være mer akseptabel til høyere lufthastigheter. En studie fra fant at når folk ikke var fornøyd med lufthastighet mellom 0-2,0 m/s og over, var det fordi de ønsket mer. Dette gjaldt spesielt ved sommersituasjon (Zhao, 2007).

Konseptet for SvalVent bygger på flere tidligere studier. En studie fra Beijing viste at ved å gjenskape karakteristikken til vind ved høye innendørs temperaturer, kan man oppnå en termisk komfort man finner ved et konstant nøytralt inneklima (Hua, Ouyang, Wang, Li, & Zhu, 2012). De gjennomførte eksperimenter i klimakammer og et kontor, de fant at ved å simulere naturlig vind fikk de en større forbedring i termisk komfort enn ved konstant mekanisk lufttilførsel i varme klima.

En studie fra Beijing fant at psykologiske effekten av å selv kunne styre sitt eget lokale inneklima spiller en viktig rolle for å kunne tilpasse sin termisk komfort (Zhu et al., 2015). Fanger har også publisert en studie om fremtidig individuell kontroll. Individuell termisk kontroll bør etableres for å håndtere personlige preferanse (Fange, 2002)

SvalVent bygger også delvis på erfaringer fra ForKlima. Det prosjektet hadde som mål å undersøke om man kunne ha oppvarming av kontorbygg kun via ventilasjon. Konklusjonene fra dette prosjektet viste at oppvarming kun via tilluft ga fornøyde brukere og særlig de brukerne som hadde mulighet for brukerstyring av tilluftstemperatur. (Cablé, Mysen, Hammer, & Thunshelle, 2014).

6 Teori

6.1 Turbulensintensitet

Turbulens intensitet gir et uttrykk for et forhold mellom gjennomsnitts lufthastighet og standardavvik. Det er en parameter som gir et snerp om hvor turbulent strømmingen fra 0 til 100 %. En luftstrøm som har 0 % turbulens intensitet er en strømming som er tilnærmet laminær. Nedenfor i figur 6.1 vises forskjellen på en turbulent- og laminær strømnings profil.

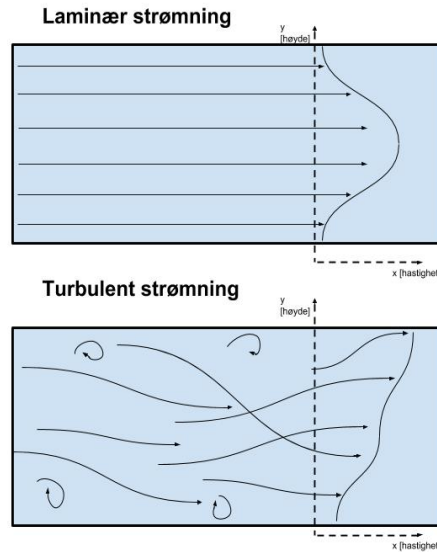


Figure 6.1: Sammenligning av laminær og turbulent strømming

Siden hastigheten i et målt punkt v_i i en turbulent strømming varierer over tid, gir dette fluktuasjoner i strømmingen. Det er dette som karakteriserer turbulent strømming. I laminær strømming vil v_i nærme seg \bar{v} og man får derfor en lav verdi for standardavviket, σ .

Turbulens intensitet kan uttrykkes som:

$$Tu = \frac{\sigma}{\bar{v}} \quad (1)$$

Der gjennomsnittshastigheten, \bar{v} er:

$$\bar{v} = \frac{(\sum_{i=1}^n v_i)}{n} \quad (2)$$

og standardavviket, σ er definert som:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2)}{n}} \quad (3)$$

En turbulent strømnings profil kan oppstå ved for eksempel ved at en luft jet blir indusert av

omgivelse luft med en annen temperatur. På grunn av temperaturforskjeller mellom en luft jet og omgivelsene vil disse slå seg sammen til et termisk ekvilibrium. Dette kan man se som spiralene langs ytterkanten av luftstrømmen. Et eksempel på dette vises på figur 6.2



Figure 6.2: En fremstilling av hvordan virvler oppstår og hvordan de bidrar til turbulent strømning

6.2 Fast Fourier Transform

Fast Fourier Transform, (*FFT*) er en diskret Fourier Transform algoritme som samler et signal over en gitt periode og oversetter fra et tids domene til frekvenskomponentene, se figur 6.3.

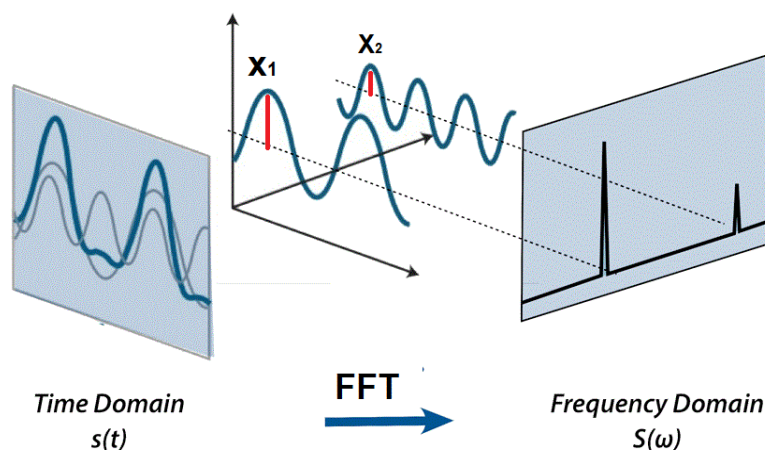


Figure 6.3: FFT som algoritme gjør et signal som funksjon av tid over til frekvensdomene

Figuren viser to signaler som utgjør et samlet signal i tids domenet $s(t)$. Ved bruk av FFT algoritmen går den over til frekvens domene $S(\omega)$. Siden det er to sinusbølger som utgjør signalet blir dette oversatt til to frekvenser. Som vist i figur 6.3 er det amplituden av signalet som utgjør størrelsen på signalet i frekvens domenet. Den lavfrekvente bølgen x_1 har en større amplitude enn x_2 som vist i figuren med rød strek.

Et signal trenger ikke nødvendigvis å være signaler vi forbinder med lyd og radio. For eksempel kan variasjon i lufthastighet tolkes som et signal, se figur 6.4:

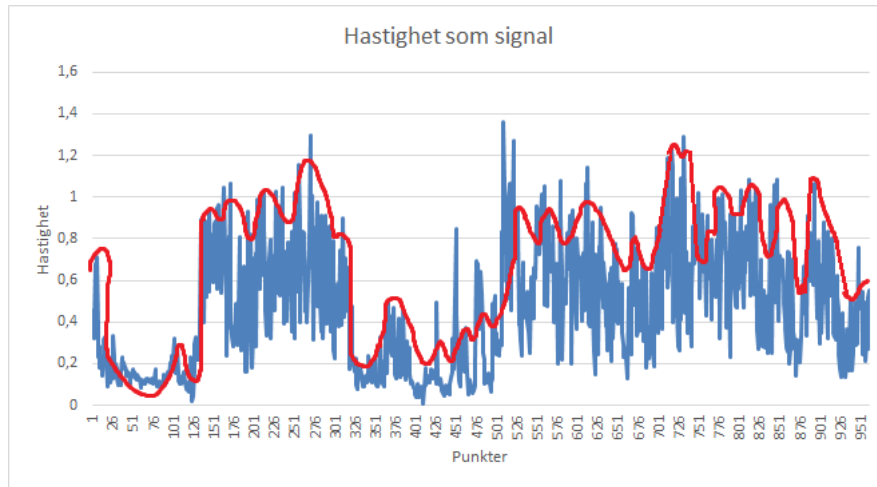


Figure 6.4: En tilpasningskurve til logget hastighet

Table 6.1: En sammenligning av hastighetsforskjeller ved FFT og DFT

FFT vs. DFT			
Antall punkter [N]	DFT	FFT	Relativ hastighetsforskjell
512	$0,52 \times 10^6$	2774,3	56,9
1024	$2,09 \times 10^6$	6165,1	102,4
2048	$8,39 \times 10^6$	13563	186,2
4096	$33,55 \times 10^6$	29592,5	341,3

Her er den blå linjen hastighet som funksjon av tid, mens den røde linjen representerer en tilpasningsfunksjon som består av en rekke sinusfunksjoner.

Denne bygger på en annen algoritme som heter Diskret Fourier Transform, (*DFT*). Den gjør akkurat det samme som hva FFT gjør, men fordelene med Fast Fourier Transform er at den reduserer beregningstid fra $2N^2$ til $2N \log_2 N$, hvor N beskriver antall datapunkter.

Antall datasett bør være definert slik 2^n der n er et vilkårlig tall som samsvarer med ønsket antall datasett. For eksempel kan man velge $2^9 = 512$ datapunkter. Dersom en verdi logges hvert sekund, altså 1 måling/sek vil det tilsvare en loggetid på:

$$\frac{512 \text{ målinger}}{60 \text{ sek/min} \times 1 \text{ måling/sek}} = 8,53 \text{ min}$$

Relativ hastighetsforskjell mellom de to algoritmene uttrykkes i likning 4:

$$\text{Relativ hastighetsforskjell} = \frac{2N^2}{2N \log_2 N} = \frac{N}{\log_2 N} \quad (4)$$

Et par eksempler på hvor signifikant fordelene med FFT er over DFT:

Fra tabellen kan man tydelig se at beregningshastigheten øker med N antall punkter. Dette viser at Fast Fourier Transform er sterkt verktøy ved behandling av store datasett.

6.3 Power Spectrum analyse og Beta-koeffisient

Power Spectrum analyse er et verktøy som brukes mye blant annet i elektronisk kommunikasjonssystemer, radio, signal prosessering og innen kosmologi. Det kan bruke databehandling fra FFT til å plote energien til et signal ved de forskjellige frekvenskomponentene. En power spectrum analyse bruker power spectrum density til å beregne energien til et signal ved:

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt \quad (5)$$

Likningen over uttrykkes ved en gitt tid, t , eller som et uttrykk av frekvens:

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |\hat{x}(f)|^2 df \quad (6)$$

Fourier transform er definert ved likning:

$$\hat{x}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-2\pi ift} x(t) dt \quad (7)$$

$\hat{x}(f)$ er Fourier Transformen av signalet og f er frekvensen, i er det imaginære tallet og t er tiden.

Ved å utføre en Power Spectrum analyse kan viktige elementer komme frem som ikke er synlig hos et signal i tidsdomene.

I figur 6.4 ser man et eksempel på at hastigheten over tid oscillerer og man kan se at det ikke noe repeterende mønster. I denne figuren er det vanskelig å trekke konklusjon på hvordan energifordelingen er i frekvensspekteret.

I figur 6.5 er FFT algoritmen brukt på en hastighetslogging. Her plottes energifordelingen som funksjon av frekvens og man kan bruke plottet til å se hvordan energifordelingen langs frekvensaksen. Man kan se at det er en god samling av lave energier ved enden av skalaen på 1 Hz. Det er som oftestet i den lavfrekvente delen at de store strømmingvirvlene oppstår. (Liu & Wu, 2010)

Den blå linjen representerer en lineær regresjon for energifordelingspekteret. Det er stigningstallet til denne linjen som er β -koeffisienten. Dersom denne kurven er bratt vil det si at det er ikke en repeterende og ikke symmetrisk mønster i hvordan vinden oppfører seg. Det vil også si at er veldig fluktuerende mellom små og store vindhastigheter i løpet av kort tid. Dette er typisk for slike virvler som oppstår lenger ut i luftstrålen. β -koeffisient har blitt studert i flere forskningsartikler, (Luo, Yu, Ouyang, Cao, & Zhu, 2017) og (Zhu et al., 2015). Disse artiklene forteller at en β -koeffisient mellom 1,1 - 2,0 er i det området der det etterligner karakteristikken til vind. Lufttilførsel som ligger i dette intervallet kalles Simulert Naturlig Vind (*SNW - Simulated Natural Wind*). Dersom β -koeffisienten ligger mellom 0-0,5 kan den ansees som mekanisk lufttilførsel (*CMW - Constant Mechanical Wind*). En studie fant at β -koeffisienten til utendørs vind (*TNW - True Natural Wind*) var 1,5 og ved CMW var på 0,3, der gjennomsnitts lufthastigheten var 1,0 m/s (Cui, Cao, Ouyang, & Zhu, 2013). Det er også typisk at naturlig vind har høyere turbulens intensitet enn mekanisk vind (Luo et al., 2017). En studie viser at brukere foretrekker simulert naturlig vind i varme omgivelser ved 30°C og at det var akseptabelt i nøytrale omgivelser ved 26°C (Zhou, Ouyang, Lin, & Zhu, 2006).

Det er også viktig å ta høyde for hvilke frekvenser man skal gjennomføre power spectrum analysen. I figur 6.6 er det gjort en oppsummering av flere artikler hvor det har blitt studert hvilken

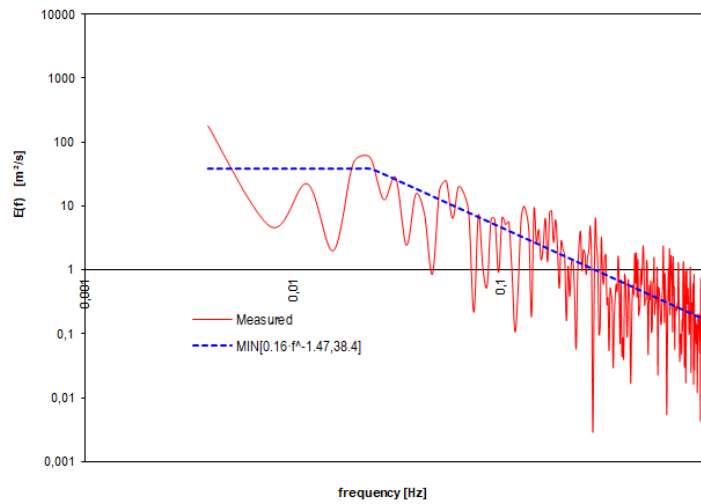


Figure 6.5: Power spectrum som funksjon av frekvens

frekvens som gir best kjøleeffekt ved en middel hastighet på 0,6 m/s og turbulens intensitet på 30 - 40%. Et frekvensintervall på 0,3 - 1 Hz ser ut til å ha best kjøleeffekt. En studie fant ikke noe signifikante forskjeller mellom de lavfrekvente spekteret av vinden, men at 80 % av brukerne var komfortable ved 0,3-0,5 hz (Xia, 2000).

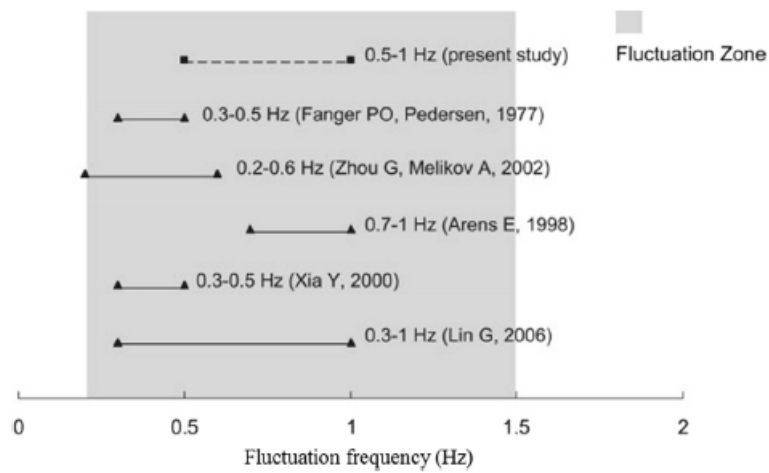


Figure 6.6: En oppsummering av de frekvensene som hadde best kjøleeffekt (Zhu et al., 2015)

7 Metode

I dette kapitlet beskrives fremgangsmetoden og forutsetningene for forsøkene. Før hovedforsøkene ble gjennomført ble det gjennomgått innledende forsøk. Disse hadde som mål i etterliggende hovedforsøkene, men med bruk av færre forsøkspersoner og med et enklere forsøksdesign. Derfor er disse forsøkene atskilt fra hovedforsøkene og har dermed et eget kapittel som beskriver disse. Målene for de innledende forsøkene var for å underbygge hvilken lufthastighet forsøkspersonene skulle utsettes for. Det var også nødvendig å vite hvilken innfallsvinkel fra ventil til person og hvilken avstand ventilen skulle ha.

Videre må visse parametere som, tilluftstemperatur, romtemperatur, luftfuktighet og selve designet av forsøket bestemmes. I tillegg skal et spørreskjema utvikles som er tilpasset for akkurat denne type forsøk.

7.1 Innledende forsøk

Planleggingen av forsøksdesignet til de innledende forsøkene ble gjort delvis i samarbeid med veileder og delvis basert på studentoppgaven fra høsten 2017 (Wegenmeyr, Shadfar, Nijhuis, & Buchauer, 2017). Det ble bestemt i samråd med veileder å ha en lengde på forsøkene på 10 minutter og logge lufthastigheter i 8 minutter. Ved å ha en logging på 8 minutter får man 512 datapunkter, som er beskrevet i kapittel 6.2.

Underveis i forsøket ble det holdt to runder med spørreskjema, disse ble besvart 5 minutter og 10 minutter inn i forsøket. Figur 7.1 viser hvordan testrommet så ut og et lite utsnitt av forsøksoppsettet fra akklimatiseringsperioden til forsøk nummer 4 vises i figur 7.2. Mellom hvert forsøk flyttet forsøkspersonen seg, slik at det var mulig å logge i midten av personen der han satt.

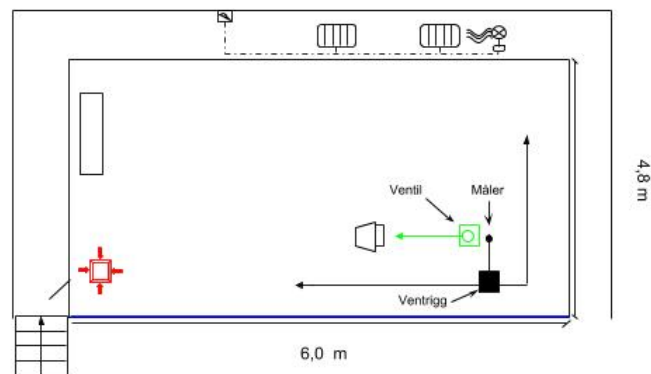


Figure 7.1: En oversikt over hvordan testrommet så ut ved innledende forsøk

Spørreskjemaene ble introdusert og gjennomgått for forsøkspersonen i akklimatiseringsperioden. Disse skjemaene er basert på en skalaen til et spørreskjema fra Zhai et al. Disse spørreskjemaene er kontinuerlige og går fra "Veldig kaldt" til "Veldig varmt" for beskrivelse

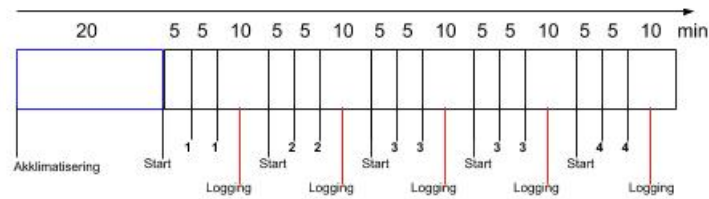


Figure 7.2: En oversikt over tidsskjemaet til innledende forsøk

av hudtemperatur og ”Veldig ukomfortabel” til ”Veldig komfortabel” for termisk komfort (Zhai et al., 2013). For å forenkle disse spørreskjemaene til de innledende testene ble de kontinuerlige skalaene gjort om til punktvisse skalaer. De går fra ”-4” til ”+4” som tilsvarer ”Veldig kaldt” til ”Veldig varmt” for hudtemperatur og ”0” betyr nøytralt. Skalaen for termisk komfort går også fra ”-4” til ”+4” som tilsvarer ”Veldig ukomfortabel” til ”Veldig komfortabel”. Det er ikke mulig å svare ”0” under spørsmålet slik det også er i studien til Zhai et al.

Det ble spurt både om termisk komfort og opplevd hudtemperatur for disse kroppsdelenene:

- Hele kroppen
- Bryst
- Rygg
- Arm
- Hånd
- Ben
- Fot

Spørreskjemaet til de innledende forsøkene ble besvart på papir og en kopi av disse vises i vedlegg 1

Forsøksrommet har kun en stol til en person med en ventil markert i grønt og en avtrekksventil markert i rødt på figur 7.1. Bak veggen og under gulvet er det radiatorer. Disse benyttes for å varme opp rommet og hver av dem står på 2000 W. Den svarte firkanten er en bevegelig rigg som har mulighet til å logge hastigheter, som kalles for Ventrigg. Denne har fem hastighetsloggere av typen SwemaAir300 med hastighetsfølerne Swa03. Hastighetsfølerene er en type ”Omnidirectional probe” som betyr at den måler lufthastighet over føleren uavhengig av retning. Et bildet av den vises i figur 7.3. Hele riggen har mulighet til å forflyttes fritt rundt i rommet. Figur 7.3 viser en testperson forran ventilen før forsøket er satt i gang.

Innstillingene til målerne på bildet over er tatt utgangspunkt i målehøydene til ISO 7726 med noen tilpasninger (Standard, 1998). Siden det skal måles i sittende høyde og luftstrålen rettes mot overkroppen er det sett bort i fra målinger i ankelhøyde på 0,1 meter. Det er derfor bestemt å måle fra 0,6 meter til 1,7 meter. Det er i etterkant oppdaget at høyden i sittende posisjon

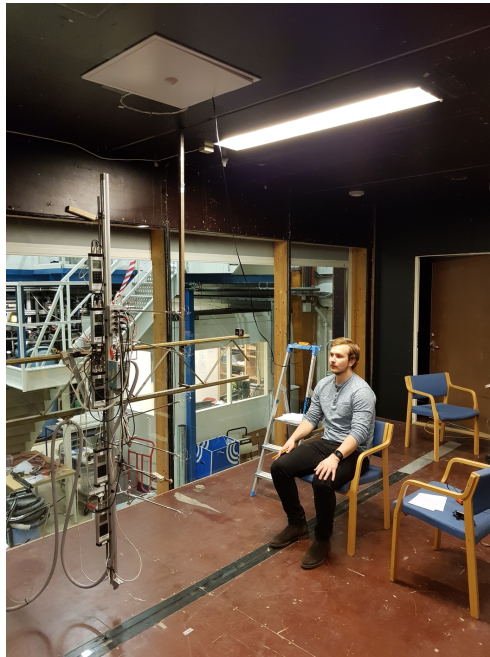


Figure 7.3: Forsøksperson sitter klar før forsøket starter

skulle vært 1,1 meter etter standarden.

Disse høydene gjengis i tabell 7.1.

Table 7.1: Høydene på målerne under de innledende forsøkene

Måler	Høyde [cm]
Måler 1	170
Måler 2	135
Måler 3	100
Måler 4	75
Måler 5	60

Siden hvert forsøk skal vare 10 minutter var det viktig å redusere antall forsøk slik at lengden av hele forsøket ikke tok for lang tid. Derfor ble det bestemt å teste ved tre ulike hastigheter, to ulike innfallsvinkler og to horisontale vinkler på testpersonen. Det ble i tillegg testet ved 0,6 meter fra ventil for en person, mens de to andre satt 0,8 meter fra ventilen.

For å teste alle variantene av vinkler og hastigheter ble det satt opp tre forsøks matriser ved lav, middels og høy hastighet, se tabell 7.2.

Grunnen til at det ikke ble testet at luftstrålen treffer på høyre siden av personen er på grunn at det ikke ville vært plass til det i forsøksoppsettet. Det er derfor kun testet ved to vinkler. Det er ikke testet å ventilere på baksiden av kroppen, dette er fordi rapporten til EPS-studentene fant å ventilere mot nakken skapte ubehag og trekk (Wegenmeyr et al., 2017). Det er derfor ikke lagt vekt på å undersøke det videre.

Figur 7.4 viser hvordan luftstrålen treffer personen. Rød og gul stråle treffer langs x_1 -aksen som skal være venstre side av kroppen. Rød stråle treffer mot hodet og gul stråle treffer mot brystet.

Table 7.2: En oversikt over alle testparametere mot hvilke forsøk

Lav lufthastighet - 50 m³/h		
Indeks	x_1	x_2
y_1	Forsøk 1	Forsøk 2
y_2	Forsøk 3	Forsøk 4
Middel lufthastighet - 75 m³/h		
Indeks	x_1	x_2
y_1	Forsøk 5	Forsøk 6
y_2	Forsøk 7	Forsøk 8
Høy lufthastighet - 100 m³/h		
Indeks	x_1	x_2
y_1	Forsøk 9	Forsøk 10
y_2	Forsøk 11	Forsøk 12

Blå og grønn stråle viser de strålene som treffer x_2 -aksen som er i senteraksen av personen.

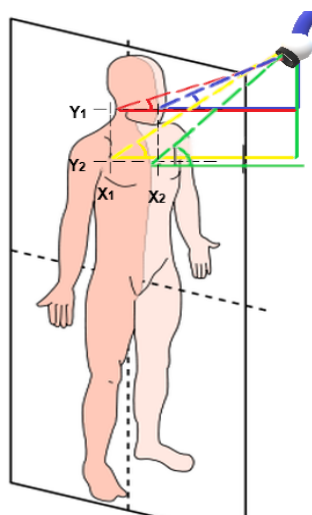


Figure 7.4: En oversikt over de forskjellige parametrene og hvor det er på kroppen. Der: x_1 - Venstre side på testpersonen x_2 - Midt på testpersonen y_1 - Mot hodet på testpersonen y_2 - Mot brystet på testpersonen

En enkel beregning kan bestemme vinkelen: α og vinkelen γ :

$$\tan \alpha = \frac{B}{A} \quad \tan \gamma = \frac{C}{D}$$

$$\alpha = \arctan \frac{B}{A} \quad \gamma = \arctan \frac{C}{D}$$

Tabellen nedenfor oppsummerer 3 avstander på 60 cm, 80 cm og 120 cm fra ventil. Det er kun testet ved 60 og 80 cm på de innledende testene, men en avstand på 120 cm kan gi bedre β -koeffisient (Ouyang, Dai, Li, & Zhu, 2006). For å finne vinkelen mellom senteraksen på personen og på venstre side, så er det gjort på tilsvarende lik måte som å finne innfallsvinkelen fra ventil til person. Det er tatt utgangspunkt i en lengde mellom X_1 og X_2 på figur 7.4 på 0,2 meter.

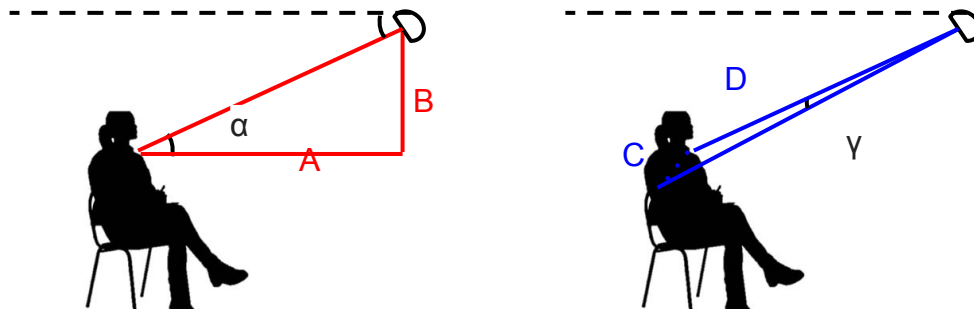


Figure 7.5: En sammenligning av vinklene α og γ , α er innfallsvinkel mellom ventil og person og γ er vinkelen mellom senterakse på person og venstreside

Vinkelen ble beregnet i et regneark basert på figur 7.5 og oppsummeres i tabell 7.6:

Table 7.3: De forskjellige vinklene ved forskjellige avstander til person

Avstand 60 cm		
Indeks	α [°]	γ [°]
Mot hodet	68,2	5,5
Mot bryst	70	5,5
Differanse	1,8	0
Avstand 80 cm		
Indeks	α [°]	γ [°]
Mot hodet	73,3	5,3
Mot bryst	74,7	5,3
Differanse	1,4	0
Avstand 120 cm		
Indeks	α [°]	γ [°]
Mot hodet	59	4,9
Mot bryst	61,4	4,9
Differanse	2,4	0

Dersom det er større utslag i vinkeldifferanse mellom vinklene er det lettere å stille inn. Det ble derfor gjort en undersøkelse på vinkeldifferanse som funksjon av avstand. Fremstilles grafisk i figur 7.6.

Den svarte linjen fra figur 7.6 viser at differansen i innfallsvinkel mellom hodet og bryst varierer med avstand til ventilen. Den gule linjen viser at vinkelen synker når avstanden øker i vinkelen mellom midten og på venstre side av personen. Det er ønskelig å få en god differanse i vinkel mellom de to innstillingene mot hodet, brystet, midten og venstre. En avstand på 1,5 meter gir størst differanse for både den gule og svarte linjen samtidig. En avstand på 1,5 meter fra ventil til person er vanskelig å få til i et ekte kontor.

Alle tre testpersonene ble testet ved omtrentlige samme forhold. For de innledende testene

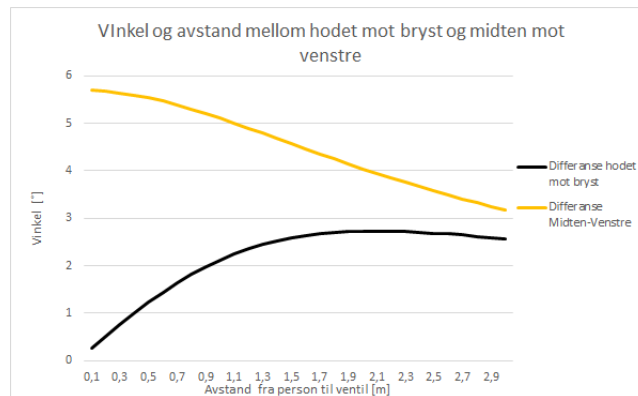


Figure 7.6: En graf som viser hvordan differansen i vinkel mellom hodet og bryst α og vinkelen mellom venstreside og senterakse γ varierer med avstand

var det ikke nødvendig å ha like streng kontroll på dette som i hovedforsøkene. Testforholdene oppsummeres i tabell 7.4.

Table 7.4: Testforholdene ved de innledende testene

Indeks	Verdi	Enhet
Lufttemperatur	26-28	°C
Tilluftstemperatur	19-22	°C
Relativ fuktighet	8-13	%
Bekledning	1,0	Clo
Metabolisme	1,0	Met

Temperaturen i rommet på mellom 26 - 28°C ble valgt for å få tydelig resultater på hvilke innstillinger som var mest komfortable. Tilluftsentilen var direkte knyttet til en kanalvifte som hentet luft fra hallen, utenfor kontrollrommet. Det var ikke mulig å regulere tilluftstemperaturen og derfor varierte tilluftstemperaturen noe fra forsøk til forsøk. Bekledningen varierte med hvilken type tøy forsøkspersonen hadde på overkroppen og skotøy. Stort sett var det normal innendørs bekledding om vinter og clo-verdien er kan sammenlignes med verdien fra Tabell C.1 (Iso, 2005). Det ble ikke satt krav til hva slags bekledding forsøkspersonene skulle ha og kan derfor ha et utslag på resultatene. Den absolutte fuktigheten i rommet var relativt konstant siden det ikke var noe tilførsel eller fjerning av fukt. Den relative fuktigheten er dermed en kun en funksjon av romtemperaturen som varierte fra dag til dag. På slutten av forsøksdagen ble spørreskjemaene samlet inn og satt opp i et regneark på slutten av dagen til analyse.

7.2 Oppsett av lab til hovedforsøk

Forsøksrommet skal etterligne et kontorlandskap som har plass til fire personer. Som vist på figur 7.7 så måler rommet 6 meter i lengde, 4,8 meter i dybde og har en høyde på 3,0 meter. Utgangspunktet for dette designet er basert på et typisk kontorlandskap. Forsøksrommet er et rom inne i klimalabben i SINTEF sin prøvehall. Forsøksrommet er et rom inne i klimalabben som fungerer som et klimaskall. Forsøksrommet er kun atskilt fra den bakre del av klimalabben med en lettvegg og fra testhallen via en glassfasade. Klimalabben er isolert i alle vegger.

Den blå stripen markerer vindusflaten som skiller forsøksrommet fra prøvehallen. Forran dette vinduet foregår overvåking og styringen av forsøket. Hver person har sin egen kontorpult som kun måler 1,0 meter i bredde og 0,6 meter i dybde. Standard kontorpult har mål på ca. 1,0 meter dybde og 1,2 meter bredde, men dette var ikke tilgjengelig. For å kunne etterligne de faktiske dimensjonene er pultene forskjøvet med en avstand på 0,1 meter fra siden av hverandre og 0,2 meter ovenfor hverandre, se figur 7.7.

Dette gir da de ønskede dimensjonene på kontorpultene. Vanligvis i et åpent kontorlandskap ville det vært en skillevegg mellom pultene ovenfor og ved siden av hverandre. Dette var ikke mulig å få tak i før forsøkenes oppstart.

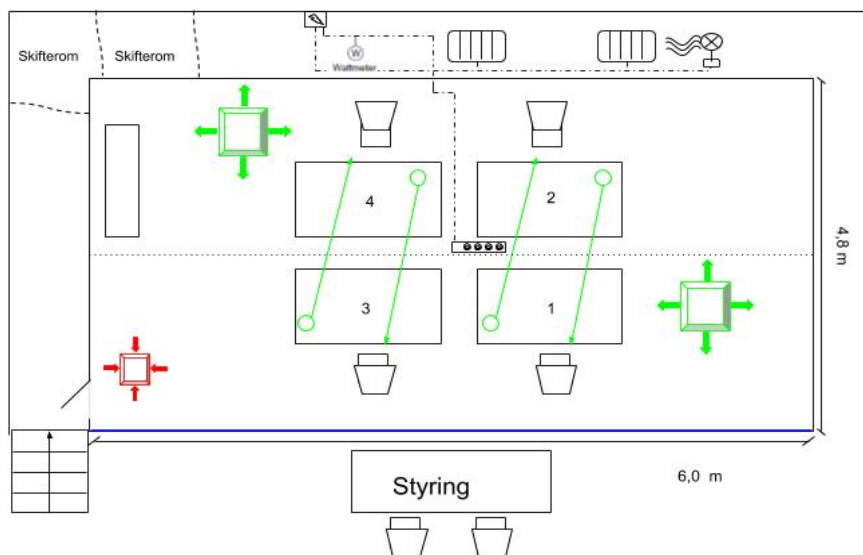


Figure 7.7: Testrommet ferdig oppsatt til hovedforsøk

Alle ventilene markert i grønt er tilluftsventilene, og den ene ventilen i rødt er en avtrekksventil. De fire runde grønne ventilene er luftdysene som ventilerer for hver enkelt person. Klimarommet har en egen inngangsdør og bakrommet er adskilt med en tung duk. På denne måten hindrer man varmetap fra klimarommet til omgivelsene. Dette er særlig viktig med de høye temperaturene som skal testes i rommet, se figur 7.7.

Stolene til pultene er sentrert på midten av pulten med en avstand til den på 0,15 meter. Dette er likt for alle, men i en reell situasjon vil hver enkelt bruker selv tilpasse sin egen sittestilling. De grønne firkantene på figur 7.7 er konvensjonelle tilluftsventilene, disse gir mulighet for fleksibilitet.

Det har vært tilstrebet å plassere tilluftsventilene lengst mulig unna der forsøkspersonene sitter. Dette er fordi det kan være en mulighet for at luftstrømmen fra tilluftsventilen påvirker forsøkene.

På grunn av begrensning i bjelkelaget var det beste plassering, se 7.9. En annen alternativ løsning for å kunne flytte ventilen lenger vekk fra posisjon 4 som vist med rød markering. Dersom denne løsningen skulle ha vært gjennomført hadde et 90° bend oppstått rett før målekorset til ventilen. Rette strekk på ventilasjonskanaler var en viktig forutsetning for å ha god regulering i ventilasjonssystemet.

For å Det ble kontrollert at faktisk avstand er rett i underkant av 1 meter til posisjon 4 som er den plassen som sitter nærmest en tilluftsventil. Ved å kontrollere for dimensjon og luftmengde på 120 m³/h og en dimensjonen på tilluftsventilene på Ø 250 mm. Ventilasjonsristen Orion LØV ble brukt ,se vedlegg 2. Som vi kan se i figur 7.8 fra produkt dokumentasjon så er kastelengde 1 meter.

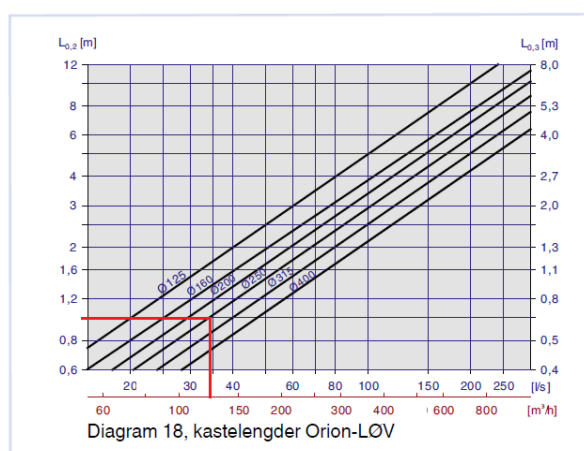


Figure 7.8: Kastelengde til ventilasjonsrist Orion LØV

Dette kan være i faresonen for påvirkning av svarresultatene under forsøkene.

Nedenfor vises figur 7.9, en håndtegning for å finne plass til ventilene.

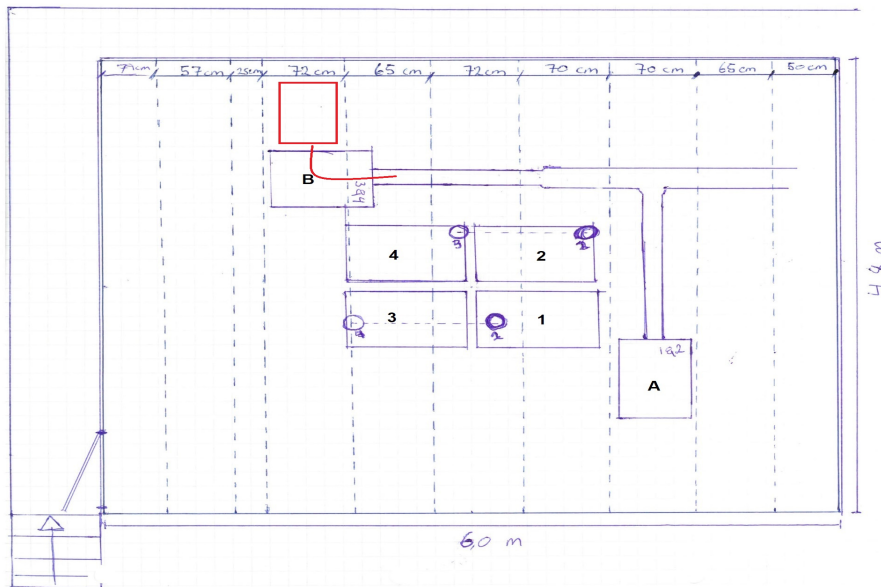


Figure 7.9: En håndtegnning av forsøksrommet i plan, det viser plassbegrensning

All oppvarming foregår bak og under forsøks rommet slik det gjorde i de innledende forsøkene. Radiatorene hadde forskjellige innstilling av effekttrinn under de forskjellige ukene. Det oppsummeres i tabell 7.5:

Table 7.5: Oversikt over de forskjellige effekt innstillingene og temperatur settpunkt

Uke nr.	Antall radiatorene	Effekt [W]	Settpunkt termostat[°C]
10	1	750	23,5
11	2	750 + 1250	25,5
12	2	1250 + 2000	27,5

Etter å ha testet regulering av temperatur ved hjelp av termostaten ble det erfart at settpunktet til termostaten bør ligge 0,5 °C under settpunktet til rommet fordi termostaten har en treg tidskonstant.

Oppsettet av ventilasjonskanalene til forsøks rommet er vist i figur 7.10. Som figuren viser så er det to enheter som leverer luft, hver av dem har to blå slanger som forsyner luftdysene som er de grønne sirklene i figur 7.7. Varmebatteriet som ble brukt har et relativt lite overflate areal i kanalen i forhold til det som brukes inni luftaggregat i dag.

Dette gjør at reguleringen av tilluftstemperatur kan bli utfordrende. Ved å putte inn litt termisk masse i kanalen, kan dette være med på å jevne ut temperatursvingningene i lufta. Dette ble lagt inn i den vertikale delen av kanalen som er rett etter varmbatteriet. Reguleringen av tilluftstemperaturen blir gjort ved hjelp av et PID kontrollør hvor temperaturføleren er satt lengst ute i kanal som vist på figur 7.10.

Befuktning av tilluft foregår i kanalen ved hjelp av en dampbefukter av typen Cond Air CP3mini.

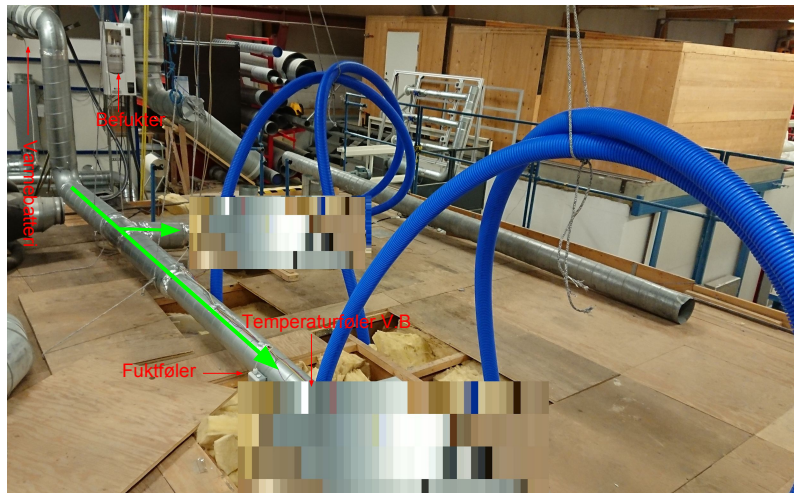


Figure 7.10: Over forsøksrommet er ventilasjonskanalene

Vann blir kokt opp til damp inne i vannbeholder og sprøytet inn i kanalen. For å sikre at det ikke dannes kondens i kanalen er det boret kondenseringshull i det laveste punktet i kanalen. Reguleringen av befuktning blir hovedsaklig regulert på avtrekket hvor det kan antas at avtrekksfuktigheten er tilnærmet den samme som den er i rommet. I tillegg er det en fuktføler på tilluft som vist i figur 7.10. Hensikten med denne er å passe på at fuktinnholdet i lufta ikke overstiger en viss grense for at det ikke skal utfelles vann i kanal.

Prototypene ble sammenkoblet ved hjelp av wago klemmer og alt av luftmengder ble styrt via et selvlaget program i CodeSYS på en laptop, se figur 7.11.

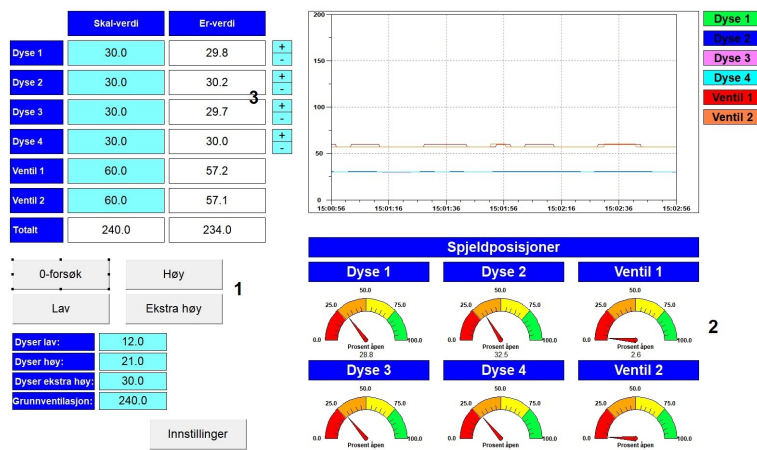


Figure 7.11: CodeSYS - Brukergrensesnitt for styring av forsøk

Brukergrensesnittet til programmet er delvis laget av Trox Auranor og Håkon R. Solberg.

- Punkt 1: på figuren kan man velge mellom 4 innstillinger av hastighet. Dette er forhåndsinnstilte luftmengder på de forskjellige ventilene. Ved å trykke på "Lav" vil alle ventilene bli stilt om til de luftmengdene de skal ha ved forsøk der det skal kjøres lav luftmengde. I vinduet under disse knappene kan man selv velge hvilke luftmengder som skal gjelde ved lav, høy og ekstra høy. Det som var viktig ved utvikling av dette programmet var at den totale luftmengden inn til rommet skulle være konstant. Den totale luftmengden skulle være $240 \text{ m}^3/h$. Dersom dysene skulle hver ha $30 \text{ m}^3/h$, tilsvarer det $120 \text{ m}^3/h$ over ventilene, se figur 7.11.
- Punkt 2: Det er en oversikt over alle spjeldinnstillingene til de forskjellige ventilene og luftdysene. Den røde enden av skalaen betyr stengt, noe som er tilfelle på figur 7.11
- Punkt 3: Det er en oversikt over alle ventilene og luftdysenes settpunkt (Skal-verdi) og Er-verdi. I tillegg er det konstruert noen knapper bak dyse 1-4 som gir mulighet for trinnvis regulering av luftmengde i en størrelsesorden på $1 \text{ m}^3/h$. Grafen øverst til venstre gir en oversikt over variasjon i luftmengde i sanntid.

7.2.1 Hastighetslogging og behandling av data

For at lufthastighetmålingene skal gjengi de lokale forholdene tilstrebes det å tilpasse måle høyden til en sittende person. Til hastighets målinger brukes Swa03 "Omnidirectional probe". Denne har mulighet til å måle lufthastigheter uavhengig av innfallsvinkel. Det brukes totalt 5 hastighetmålere fordelt i høyden. På denne måten kan man enkelt fange opp hastighetsprofilen til en luftstrøm. Disse målerne stilles inn så de sitter jevnt fordelt i høyden på en sittende person. Alle Swa03 målerne er stilt inn på samme høyde under alle forsøk og med lik lengde ut fra riggen i en vertikal akse som vist i 7.12:

Tabell 7.6 oppgir en oversikt over probenes innstilling i høyde.

Table 7.6: Hastighetsmålerne innstilling i høyde under hovedforsøk

Måler	Høyde [cm]
Måler 1	130
Måler 2	120
Måler 3	110
Måler 4	100
Måler 5	80

Høydesinnstillingene på målerne ble endret fra de innledende forsøkene fordi de målte for høyt opp. Det var også viktig å ha hastighetsfølerne mest mulig samlet, fordi hastighetsgradienten til hastighetsprofilen varierte veldig i høyden. De forskjellige målerne vises i figur 7.12

For å få til gode lufthastighetmålinger ved turbulente strømnings er det viktig å få til raske logginger. SwemaAir300 har en nedre grense på tidskonstant på 0,25 sekund og derfor velges dette som tidskonstant for alle målerne.

Flaskehalsen for de dataene som er logget ligger hos SINTEF sin «Hawlett Packard 3497 A Data acquisition control unit» som har en begrensning på hvor mange kanaler den kan avlese per sekund. Etter å ha kjørt noen runder med logging på alle de nødvendige kanalene, ser det ut til at den logger en måling hvert 0,65 sek. Dette er gjort kontroll på i vedlegg 3.

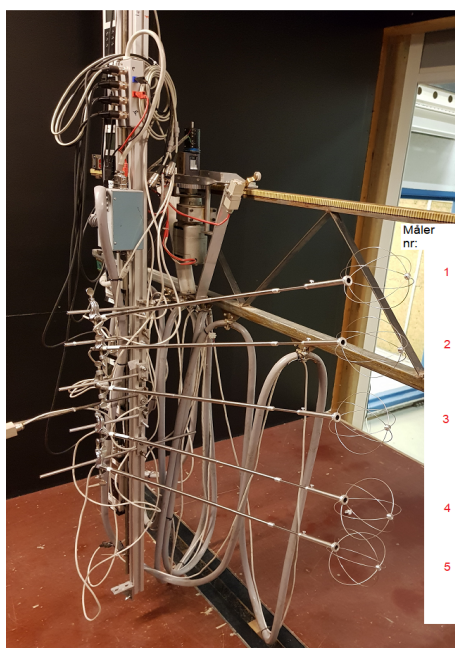


Figure 7.12: Hastighetsfølernes fordeling i høyde

De nødvendige kanalene som logges er:

- Swa03 1
- Swa03 2
- Swa03 3
- Swa03 4
- Swa03 5
- Tilluftstemperatur
- Avtrekkstemperatur

Alle hastighetene logges i dataprogrammet Ventrigg V1.5. Dette programmet er utviklet av SINTEF for denne type hastighetmålinger. Kanalene som er merket med grønt er de aktuelle kanalene som logges, se Figur 7.13 Dette programmet logger lokal lufthastighet, luft temperatur, standard avvik og trekkrate.

Hele riggen med alle loggerne kan flyttes fritt langs gulvflaten, men det er definert 4 punkter hvor riggen flyttes. Av disse punktene er 3 av de plassert der forsøkspersonene skal sitte. Det er en plass som ikke blir logget og det er posisjon 2.

Grunnen til dette er at skinnen som gjør at riggen kan flytte seg frem og tilbake er i veien for luftstrålen til posisjon 2. Derfor er det ikke gjort målinger for denne plassen. De andre

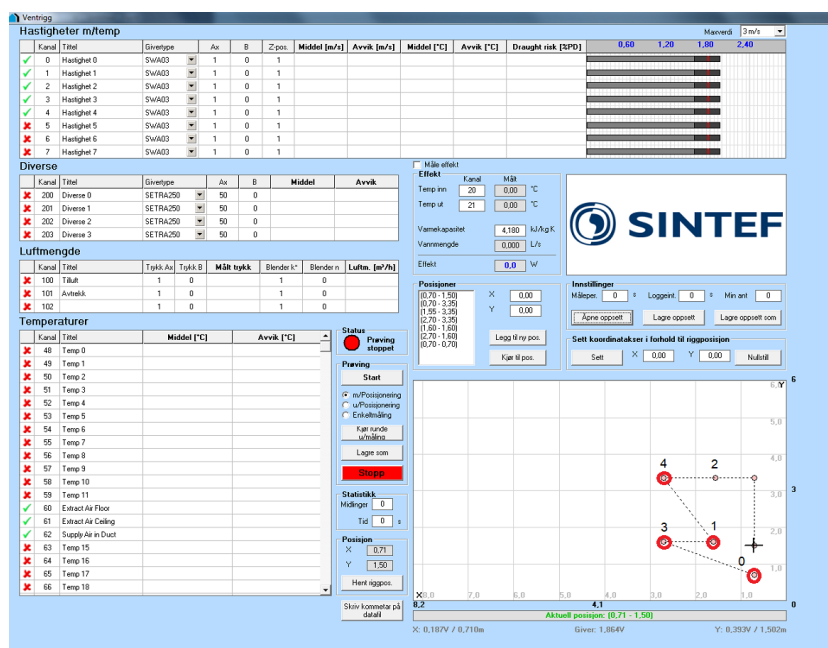


Figure 7.13: Loggeprogrammet VentRigg - De røde ringene indikere de posisjonene der det logges

punktene på figur 7.13 ble brukt til kunne flytte riggen mellom målepunktene.

Hastighetsloggingene gjøres når det ikke er noen personer i rommet, slik at riggen kan måle i senter av der personen skal sitte. Luftmengdene som personene har vært utsatt for blir gjen-skapt for de aktuelle forsøkene og hver av plassene (utenom plass 2) logges i ca. 8 minutt per forsøk. Disse loggingen gjøres hovedsaklig før og etter forsøks dagen.

Underveis i forsøket når ikke det gjøres hastighets målinger benyttes hastighets føleren Swa03 3 til å logge temperatur i rommet, se figur 7.13. Da står riggen plassert i punkt 0 som er 0,7 meter fra vegg og vindu. Loggingen kan derfor regnes som at den står innenfor oppholdsonen. Den logger da midlet verdier for hvert minutt i løpet av forsøks dagen.

Bassert på alle fem hastighetsloggerne ble følgende data logget:

Table 7.7: De forskjellige parameterne som logges

Parameter	Indeks	Enhet
Midlet lokal lufthastighet	\bar{v}_{lokal}	[m/s]
Midlet luftstråletemperatur	$\bar{T}_{\text{luftstråle}}$	[°C]
$P_{\text{amplitude}}$	P_{amp}	[m ² /s]
Beta koeffisient	β	[-]
Turbulense intensitet	Tu	[%]

Disse parameterne blir beregnet i et excel regnearket FFT-Spectrum-v5. Nede i figur 7.14 vises et utsnitt av excelarket.

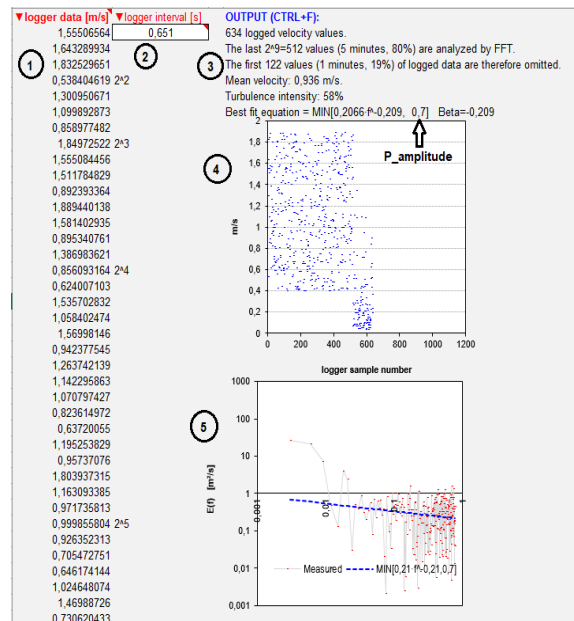


Figure 7.14: Excelarket FFT-Spectrum-v5 fremgangsmetode

- Punkt 1: I første kolonne legges alle de målte dataene i rekkefølge nedover. Dersom man legger inn mer eller mindre enn akkurat 2^n -målinger så blir de første x-antall målinger forkastet, slik at den kun beregner 2^n antall målinger. For å unngå å forkaste de første målingene i en måleserie ble heller de siste målingene ekskludert. På denne måten blir det likt for alle målingene.
- Punkt 2: Logger intervallet ble satt til det som var det beregnede logger intervallet. En endring av logger intervallet gir ikke forandring i de beregnede parameterne. Den eneste endringen som skjer er at den loggede perioden blir lenger.
- Punkt 3: Her kommer alle de beregnede verdiene for \bar{v}_{lokal} , $P_{\text{amplitude}}$, β , Tu . Det eneste som ikke blir beregnet i dette programmet er $\bar{T}_{\text{luftstråle}}$. Denne blir beregnet for seg selv og er en midlet verdi av de loggede temperaturdataene fra SwemaAir300.
- Punkt 4: Er et scatter plot som viser alle de loggede lufthastighetene etter rekkefølge. Det er disse dataene om til Power spectrum i punkt 5 ved hjelp av FFT.
- Punkt 5: Her plottes power spectrum kurven. Det er den lineære regresjonen av punktene som gir karakteristikken til lufta. I dette eksemplet ser vi en linje med lavt stigningstall eller β .

En slik beregning gjøres for å finne \bar{v}_{lokal} , $\bar{T}_{\text{luftstråle}}$, $P_{\text{amplitude}}$, β , Tu for alle 5 målerne.

Det er kun valgt måler 2 og måler 4 som skal henholdsvis representere hodet-, og brysthøyde, slik at det er kun en type data som representerer en innstilling av dyse. De andre målerne logger bare for ha en referanse og kontrollere at hastighetsprofilens maksimum treffer måler 2 og 4.

Alle de loggede og beregnede dataene for alle førerne ble samlet i et felles excel-ark. Dette ble

gjort for alle varianter av luftmengder: Lav, høy og ekstra høy, samt brukerstyrte luftmengder. Det ble gjort for hver alle tre ukene. På grunn av at det var veldig tidkrevende å logge, ble det kun gjort en gang per uke.

7.3 Forsøksdesign

I de neste underkapittelene skal tilluftstemperatur, romtemperatur og luftfuktighet diskuteres. Disse parameterne ligger til grunn for forsøksdesignet for SvalVent og er grunnlaget for hva man egentlig ønsker å undersøke. Det har vært gjennomgått flere diskusjoner i løpet av våren 2018 på hvilke parametere som skal styres etter. Det atmosfæriske inn klimaet ble det vurdert i starten å ha lite relevans for oppgaven, men i uke 12 ble det lagt til et spørsmål som angår opplevd luftkvalitet inn i forsøksoppsettet. Det ble også gjort observasjon på CO₂-måling i rommet ved enkelte kontroller. Andre parametere som angår mekanisk, akustisk og akustisk inn klima er ikke vurdert i dette prosjektet.

7.3.1 Bestemmelse av romtemperatur og relativ fuktighet

For å vite hvilke temperaturer vi skal teste ved ble det bestemt i samråd med Kari Thunshelle at det skulle bli testet ved 24, 26 og 28°C. Grunnen til at disse temperaturene ble valgt var for å undersøke den mest interessante temperaturen som er 26°C. Denne temperaturen er en relativt vanlig innendørs sommer temperatur dersom det forekommer litt sol belastning på en varm dag.

For å kunne sammenligne denne temperaturen med andre forsøk er det interessant å se det mot 24°C som er en nedre grense og sammenligne mot 28 °C som en øvre grense. Det er ikke helt utenkelig at disse temperaturene kan forekomme på norske arbeidsplasser om sommeren. Det finnes også mange studier som har gjort lignende eksperimenter ved 26 og 28 °C (Luo et al., 2017) (Hua et al., 2012) (Huang, Ouyang, Zhu, & Jiang, 2013). Ved å kjøre en temperatur for hver uke kan hver testperson sammenlignes med seg selv ved de forskjellige temperaturene.

Siden tilluften som kommer inn i rommet blir hentet fra uteluft om vinteren, vil det gi tørr inneluft, se figur 7.15. Ut i fra den figuren kan vi se at vi ender med en relativ fuktighet på 10 % dersom man varmer opp fra -5°C til 26°C. Det ble derfor installert en befukter i kanal, produktbeskrivelsen til denne finnes i vedlegg 4.

For å etterligne det at man tar ute luft uten å kjøle ned lufta så er det tatt utgangspunkt i konstant relativt fuktighet som skal gjelde for alle forsøkene. Det vil da si at den absolutte fuktmengden varierer fra uke til uke. Utgangspunktet for dette var at forholdene i forsøks rommet best mulig skulle etterligne ute forhold om sommeren. En beregning fra Sverre Holøs fra SINTEF, fant at absolutt fuktighet var 7,6 g/kg, ved de 5 % varmeste timene om sommeren. Prosessveien fra ute luft til den lufta som kommer inn i rommet beskrives i figur 7.15.

- Punkt 1-2: Uteluftas tilstand, denne varierer litt fra dag til dag. I dette tilfellet er det bestemt en uteluftstilstand på -5°C og 90 % RF. Denne lufta sendes inn i luftaggregatet. Her er det ingen varmebehandling, men en gjenvinner som gir et lite temperaturløft. På grunn av manglende informasjon fra aggregat er det ikke dokumentert. Lufta sendes videre til et varmebatteri som sitter i kanal. Denne er tilknyttet en PID regulator som har et settpunktet på satt til 21°C som er merket som punkt 2.
- Punkt 2-3: lufta blir befuktet med befukter i kanal, den må tilføre en mengde på 6,3 gram vann per kilo luft. Den regulerer på avtrekkskanalen som kan regnes som den samme luftfuktigheten som vil være i rommet. Befukteren har et settpunkt på 40 % RF.

- Punkt 3-4: Tilluftstemperaturen er bare på 21°C, og derfor må temperaturen økes ytterligere. Som figur 7.15 viser må temperaturen løftes fra 21°C til 26°C.

Befukteren regulerer etter en fuktføler som er installert både på tilluftssiden og avtrekksiden av kanalnettet. Slik at føleren på tilluftssiden prioriteres dersom pådrag på befuktning blir for høyt så man reduserer risikoen for kondens i kanal. Reguleringen på avtrekksiden sørger for en regulering mot 40 %.

Det ble gjort noen erfaringer på hvordan det var å være i rommet ved de forskjellige temperaturene og relativ fuktighet og forholdene virket gode, med unntak av 28°C og 40% som var ekstremt.

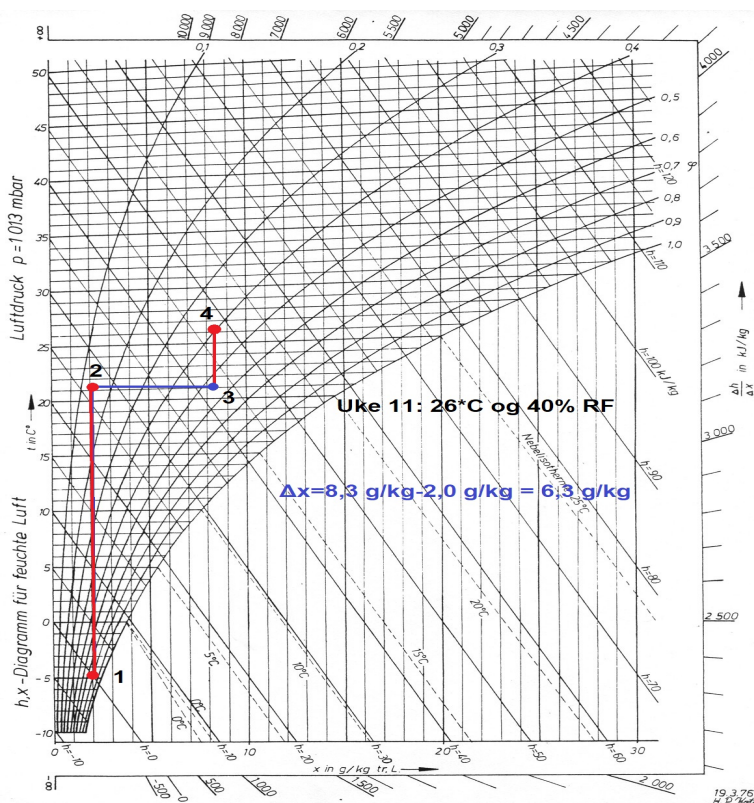


Figure 7.15: H-X - diagram som viser prosessveien for å komme til settpunkt i uke 11

7.3.2 Bestemmelse av tilluftstemperatur

Bestemmelse av tilluftstemperatur er vesentlig for forskningsprosjektets del. Ved å ta utgangspunkt i vanlig sommerdrift fra bransjen, kan man vurdere hvilke tilluftstemperatur som kan være fornuftig å bruke. Basert på vanlig drift på sommerhalvåret kan typisk tilluftstemperaturen ligger mellom 17-19°C. Det var ønskelig å ha en fast tilluftstemperatur for hver uke. Ved å velge en tilluftstemperatur på 21°C tilsvarer det en økning på temperaturen med 2-4°C litt avhengig av standard drift. Ved å kunne øke tilluftstemperaturen så mye vil det være et stort sparepotensiale i den kjølingen av lufta som gjøres i dag. På grunn av lite tid til diskusjon på dette temaet ble tilluftstemperaturen bestemt til å være 21°C ved alle forsøkene.

7.3.3 Lufthastigheter og dyse plassering

Bestemmelse av avstand og plassering av dysene er basert på de innledende testene og erfaringer fra EPS-studentene. For å komme frem til hvilke lufthastigheter vi skulle teste ved, ble det gjort litteraturstudie på hva som kan være interessant å se på.

En av de viktige poengene med ventilasjon i varme miljøer er å få en god avkjølingseffekt. Dette kan oppnås med øke lufthastigheten i forhold til tradisjonelle ventilasjons prinsipper og ved å måten luften oppfører seg på. For å kunne skape fluktuerende vind og kunne få en god β -koeffisient er det viktig med tilstrekkelig avstand til ventilen (Liu & Wu, 2010). Dette var en av de viktigste grunnene for plassering av ventilen. En studie gjort av Fanger viste at god termisk komfort kan opprettholdes ved en temperatur på 28°C med en lufthastighet opp til 0,8 m/s (Fanger, 1974). I Brasil er det også gjort studier på aksepterte lufthastigheter ved ulike temperaturer, de fant at ved 26 °C kan man ha hastigheter på 0,4 m/s og ved 30 °C kan man ha hastigheter opp til 0,9 m/s (Cândido, De Dear, Lamberts, & Bittencourt, 2010). En studie i Japan fant at forsøkspersonene kunne ha lufthastigheter opp til 1,6 m/s (Tanabe, 1987).

Etter erfaringer fra de tidligere studiene ser det ut til at det kan være lurt å velge lufthastigheter mellom 0,2 - 0,8 m/s. Etter en god diskusjonsrunde ble det konkludert for forsøkets del at vi skulle teste ved hastighetene 0,25 m/s som laveste hastighet, 0,50 m/s som middels hastighet og ved 0,75 m/s som høyeste hastighet.

Derfor fremstår det som hensiktsmessig å jobbe innenfor de lufthastighetene. Samtidig får man jevne intervaller mellom lufthastighetene og man kan dermed jobbe i mellom disse intervallene når man skal undersøke forsøkspersonens ønskede lufthastighet.

Etter å ha bestemt lufthastighetene for forsøksoppsettet var det viktig å gjøre en vurdering på plassering. Ved å plassere luftdysene på motsatt side av der personen sitter får man tilstrekkelig avstand, se figur 7.16. For at luftstrålene ikke skulle gå over i hverandre var det også viktig å kontrollere vinkelen mellom dem. Med en avstand fra ventil til person ved siden av ventilen på 0,4 meter, gir dette en begrensning på hvor langt unna ventilen kan være.

$$\begin{aligned}\tan \theta &= \frac{\text{motstående}}{\text{hosliggende}} \\ \text{hosliggende} &= \frac{\text{motstående}}{\tan \theta} \\ \text{hosliggende} &= \frac{0,4\text{m}}{\tan 12,5^\circ} = 1,8 \text{ m}\end{aligned}$$

Dette er den største avstanden ventilen kan ha til personen før strålene overlapper hverandre. Derfor er dette et viktig utgangspunkt for vurderingen. Etter å ha målt opp i labben er avstanden til ventilen på 1,7 meter i luftlinje.

Bjelkelaget som nevnt tidligere setter også begrensning til plassering av felles ventilene, se 7.9. Luftdysene kan derimot nesten plasseres helt fritt i bjelkelaget siden de tar relativt lite plass.

7.3.4 Bestemmelse av luftmengde

Et av poengene for denne oppgaven er at det skal kunne brukes i en faktisk kontorbygning. Derfor er det viktig at forutsetningene for luftmengder skal forholde seg til de tekniske kravene til luftmengder, TEK17. Samtidig begrenser man påvirkning fra atmosfærisk inn klima ved at

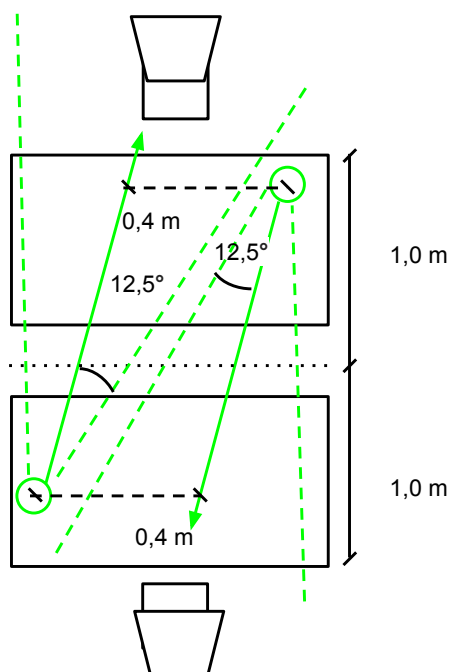


Figure 7.16: Viser ventilenes avstand og vinkler i forhold til hverandre for de personene som sitter ovenfor hverandre

CO_2 nivået ikke går over 800 ppm. Derfor ble luftmengden bestemt ved krav i TEK17 i offentlige bygninger. En kjapp beregning som inkluderer ventilasjon på grunn av antall personer i rommet og for forurensning fra lav emitterende produkter viser at:

$$26m^3/(h * person) * 4person + 2,5m^3/(h * m^2) * (4,8m * 6m) = 176m^3/h$$

Dermed er $176 m^3/h$ den minste luftmengden vi kan ventilere med etter TEK17. Slik prototypen er bygget så fungerer den slik at luftmengden inn til ventilen fordeles på tre utganger. To av disse er luftdyser som sender en direkte stråle mot de enkelte personene. Tanken er at man kan benytte konstant luftmengde inn til rommet, men veksle ventil og luftdysene. Etter å ha testet prototypen viser det seg at plenumskammeret til ikke klarer å strupe under $60 m^3/h$. For at dysene skal få sin maksimale hastighet for forsøkene må hver av de to dysene ha $30 m^3/h$. Da blir den totale luftmengden ut av hele ventilen $120 m^3/h$. Dette blir derfor den kritiske grensen for hva ventilen kan levere av luftmengde. Siden dette prosjektet krever fire dyser, altså en dyse til hver person, så er det behov for to prototyper. Dermed kan ikke den totale luftmengden gå under $240 m^3/h$. Dette er fortsatt over den beregnede minste luftmengden i henhold til TEK17. Derfor blir luftmengden på $240 m^3/h$ valgt.

Kontroll på luftmengder ble gjort i hovedkanal. Dette er gjort etter standard ISO 5167-2:2003 og vises i kap. 7.5.

7.3.5 Forsøkspersoner

Siden forsøks rommet tar utgangspunkt i et typisk kontorlandskap, vil det kun være plass til fire personer om gangen. Dette begrenser derfor antall personer som kan være med på forsøkene. For å få god konfidens og normalfordeling av spørreskjemaene bør de være så mange som mulig deltakere. Desto flere personer som deltar i forsøket, jo bedre normalfordelt statistikk får man. Man likevel oppnå en relativt god normalfordeling selv med 20 personer som vist i figur 5.13 i boka "Statistikk for universiteter og høyskoler" (Løvås, 2013).

Ved å velge 20 som antall forsøkspersoner kan man dermed ha 4 personer per ukedag. Dermed kan en gruppe med forsøkspersoner stille per ukedag og man unngår at en gruppe kommer to ganger på samme uke. Samtidig er det en øvre grense for hvor mange forsøkspersoner man kan ha, før det krever veldig mye tid og ressurser. Derfor er et utvalg på 20 personer et godt antall både med tanke på tid og representativ statistikk.

Forsøkspersonene som er valgt ut er frivillige personer fra samarbeidspartnerne til SvalVent prosjektet og studenter. Det har vært fokus på å en god fordeling mellom kjønn og alder.

7.4 Hovedforsøkene

Hovedforsøkene i dette prosjektet ble gjennomført i uke 10-12. Hver dag i samme uke ble gjennomført med samme forutsetninger, men hver uke hadde ulik lufttemperatur. Det vil si at i uke 10 ble det gjennomført forsøk ved $24^{\circ}C$, i uke 11 ble det gjort forsøk ved $26^{\circ}C$ og i uke 12 ble det gjort forsøk ved $28^{\circ}C$ i forsøks rommet. Hver dag var det en ny gruppe på fire mennesker, men de samme forsøkspersonene stilte alle ukene på de samme dagene.

På denne måten kan man sammenligne hver enkelt person med seg selv for de ulike temperaturene og samtidig sammenligne med andre. På samme måte som i de innledende forsøkene ble det testet ved forskjellige lufthastigheter og forskjellige innfallsvinkler fra ventilen på testpersonene. For å unngå feilinnstilling av ventilene ble det bestemt at de skal stå fast montert i en posisjon hele tiden. I stedet for bytter forsøkspersonene plass med hverandre underveis i forsøket for å kunne teste hver person med en innstilling av ventil både mot bryst og hodet.

Før forsøket kunne starte måtte to av personene kle på seg en temperaturvest, denne temperaturvesten er nærmere beskrevet i Håkon S. Rikoll sin master oppgave. Dette tok plass på baksiden av labben hvor oppvarmingen foregikk, derfor ble forsøkspersonene utsatt for en litt høyere temperatur enn inne i forsøks rommet.

De ble derimot ikke utsatt for befuktning under omkledningen, siden det bare var inne i rommet. Påkledningen av temperaturvest tok ca. 15 minutter å gjennomføre. De forsøkspersonene som ikke brukte temperaturvest under forsøket satt og ventet i det samme oppvarmede rommet. Det ble i tillegg lagt inn akklimatiseringsperiode på 20 minutter for å kunne at forsøkspersonene skal tilpasse seg de forholdene som er inne på labben best mulig.

Forsøket varte fra kl 09:00 til kl 15:45 med en lunsjpause midt på dagen hvor forsøkspersonene var ute av labben. Forsøkspersonene ble informert om å ikke overdrive koffein inntak, ikke drikke alkohol dagen før og fikk en instruksjon på hvilken bekledning de skulle ha.

Hver enkelt person hadde sin egen tablet hvor de kunne svare digitalt på spørreskjemaene. Den første uken trakk hver enkelt person et tilfeldig ID nummer som representerer deres identitet igjennom alle forsøkene og ble deretter instruert til å fylle ut spørreskjemaet «SvalVent Del1». Dette spørreskjemaet har som hensikt å få utfyllende og nyttig informasjon om deltakeren. Deretter fikk hver enkelt person montert på en elektronisk enhet som kalles Shimmer som måler «Galvanic skin respons», mer detaljer om denne beskrives i Håkon S. Rikoll sin oppgave.

Alle forsøkspersonene fikk en kjapp gjennomgang av spørreskjemaet «SvalVent Del2». De ble forklart forskjellen mellom følt temperatur og termisk komfort og hva skalaen betyr. Alle skjemaene ble logget med tid, dato, ID nummer og alle besvarelse til forsøkspersonene. Et komplett utsnitt av spørreskjemaet finnes i vedlegg 1.

I tillegg ble et nytt spørreskjema introdusert i uke 12, dette spørreskjemaet angår luftkvalitet og har som hensikt i å avklare om luftkvaliteten ikke påvirker opplevelsen av å være i rommet. Det ble i tillegg gjort CO₂-målinger ved hjelp av Rotronic CP 11.

I forkant av hovedforsøkene ble det satt opp flere varianter av hvordan de forskjellige forsøkene skal gjennomføres. Den seneste reviderte utgaven vises i tabellen under, der er forsøksplanen satt opp slik at man får et cross-over design. På denne måten kan man se på resultater etter rekkefølgen av lufthastighet til ble utsatt for, "Lav-Høy" eller "Høy-Lav". Samtidig ved å kjøre samme type forsøk flere ganger får man bedre statistikk på de enkelte forsøkene.

Ved å benytte seg av cross-over designet til å fysisk flytte personene mellom luftdysene, kan man la dyse posisjonene stå stille. Erfaringer fra prosjektet viser at mikrojusteringer på luftdysen gir store utslag på hvordan hastighetsprofilen treffer forsøkspersonen. Derfor er det viktig å la den stå stille.

Table 7.8: Tidsskjema for oppsett av forsøk til hovedforsøkene

Tid	Aktivitet	Bord 1 Mot hodet	Bord 2 Mot hodet	Bord 3 Mot bryst	Bord 4 Mot i bryst
08:50-09:00	Oppmøte og registrering				
09:00-09:20	På med vest				
09:20-09:30	Akklimatisering				
09:30-09:40	0-forsøk	A	B	C	D
09:45-10:15	Lav lufthastighet	A	B	C	D
10:20-10:50	Høy lufthastighet	A	B	C	D
10:55-11:25	Lav lufthastighet	C	D	A	B
11:30-12:00	Høy lufthastighet	C	D	A	B
12:00-12:05	Brukerstyrt hastighet	C	D	A	B
12:05-12:35	Lunsj				
12:35-12:50	Akklimatisering				
12:50-13:20	Høy lufthastighet	C	D	A	B
13:25-13:55	Lav lufthastighet	C	D	A	B
14:00-14:30	Høy lufthastighet	A	B	C	D
14:35-15:05	Lav lufthastighet	A	B	C	D
15:10-15:40	Ekstra høy lufthastighet	A	B	C	D
15:40-15:45	Brukerstyrt lufthastighet	A	B	C	D
15:45-15:55	Av med utstyr				
15:55-17:00	Start logging/hente ut data				

7.5 Kontroll av parametere

7.5.1 Luftmengder

Kontrollere av luftmengder på tilluft og avtrekk er gjort etter standard ISO 5167-2:2003. Her beregnes luftmengde ved en gitt ISO-blender diameter, en k-faktor og en eksponent, n. Disse tabellverdiene er en kurvetilpasning som gjelder ved en lufttetthet på 1,2 kg/m³ (ISO, 2003).

Beregning av volumstrøm gjøres ved likning 9.

$$V = k'_v \left(\frac{\Delta p}{\rho} \right)^n \quad (8)$$

Den innvendige diameteren på tilluftskanalen var 315 mm og ISO blenderen hadde en åpning på 190 mm. Ved å vite disse dimensjonene kan man finne n og k_v , disse er gitt i vedlegg 5. Ved å måle trykkdifferanse ΔP over en ISO blender åpning kan man beregne \dot{V} . Trykkdifferansen ΔP ble målt ved hjelp av DPM Micromanometer som måler trykket i Pa. En oppsummering av beregningen gis i tabell 7.9.

Table 7.9: Beregning av luftmengder etter ISO 5167-2

	n	ΔP	k_v	ρ	T_{kanal}	\dot{V}
	[-]	[Pa]	[m ³ /h]	[kg/m ³]	[°C]	[m ³ /h]
Tilluft	0,4961	7,6	96,49	1,2	21	237,196
Avtrekk	0,497	213,8	17,8	1,18	24	235,889
Differanse						1,306

Det er kun en differanse på 1,3 m³/h mellom tilluft og avtrekk noe som tilsvarer et avvik på:

$$\frac{1,3m^3/h}{235,9m^3/h} = 0,6\% \text{ avvik}$$

Dette avviket er såpass lite at det er neglisjerbart.

7.5.2 Lufthastighet ved lav, høy og ekstra høy luftmengde

Før forsøkene ble satt i gang var det viktig å finne ut hvilke luftmengder som gav de forskjellige lufthastighetene. Fra kapittel 7.3.3 fant vi at det var ønskelig å teste ved de tre hastighetene 0,25 m/s, 0,50 m/s og 0,75 m/s.

Alle målinger for testing ble gjort i posisjon 1, den posisjonen der dysen er stilt inn mot hodet og det er tatt utgangspunkt i hastighets føler Swa03 - 2.

Table 7.10: Oversikt over målte hastigheter ved ulike luftmengder

Luftmengde	Ønsket	Målt	Kommentar
[m ³ /h]	lufthastighet	lufthastighet[m/s]	
10	Lav	0,21	Litt under må øke \dot{V}
12	Lav	0,26	Lav Ok!
15	Høy	0,36	Litt under må øke \dot{V}
20	Høy	0,4	Litt under må øke \dot{V}
21	Høy	0,48	Høy Ok!
35	Ekstra Høy	0,87	Litt over må redusere \dot{V}
30	Ekstra Høy	0,73	Ekstra Høy Ok!

7.5.3 Lufthastighet i rom

Det var viktig å undersøke om lufthastighetene i rommet fra tilluftsventilene ikke påvirket luftstrålen fra dysene. Derfor ble det gjort en undersøkelse på om dette kunne hatt en påvirkning på disse hastighetene. Det ble gjort kontrollmålinger ved de utsatte posisjonene 1 og 4. Det ble gjort en logging på 3 minutter for hver av forsøkene. Nedenfor i tabell 7.11 vises de forskjellige forsøkene, indeks 1 betyr posisjon 1 og indeks 4 betyr posisjon 4. Forsøket "Lav" betyr en luftmengde ut av ventil på $96 \text{ m}^3/\text{h}$, 0-forsøk betyr en luftmengde ut av ventil på $120 \text{ m}^3/\text{h}$ og siste forsøket "Alt av" betyr ingen luftmengde i ventil. I forsøkene "Lav" har dysene blitt stengt av slik at det ikke er en ekstern luftstrøm som påvirker målingene.

Table 7.11: Middelverdi av hastighets målere 1-5 og standardavvik ved forskjellig forsøk

Forsøk	Måler 1 [m/s]	Måler 2 [m/s]	Måler 3 [m/s]	Måler 4 [m/s]	Måler 5 [m/s]	Gjennomsnitt [m/s]
0-forsøk ₁	0,049 ±0,026	0,042 ±0,021	0,054 ±0,024	0,078 ±0,032	0,062 ±0,026	0,057 ±0,014
0-forsøk ₄	0,029 ±0,012	0,018 ±0,009	0,021 ±0,009	0,031 ±0,012	0,022 ±0,015	0,024 ±0,006
Lav ₁	0,034 ±0,016	0,03 ±0,015	0,037 ±0,021	0,050 ±0,027	0,042 ±0,019	0,039 ±0,008
Lav ₄	0,029 ±0,010	0,019 ±0,008	0,021 ±0,008	0,028 ±0,012	0,024 ±0,015	0,024 ±0,004
Alt av ₁	0,025 ±0,016	0,016 ±0,011	0,017 ±0,012	0,028 ±0,017	0,016 ±0,019	0,020 ±0,006

Innledende ble det tenkt at posisjon 4 var den utsatte posisjonen på grunn av at den står nærmere tilluftsventilen. Etter å ha gjort målinger kun på hastigheter ut av tilluftsventilene ser det ut til at posisjon 1 er mest utsatt, spesielt ved 0-forsøket. Med en gjennomsnittshastighet på $0,057 \text{ m/s}$ på tvers av hastighetsmålerene er den 3 ganger så høy som hastighetene målt ved posisjon 4 under null forsøket. Dette er gjennomgående for forsøket lav også. Dette kan ha innvirkning i mindre grad på svarresultatene fra spørreskjemaene.

7.6 Spørreskjema til hovedforsøk

Spørreskjemaene i SvalVent ble delt inn i to deler: SvalVent del 1 og SvalVent del 2.

Del 1 har som hensikt i å karakterisere personen og finne ut om det er noen elementer som kan påvirke svarresultatet forsøkspersonen avgir. Figur 7.17 viser spørreskjema SvalVent del 1.

Spørsmål om tobakkbruk er viktig å avklare fordi det medfører vasokonstriksjon. Mange studier viser dette, men en nylig studie fant at bruk av snus gir tydelig reduksjon i hudtemperatur på hånd og fingre (Høiland, de Weerd, & Mercer, 2014). Spørsmålet som dreier seg om forkjølelse er viktig med tanke på at dagsform i stor grad kan påvirke svarene. Resten av spørsmålene er av praktiske grunner og gjør etterarbeidet lettere. Spørreskjema del 1 skal kun besvares en gang per person.

Spørreskjema SvalVent del 2 er fortsatt basert på samme skala som det ble gjort i de innledende forsøkene. Spørreskjemaet er bevisst delt opp inn i alle kroppsdelene: Hodet, rygg, bryst, høyre arm, venstre arm, ben og fot. Grunnen til at høyre og venstre arm ikke står samlet under "armer", er at det er ønskelig å oppfange om deltakerne føler trekk eller ubehag fra en av sidene. Dette kan variere fra person til person i forhold til hvilken posisjon de sitter i.

Skalaen på spørreskjemaet for termisk komfort er valgt som en flytende skala som går fra 0-4,99 og fra 5,01-10,00. Ved å ikke velge kategoriserte verdier for termisk komfort gjør at forsøkspersonen lettere kan ta stilling til de forskjellige kroppsdelene raskt og intuitivt. Under de forskjellige spørsmålene om termisk komfort så står svaret stilt inn på 5,00 som standardverdi. Spørreskjemaet er programmert til at man ikke kan levere et svar med 5,00 som betyr

Skriv inn din unike kode*:	<input type="text"/>
Velg kjønn*	<input type="radio"/> Kvinne <input type="radio"/> Mann
Velg aldersintervall*	Vennligst velg <input type="text"/>
Hvor høy er du? (svar i cm)*	<input type="text"/>
Er du forkjølet?*	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nei
Snuser/røkyer du?*	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nei
Hvilken måletrøye bruker du?*	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> C <input type="radio"/> Ingen
Hvilken Shimmer bruker du?*	Vennligst velg <input type="text"/>
Velg ukedag*	Vennligst velg <input type="text"/>

Figure 7.17: Spørreskjema Del 1

at forsøkspersonen må ta stilling til om han er ”slightly warm” eller ”slightly cool”. Figur 7.18 viser et utsnitt av spørreskjema. Forsøkspersonene må også ta stilling til hvor varm eller kald de forskjellige delene av kroppen er. På denne måten kan man avdekke om personen er varm men har det komfortabelt for det om.

Det ble i tillegg spurt om 3 ekstra spørsmål, se figur 7.19

De spørsmålene hadde følgende svaralternativer:

- Er måletrøyen komfortabel å ha på?
 - ”Bruker ikke måletrøye”
 - ”Komfortabel”
 - ”Nøytral”
 - ”Ukomfortabel”
- Ønsker du mere eller mindre luft?
 - ”Mer”
 - ”Mindre”
 - ”Passe”
- Ville du endret måten luftstrålen treffer deg på?
 - ”Ja, høyere på kroppen”
 - ”Ja, lavere på kroppen”
 - ”Ja, mer til siden”
 - ”Ja, slått av strålen”
 - ”Nei, ville ikke endret den”

Spørreskjema for SvalVent (del 2)
Spørsmål merket med * må besvares

Spørsmål	Svar
Skriv inn din unike kode*:	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Hvilken testrunde er dette for dagen?*	Vennligst velg ▼
Du skal nå svare på noen spørsmål om opplevd hudtemperatur og termisk komfort. Du vil først bli spurt om opplevd hudtemperatur for hele kroppen og deretter for ulike kroppsdeleer.	
Hvordan oppleves hudtemperaturen på hele kroppen?*	<input type="radio"/> Veldig kaldt <input type="radio"/> Ganske kaldt <input type="radio"/> Noe kaldt <input type="radio"/> Litt kaldt <input type="radio"/> Nøytralt <input type="radio"/> Litt varmt <input type="radio"/> Noe varmt <input type="radio"/> Ganske varmt <input type="radio"/> Veldig varmt
Hvordan er din termiske komfort på hele kroppen?*	Veldig ukomfortabel Så vidt ukomfortabel Så vidt komfortabel Veldig komfortabel
Hodet:	
Hvordan oppleves hudtemperaturen på hodet?*	<input type="radio"/> Veldig kaldt <input type="radio"/> Ganske kaldt <input type="radio"/> Noe kaldt <input type="radio"/> Litt kaldt <input type="radio"/> Nøytralt <input type="radio"/> Litt varmt <input type="radio"/> Noe varmt <input type="radio"/> Ganske varmt <input type="radio"/> Veldig varmt
Hvordan er din termiske komfort på hodet?*	Veldig ukomfortabel Så vidt ukomfortabel Så vidt komfortabel Veldig komfortabel

Figure 7.18: Spørreskjema Del 2 - En liten del av spørreskjemaet

Er måletrøyen komfortabel å ha på?*	Vennligst velg ▼
Ønsker du mer eller mindre luft?*	<input type="radio"/> Mer <input type="radio"/> Mindre <input type="radio"/> Passe
Ville du endret måten luftstrålen treffer deg?*	Vennligst velg ▼

Figure 7.19: Spørreskjema Del 2 - Diverse spørsmål

Det er viktig å avklare et par punkter før man kan behandle resultatene. Spørsmålet som angår måletrøya er for å avklare om forsøkspersonen er plaget av den. Måletrøya består av 24 ledninger som går på kryss og tvers og hver ledning festes til huden. For nærmere detaljer om den, se Håkon S. Rikoll sin master oppgave. Derfor er det viktig å vite om svarresultatene ikke blir påvirket av det eventuelle ubehaget det vil være å bruke måletrøya.

Det er også viktig å se på personen er fornøyd med luften som treffer han. Dersom en person er "slightly warm" og ønsker mindre luft kan det være et viktig resultat som må sees nærmere på. Retningen på strålen er også noe som har vært undersøkt i de innledende testene. Dersom en person har vært utsatt for en luftstråle mot brystet, men ønsker den høyere opp, kan det være en viktig parameter for å se hva de fleste ønsker.

8 Resultater

8.1 Resultater fra innledende forsøk

Resultatene fra lufthastighetmålingene er et resultat av en logge periode på ca. 7 minutter som tilsvarer 512 datapunkter. Det er tatt utgangspunkt i hastighets føler nr. 2 og nr.3 fra tabell 7.1 som skal representere henholdsvis hodet og bryst.

De tre linjene representerer forskjellige forsøk ved forskjellige tidspunkt. Man kan se store variasjoner mellom dem. Det er kun testrunde nummer 9 hvor hastighetene er tilnærmet like. Man kan derfor anta at innstillingen av ventil mellom hvert forsøk krever høy presisjon for å kunne treffe riktig. For å analysere disse resultatene er det derfor mer hensiktsmessig å se på de tre forsøkene som individuelle forsøk og heller knytte hvert spørreskjema til hver hastighets måling. Se figur 8.1

For å gjøre det litt mer systematisk er de forskjellige forsøkspersonene tildelt en ID:

Table 8.1: Betegnelse av forsøkspersoner

Dato	ID
15.02.2018	A
20.02.2018	B
23.02.2018	C

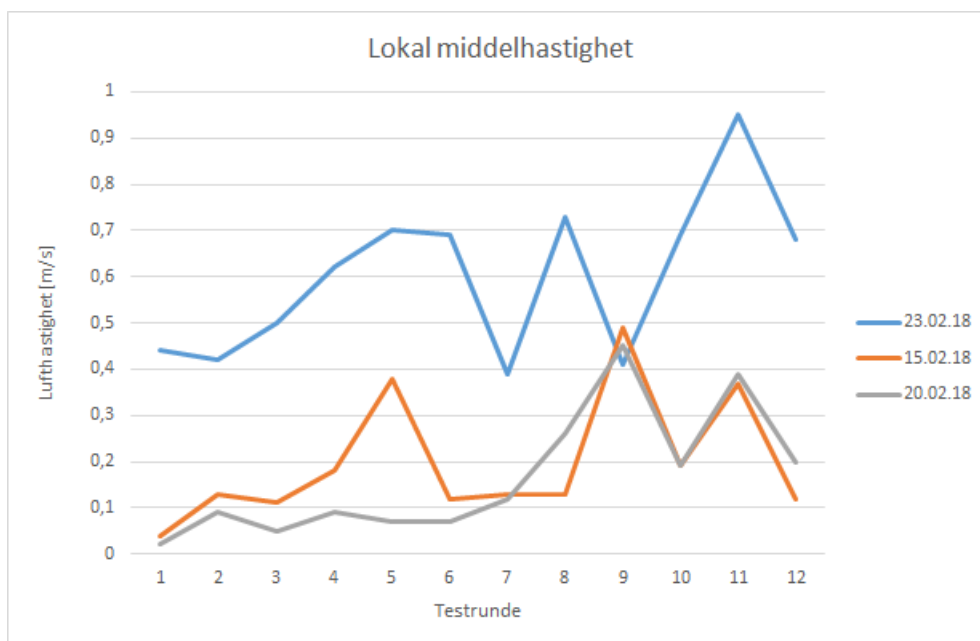


Figure 8.1: Midlet hastighet over forsøksperiode

For å se nærmere hvilke hastigheter vi kan forvente ved hvilke luftmengder er det tatt utgangspunkt i målingene som er gjort på forsøksperson C. Det var det forsøkene som hadde de høyeste målte hastighetene. Den blå linjen representerer disse målingene og den oransje linjen representerer en forventet hastighet, se figur 8.2. Vi kan ut i fra dette si noe om hastighetene "Lav", "Høy" og "Ekstra Høy". Det er verdt å merke seg at det er stor forskjell luftdysen

ved innledende forsøk og hovedforsøkene. Risten som dekker for tilluftsventilen slik at det kun kommer luft i gjennom dysen har mye lekkasje. Derfor vil lufthastigheten være annerledes ved hovedforsøkene enn de innledende.

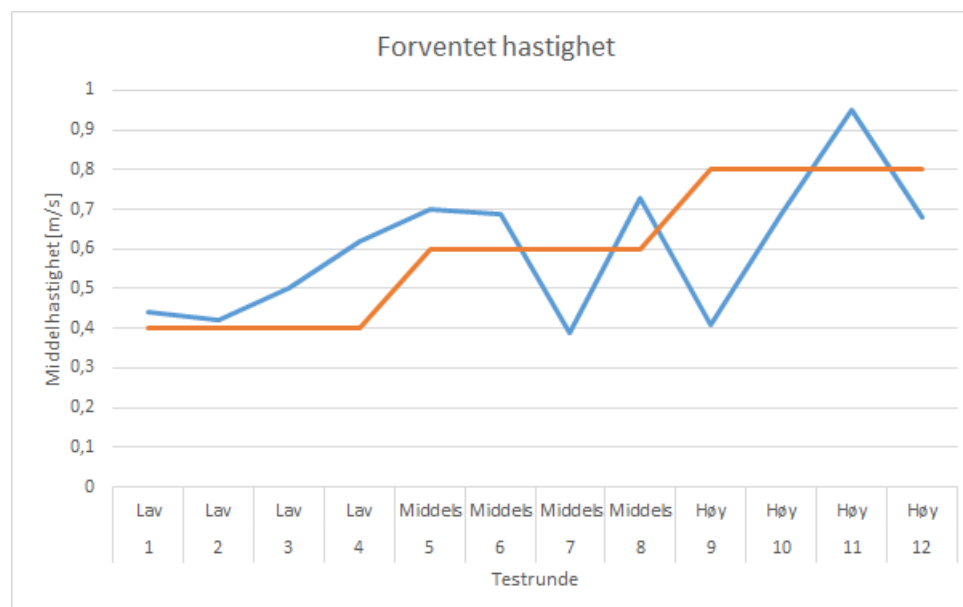


Figure 8.2: En sammenligning av forventet hastighet med forsøket C

Tilluftstemperaturen ble målt i hastighets målerens høyde og varierte fra forsøk til forsøk, se figur 8.3.

Resultatene fra lufttemperaturmålingene viser at de var veldig forskjellig fra forsøk til forsøk. Forsøk C hadde den høyeste lufttemperaturen for alle forsøkene. Gjennomsnittet under denne forsøks dagen var på 28,2°C og er 1,9 °C høyere enn gjennomsnittet til forsøket B. Så de store temperaturforskjellene har innvirkning på spørreskjemaene om termisk komfort.

Resultater fra spørreskjemaene for termisk komfort vises i figur 8.4 og 8.5. Den vertikale akse i figurene representerer skalaen til (Zhai et al., 2013) som nevnt i 7.1. Som man kan se på figuren er det ikke mulig å svare "0", som tilsvarer det som ville vært nøytral. Fra resultatene på termisk komfort for hele kroppen ser vi en gjennomgående høy score for forsøkene 4-6.

- Forsøk 4: "Lav" Lufthastighet på venstre siden av bryst
- Forsøk 5: "Middels" Lufthastighet på venstre side av hodet
- Forsøk 6: "Middels Lufthastighet på midten av hodet

Forsøkspersonene A og C var generelt mer missfornøyd enn forsøksperson B. Samtidig ser vi også store forskjeller mellom besvarelsen på hele kroppen og bryst. Forsøksperson C hadde stort sett høyest lufthastighet og lufttemperatur.

Svarene fra forsøkspersonene sier at folk er veldig forskjellig når det kommer til sensitivitet i forhold til temperatur. For å få god statistikk på dette burde en større gruppe mennesker vært involvert og det burde vært mer stabile testforhold med omtrentlig samme lufthastigheter.

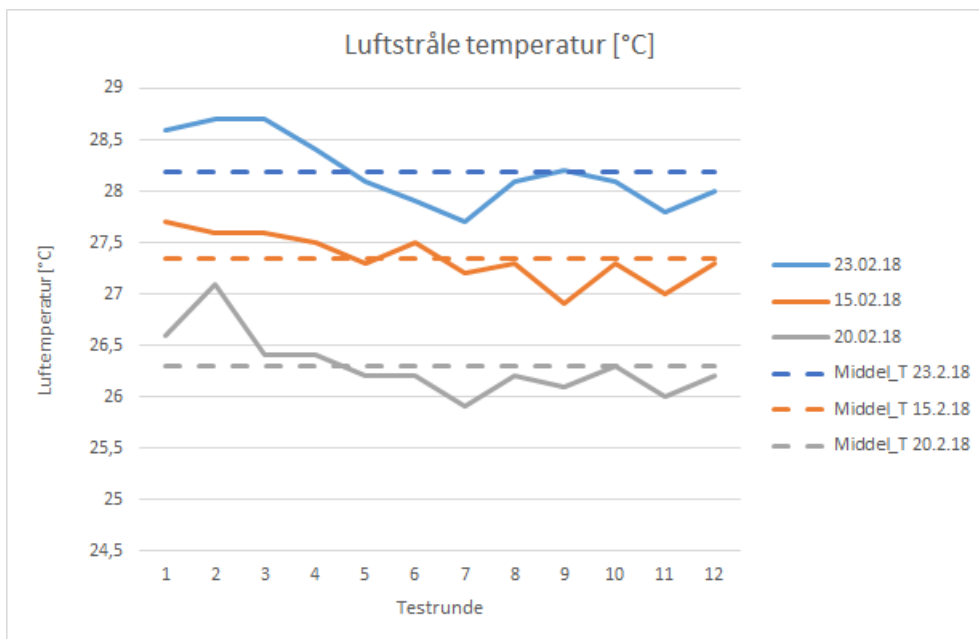


Figure 8.3: Temperaturvariasjon i forsøkene

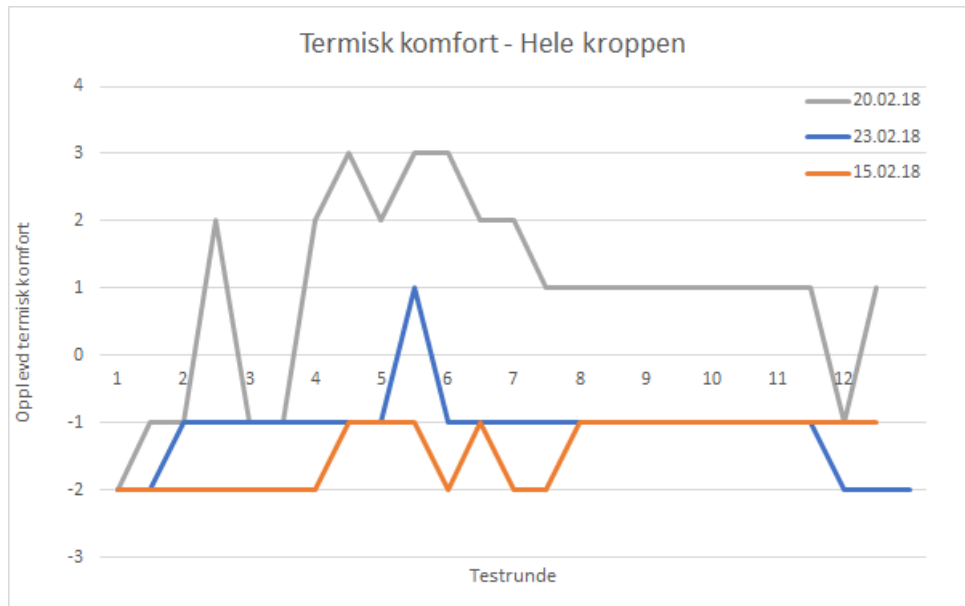


Figure 8.4: Resultater termisk komfort - Hele kroppen

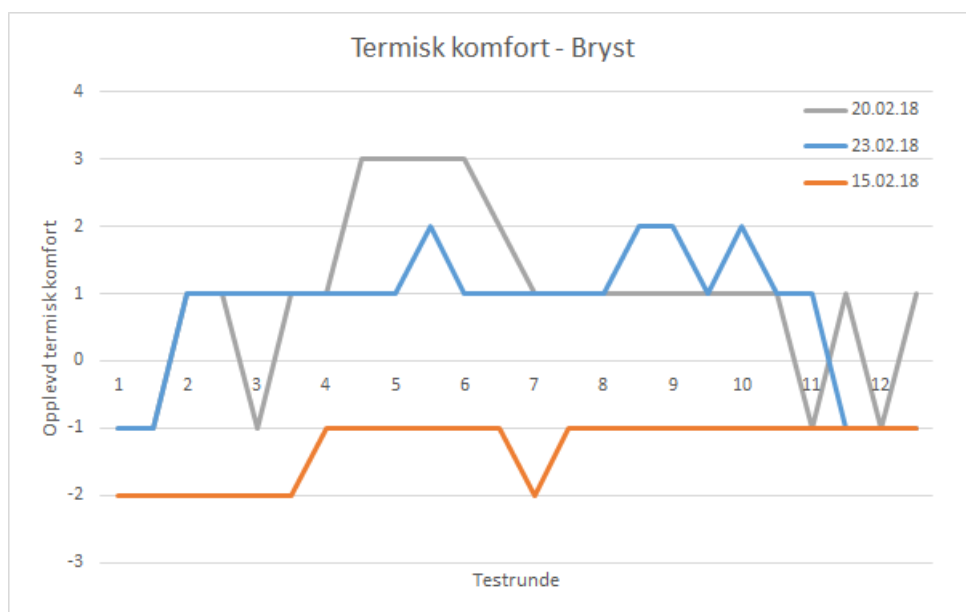


Figure 8.5: Resultater termisk komfort - Bryst

8.2 Resultater fra hovedforsøk

Etter at samtlige forsøk er gjennomført fra uke 10 til uke 12 ble alle dataene samlet i et felles excelark. Alle Idene og forsøkene er samlet under ett og parametere blir kategorisert. Eksempelvis ble det laget egne filter på hver del runde (0 minutt, 10 minutter og 25 minutter), filter på kjønn, alder, lufthastighet ("lav", "høy" og "ekstra høy") etc. I tillegg ble det laget et filter som skiller på dyse posisjon i forhold til hvilken plass hver person satt på til en hver tid.

Alle de loggede dataene fra forsøket ble også samlet i samme regneark. Totalt var det 1610 besvarelser fra 21 personer. Pivottabeller ble laget for å lettere kunne skille mellom de forskjellige parameterne.

Det ble laget egne pivot tabeller for å kunne sammenligne termisk komfort ved brystet mot termisk komfort ved hodet. Disse sammenligningene ble gjort ved lav, høy og ekstra høy hastighet. Det ble også gjort sammenligninger ved 0, 10 og 25 minutter inn i forsøkene. Det ble også laget boksploot i Excel hvor 1.-og 3. kvartil, minimum-, maksimum-medianverdi ble beregnet. Standardavviket ble beregnet for alle boksploottene. Alle boksploottene består egentlig av to boksplootter som overskygger hverandre. Meningen med dette er for å kunne sammenligne verdier på tvers av kategorier. Siden disse boksploottene overskygger hverandre, vil også standardavviket til hver av dem også overskygge hverandre.

Det ble også gjort statistisk analyse i Excel hvor Student t-test ble gjort med en $\alpha = 0,05$. Det ble delt inn i hastighetene lav, høy og temperaturene 24°C , 26°C og 28°C .

Tabell 8.2 viser besvarelse i prosent basert på om de ønsket mer, mindre eller uendret luftmengde. Det er skilt på forsøkspersonene fikk luftstrålen mot hodet eller brystet. Det er også skilt på lufthastighetene, ekstra høy, høy, lav og på romtemperatur. På denne måten kan man få en god representasjon av hva gjennomsnittet syntes om forholdene.

Table 8.2: En oversikt over brukere som ønsket mer, mindre eller uendret luftmengde i løpet av hovedforsøkene

	24°C			26°C			28°C		
	Ekstra Høy[%]	Høy[%]	Lav[%]	Ekstra Høy[%]	Høy[%]	Lav[%]	Ekstra Høy[%]	Høy[%]	Lav[%]
Mer									
Bryst	1,85	0,46	11,11	0,00	9,66	26,69	15,25	30,38	39,83
Hodet	1,85	2,31	9,72	7,02	17,65	28,39	22,03	30,38	44,07
Mer Totalt	3,70	2,78	20,83	7,02	27,31	55,08	37,29	60,76	83,90
Mindre									
Bryst	35,19	24,07	8,33	15,79	9,24	2,54	3,39	2,11	0,85
Hodet	33,33	21,30	8,80	7,02	7,14	2,54	1,69	1,27	0,00
Mindre Totalt	68,52	45,37	17,13	22,81	16,39	5,08	5,08	3,38	0,85
Passe									
Bryst	18,52	25,00	30,56	31,58	30,67	20,76	32,20	18,14	8,90
Hodet	9,26	26,85	31,48	38,60	25,63	19,07	25,42	17,72	6,36
Passe Totalt	27,78	51,85	62,04	70,18	56,30	39,83	57,63	35,86	15,25
Sum Totalt	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fra tabellen kan man se at forsøkspersonene rapportere at det av de som ønsker mer luft, er det flere som ønsker mer luft mot hodet enn mot brystet. Det er kun et unntak ved 24°C ved lav hastighet der det er 9,7 % som ønsker mer mot hodet, mot 11,1% som ønsker brystet. Utenom det er det gjennomgående at de fleste ønsker mer mot hodet enn mot brystet. Samtidig rapporterer forsøkspersonene at det er færre som ønsker mindre luft mot hodet enn mot brystet for alle temperaturene 24°C, 26°C og 28°C. Totalt sett syntes mer enn halvparten at høy hastighet var passe både ved 24°C og 26°C på henholdsvis 51,9 % og 56,3 %. I tabell 8.3 er statistikken på de som ønsket mer og de som ønsket uendret luftmengde slått sammen.

Table 8.3: Ekstra høye lufthastigheter - Ønsker mer eller uendret

Posisjon dyse	Temperatur	Utrekning
Hodet	24°C	1,85% + 9,26% = 11,11%
Bryst	24°C	1,85% + 18,52% = 20,37%
Hodet	26°C	7,02% + 38,60% = 45,60%
Bryst	26°C	0% + 31,58% = 31,58%
Hodet	28°C	22,03% + 25,42% = 47,45%
Bryst	28°C	15,25% + 32,20% = 47,45%

Som tabell 8.3 viser så er det ved 24°C flere som synes det er greit eller ønsker mer mot brystet enn hodet. Ved 26°C er det faktisk flere som ønsker mer eller uendret mengde mot hodet og ved 28°C er det likt.

I tabell 8.4 gjengis gjennomsnittsverdiene for alle målte parametere fra forsøkene under 24, 26 og 28°C.

Table 8.4: Gjennomsnittsverdier av alle loggede parametere

	24°C			26°C			28°C		
	Ekstra Høy	Høy	Lav	Ekstra Høy	Høy	Lav	Ekstra Høy	Høy	Lav
\bar{v} [m/s]	0,50	0,43	0,15	0,67	0,42	0,12	0,55	0,38	0,12
Tu [%]	53	46	61	42	45	58	50	47	63
β [-]	0,60	0,69	1,14	0,48	0,65	1,23	0,62	0,68	1,23
P_{amp} [m ² /s]	1,12	0,70	0,22	0,73	0,79	0,16	1,27	0,57	0,18
T_{luft} [°C]	24,0	24,0	23,9	25,7	25,5	25,3	27,5	27,6	27,8

Fra tabell 8.4 er det en oppsummering av de midlere verdiene av β , \bar{v} , Tu, P_{amp} og T_{luft} . Vi

kan se at lufthastighetene ved "Ekstra Høy" og "Lav" ikke helt traff slik det var ønsket i forskningsdesignet, mens lufthastigheten "Høy" traff ganske bra. Vi kan også se at vi har ganske ren mekanisk ventilasjon (CMW) for de fleste forsøkene, med unntak av "Lav" hastighet som hadde β -koeffisient på ca. 1,2. Fra studier tilsvarende i det området som kan kalles for simulert naturlig vind (SNW), men dette er ikke helt uventet siden en studie forteller hvordan β -koeffisient øker med avtakende hastighet (Ouyang et al., 2006). Turbulensen varierer litt den også mellom 42 % til 63 %. Vi vet at økende β gir økende Turbulens.

For å avklare de neste boksplottene så er aksene helt identiske og fargen på boksene har samme betydning på tvers av alle plottene. Det som skiller de fra hverandre er at noen er det er skilt på 0-, 10- og 25 minutter inn i forsøkene og på kjønn.

- De oransje boksene er besvarelse fra de som fikk luft rettet mot brystet.
- De blå boksene er besvarelse fra de som fikk luft rettet mot hodet

I figur 8.6 ser vi en sammenligning av bryst mot hodet ved starten av forsøket. I figurene 8.6, 8.7 og 8.8 er det ikke skilt på kjønn.

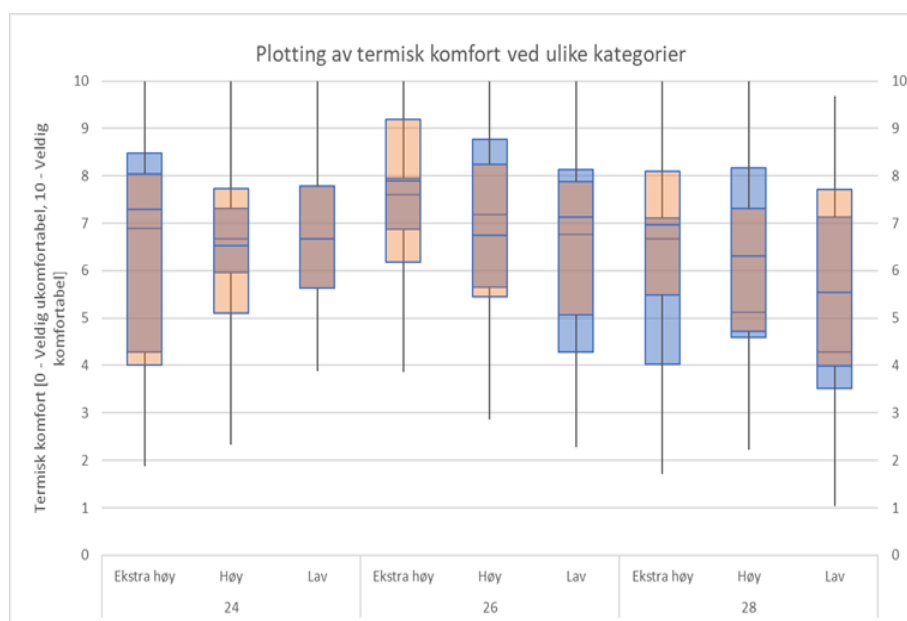


Figure 8.6: Boksdiaagram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, ved start

Fra figurene 8.6, 8.7 og 8.8 er det vanskelig å si noe konkret, men det er noen tendenser som kommer frem. Det ser blant annet ut til at det er gjennomgående at brukerne var særlig fornøyd ved ekstra høy hastighet ved 26°C. I figur 8.6 ser vi en sammenligning av bryst mot hodet ved 10 minutt inn i forsøket.

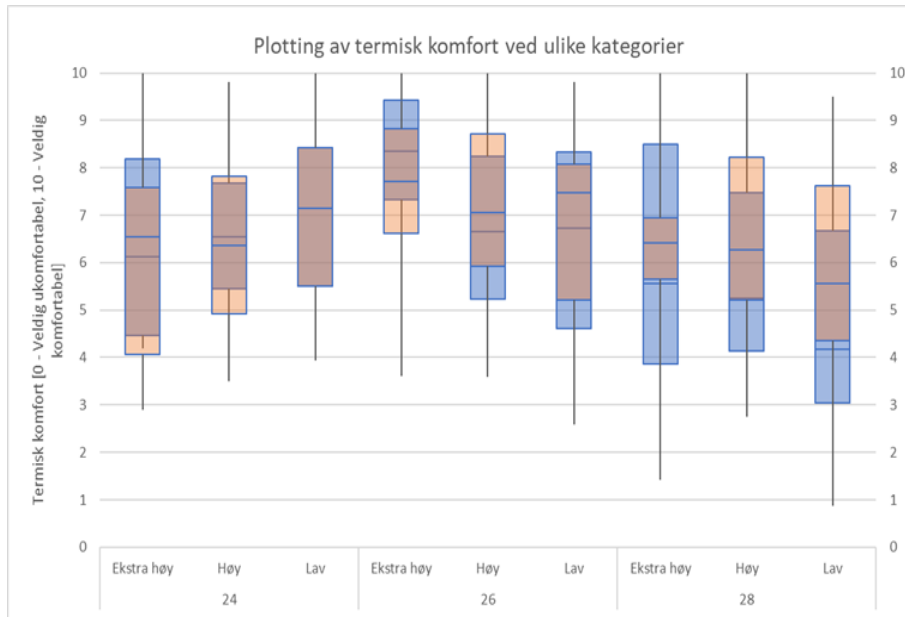


Figure 8.7: Boksdiagram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, alle ved 10 minutter

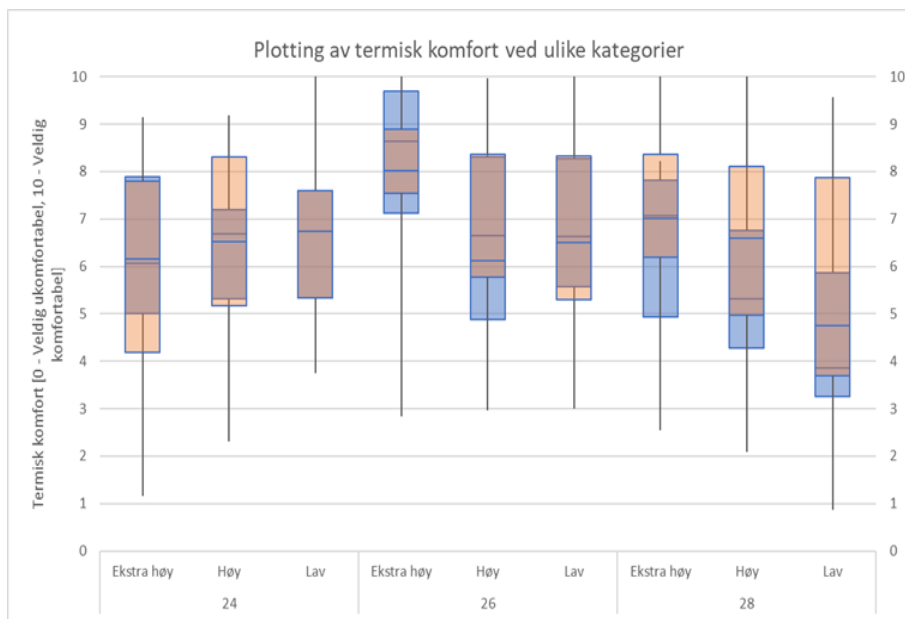


Figure 8.8: Boksdiagram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, alle ved 25 minutter

Brukerne er også relativt fornøyde med både høy og lav hastigheter ved 24°C. Ved de ekstra høye hastighetene er det såpass stor spredning at det er vanskelig å konkludere noe.

Det ser ut til at ved 28 °C er det stor variasjon i hvordan folk oppfatter ekstra høy hastighet ved starten av forsøket. Deretter ser det ut til at forsøkspersonene foretrekker mer luft mot brystet enn mot hodet ved 10 og 25 minutter inn i forsøket. Ved å skille på kjønn kan det være lettere å få frem forskjeller. Figur 8.9 og 8.10 viser kun kvinner ved start og 10 minutter inn i forsøket. I disse to boksplottene er det kun 8 respondenter.

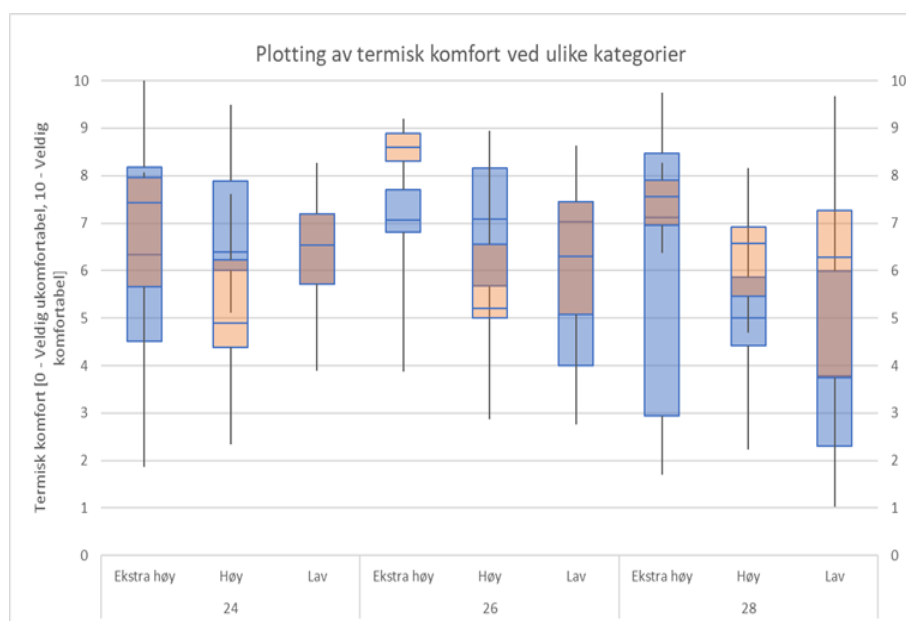


Figure 8.9: Boksdiaagram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun kvinner ved start

Figurene viser her også stor variasjon i enkelte forsøk. For eksempel viser er det en stor endring i oppfattet termisk komfort ved ekstra høy hastighet ved 24°C. Ved starten er det mer akseptabelt med luft mot brystet, men etter 10 minutt er det flere som er mer fornøyd med luft mot hodet. Kvinnene ser også ut til å være enig i de foretrekker luft mot brystet ved ekstra høy hastighet ved 26°C. Det ser også ut til at kvinnene foretrekker luft mot brystet ved 28°C. De to neste figurene, 8.11 og 8.12 viser hva mennene svarte ved start og 10 minutter inn i forsøket. Disse dataene er fra 13 respondenter.

Fra figur 8.11 og 8.12 ser det ut til at det er større variasjon etter 10 minutt enn ved start. De er veldig fornøyde med ekstra høy hastighet ved 26°C etter 10 minutt. Det er også en veldig stor overgang ved 24°C fra start til 10 minutt. Av en eller annen grunn rapporterer veldig mange at de er godt fornøyde med ekstra stor hastighet mot brystet.

I de neste tre figurene 8.13, 8.14 og 8.15 er gjennomsnittet for alle midlet over temperatur og dyse posisjon.

Figur 8.13 viser at de fleste er mest fornøyd med ekstra høy hastighet ved 26 °C. Dersom man ser på den rapporterte termiske komfort for hodet, når dyseposisjone var mot hodet. Så kommer denne verdien litt bedre ut enn det som var rapportert mot brystet, en gjennomsnittscore på 7,8

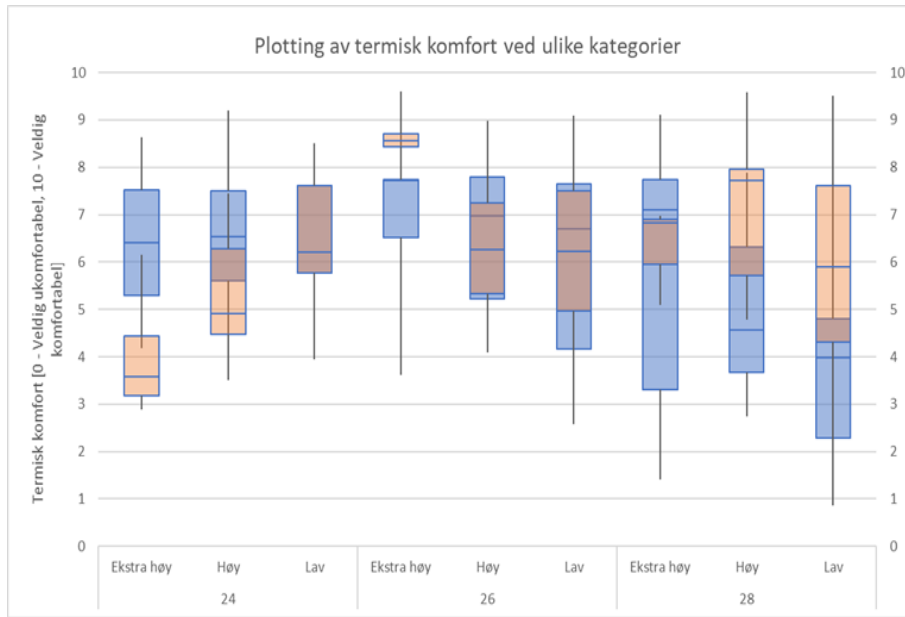


Figure 8.10: Boksdiagram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun kvinner ved 10 minutter

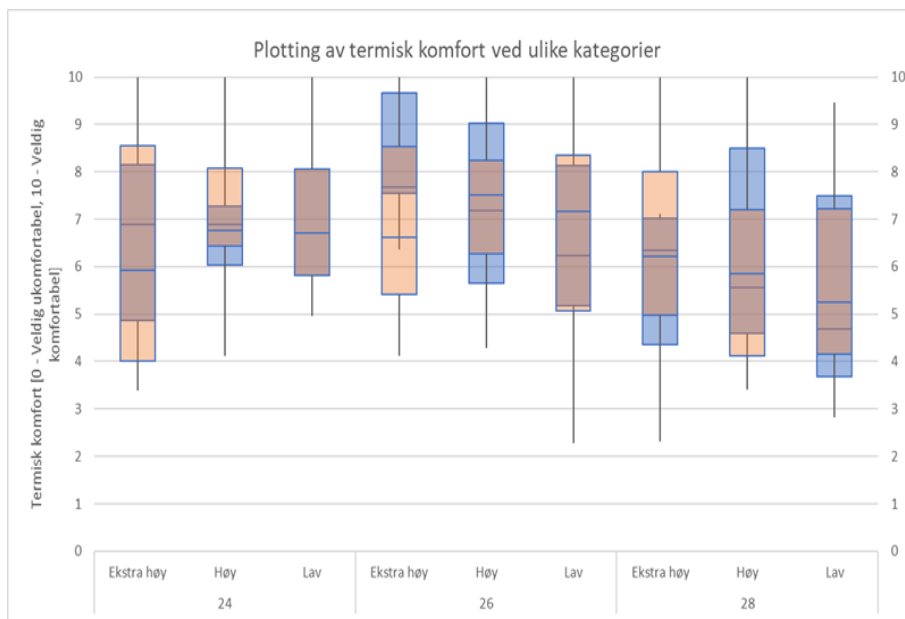


Figure 8.11: Boksdiagram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av duftlyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun menn ved start

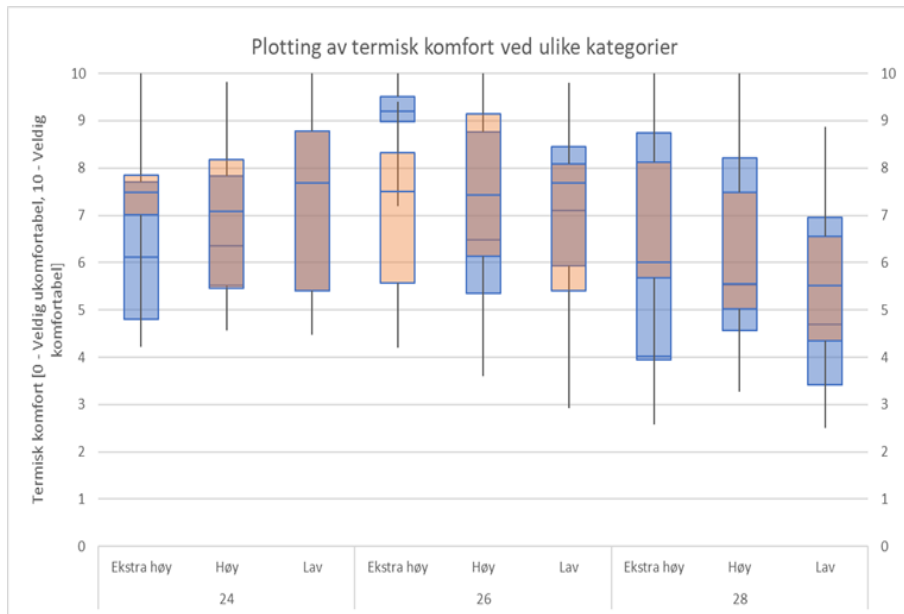


Figure 8.12: Boksdiagram som viser 25-75 % kvartiler og median verdi som streker. Et plot av luftdyseposisjonering - Hodet / Bryst, kun menn ved 10 minutter

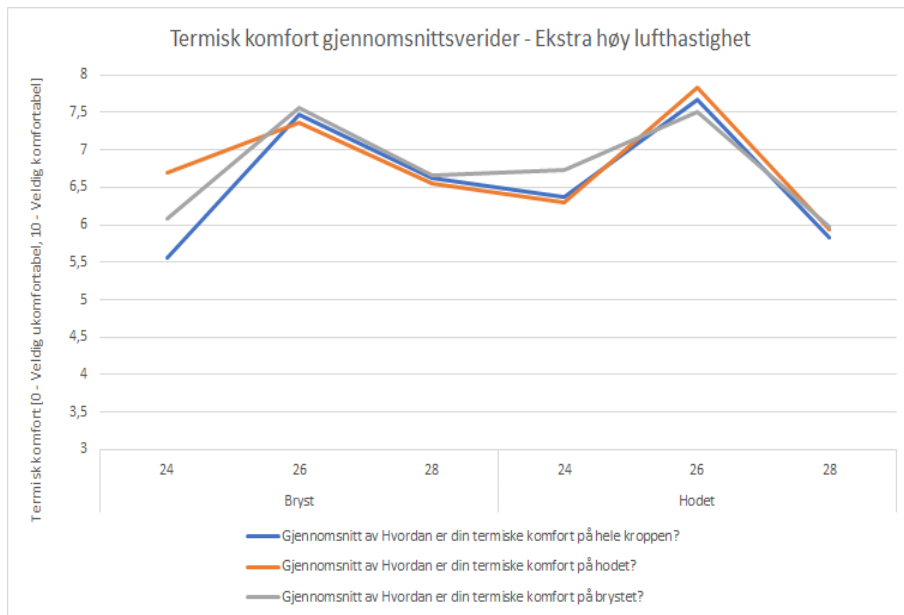


Figure 8.13: Termisk komfort gjennomsnittsvar ved ekstra høy hastighet

mot 7,5. Fra det som var rapportert om termisk komfort for hele kroppen, kom også hodet litt bedre ut med en gjennomsnittscore på 7,7 mot 7,5.

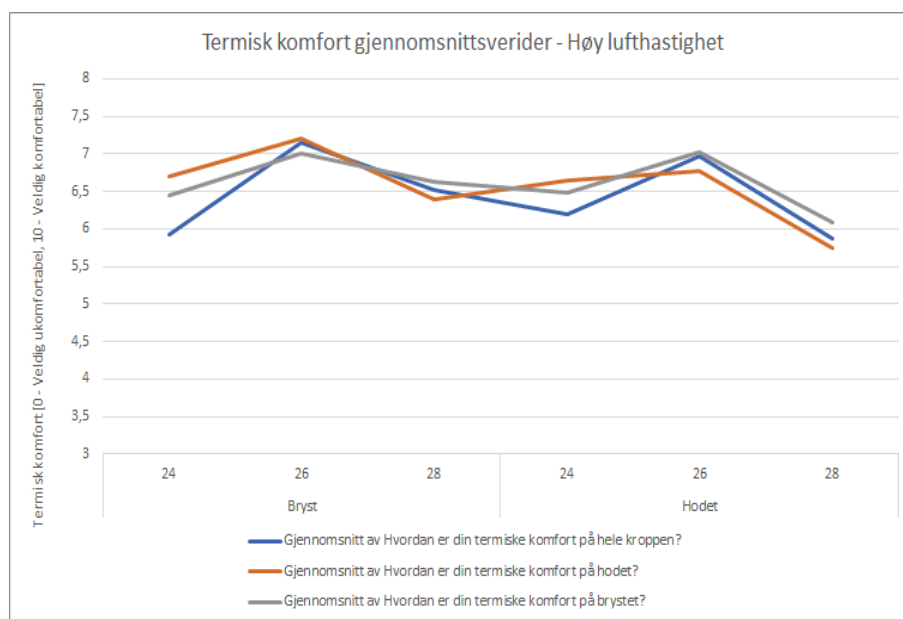


Figure 8.14: Termisk komfort gjennomsnittsvar ved høy hastighet

På samme måte som ved ekstra høy hastighet er det 26 °C som kommer best ut når det rapporteres termisk komfort ved høy hastighet. I motsetning til ekstra høy hastighet, er det bryst som får høyest score på 7,0 mens hodet har en score på 6,7. Fra det som var rapportert om termisk komfort for hele kroppen, kom også brystet litt bedre ut med en gjennomsnittscore på 7,2 mot 7,0.

I figur 8.15 er det et litt annet bildet. Temperaturen ved 28^{circ}C kommer verst ut for hodet med en score på 4,7 og for bryst på 5,7. For de lave hastighetene er det 24^{circ}C som gir beste resultater for bryst med en score på 7,1 mot hodet som gir 7,0.

I figurene 8.18, 8.17 og 8.18 gir resultat på korrelasjoner mellom hastighet og standardavvik, luftmengde og lufthastighet og termisk komfort og β -koeffisient.

Som forventet bør det være en god korrelasjon mellom hastighet og standardavvik. Dette vises i figur 8.16 hvor korrelasjonen $R^2 = 0,81$. Dette kan ansees som god korrelasjon. Standardavviket ble beregnet ut i fra den målte turbulens intensiteten.

I figur 8.17 er det sett på korrelasjon mellom hastighet og luftmengde. Dette er for å kontrollere at de forskjellige luftmengdene gav samme hastighet ved ulike forsøk. Som man kan se er det litt spredning på de ulike forsøkene ved 12, 21 og 30 m^3/h . Likevel er det en god korrelasjonen på $R^2 = 0,71$.

Det ble undersøkt flere scatterplot for termisk komfort og β -koeffisient. Den beste korrelasjonen ble funnet ved de forsøkspersonene som hadde luften stilt inn mot brystet og svarte på termisk komfort for bryst, se figur 8.18. Med en korrelasjonskoeffisient, $R^2 = 0,05$ er det relativt dårlig sammenheng mellom de to variablene.

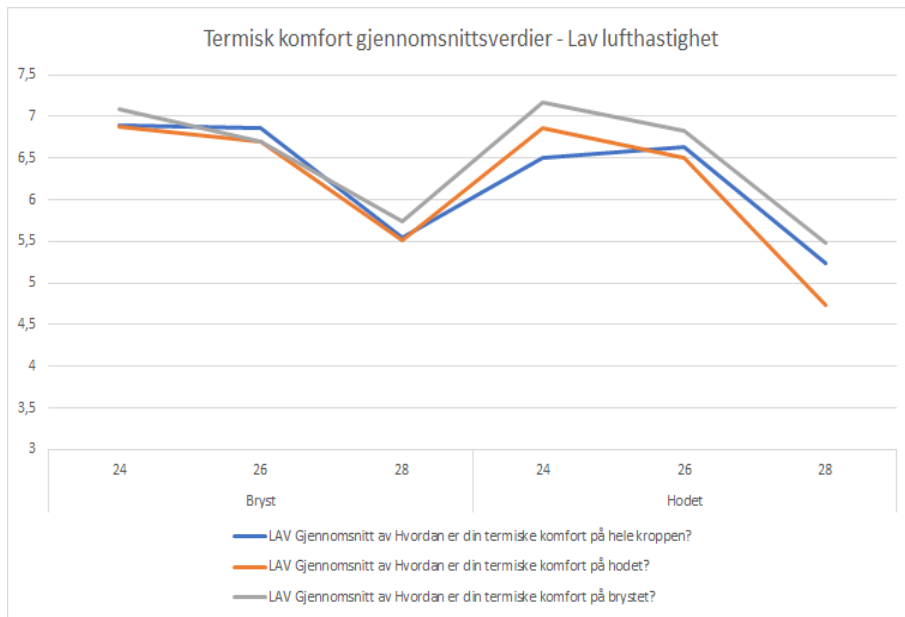


Figure 8.15: Termisk komfort gjennomsnittsvar ved lav hastighet

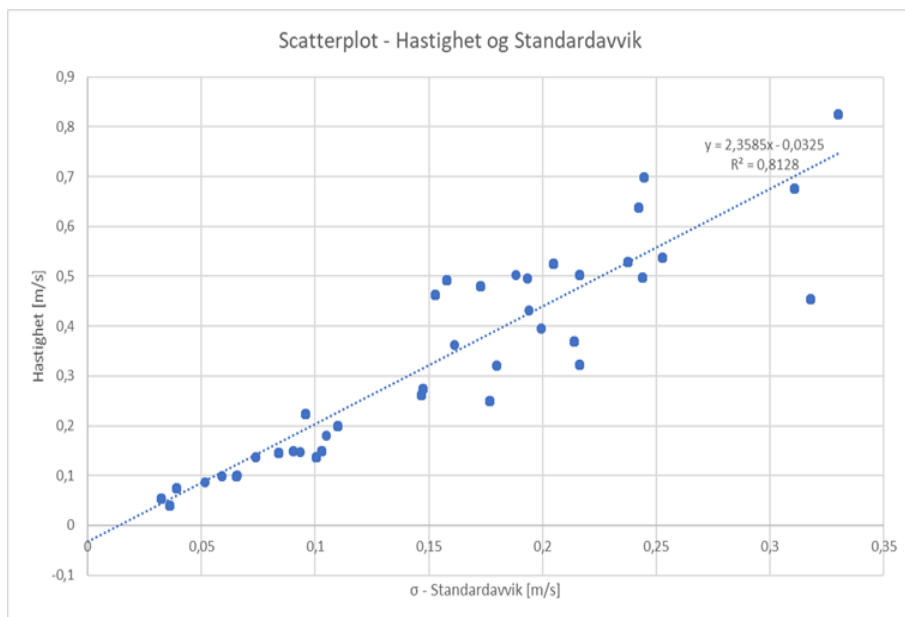


Figure 8.16: Scatterplot - Hastighet og standardavvik

Figure 8.17: Scatterplot - Hastighet og luftmengde

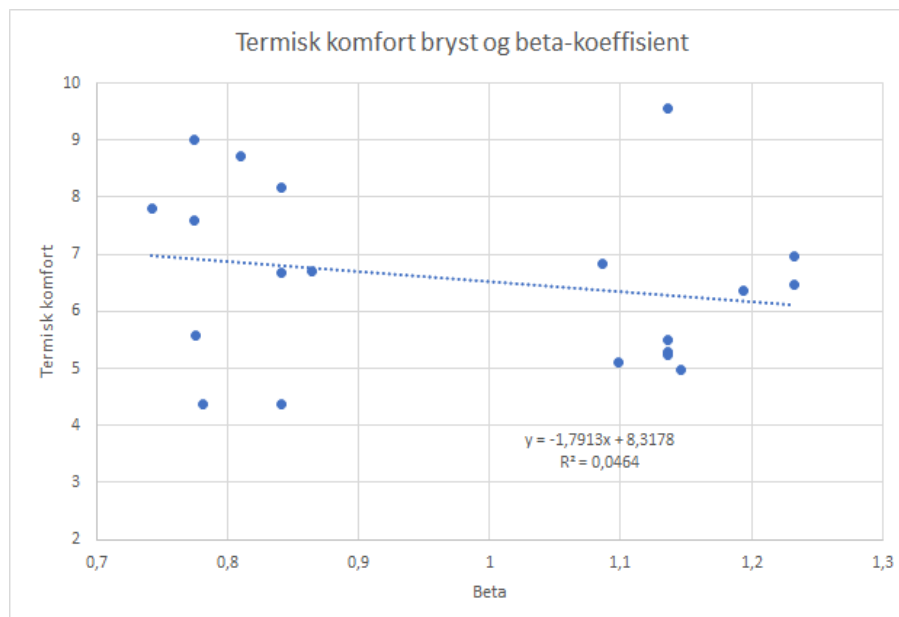
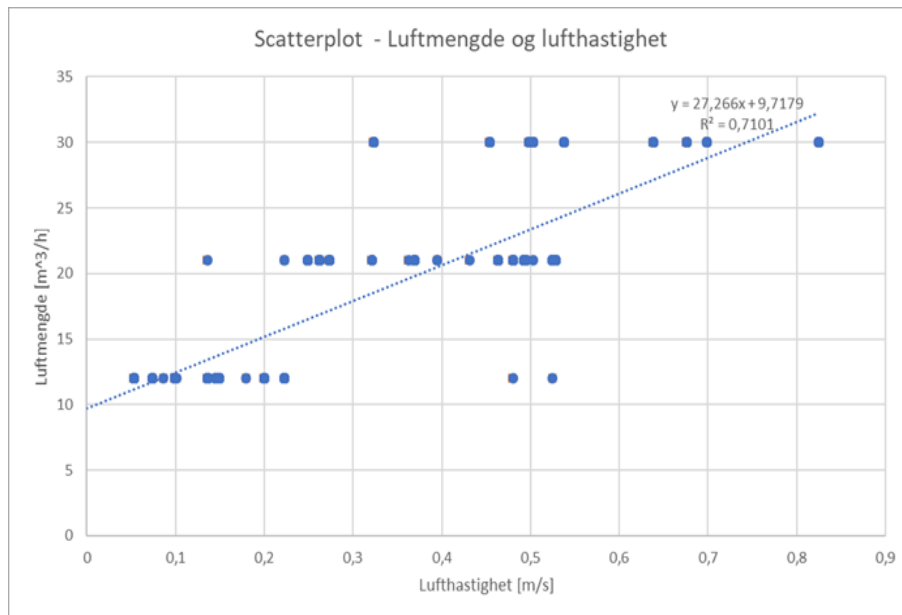


Figure 8.18: Scatterplot - β -koeffisient og Termisk komfort mot bryst

8.3 Statistikk

Det ble også gjort noen enkelte statistiske analyser for å kunne bekrefte eller avkrefte hypotesen som ble stilt innledningsvis. Disse ble gjort i excel ved hjelp av dataanalyse verktøyet. Det ble gjort flere parete Student t-tester hvor det ble sammenlignet termisk komfort for bryst mot termisk komfort for hodet. Det er kun gjort for hastighetene lav og høy. I figurene nedenfor er det valgt en konfidens på $\alpha = 0,05$ men det ble også testet ved $\alpha = 0,2$ som gav de samme resultatene som vises i figur 8.19, 8.20, 8.21.

Hypotesene var formulert slik:

- H_0 : Det er ikke noe forskjell å ventilere mellom hodet og bryst.
- H_1 : Det er en forskjell mellom å ventilere mellom hodet og bryst.

T-Test: Gjennomsnitt for to parvise utvalg	24 - Lav		24 - Høy	
	Variabel 1 - Hodet	Variabel 2 - Bryst	Variabel 1 - Hodet	Variabel 2 - Bryst
Gjennomsnitt	6,852037037	7,081759259	6,646679894	6,45537037
Varians	2,109368482	3,028052115	2,328303458	3,403207348
Observasjoner	18	18	18	18
Pearson-korrelasjon	0,682162745		0,630142973	
Antatt avvik mellom gjennomsnitt	0		0	
fg	17		17	
t-Stat	-0,749858262		0,548751365	
P(T<=t) ensidig	0,231796007		0,295155602	
T-kritisk, ensidig	1,739606726		1,739606726	
P(T<=t) tosidig	0,463592014		0,590311203	
T-kritisk, tosidig	2,109815578		2,109815578	
Gjennomsnitt diff	Bryst		Hodet	
t-test	Behold H_0		Behold H_0	
p-test	Behold H_0		Behold H_0	
	Antatt likt		Antatt likt	

Figure 8.19: Paret Student T-test av posisjon bryst mot hodet ved 24°C Lav og høy hastighet

Figur 8.19 viser statistikken ved en romtemperatur på 24°C. Ved å sammenligne verdien t-Stat med T-kritisk, tosidig kan finne ut om vi må forkaste hypotesen H_0 eller ikke. Fra resultatene ser vi at både t-testen og p-testen sier at vi skal beholde H_0 , som tilsier at det ikke er noe forskjell ved 24°C. Likevel er gjennomsnittet av termisk komfort høyere for hodet ved høy hastighet. For lav hastighet har bryst høyest termisk komfort.

I figur 8.20 ser vi igjen at vi må beholde hypotesen H_0 . Som vist tidligere i figur 8.6-8.8 er det store individuelle forskjeller, det kan derfor gjøre det vanskelig å konkludere noe. Det må derfor antas at det ikke er noe forskjell ut i fra termisk komfort. Ved både lav og høy hastighet kommer termisk komfort for bryst ut som best gjennomsnitts score.

I figur 8.21 kommer det først frem at hypotesen H_0 må forkastes for t-Stat er høyere enn T-kritisk. Dette betyr at for temperaturene ved 28°C er det faktisk en forskjell mellom om man ventilerer mot hodet eller mot bryst. Ut i fra gjennomsnittet av den termisk komfort score viser det seg at bryst kommer best ut.

T-Test: Gjennomsnitt for to parvise utvalg	26 - Lav		26 - Høy	
	Variabel 1 - Hodet	Variabel 2 - Bryst	Variabel 1 - Hodet	Variabel 2 - Bryst
Gjennomsnitt	6,486033333	6,63225	6,78572381	6,974866667
Varians	3,890106268	3,959314993	3,364314814	2,889002028
Observasjoner	20	20	20	20
Pearson-korrelasjon	0,826221989		0,76497122	
Antatt avvik mellom gjennomsnitt	0		0	
fg	19		19	
t-Stat	-0,559829165		-0,694471035	
P(T<=t) ensidig	0,291068339		0,247895953	
T-kritisk, ensidig	1,729132812		1,729132812	
P(T<=t) tosidig	0,582136678		0,495791907	
T-kritisk, tosidig	2,093024054		2,093024054	
Gjennomsnitt diff	Bryst		Bryst	
t-test	Behold H0		Behold H0	
p-test	Behold H0		Behold H0	
	Antatt likt		Antatt likt	

Figure 8.20: Paret Student T-test av posisjon bryst mot hodet ved 26°C Lav og høy hastighet

T-Test: Gjennomsnitt for to parvise utvalg	28 - Lav		28 - Høy	
	Variabel 1 - Hodet	Variabel 2 - Bryst	Variabel 1 - Hodet	Variabel 2 - Bryst
Gjennomsnitt	4,685059524	5,728566667	5,772671429	6,63175
Varians	4,670377728	5,014961674	4,066862617	3,678061835
Observasjoner	20	20	20	20
Pearson-korrelasjon	0,784952619		0,631909742	
Antatt avvik mellom gjennomsnitt	0		0	
fg	19		19	
t-Stat	-3,229867456		-2,272964301	
P(T<=t) ensidig	0,002204328		0,017412854	
T-kritisk, ensidig	1,729132812		1,729132812	
P(T<=t) tosidig	0,004408656		0,034825709	
T-kritisk, tosidig	2,093024054		2,093024054	
Gjennomsnitt diff	Bryst		Bryst	
t-test	Forkast H0		Forkast H0	

Figure 8.21: Paret Student T-test av posisjon bryst mot hodet ved 28°C Lav og høy hastighet

9 Diskusjon

Dette prosjektet har vært utfordrende helt fra start, det har vært mange diskusjoner på hvordan forsøket skulle kjøres. Det kom frem at tilluftstemperatur på 21°C muligens kunne være litt for lav, særlig når det gjaldt ved ekstra høy hastighet ved 24°C i rommet. Man brukere rapporterte at de ønsket mindre luft ved disse hastighetene, men igjen så er dette et ekstrem tilfelle hvor det er ventet mange missfornøyde brukere.

Fra målingene som ble gjort i posisjon 4, kommer det frem at luftstrålen i det punktet i traff på samme måte som ved posisjon 1 og 3. Det var et av punktene som var vanskelig å treffe helt presist på og det ble målt i flere omganger før forsøkene startet for å finne riktig posisjon. Likevel endte vi med en dårlig innstilling av dysen i posisjon 4.

Derfor vil hastighetene, β -koeffisient, turbulens målt i dette punktet ikke være helt representabelt når det skal sammenlignes med de andre, se figur 8.17.

Det var overraskende at så mange som syntes at de hadde god termisk komfort selv ved høye hastigheter i forsøkene på 24°C. I mange av tilfelle var gjennomsnittet av termisk komfort over 5,0 som tilsvarer litt komfortabelt eller bedre. Spesielt ved 26°C var det mange brukere som var fornøyd med ”ekstra høy” og ”høy” hastighet med et gjennomsnitt på over 7,0.

Siden forsøkene med ekstra høy hastighet bare ble kjørt en gang per dag i forhold til høy og lav hastighet, som ble kjørt fire ganger hver. Gir dette en feil vektning av dataene av termisk komfort ved ekstra høy hastighet i forhold til lav og høy hastighet som ble kjørt fire ganger hver.

Innstillingen av luftdysen er svært sensitiv for hvilken vinkel den stilles inn som.

En studie trakk frem at Vi kan også se fra (Zhai et al., 2013) at ved en temperatur på 26°C og 60 % RF og en lufthastighet på 0,4 m/s. Dette er sammenlignbare forhold med SvalVent sin lufthastighet ”høy” på 0,42 m/s ved 26°C og 40% RF. De fikk en termisk komfort på tilsvarende 7,5 noe som stemmer ganske godt med 8.14. De fant også at litt over 70 % rapporterte at de ikke ønsket endring i lufthastighet ved de samme forholdene. Våre resultater viser 56 % ved spørsmål om endring av luftmengde, men dersom vi vurderer mot ”ekstra høy” hastighet på 0,67 m/s finner vi 70% som ikke ønsket endring.

Et av poengene med SvalVent er å prøve å simulere naturlig vind, SNW. Under alle målingene har det ikke vært mulig å få det til. Kun ved lave hastigheter ved 0,2 m/s og under har vi fått β -koeffisient på over 1,0. Det var ønskelig å ha høyere hastigheter enn dette med de samme β -koeffisientene. For å få til dette må man vurdere enten større avstand til ventil eller en type innretning som forstyrrer luftstrømmen, som for eksempel i (Zhao, 2007) der de har en roterende disk som gjør dette.

10 Konklusjon

I løpet av forsøket har vi klart å skape en lab som er veldig stabil og vi har klart å tilfredsstille de fleste brukerne, utenom ved ekstremtilfellene ”ekstra høy” hastighet ved 24°C og ”lav” hastighet ved 28°C.

Det var store individuelle forskjeller mellom brukerne, så store sprang gjør det vanskelig å konkludere noe fast, men visse tendenser kommer frem. Brukerne var særlig fornøyd med forholdene under 26°C. Svarene fra termisk komfort hadde de høyeste gjennomsnittene på tvers av brukergruppen, med et gjennomsnitt på over 7,0 for hastighetene ”høy” og ”ekstra høy” med henholdsvis 56,3 % og 70,2 % som ikke ønsker endring i hastighet. Ved 28°C ser vi at nesten 40 % ønsker mer enn hva som de fikk ved ”ekstra høy” hastighet. Dette kan tyde på at man kan gå høyere opp i hastighet enn det som har vært gjort i forsøket.

Siden forsøkspersonene hadde så store individuelle forskjeller på hva de svarte var det vanskelig å kunne konkludere hypotesen. Derfor måtte det antas at det ikke var forskjell mellom ventilering av bryst og hodet. Det kom likevel frem ved 28°C at det var signifikant forskjell mellom hodet og bryst og at ventilering mot bryst som gav høyest termisk komfort. Gjennomsnittet for de andre forsøkene sier også at ventilering mot bryst gir høyest termisk komfort.

11 Instrumentliste

	M. Nr.	Målt parameter	Rekkevidde	Oppløslighet	Nøyaktighet	Sist kalibrert
Hart Scientific 9105	5360	°C	-25...140°C	0,01°C	±0,2°C	12.03.2018
Hawlet Packard 3497A	5578	DCV		10µV	0,003 % av avlest	
SwemaAir300 Swa03		m/s, °C	0,05...3,0m/s, 10...34°C	0,05m/s, 0,1°C	±0,04 m/s ved 0,05...1,0 m/s , ±0,5°C ved 10...40°C	
Condair CP3mini		RF %	0...100%	1%		03.08.2017
Rotronic CP11	1170241	RF %, CO ₂ ppm	0-100%, -20...60°C, 0....5000 ppm	0,1%,0,1°C	± 3,0 % RH ±0,3°C	24.02.2017
DP Measurement Buckingham	5662	ΔP Pa	0...999 Pa	0,1 Pa	<100 counts ±2 counts, >100 counts ±1% of reading ±1 count	20.10.2016

12 Referanser

- Cablé, A., Mysen, M., Hammer, H. L., & Thunshelle, K. (2014). Air heating of passive house office buildings in cold climates—how high supply temperature is acceptable? In *Proceedings of the 35th aivc conference, poznan, poland*.
- Cândido, C., De Dear, R., Lamberts, R., & Bittencourt, L. (2010). Air movement acceptability limits and thermal comfort in brazil's hot humid climate zone. *Building and Environment*, 45(1), 222–229.
- Cui, W., Cao, G., Ouyang, Q., & Zhu, Y. (2013). Influence of dynamic environment with different airflows on human performance. *Building and environment*, 62, 124–132.
- Fange, P. O. (2002). -human requirements in future air-conditioned environments. In *Advances in building technology* (pp. 29–38). Elsevier.
- Fanger, P. (1974). The effect on man's comfort of a uniform airflow from different directions. *ASHRAE Transactions*, 80(2), 142–155.
- Høiland, I. I., de Weerd, L., & Mercer, J. B. (2014). The effect of oral uptake of nicotine in snus on peripheral skin blood circulation evaluated by thermography. *Temperature*, 1(3), 220–226.
- Hua, J., Ouyang, Q., Wang, Y., Li, H., & Zhu, Y. (2012). A dynamic air supply device used to produce simulated natural wind in an indoor environment. *Building and Environment*, 47, 349–356.
- Huang, L., Ouyang, Q., Zhu, Y., & Jiang, L. (2013). A study about the demand for air movement in warm environment. *Building and Environment*, 61, 27–33.
- ISO, E. (2003). 5167-2: 2003. *Measurement of Fluid Flow by Means of Pressure Differential Devices Inserted in Circular-Cross Section Conduits Running Full-Part*, 2.
- Iso, E. (2005). 7730: 2005. *Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.
- Liu, J., & Wu, Y. (2010). Experimental study on airflow fluctuation characteristic of an underfloor air supply terminal unit. *Energy and Buildings*, 42(11), 2151–2158.
- Løvås, G. G. (2013). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. Universitetsforlaget.
- Luo, M., Yu, J., Ouyang, Q., Cao, B., & Zhu, Y. (2017). Application of dynamic airflows in buildings and its effects on perceived thermal comfort. *Indoor and Built Environment*, 1420326X17702520.
- Ouyang, Q., Dai, W., Li, H., & Zhu, Y. (2006). Study on dynamic characteristics of natural and mechanical wind in built environment using spectral analysis. *Building and environment*, 41(4), 418–426.
- Standard, I. (1998). 7726,(1998). *Ergonomics of the thermal environment—Instruments for measuring physical quantities*.
- Tanabe, S. (1987). Thermal comfort requirement during the summer season in japan. *ASHRAE Trans.*, 93, 564–577.

Wegenmeyr, N., Shadfar, S., Nijhuis, O. R., & Buchauer, F. (2017). Development of a biometric thermal comfort sensor and its application in development of a lower energy indoor cooling system. *Oslo University College of applied sciences*.

Xia, Y. (2000). Effect of air turbulent intensity and frequency on human thermal sensation. *Tsinghua University*.

Zhai, Y., Zhang, H., Zhang, Y., Pasut, W., Arens, E., & Meng, Q. (2013). Comfort under personally controlled air movement in warm and humid environments. *Building and environment*, *65*, 109–117.

Zhao, R. (2007). Investigation of transient thermal environments. *Building and Environment*, *42*(12), 3926–3932.

Zhou, X., Ouyang, Q., Lin, G., & Zhu, Y. (2006). Impact of dynamic airflow on human thermal response. *Indoor air*, *16*(5), 348–355.

Zhu, Y., Luo, M., Ouyang, Q., Huang, L., & Cao, B. (2015). Dynamic characteristics and comfort assessment of airflows in indoor environments: A review. *Building and Environment*, *91*, 5–14.

Innhold

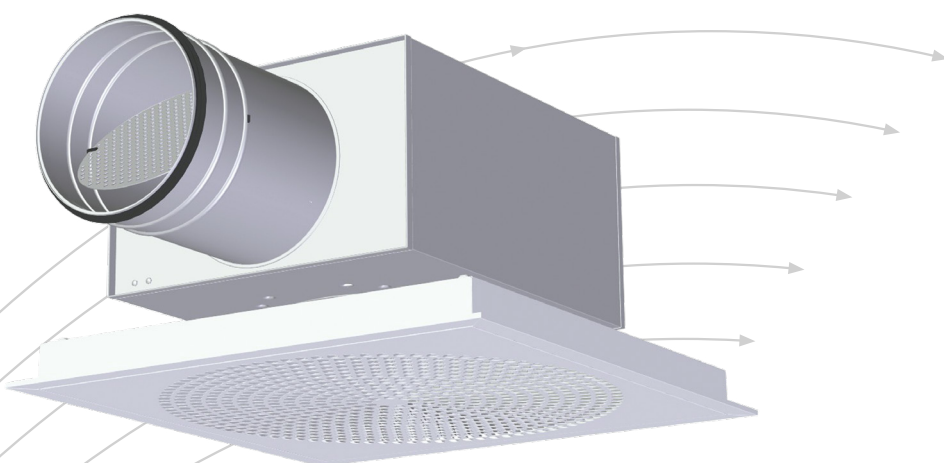
Vedlegg 1 – Spørreskjema for innledende forsøk	2
Vedlegg 2 – Ventilasjonsrist Orion Løv	3
Vedlegg 3 – Test av tidskonstant for HP 3497 A	13
Vedlegg 4 – Cond Air - CP3 mini produktbeskrivelse	14
Vedlegg 5 – ISO 5167-2:2003 beregning av luftmengde med ISO blender	21

Vedlegg 1 – Spørreskjema for innledende forsøk

TID										
DATO										
TESTPERSON										
Helhetlig	Opplevd hud temperatur	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	Opplevd termisk komfort	-4	-3	-2	-1	~~~~	1	2	3	4
Rygg	Opplevd hud temperatur	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	Opplevd termisk komfort	-4	-3	-2	-1	~~~~	1	2	3	4
Bryst	Opplevd hud temperatur	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	Opplevd termisk komfort	-4	-3	-2	-1	~~~~	1	2	3	4
Arm	Opplevd hud temperatur	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	Opplevd termisk komfort	-4	-3	-2	-1	~~~~	1	2	3	4
Hånd	Opplevd hud temperatur	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	Opplevd termisk komfort	-4	-3	-2	-1	~~~~	1	2	3	4
Ben	Opplevd hud temperatur	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	Opplevd termisk komfort	-4	-3	-2	-1	~~~~	1	2	3	4
Fot	Opplevd hud temperatur	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
	Opplevd termisk komfort	-4	-3	-2	-1	~~~~	1	2	3	4

Orion-LØV

Kvadratisk tilluftsventil



- Designbeskyttet LØV-perforering
- Demonterbar frontplate
- Plan montasje
- Tilpasset forskjellige himlingssystemer
- Dokumentert for Luna plenumskammer
- Lydabsorbent i polyester i kammer

TROX[®] TECHNIK

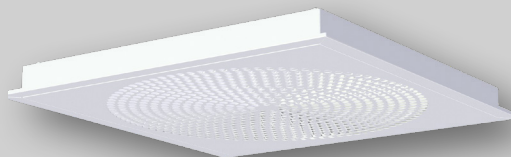
 **Auranor**

TROX Auranor Norge AS

Postboks 100
2712 Brandbu

Telefon +47 61 31 35 00
Telefaks+47 61 31 35 10
e-post: firmapost@auranor.no
www.trox.no

Orion-LØV



ANVENDELSE

Orion-LØV er en kvadratisk tilluftsventil for montasje i systemhimling. Orion-LØV har meget god induksjon og egner seg for både konstant og variabel luftmengde.

UTFØRELSE

Orion-LØV har demonterbar frontplate med LØV-perforering, rotasjons-mønster er standard. Standard himlingsvariant er type TA som er tilpasset T-profilhimling, men kan leveres i alternative himlingsvarianter, type: DC, DG, DS og EK, se figur 2 og bestillingskode.

Ventilfronten kan leveres med integrert bevegelsesføler eller bevegelse/temperaturføler. Bevegelse/temperaturføler skal kun brukes sammen med X-AIRCONTROL. Produktblad for bevegelsesføler og bevegelse/temperaturføler finner du ved å følge denne linken: [Orion X-sense](#)

MATERIALE OG OVERFLATEBEHANDLING

Front, himlingsplate og ventilkropp er produsert i stål. Anslutningen på ventilkroppen har påmontert EPDM gummipakning. Innfestingspunktene i ventilkroppens hjørner er produsert i plast som har innmonterte holdemagneter.

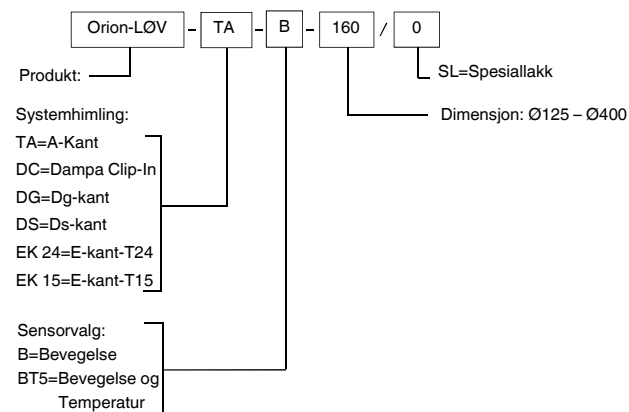
Hele ventilen er innvendig og utvendig lakkert i RAL 9003 - glans 30. Andre farger kan leveres på forespørsel.

HURTIGVALG

Orion-LØV	[m ³ /h]		
	25 dB(A)	30 dB(A)	35 dB(A)
125	106	125	147
160	181	211	246
200	237	278	326
250	347	403	468
315	472	551	644
400	620	757	925

Tabell 1, tabellen viser luftmengder ved oppgitt lydeffektnivå.

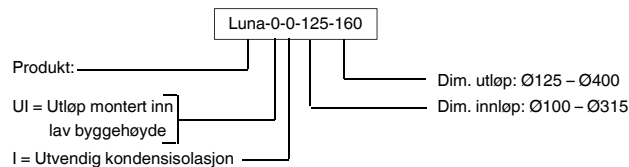
BESTILLINGSKODE, Orion-LØV



Eksempel:
Orion-LØV-TA-B-160/0

Forklaring:
Orion-LØV tilluftsventil med knekkkant A for T-profilhimling, Bevegelse-sensor i ventilfront, anslutning ventil Ø160

BESTILLINGSKODE, Luna



Eksempel:

Luna-0-0-125-160

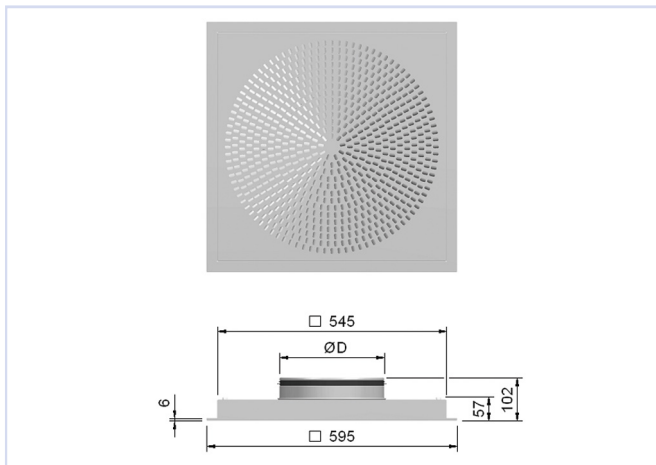
Forklaring:

Luna med innløp Ø125 og utløp Ø160.

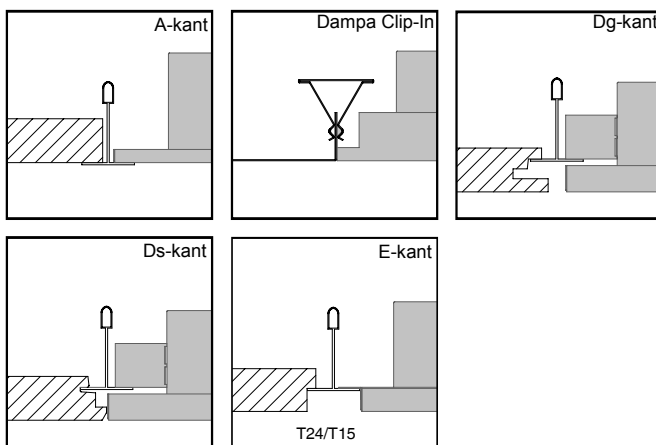
MÅL OG VEKT, Orion-LØV

Orion-LØV	D	Vekt ventil [kg]
125	124	3,9
160	159	3,9
200	199	3,9
250	249	3,9
315	314	3,9
400	399	3,9

Tabell 2

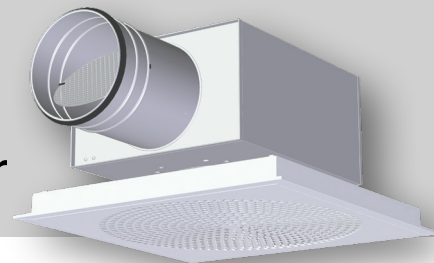


Figur 1



Figur 2

Orion-LØV med Luna plenumsammer



ANVENDELSE

Luna plenumsammer anbefales benyttet for å gi bedre lydemping, samt regulerings- og målemulighet. Luna er et rektangulært kammer med demonterbart spjeld som gir tilgang til anslutningskanal. Spjeldet låses i ønsket posisjon.

UTFØRELSE

Plenumsammeret Luna har spjeld og måleuttak for innregulering. Kammeret er isolert med en lydabsorbent i polyester og kan leveres med én eller to dimensjonsforandringer mellom inn- og utløp. Kammeret kan også leveres med utvendig kondensisolering. **Lavbyggen-de utførelse [UI]** er også tilgjengelig, denne utførelsen gir en **kapasitetsreduksjon på ca. 20 %**. Avstanden mellom ventil og kammer kan økes med inntil 35 cm uten at wire og måleslange må forlenges.

MATERIALE OG OVERFLATEBEHANDLING

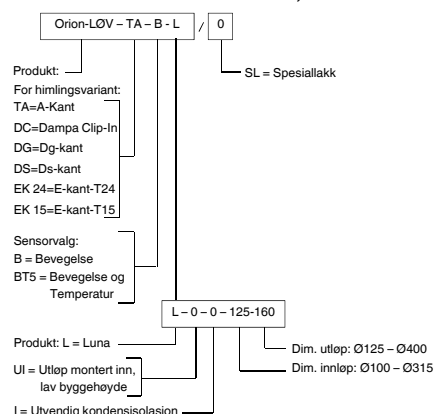
Luna leveres i galvanisert utførelse, innvendig isolert i fire sider med lydabsorbent i polyester. Anslutningen har EPDM gummipakning.

HURTIGVALG

Orion-LØV Dim.	Luna Dim.	[m ³ /h]		
		25 dB(A)	30 dB(A)	35 dB(A)
125	100-125	83	97	115
	125-125	76	90	108
160	100-160	86	130	162
	125-160	97	126	158
200	160-160	130	155	184
	125-200	104	151	198
250	160-200	166	198	234
	200-200	166	202	241
315	160-250	162	216	270
	200-250	216	270	328
400	250-250	274	317	367
	200-315	212	295	396
400	250-315	335	407	500
	315-315	396	446	518
400	250-400	353	472	594
	315-400	468	544	648

Tabell 3, tabellen viser luftmengde ved 30Pa totaltrykktap og oppgitt lydeffektivnivå..

BESTILLINGSKODE, Orion-LØV med Luna



Eksempel:

Orion-LØV-TA-B-L-0-0-125-160/0

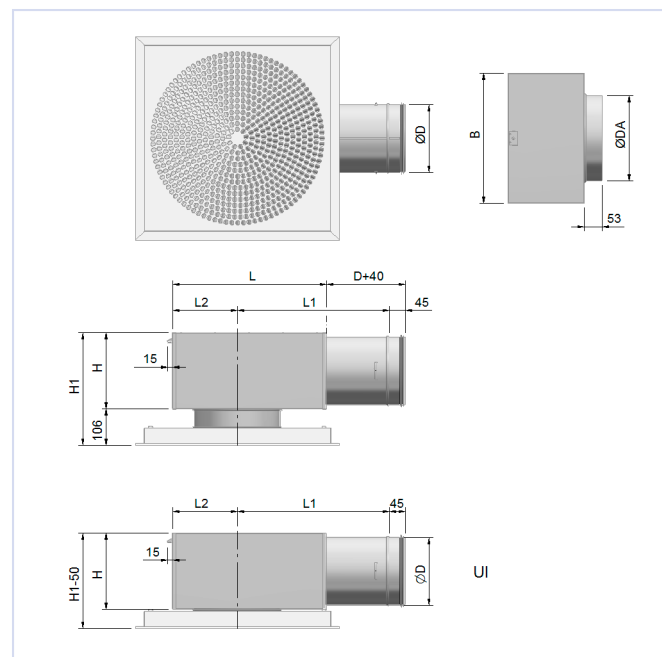
Forklaring:

Orion-LØV tilluftsentil med knekkekant A for T-profil, bevegelse-sensor i ventillfront, Luna kammer med innløp Ø125 og utløp Ø160.

MÅL OG VEKT, Luna

Dim.	D	DA	B	H	H1	L	L1	L2	Vekt Luna [kg]
100-125	99	127	220	122	228	325	295	133	2,3
100-160	99	162	220	122	228	360	310	150	2,4
125-125	124	127	250	147	253	360	335	150	2,4
125-160	124	162	250	147	253	360	335	150	2,9
125-200	124	202	250	147	253	400	355	170	3,1
160-160	159	162	340	182	288	400	390	170	4,1
160-200	159	202	340	182	288	400	390	170	4,2
160-250	159	252	340	182	288	452	415	198	4,6
200-200	199	202	380	222	328	452	460	198	5,7
200-250	199	252	380	222	328	452	460	198	5,7
200-315	199	317	380	222	328	515	485	228	6,1
250-250	249	252	390	272	378	515	535	228	7,4
250-315	249	317	390	272	378	515	535	228	7,4
250-400	249	402	500	272	378	600	580	265	9,1
315-315	314	317	500	337	443	600	655	255	10,7
315-400	314	402	500	337	443	600	645	265	10,7

Tabell 4



Figur 3

Orion-LØV

AKUSTISK DOKUMENTASJON

I diagrammene er det oppgitt summert A-veid lydeffektnivå fra ventil, L_{WA} . Korreksjonsfaktorene i tabell 5, side 7, benyttes for å beregne avgitt frekvensfordelt lydeffektnivå, $L_W = L_{WA} + KO$. Lydtrykknivå i et rom med absorpsjon tilsvarende $10m^2$ Sabine vil være 4 dB lavere enn avgitt lydeffektnivå.

Eksempel:

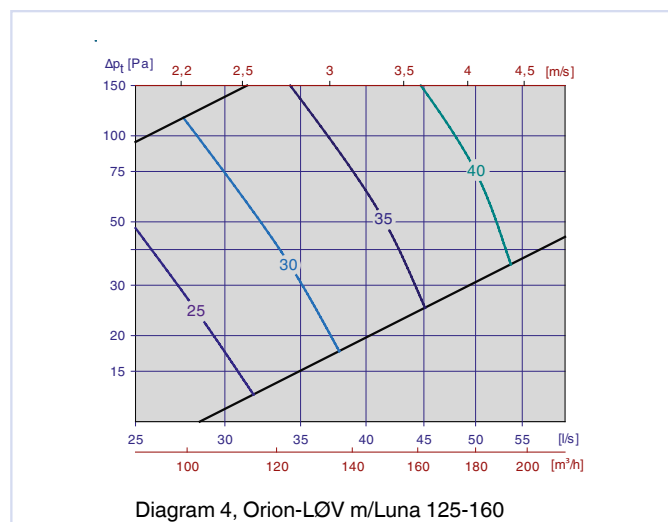
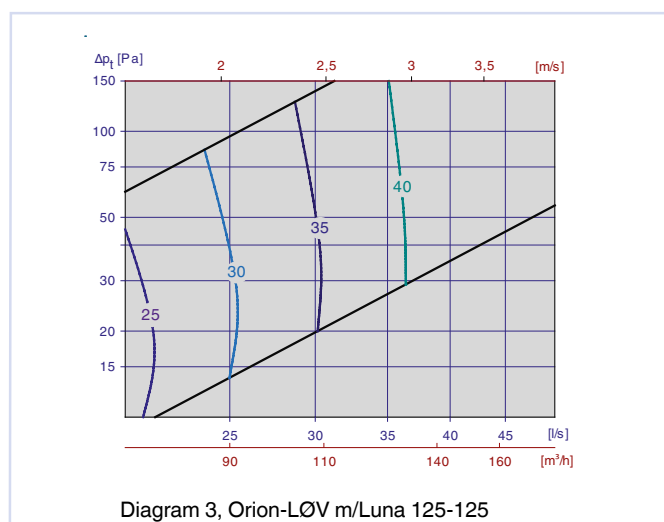
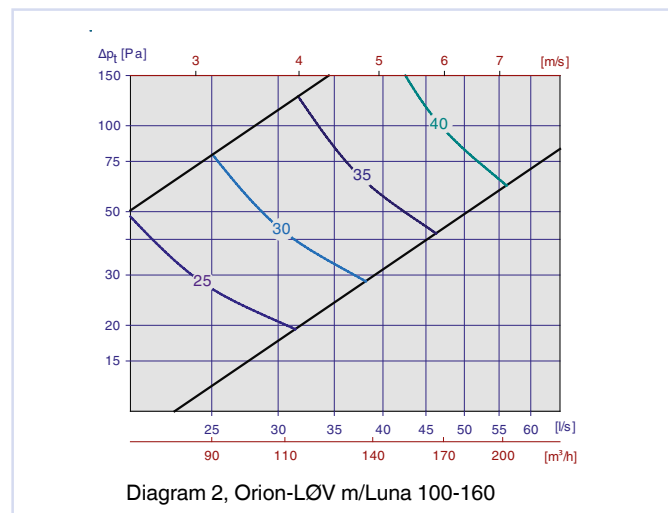
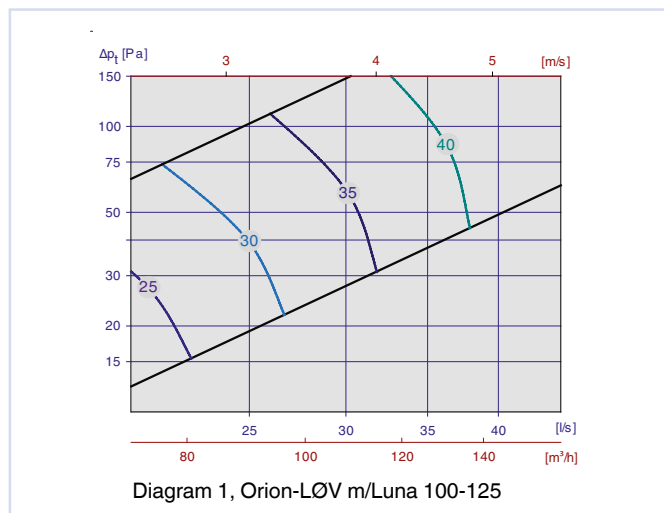
Orion-LØV med Luna Ø160-200, ønsket luftmengde 55 l/s.
Av diagram 7 finner vi at $L_{WA} = 30$ dB(A) ved åpent spjeld og 16 Pa totaltrykktap. Vi ønsker å finne følgende data:

- Avgitt lydeffektnivå i 250 Hz
- A-veid lydtrykknivå i et kontor.
- A-veid lydtrykknivå i et kontor ved 50 Pa totaltrykktap, (dvs. 34 Pa struping over enhetens spjeld.)

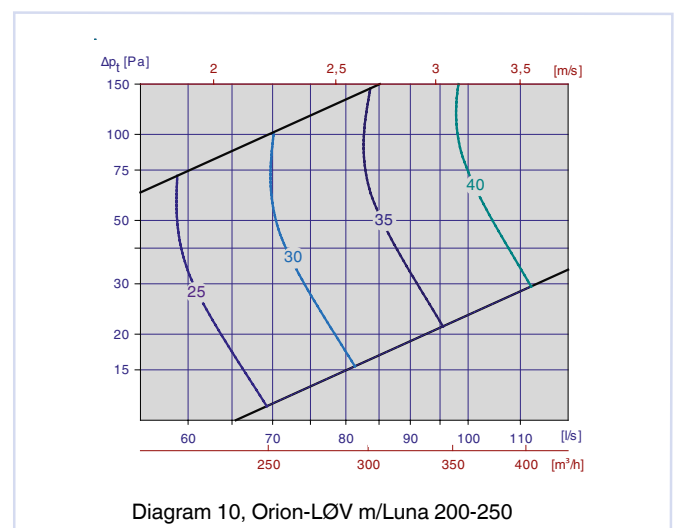
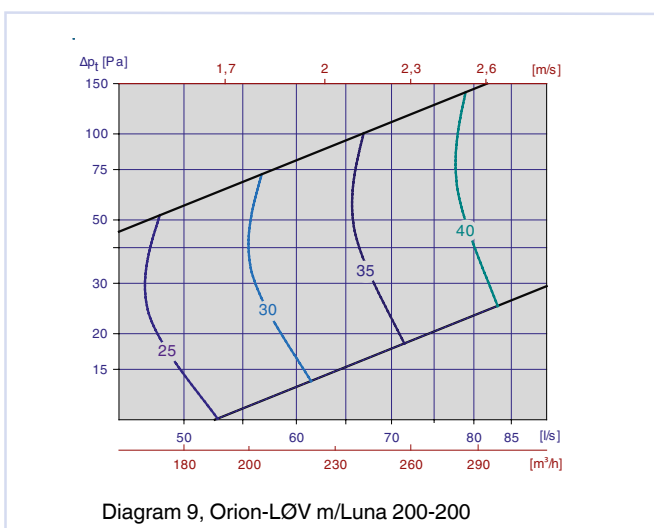
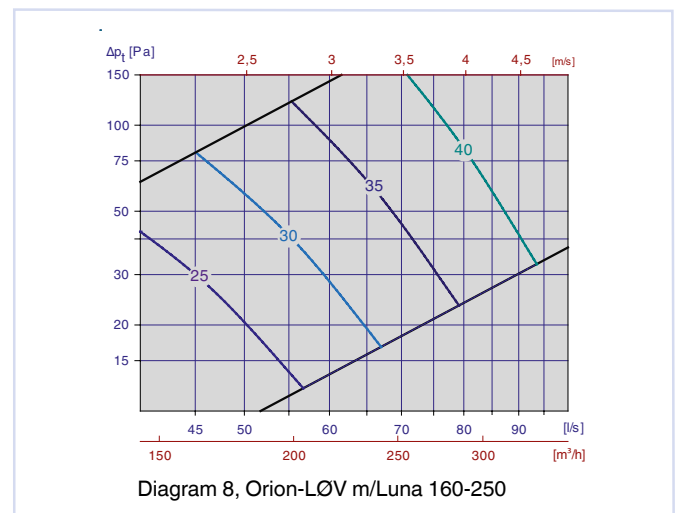
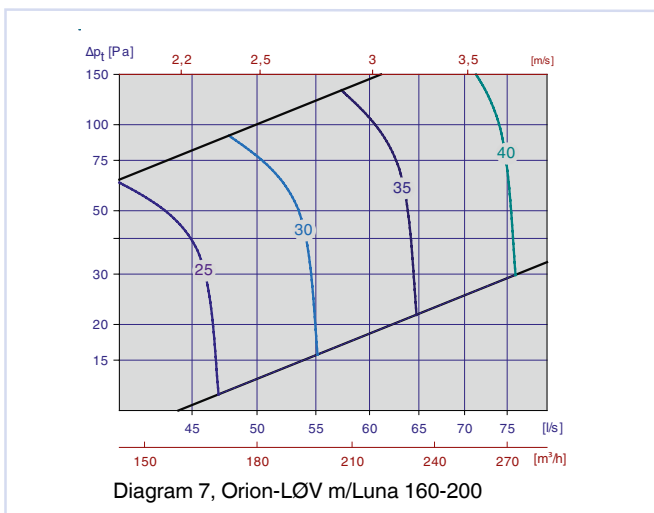
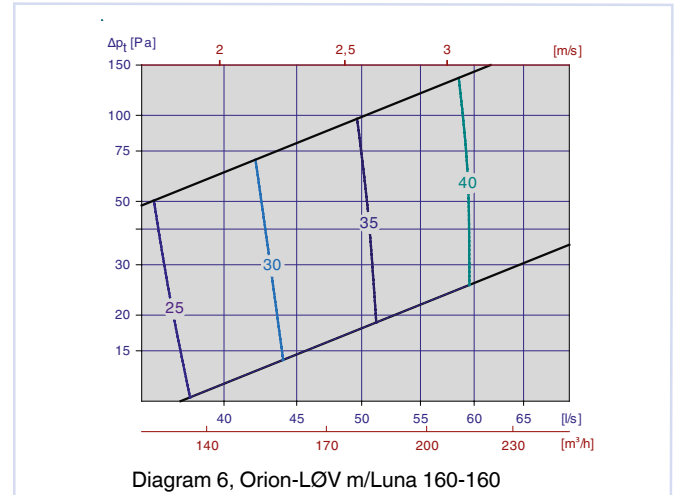
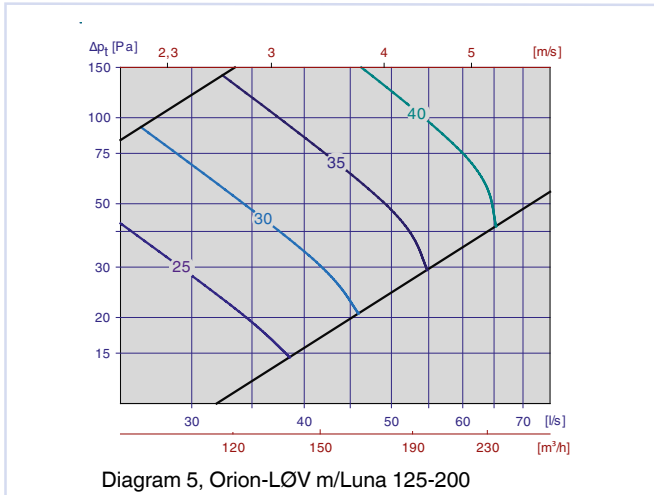
Løsning:

- Korreksjonsfaktoren er 0 dB. Avgitt lydeffektnivå i 250 Hz blir da: $L_W = L_{WA} + KO = 30 + (0) = 30$ dB
- Hvis vi forutsetter romabsorpsjon tilsvarende $10m^2$ Sabine, blir A-veid lydtrykknivå: $30 - 4 = 26$ dB(A)
- Ved å følge linjen for 55 l/s i diagrammet opp til 50 Pa totaltrykktap avleses 31 dB(A)
Lydtrykknivået blir da: $31 - 4 = 27$ dB(A).

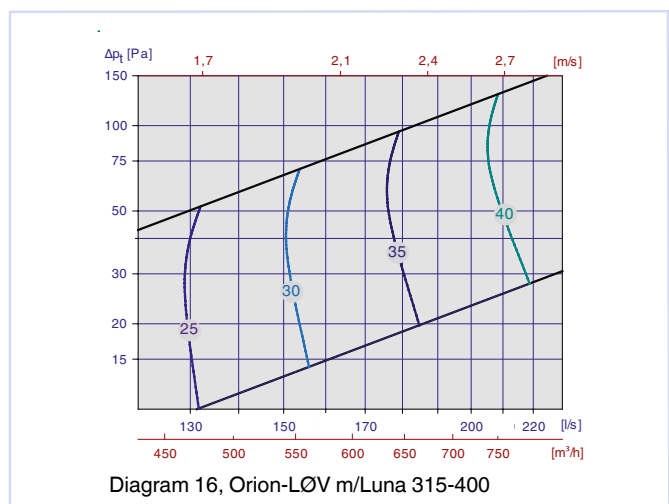
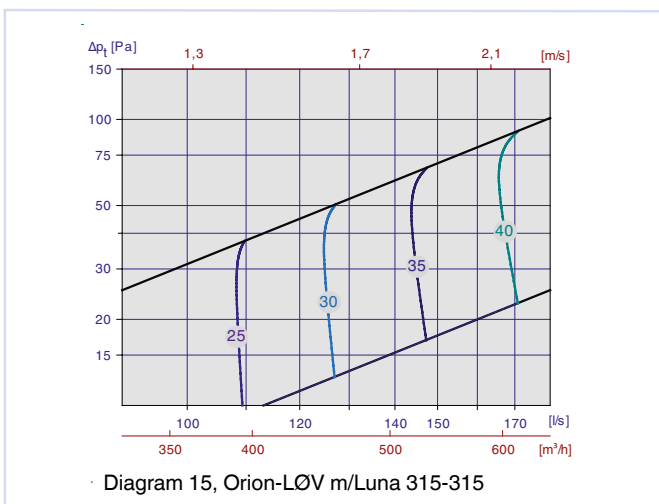
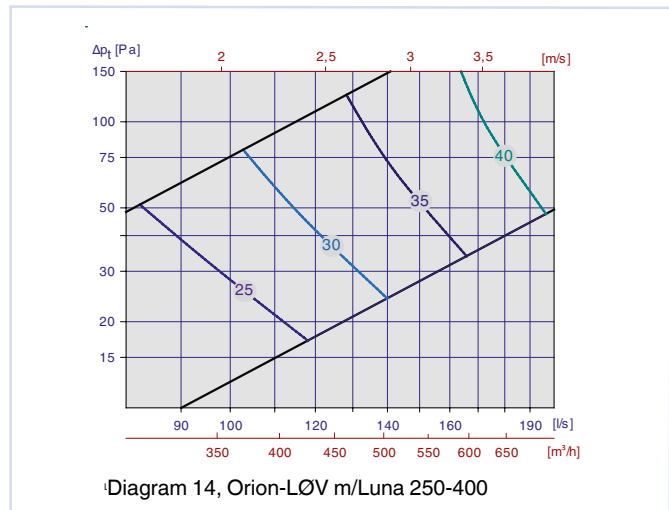
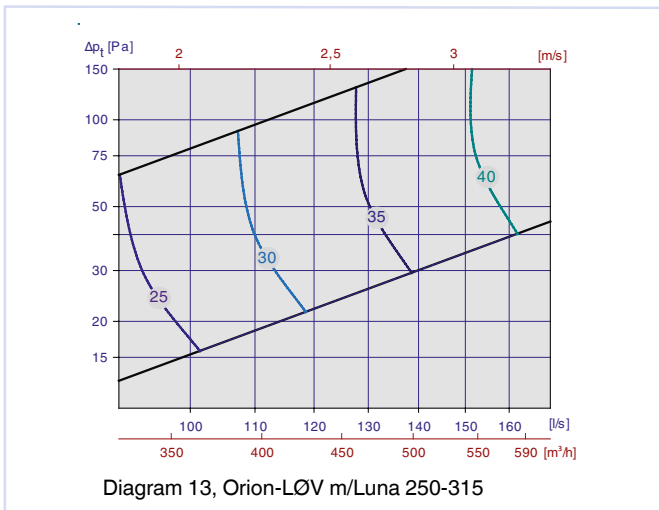
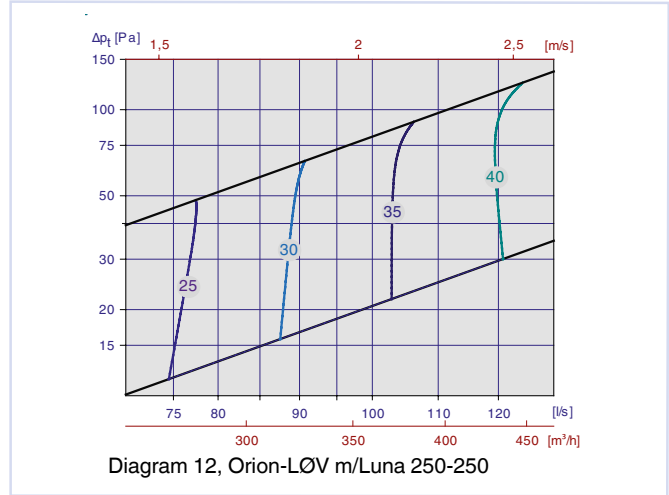
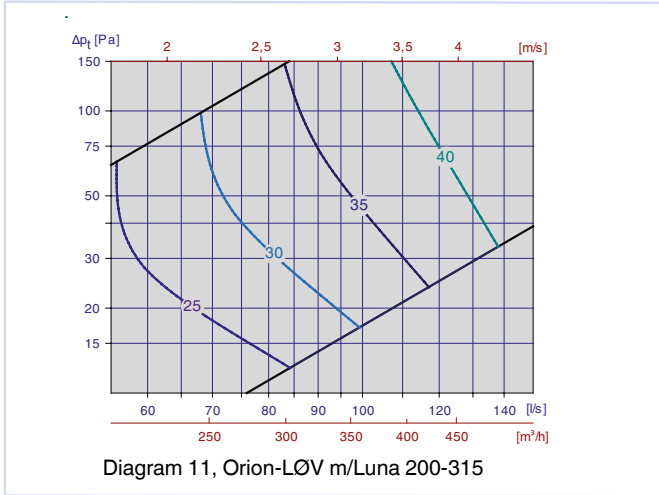
DIMENSJONERINGSDIAGRAM



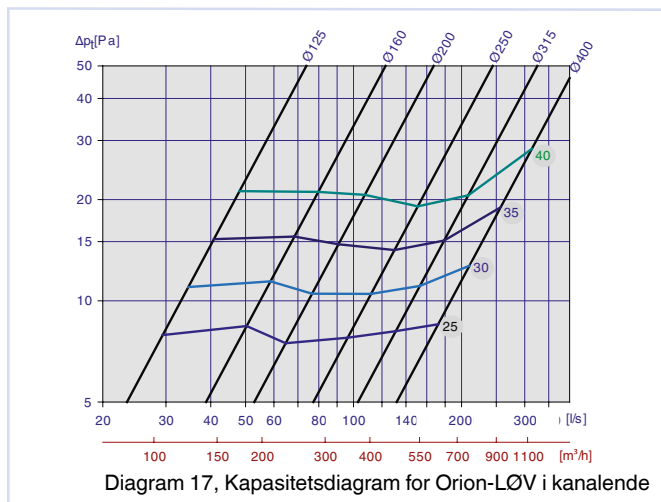
Orion-LØV



Orion-LØV



Orion-LØV



Orion-LØV	Luna	KO [dB]																
		Dim.	Stengt spjeld								Åpent spjeld							
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
125	100-125	4	2	0	-3	-7	-10	-8	-20	5	4	1	-2	-6	-11	-13	-21	
	125-125	7	2	-2	-4	-7	-11	-9	-7	7	2	-2	-3	-6	-11	-13	-9	
160	100-160	4	1	1	-3	-8	-11	-7	-19	4	2	2	-2	-6	-11	-13	-21	
	125-160	5	-1	-2	-5	-10	-11	-4	-16	6	3	0	-2	-5	-10	-14	-21	
	160-160	6	1	-1	-3	-5	-9	-9	-19	7	1	-1	-3	-5	-10	-13	-21	
200	125-200	6	0	0	-5	-11	-11	-4	-16	7	3	2	-3	-6	-12	-12	-19	
	160-200	5	1	-1	-5	-8	-8	-6	-17	9	2	0	-3	-5	-11	-13	-20	
	200-200	8	3	-1	-3	-6	-10	-11	-19	6	1	-2	-3	-5	-9	-14	-22	
250	160-250	4	-2	-2	-9	-12	-8	-4	-16	6	2	1	-2	-6	-12	-13	-21	
	200-250	6	1	-1	-4	-7	-8	-7	-17	5	1	0	-3	-5	-10	-12	-20	
	250-250	5	1	-1	-3	-5	-10	-10	-20	7	2	-2	-4	-4	-10	-14	-22	
315	200-315	7	-1	-4	-9	-12	-7	-4	-15	7	-1	-4	-9	-12	-7	-4	-15	
	250-315	4	0	-2	-6	-8	-9	-5	-16	6	2	0	-3	-5	-11	-12	-20	
	315-315	5	2	-1	-3	-4	-10	-12	-20	6	1	-2	-3	-4	-10	-13	-20	
400	250-400	9	1	-3	-8	-9	-8	-5	-15	8	3	1	-3	-5	-11	-13	-21	
	315-400	6	3	-1	-4	-6	-9	-8	-19	7	3	0	-3	-5	-10	-12	-19	

Tabell 5, korreksjonsfaktor [KO], Orion-LØV med Luna

Orion-LØV	Demping [dB]							
Dim.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
125	24	15	8	2	2	2	3	4
160	19	13	6	1	2	1	3	3
200	18	13	4	2	2	2	1	1
250	15	11	4	3	3	2	2	4
315	14	10	3	2	3	3	4	3
400	12	6	4	3	2	1	2	3

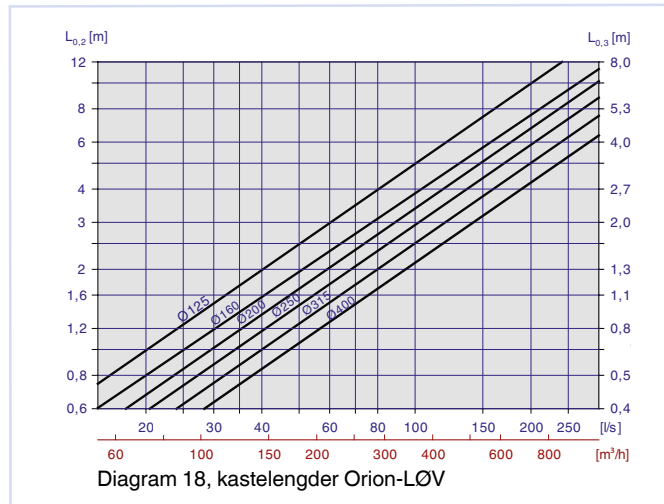
Tabell 6, Statisk lydendemping inkl. enderefleksjon for Orion-LØV

Orion-LØV	KO [dB]							
Dim.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
125	-3	-4	-3	-2	-5	-10	-15	-11
160	2	-6	-3	-3	-4	-9	-15	-11
200	3	-5	-4	-2	-6	-12	-13	-8
250	-2	-6	-6	-4	-3	-9	-16	-14
315	2	-4	-5	-3	-4	-10	-15	-11
400	6	-2	-2	-3	-6	-12	-12	-7

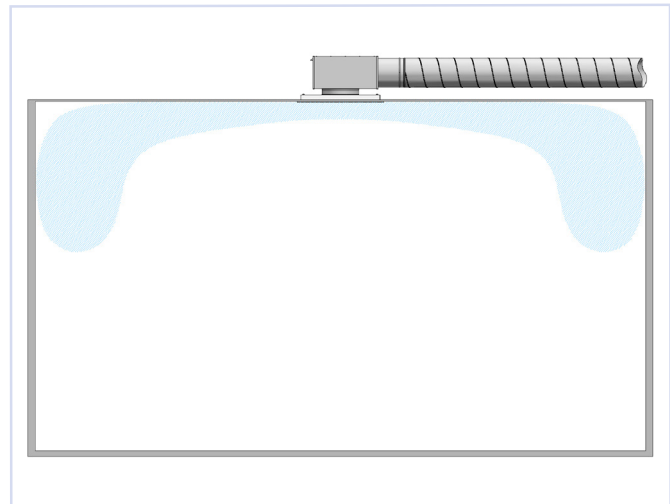
Tabell 7, Korreksjonsfaktor [KO], Orion-LØV i kanalende

Orion-LØV

KASTELENGDE



SPREDNINGSMØNSTER



Figur 4, Spredningsbilde Orion LØV i rotasjonsmønster

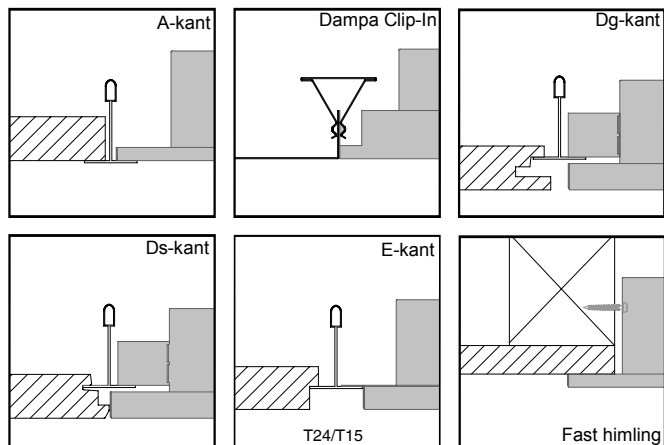
Orion-LØV	Luna	Demping [dB]							
Dim.	Dim.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
125	100-125	24	11	13	12	18	20	14	12
	125-125	20	11	13	11	15	12	11	14
160	100-160	22	9	10	8	18	14	10	11
	125-160	18	11	14	12	16	11	12	14
200	160-160	12	11	11	10	19	10	14	16
	125-200	14	11	12	12	18	11	14	15
	160-200	14	11	12	13	19	11	14	16
250	200-200	11	9	10	11	14	11	10	13
	160-250	11	10	11	10	12	8	9	10
	200-250	11	10	11	10	12	12	11	11
315	250-250	14	10	11	12	13	11	12	14
	200-315	13	9	10	12	13	10	12	14
	250-315	9	8	11	14	12	13	13	14
400	315-315	8	8	11	16	12	13	11	14
	250-400	8	7	11	12	13	13	13	14
	315-400	6	5	9	11	10	11	10	12

Tabell 8, statisk lydemping inkl. enderefleksjon Orion-Løv med Luna

Orion-LØV

MONTERING

Ventilen Orion-LØV kan monteres i forskjellige typer systemhimlinger eller i fast himling, se figur 5. Dersom Luna plenumsammer benyttes, pendles dette i opphengsbraketten i bakkant med gjengestang eller bånd, se figur 6.



Figur 5, montasje



Figur 6, montasje

INNREGULERING

Ved innregulering må ventilfronten være påmontert. Måleslange og reguleringsvaier trekkes ut gjennom perforeringen i fronten. Spjeldet låses med låsemutter på vaieren. K-faktorer for utregning av luftmengde finnes på merkelappen i ventilen, eller i vår innjusteringsguide på vår hjemmeside: www.trox.no.

VEDLIKEHOLD

Ventilen rengjøres med en fuktig klut. Ved rensing av kanalnettet fjernes ventilfronten for å komme til kanalen. Dersom Luna benyttes, demonteres fordelingsplaten og spjeldet for fri tilgang til kanalen.

MILJØ

Forespørsel vedrørende byggvaredeklarasjon kan rettes til en av våre selgere, eller finnes på vår hjemmeside: www.trox.no

Orion-LØV er utviklet og produsert av:

Retten til endringer forbeholdes.



BEFUKTNING
DEN BESTE KOMPakte
ELEKTRODE DAMPBEFUKTEREN
MODERNE SIKKER OG BRUKERVENNLIG

CONDAIR CP3mini





Hovedfordeler

Hvorfor Condair CP3mini?

Designet for å passe inn i alle lokaler. Condair CP3mini's utseende kan tilpasses til enhver setting. Vann og strøm kan hentes fra baksiden på ved behov. Det moderne designet gjør en god figur på alle måter.

Klar til bruk

Vi har lagt stor vekt på enkelhet og sikkerhet når vi konstruerte maskinen, derfor trenger du ingen teknikere for å installere Condair CP3mini. Dampsynderen er laget av plast og kan byttes enkelt og raskt. Alle strømførende deler er forsvarlig tildekket for at du skal kunne utføre oppgaven selv.

For høye krav

En luftbefukter må kunne tilpasses alle behov. Condair CP3mini har høyteknologisk elektronikk og et enkelt brukergrensesnitt for å sikre at maskinen yter etter dine krav.

Vann direkte fra kran

Glem vannbehandling og avmineralisering. Condair fordamper vann direkte fra kran og produserer luktfri, steril damp. Både for hjemme- og kontormiljøer eller alle andre rom som krever kontrollert luftfuktighet.

Den går og går

Materialer av høy kvalitet, utprøvd elektronikk og godt håndverk sørger for lang og feilfri levetid på maskinen.

Vannmengde etter behov

Condair CP3 kan spare vann. Den fordamper vanlig kranvann svært effektivt. Avkalkingprosessen krever kun absolutt minimumsmengde vann

Condair CP3mini





Skjult tilkobling

Vann og strømtilkoblinger er plassert inne i befukteren. Et slangesett er tilgjengelig som tilbehør, slik at Condair CP3mini kan tilføres vann og strøm via veggen på en måte. I butikker, kontorer eller boliger, vil det enkle og attraktive utseendet levere pålitelig drift.

Vedlikehold: sikkert og raskt

Det eneste vedlikeholdet som kreves er skifte av dampsylindere. Dette er veldig enkelt; fjern dekslet, ta ut sylindere, sett inn en ny sylindere og lukk dekslet. Elektronikken og alle strømførende komponenter er beskyttet mot vannsøl og kontakt bak et indre deksel.

Enkel i bruk

Det store LCD displayet viser alle driftsparametre på lett forståelig vis, om det så er gjeldende innstillinger, selvdiagnose eller problemer. Hvis du vil endre innstillinger eller kontrollere serviceintervaller, bare følg instruksjonene i displayet.



Befuktning, der du trenger det

Trådløs kontroll

Condair CP3mini er tilgjengelig med en innebygget vifte for direkte luftbefuktning eller med damputløp for ventilasjonskanal. Dersom du bruker modellen med innebygget vifte, kan du flytte opp eller ned for å rette dampen i den retningen du selv ønsker.

Den valgfrie batteridrevne radio luftfuktighetssensoren måler luftfuktigheten i rommet og sender avlesningene til maskinen uten ledninger. Maskinen tilpasser seg automatisk den nye informasjonen og endrer innstillingene.

CONDAIR CP3 MINI



CP3 mini PR



CP3 mini P

	PR	PD
Innebygd vifte for direkte rombefuktning	●	
Damptilkobling for kanalbefuktning		●
Monteringsbrakett for enkel installasjon	●	●
Mottaker for kontrollsignaler	●	●
Display med fem linjer	●	●
Intern PI luftfuktighetskontroll	●	●
Selvdiagnosesystem	●	●
Timer programmering	●	●
Klokkefunksjon	●	●
Justerbare avkalkingsfunksjoner	●	●
Avstandsstyring og feilmeldingssignaler	■	■
Slangekoblinger for skjult montering	■	■
Kontroll viaa radio luftfuktighetssensor	■	

● Standard
■ Tillegg

Tekniske data

		CP3mini PR2	CP3mini PD2	CP3mini PR4	CP3mini PD4
Oppvarmings- spenning 230V1~/50... 60Hz	kg/t	0,4...2		0,4...4	
	kW	1,6		3,1	
240V1~/50... 60Hz	kg/t	0,4...2		0,4...4	
	kW	1,6		3,1	
200V2~/50... 60Hz	kg/t	0,4...2		0,4...4	
	kW	1,6		3,1	
Luftvolum vifte		22 m ³ /t		22 m ³ /t	
Lydnivå		37 dB(A)		37 dB(A)	
Maks romstr (veile- dende)		200 m ³		400 m ³	
Vekt tom maskin		6,2 kg			
Vekt full maskin		11 kg			
Dimensjoner (lxbxh)		265 mm x 650 mm x 175 mm			
Kontrollsignaler		av/på (24 VDC) 0...5VDC, 1...5VDC, 0...10VDC, 0...20mA, 4...20 mA			
Vannkvalitet		Ubehandlet drikkevann med konduktivitet på 125...1250µS/cm			
Vanntrykk		1...10 bar			
Venntemperatur		1...40°C			
Ambient temperatur		1...40°C			
Ambient luftfuktighet		maks 75% rf			
Kanal lufttrykk			-0,8...8 kPa		-0,8...8 kPa
Beskyttelse		IP20			
Samsvar		CE, VDE, GOST			

Qviller
KLIMAPRODUKTER

Impotør i Norge:
Theodor Qviller AS
Masteveien 10
1483 Skytta

Tlf: 67 06 94 00
Fax 67 06 84 50

Notat om blender (ISO 5167-2 : 2003)

Til: NBI internt
 Fra: Peter G. Schild
 Kopi til:
 Dato: 2005-10-17
 SAK: **Koeffisienter for ISO blender for luftmengdemåling ved NBIs fullskalatest lab (Ø 315 mm)**

Koeffisienter (k^*) og eksponenter (n) i tabellen nedenfor er basert på en kurvetilpasning til beregninger iht. ISO 5167-2:2003 (*orifice plates*) og lufttetthet 1.2 kg/m^3 . Siden kurven over Δp kontra sann luftmengde endrer form med Reynolds tallet, er verdiene på k^* og n litt påvirket av hvilket luftmengdeområde de er kurvetilpasset. Det er derfor litt mer nøyaktig å bruke ISO 5167-2:2003 direkte enn å beregne luftmengde på basis av de kurvetilpassede verdiene k^* og n i denne tabellen. For hver blende er k^* og n optimaliserte for et måleområde et sted mellom laveste luftmengde (ca. $Re \approx 5000$) og opp til maks. 2000 Pa. For hvert sett med blender (for en bestemt kanaldiameter), er k^* og n for hver blende optimalisert for et forskjellig ikke-overlappende luftmengdeområde — min/max verdiene av disse kurvetilpassede måleområder er gitt i tabellen.

Kanal intern diameter [mm]	ISO blender diameter [mm]	Kurvetilpasning				Måleområde for kurvetilpasning †				Lavest målbar ($Re > 5000$ e.l.) †		Luftmengde ved 200 Pa [m^3/h] †	Luftmengde ved 2000 Pa [m^3/h] †
		k_v^* [m^3/h]	k_v^* [ℓ/s]	k_m^* [kg/s]	n [-]	Min trykk [Pa]	Min luftmengde [m^3/h]	Max trykk [Pa]	Max luftmengde [m^3/h]	Trykk [Pa]	Lavest luftmengde [m^3/h]		
315	40	3.935	1.093	0.001095	0.4960	364	67	1000	111	364	67	-	156
	70	12.00	3.332	0.003336	0.4969	105	111	1000	339	39	68	152	478
	126	39.48	10.97	0.01098	0.4971	91	339	1000	1117	4	72	502	1575
	190	96.49	26.80	0.02684	0.4961	167	1117	1000	2713	1	90	1221	3821
	250	blende er for stor for ISO 5167-2				-	-	-	-	-	-	-	-

† gjelder ved lufttetthet 1.2 kg/m^3

Mass flow rate: $\dot{m} = k'_m (\Delta p \cdot \rho)^n \text{ [kg/s]}$

Volume flow rate: $\dot{V} = k'_v \left(\frac{\Delta p}{\rho} \right)^n \text{ [m}^3/\text{h]}$

at reference $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$: $\dot{V}_{\rho=1.2} = \frac{\dot{m}}{1.2} = \frac{k'_m}{1.2} (\Delta p \cdot \rho)^n \text{ [m}^3/\text{s}] = k'_v \frac{\rho}{1.2} \left(\frac{\Delta p}{\rho} \right)^n \text{ [m}^3/\text{h]}$

(assuming same mass flow rate)