



Peter Blom, Magne Bråtveit, Ågot Irgens,
Eimund Skåret, Walter C. Wedberg

Bedre innemiljø i sykehus – utprøving av tiltak

Feltundersøkelser ved Haukeland sykehus

BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Peter Blom, Magne Bråtveit, Ågot Irgens,
Eimund Skåret, Walter C. Wedberg

Bedre inneklima i sykehus – utprøving av tiltak

Feltundersøkelser ved Haukeland sykehus

Prosjektrapport 182 – 1995

Prosjektrapport 182
Peter Blom, Magne Bråtveit, Ågot Irgens, Eimund
Skåret, Walter C. Wedberg

**Bedre inneklima i sykehus – utprøving av
tiltak**

Feltundersøkelser ved Haukeland sykehus

Emneord: inneklima – sykehus, feltundersøkelse

ISSN 0801-6461

ISBN 82-536-0493-9

100 eks. trykt av

S.E. Thoresen as

Cyclus resirkulert papir

Omslag 200 g, innmat 100 g

© Norges byggforskningsinstitutt 1995

Adr.: Forskningsveien 3B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 00

Fax: 22 69 94 38 og 22 96 55 42

Innhold

Delrapport 1: Sammendrag av prosjektet

Delrapport 2: Innledende kartlegging av inneklimaet i Sentralblokken

Delrapport 3: Skifte av inntaksrister og filter i ventilasjonsanlegg

Delrapport 4: Økt tilluftsmengde ved installasjon av ventiler med diffus innblåsing

Delrapport 5: Sentral befuktning

Delrapport 6: Bedre temperaturstyring og senket romtemperatur

Delrapport 7: Elektrostatisk filtrering av tilluft

Delrapport 8: Installasjon av ventiler for diffus innblåsing -
uendrede luftmengder

Delrapport 9: Reduksjon av statisk elektrisitet

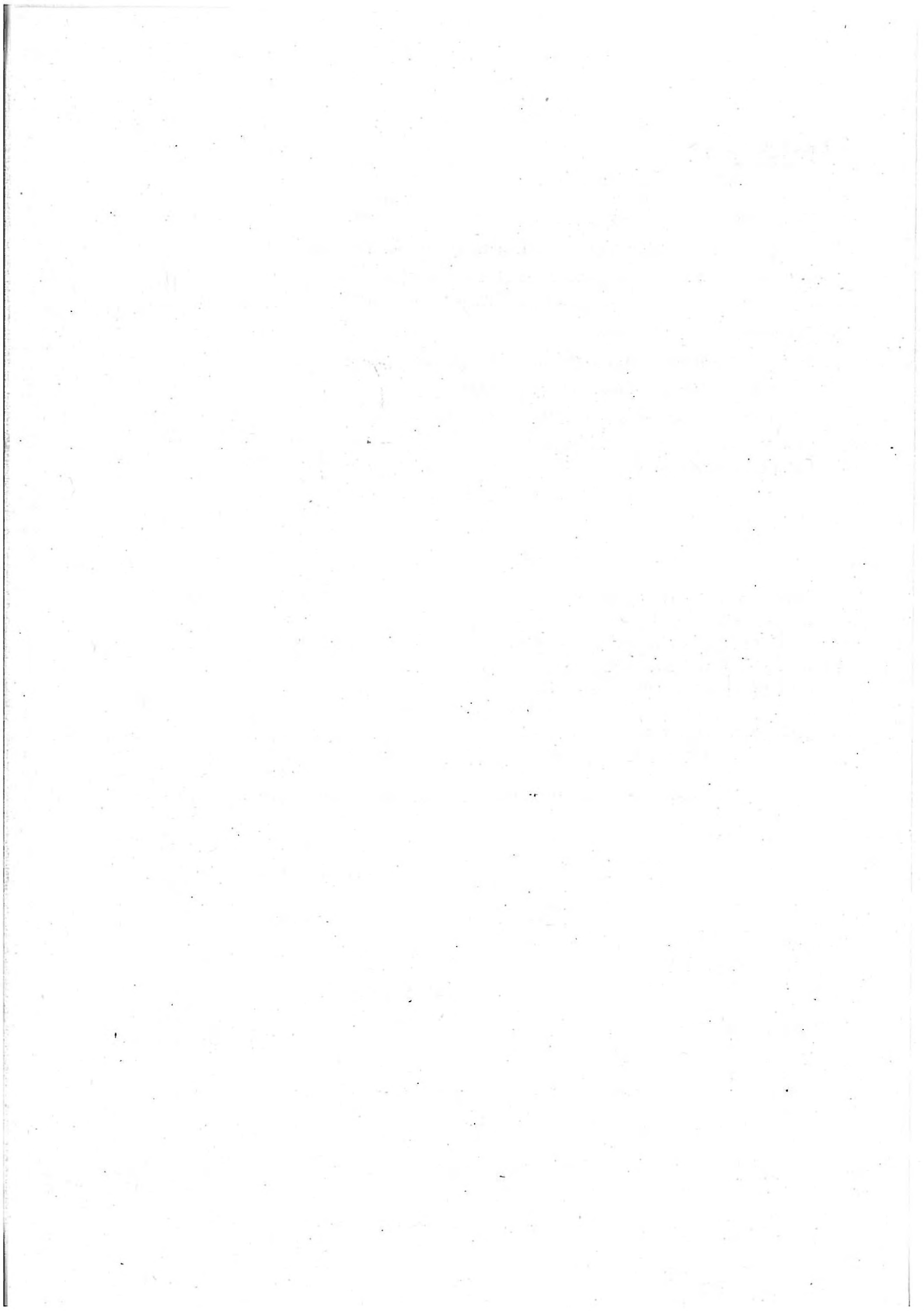
Delrapport 1-8 er skrevet av:

- Peter Blom, Byggforsk
- Magne Bråtveit, Haukeland sykehus
- Ågot Irgens, Haukeland sykehus
- Eimund Skåret, Byggforsk

Delrapport 9 er skrevet av:

- Seniorforsker Walter C. Wedberg, rådgiver innemiljø

Kirsti Krüger, Yrkesmedisinsk avdeling og Erik Nordli, Byggforsk har bidratt i delrapport 1.



Delrapport 1

Sammendrag av prosjektet

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
Innledning	5
1. Gjennomføring av prosjektet	6
1.1. Organisering	6
1.2. Gjennomføring av prosjektet	6
1.2.1. Prosjektets faser	6
1.2.2. Metoder	7
2. Innledende kartlegging	8
2.1. Tekniske installasjoner i sentralblokken	8
2.2. Spørreundersøkelse	9
2.3. Målinger av inneklima	10
3. Utprøving av tiltak	11
3.1. Tiltak 1: Skifte av inntaksrister og filter i ventilasjonsanlegg	11
3.2. Tiltak 2: Økt tilluftsmengde ved installasjon av ventiler med diffus innblåsing	11
3.3. Tiltak 3: Sentral befuktning	12
3.4. Tiltak 4: Bedre temperaturstyring og senket romtemperatur	13
3.5. Tiltak 5: Elektrostatisk filtrering av tilluft	15
3.6. Tiltak 6: Installasjon av ventiler med diffus innblåsing - uendrede luftmengder	15
3.7. Tiltak 7: Reduksjon av statisk elektrisitet	16
4. Forslag til forbedringer i Sentralblokken	17
5. Sluttvurdering og forslag til videreføring	20
Referanser	20

Forord

Målsettingen med prosjektet var å finne fram til tiltak som kan redusere problemer med inneklimaet i Sentralblokken ved Haukeland sykehus.

Det var også en målsetting at prosjektet skulle ha generell interesse, ikke bare for sykehusmiljøer, men også for andre arbeidsplasser som har problemer med inn klima og luftkvalitet.

Prosjektet startet med en generell kartlegging av inn klimaet i Sentralblokken i 1993. Dernest ble det gjennomført ulike tekniske tiltak for å forbedre inn klimaet for de ansatte. Effekten av tiltakene ble evaluert systematisk, både ved fysiske målinger og ved spørreskjemaer som de ansatte fylte ut før og etter tiltak. Første tiltak ble utført høsten 1993, mens det siste av i alt 7 tiltak ble gjennomført høsten 1994.

Prosjektet er finansiert av Haukeland sykehus og Norges Forskningsråd, avdeling NTNF, under FoU-programmet Produktutvikling og forsøksbygging.

Prosjektet har vært gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Haukeland sykehus og Norges byggforskningsinstitutt. I tillegg har Walter C. Wedberg vært ansvarlig for gjennomføringen av ett av tiltakene (tiltak 7). Leder for prosjektet har vært Magne Bråtveit, HMS-tjenesten, Haukeland sykehus.

Denne del-rapporten presenterer hvordan prosjektet har blitt gjennomført samt hovedresultatene fra prosjektet. Fullstendige resultater fra den innledende kartleggingen og fra de enkelte tiltakene er gitt i delrapport 2 - 9.

Sammendrag

Prosjektet ble gjennomført i tre hovedfaser:

- Kartlegging av innemiljøet før tiltak (teknisk kartlegging av installasjoner, spørreundersøkelse og måling av sentrale inneklimatefaktorer)
- Gjennomføring av tekniske tiltak i avgrensede eksperimentsoner
- Måling av effekter av tiltakene ved hjelp av spørreundersøkelser og fysiske målinger
- Sluttrapportering

Den innledende kartleggingen viste at det var omfattende klager på inneklimate blant de ansatte på Haukeland. Gjennomgangen av de tekniske installasjonene viste problemer knyttet til fuktighet i hovedfiltre, enkelte problemer med temperaturregulering i rommene og et tilluftssystem som kunne føre til dårlig ventilasjonseffektivitet og trekk enkelte steder. De fysiske målingene viste lave forurensningsnivåer i forhold til Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet.

I den grad det var teknisk mulig, ble forsøkene gjennomført med en eksperimentsone og en kontrollsoner. Effekten av tiltakene ble evaluert med spørreskjema og fysiske målinger før og 3-5 uker etter tiltakets gjennomføring. Det ble gjennomført i alt 7 tekniske tiltak ved Sentralblokken på Haukeland sykehus.

Tiltak 1: Filterbytte, installasjon av forfilter og inntaksrist

Ingen målbar effekt av tiltaket, verken ved spørreskjemaet eller fysiske målinger. Svingninger i uteluftkonsentrasjonen av finpartikler utendørs gjør det vanskelig å måle endringer i filtreringseffektivitet. Imidlertid blir det nå, i motsetning til tidligere, registrert at trykkfallet over luftfiltrene øker med tiden.

Tiltak 2: Økning av tilluftsmengde og installering av ventiler med diffus tilførsel

En kombinasjon av mer luft (opp til 100 %) og diffus tilførsel førte til en signifikant bedring av varmekomfort og luftkvalitet i den ene sonen, til tross for at det bare var svært små endringer i romtemperaturene som følge av tiltaket.

Tiltak 3: Befuktning

Det var ingen entydig sammenheng mellom relativ fuktighet og klager. Befuktning til 30 % førte imidlertid til signifikant mindre klager på tørr luft og mindre plager med irriterte øyne i en sone når RF i den andre sonen var lav (ned mot 10 %).

Tiltak 4: Temperaturreduksjon

Reduksjon med nesten 2 grader, fra i snitt 24 til 22 grader, førte til at de ansatte vurderte den termiske komforten som litt kjølig. Tiltaket førte til en signifikant bedring av luftkvalitet, og indikasjoner på mindre plager med tørr hud i ansikt. Det var også mindre klager på tørr luft i tiltakssonen.

Tiltak 5: Elektrostatfilter i ventilasjonskanal

Elektrostatfilter i tilluftskanal førte til en klar reduksjon av antall små partikler i tilluft og i romluft. Det var ikke mulig å trekke klare konklusjoner fra spørreskjemaene. Enkelte indikasjoner på forbedringer gjør det imidlertid interessant å følge opp tiltaket i en eventuell videreføring av prosjektet.

Tiltak 6: Diffus tilførsel av luft

Montering av ventiler for diffus tilførsel av luft førte til at ansatte oppga mindre temperaturvariasjoner, mer komfortabel temperatur og bedre luftkvalitet. 80 % mente at trekkproblemene var blitt redusert. Tiltaket ga litt lavere lufthastighet i oppholdssonen.

Tiltak 7: Reduksjon av statisk elektrisitet

Det ble foreslått flere konkrete tiltak som kan forebygge elektrostatiske problemer. Ansatte bør bruke sko med akseptable antistategenskaper. Senger og annet rullende materiell bør "jordres" ved at minst ett hjul erstattes med antistathjul. For sengene må det også sørges for elektrisk kontakt mellom sengen øvre og nedre del. Befuktning til 30 % vil også redusere de elektrostatiske problemene.

Det konkluderes med at nye tilluftsventiler basert på diffus innblåsing er et aktuelt tiltak i personalrom/vaktrom, i rom med VAV-systemer og kjernerom. For å forbedre temperaturreguleringen bør det installeres nye termostater i personalrom/vaktrom. Befuktning av luften til 30 - 35 % RF i vinterhalvåret bør vurderes. Effekten av elektrostatiske filtre i tilluftssystemet bør utredes nærmere. Det bør også gjennomføres anti-statiske tiltak, som jording av senger (minst ett ledende hjul) og oppfordring til bruk av sko med gode anti-statiske egenskaper. Det anbefales også å prøve ut en kombinasjon av disse tiltakene i større områder i Sentralblokken. Resultatene/erfaringene fra prosjektet bør også benyttes ved planlegging/prosjektering av nybygg og ved ombygninger ved sykehuset.

Innledning

Tidligere spørreundersøkelser [1] har vist at ansatte i sykehusmiljøer har flere klager knyttet til innemiljøet enn andre yrkesgrupper. Ved Haukeland sykehus har det vært reist formelle klager på innklimaet fra flere avdelinger ved sykehuset. Dette danner bakgrunnen for at Haukeland sykehus ville kartlegge innklimaet og prøve ut tekniske tiltak som kunne redusere problemene. Et hovedpoeng ved prosjektet var at effekten av tiltakene skulle evalueres systematisk, både ved fysiske målinger og ved spørreskjemaer som de ansatte fylte ut før og etter tiltak. Liknende typer intervensjonsundersøkelse i sykehusmiljø har vært gjennomført i Sverige [2], [3].

Arbeidet ble konsentrert om Sentralblokken ved Haukeland sykehus. Sentralblokken var ferdig ca. 1980 og er på 127.000 m² fordelt over 9 etasjer. Pleieavdelingene er plassert i de øverste 4 etasjene, mens spesialfunksjoner som røntgen, operasjon og laboratorier er plassert i 1. og 2. etasje.

1. Gjennomføring av prosjektet

1.1. Organisering

Arbeidet har vært utført av en prosjektgruppe bestående av:

- Dr. Scient. Magne Bråtveit, HMS-tjenesten, Haukeland sykehus (prosjektleder)
- Forsker Peter Blom, Norges byggforskningsinstitutt
- Statistiker Ågot Irgens, Yrkesmedisinsk avdeling
- Avd. ing. Kjell Kausland, Maskinseksj.
- Forsker Eimund Skåret, Norges byggforskningsinstitutt
- Maskinsjef Rolf Haakonsen, Maskinseksjonen
- Bygningssjef Terje Sørensen, Bygningsseksjonen
- Hovedverneombud Asbjørn Børnes
- Avd. overlege Tor Aasen, Yrkesmedisinsk avdeling
- Yrkeshygieniker Kirsti Krüger, Yrkesmedisinsk avdeling

Seniorforsker Walter C. Wedberg har deltatt i et delprosjekt om statisk elektrisitet. Under prosjektets gang har det vært jevnlige møter i prosjektgruppen.

Odd Magne Solheim og Erik Nordli, Byggforsk, har deltatt i arbeidet med kartlegging og målinger.

1.2. Gjennomføring av prosjektet

1.2.1. Prosjektets faser

Prosjektet ble gjennomført i tre hovedfaser:

- 1) Kartlegging før tiltak:
 - Spørreundersøkelse blant de ansatte ved Sentralblokken
 - Teknisk kontroll av ventilasjonsanlegg
 - Måling av inneklime og luftforurensninger
- 2) Utprøving av tiltak:
 - Installasjon og iverksetting av tiltak
 - Vurdering av tiltakenes effekt med spørreskjema og kontrollmålinger
- 3) Sluttrapportering:
 - Konklusjoner med forslag til forbedringer

Følgende tabell viser tidsplanen for gjennomføringen av fase 1 og 2.

Tiltak	Forsøksperiode
Kartlegging før tiltak	mars 1993
1. Skifte av inntaksrister og filter i ventilasjonsanlegg	nov/des 1993
2. Økte tilluftsmengder og installasjon av ventiler for diffus innblåsing	jan/mar 1994
3. Sentral befuktning	des 93/mar 94
4. Bedre temperaturstyring og senket romtemperatur	okt/des 1994
5. Elektrostatisk filtrering av tilluft	okt/des 1994
6. Installasjon av ventiler for diffus innblåsing - uendrede luftmengder	okt/des 1994
7. Reduksjon av statisk elektrisitet	jan/nov 1994

1.2.2. Metoder

Sentralblokkens størrelse gjorde det mulig å plukke ut avgrensede soner der det kunne prøves ut ulike tiltak på samme tid. De fleste tiltakene (tiltak 1-5) innbefattet en tiltakssone og en kontrollsoner.

Effekten av tiltakene ble målt både med spørreskjema og ved fysiske målinger. Spørreskjemaene ble fylt ut før og 2-3 uker etter tiltak (gjelder tiltak 1-6). De ansatte krysset av for subjektive klager/plager den dagen spørreskjemaene ble delt ut. I den statistiske analysen av dataene fra spørreundersøkelsene ble det fokusert på endringer i klager/plager hos ansatte som hadde svart på begge skjemaene. Statistisk testing er foretatt med ulike ikke-parametriske metoder (Mann-Whitney, Wilcoxon).

Temperatur- og fuktighetsmålingene ble utført dels med termoelementer og elektroniske fuktfølere tilknyttet datalogger, dels med termohygrografer.

Støvmålinger ble gjennomført både ved telling (laser partikkelteller) og ved gravimetrisk metode. De gravimetrisk målingene ble utført ved to-filter prøvetakere eller ved et piezobalance-prinsipp (støvavsetning på kvartskrystall).

Flyktige organiske forbindelser (TVOC/VOC) ble samlet opp i ATD prøvetakningsrør med fast adsorbent (Tenax). Prøvene ble analysert i laboratorium med termisk desorpsjon og analyse på GC/MS.

2. Innledende kartlegging

2.1. Tekniske installasjoner i sentralblokken

Arealene i Sentralblokken tilføres mellom 10 - 20 m³/h uteluft pr. m² fra 16 aggregater. Det leveres i utgangspunktet nok luft til å tilfredsstille krav i byggeforskrift og anbefalinger i Byggedetaljblad G 421.506. Krav til luftmengde må for øvrig vurderes konkret ut fra de enkelte rommenes bruk (antall personer) og areal.

Sentralblokken har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsningstemperatur med et setpunkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 °C året rundt. Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rom ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjernerom har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalene umiddelbart før innblåsningsventilene. Rommene har individuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom.

En del rom i kjernen og i de nedre etasjene har et VAV-system (Variable Air Volum). Ved oppvarmingsbehov reduseres luftmengden til et minimum, mens luftmengden øker ved kjølebehov. Tilluftsventilene er dimensjonert for største luftmengde. Ved oppvarmingsbehov klarer ikke innblåsningsventilene å spre tilluften tilstrekkelig, tilluften blir liggende oppe ved taket.

Fuktighet i filtrene har vært et generelt problem på alle aggregatene. Eksisterende inntaksrister hindrer ikke regnvann å trenge inn i filtrene når det blåser. Forandring av tilluftstemperaturen ved væromslag har også vært et generelt problem på alle aggregatene som har pneumatisk regulering.

I deler av sentralblokken, særlig i sentralområdet mellom sengekorsene, er det ofte for høye temperaturer. Disse områdene ligger lengst fra ventilasjonsaggregatene. Innblåsningstemperaturen til rommene blir dermed litt høyere fordi tilluften blir noe oppvarmet i kanalsystemet.

Tilluftsventilene i vindusapparatene har stillbare dyser. Uavhengig av dysestilling har det vært klaget over trekk i pasientrom. Tilluftsmengden har derfor blitt redusert fra 150 m³/h til 100 m³/h pr. vindusapparat. Denne luften har gjennom en ny innregulering blitt flyttet til korridorene, både i sengekorsene og i sentralområdene mellom sengekorsene. Dette ble gjennomført av Teknisk avdeling før inneklimateprosjektet startet.

2.2. Spørreundersøkelse

Totalt 1626 spørreskjema ble delt ut og 1243 ble samlet inn i Sentralblokken. Dette gir en svarprosent på ca 76%. Svarprosenten for de 19 avdelingene som ble kartlagt varierte fra 45% til 93%. Hovedresultatene er samlet i fig. 1 og fig. 2. Spørreundersøkelsen viste at klageprosenten var høyest i sengekors nord, 4.-7. etg., i midtsonen mellom korsene i 4.-7. etg. og i underetasjen.

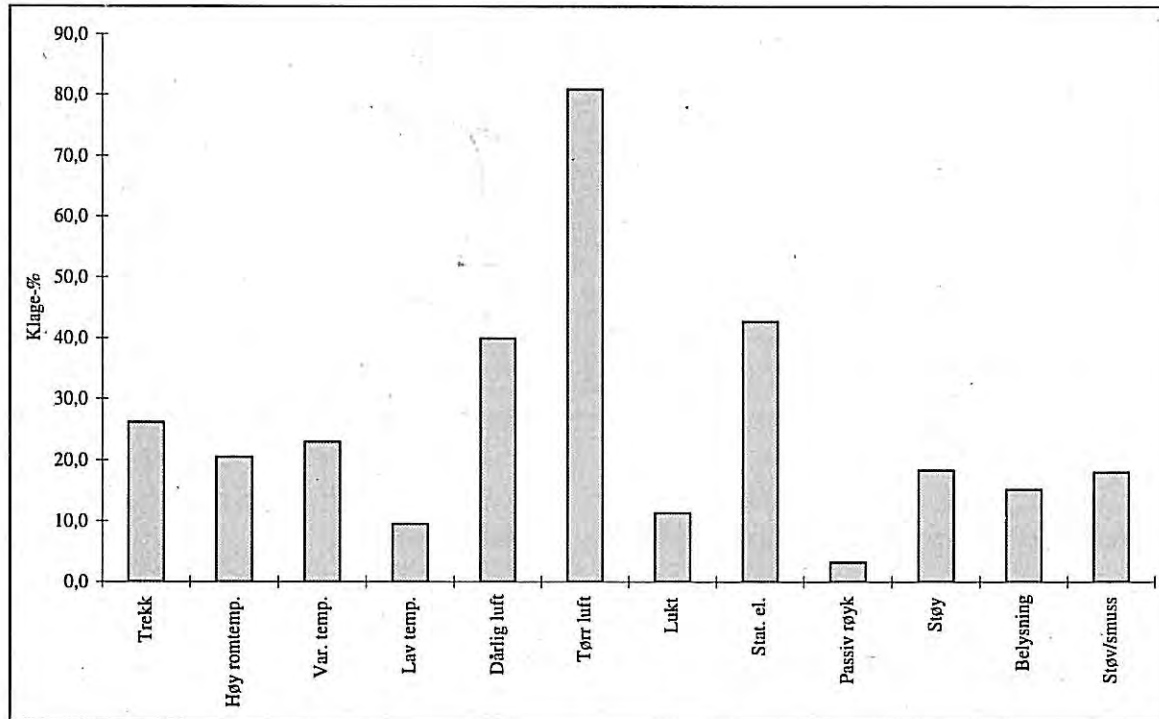


Fig. 1

Klager på inneklimatefaktorer i sentralblokk og kvinneklinikken

Figuren viser hvor stor prosent av de spurte som ofte er plaget av ulike inneklimatefaktorer.

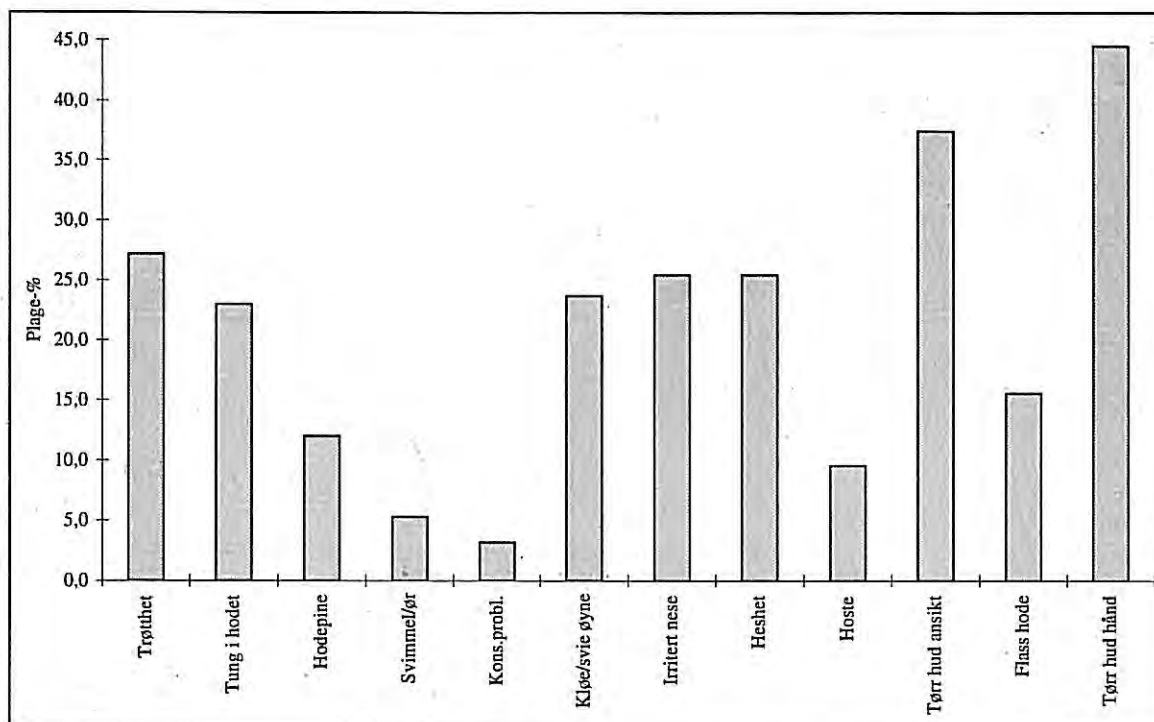


Fig. 2

Helseplager i sentralblokk

Figuren viser hvor stor prosentdel av de spurte som har ulike helseplager.

2.3. Målinger av inneklime

Gravimetrisk svevestøvsmålinger (oppsamlingstid mellom 8 og 16 timer) viste generelt lave svevestøvkonsentrasjoner i Sentralblokken. Alle målingene av finfraksjonen var under $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens alle målinger av grovfraksjonen var under $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet [4] anbefaler at finfraksjonen bør være under $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og sum svevepartikler (finfraksjon og grovfraksjon med aerodynamisk diameter under $10 \mu\text{m}$) bør være under $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verdiene fra Sentralblokken er betydelig under disse verdiene.

Totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser (TVOC) i 8 av 9 prøver var lave, og varierte fra $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $323 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 5). Gjennomsnittsverdien var $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for disse 8 målingene. Uteverdien var $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En av prøvene viste imidlertid over $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Årsaken til den høye verdien ble ikke klarlagt, men ny måling samme sted viste lav konsentrasjon.

Målinger av svevestøv og flyktige organiske forbindelser tyder på at det ikke er spesielle forurensningskilder i miljøet.

3. Utprøving av tiltak

3.1. Tiltak 1: Skifte av inntaksrister og filter i ventilasjonsanlegg

Hensikten med forsøket var å finne ut om installasjon av forfilter (EU3), skifte av inntaksrister og bytte av luftfiltre (EU7) i et ventilasjonsaggregat kunne redusere klagen på innklimaet. De eksisterende filtrene (EU7) i de aktuelle aggregatene var gamle (2 år). I tillegg var filtrene til stadighet fuktige, sannsynligvis på grunn av utette inntaksrister. Det ble valgt ut to soner i Sentralblokken. Den ene sonen (nordre sengekors) var tiltakssone, der det ble montert forfilter, skiftet luftfilter og inntaksrist i ventilasjonsanlegget. Den andre sonen (søndre sengekors) var en referansesone, der det ikke ble gjennomført noen fysiske tiltak. Effekten av tiltaket ble evaluert ved fysiske målinger av innklima og luftkvalitet og ved at ansatte fylte ut spørreskjema før og ca. 3 uker etter at tiltaket var satt i gang.

Det ble målt lave konsentrasjoner av svevestøv og TVOC både før og etter tiltak, sammenliknet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet. Gravimetriske støvmålinger viste totalkonsentrasjoner av svevestøv i vaktrom på mellom 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. TVOC-konsentrasjonen varierte mellom 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ til 261 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Temperatur- og fuktighetsmålinger viste ingen store forskjeller mellom sonene.

Den statistiske analysen av dataene fra spørreskjemaene viste at tiltaket ikke førte til noen signifikant endring av klagefrekvens. Tiltaket ga heller ingen målbar endring i filtreringseffektiviteten i tilluften. Imidlertid ble det nå, i motsetning til tidligere, registrert at trykkfallet over luftfiltrene øker med tiden.

3.2. Tiltak 2: Økt tilluftsmengde ved installasjon av ventiler med diffus innblåsing

Hensikten med forsøket var å undersøke om tilførsel av mer luft via diffus innblåsing kunne redusere helseplager og klager på innklimaet. Tiltaket ble gjennomført ved å installere nye tilluftskanaler og ventiler på en del av rommene i i to avdelinger i 4. og 6. etg., dvs. i området mellom sengekorsene. Tiltaket ble først satt i drift på den ene avdelingen, dernest på den andre. De nye ventilene skulle sørge for en diffus, trekkfri innblåsing. Tilluftsmengden ble økt med nesten 100 % i de aktuelle rommene. I løpet av forsøksperioden ble det gjennomført 3 spørreundersøkelser om brukernes oppfatninger av klimaet. I tillegg ble det gjennomført kontinuerlige registreringer av temperatur og relativ fuktighet.

Det var ingen store temperaturforskjeller mellom de to sonene.

Gjennomsnittstemperaturene før og etter tiltak er også relativt like. Det er heller ingen store temperaturgradienter i rommene, verken før eller etter tiltak.

Lufthastigheten i vaktrommene (målt im 0,7 m høyde) varierte mellom 0,04 m/s og 0,16 m/s. Målingene indikerer at lufthastigheten økte noe etter tiltak. Totalkonsentrasjoner av svevestøv i vaktrom var lave (20 - 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sammenliknet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet.

Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at økt luftmengde ved diffus innblåsing har gitt en bedring i varmekomfort og i opplevd luftkvalitet (se fig. 3) i et område der klageprosenten for disse parametrene var spesielt høy.

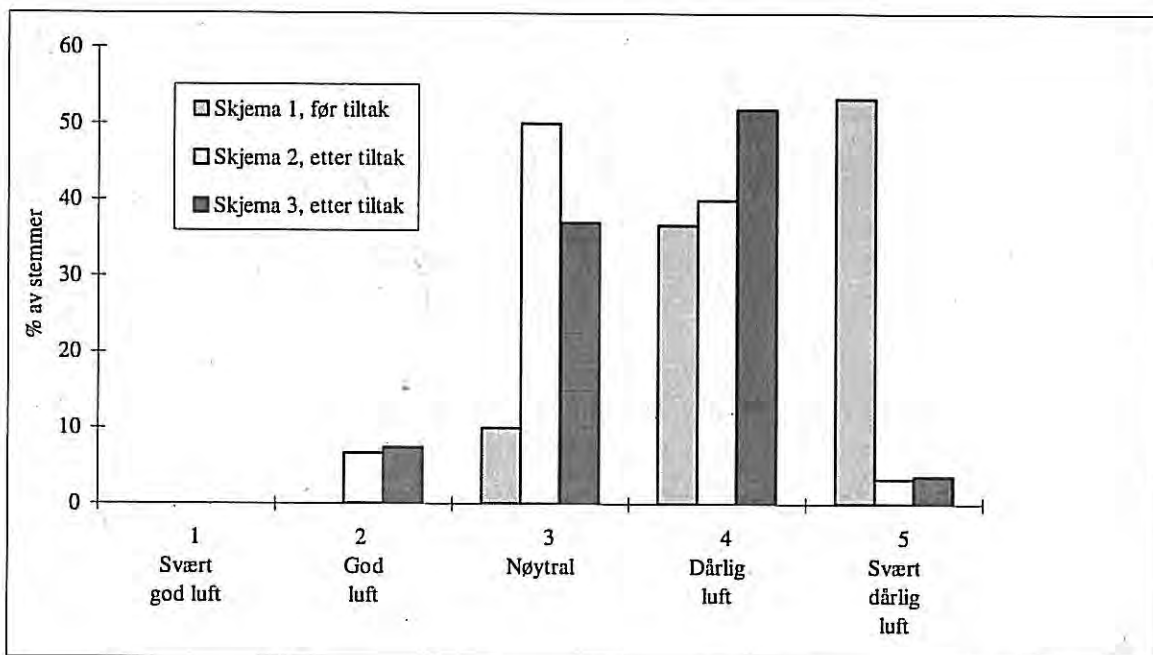


Fig. 3

Stemmegivning i 6. etasje før og etter tiltak - luftkvalitet

Den første kolonnen gjelder før tiltak, de to andre etter tiltak

3.3. Tiltak 3: Sentral befuktning

Målsettingen med forsøket var å undersøke om en moderat grad av sentral befuktning kunne redusere klageprosenten på inneklimasymptomer i perioder når relativ fuktighet ellers er lav.

Sentral befuktning ble prøvd ut i to laboratorieavdelinger i 2. etg i Sentralblokken. Disse avdelingene mottar luft fra to adskilte ventilasjonsanlegg. Dette gjorde det mulig å regulere relativ fuktighet uavhengig av hverandre i de to avdelingene. Når sentral befuktning ble benyttet var denne justert slik at relativ fuktighet i romluften ble ca 30%.

Ansatte i de to avdelingene fylte ut spørreskjema for subjektiv opplevelse av inneklimateet 3 ganger i løpet av prøveperioden. Ved utfylling av første skjema var befuktning på i begge avdelingene. Ved utfylling av andre skjema hadde befuktningen vært avslått i 13 dager på den ene avdelingen, mens befuktningen ble snudd om mellom de to avdelingene 11 dager før utdeling av det tredje skjemaet. Temperatur og relativ fuktighet ble målt kontinuerlig, mens svevestøvkonsentrasjon ble målt de dagene spørreskjemaene ble fylt ut.

Temperaturmålingene viste liten forskjell mellom de to sonene.

Konsentrasjonen av svevestøv i begge sonene var lave sammenlignet med verdiene i Helsedirektoratets retningslinjer for inneklimatekvalitet, både når befuktningen var i gang og

når den var skrudd av. Det var også liten forskjell mellom støvnivået i tilluften og i romluften. Dette tyder på at en relativt liten fraksjon av svevestøvet blir produsert innendørs.

Det var ingen entydig sammenheng mellom relativ fuktighet og klager på tørr luft. I den ene avdelingen var det ingen forskjell i klagefrekvens selv om relativ fuktighet var 30% ved første skjema, 10% ved andre skjema og 30% ved tredje skjema. Den statistiske analysen av spørreskjemaene, som tar hensyn til svarendring i tiltaksgruppe sammenlignet med referansegruppe, viste imidlertid at kunstig befuktning til 30% i en periode når relativ fuktighet i ubefuktede områder var svært lav (ned mot 10%) reduserte følelsen av tørr luft og gav mindre plager med irriterte øyne.

3.4. Tiltak 4: Bedre temperaturstyring og senket romtemperatur

Den innledende kartleggingen viste at det var store temperatursvingninger og relativt høy temperatur blant annet på personalrommene. Hensikten med forsøket var å undersøke om en redusert og jevnere romtemperatur på personalrom/vaktrom kunne redusere klagefrekvensen blant de ansatte. Temperaturstyringen ble gjennomført ved at hjulet på veggtermostatene ble låst på 22°C. Det ble gjennomført spørreundersøkelser i tiltakssonen og kontrollsonen før og to uker etter at temperaturen hadde blitt justert ned i tiltakssonen. Målinger viste at temperaturreguleringen førte til en gjennomsnittlig reduksjon i romtemperaturen i tiltakssonen på ca. 2 grader (fra 24°C til 22°C). I kontrollsonen lå temperaturen på rundt 23°C ved begge spørreundersøkelsene. Relativ fuktighet var nokså jevn i de to periodene spørreskjemaene ble delt ut (hovedsakelig mellom 25 - 30 %)

Før tiltaket ble satt i gang, lå tyngdepunktet for de ansattes vurdering av den termiske komforten på den varme siden, jf. fig. 4. Etter at tiltaket ble gjennomført, lå tyngdepunktet på den kjølige siden. De ansatte i tiltakssonen syntes at luftkvaliteten ble signifikant bedre, og plagene med tørr hud i ansiktet ble redusert, sammenliknet med ansatte i kontrollsonen. Det var også en signifikant reduksjon i følelse av tørr luft i tiltakssonen.

Forsøket viser altså at inneklimalager kan reduseres ved å unngå for høye temperaturer i lokalene. Samtidig tyder svarene fra de ansatte på at en låst termostatinnstilling på 22°C gir et litt for kjølig inneklime. Låsing av termostatene er heller ingen tilfredsstillende løsning for de ansatte. Tekniske løsninger for å unngå trekk ved senket romtemperatur bør vurderes.

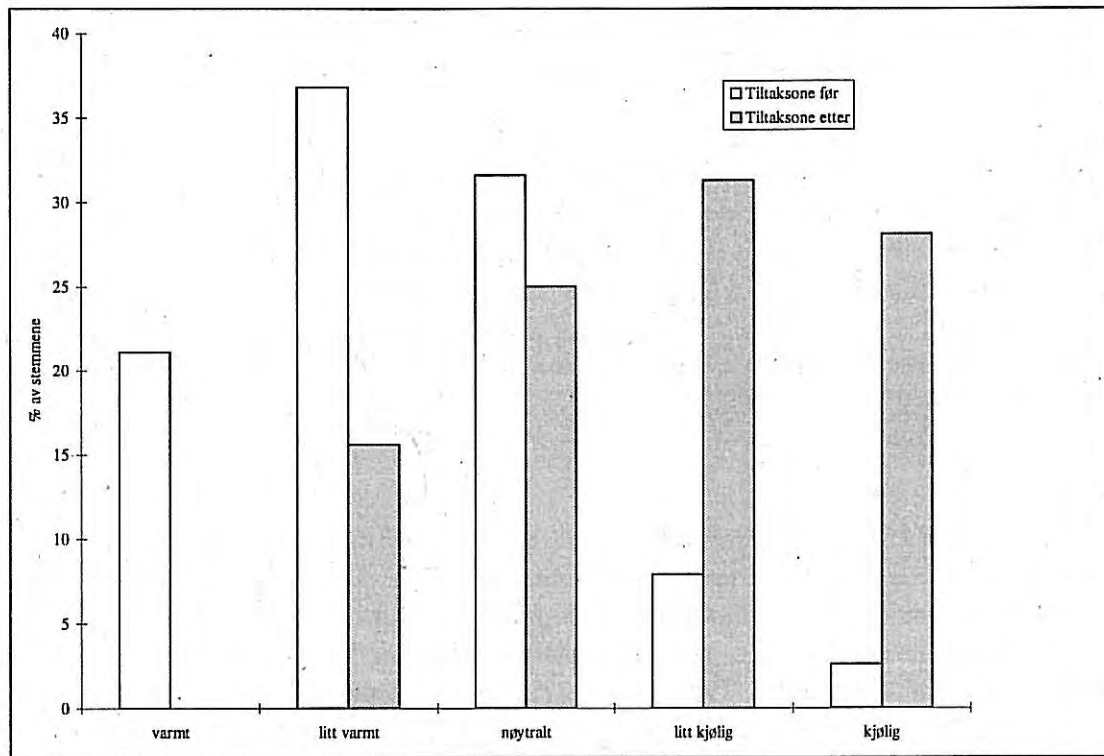


Fig. 4
Stemmegivning i tiltakssonen før og etter tiltak - varmekomfort

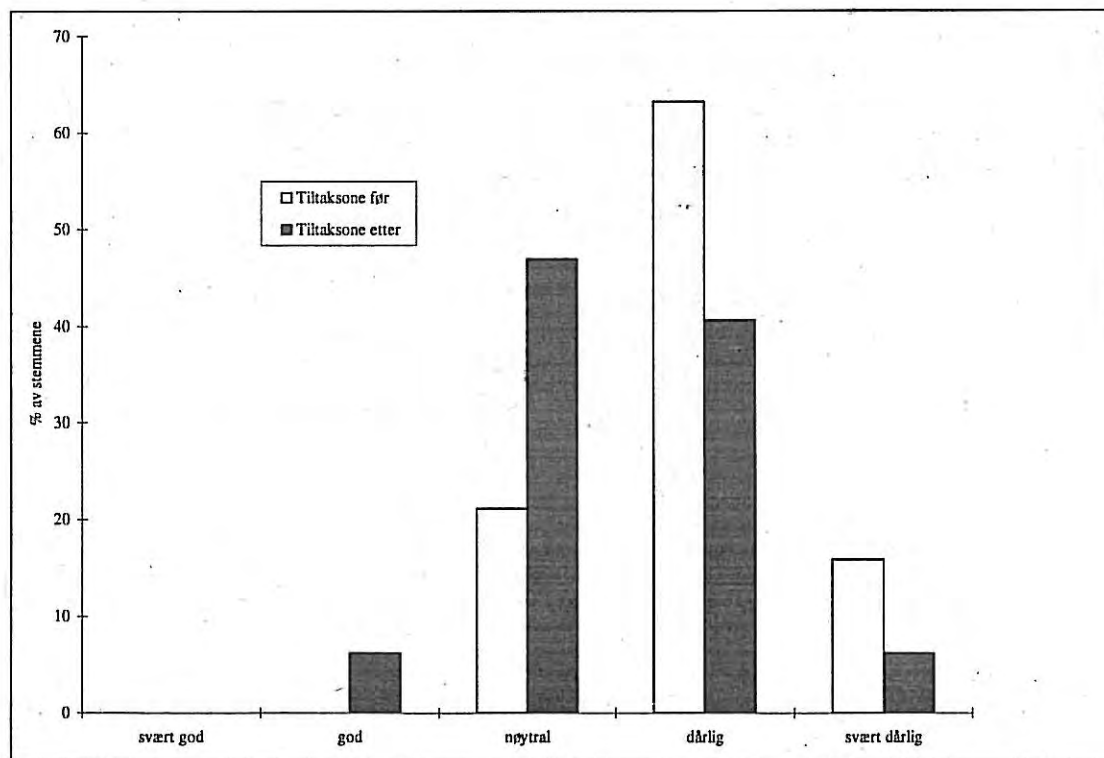


Fig. 5
Stemmegivning i tiltakssonen før og etter tiltak - luftkvalitet

3.5. Tiltak 5: Elektrostatisk filtrering av tilluft

Hensikten med forsøket var å undersøke om elektrostatisk filtrering av tilluften i ventilasjonsanlegget kan redusere klager på innklimaet. Elektrostatiske luftfiltre har bedre filtreringseffektivitet enn tradisjonelle luftfiltre for små partikler i området 0,1 - 0,5 μm . Dette er en type partikler som overveiende har utendørs kilder (trafikk, forbrenning m.v.).

To poster i 6. etg. ble valgt som tiltakssoner. De elektrostatiske luftfiltrene ble montert lokalt, i tilluftskanal til tiltakssonene. I to kontrollsoner ble det ikke gjort noen tiltak. Filtrene ble montert som et supplement til hovedfiltret i ventilasjonsanlegget.

Registreringen av temperatur og fuktighet viser at det var relativt små forskjeller mellom tiltakssone og kontrollsoner. Det er også liten forskjell i temperaturforhold og relativ fuktighet i de to ukene spørreskjemaene var ute. Det er ingen stor temperaturgradient over høyden i rommene.

Partikkeltellingen ble foretatt med Met-One laser partikkelteller, som teller partikler i ulike størrelsesklasser over 0,3 μm . Målingene viste at elektrofilteret reduserer partikkelantallet i ventilasjonskanalene i området 0,3 til 0,5 μm og 0,5 til 1 μm med 95-98 %. Det er også registrert en reduksjon på henholdsvis 61 % og 51 % for disse størrelsesklassene av partikler i rommet i antall partikler i rommet.

Det er imidlertid ikke mulig å trekke klare konklusjoner fra spørreskjemaene, som ble fylt ut både før og etter at tiltaket var satt i gang. Det var en nedgang i klage på tørr luft i tiltakssonen, men denne forbedringen var ikke signifikant når vi sammenligner med svarene fra kontrollsonen. Reduksjonen i klage på irriterte øyne i tiltakssonen sammenlignet med kontrollsonen oppstod på grunn av en kombinasjon av en ikke-signifikant nedgang i klage i tiltakssonen og en liten økning i klage i kontrollsonen.

Sett under ett har vi derfor ikke grunnlag for å konkludere med at elektrostatfiltrene på kort sikt har gitt forbedringer i den subjektive oppfatningen av innklimaet. Det vil imidlertid være av interesse å evaluere innklimaet også etter at filtrene har vært i drift i en lengre periode.

3.6. Tiltak 6: Installasjon av ventiler med diffus innblåsing - uendrede luftmengder

Hensikten med forsøket var å undersøke om diffus tilførsel av luft kan redusere klager på innklima blant de ansatte. I en del rom i to laboratorieavdelinger ble det montert nye tilluftskanaler til ventiler med diffus innblåsing. De nye tilluftsventilene ble plassert på gulvnivå. Ventilene erstattet tilluftsventiler i himling. De nye ventilene skulle gi mindre trekk, i tillegg til bedre ventilasjonseffektivitet.

Det ble ikke valgt ut noen kontrollsoner for dette forsøket. Det ble gjennomført spørreundersøkelser før og etter installering av de nye ventilene. Ved den siste spørreundersøkelsen ble det også utlevert et spørreskjema der de ansatte skulle gi en totalvurdering av effekten av tiltaket.

Det var noe mere sjiktning i temperaturen i rommene etter tiltak i tre av fire rom. For øvrig var det relativt like temperaturforhold i alle rom de dagene spørreskjemaene ble besvart. Relativ fuktighet var noe lavere ved utfylling av andre spørreskjema (20 %) enn ved utfylling av første spørreskjema (30 %).

Lufthastighetsmålinger viser en reduksjon i lufthastighet i romluften på over 40 % ved 5 av 10 målepunkter (målt i 1,1 m høyde). Etter tiltaket ligger lufthastigheten på alle målepunktene innenfor gjeldende retningslinjer ($< 0,15$ m/s). At det stadig er relativt høye lufthastigheter enkelte steder (ca. 0,15 m/s) skyldes tilluft fra vindusapparatene. Både redusert lufthastighet og økt temperatursjiktning er ventede effekter av å montere ventiler basert på diffus tilluft.

Spørreundersøkelsen viste at de ansatte mener at tiltaket har ført til en forbedring av innklimaet på flere måter. Det ble rapportert om mindre temperaturvariasjoner, mer komfortabel temperatur og bedre luftkvalitet som følge av tiltaket. Svarene på sluttevalueringsskjemaet viser at svært mange (80%) mener at trekkproblemene også har blitt redusert.

3.7. Tiltak 7: Reduksjon av statisk elektrisitet

Målsettingen med dette delprosjektet var å finne tiltak som kan begrense problemene de ansatte har med småstøt pga. statisk elektrisitet.

Målingene viser at elektrostatiske problemer kan forebygges/begrenses ved at de ansatte bruker sko med akseptable antistat-egenskaper. Ved nykjøp bør det satses på sko som har bestått testen som er benyttet i dette prosjektet.

Sengene og annet rullende materiell bør "jordes" ved at minst ett hjul erstattes med antistat-hjul. Ved nyanskaffelser av senger/rullende materiell bør det rutinemessig stilles krav om at alle hjul skal være antistathjul, idet merkostnadene for dette må antas å være marginale. For sengene bør det i tillegg til skifting av hjul sørges for elektrisk kontakt mellom hjulramme og sengens øvre, bevegelige del, ved f.eks. å forbinde disse delene med en tynn spiralfjær.

Antistat-tiltakene ovenfor er ment å ha effekt også ved lav luftfuktighet. Forsøkene viser imidlertid at virkningsgraden under spesielle omstendigheter (f.eks. når det brukes sko med marginale antistat-egenskaper) vil kunne avta ved synkende luftfuktighet. På denne bakgrunn vil det være å anbefale at luften befuktes til 30 % RF eller mer.

De praktiske utprøvingene i dette delprosjektet gir all grunn til å tro at en implementering av de foreslåtte tiltakene vil føre til en vesentlig reduksjon i problemene med statisk elektrisitet i Sentralblokken.

4. Forslag til forbedringer i Sentralblokken

Bedre temperaturstyring

Tiltaket med en fast, redusert romtemperatur fikk en positiv vurdering av de ansatte med hensyn på tørr luft og luftkvalitet.

Generelt har de ansatte ved avdelingene brukt veggtermostaten relativt mye, bl.a. på grunn av mindre aktivitetsnivå om natten. I følge de ansatte blir termostaten også ofte brukt feil, ved at termostaten enten stilles for høyt eller for lavt. Dette bekreftes av målinger som viser store svingninger i romtemperaturen med relativt høy temperatur i lange perioder. Nye termostatløsninger bør utredes, spesielt i vaktrom/personalrom. De nye termostatene kan f.eks. ha trinnregulering eller ha et begrenset utslagsområde.

Diffus tilførsel av ventilasjonsluft

Oppfølgingen av tiltakene viste at diffus tilførsel av ventilasjonsluft ble positivt vurdert av de ansatte. Slike ventiler er aktuelt i en del rom med innblåsningsventiler i himling (vaktrom/personalrom i sengekorsene), spesielt i rom i 1. og 2. etg. med VAV (Variable Air Volume) og i kjernerom. I disse tilfellene kan de eksisterende tilluftsventilene i tak erstattes med gulvmonterte diffusventiler. Takventilene stenges eller gjøres om til avtrekksventiler.

I rom med VAV er de eksisterende takventilene ikke beregnet for variabelt luftvolum. Ved oppvarmingsbehov reduseres luftmengden til minimum, og et eventuelt ettervarmebatteri slår inn. Ved liten luftmengde klarer ikke innblåsningsventilene å spre tilluften tilstrekkelig. Nye ventiler basert på diffus tilførsel av ventilasjonsluften vil gi bedre ventilasjonseffektivitet.

I kjernerom uten vindusaggregat sitter det ettervarmebatteri i tilluftskanalen som går til takventil. Tilførsel av varm luft i taket gir dårlig ventilasjonseffektivitet. Når slike ventiler stenges, må ettervarmebatteriet erstattes med radiatorer eller panelovner. Lokale forhold med hensyn til plass for ny kanalføring, kapasitet for nye radiatorer m.m. må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Generelt er den eksisterende tilluftsløsningen i sengekorsset i sentralblokken ikke tilfredsstillende. Tilluft via vindusaggregater skaper trekkproblemer en del steder, spesielt i sengerom. Videre må anlegget kjøres på halv hastighet om natten fordi vindusaggregatene skaper for mye støy i sengerom om natten. Halv hastighet fører til overopphetingsproblemer i perioder. Ideelt sett burde derfor også vindusaggregatene vært erstattet av diffusventiler, og ettervarmebatteriene erstattet av radiatorer/panelovner.

Statisk elektrisitet

Laboratiemålinger viser at elektrostatiske problemer kan forebygges/begrenses ved at de ansatte bruker sko med akseptable antistat-egenskaper. Ved nykjøp bør det satses på sko som har bestått testen som er benyttet i dette prosjektet.

Sengene og annet rullende materiell bør "jordres" ved at minst ett hjul erstattes med antistathjul. Ved nyanskaffelser av senger/rullende materiell bør det rutinemessig stilles krav om at alle hjul skal være antistathjul, idet merkostnadene for dette må antas å være marginale.

For sengene bør det i tillegg til skifting av hjul sørges for elektrisk kontakt mellom hjulramme og sengens øvre, bevegelige del, ved f.eks. å forbinde disse delene med en tynn spiralfjær.

Antistat-tiltakene ovenfor er ment å ha effekt også ved lav luftfuktighet. Forsøkene viser imidlertid at virkningsgraden under spesielle omstendigheter (f.eks. når det brukes sko med marginale antistat-egenskaper) vil kunne avta ved synkende luftfuktighet. På denne bakgrunn vil det være å anbefale at luften befuktes til 30 % RF eller mer.

Befuktning

Tiltaket med befuktning ga ingen entydige resultater, men gav indikasjoner på positive effekter i en periode da relativ fuktighet ellers var svært lav.

Befuktning til komfortformål har vært lite utbredt de senere årene, først og fremst fordi positive virkninger har vært dårlig dokumentert. I tillegg kan dårlig vedlikehold av befuktningssystemet resultere i spredning av mikro-organismer. Ved bruk av dampbefuktning er imidlertid disse problemene små, men bruk av befuktning forutsetter gode renholdsrutiner i befuktningssystemet, og tekniske løsninger som gjør at man unngår kondensering i ventilasjonskanalene.

Denne undersøkelsen og tilsvarende undersøkelser i Sverige og Finland [3], [5] tyder på at befuktning kan redusere klager både på tørr luft og generell luftkvalitet. Dessuten er det helt klart at befuktning reduserer oppladninger knyttet til statisk elektrisitet. Statisk elektrisitet og små støt er et problem ved Haukeland.

Kontinuerlig befuktning til 30 - 35 % i vinterhalvåret bør derfor vurderes som et aktuelt tiltak. En del tekniske problemer knyttet til ujevn fordeling av fukten i kanalsystemet må utredes.

Elektrostatisk luftfilter i tilluftskanaler

Tiltaket med elektrostatisk filter i tilluftskanalen ga på kort sikt ingen klare konklusjoner med hensyn på de ansattes vurdering av inn klima. Men de fysiske målingene viste at filterne effektivt fjernet små partikler fra tilluften. Tiltaket bør følges opp, og de økonomiske konsekvensene av å bruke elektrostatisk filter som hovedfilter i aggregatene bør utredes.

Økt luftmengde til sentralområder

Tiltaket med at økt luftmengde ved diffus innblåsing ga en bedring i varmekomfort og i opplevd luftkvalitet i et område der klageprosenten for disse parametrene var spesielt høy.

Det er spesielt sentralområdene mellom sengekorsene som kan ha behov for mer luft. Årsaken er høy varmebelastning og lange tilførselskanaler fra ventilasjonsaggregatene. Dette tiltaket er imidlertid lite aktuelt i praksis. Plassproblemer gjør at det er svært vanskelig å trekke nye kanaler til nye diffusventiler. Det er lite aktuelt å øke luftmengden i de eksisterende ventilene, dels på grunn av risiko for trekkproblemer og dels fordi det er problematisk å om dirigere luft fra andre steder i bygningen.

Generell drift av ventilasjonsanleggene

Det første tiltaket med skifte av inntaksrister og installasjon av nye forfiltre ga ingen endring i de ansattes respons på spørreskjemaet. Men tiltaket fungerer godt teknisk sett, siden hovedfiltrene ikke fuktes på samme måte som tidligere. Fuktige filtre er generelt betraktet som en risikofaktor. Teknisk avdeling har nå gjennomført dette tiltaket i alle aggregatene i Sentralblokken.

Som en hovedregel bør hovedfilter i anleggene byttes minst hvert år, forfilteret hvert halvår.

Det har vært et generelt problem i aggregater med pneumatisk regulering at tilluftstemperaturen har endret seg utilsiktet ved væromslag. Dette kan ordnes ved å installere elektronisk regulering. Teknisk avdeling har allerede gjort dette i en del av aggregatene.

5. Sluttvurdering og forslag til videreføring

Resultatene fra prosjektet har vist at det er mulig å gjennomføre tiltak som kan redusere innklimaproblemene i Sentralblokken. På bakgrunn av resultatene fra tiltakene er det satt opp bl.a. følgende forslag til forbedringer:

1. Bedre temperaturregulering. Montering av nye termostater på personalrom/vaktrom er aktuelt.
2. Skifte ut takventiler med ventiler for diffus tilførsel av luft på personalrom, i rom med VAV-systemer og i kjernerom
3. Tiltak mot statisk elektrisitet
4. Sentral befuktning til ca. 30 % bør vurderes når relativ fuktighet er lav.

De områdene som nå har fått elektrostatfiltre i tilluftskanalene bør også bli fulgt opp videre.

I prosjektperioden ble tiltakene prøvd ut hver for seg i utvalgte områder. Det anbefales å føre dette videre ved å prøve ut en kombinasjon av disse tiltakene i større deler av Sentralblokken. Under den innledende kartleggingen i Sentralblokken mottok vi over 1200 utfylte spørreskjema. Disse resultatene kan fungere som referanse for en fremtidig evaluering av innklimaet i Sentralblokken der samme spørreskjema kan benyttes. En slik oppfølging er aktuell etter at de anbefalte tiltak/forbedringer er igangsatt.

Resultatene/erfaringene fra dette prosjektet bør også benyttes ved ombygginger og ved planlegging/prosjektering av nybygg ved sykehuset.

Referanser

1. Blom P., Levy F. og Skåret, E. Omfanget av innklimaproblemer i Norge. Prosjektrapport 97/1992. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
2. Wyon D., Andersson B., Söderling M. Fältprovning av ett nytt åtgärds paket mot SBS: Stegvis teknisk sanering med kvantitativ mätning av symptomintensitet. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.
3. Nordström K., Nordbäck D. og Akselsson R. Effect of air humidification on the sick building syndrome and perceived indoor air quality in hospitals: a four month longitudinal study. Occupational and Environmental Medicine 1994; 51: 683-688.
4. Helsedirektoratet. Retningslinjer for inneluftkvalitet. Helsedirektoratets utredningsserie 6-90.
5. Reinikainen L., Jaakola J. K., Seppanen O. The effect of humidification on symptoms, and perception of indoor air quality on office workers: A six-period cross over trial. Archives of Environmental Health 1992; 47: 8-15.

Delrapport 2

Innledende kartlegging av inneklimaet i Sentralblokken

Innhold

Forord	2
Sammendrag	2
1. Gjennomgang av VVS-installasjoner	3
1.1. Generelt.....	3
1.2. Ventilasjonsanlegg.....	3
1.3. Oppvarmingsystemer.....	3
1.4. Overvåkningsanlegg	3
1.5. Problemområder.....	3
1.5.1. Filtre	3
1.5.2. Forandring av tilluftstemperatur ved væromslag	4
1.5.3. Overtemperatur i sentralområdet	4
1.5.4. Lav ventilasjonseffektivitet i områder med VAV	4
1.5.5. Trekk fra vindusapparater	4
1.6. Forslag til tiltak.....	4
2. Spørreundersøkelse.....	6
2.1. Generelt.....	6
2.2. Inndeling etter yrkesgrupper	7
2.3. Inndeling etter soner i bygget.....	8
3. Inneklima	11
3.1. Temperaturer og luftfuktighet.....	11
3.2. Lufthastighet	12
4. Luftforurensninger	14
4.1. Svevestøv	14
4.1.1. Gravimetrisk støvmåling.....	14
4.1.2. Partikkelidentifisering.....	15
4.1.3. Partikkeltelling.....	16
4.2. Gasser.....	16
4.2.1. CO ₂	16
4.2.2. Oppsamling av VOC på Tenax rør	17
4.2.3. TVOC-målinger med Bruel & Kjaer multigassanalysator.....	18
5. Konklusjoner	20
Vedlegg 1.....	21
Vedlegg 2.....	24
Vedlegg 3.....	28

Forord

Denne delrapporten beskriver innledende kartlegging av inneklimateproblemer og inneklimate i Sentralblokken. Kartleggingen skal danne grunnlag for utprøving av tiltak som kan bedre innemiljøet i sykehuset. Kartleggingen ble gjennomført første halvår 1993.

Den tekniske gjennomgangen av anleggene beskriver situasjonen på dette tidspunktet.

Sammendrag

Som grunnlag for planlegging av inneklimateiltak er det gjennomført diverse inneklimateundersøkelser i Sentralblokken på Haukeland Sykehus. Undersøkelsene omfatter:

- Generell teknisk gjennomgang av VVS-anlegg
- Spørreundersøkelse blant de ansatte vedrørende helseplager og klager på inneklimate
- Måling av temperatur, fuktighet og lufthastighet.
- Svevestøvsmålinger (gravimetrisk måling, telling og støvanalyse)
- Karbondioksyd (CO₂)
- VOC/TVOC-målinger med oppsamling i adsorbentør og analyse i laboratorium (GC/MS)
- TVOC-målinger med Bruel & Kjaer multigassanalysator

Alle målingene ble gjennomført uke 12 (22-26 Mars) 1993.

Spørreundersøkelsen dokumenterer at mange ansatte i Sentralblokken har en type helseplager som kan ha sammenheng med luftkvalitet og inneklimate.

I deler av sentralblokken, særlig i sentralområdet mellom sengekorsene, er det ofte for høye temperaturer. Det er også disse arealene som har størst andel klager. Det er vanskelig å redusere overoppvarmingen med økt ventilasjon, fordi økte luftmengder kan gi mer trekk. Det er også registrert andre ventilasjonstekniske problemer ved Sentralblokken, som dårlig ventilasjonseffektivitet i rom som tilføres luft fra VAV-aggregater, og feil i automatikk ved endringer i utetemperatur.

Målinger med hensyn på luftforurensninger (flyktige organiske forbindelser og svevestøv) tyder imidlertid på at det ikke er spesielle forurensningskilder i miljøet. Med et par unntak dokumenterer målingene relativt lave forurensningskonsentrasjoner, uten at man kan utelukke at kjemisk eller partikulær forurensning kan ha betydning for klagen ved sykehuset.

1. Gjennomgang av VVS-installasjoner

1.1. *Generelt*

Kapitlet gir en generell beskrivelse av oppvarmingssystemer og hovedventilasjonssystemer med tilhørende automatikk i sentralblokken. Rapporten bygger på befaring, tegningsunderlag og opplysninger fra Teknisk avdeling, Haukeland sykehus.

1.2. *Ventilasjonssystemer*

Sentralblokken får ventilasjonsluft fra i alt 16 ventilasjonsaggregater. Sengepostene i 4.-7. etasje får ventilasjonsluft fra to aggregater, som hver leverer 90 - 100000 m³/h. Arealene tilføres mellom 10 - 20 m³/h uteluft pr. m².

1.3. *Oppvarmingssystemer*

Sentralblokken har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsningstemperatur med et setpunkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 °C året rundt. Konstant tilluftstemperatur gir et enkelt reguleringssystem som er svært vanlig. En ute-kompensert oppvarming av tilluften kunne vært en fordel med tanke på å unngå overtemperaturer i rommene, men samtidig risikerer man trekkproblemer ved lavere tilluftstemperaturer.

Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rom ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjerneom har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalen umiddelbart før innblåsningsventilene. Rommene har individuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom.

1.4. *Overvåkningsanlegg*

Haukeland sykehus har sentral driftskontroll som er under ferdigstillelse. Sentralblokken og kvinneklinikken er ferdig påkoplede. Driftspersonellet får alarmer ved viftestopp og andre større feil. Forandring av innblåsningstemperatur i forhold til setpunkt gir imidlertid ikke alarm. Tidligere kunne driftspersonellet stille setpunkt gjennom driftkontrollen. Dette medførte imidlertid så store problemer at det nå er frakoplede. Forandringer i setpunkt må derfor utføres manuelt i tekniske rom. Det finnes ikke daglige rutiner for registrering av innblåsningstemperaturer på de enkelte aggregatene.

1.5. *Problemområder*

1.5.1. *Filtre*

Fuktighet i filtrene er et generelt problem på alle aggregatene. Aggregatene har inntaksrister som er montert før filtrene. Disse skal bl.a sørge for at vann ikke trenger inn. Det fuktige klimaet i Bergen med mye og intenst regnvær og en generell høy luftfuktighet gjør det nødvendig å benytte spesielle inntaksrister beregnet på ekstreme værforhold. De eksisterende ristene er av standard type med horisontale blader. Disse klarer ikke å stoppe fuktigheten som dermed forplanter seg inn til filtrene og gjør at disse er kontinuerlig

fuktige. Driftpersonalet opplyste at trykkfallet over posefiltrene aldri blir større enn 100 Pa samme hvor gamle filtrene er. Dette kan skyldes fuktigheten i filtrene.

Alle filtrene i sentralblokken er gamle, rundt 2 år. Filtrene bør byttes minst hvert år.

1.5.2. Forandring av tilluftstemperatur ved væromslag

Dette er et generelt problem på alle aggregatene som har pneumatisk regulering.

Ved væromslag forandrer tilluftstemperaturen seg med fra 1 til 2 °C i negativ retning. Det vil si at ved omslag til varmere vær blir tilluftstemperaturen for høy og ved kaldere vær blir tilluftstemperaturen for lav. Dette skjer avhengig av hvor mange store temperatursvingninger det er pr.år (ca 10 ganger i gjennomsnitt), uten at noen har stilt på setpunktet i regulatoren. Regulatoren for tilluftstemperaturen får styresignalet fra en temperaturføler (bimetallgiver) som er montert i tilluftskanalen umiddelbart etter aggregatet.

En forandring av innblåsningstemperaturen på 2 °C kan få store følger for romtemperaturen.

1.5.3. Overtemperatur i sentralområdet

Dette gjelder først og fremst i korridorene i sentralområdet mellom sengekorsene i sentralblokken, der varmebelastningen er større enn i andre, tilsvarende områder.

I tillegg ligger disse områdene lengst fra ventilasjonsaggregatene.

Innblåsningstemperaturen til rommene blir dermed noe høyere fordi tilluften blir noe oppvarmet i kanalsystemet.

1.5.4. Lav ventilasjonseffektivitet i områder med VAV

I de rommene som har VAV (Variable Air Volum), er tilluftsventilene dimensjonert for største luftmengde. VAV finnes i en del spesielle rom i kjernen, og i hovedsak i de nedre etasjene. Ved oppvarmingsbehov reduseres luftmengden til minimum, samtidig som ettervarmebatteriet slår inn. Dette resulterer i en liten luftmengde med overtemperatur. Da klarer ikke innblåsningsventilene å spre tilluften tilstrekkelig, tilluften blir liggende oppe ved taket. I noen rom er det montert spesielle dyser som gjør at tilluftsventilene er bedre egnet for små luftmengder.

1.5.5. Trekk fra vindusapparater

Vindusapparatene har stillbare dyser. Impulsen fra disse er imidlertid så stor at samme hvordan de blir stilt så resulterer det i klager på trekk fra pasientene. Tilluftsmengden har derfor blitt redusert fra 150 m³/h til 100 m³/h pr. vindusapparat. Denne luften har gjennom en ny innregulering blitt flyttet til korridorene, både i sengekorsene og i sentralområdene mellom sengekorsene. Disse områdene har derfor fått vesentlig mere luft enn prosjektert. Nye dyser kan muligens redusere trekkproblemene.

1.6. Forslag til tiltak

Ut fra VVS-anleggenes tekniske tilstand i dag, burde følgende tiltak prioriteres:

- Skifte inntaksrister og montere grovfiltre før finfiltrene slik at vann ikke trenger inn i finfiltrene.
- Skifte automatikk for regulering av tilluftstemperatur i aggregatene.
- Øke tilluftsmengden i sentralområdene mellom sengekorsene i 4. til 7 etg.
- Kople ut ettervarmebatteriene i tilluftskanalen og erstatte disse med panelovner eller radiatorer.

- Montere nye dyser på vindusapparatene.
- Montere nye tilluftsventiler som er bedre egnet for VAV.

Ny automatikk for å regulere tilluftstemperaturene i aggregatene vil gjøre det lettere å sikre en optimal drift av anlegget. Problemer med trekk (høy lufthastighet i oppholdssonen) mener vi best løses ved å montere nye ventiler/dyser som gir en trekkfri tilførsel av luften. Å løse trekkproblemer ved å redusere ventilasjonen vil gjøre temperaturreguleringen i rommene vanskeligere.

2. Spørreundersøkelse

2.1. Generelt

Totalt 1626 spørreskjema ble delt ut og 1243 ble samlet inn i Sentralblokken. Dette gir en svarprosent på ca 76%. Svarprosenten for de 19 avdelingene som ble kartlagt varierte fra 45% til 93%. Spørreskjemaet som ble benyttet er vedlagt (Vedlegg 1).

I spørreskjemaet ble det i graderingen av klager/plager skilt mellom: 1) ja, ofte (hver uke), 2) ja, iblant og 3) nei, aldri. I resultatene er det bare tatt utgangspunkt i de som har svart: ja, ofte. Hovedresultatene er samlet i fig. 1 og fig. 2.

Resultatene for Sentralblokken viser en høy klageprosent i forhold til landsgjennomsnitt for ansatte i sykepleie/institusjon/hotell (109 spurte) (Figur 1 og 2). Tallene for landsgjennomsnittet er imidlertid ikke direkte sammenlignbare siden Byggforsk her benyttet personlige intervjuer av ansatte etter at de har kommet hjem. Vi har likevel valgt å vise til dette landsgjennomsnittet som et referansemål.

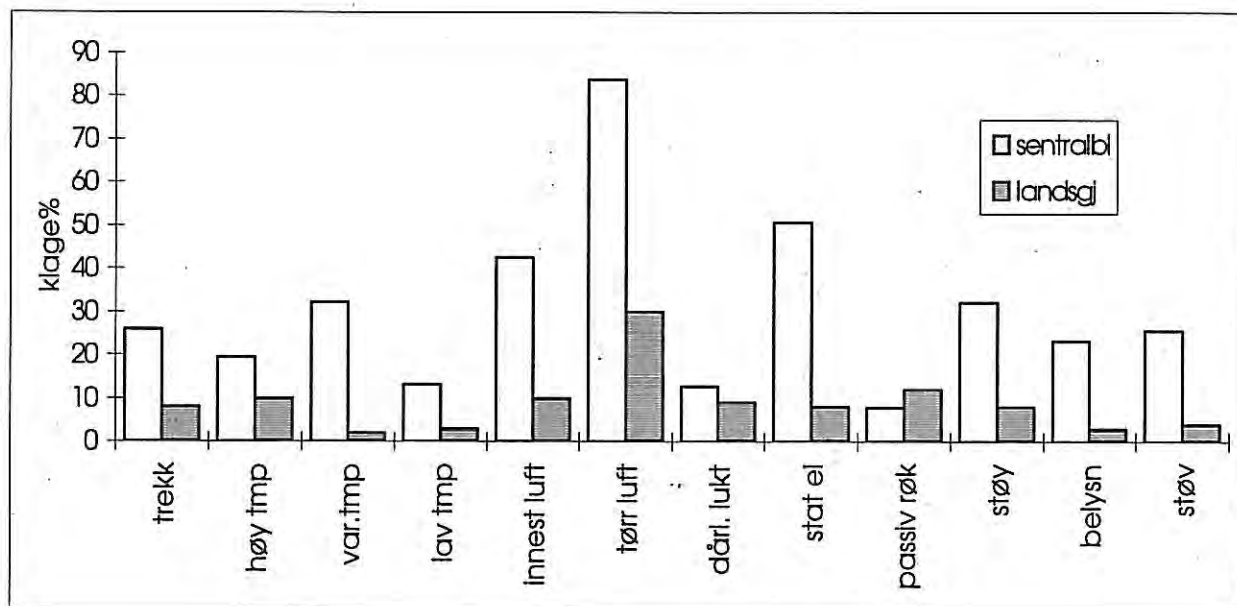


Fig. 1

Klager på inneklimatefaktorer i sentralblokk

Figuren viser hvor stor prosent av de spurte som ofte er plaget av ulike inneklimatefaktorer.

Landsgjennomsnittet bygger på en landsomfattende spørreundersøkelse Byggforsk gjennomførte i 1990.

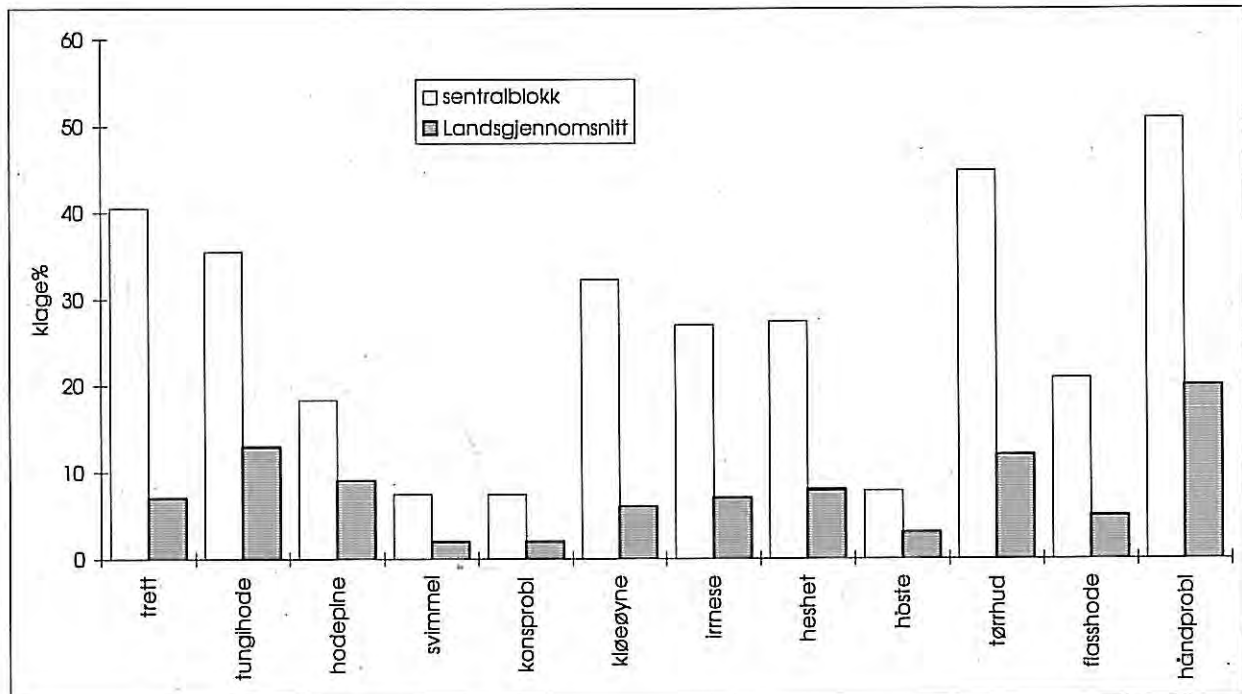


Fig. 2

Helseplager i sentralblokk

Figuren viser hvor stor prosentdel av de spurte som har ulike helseplager.

2.2. Inndeling etter yrkesgrupper

Arbeidstakerne ble delt inn i yrkesgrupper som vist i Tabell 1 under. Antall spørreskjema som ble samlet inn er også angitt.

Det lave antallet renholdere og portører skyldes at vi valgte å ikke dele ut skjema til Renholdsseksjonen og Portør/Transportavd, siden disse arbeidstakerne arbeider i flere soner i Sentralblokken.

Tabell 1

Fordeling av ansatte i sentralblokken etter yrkesgrupper

YRKESGRUPPER	ANTALL
Kontoransatte	162
Leger	132
Bioing./tekniker/ing.	202
Pleiere (sykepl. og hjelpepl.)	633
Radiografer	57
Renhold/portør	15
Mangler (ikke angitt)	42

Fullstendige resultater fra spørreundersøkelsen er vist i Vedlegg 2. Tabell a viser andelen av de spurte som er plaget av diverse innklimafaktorer, fordelt på de ulike yrkesgruppene.

Tabell b viser andelen av de spurte som har diverse helseplager, fordelt på de ulike yrkesgruppene.

Tabell c viser andelen av de spurte som har svart ja, oftest på spørsmål om arbeidsforhold og om fravær (Se Vedlegg 1 for å finne spørsmålstillingen).

Som det går fram av tabellene i vedlegg 2, er det en del forskjeller i rapportering av klager mellom de ulike yrkesgruppene. Legene (n=132) skiller seg ut som den gruppen som gjennomgående rapporterer minst klager. Vi merker oss imidlertid at også denne yrkesgruppen har mer enn dobbelt så stor klageprosent i forhold til landsgjennomsnitt for ansatte i sykepleie/institusjon/hotell for flere av de typiske inneklimatektorene.

2.3. Inndeling etter soner i bygget

Vi har som vist i Tabell 2 delt Sentralblokken inn i 15 soner. Oppdelingen følger de soner som dekkes av de ulike ventilasjonsaggregatene i Sentralblokken.

Tabell 2
Soneinndeling i Sentralblokken

	AVDELINGER/POSTER I HVER SONE	ANTALL SKJEMA
SONE 1 (Sengekors Nord, 4.-7. etg)	Medisin: -post 1, 2, 5, 6 ØNH: -post 1 Kirurgisk: -post 1, 2, 3	187
SONE 2 (Sengekors Sør, 4.-7. etg)	Medisin: -post 7 Kirurgisk: -post 5 OT: -post 2 Hjerte: -post 1, 2, 3 Plast.kir.: -post 1,2 Onkologi: -post 2	139
SONE 3 (Mellom korsene, 4.-7. etg, luft fra 2 aggregater)	OT: -post 1 Hjerte: -post 4 ØNH: -post 2 Nevrokir.	93
SONE 4 (2. etg)	Kjevekir. Kirurgisk. polikl.	47
SONE 5 (2. etg)	Nevrokir. polikl. Medisinsk polikl. Felles forskningscenter	40
SONE 6 (2. etg)	Sentrallaboratoriet Blodbanken	148
SONE 7 (1 og 2.etg)	Patologi	74
SONE 8 (1. etg)	Sentraloperasjonsavd. Anestesi (intensiv og oppvåkning)	166
SONE 9 (1. etg)	Røntgen	62
SONE 10 (1. etg)	Akutt-mottak	56
SONE 11 (1. etg)	Hjerte: SPU og polikl.	26
SONE 12 (U etg)	Sterilsentral Sentralforsyning	17
SONE 13 (U etg)	Onkologi: -polikl. og stråleterapi	38
SONE 14 (U etg)	Sentralarkivet	9
SONE 15 (1. etg)	Medisin: med. undersøkelse	11
SONE 0	Ansatte i usikre soner	130

I sone 0 i tabell 2 finner vi ansatte som arbeider i flere soner (bl.a. leger som har kontor i 2. etg og arbeider i avdelinger i sengekorsene). I denne sonen er det også ansatte som har kontor i 2. etg. men som ikke kan plasseres i de angitte sonene i tabellen.

Tabell 3 viser hvilke soner som klager mest på de ulike faktorene. Tabell 4 viser gjennomsnittlig %-score på alle klimafaktorer og helseplager.

Tabellene peker ut sone 1 og 3 (sengekors nord, 4.-7. etg og mellom korsene 4.-7. etg.) og underetasjen som de mest belastede sonene.

Tabell d i Vedlegg 2 viser hvor % av de ansatte med klager på arbeidsmiljø og helseplager, fordelt på ulike soner.

Tabell 3

Soner med høyest %-score på de forskjellige klimafaktorer

Det er ikke testet for om disse %-scorene er signifikant høyere enn for andre soner.

KLIMAFAKTOR	SONER MED HØYEST %-SCORE	NIVÅ % FOR DE TRE ANGITTE SONENE
Trekk	1, 3, 7	40-32
Høy temperatur	3, 13, 11	36-31
Variierende temp.	14, 13, 1	67-43
Lav temperatur	13, 9, 8	45-19
Innestengt luft	13, 12, 3	68-61
Tørr luft	14, 10, 3	100-93
Dårlig luft	14, 13, 12	33-18
Statisk elektisitet	14, 10, 3	89-75
Passiv røyk	10, 9, 8	95-85
Støy	12, 9, 6	65-58
Belysning	9, 3, 12	44-35
Støv	14, 12, 1	100-44

Tabell 4

Gjennomsnittlig klagefrekvens alle klimafaktorer og alle helseplager i ulike soner

SONE	KLAGER GJENNOMSNIITT %-SCORE	PLAGER GJENNOMSNIITT %-SCORE
0	22	17
1	38	35
2	28	27
3	40	38
4	21	21
5	24	22
6	29	28
7	28	23
8	37	24
9	37	24
10	39	28
11	33	17
12	35	19
13	41	30
14	53	32
15	27	20

3. Inneklima

3.1. *Temperaturer og luftfuktighet*

Temperatur og relativ fuktighet ble målt med termohygrografer. I tillegg ble absolutt fuktighet målt med Bruel og Kiærs multi-gassanalysator. Resultatene fra målingene med termohygrograf er vist i tabell 5, mens resultatene av fuktighetsmålingene med multi-gassanalysator er vist i figur 3.

Kontinuerlige registreringer med termohygrograf ble gjort på 7 steder i 5. og 7. etg. Registreringene på hvert sted varte 2-3 døgn. Temperaturen var relativt høy (22 til 26 °C) (Tabell 5), og var nokså stabil i løpet av døgnet. Relativ fuktighet varierte mellom 15 og 25 %.

Tabell 5

Resultater fra målinger med termohygrograf i sentralblokken

Målingene er gjennomsnitt for en måleperiode på 1-2 døgn på hvert sted. Temperaturene er relativt stabile over døgnet.

MÅLESTED	GJENNOMSNIITTLIG ROMTEMPERATUR	RELATIV FUKTIGHET
Korridor 7.etg. mellom kors	23-24	22-23
Vaktrom 4865, 5.etg.	22-23	17-18
Korridor 7.etg. syd	23	25
Vaktrom 7.etg. syd	24	23
Vaktrom 5.etg. 4736	25	15-16
Vaktrom 7.etg. nord	23-24	23-24
Korridor 5.etg. mellom kors	25-26	17-18

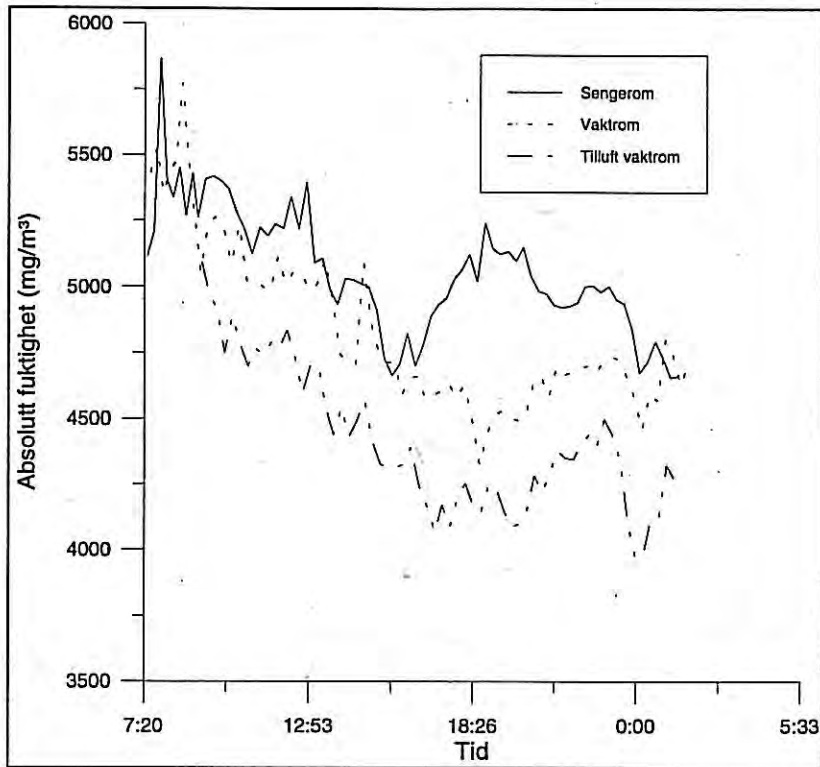


Fig. 3

Registrering av absolutt luftfuktighet i sengerom, vaktrom og tilluft

3.2. Lufthastighet

Lufthastigheten ble målt i oppholdssone med Dantech "varm kule"- anemometer. Tabell 6 viser resultatene av målingene. Dette anemometeret er retningsuavhengig. Det ble ikke registrert turbulensintensitet.

Generell retningslinje tilsier at gjennomsnittlig lufthastighet over 3 min. ikke bør overstige 0,15 m/s vinterstid. (Byggdetaljblad G 421.501 Temperaturforhold og lufthastighet). Om sommeren aksepteres høyere lufthastigheter, opp til 0,20 m/s. Tabell 6 viser at lufthastigheten i sykehusmiljøet flere steder ligger i overkant av retningslinjene. Det er mulig at følelsen av tørr luft kan ha sammenheng med høy lufthastighet, eventuelt i forbindelse med høy temperatur. Nye tilluftsventiler kan redusere lufthastigheten i rommene, jf. pkt. 1.5.5.

Tabell 6

Lufthastighet i oppholdssone ulike steder i sentralblokken

Verdiene er gjennomsnittsverdier over en periode på 3 minutter. Målingene er utført i 0,7 m høyde.

MÅLESTED	GJENNOMSNITTLIG LUFTHASTIGHET (M/S)
Sentraloperasjon (korridor, 4 dikt. plasser)	0,10
Sentraloperasjon (rom 1949)	0,2
5. etg. vaktrom 4749, plass ved vindu	0,17
5. etg. vaktrom syd, rom 4865	0,15
7. etg. vaktrom 6165, pult ved vindu	0,12
7. etg. vaktrom 6067, pult ved vindu	0,10
7. etg. vaktrom 6067, lenestol	0,25
7. etg. vaktrom 6036. pult ved vindu	0,12

4. Luftforurensninger

4.1. Svevestøv

4.1.1. Gravimetrisk støvmåling

Støvkonsentrasjoner ble målt ved hjelp av tofilterprøvetakere og pumper konstruert av Norsk Institutt for luftforskning. Pumpehastigheten var 10 l/min, oppsamlingstiden varierte mellom ca. 8 timer og 16 timer. Filterdiameter i prøvetakerne var 47 mm (effektivt 40 mm).

Tofilterprøvetakere separerer støvet i to fraksjoner, finfraksjon og grovfraksjon. Under prøvetakingen var inntaksåpningen til filtrene vendt nedover, liksom menneskets nese. Finfraksjonen inneholder partikler med diameter mindre enn 2,5 μm (cut-off 50 % ved 2,5 μm), mens grovfraksjonen inneholder partikler med diameter mellom 2,5 μm og ca. 15 μm (cut-off 50 % ved 15 μm). Norges byggforskningsinstitutt foretok 8 målinger ulike steder i Sentralblokken. Prøvetakingsutstyret ble klargjort av Norsk institutt for luftforskning (NILU) som også analyserte prøvene.

Resultatene viste generelt lave svevestøvkonsentrasjoner i Sentralblokken, se fig. 4. Alle målingene av finfraksjonen var under 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens alle målinger av grovfraksjonen var under 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En utemåling i 7. etasje ga 8,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i finfraksjon og 23,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i grovfraksjonen, dette viser at inneverdiene stort sett tilsvarete uteverdiene. Helsedirektoratet anbefaler at finfraksjonen bør være under 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og sum svevepartikler (finfraksjon og grovfraksjon med aerodynamisk diameter under 10 μm) bør være under 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (Helsedirektoratets utredningsserie 6-90). Verdiene fra Sentralblokken er betydelig under disse verdiene.

Det finnes lite litteratur om svevestøvs helseeffekter. Helsedirektoratet bygger sin anbefaling på en kanadisk rapport hvor helseeffekter ble påvist ved kronisk eksponering for 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (finfraksjon) og 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sum svevepartikler under 10 μm). Helsedirektoratet har anbefalt retningslinjer for svevestøvkonsentrasjoner som er halvparten av disse verdiene for å være på den sikre siden.

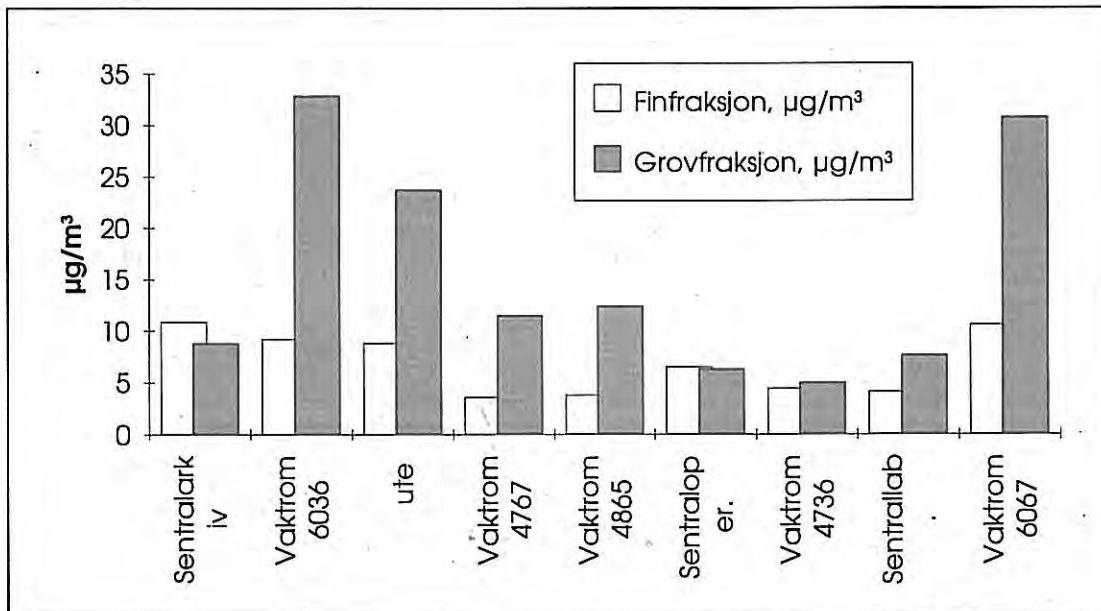


Fig. 4
Konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av svevestøv i sentralblokken

4.1.2. Partikkelidentifisering

Partikkelidentifisering ble utført ved hjelp av optisk mikroskopering på i alt 4 filtre, type Millipore. Det ble for øvrig benyttet samme prøveutstyr og prøvemethodikk som for de gravimetrisk målingene. Inntaksåpningen til filteret var imidlertid vendt oppover.

Det ble funnet sot, mel, papir/tekstilfibre og glassfibre. Mengdeangivelsen for hver støvtype er angitt relativt i hver prøve, f.eks. er det i prøven fra sentralarkiv mye sot i forhold til papirfibre (se tabell 7). Mengdeangivelsen for støvtypene kan derfor ikke sammenliknes mellom prøvene. De identifiserte glassfibre i prøvene kan stamme fra filtre og lydfeller i ventilasjonsanlegg. Hudfragmenter ble funnet i alle prøvene.

Tabell 7

Partikkelidentifisering og svevestøv i Sentralblokken

I tillegg til de nevnte partikkeltypene ble det funnet hud-fragmenter i alle prøvene.

MÅLESTED	KONSENTRASJON SVEVESTØV, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PARTIKKELTYPER
Sentralarkiv (5. etasje)	19,7	Sot (mye), Papir-/tekstilfibre (noe)
Vaktrom 6036	42,1	Sot (noe) Mel (mye) Papir-/tekstilfibre (noe)
Sentrallab. (5. etasje)	11,7	Sot (forholdsvis mye) Mel (forholdsvis mye) Papir-/tekstilfibre (forholdsvis mye) Glassfibere (forholdsvis mye)
Vaktrom 6165, 7. etasje	41,4 ¹⁾	Sot (noe) Mel (forholdsvis mye) Papir-/tekstilfibre (noe) Glassfibere (forholdsvis mye)

¹⁾ Målt ved vaktrom 6067.

4.1.3. Partikkeltelling

Partikkeltelling ble utført med en PMS Lasair Laser Particle Counter, type 1001, kalibrert og kontrollert februar 1993. Vekten av partiklene ble målt ved hjelp av en TSI Piezobalance Aerosol Mass Monitor. Tellingen ble utført 15.3.93 av Kaare A. Rustad A/S. 3 tellinger ble foretatt fortløpende av uteluft i Sentralblokken 8. etasje. 12 registreringer ble foretatt ulike steder i Sentralblokken, 7. etasje.

Alle tellingene var lave. Antall partikler/liter var lavere inne i Sentralblokken enn i uteluften. Dette gjaldt samtlige registreringer. Vedlegg 3 gir hovedresultatene fra partikkeltellingen.

Vekt av partikler under $10 \mu\text{m}$ oppgis til å være mellom 0 og $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er en mer usikker metode til bestemmelse av svevestøvkonsentrasjoner, men verdiene er i samme størrelsesorden som målingene nevnt over.

4.2. Gasser

4.2.1. CO₂

Tabell 8 viser målte konsentrasjoner av karbondioksyd ulike steder i sentralblokken. Verdiene ligger godt under Helsedirektoratets retningslinjer for karbondioksyd ($1800 \text{ mg}/\text{m}^3$) (indikatorverdi)

Tabell 8

Konsentrasjoner av karbondioksyd en del steder i sentralblokken

Konsentrasjonene er er middelveidier for ca. 1 times kontinuerlig måling på dagtid med Bruel og Kiær's multigassanalysator.

ROM	KARBONDIOKSYD (mg/m ³) I ROM	KARBONDIOKSYD (mg/m ³) I TILLUFT TIL ROM
Sentraloperasjon	964	
Sentrallaboratoriet	916	
Sentralarkiv	904	
Rom 4767	1009	
Vaktrom 6067	1229	799
Vaktrom 6165	1074	803
Rom 6036	1058	786
Helsedirektoratets retnings- linjer (indikatorverdi)	1800	

4.2.2. Oppsamling av VOC på Tenax rør

Flyktige organiske forbindelser ble samlet opp ved hjelp av ATD prøvetakningsrør med fast adsorbent (Tenax). Oppsamlingen ble gjennomført med Sipin pumper i løpet av ca. 1 time. Luftmengden som ble trukket gjennom rørene varierte mellom 1500 og 6000 ml. Pumpene ble leid hos Statens Arbeidsmiljøinstitutt og kalibrert hos SINTEF/SI. 10 prøver ble samlet opp i Sentralblokken. Prøvene ble deretter sendt til Chemiklab laboratorium i Sverige for termisk desorpsjon og analyse på GC/MS. Arealet mellom 121 og 3600 sekunder er integrert.

Det ble funnet alifatiske og aromatiske hydrokarboner i alle prøvene. Dette er det man normalt vil finne ifølge Helsedirektoratet. På vaktrom nr. 6069 ble det påvist limonen, muligens etter at rengjøringsmiddel med sitronduft. I de andre prøvene er det ikke påvist spesielle inneklimatekomponenter.

Totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser (TVOC) i 8 av de 10 prøvene var lave, og varierte fra 63 µg/m³ til 323 µg/m³ (Fig. 5). Gjennomsnittsverdien var 190 µg/m³ for disse 8 målingene. Uteverdien var 165 µg/m³. Prøven fra vaktrom nr. 4767 inneholdt 3654 µg/m³, som gir grunnlag for å lete etter spesielle kilder til VOC. Den siste prøven bør gjentas.

Helsedirektoratet anbefaler at totalmengden av flyktige organiske forbindelser bør være under 400 µg/m³. Denne anbefalingen er basert på en undersøkelse av 500 tyske hjem, der man fant at gjennomsnittsverdien var 400 µg/m³. Når nivået overstiger denne verdien finner man ofte at spesielle forurensingskilder er til stede. Det finnes ellers svært lite kunnskap om enkeltstoffer/kombinasjoner av enkeltstoffers bidrag til helseeffekter ved de aktuelle konsentrasjonsnivåene. Nivået for VOC er her langt under de verdiene man kan finne på industriarbeidsplasser. For industrien gjelder Arbeidstilsynets administrative normer.

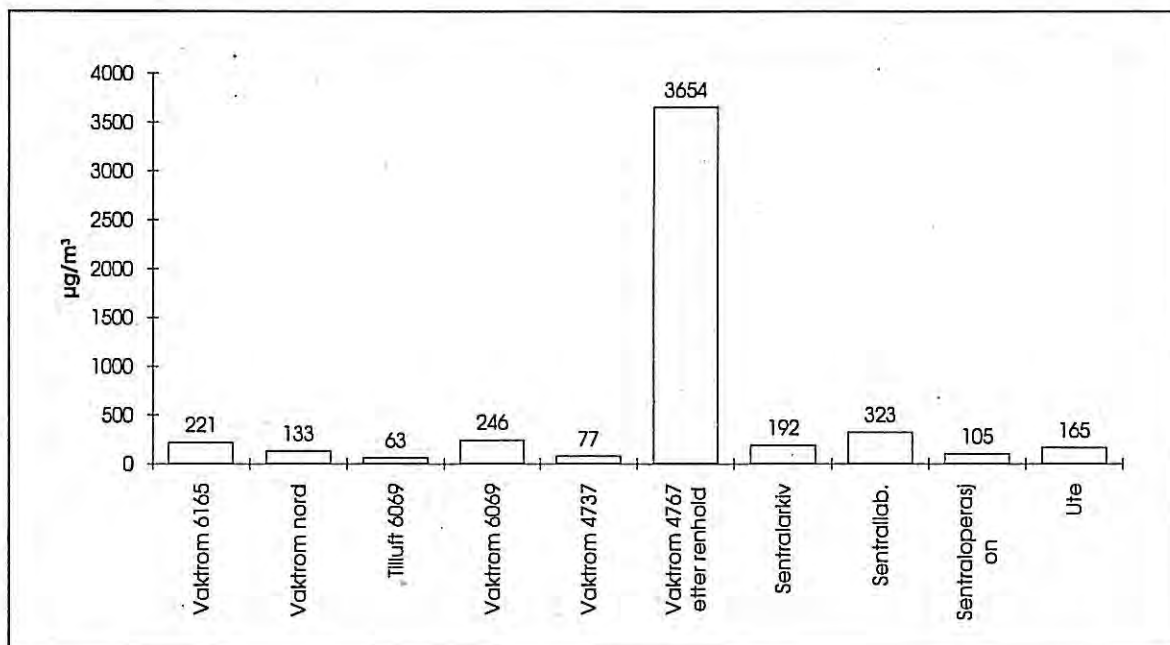


Fig. 5

Totalkonsentrasjoner av TVOC i sentralblokken
Uteprøven er tatt ved kvinneklinikken.

4.2.3. TVOC-målinger med Bruel & Kjaer multigassanalysator

Målingene ble gjennomført med Bruel & Kjærs multigassanalysator 1302. Dette er et direktevisende instrument basert på fotoakustisk spektroskopi, der man måler absorpsjonen av infrarødt lys i karbon-hydrogen bindinger. B&K 1302 kan bare brukes til å måle totalkonsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser (TVOC). De målte konsentrasjonene er oppgitt i toluenekvivalenter. Deteksjonsgrensen for måling av TVOC med referanse toluen er oppgitt til 0,15 mg/m³. Målingene pågikk i 1-2 time på hvert prøvested.

Målingene viste liten variasjon mellom målepunktene. Alle målepunktene hadde gjennomsnittsverdier mellom 2 og 3 mg/m³. Dette er lave verdier med denne målemetoden, det vil si det er typiske nivåer man måler utendørs. Ved et tilfelle ble det målt høye verdier i tilluftskanal, noe som imidlertid skyldes at det ble brukt kjemikalier i forbindelse med vedlikeholds-/rengjøringsarbeid i ventilasjonsaggregatet. Det ble også målt TVOC før, under og etter rengjøringsarbeid ved rom 4767. Rengjøringen ga ingen tydelig endring i konsentrasjonene. Fig. 6 viser resultater fra målingene.

Man må være oppmerksom på at resultatene fra denne målemetoden ikke er sammenliknbare med Helsedirektoratets retningslinjer for TVOC. Årsaken er først og fremst at metoden inkluderer flere karbonforbindelser. Av samme årsak kan ikke disse målingene sammenliknes direkte med VOC-målingene med adsorpsjonsrør.

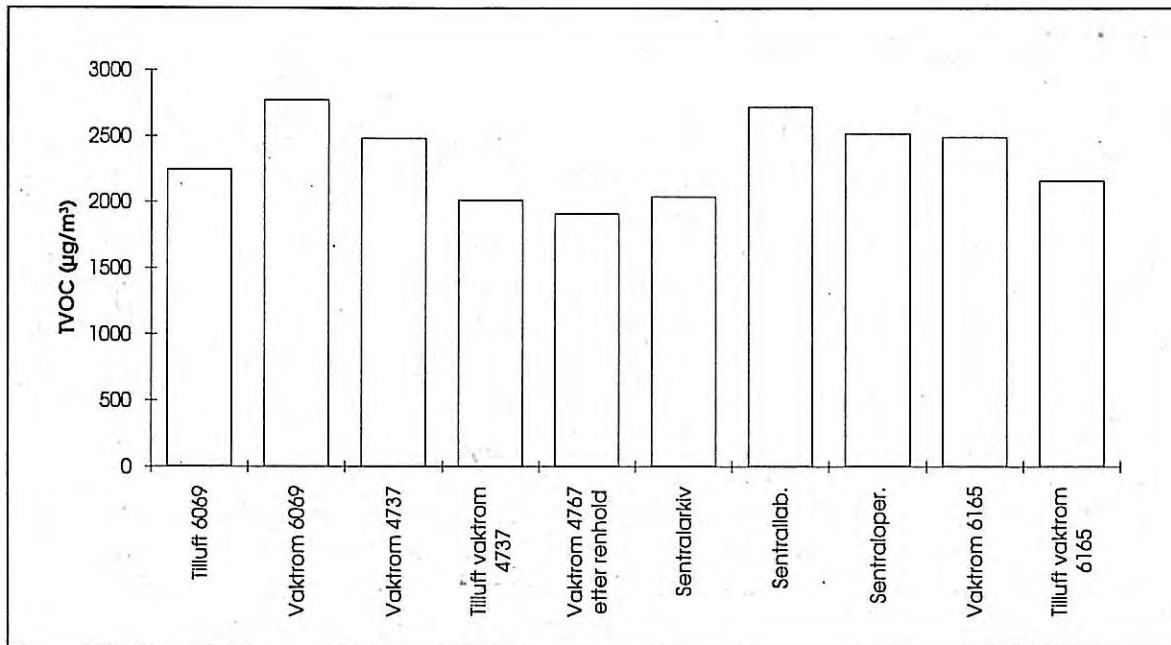


Fig. 6
TVOC-konsentrasjoner (gjennomsnitt over ca.1 time) i sentralblokken, målt med Bruel og Kjaer multigassanalysator

5. Konklusjoner

Spørreundersøkelsen dokumenterer at mange ansatte i Sentralblokken har en type helseplager som kan ha sammenheng med luftkvalitet og inneklima.

I deler av sentralblokken, særlig i sentralområdet mellom sengekorsene, er det ofte for høye temperaturer. Det er også disse arealene som har størst andel klager. Det er vanskelig å redusere overoppvarmingen med økt ventilasjon, fordi økte luftmengder kan gi mer trekk. Det er også registrert andre ventilasjonstekniske problemer ved Sentralblokken, som dårlig ventilasjonseffektivitet i rom som tilføres luft fra VAV-aggregater, og feil i automatikk ved endringer i utetemperatur.

Målinger med hensyn på luftforurensninger (flyktige organiske forbindelser og svevestøv) tyder imidlertid på at det ikke er spesielle forurensningskilder i miljøet. Med et unntak dokumenterer målingene relativt lave forurensningskonsentrasjoner, uten at man kan utelukke at kjemisk eller partikulær forurensning kan ha betydning for klagen ved sykehuset.

Vedlegg 1

I samarbeid med Norges byggforskningsinstitutt skal Haukeland sykehus prøve ulike tiltak for å bedre luftkvalitet og inneklime i sykehuset. Denne spørreundersøkelsen gjennomføres for å kartlegge omfanget av inneklimeproblemer i Sentralblokken. Med dette skjemaet ber vi deg beskrive hvordan du opplever inneklime og om du har helsemessige plager eller symptomer. Opplysningene du oppgir i skjemaet vil bli behandlet konfidensielt.

INNEKLIMAET Arbeidsmiljø NORDISK VERSJON		MM 040 NA Dato: År Mnd Dag 	Avdeling: _____ Post: _____ Etage: _____
Løpenr.		Yrke	
		Gruppe	
(FYLLES UT AV OSS)			

Med dette formularet vil vi forsøke å få fram hvordan du opplever inneklime og om du har plager eller symptomer.

BAKGRUNNSFAKTORER	Yrke: _____
Fødselsår 19	Stillingsprosent
Kjønn mann <input type="checkbox"/> 1 kvinne <input type="checkbox"/> 2	Hvor lenge har du vært i sentralblokken? år
Røyker du? ja <input type="checkbox"/> 1 nei <input type="checkbox"/> 2	på din nåværende arbeidsplass. år

ARBEIDSMILJØ

Har du de seneste 3 måneder hatt plager av en eller flere av de nevnte faktorer på din arbeidsplass?	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri
Trekk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
For høy romtemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Variierende romtemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
For lav romtemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innestengt/"dårlig" luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ubehagelig lukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Statisk elektrisitet med småstøt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tobakksrøyk fra andre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Støy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Belysning, svak eller blendende	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Støv og smuss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ARBEIDSFORHOLD

	Ja, oftest	Ja, iblant	Nei, sjelden	Nei, aldri
Oppfaller du dine arbeidsoppgaver som engasjerende og stimulerende?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har du for mye å gjøre i ditt arbeide?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har du mulighet til å påvirke dine arbeidsforhold?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Får du hjelp av dine arbeidskolleger når du har problemer i arbeidet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TIDLIGERE/NÅVÆRENDE SYKDOMMER/PLAGER

	Ja	Nei
Har du hatt eller har du astmatiske plager?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har du hatt eller har du høysnue?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Har du hatt eller har du eksem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Forekommer disse allergiske sykdommer forøvrig i familien (astma, høysnue, eksem)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NÅVÆRENDE PLAGER

Har du i løpet av de siste 3 måneder hatt noen av nedenstående symptomer/plager?	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri	Om JA: Tror du at dette skyldes miljøet på arbeidsplassen	
				Ja	Nei
Trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hodepine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Svimmel/ør	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konsentrasjonsproblemer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kløe/svie/irritasjon i øynene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irritert tett eller rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Heshet, tørrhet i halsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hoste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr eller irritert hud i ansiktet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flassing/kløe i hodebunnen/ørene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr, kløende hud på hendene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Har du vært borte fra arbeidet p.g.a. sykdom de siste 4 ukene :	Ja <input type="checkbox"/>	Ant dager: <input type="text"/>	Nei <input type="checkbox"/>
I hvilken grad tror du at dette har sammenheng med inneklimaet på arbeidet:	I stor grad <input type="checkbox"/>	I noen grad <input type="checkbox"/>	Ikke i det hele tatt <input type="checkbox"/>

YTTERLIGERE SYNSPUNKTER

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Vedlegg 2

Tabell a

Klager (%) på inneklima i Sentralblokken, fordelt på yrkesgrupper

	Kontoransatt	Lege	Bioing.	Pleiere	Fysiot/radiogr.	Renhold/portør
Trekk	23,8	9,7	33,2	31,2	33,3	35,7
Høy romtemp.	18,3	10,4	20,8	25,9	16,7	23,1
Variierende temp.	37,1	14,8	31,9	40	58,2	46,2
Lav temp.	10,5	5,8	7,4	19,4	41,2	23,1
Dårlig luft	43,2	23,2	46,6	50	57,4	71,4
Tørr luft	82	54,2	86,1	90	89,5	80
Lukt	6,4	6,4	11,4	18,4	14	33
Statisk elektr.	49,3	15,9	51,3	60,3	70,9	50
Passiv røking	9,2	6,2	7,5	9,4	6	20
Støy	32,6	20,2	53,9	30,8	62,3	13,3
Belysning	25,2	9,5	23,1	27,6	54,7	20
Støv/smuss	34,6	8,7	25,7	28,7	37,7	40

Tabell b

Helseplager (%) i Sentralblokken, fordelt på yrkesgrupper

	Kontoransatt	Lege	Bioing	Pleiere	Fysiot/radiogr.	Renhold/portør
trekk	37,7	25,8	39,1	44,1	45,6	53,3
tunghode	35,2	12,9	35,6	39,2	47,4	46,7
hodepine	22,8	6,8	18,3	19,3	28,1	13,3
svimmel	9,3	0,8	6,9	7,9	12,3	20
konsprobl	5,6	4,5	5,4	8,7	10,5	6,7
øyne	28,4	12,9	42,1	34,1	29,8	40
nese	30,2	14,4	25,7	27,6	35,1	40
hes	29,6	12,9	24,8	30	35,1	46,7
hoste	9,3	3,8	7,4	7,6	10,5	26,7
tørransikt	38,9	17,4	51	50,4	47,4	33,3
fluss	16	10,6	26,2	22	24,6	20
håndtørr	37,7	15,9	51,5	60,8	56,1	60

Tabell c
Diverse bakgrunnsfaktorer, fordelt på yrkesgrupper

	Kontoransatt	Lege	Bioing.	Pleiere	Fys/radiograf	Renhold/portør
Stimulerende arbeid	54,3	79,5	50	78	68,4	40
For mye å gjøre	34	41,7	13,9	28	28,1	6,7
Mulighet innflytelse	17,3	18,9	14,9	14,5	7	6,7
Hjelp fra kolleger	53,7	49,2	64,9	65,9	59,6	60
Borte fra arbeid siste uker	19,1	10,6	20,3	20,2	31,6	20
Fravær pga. inn klima	9,3	1,5	4	4,1	1,8	6,7
Andel menn (%)	7,4	76,5	14,4	5,8	21,1	73,3
Røyker du?	30,9	9,8	27,7	25,4	26,3	60
Har eller har hatt astma	13	7,6	6,9	8,7	10,5	13,3
Har eller har hatt høysnue	16	23,5	13,9	16,4	21,1	13,3
Har eller har hatt eksem	35,8	23,5	42,6	42,5	47,4	40
Allergi i familie	32,7	38,6	38,1	38,1	31,6	20

Tabell d
Klager på inneløst klima og helseplager, fordelt på soner i Sentralblokken

Sone	trekk	høytmp	vartmp	lavtmp	innest luft	tørr luft	dårlig luft	stafel	passivrøk	støy	belysn	støv
0	17,70	17,70	18,5	8,5	35,4	75,4	10,8	26,9	4,6	17,7	14,6	17,7
1	40,1	19,3	43,3	18,7	52,4	93	23	70,1	9,6	23	21,9	43,9
2	20,1	27,3	31,7	5,8	38,1	89,9	11,5	51,8	5,8	21,6	18	15,1
3	36,6	35,5	34,4	8,6	61,3	92,5	17,2	75,3	9,7	38,7	38,7	30,1
4	14,9	6,4	27,7	6,4	36,2	59,6	6,4	31,9	4,3	21,3	19,1	23,4
5	15	5	25	2,5	40	82,5	10	52,5	5	15	15	20
6	24,3	18,2	24,3	7,4	38,5	83,8	6,8	41,9	2	58,1	25,7	17,6
7	32,4	16,2	31,1	10,8	31,1	71,6	12,2	50	6,8	29,7	12,2	33,8
	trekk	høytmp	vartmp	lavtmp	innest luft	tørr luft	dårlig luft	stafel	passivrøk	støy	belysn	støv
8	28,3	20,5	38	19,3	41,6	82,5	15,7	41	84,9	33,1	20,5	18,7
9	21	4,8	29	19,4	27,4	71	1,6	51,6	93,5	59,7	43,5	17,7
10	12,5	14,3	42,9	17,9	35,7	94,6	7,1	82,1	94,6	19,6	33,9	17,9
11	26,9	30,8	42,3	15,4	42,3	80,8	7,7	46,2	0	42,3	23,1	38,5
12	29,4	11,8	17,6	11,8	64,7	70,6	17,6	35,3	17,6	64,7	35,3	47,1
13	23,7	31,6	52,6	44,7	68,4	84,2	21,1	42,1	5,3	39,5	34,2	50
14	11,1	11,1	66,7	11,1	77,8	100	33,3	88,9	55,6	44,4	33,3	100
15	27,3	9,1	18,2	18,2	36,4	81,8	9,1	36,4	0	54,5	18,2	9,1
	trekk	tungihode	hodepine	svimmel	konsprobi	irr øyne	teft nese	hes	hoste	tørr ansikt	flassing	tørrehender
0	30,8	20	10	3,1	3,8	18,5	21,5	19,2	3,8	27,7	16,9	28,5
1	50,3	46	21,9	10,2	8	40,6	34,2	34,8	10,7	63,6	24,6	73,8
2	37,4	33,8	15,8	7,9	8,6	38,1	30,2	27,3	9,4	47,5	15,8	55,4
3	55,9	53,8	34,4	17,2	23,7	47,3	24,7	41,9	11,8	53,8	31,2	61,3
4	29,8	29,8	17	6,4	6,4	21,3	23,4	29,8	6,4	34	8,5	38,3
5	32,5	45	17,5	5	2,5	22,5	15	20	7,5	37,5	27,5	32,5
6	38,5	35,8	15,5	4,7	4,7	40,5	25,7	25	9,5	54,1	23	55,4
7	37,8	21,6	16,2	13,5	5,4	32,4	18,9	23	5,4	35,1	21,6	39,2

Tabell d, forts.
Klager på inneklimate og helseplager, fordelt på soner i Sentralblokken

	trøtt	fungihode	hodepine	svimmel	konsprobl	irr øyne	teft nese	hes	hoste	tørr ansikt	flassing	tørrehender
8	45,2	36,1	17,5	4,2	3,6	29,5	25,3	21,7	4,2	36,7	18,7	50,6
9	37,1	37,1	14,5	6,5	11,3	17,7	27,4	30,6	11,3	38,7	21	37,1
10	30,4	28,6	19,6	1,8	5,4	30,4	41,1	35,7	7,1	53,6	26,8	53,6
11	26,9	19,2	11,5	7,7	7,7	23,1	7,7	15,4	3,8	34,6	11,5	34,6
12	23,5	29,4	17,6	5,9	0	11,8	17,6	29,4	5,9	17,6	5,9	64,7
13	44,7	42,1	28,9	10,5	13,2	31,6	39,5	28,9	7,9	39,5	21,1	50
14	55,6	44,4	33,3	11,1	11,1	22,2	55,6	33,3	22,2	55,6	22,2	22,2
15	45,5	18,2	9,1	9,1	0	27,3	18,2	9,1	0	27,3	27,3	45,5

Vedlegg 3

Tabell a

Partikkelteiling i Sentralblokken, Haukeland sykehus 15.3.93

Målested/Rom	Ant. p/l >0,1 µm	Ant. p/l >0,3 µm	Ant. p/l >0,5 µm	Ant. p/l >1,0 µm	Ant. p/l >10 µm
Uteluft 1, 8. et., Sentr.bl. kl 1325	38 620	2 920	820	160	
Uteluft 2, kl. 1327	35 400	2 680	860	200	
Uteluft 3, kl. 1333	40 480	2 860	740	0	
Tilluft 1, 7. etg. nord kl 1345	24 500	1 480	200	0	
Tilluft 2, " kl 1350	26 380	1 340	100	0	
Tilluft V/Rom 6138 kl 1420	28 960	1 000	100	0	
Romluft 6036 (stor akt.) kl 1354	32 920	1 400	0	0	0,01
Romluft 6025 kl 1359	27 880	1 060	340	0	0,01
Romluft gang v/rom 6207 kl 1405	27 920	1 340	200	0	0,01
Romluft 1, 6221 kl 1408	18 880	1 120	200	0	0
Romluft 2, 6221 kl 1410	19 820	960	100	0	0
Romluft 6165 kl 1425	16 780	960	160	0	0,01
Romluft 6157 kl 1428	16 240	540	160	60	0,02
Romluft gang v/1555 kl 1434	35 020	1 260	200	0	0,01
Romluft 1571 kl 1437	19 820	680	200	60	0,02

Tabell b

Partikkelteiling i uteluft 15.3.93

Klokkeslett	Ant. p/l >0,1 µm	Ant. p/l >0,3 µm	Ant. p/l >0,5 µm	Ant. p/l >1,0 µm
kl. 0957	108.120	5 000	820	0
kl. 1000	123 340	6 120	1 300	160
kl. 1003	100 860	4 260	960	20
kl. 1006	91 960	3 440	720	20
kl. 1009	71 100	3 060	1 120	0
kl. 1012	61 960	1 720	400	60
kl. 1015	59 000	1 860	440	20
kl. 1018	52 580	1 480	240	0
kl. 1021	34 260	1 540	580	60
kl. 1024	39 980	1 420	240	0
kl. 1027	25 260	1 400	240	60
kl. 1030	46 520	1 480	300	20
kl. 1033	31 360	1 800	620	20
kl. 1036	57 020	1 700	180	0
kl. 1039	47 540	1 740	420	60
kl. 1042	46 400	1 720	340	0
kl. 1047	61380	2 320	860	20
kl. 1050	46 380	1 640	500	20

Delrapport 3

Skifte av inntaksrister og filter i ventilasjonsanlegg

Innhold

Forord	2
Sammendrag	2
1. Gjennomføring av forsøket	3
1.1. Bakgrunn	3
1.2. Administrasjon av forsøket	3
1.3. Teknisk beskrivelse av tiltaket	4
1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene	6
2. Spørreundersøkelse	7
2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene	7
2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen	8
2.2.1. Deskriptiv analyse	8
2.2.2. Statistisk analyse	9
2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen	10
3. Inneklima	11
3.1. Temperatur og relativ fuktighet	11
4. Luftforurensninger	13
4.1. Støvmålinger	13
4.1.1. Målemetode	13
4.1.2. Målinger i romluft	13
4.1.3. Målinger i tilluft	13
4.1.4. Konklusjon av støvmålingene	14
4.2. Flyktige organiske forbindelser	16
5. Konklusjoner - tiltak 1	17
Vedlegg 1	18
Vedlegg 2	19
Vedlegg 3	20

Forord

Denne del-rapporten behandler resultatene fra gjennomføring av et tiltak som har bestått i å installere forfilter, skifte inntaksrister og bytte luftfiltre i et ventilasjonsanlegg i en fløy i Sentralblokken. Den tekniske delen av dette tiltaket (montering av rister og filter) ble gjennomført i regi av Teknisk avdeling ved sykehuset. Forsøket ble gjennomført i november/desember 1993.

Sammendrag

Hensikten med forsøket var å finne ut om installasjon av forfilter (EU3), skifte av inntaksrister og bytte av luftfiltre (EU7) i et ventilasjonsaggregat kunne redusere klagen på inn klimaet. De eksisterende filtrene (EU7) i de aktuelle aggregatene var gamle (2 år). I tillegg var filtrene til stadighet fuktige, sannsynligvis på grunn av utette inntaksrister.

Det ble valgt ut to soner i Sentralblokken. Den ene sonen (nordre sengekors) var tiltakssone, der det ble montert forfilter, skiftet luftfilter og inntaksrist i ventilasjonsanlegget. Den andre sonen (søndre sengekors) var en referansesone, der det ikke ble gjennomført noen fysiske tiltak. Effekten av tiltaket ble evaluert ved fysiske målinger av inn klima og luftkvalitet og ved å ansatte fylte ut spørreskjema før og ca. 3 uker etter at tiltaket var satt i gang.

Det ble målt lave konsentrasjoner av svevestøv og TVOC både før og etter tiltak, sammenliknet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet. Gravimetriske støvmålinger viste totalkonsentrasjoner av svevestøv i vaktrom på mellom 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. TVOC-konsentrasjonen varierte mellom 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ til 261 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Temperatur- og fuktighetsmålinger viste ingen store forskjeller mellom sonene.

Den statistiske analysen av dataene fra spørreskjemaene viste at tiltaket ikke førte til noen signifikant endring av klagefrekvens. Tiltaket ga heller ingen målbar endring i filtreringseffektiviteten i tilluften. Imidlertid ble det nå, i motsetning til tidligere, registrert at trykkfallet over luftfiltrene øker med tiden.

1. Gjennomføring av forsøket

1.1. Bakgrunn

Nye filtre og ny inntaksrist i ventilasjonsanlegget i Sentralblokken var et nødvendig tiltak av flere årsaker. Fuktighet i filtrene i ventilasjonsaggregatene har vært et generelt problem ved Haukeland sykehus. Fuktigheten skyldes trolig at inntaksristene har en utforming som ikke hindrer inntrengning av slagregn. Videre var de eksisterende filtrene gamle (2 år). Normalt bør filtrene byttes minst hvert år. En av årsaken til de lange driftstidene er at trykkfallet over posefiltrene aldri har blitt større enn 100 Pa, samme hvor gamle filtrene er. Dette kan imidlertid skyldes fuktigheten i filtrene. Anlegget hadde heller ikke noe forfilter.

Tiltaket antas å forbedre inneklimate på to måter. For det første blir gamle filtre kontaminert av sot og støv, og sammen med stadig fukttilførsel kan dette føre til dårligere kvalitet på tilluften. Nye inntaksrister skal stanse fukttilførselen. For det andre kan våte, eldre filtre ha redusert filtreringseffektivitet.

1.2. Administrasjon av forsøket

Tiltaket besto i å installere forfilter, skifte inntaksrister og bytte luftfiltre i ventilasjonsanlegg i Sentralblokken. Forsøket omfattet to soner. Sone 1 (tiltakssonen) omfattet 5 poster fra 4. til 7. etasje i nordre del av sentralblokken, mens sone 2 (referansesonen) omfattet 5 poster fra 4. til 7. etasje i søndre del. To soner gjorde det mulig å gjennomføre forsøket med dobbel blinding, i tillegg til at den ene sonen kunne brukes som referansesone. På forhånd ble de ansatte i forsøkssonene informert om spørreundersøkelsene. En person fra hver post var ansvarlig for utlevering og innsamling av spørreskjemaene.

Som vist i figur 1, ble første spørreskjema (før tiltak) om luftkvalitet og inneklimate sendt ut i uke 44 (1. - 5. November) 1993. I samme uke foretok Byggforsk målinger av inneklimate (temperaturer, relativ fuktighet og lufthastighet) og luftforurensninger (VOC-målinger og støvmålinger). Filter og inntaksrister i aggregat 57.80 (Sone 1) ble skiftet i uke 45.

Andre spørreskjema ble delt ut i begynnelsen av desember (uke 49). Samme uke ble det gjennomført nye undersøkelser av inneklimate og luftkvalitet. De ansatte ble dermed eksponert for sitt "nye" miljø i ca. 3 uker, før utdeling av det andre spørreskjemaet.

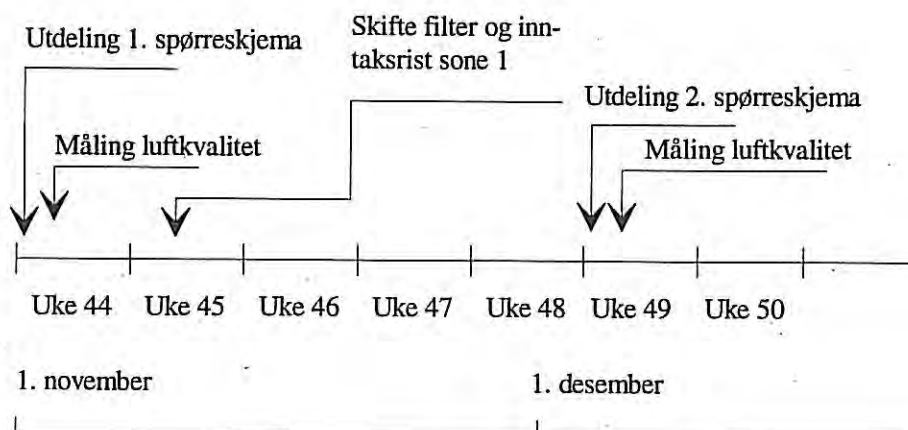


Fig. 1
Framdriften i tiltaket

1.3. Teknisk beskrivelse av tiltaket

Det ble installert forfilter, skiftet inntaksrister og hovedfilter i ventilasjonsaggregat 57.80, som dekker 4.-7. etasje i nordre kors (Sone 1). I ventilasjonsaggregatet 57.81, som dekker sone 2, ble det verken skiftet filter eller inntaksrist. De eksisterende filterne var i begge soner ca. 2 år gamle. Ved skifte av filter ble det benyttet samme filterklasse, EU7 (tilsv. F85). I stedet for posefilter ble det nå satt inn filterkassetter av fabrikat American Air Filter (AAF) Varicel V. Samtidig med monteringen av inntaksristene ble det i sone 1 satt inn forfilter av filterklasse EU3.

De eksisterende ristene var av standard type med horisontale blader. Disse klarer ikke å stoppe slagregn, som dermed forplanter seg inn til filterne. De nye inntaksristene ble prøvd ut i en forsøksrigg på Haukeland sykehus. De nye inntaksristene viste seg å gi bedre beskyttelse mot inntrengning av slagregn i aggregatet. Et tverrsnitt av de nye inntaksristene (produsent American Air Filter) er vist skjematisk i fig. 2. Figur 3 viser målt trykkfall over filterne *etter* bytte av filter i begge aggregatene. Figuren viser at trykkfallet i de nye filterne øker mot omkring 200 Pa i løpet av ett år.

Figur 3 viser også at tiltaket har ført til et økt trykkfall i systemet fra begynnelsen av, siden trykkfallet over det gamle filteret bare var på 100 Pa. Dette medfører reduserte luftmengder i forsøkssonene. Denne reduksjonen i luftmengde er ikke målt.

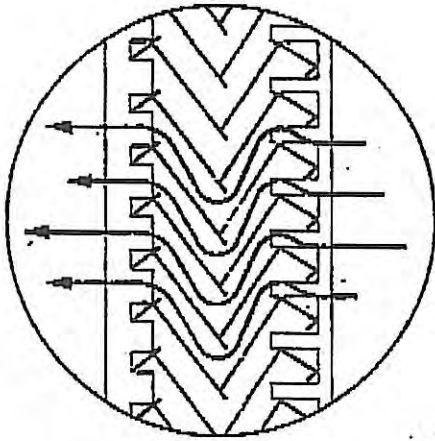


Fig. 2
Skjematisk tverrsnitt av nye inntaksrister
Konstruksjonen som skal hindre inntrengning av slagregn.

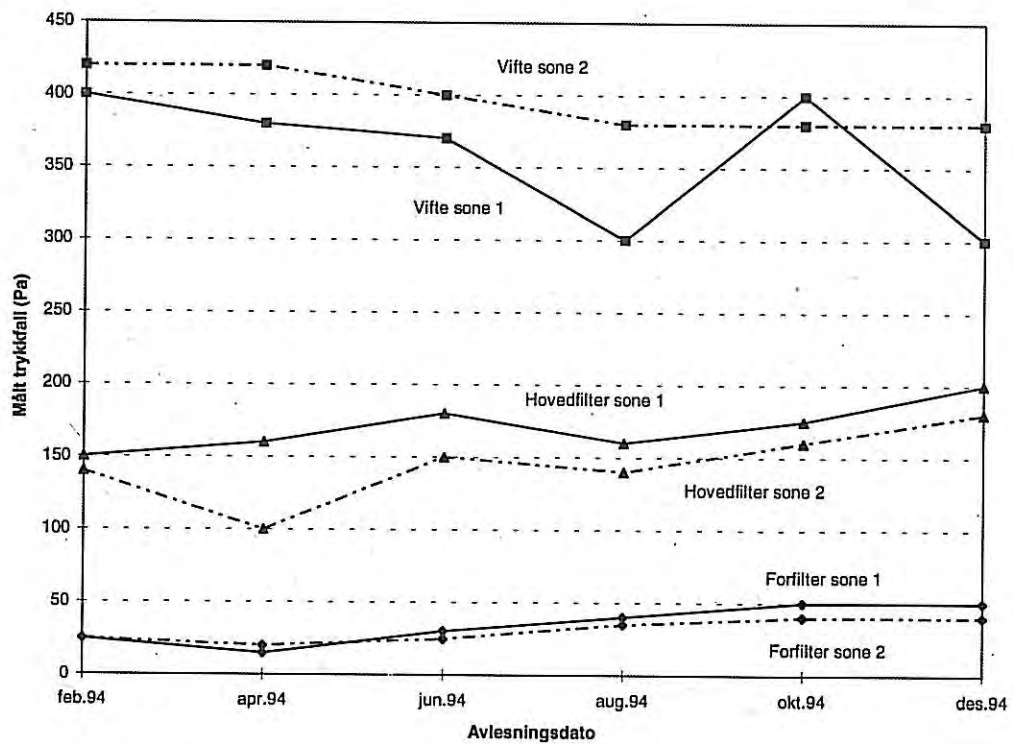


Fig. 3
Målt trykktfall over forfilter, hovedfilter og vifte i ventilasjonsaggregatene 57.80 og 57.81

1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene

Sentralblokken har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsingstemperatur med et set-punkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 °C året rundt. Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rom ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjernerom har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalene umiddelbart før innblåsningsventilene.

Rommene har manuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom. Ventilasjonsaggregat 57.80 forsyner Sone 1 med en luftmengde på 100795 m³/h, dvs. 8,8 m³/h m². Disse tallene gjelder før tiltaket ble satt i verk, som før nevnt ble ikke luftmengden målt etter filterbytte. Ventilasjonsaggregat 57.81 forsyner Sone 2 med luftmengde på 92800 m³/h, dvs. 8,1 m³/h m². Begge anleggene går for halv hastighet om natten- fra 2200 til 0600. For øvrig er ventilasjonsanleggene i Sentralblokken generelt nærmere behandlet i delrapport 2.

2. Spørreundersøkelse

På grunnlag av den innledende kartleggingen i Sentralblokken våren 1993, forsøkte vi å plukke ut to soner som var relativt like mht. klageprosent på de ulike inneklimatefaktorene.

Spørreskjemaene (se *Vedlegg 1*) ble delt ut to ganger til hver ansatt, dvs. en gang før tiltak og en gang etter tiltak. For å nå flest mulig ansatte ble skjemaene i hver spørreunde delt ut i løpet av en 5-dagers periode. Skjemaene ble fylt ut mellom kl. 12 og 14 for ansatte på dagskift og mellom kl. 19-20 for ansatte på kveldsskift. De ansatte skulle angi hvordan de oppfattet inneklimate og luftkvalitet den dagen de besvarte skjemaet.

Det første spørreskjemaet (se vedlegg 1) ble delt ut i uke 44. Det andre spørreskjemaet, som var av samme type som det første, ble delt ut i uke 49, dvs. 3 uker etter at tiltaket var satt i verk i sone 1.

I tabell 1 er det angitt antall besvarte skjema og svarprosent. Svarprosent er beregnet på grunnlag av at det i de periodene spørreskjemaene var ute var mulig å nå opp mot ca. 80% av de som står på turnuslisten.

Tabell 1

Oversikt over svarprosent og antall spørreskjema (n) som ble utfylt i de to sonene.

SONE	Skjema 1		Skjema 2	
	Før tiltak (uke 44)		Etter tiltak (uke 49)	
	n	%	n	%
1 (5 poster)	81	74	68	62
2 (5 poster)	78	85	66	72

2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene

Statistisk testing ble foretatt ved ikke-parametrisk metode (Mann-Whitney test) pga. enkelte skjeve fordelinger og begrenset utfallsrom (1-5). Student T-test gav for de fleste variabler samsvarende resultater.

Ved evaluering av resultater fra spørreundersøkelsen, valgte vi å teste nullhypotesen: likhet mellom sonene for hver av variablene/evt. likhet i svarendring for hver variabel som følge av tiltaket. Dette fordi tiltakets art ga endringer i inneklimate som muligens kunne oppfanges ved flere av spørsmålene. Alternativt kunne antall tester utført for et spesifikt tiltak vært redusert ved å se på de variable som var mest aktuelle for tiltaket.

Ved testing av nullhypotesen er det foretatt ti hypotesetester. Ifølge Bonferonimetoden for multiple tester (*British Medical Journal* vol 310, 1995) vil dette gi et signifikansnivå på 0.005

(0.05/10). Da det er avhengighet mellom flere av testene, vil dette være svært konservativt. Vi velger derfor et signifikansnivå på 0.01.

I tabell 2 og 3 har vi angitt signifikante svarendringer som:

*** for p-verdier <0.005

** for p-verdier <0.01

(* for p-verdier <0.05 , dvs ikke-signifikante endringer er angitt for å vise tendenser i svarendringene)

Deskriptiv analyse av svarene ble foretatt for vise gjennomsnittlig svar på de ulike spørsmålene, og for å avdekke eventuelle forskjeller mellom tiltaks- og kontrollsonene i de to spørre rundene. Her ble alle som hadde besvart spørreskjemaene tatt med. Denne analysen ble i liten grad vektlagt ved vurdering av tiltakenes effekt.

Statistisk testing av tiltakets effekt ble foretatt ved å analysere svar fra ansatte som hadde svart på både skjema I og skjema II.

Følgende tester ble utført:

- 1) Svarendring i tiltakszone fra skjema I til skjema II
- 2) Svarendring i kontrollzone fra skjema I til skjema II
- 3) Forskjell i svarendring mellom tiltakszone og kontrollzone.

Ved vurdering av tiltakets effekt ble den statistiske analysen av forskjell i svarendring mellom tiltaks- og kontrollzone benyttet. Det er også tatt hensyn til svarendring innen hver zone.

2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen

2.2.1. Deskriptiv analyse

Svarfordeling på de ulike spørsmålene i de to sonene er gitt i *vedlegg 2*.

Gjennomsnittsverdiene for de enkelte svar i hver av sonene ble først vurdert fra en deskriptiv synsvinkel (Tabell 2). Her ble alle ansatte som har besvart spørreskjema tatt med.

Tabell 2.

Gjennomsnittssvar for alle som har svart på spørreskjemaene i tiltakssone (T) og kontrollsonen (K). Verdiene er gitt som gjennomsnitt \pm standardavvik for n besvarelser. Signifikante forskjeller mellom sone 1 og sone 2 er angitt; ** $p < 0.01$. (* $p < 0,05$; dvs. ikke-signifikante forskjeller er også angitt for å vise tendenser). Sonen som klager mest er oppgitt i parentes.

FAKTOR	Sone	SKJEMA I (før tiltak) Tiltakssone (T): n=81 Kontrollsonen(K): n=78	SKJEMA II (etter tiltak) Tiltakssone (T): n=68 Kontrollsonen(K): n=66
Skala: 1-5, se vedlegg 1			
Varmekomfort	T	3,0 \pm 1,1	2,9 \pm 1,2
	K	2,7 \pm 1,1	2,8 \pm 1,0
Luftfuktighet	T	1,5 \pm 0,6 ** (T)	1,7 \pm 0,6
	K	1,9 \pm 0,7	1,9 \pm 0,7
Luftkvalitet	T	2,3 \pm 0,7	2,3 \pm 0,7
	K	2,5 \pm 0,7	2,5 \pm 0,7
Hodepine/ tung i hodet	T	2,2 \pm 1,1	2,1 \pm 1,0
	K	1,9 \pm 1,0	2,1 \pm 1,0
Uvelhet/trøtthet	T	2,2 \pm 1,1	2,2 \pm 1,0
	K	2,0 \pm 1,1	2,0 \pm 1,0
Irriterte øyne	T	2,5 \pm 1,3 * (T)	2,5 \pm 1,2 * (T)
	K	2,1 \pm 1,2	2,0 \pm 1,1
Tørr og/eller irritert hals	T	2,6 \pm 1,3 * (T)	2,6 \pm 1,2 * (T)
	K	2,1 \pm 1,2	2,2 \pm 1,2
Tørr og/eller rennende nese	T	2,2 \pm 1,4	2,5 \pm 1,4
	K	1,9 \pm 1,2	2,1 \pm 1,2
Tørre lepper	T	3,7 \pm 1,1 * (T)	3,7 \pm 1,2 ** (T)
	K	3,2 \pm 1,3	3,0 \pm 1,4

Tabell 2 viser at:

1. Før tiltak var klagefrekvensen i tiltakssonen signifikant større enn i kontrollsonen på variabelen tørr luft. For de andre spørsmålene var det ingen forskjeller mellom sonene på det signifikansnivået vi har valgt.
2. Etter tiltak klaget var det ingen forskjell i klage på tørr luft mellom de to sonene. Svarene for leppeplager var imidlertid forskjellige (tiltakssonen klaget mest).

2.2.2. Statistisk analyse

Da den individuelle terskelverdien for inneklimalager varierer, valgte vi å se på forskjell i svar hos den enkelte ansatte, dvs. de som hadde svart både på skjema I og skjema II (se tabell 3). Til tross for at materialet på denne måten blir redusert, og styrken på de statistiske testene blir lavere, er dette en bedre måte å analysere materialet på enn å teste på forskjeller mellom sonene gruppevis før og etter tiltak.

Tabell 3.

Gjennomsnitt i svarendring for de som svarte på både skjema I og II i tiltakssone og kontrollsoner. Verdiene er gitt som gjennomsnitt av svarendring for hver enkelt ansatt (før minus etter tiltak) av totalt n besvarelser. Signifikante svarendringer i tiltakssone og kontrollsoner, samt signifikant forskjell i svarendring mellom de to sonene er satt til p-verdier lavere enn 0,01.

FAKTOR	Gj.snitt svarendring Tiltakssone (før minus etter tiltak) Skjema I-II n=50	Gj.snitt svarendring Kontrollsoner (før minus etter tiltak) Skjema I-II n=49	p-verdi forskjell i svarendring mellom sonene Skjema I-II
Varmekomfort	0,3 ± 1,1	-0,2 ± 1,0	0,071
Luftfuktighet	-0,2 ± 0,7	0,0 ± 0,8	0,138
Luftkvalitet	-0,0 ± 0,8	-0,0 ± 0,8	0,928
Hodepine, tung i hodet	-0,2 ± 1,1	-0,1 ± 1,3	0,790
Uvelhet/trøtthet	-0,2 ± 1,2	0,1 ± 1,2	0,279
Irriterte øyne	-0,1 ± 1,2	0,2 ± 1,2	0,468
Tørr og/eller irritert hals	-0,1 ± 1,2	-0,0 ± 1,4	0,756
Tørr og/eller rennende nese	-0,3 ± 1,3	-0,1 ± 1,2	0,638
Tørre lepper	0,0 ± 1,2	0,2 ± 1,5	0,514

Det var ingen signifikante svarendringer fra skjema I til skjema II verken i tiltaks- eller kontrollsonen.

Det ble heller ikke funnet noen signifikante forskjeller i svarendring mellom sonene for noen av variablene som følge av tiltaket. (Det var heller ingen endringer på 0,05-nivå).

2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen

Ved den statistiske analysen ble det ikke funnet noen bedring i de ansattes rapportering av inneklimalager som følge av tiltaket. Den deskriptive analysen viser at ansatte i tiltakssonen klaget mest over inneklimate før tiltak. Etter tiltak var klagen på tørr luft lik i de to sonene. Imidlertid var det etter tiltak mer klage på tørre lepper i tiltakssonen enn i kontrollsonen.

Vi synes de statistiske testene bør legges til grunn for vurdering av tiltaket. Endringene i svar på inneklimalagspørsmålene var for små til å gi statistisk signifikans i analysene av dette materialet.

3. Inneklima

3.1. Temperatur og relativ fuktighet

Temperatur og relativ fuktighet ble målt på ett vaktrom i sone 1 og ett vaktrom i sone 2. Målingene ble utført med termohygrograf, termoelementer og en Rotronic fuktføler tilknyttet datalogger. Termoelementene ble plassert sentralt i rommet i tre høyder (0,1 m, 1,2 m og 1,8 m). Resultatene fra målingene med termoelementer er vist i tabell 4 og 5 og i figurer a-e i Vedlegg 3. Tabell 4 viser resultater fra målinger som er gjort i samme periode som spørreskjemaene ble delt ut. Når ikke annet er angitt, er det vist temperatur- og fuktighetsdata for 1,8 m.

Før tiltak:

- Målinger med termoelementer viste gjennomgående litt høyere temperatur på vaktrommet i sone 2 enn i sone 1 (gjennomsnittlig 1,4°C høyere, dvs ca. 24°C) (Tabell 4 og Fig. a og b i Vedlegg 3).
- Målinger med termohygrografer ble utført på 3 vaktrom i sone 1 og 4 vaktrom i sone 2. Temperaturen varierte noe mellom de ulike vaktrommene, men gjennomsnittlig temperatur på både de tre vaktrommene i sone 1 og de fire vaktrommene i sone 2 var ca. 22,5°C på dagtid.
- Relativ fuktighet varierte lite i denne perioden, og var mellom 25 og 29 % i begge sonene. (Fig. d i Vedlegg 3)

Etter tiltak:

- Relativ fuktighet var i starten av uken ca. 30-35 %, og var da noe høyere enn i perioden før tiltak. Fuktigheten sank i løpet av uken helt ned til 12-15 %, som var lavere enn i perioden før tiltak. Det er ingen markert forskjell mellom sonene. (Fig. e i Vedlegg 3).
- Målinger med termoelementer ble utført på de samme 2 vaktrommene som før tiltak (Tabell 4). Det var små forskjeller mellom temperaturen på de to vaktrommene (gjennomsnitt ca. 24°C) (Tabell 4 og Fig. a og b i Vedlegg 3). Gjennomsnittstemperaturen i vaktrommet i sone 1 er økt med 1 grad i uke 49.
- Målinger med termohygrografer ble utført på ett vaktrom i sone 1 og ett vaktrom i sone 2. Temperaturen på disse rommene synes å være relativt lik (ca. 22°C).

Målinger over hele forsøksperioden:

Temperatur og relativ fuktighet ble logget i hele forsøksperioden (1.11 til 10.12) på de to valgte vaktrommene i sone 1 og 2 (tabell 5).

- Det er stor forskjell på gjennomsnittstemperaturen på den oppvarmede tilluften fra vindusapparatene (16°C høyere i sone 2 enn i sone 1). Varme-elementene står altså oftere på i vaktrommet i sone 2 enn i sone 1. Temperaturen i rommet er imidlertid bare 0,6°C høyere i sone 2.
- Tilluftstemperaturen i taket ble bare målt i sone 1, og var relativt konstant (standardavvik 0,8) Avvikene i tilluftstemperaturen i begynnelsen av perioden skyldes sannsynligvis tekniske problemer med reguleringsautomatikken.
- Gjennomsnittsverdi for relativ fuktighet var relativt lik i de to sonene (21,6 og 22,2 %).

Tabell 4

Temperaturmålinger med termoelementer

Kolonnene for hver dag representerer gjennomsnittsverdier i løpet av en dag, fra kl. 0600 til 1800.

Målested	Måleperiode	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Gjennomsnittstemperatur	Standardavvik
Tiltakssone, (sone 1, nord)	Før tiltak uke 44	22,9	22,9	22,6	22,4	22,7	0,44
Kontrollsoner (sone 2, syd)	Før tiltak uke 44	24,1	23,7	24,9	24,0	24,1	0,36
Tiltakssone, (sone 1, nord)	Etter tiltak uke 49	23,0	23,5	23,7	24,3	23,7	0,21
Kontrollsoner (sone 2, syd)	Etter tiltak uke 49	24,2	24,3	24,1	23,9	24,1	0,27

Tabell 5

Temperaturdata for hele forsøksperioden (1.11 til 10.12)

	Gjennomsnitt	Standardavvik	Maksimum	Minimum
Tiltakssone, (sone 1, nord)				
RF	22,2	6,1	37,7	7,0
Tilluft tak	17,4	0,8	24,6	16,1
Tilluft vindu	30,9	11,5	53,5	16,7
vaktrom 6036	23,4	1,1	25,8	20,6
Korridor	22,3	0,5	24,6	20,5
Kontrollsoner (sone 2, syd)				
RF	21,6	5,5	34,76	7,09
Tilluft vindu	46,4	9,8	60,2	17
Vakt 6165, 1.2m	24,0	0,7	26	21,1
Korridor	23,4	0,6	25,1	21,7

4. Luftforurensninger

4.1. Støvmålinger

4.1.1. Målemetode

Det ble gjennomført støvmålinger etter to metoder, gravimetrisk måling og partikkeltelling.

Den gravimetriske målingen ble gjennomført ved hjelp av tofilterprøvetakere og pumper konstruert av Norsk Institutt for luftforskning. Pumpehastigheten var 10 l/min, oppsamlingstiden varierte mellom ca. 8 timer og 16 timer. Filterdiameter i prøvetakerne var 47 mm (effektivt 40 mm). Tofilterprøvetakere separerer støvet i to fraksjoner, finfraksjon og grovfraksjon. Finfraksjonen inneholder partikler med diameter mindre enn 2,5 µm (cut-off 50 % ved 2,5 µm), mens grovfraksjonen inneholder partikler med diameter mellom 2,5 µm og ca. 15 µm (cut-off 50 % ved 15 µm).

Partikkeltellingen ble foretatt med Met-One laser partikkelteller, som teller partikler i ulike størrelsesklasser over 0,3 µm. Antall tellinger på hvert målested varierte mellom 4 og 8.

Støvmålingene ble gjennomført 2 ganger, i begynnelsen av uke 44 og uke 49.

4.1.2. Målinger i romluft

Målingene ble gjennomført 1,8 m over gulv like ved skrivebord, ca. 3 m fra tilluftsventil under vindu og ca. 3 m fra tilluftsventil i tak.

Gravimetriske målinger (Tabell 6) viser lave konsentrasjoner av svevestøv sammenlignet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet (finstøv: 40 µg/m³, totalstøv 90 µg/m³).

Ifølge partikkeltellingene er innendørs aktiviteter kilden til svevestøv >1 µm. Kilden til svevestøv <1 µm er hovedsaklig uteluft. Kildene til *finfraksjon* (dvs. < 2, 5 µm) er ifølge begge målemetoder en kombinasjon av uteluft og innendørs aktiviteter.

Kildene til *grovfraksjon* (dvs. 2,5-15 µm) er ifølge partikkeltellingene hovedsaklig å finne innendørs. De gravimetriske målingene tyder imidlertid på at 20-70% av grovfraksjonen kommer fra uteluften.

4.1.3. Målinger i tilluft

Partikkeltellingene ble gjennomført ved å ta ut ventil i tak, og stikke slange ca. 30 cm opp i kanalen, med munningen vendt mot strømningsretningen.

Uteluften var renere den dagen målingene ble utført etter tiltak (Tabell 6). De gravimetriske målingene viser at også finfraksjonen i romluften var lavere etter tiltak i begge sonene.

For å vurdere filtreringseffektiviteten før og etter tiltak ble støvkonsentrasjonen i tilluft satt opp i prosent av konsentrasjon i uteluft (Tabell 7).

Partikkeltellingene (Tabell 6 og 7) viser at luftfilteret fjerner:

70-85% av partiklene: $> 0,3 \mu\text{m}$
> 80 % " " $> 0,5 \mu\text{m}$
> 98 % " " $> 1,0 \mu\text{m}$

Partikkeltellingen antyder en litt høyere filtreringseffektivitet etter tiltak (Tabell 7). Dersom denne bedringen er reell, skyldes dette sannsynligvis ikke filterbytte siden verdiene er lavere både i kontrollsonen (der det ikke var byttet filter) og i tiltakssone.

4.1.4. Konklusjon av støvmålingene

Bytte av filter ser i dette forsøket ikke ut til å gi noen målbar endring i filtreringseffektiviteten i tilluften. Støvnivået i romluften er lavt sammenlignet med Helsedirektoratets retningslinjer. Innendørs kilder til både fin- og grovfraksjonen bidrar i stor grad til det totale støvnivået i romluften. Svingninger i uteluftkonsentrasjon gir også store endringer i finstøvnivå innendørs. Det vil derfor være svært vanskelig med disse metodene å påvise et redusert svevestøvnivå i romluft pga. økt filtreringseffektivitet.

I så fall måtte man konsentrert målingene om partikkelstørrelser $\leq 0,3 \mu\text{m}$ som i liten grad produseres innendørs.

Tabell 6

Resultater fra støvmålinger før og etter tiltak

Målingene ble utført både med en gravimetrisk metode og med partikkeltelling utført med en laser partikkelteller.

Antall partikler fra partikkeltellingen representerer gjennomsnittsverdier av 4-8 tellinger på hvert sted. De gravimetriske støvmålingene er gjennomsnittsverdier i en periode opp til et døgn.

Sone		Partikkeltelling						Gravimetrisk støvmåling		
		Antall partikler pr. ft ³ over angitt partikkeldiameter (µm)						µg/m ³		
		0,3	0,5	1	2	5	10	Fin-fraksjon	Grov-fraksjon	Totalt
	Før tiltak:									
Sone 1	Luftinntak nord	142223	16226	1214	548	123	50	11,3	16,2	27,5
	Tilluft nord	36033	1669	17	3	3	2	3,6	2,8	6,4
	Vaktrom nord	35158	2364	307	311	107	109	8,1	14,8	22,9
Sone 2	Luftinntak syd	119059	11528	820	352	65	25	12,9	24,8	37,7
	Tilluft syd	37934	1950	16	2	0	1	3,3	15,9	19,2
	Vaktrom syd	29563	1833	146	117	40	51	8,4	22,2	30,6
	Etter tiltak:									
Sone 1	Luftinntak nord	34782	8252	1001	185	8	1	4,2	9,4	13,6
	Tilluft nord	7186	445	6	0	0	0	2,3	4,1	6,4
	Vaktrom nord	15187	2283	658	550	162	107	2,1	19,3	21,4
Sone 2	Luftinntak syd	56344	12306	1287	250	12	1	9,1	14,9	24
	Tilluft syd	8542	323	3	0	0	0	2,5	6,7	9,2
	Vaktrom syd	7964	850	239	247	94	163	4,4	20,6	25

Tabell 7

Støvkonsentrasjon i tilluft i prosent av støvkonsentrasjon i uteluft (v/luftinntak), før og etter tiltak

Sone		Partikkeltelling						Gravimetrisk støvmåling		
		Tilluft/uteluft (%)						Tilluft/uteluft (%)		
		0,3	0,5	1	2	5	10	Fin-fraksjon	Grov-fraksjon	Totalt
	Før tiltak:									
Sone 1	Tilluft nord	25	10	1	0	3	4	32	17	23
Sone 2	Tilluft syd	32	17	2	1	0	3	26	64	51
	Etter tiltak:									
Sone 1	Tilluft nord	21	5	1	0	0	0	55	44	47
Sone 2	Tilluft syd	15	3	0	0	0	0	27	45	38

4.2. Flyktige organiske forbindelser

Flyktige organiske forbindelser ble samlet opp ved hjelp av ATD prøvetakningsrør med fast adsorbent (Tenax). Oppsamlingen ble gjennomført med Sipin pumper i løpet av ca. 2 timer. Luftmengden som ble trukket gjennom rørene varierte mellom 3000 og 4000 ml. Pumpene ble leid hos Statens Arbeidsmiljøinstitutt og kalibrert ved Byggforsk. 12 prøver ble samlet opp i Sentralblokken. Prøvene ble deretter sendt til Chemiklab laboratorium i Sverige for termisk desorpsjon og analyse på GC/MS. Tabell 8 viser totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser i toluen-ekvivalenter. Verdiene representerer arealet mellom 121 og 3600 sekunder i kromatogrammet.

Hovedkonklusjoner fra målingene:

- Det er målt lave TVOC-verdier, sammenliknet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet.
- Nye filtre avgir ikke målbare mengder flyktige organiske forbindelser
- Det er lave verdier på steder der vi tidligere har målt høye verdier (vaktrom 4865 og 4767)

Tabell 8

Totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser (TVOC)

	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	før tiltak	etter tiltak
Sone 1		
KIR.1, 4.etg, vaktrom, nord	87	
MED.5, 7.etg, vaktrom, nord	195	76
korridor, 7.etg, nord	201	
tilluft, 7.etg, nord	120	119
ute, 7.etg, nord	131	142
Sone 2		
MED.7, 4.etg, vaktrom, sør	129	
OT.2, 7.etg, vaktrom, sør	169	142
korridor, 7.etg, sør	261	
tilluft, 7.etg, sør	174	57
ute, 7.etg, sør	225	79
Supplerende målinger:		
vaktrom 4865, 5.etg	188	
vaktrom 4767, 5.etg	232	

5. Konklusjoner - tiltak 1

Den statistiske analysen av spørreskjemaene viste at montering av inntaksrist og forfilter, samt skifte av hovedluftfilter ikke ga noen klar endring i klager på inneklimate.

Bytte av luftfilter gav heller ingen målbar endring i filtreringseffektiviteten i tilluften. Støvnivået i romluften var lavt sammenlignet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet. Innendørs kilder til både fin- og grovfraksjonen bidrar i stor grad til det totale støvnivået i romluften. Svingninger i uteluftkonsentrasjonen gir også store endringer i finstøvnivå innendørs. Dette gjør det vanskelig å påvise et redusert svevestøvnivå i romluft pga. økt filtreringseffektivitet.

Det ble målt lave verdier for flyktige organiske forbindelser (TVOC) sammenlignet med Helsedirektoratets retningslinjer. Dette tyder bl.a. på at nye filter ikke avgir målbare mengder TVOC.

Det var ellers små forskjeller i gjennomsnittlig temperatur og relativ fuktighet mellom de to sonene. Det var heller ingen forskjell i de ansattes vurdering av varmekomforten på spørreskjemaet. Målinger som ble utført med termoelementer på ett tilfeldig valgt vaktrom i tiltakssonen, viste imidlertid en litt høyere temperatur i perioden etter tiltak. Temperaturen i vaktrommene var relativt høy i lange perioder.

I vurderingen av tiltaket må man være oppmerksom på at eventuelle positive effekter av filterbyttet kan ha blitt maskert på grunn av at filterbyttet i tiltakssonen økte trykkfallet over filtrene, med en nedsatt, ikke dokumentert luftmengde til sonen som resultat. Det var også noe høyere temperatur i et vaktrom i tiltakssonen etter tiltak.

Sett under ett kan det konkluderes med at tiltaket ikke førte ikke til noen målbar endring verken i filtreringseffektivitet over luftfilteret eller i de ansattes rapportering av inneklimalager. Imidlertid blir det nå, i motsetning til tidligere, registrert at trykkfallet over luftfiltrene øker med tiden. Dette indikerer at luftfiltrene nå fungerer bedre, sannsynligvis pga. at de nå holder seg tørrere enn før. Nye inntaksrister ble i løpet av 1994 montert i alle luftinntak i Sentralblokken.

Vedlegg 1

Undersøkelse nr.:

Kode:

Spørreskjema for personlig vurdering av inneklima og luftkvalitet

I samarbeid med Norges byggforskingsinstitutt skal Haukeland sykehus prøve ulike tiltak for å få bedre luftkvalitet og inneklima i sykehuset. Denne spørreundersøkelsen gjennomføres for at effekten av tiltakene skal kunne kontrolleres på en ordentlig måte. Opplysningene du oppgir i skjemaet vil bli behandlet konfidensielt.

Hvordan oppfatter du inneklima og luftkvalitet på avdelingen i dag?

Sett et kryss i en av rutene ved varmekomfort, luftfuktighet, og luftkvalitet:

	Varmt	Litt varmt	Nøytralt	Litt kjølig	Kjølig
Varmekomfort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært fuktig luft	Fuktig luft	Nøytral	Tørr luft	Svært tørr luft
Luftfuktighet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært god luft	God luft	Nøytral	Dårlig luft	Svært dårlig luft
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

I hvilken grad har du følt ubehag på avdelingen i løpet dagen?

Sett et kryss i en av rutene ved hvert symptom:

	Intet ubehag	Litt ubehag	Moderat ubehag	Sterkt ubehag	Meget sterkt ubehag
Hodepine, tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uvelhet, trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irriterte øyne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr og/eller irritert hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tett og/eller rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørre lepper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvis du har spesielle kommentarer, kan du skrive her:

Skriv dato for utfylling: ___/___

Ved dagskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 12 og 14)

Ved kveldsskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 19 og 20)

Vedlegg 2

Svarfordeling (%) på svaralternativer i spørreskjemaet

SPØRSMÅL	SONE 1 a		SONE 1 b	
	Skjema 1 n = 81	Skjema 2 n = 68	Skjema 1 n = 78	Skjema 2 n = 66
VARMEKOMFORT				
1. Varmt	9,9	10,3	12,8	15,2
2 Litt varmt	25,9	32,4	30,8	15,2
3 Nøytralt	33,3	30,9	35,9	47
4. Litt kjølig	33,3	13,2	12,8	21,2
5 Kjølig	12,3	13,2	7,7	1,5
LUFTFUKTIGHET				
1 Svært fuktig luft	0	0	0	0
2. Fuktig luft	0	1,5	0	0
3 Nøytral	2,5	5,9	16,7	18,2
4 Tørr luft	44,4	57,4	56,4	50
5 Svært tørr luft	53,1	35,3	26,9	31,8
LUFTKVALITET				
1 Svært god luft	0	0	1,3	0
2 God luft	0	1,5	1,3	4,5
3 Nøytral	40,4	41,2	48,7	43,9
4 Dårlig luft	46,9	45,6	39,7	51,5
5 Svært dårlig luft	12,3	11,8	9	4,5
HODEPINE, TUNG I HODET				
1 Intet ubehag	33,3	32,4	43,6	36,4
2 Litt ubehag	29,6	30,9	33,3	28,8
3 Moderat ubehag	23,5	27,9	16,7	27,3
4 Sterkt ubehag	11,1	8,8	3,8	7,6
5 Meget sterkt ubehag	2,5	0	2,6	0
UVELHET, TRØTTHET				
1 Intet ubehag	32,1	29,4	44,9	40,9
2 Litt ubehag	34,6	33,8	25,6	30,3
3 Moderat ubehag	19,8	27,9	20,5	19,7
4 Sterkt ubehag	11,1	5,9	3,8	9,1
5 Meget sterkt ubehag	2,5	2,9	5,1	0
IRRITERTE ØYNE				
1 Intet ubehag	27,2	23,5	46,2	48,5
2 Litt ubehag	24,7	32,4	23,1	21,2
3 Moderat ubehag	23,5	26,5	16,7	16,7
4 Sterkt ubehag	18,6	8,8	7,7	13,6
5 Meget sterkt ubehag	6,2	8,8	6,4	0
TØRR OG/ELLER IRRITERT HALS				
1 Intet ubehag	25,9	22,1	38,5	37,9
2 Litt ubehag	17,3	29,4	25,6	25,8
3 Moderat ubehag	29,6	25	20,5	24,2
4 Sterkt ubehag	21	14,7	12,8	7,6
5 Meget sterkt ubehag	6,2	8,8	2,6	4,5
TETT OG/ELLER RENNENDE NESE				
1 Intet ubehag	43,2	35,3	55,1	43,9
2 Litt ubehag	23,5	17,6	15,4	19,7
3 Moderat ubehag	11,1	17,6	15,4	19,7
4 Sterkt ubehag	13,6	17,6	11,5	13,6
5 Meget sterkt ubehag	8,6	11,8	2,6	3
TØRRE LEPPER				
1 Intet ubehag	3,8	4,4	14,1	22,7
2 Litt ubehag	12,3	16,2	15,4	12,1
3 Moderat ubehag	19,8	14,7	21,8	22,7
4 Sterkt ubehag	38,3	36,8	30,8	24,2
5 Meget sterkt ubehag	25,9	25,9	17,9	18,2

Vedlegg 3

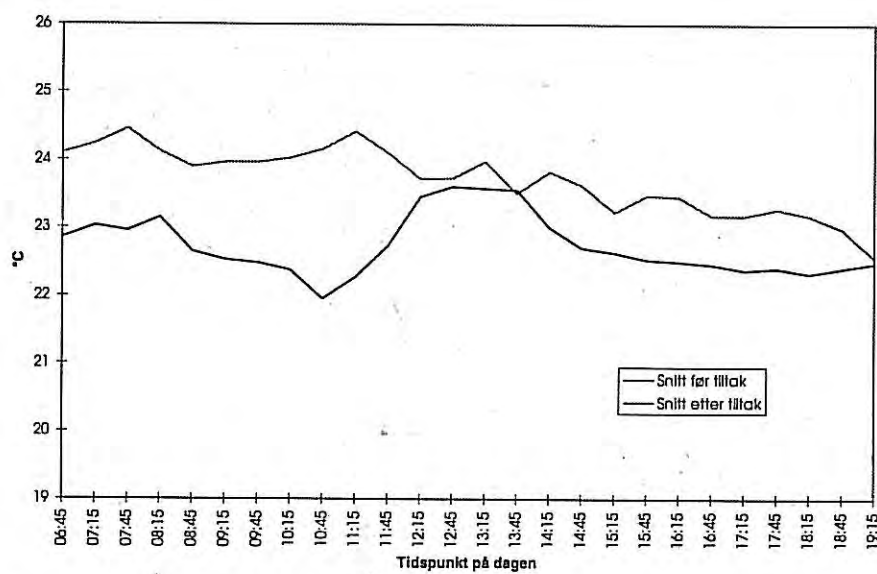


Fig. a
Gjennomsnittstemperaturer tiltakssone (sone 1, nord) før og etter tiltak (uke 44 og 49)

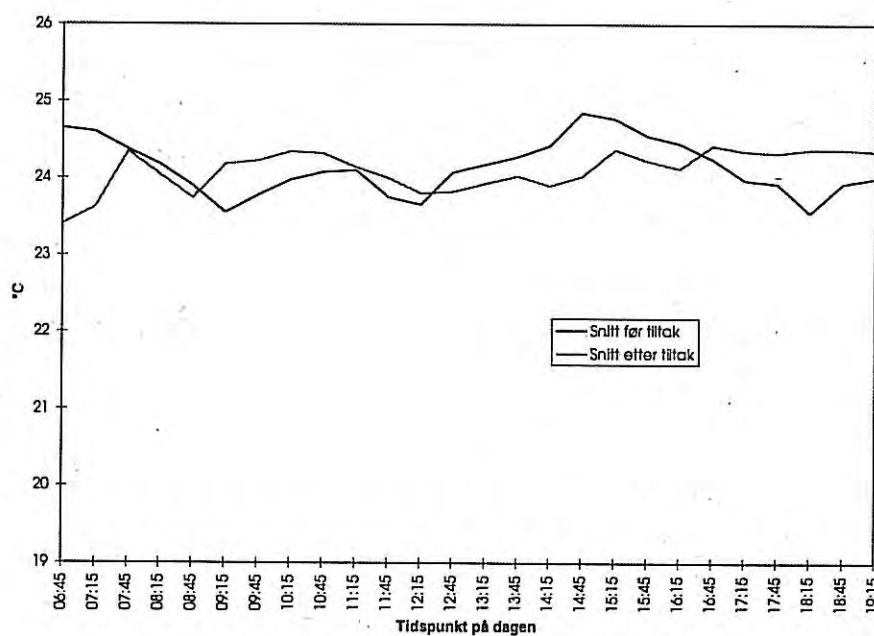


Fig. b
Gjennomsnittstemperaturer kontrollsoner (sone 1, syd) før og etter tiltak (uke 44 og 49)

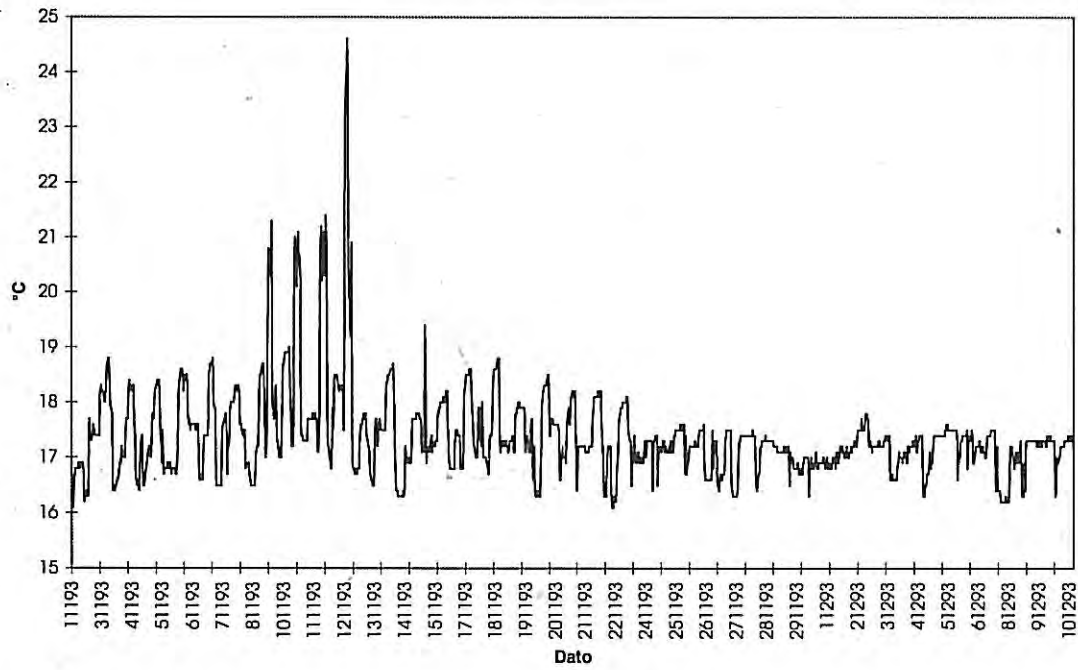


Fig. c
Temperatur tilluft fra takventil i vaktrom tiltakssone (sone 1, nord)

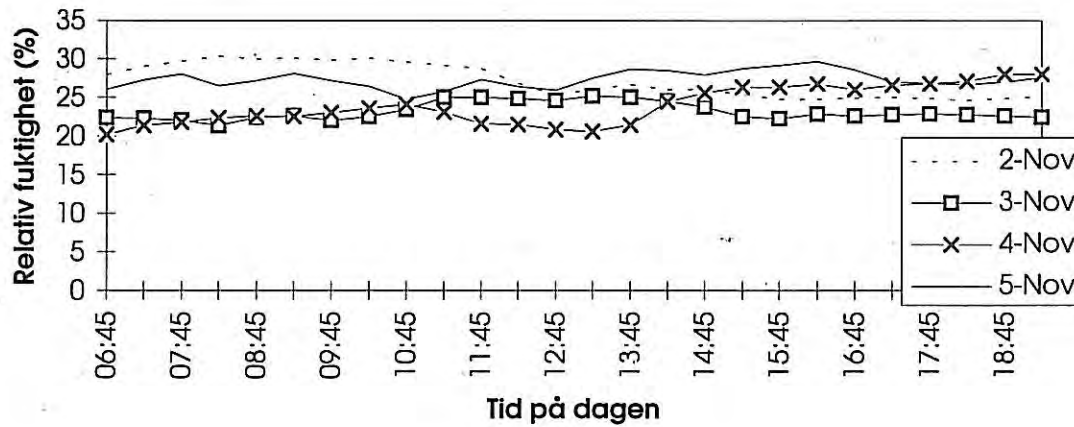


Fig. d
Relativ fuktighet tiltakssone (sone 1, nord), før tiltak (uke 44)

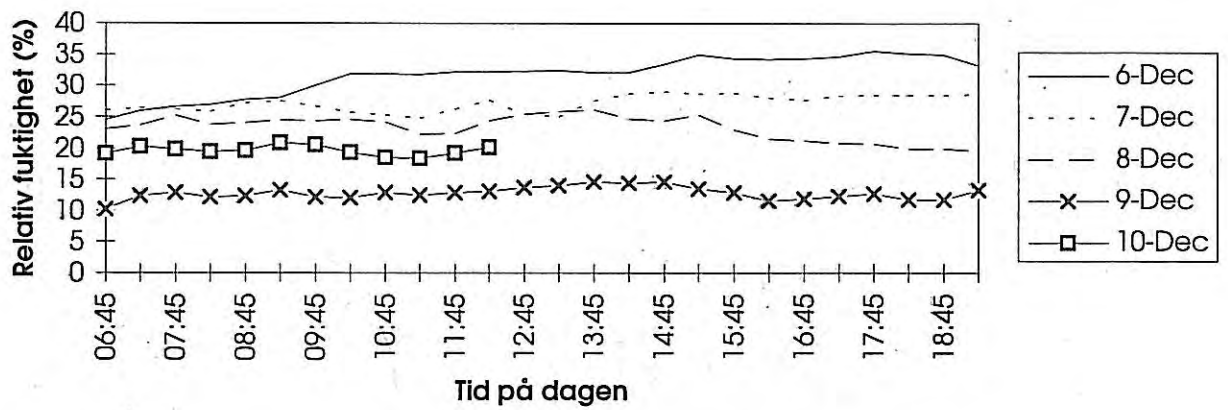


Fig. e

Relativ fuktighet tiltakssone (sone 1, nord), etter tiltak (uke 49)

Delrapport 4

Økt tilluftsmengde ved installasjon av ventiler med diffus innblåsing

Innhold

Forord	2
Sammendrag	2
1. Gjennomføring av forsøket.....	3
1.1. Bakgrunn.....	3
1.2. Administrasjon av forsøket.....	3
1.3. Den tekniske gjennomføringen av tiltaket	4
1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene	7
2. Spørreundersøkelse.....	8
2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene.....	8
2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen	9
2.2.1. Deskriptiv analyse.....	9
2.2.2. Statistisk analyse.....	10
2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen	13
3. Inneklima	14
3.1. Temperatur og fuktighet	14
3.2. Lufthastighet	15
4. Støvmålinger.....	16
5. Konklusjon - tiltak 2.....	18
Vedlegg 1.....	19
Vedlegg 2.....	20
Vedlegg 3.....	22

Forord

Denne del-rapporten behandler resultatene fra gjennomføring av et tiltak som bestod i å installere tilluftsventiler og øke tilluftsmengden i to soner i Sentralblokken. Forsøket ble gjennomført i tidsrommet januar-april 1994.

Sammendrag

Hensikten med forsøket var å undersøke om tilførsel av mer luft via diffus innblåsing kunne redusere helseplager og klager på innklimaet. Tiltaket ble gjennomført ved å installere nye tilluftskanaler og ventiler på en del av rommene i to avdelinger i 4. og 6. etg., dvs. i området mellom sengekorsene. Tiltaket ble først satt i drift på den ene avdelingen, dernest på den andre. De nye ventilene skulle sørge for en diffus, trekkfri innblåsing. Tilluftsmengden ble økt med nesten 100 % i de aktuelle rommene. I løpet av forsøksperioden ble det gjennomført 3 spørreundersøkelser om brukernes oppfatninger av klimaet. I tillegg ble det gjennomført kontinuerlige registreringer av temperatur og relativ fuktighet.

Det var ingen store temperaturforskjeller mellom de to sonene. Gjennomsnittstemperaturene før og etter tiltak er også relativt like. Det er heller ingen store temperaturgradienter i rommene, verken før eller etter tiltak.

Lufthastigheten i vaktrommene (målt im 0,7 m høyde) varierte mellom 0,04 m/s og 0,16 m/s. Målingene indikerer at lufthastigheten økte noe etter tiltak. Totalkonsentrasjoner av svevestøv i vaktrom var lave (20 - 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sammenliknet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet.

Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at økt luftmengde ved diffus innblåsing har gitt en bedring i varmekomfort og i opplevd luftkvalitet i et område der klageprosenten for disse parametrene var spesielt høy.

1. Gjennomføring av forsøket

1.1. Bakgrunn

Vaktrom i midtre del av de øvre etasjer av Sentralblokken er til dels tungt belastet klimamessig, med tidvis mange personer på relativt små rom. Spørreundersøkelsen i Sentralblokken i mars 1993 viste en høy andel av klager på høy temperatur og innestengt luft i dette området. Det er rimelig å anta at økte luftmengder, tilført oppholdssonen på en trekkfri måte, vil kunne redusere denne typen klager.

1.2. Administrasjon av forsøket

Tiltaket ble gjennomført ved å installere nye tilluftskanaler og ventiler i en del rom i to avdelinger. De nye ventilene skulle sørge for en diffus, trekkfri innblåsing. Tilluftsmengden ble økt med nesten 100 % i de aktuelle rommene.

Avdelingene i 4.etasje og i 6. etasje i midtre del av blokken ble valgt som forsøkssoner. I disse sonene var det ved den generelle spørreundersøkelsen i sentralblokken dokumentert høy frekvens av klager på høy temperatur og innestengt luft.

I tillegg til spørreundersøkelser ble det før og etter tiltak gjennomført målinger av luftmengder i ventilasjonsanlegget, lufthastigheter i oppholdssonen og svevestøvmålinger. Under hele forsøksperioden ble temperatur og relativ fuktighet målt med termoelementer og fuktighetsmåler tilknyttet datalogger.

Gangen i forsøket var som følger (se også fig. 1):

1. Kontroll før tiltak i uke 2 (spørreskjema nr. 1)
2. Installasjon av nye kanaler og ventiler fra uke 3. Arbeidet startes i 6. etg. og fortsetter på i 4.etg. Begge steder er anleggene installert og innregulert i uke 6.
3. Ventilasjon via nye kanaler settes igang i 6. etg. i uke 6.
4. Kontroll etter tiltak i uke 9 (spørreskjema nr. 2)
5. Ventilasjon settes i gang i 4. etg. i uke 10
6. Kontroll etter tiltak i uke 12 (spørreskjema nr. 3)

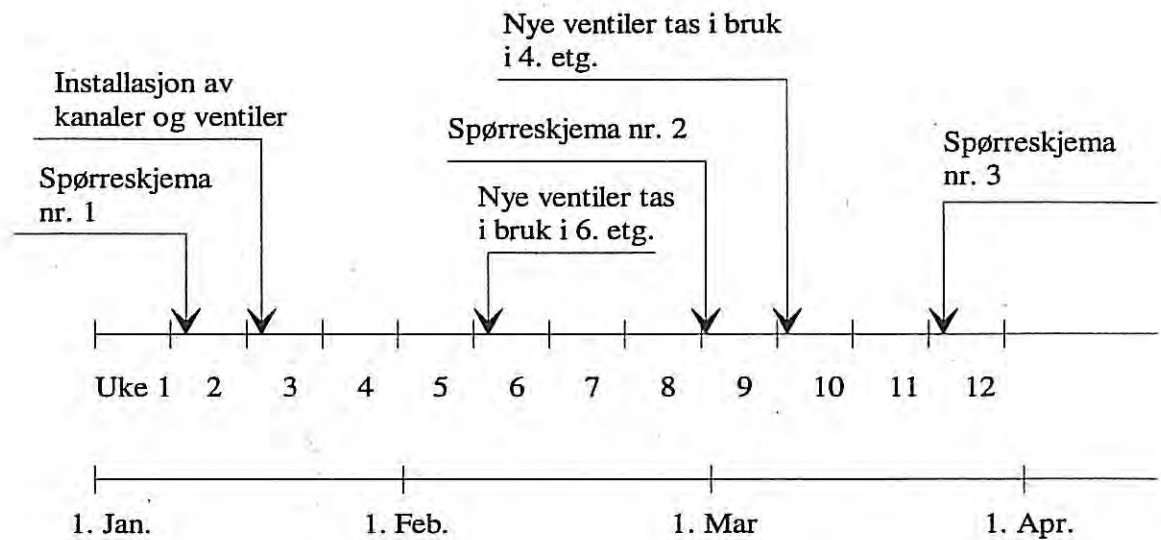


Fig. 1
Tidsplan for gjennomføring av forsøket

1.3. Den tekniske gjennomføringen av tiltaket

Det ble montert nye tilluftskanaler og -ventiler i begge soner. Ventilene ble montert i pasientrom, vaktrom og korridor. I 6. etg. ble det i tillegg montert nye avtrekksventiler og -kanaler fra kjøleskap og skap for blanding av antibiotika i depotrom. Dessuten ble det montert av direkte avtrekk fra fire monitorer som er plassert i vaktrom.

Omtrent en 1/4 av de to postenes totale areal får økt luftmengde. I 6.etg. berøres 2 fire-sengers rom av i alt 14 sengerom og alle kontor- og grupperom. I 4.etg. berøres to fire-sengersrom, et grupperom (vaktrom) og omkring halve korridorarealet.

Egentlig består tiltaket i dette forsøket av to forskjellige tiltak. For det første får rommene mer tilluft, for det andre tilføres rommene luften på en ny måte.

Den ekstra tilluften til forsøkssonene ble hentet fra eksisterende hovedkanaler i ventilasjonsaggregat 57.80. Øvrige deler av bygningen som forsynes av dette aggregatet har dermed fått noe mindre luft. Reduksjonen er imidlertid såpass liten (omkring 2,5 %) at side-effekter av tiltaket bør kunne neglisjeres.

Tilførsel av luft på en ny måte har skjedd ved montering av nye tilluftskanaler til ventiler med diffus innblåsing. I grupperom og sekretær-rom har de nye ventilene erstattet tilluftsventil i taket. Takventilene ble omgjort til avtrekksventiler. Rom som ligger mot fasade får nå tilluft dels via vindusaggregat, dels via ventiler for diffus innblåsing. De nye ventilene er plassert på gulv i et hjørne på bakveggen.

Ventiler for diffus innblåsing av tilluft brukes ofte i forbindelse med fortrenningsventilasjon. Dette ventilasjonsprinsippet skal sikre at forurensninger i oppholdssonen fortrennes opp mot et avtrekk ved en "stempeleffekt". Dette skal gi en høy ventilasjonseffektivitet. Dette prinsippet er ikke gjennomført i dette tiltaket. På grunn av innblåsing fra vindusaggregatene får rommene vanlig omrøringsventilasjon.

Utformingen av de nye ventilene skal imidlertid sikre at luften blir tilført uten at det oppstår trekkproblemer.

Luftmengdene før og etter tiltak er vist i tabell 1. Luftmengdene i ventilene er målt dels av Haukeland sykehus, teknisk avdeling, dels av firmaet som installerte det nye anlegget. De nye ventilene var av type "Siv inn", levert av O.A. Larsen a/s.

Tabellen viser at det er relativt mye luft i de rommene som har fått nye ventiler.

Byggeforskriftens minimumskrav ligger på ca. 5 m³/h pr. m². Byggdetaljblad G 421.505 anbefaler generelt en luftmengde på ca. 10 m³/h pr. m², forutsatt en personbelastning på 0,1 person/m². Ut fra Byggdetaljblad G 421.505 kan det beregnes at de to vaktrommene i postene nå har nok luft for 16 personer. Tabellen viser at det er omtrent like stor økning i tilluftsmengden til de to sonene (1200 m³/h)

Tabell 1
Målte luftmengder før og etter tiltak på de enkelte rommene

rom	Areal	Før tiltak			Etter tiltak			Kommentar
		tilluft	tilluft pr. m ²	avtrekk	tilluft	tilluft pr. m ²	avtrekk	
6. etg.								
Vaktrom	16	250	15,9	260	525	33,3	450	Før vindusinnblåsing, nå vindusinnblåsing og diffus innblåsing
Postsekr.	15	130	8,7	80	280	18,7	300	Før takinnblåsing og avtrekk. lysarmatur, nå diffus innblåsing avtrekk lysarmatur
Avd. spl.	11	170	16,2	120	320	30,5	320	Før vindusinnblåsing, nå vindusinnblåsing og diffus innblåsing
Pas. rom	36	270	7,5	40	550	15	40	Før vindusinnblåsing, nå vindusinnblåsing og diffus innblåsing. Det meste av avtrekket går via dusj og toalett
"	36	270	7,5	25	550	15	25	"
Depot	6	120	20,0	120	120	20,0	220	Montert avtrekk fra kjøleskap og avtrekkskap for blanding av antibiotika
Korridor	57	450	7,9		450	7,9		Ingen endring. Avtrekk over himling.
Totalt	209	1210		645	2345		1355	
4. etg.								
Vaktrom	16	240	15,2	180	480	30,5	400	Innblåsing i tak er blitt avtrekksventil, montert diffus innblåsing
Pas. rom	36	280	7,8	60	530	14,7	60	Før vindusinnblåsing, nå vindusinnblåsing og diffus innblåsing. Det meste av avtrekket går via dusj og toalett
"	36	280	7,8	65	530	14,7	65	"
Korridor	57	400	7,1		650	11,5		Ekstra diffus ventil. Avtrekk over himling
Totalt	177	1200		305	2190		525	

1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene

Sentralblokken har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsningsstemperatur med et set-punkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 °C året rundt. Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rom ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjernerom generelt har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalene umiddelbart før innblåsningsventilene. I tiltakssonen i dette forsøket er imidlertid ettervarmebatteri i kjernerom (vaktrom uten vindusaggregat) kuttet ut i forbindelse med at gamle tilluftsventiler i tak ble omgjort til avtrekk.

Rommene har manuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom. Ventilasjonsaggregat 57.81 forsyner sentralblokken syd, 4.-7. etasje, med en luftmengde på 100795 m³/h, dvs. 8,8 m³/h m². Ventilasjonsaggregat 57.80 forsyner Sentralblokken nord, 4.-7. etasje, med en luftmengde på 92800 m³/h, dvs. 8,1 m³/h m². De to sonene i dette tiltaket får luft fra begge anleggene. Den ekstra tilluften ble imidlertid tatt fra 57.80. Begge anleggene går for halv hastighet om natten- fra 2200 til 0600. For øvrig er ventilasjonsanleggene i Sentralblokken generelt nærmere behandlet i delrapport 2.

2. Spørreundersøkelse

Spørreskjemaene (se *Vedlegg 1*) ble delt tre ganger til hver ansatt som vist i Tabell 2. For å nå flest mulig ansatte ble skjemaene i hver enkelt spørreunde delt ut i løpet av en 5-dagers periode, dvs. skjema I i løpet av uke 2, skjema II i løpet av uke 9 og skjema III i løpet av uke 12. Skjemaene ble fylt ut mellom kl. 12 og 14 for ansatte på dagskift og mellom kl. 19-20 for ansatte på kveldsskift. De ansatte skulle krysse av for hvordan de oppfattet inneklima og luftkvalitet akkurat den dagen de besvarte skjemaet. Svarprosenten var mellom 80-95% ved alle tre utdelingene. Ved skjema II og III var det færre ansatte i 4.etg. som var tilgjengelig i den perioden skjemaene ble delt ut.

2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene

Statistisk testing ble foretatt ved ikke-parametrisk metode (Mann-Whitney test) pga. enkelte skjeve fordelinger og begrenset utfallsrom (1-5). Student T-test gav for de fleste variabler samsvarende resultater.

Ved evaluering av resultater fra spørreundersøkelsen, valgte vi å teste nullhypotesen: likhet mellom sonene for hver av variablene/evt. likhet i svarendring for hver variabel som følge av tiltaket. Dette fordi tiltakets art ga endringer i inneklimaet som muligens kunne oppfanges ved flere av spørsmålene. Alternativt kunne antall tester utført for et spesifikt tiltak vært redusert ved å se på de variable som var mest aktuelle for tiltaket.

Ved testing av nullhypotesen er det foretatt ti hypotesetester. Ifølge Bonferonimetoden for multiple tester (British Medical Journal vol 310, 1995) vil dette gi et signifikansnivå på 0.005 (0.05/10). Da det er avhengighet mellom flere av testene, vil dette være svært konservativt. Vi velger derfor et signifikansnivå på 0.01.

I tabellene 2,3 og 4 har vi angitt signifikante svarendringer som:

*** for p-verdier <0.005

** for p-verdier <0.01

(* for p-verdier <0.05, dvs ikke-signifikante endringer er angitt for å vise tendenser i svarendringene)

Deskriptiv analyse av svarene ble foretatt for vise gjennomsnittlig svar på de ulike spørsmålene, og for å avdekke eventuelle forskjeller mellom de to sonene i de tre spørreundene. Her ble alle som hadde besvart spørreskjemaene tatt med. Denne analysen ble i liten grad vektlagt ved vurdering av tiltakenes effekt.

Statistisk testing av tiltakets effekt ble foretatt ved å analysere svar fra ansatte som hadde svart på a) både skjema I og skjema II og b) både skjema II og skjema III.

Følgende tester ble utført:

- 1) Svarendring innen hver av de to sonene fra skjema I til skjema II
- 2) Svarendring innen hver av de to sonene fra skjema II til skjema III
- 3) Forskjell i svarendring mellom de to sonene (fra skjema I til skjema II og fra skjema II til skjema III).

Ved vurdering av tiltakets effekt ble den statistiske analysen av forskjell i svarendring mellom sonene benyttet. Det er også tatt hensyn til svarendring innen hver sone.

2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen

2.2.1. Deskriptiv analyse

Svarfordeling på de ulike spørsmålene i de to sonene er gitt i Vedlegg 2.

Gjennomsnittsverdiene for de enkelte svar i hver av sonene ble først vurdert ut fra en deskriptiv synsvinkel (Tabell 2). Her er alle ansatte som har besvart spørreskjema tatt med.

Tabell 2

Gjennomsnittssvar for alle som har svart på spørreskjemaene. Verdiene er gitt som gjennomsnitt \pm standardavvik for n besvarelser. Signifikante forskjeller mellom sonene er angitt; *** $p < 0.005$, ** $p < 0.01$. (* $p < 0,05$; dvs. ikke-signifikante forskjeller er også angitt for å vise tendenser). Avdelingen som klager mest er oppgitt i parentes).

FAKTOR	AVD	SKJEMA I Ingen tiltak i gang (6.etg. : n=30) (4.etg.: n=22)	SKJEMA II Tiltak i gang i 6.etg. (6.etg. : n=30) (4.etg.: n=14)	SKJEMA III Tiltak i gang på begge avd. (6.etg. : n=27) (4.etg.: n=16)
Skala: 1-5, se Vedlegg 1				
Varme	6.etg.	1,5 \pm 0,8 ***(6.etg.)	2,9 \pm 1,0	2,7 \pm 1,0
	4.etg.	2,5 \pm 1,1	2,6 \pm 0,5	2,8 \pm 1,1
Luftfuktighet	6.etg.	4,6 \pm 0,5 ***(6.etg.)	4,3 \pm 0,6 ** (6.etg.)	4,3 \pm 0,5
	4.etg.	4,1 \pm 0,4	3,6 \pm 0,6	4,1 \pm 0,6
Luftkvalitet	6.etg.	4,4 \pm 0,7 ***(6.etg.)	3,4 \pm 0,7	3,5 \pm 0,7
	4.etg.	3,7 \pm 0,5	3,5 \pm 0,5	3,6 \pm 0,7
Hodepine/ tung i hodet	6.etg.	2,7 \pm 1,1 ***(6.etg.)	2,1 \pm 1,0	2,0 \pm 1,1
	4.etg.	1,7 \pm 1,0	1,8 \pm 1,0	2,1 \pm 1,2
Uvelhet/ trøtthet	6.etg.	2,6 \pm 1,3	2,0 \pm 0,9	2,3 \pm 1,2
	4.etg.	2,3 \pm 1,1	1,7 \pm 0,9	2,3 \pm 0,7
Irriterte øyne	6.etg.	2,5 \pm 1,5	2,5 \pm 1,4	2,4 \pm 1,5
	4.etg.	2,6 \pm 1,4	2,0 \pm 1,5	2,3 \pm 1,3
Tørr og/eller irritert hals	6.etg.	2,7 \pm 1,2	2,3 \pm 1,1	2,6 \pm 1,3
	4.etg.	2,4 \pm 1,1	2,4 \pm 1,2	2,3 \pm 1,0
Tørr og/eller rennende nese	6.etg.	2,2 \pm 1,5	2,5 \pm 1,3	1,9 \pm 1,2
	4.etg.	2,1 \pm 1,2	1,8 \pm 1,1	2,1 \pm 1,1
Tørr hud ansikt	6.etg.	3,5 \pm 1,4	3,6 \pm 1,0 ** (6.etg.)	3,3 \pm 1,3
	4.etg.	2,9 \pm 1,1	2,6 \pm 1,2	2,7 \pm 1,3
Tørre lepper	6.etg.	4,0 \pm 1,3 * (6.etg.)	3,8 \pm 0,9 * (6.etg.)	3,4 \pm 1,4
	4.etg.	3,1 \pm 1,1	3,0 \pm 1,2	3,3 \pm 1,2

Tabell 2 viser følgende:

- 1) Ved skjema I (før tiltak):
Det ble klaget mer på varme, tørr luft, luftkvalitet, hodepine/tung i hodet i 6. enn i 4.etg.
- 2) Ved skjema II (tiltak i gang i 6.etg., ikke tiltak i 4.etg.):
Det var mindre forskjeller i klager mellom avdelingene. Det var nå ingen forskjell mellom avdelingene på varme, luftkvalitet og hodepine/tung i hodet. I 6.etg. ble det imidlertid klaget mer enn i 4.etg. på tørr luft og tørr hud i ansiktet.
- 3) Ved skjema III (tiltak i gang på begge avdelingene):
Det var ingen forskjell i svar mellom avdelingene på noen av spørsmålene.

2.2.2. Statistisk analyse

Da den individuelle terskelverdien for inneklimaplager varierer, valgte vi å se på forskjell i svar hos ansatte som hadde fylt ut skjema både før og etter tiltak, dvs. de som hadde svart

a) både på skjema I og skjema II og

b) både på skjema II og III (se tabell 3). Imidlertid blir materialet da svært redusert, spesielt i 4.etg., og analysen av forskjell i svarendring mellom de to avdelingene er av tvilsom verdi. I tabell 4 er derfor de to sonene slått sammen og svarendring for ansatte som har svart både på skjema I og skjema III er analysert.

Tabell 3

Gjennomsnitt svarendring for de som svarte på a) både skjema I og II og b) både skjema II og III. Verdiene er gitt som gjennomsnitt av svarendring \pm standardavvik (før minus etter tiltak) for n besvarelser. Signifikante svarendringer i henholdsvis 6.etg. og 4.etg. og signifikante forskjeller i svarendring mellom de to avdelingene er angitt både mellom skjema I og II (a) og mellom skjema II og III (b); *** $p < 0.005$, ** $p < 0.01$ (* $p < 0,05$, dvs ikke signifikante forskjeller er også angitt).

FAKTOR	Svarendring skjema I - II			Svarendring skjema II - III		
	a) gjennomsnitt svarendring 6.etg. I-II n=23	a) gjennomsnitt svarendring 4.etg. I-II n=10	a) p-verdi forskjell mellom 6.etg./4.etg. I-II	b) gjennomsnitt svarendring 6.etg. II-III n=25	b) gjennomsnitt svarendring 4.etg. II-III n=9	b) p-verdi forskjell mellom 6.etg./4.etg. g. II-III
Varmekomfort	-1,5 \pm 1,1 ***	-0,3 \pm 1,0	0,004 ***	0,2 \pm 1,5	0,1 \pm 1,1	0,699
Luftfuktighet	0,3 \pm 0,6	0,6 \pm 1,0 *	0,322	-0,0 \pm 0,7	-0,4 \pm 0,9	0,157
Luftkvalitet	1,1 \pm 0,8 ***	0,4 \pm 0,5	0,026 *	-0,2 \pm 0,8	0,1 \pm 0,6	0,302
Hodepine, tung i hodet	0,6 \pm 1,5	0,0 \pm 0,5	0,089	0,0 \pm 1,0	-0,1 \pm 0,9	0,788
Uvelhet, trøtthet	0,7 \pm 1,1	0,6 \pm 1,0	0,967	-0,2 \pm 1,1	0,0 \pm 0,9	0,664
Irriterte øyne	0,3 \pm 1,3	0,6 \pm 1,4	0,472	-0,0 \pm 1,3	-0,6 \pm 1,4	0,300
Tørr og/eller irritert hals	0,3 \pm 1,5	0,3 \pm 1,3	0,762	-0,4 \pm 1,4	-0,1 \pm 0,9	0,371
Tørr og/eller rennende nese	-0,1 \pm 1,6	-0,2 \pm 1,3	0,589	0,6 \pm 1,4	-0,7 \pm 1,4	0,074
Tørr hud ansikt	-0,1 \pm 1,4	0,4 \pm 1,1	0,415	0,2 \pm 1,0	-0,1 \pm 0,6	0,448
Tørre lepper	0,3 \pm 1,0	0,2 \pm 1,1	0,951	0,2 \pm 1,2	-0,1 \pm 0,6	0,450

Tabell 3 viser følgende:

Del a)

Svarendringer fra skjema I til skjema II:

I 6.etg. var det en reduksjon i klage på varme og en bedring i luftkvalitet. 6.etg. hadde da hatt tiltaket i gang i ca 3 uker. Se fig. 2 og 3.

Det var ingen signifikante svarendringer i 4.etg., som fungerte som kontrollsoner i denne perioden.

Svarendring fra skjema I til II viste en også en signifikant reduksjon i klage på varme i 6.etg. sammenlignet med 4.etg.

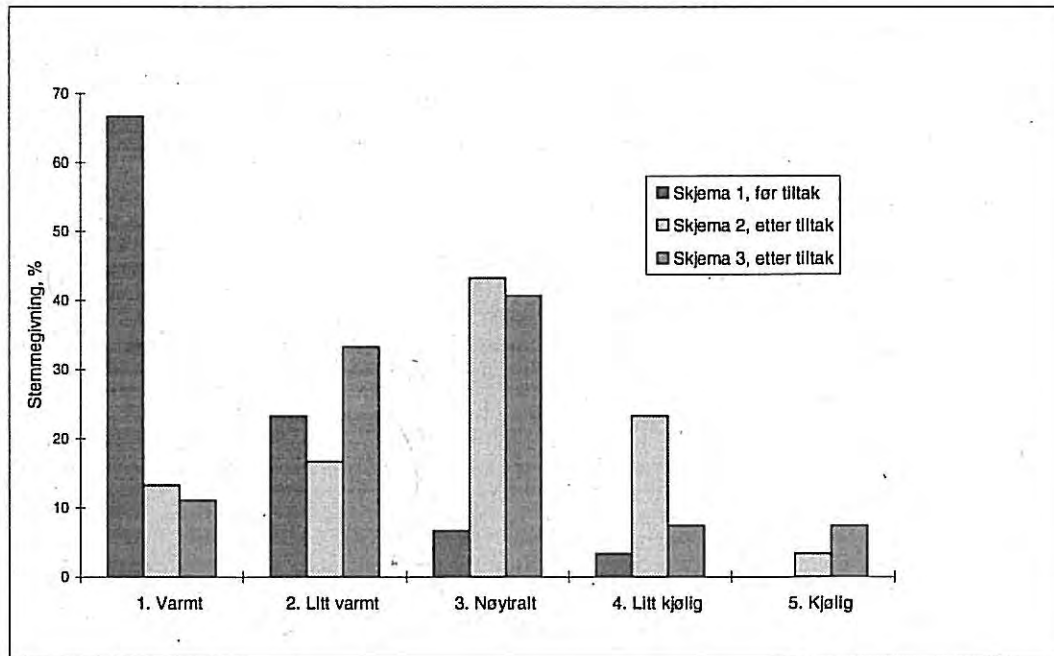


Fig. 2
Varmekomfort i sone 1 (6.etg.) før og etter tiltak

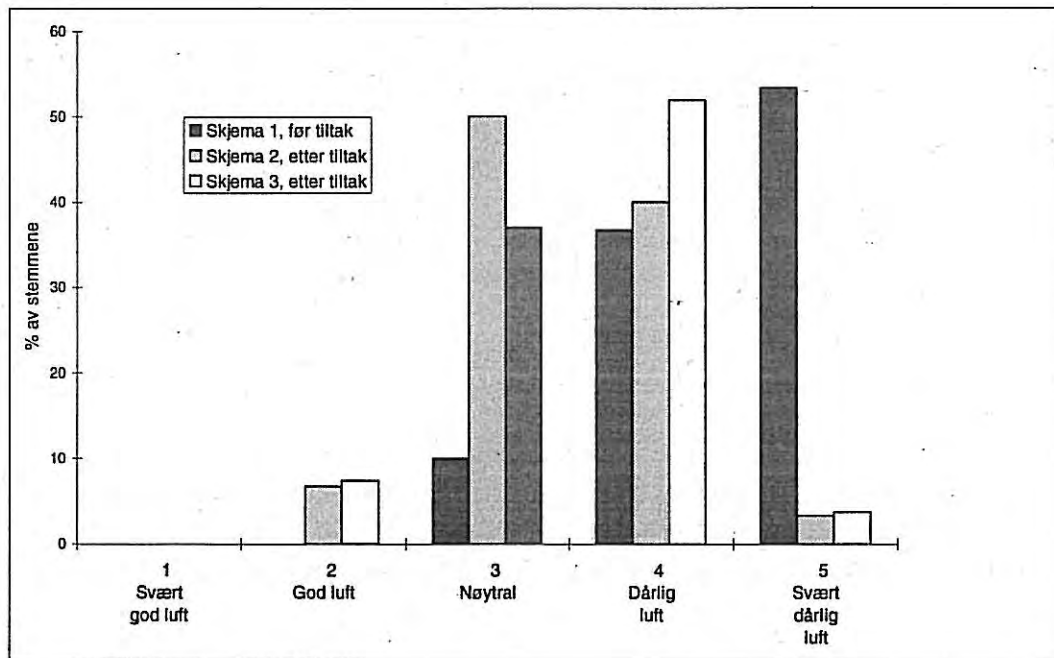


Fig. 3
Luftkvalitet i sone 1 (6.etg.) før og etter tiltak

Del b)

Svarendringer fra skjema II til skjema III:

Det var ingen signifikante svarendringer i noen av sonene. Det var heller ingen signifikante forskjeller i svarendring mellom de to sonene. 4.etg. hadde ved skjema III hatt tiltak i gang i 2 uker.

Lav bemanning i 4.etg. ved skjema II og III gjorde at vi slo sammen 6.etg og 4.etg.og analyserte svarendringen fra skjema I (før tiltak) til skjema III (tiltak i gang i begge soner). Når 6.etg og 4.etg. er slått sammen viser tabell 4 at svarendring fra skjema I til III viser at tiltaket har gitt en bedring i luftkvalitet og varmekomfort.

Tabell 4

Gjennomsnitt svarendring for de som svarte både på skjema I og III (sonene er slått sammen). Verdiene er gitt som gjennomsnitt av svarendring (før minus etter tiltak) for n besvarelser. Signifikante svarendringer er angitt; *** p<0.005.

FAKTOR	gjennomsnitt svarendring 6.etg.+4.etg. I-III n=34	p-verdi svarendring/ ingen svarendring I-III
Varmekomfort	-0,9	0,001 *** (mer nøytralt)
Luftfuktighet	0,2	0,059
Luftkvalitet	0,6	0,0003 *** (bedre)
Hodepine, tung i hodet	0,3	0,221
Uvelhet, trøtthet	0,4	0,168
Irriterte øyne	0,3	0,189
Tørr og /eller irritert hals	0,2	0,364
Tørr og/eller rennende nese	1,2	0,692
Tørr hud ansikt	0,1	0,599
Tørre lepper	0,4	0,151

2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen

Før igangsetting av tiltak klagde ansatte i 6.etg. mest på flere spørsmål, bl.a. på luftkvalitet, varme og hodepine/tung i hodet. Tiltaket førte til en forbedring av varmekomforten og luftkvalitet i 6.etg. ved analyse av svar fra ansatte som hadde svart både før og etter tiltak.

Siden bemanningen var for lav i 4.etg. er det vanskelig å forsvare at denne sonen kan benyttes som kontrollgruppe. 6.etg. og 4.etg. ble derfor slått sammen, og svar før og etter tiltak i begge avdelingene ble vurdert. Luftkvalitet og varmekomfort var forbedret også ved denne analysemetoden.

3. Inneklima

3.1. Temperatur og fuktighet

Målingene ble utført med termoelementer og en Rotronic fuktføler tilknyttet datalogger. Følerne ble plassert sentralt i vaktrom i tre høyder (0,1 m, 0,7 m og 1,8 m). Tabell 5 viser gjennomsnittlig lufttemperatur og relativ fuktighet (1,8 m) på dagtid (kl.6-18) i de tre ukene spørreskjemaene var ute. Når ikke annet er angitt, er det vist temperatur- og fuktighetsdata for 1,8 m.

Figurene a-e i *Vedlegg 3* viser gjennomsnittlig lufttemperatur og relativ fuktighet hver dag i de ukene spørreskjemaene var ute.

Tabell 5 og figur a og b i *Vedlegg 3* viser at 6. etasje har litt høyere temperaturer enn 4. etg. Dette kan ha sammenheng med en høyere varmebelastning i vaktrom i 6. etasje (større persontrafikk, plassering av fire monitører). Hvis vi tar utgangspunkt i temperaturdataene for uke 1 i 6. etasje kan det ikke sees noen stor endring i lufttemperaturen i vaktrommet etter tiltak. Fig. b i *Vedlegg 3* viser imidlertid at gjennomsnittstemperaturen i uke 9 og 12 (etter tiltak) er gjennomgående noe redusert i forhold til i uke 1 (før tiltak) i 6.etg.:

Temperaturdataene for 4. etg. viser heller ingen særlig forskjell før og etter tiltak, jf. tabell 5. Temperaturgradienten vertikalt i rommet er noe større enn for 6.etg. Det var ingen store forskjeller i gjennomsnittlig relativ fuktighet mellom de tre ukene spørreskjemaene var ute.

Vi vet ingenting om bruken av termostaterne i de to etasjene i måleperioden. Det gjør det vanskelig å si om temperaturvariasjoner i rommene skyldes manuell temperaturstyring eller tekniske forhold.

I følge spørreundersøkelsen i kap. 2 ligger gjennomsnittlig stemmegivning for varmekomfort på den varme siden, ganske nær nøytralt. Det er bare i 6.etg. før tiltak at gjennomsnittlig varmekomfort skiller seg ut, med et snitt på 1,5 på en skala fra 1 (varmt) til 3 (nøytralt) og 5 (kjølig). Den rapporterte varmekomforten i 6.etg. ble altså forbedret til tross for at det bare var en svært liten reduksjon i gjennomsnittlig romtemperatur i vaktrommet.

Tabell 5

Gjennomsnittlig temperatur og luftfuktighet i løpet av dagtid (6-18) hver dag (utenom lørdag/søndag) i de ukene spørreskjemaene var ute

	RF (%)	Vaktrom 0,1 m °C	Vaktrom 0,7 m °C	Vaktrom 1,8 m °C	Tilluft vindu °C	Korridor °C	Merknad
4. etg. uke 2	22.7			23.1±0,5	19.4	23.2	før tiltak
4. etg. uke 9	14.4	20.0	22.2	23.0±0,7	18.6	23.7	før tiltak
4. etg. uke 12	20.9	20.6	22.2	22.9±0,9	26.1	23.0	etter tiltak
6. etasje uke 1	17.0			23,6±0,6	18.4	23.0	før tiltak
6. etg. uke 9	14.8	21.6	23.1	23.5±1,0	23.8	23.2	etter tiltak
6. etg. uke 12	20.8	21.8	22.9	23.3±0,6	18.5	23.4	etter tiltak

3.2. Lufthastighet

Tabell 6 viser målte lufthastigheter i 4. og 6. etasje før og etter tiltak. Lufthastighetene ble målt med Dantech "varm kule"- anemometer. Flere av målingene ble forstyrret av trafikk i rommet. Forstyrrelsene gjør at det er vanskelig å sammenlikne målingene før og etter tiltak. Det kan se ut som lufthastigheten er økt noe. Lufthastigheten i rommene ser imidlertid ut til å være akseptabel både før og etter tiltak. Lufthastigheten ble målt i bordhøyde (0,7 m). På hvert sted ble det gjennomført mellom 4 og 7 målinger. Hver måling gir gjennomsnittlig lufthastighet over en 3-minutters måleperiode. Tabellen viser gjennomsnittet av alle måleperiodene.

Tabell 6

Gjennomsnittlig lufthastighet i vaktrom 4. og 6. etasje, før og etter tiltak

	Før tiltak (m/s)	Etter tiltak (m/s)	Merknad
Vaktrom 1250 4. etg.	0.06	0.12	Svært lite trafikk i rommet før tiltak
Vaktrom 5550 6. etg.	0.14	0.16	Trafikk i rommet under begge målingene, spesielt første gang

4. Støvmålinger

Svevestøv ble målt via støvavsetning på kvartskrystall som endrer svingefrekvens når partikler avsetter seg (piezobalance). Både finfraksjon (partikkeldiameter <3,5 µm) og totalstøv (partikkeldiameter <10 µm) ble målt. Temperatur og relativ fuktighet ble målt samtidig med kvikksølvtermometer og aspirasjonspsykrometer. Alle støvmålingene ble utført av seniorforsker Walter C. Wedberg, Fysisk inst., UiB. Resultatene er vist i tabell 7.

Hver av de angitte måleverdiene er gjennomsnittet av fire fortløpende målinger av varighet 9 min. og resultatene er avrundet til nærmeste heltall. Konsentrasjonen av svevestøv ble målt én dag i hver av de tre ukene spørreskjemaene ble utfyllt.

Tabell 7

Resultater fra støvmålingene. Temperatur er gitt i °C, relativ fuktighet er gitt i % og konsentrasjon av svevestøv (<3,5 µm og <10 µm i diameter) er gitt i µg/m³.

AVD/ETG.		12/1	2/3	22/3
4. etg.				
- Korridor	Temp. (°C)	22,6	23,6	
	RF (%)	20	17	
	<3,5 µm (µg/m ³)	18	21	
	<10 µm "	24	25	
- Vaktrom	Temp. (°C)	23,0	22,7	22,6
	RF (%)	22	16	27
	<3,5 µm (µg/m ³)	18	23	17
	<10 µm "	30	26	21
6. etg.				
- Korridor	Temp. (°C)	23,5	23,0	
	RF (%)	24	17	
	<3,5 µm (µg/m ³)	20	17	
	<10 µm "	24	27	
- Vaktrom	Temp. (°C)	22,6	23,0	22,7
	RF (%)	22	17	28
	<3,5 µm (µg/m ³)	21	24	15
	<10 µm "	31	31	19

Resultatene viser at:

- Konsentrasjonen av svevestøv både i 4.etg. og i 6.etg. er lave både før og etter tiltak sammenlignet verdiene i Helsedirektoratets retningslinjer for inneklimakvalitet (finstøv <2,5 µm: 40 µg/m³, totalstøv <10 µm: 90 µg/m³).
- Det er svært liten variasjon i støvnivå de tre dagene målingene er gjort. Det er også liten forskjell i støvnivå mellom de to avdelingene. Variasjonen i måleresultatene mellom de ulike dagene ligger innenfor usikkerhetsmarginene i målingene. (Instrumentets iboende, absolutte unøyaktighet er ca. ± 20 %, minimum 5 µg/m³.)
- Andre målinger som ble gjort i 4. et. (22/3-1994) (ikke angitt her) viser at svevestøvnivået øker raskt når ventilasjonsanlegget stopper. En til to timer etter stopp øker finfraksjon (partikler <3,5 µm) til ca. 30 µg/m³ og totalstøv (partikler <10 µm) til over ca. 60 µg/m³. Disse resultatene tyder på at ventilasjonsanlegget fungerer godt med hensyn til å fjerne svevestøv som produseres innendørs.

5. Konklusjon - tiltak 2

Økningen i tilluftsmengde ved diffus innblåsning førte til en klar bedring i varmekomfort og opplevd luftkvalitet i 6.etg., dvs der det ble klaget mest på inneklimate før tiltak. I 4.etg., der det var mindre personbelastning og mindre klageprosent før tiltak, ble det ikke registrert noen klare forbedringer som følge av tiltaket. Utvalget i spørreundersøkelsen i 4.etg. var imidlertid for lite til å dra sikre konklusjoner for denne sonen.

Den rapporterte varmekomforten i 6.etg. ble forbedret til tross for at det bare var en svært liten reduksjon i gjennomsnittlig temperatur i vaktrommet. Økt lufthastigheten i oppholdssonen på grunn av økt tilluftsmengde kan ha bidratt til bedringen i varmekomfort.

Bedringen i luftkvalitet i 6.etg. er sannsynligvis en kombinasjon av effekten av den økte tilluftsmengden og monteringen av avtrekk fra monitorene i vaktrommet. Nivået av svevestøvet var lavt både før og etter tiltak sammenlignet med Helsedirektoratets retningslinjer.

Forsøket viste at økt luftmengde ved diffus innblåsning bedret varmekomforten og luftkvaliteten i et område der klageprosenten var spesielt høy for disse parametrene.

Vedlegg 1

Undersøkelse nr.:

Kode:

Spørreskjema for personlig vurdering av inneklima og luftkvalitet

I samarbeid med Norges byggforskningsinstitutt skal Haukeland sykehus prøve ulike tiltak for å få bedre luftkvalitet og inneklima i sykehuset. Denne spørreundersøkelsen gjennomføres for at effekten av tiltakene skal kunne kontrolleres på en ordentlig måte. Opplysningene du oppgir i skjemaet vil bli behandlet konfidensielt.

Hvordan oppfatter du inneklima og luftkvalitet på avdelingen i dag?

Sett et kryss i en av rutene ved varmekomfort, luftfuktighet, og luftkvalitet:

	Varmt	Litt varmt	Nøytralt	Litt kjølig	Kjølig
Varmekomfort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært fuktig luft	Fuktig luft	Nøytral	Tørr luft	Svært tørr luft
Luftfuktighet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært god luft	God luft	Nøytral	Dårlig luft	Svært dårlig luft
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

I hvilken grad har du følt ubehag på avdelingen i løpet dagen?

Sett et kryss i en av rutene ved hvert symptom:

	Intet ubehag	Litt ubehag	Moderat ubehag	Sterkt ubehag	Meget sterkt ubehag
Hodepine, tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uvelhet, trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irriterte øyne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr og/eller irritert hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tett og/eller rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr hud ansikt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørre lepper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvis du har spesielle kommentarer, kan du skrive her:

Skriv dato for utfylling: __/__/__

Ved dagskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 12 og 14)

Ved kveldsskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 19 og 20)

Vedlegg 2

Svarfordeling (%) i de tre spørreskjemarundene

SONE	Hjerte			Nevrokirurgisk		
SKJEMA	1	2	3	1	2	3
ANTALL	30	30	27	22	14	16
VARMEKOMFORT						
1. Varmt	66,7	13,3	11,1	22,7	0	18,8
2. Litt varmt	23,3	16,7	33,3	22,7	42,9	6,2
3. Nøytralt	6,7	43,3	40,7	36,4	57,1	50
4. Litt kjølig	3,3	23,3	7,4	18,2	0	25
5. Kjølig	0	3,3	7,4	0	0	0
LUFTFUKTIGHET						
1 Svært fuktig luft	0	0	0	0	0	0
2. Fuktig luft	0	0	0	0	0	0
3 Nøytral	0	6,7	0	4,5	42,9	12,5
4 Tørr luft	36,7	60	66,7	81,8	50	68,7
5 Svært tørr luft	63,3	33,3	33,3	13,6	7,1	18,8
LUFTKVALITET						
1 Svært god luft	0	0	0	0	0	0
2 God luft	0	6,7	7,4	0	0	0
3 Nøytral	10	50	37	27,3	50	56,2
4 Dårlig luft	36,7	40	51,9	72,7	50	31,3
5 Svært dårlig luft	53,3	3,3	3,7	0	0	12,5

Svarfordeling (%) i de tre spørreskjemarundene, forts.

SONE	Hjerte			Nevrokirurgisk		
SKJEMA	1	2	3	1	2	3
ANTALL	30	30	27	22	14	16
HODEPINE, TUNG I HODET						
1 Intet ubehag	16,7	36,7	37	59,1	50	50
2 Litt ubehag	30	23,3	33,3	18,2	28,6	12,5
3 Moderat ubehag	23,3	30	22,2	18,2	14,3	18,8
4 Sterkt ubehag	26,7	10	3,7	4,5	7,1	18,8
5 Meget sterkt ubehag	3,3	0	3,7	0	0	0
UVELHET, TRØTTHET						
1 Intet ubehag	23,3	36,7	33,3	36,4	50	12,5
2 Litt ubehag	26,7	33,3	25,9	9,1	35,7	50
3 Moderat ubehag	20	26,7	25,9	45,5	7,1	37,5
4 Sterkt ubehag	23,3	3,3	7,4	9,1	7,1	0
5 Meget sterkt ubehag	6,7	0	7,4	0	0	0
IRRITERTE ØYNE						
1 Intet ubehag	36,7	30	37	31,8	64,3	43,7
2 Litt ubehag	16,7	26,7	22,2	18,2	7,1	12,5
3 Moderat ubehag	13,3	10	11,1	22,7	0	25
4 Sterkt ubehag	23,3	26,7	18,5	18,2	21,4	12,5
5 Meget sterkt ubehag	10	6,7	11,1	9,1	7,1	6,2
TØRR OG/ELLER IRRITERT HALS						
1 Intet ubehag	16,7	26,7	25,9	31,8	28,6	18,8
2 Litt ubehag	36,7	36,7	25,9	13,6	28,6	43,7
3 Moderat ubehag	16,7	16,7	25,9	40,9	21,4	25
4 Sterkt ubehag	23,3	16,7	11,1	9,1	21,4	12,5
5 Meget sterkt ubehag	6,7	3,3	11,1	4,5	0	0
TØRR OG/ELLER RENNENDE NESE						
1 Intet ubehag	43,3	30	55,6	50	57,1	37,5
2 Litt ubehag	26,7	23,3	11,1	4,5	21,4	31,3
3 Moderat ubehag	6,7	23,3	18,5	31,8	7,1	18,8
4 Sterkt ubehag	10	16,7	14,8	13,6	14,3	12,5
5 Meget sterkt ubehag	13,3	6,7	0	0	0	0
TØRR HUD ANSIKT						
1 Intet ubehag	16,7	3,3	7,4	13,6	14,3	18,8
2 Litt ubehag	6,7	10	25,9	18,2	42,9	31,3
3 Moderat ubehag	16,7	23,3	14,8	40,9	14,3	25
4 Sterkt ubehag	33,3	46,7	29,6	22,7	21,4	12,5
5 Meget sterkt ubehag	26,7	16,7	22,2	4,5	7,1	12,5
TØRRE LEPPER						
1 Intet ubehag	10	0	14,8	9,1	14,3	6,2
2 Litt ubehag	3,3	6,7	11,1	18,2	14,3	18,8
3 Moderat ubehag	10	26,7	18,5	31,8	42,9	31,3
4 Sterkt ubehag	33,3	46,7	25,9	31,8	14,3	25
5 Meget sterkt ubehag	43,3	20	29,6	9,1	14,3	18,8

Vedlegg 3

Gjennomsnittstemperaturer 4. etasje

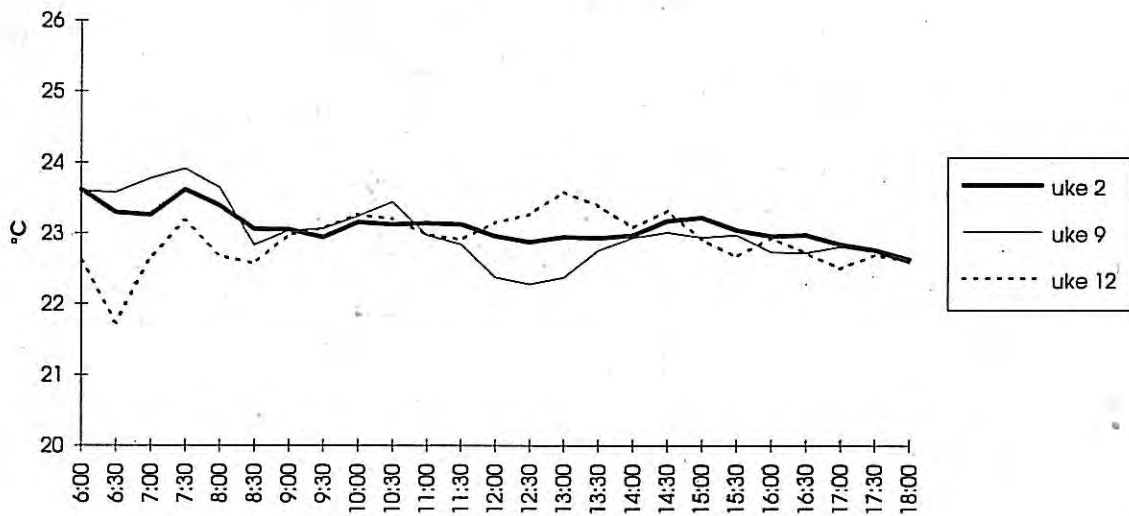


Fig. a

Gjennomsnittstemperaturer vaktrom 4. etg. uke 2 (før tiltak), uke 9 (før tiltak) og uke 12 (etter tiltak)

Gjennomsnittstemperaturer 6. etasje

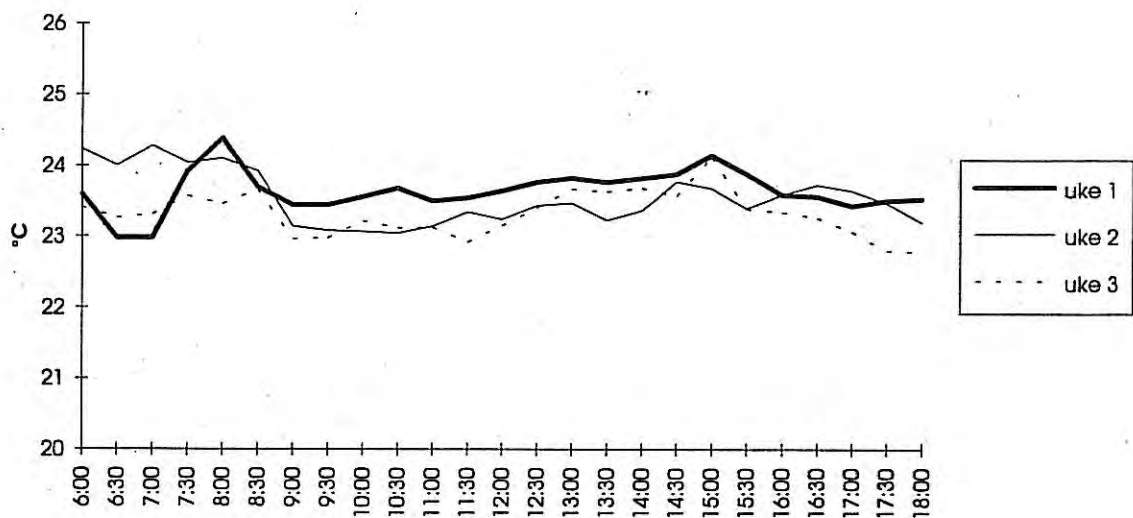


Fig. b

Gjennomsnittstemperaturer vaktrom 6. etg. uke 1 (før tiltak), uke 9 (etter tiltak) og uke 12 (etter tiltak)

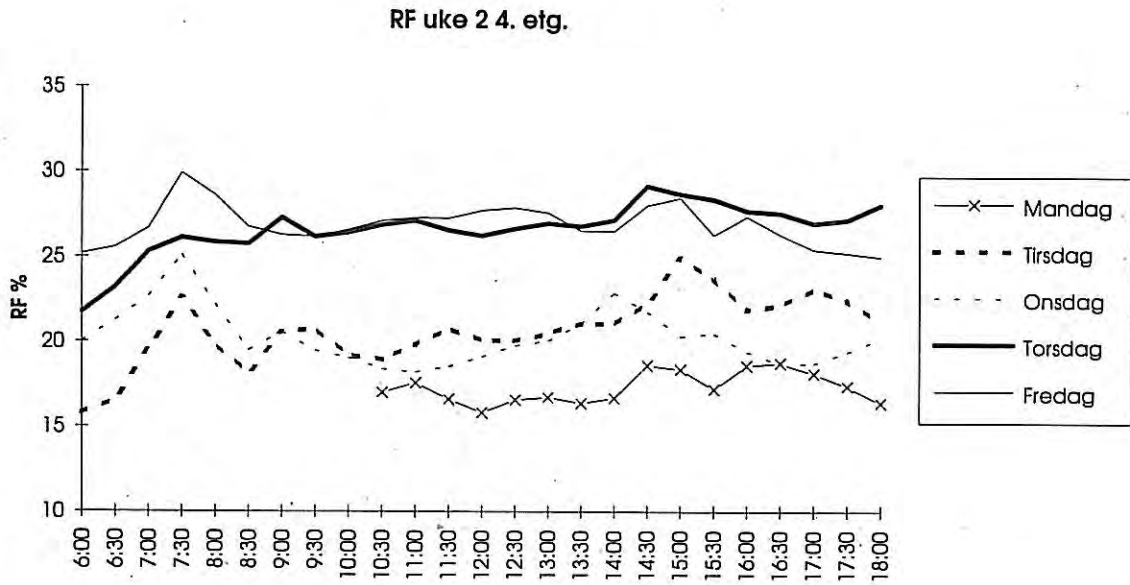


Fig. c
 Relativ fuktighet (%) i vaktrom 4. etg. hver dag i den første uka spørreskjemaene var ute

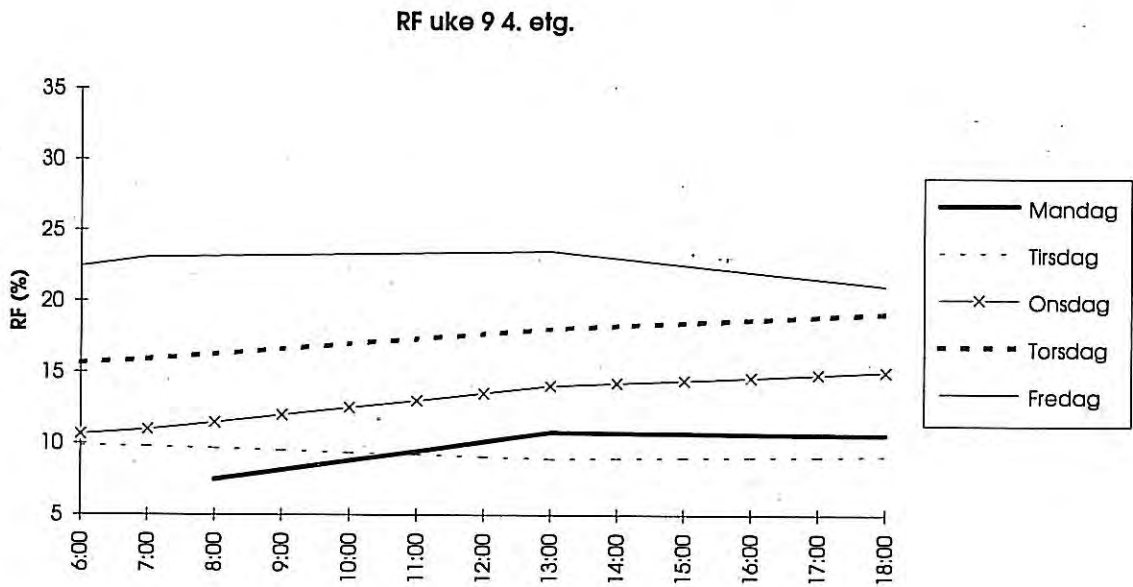


Fig. d
 Relativ fuktighet (%) i vaktrom 4. etg. hver dag i den andre uka (uke 9) spørreskjemaene var ute

RF uke 12 4. etg

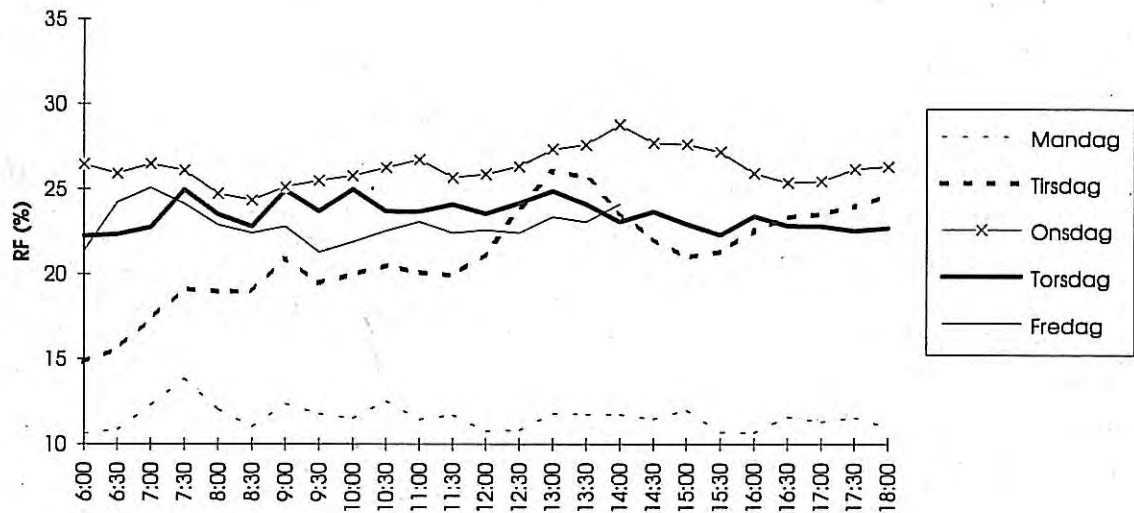


Fig. e

Relativ fuktighet (%) i vaktrom 4. etg. hver dag i den tredje uka spørreskjemaene var ute

Delrapport 5

Sentral befuktning

Innhold

Forord	2
Sammendrag	2
1. Gjennomføring av forsøket	3
1.1. Bakgrunn	3
1.2. Administrasjon og forsøksdesign	3
1.3. Teknisk gjennomføring av tiltaket	4
1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene	4
2. Spørreundersøkelse	5
2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene	5
2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen	6
2.2.1. Deskriptiv analyse	6
2.2.2. Statistisk analyse	7
2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen	8
3. Temperatur og relativ fuktighet	9
3.1. Målinger i områder uten sentral befuktning	9
3.2. Målinger i forsøkssonene	10
3.3. Sammendrag - målinger av temperatur og relativ fuktighet	12
4. Målinger av svevestøv	13
5. Konklusjoner - tiltak 3	15
Vedlegg 1	16
Vedlegg 2	17
Vedlegg 3	19

Forord

Denne rapporten behandler resultatene fra et tiltak som har bestått i å prøve ut sentral befuktning i laboratoriearealer i deler av 2. etasje i Sentralblokken. Forsøket ble gjennomført i tidsrommet desember 1993 - april 1994.

Sammendrag

Målsettingen med forsøket var å undersøke om en moderat grad av sentral befuktning kunne redusere klagene på inneklimasymptomer i perioder når relativ fuktighet ellers er lav.

Sentral befuktning ble prøvd ut i to laboratorieavdelinger i 2. etg i Sentralblokken. Disse avdelingene mottar luft fra to adskilte ventilasjonsanlegg. Dette gjorde det mulig å regulere relativ fuktighet uavhengig av hverandre i de to avdelingene. Når sentral befuktning ble benyttet var denne justert slik at relativ fuktighet i romluften ble ca 30%.

Ansatte i de to avdelingene fylte ut spørreskjema for subjektiv opplevelse av inneklimate 3 ganger i løpet av prøveperioden. Ved utfylling av første skjema var befuktning på i begge avdelingene. Ved utfylling av andre skjema hadde befuktningen vært avslått i 13 dager på den ene avdelingen, mens befuktningen ble snudd om mellom de to avdelingene 11 dager før utdeling av det tredje skjemaet. Temperatur og relativ fuktighet ble målt kontinuerlig, mens svevestøvkonsentrasjon ble målt de dagene spørreskjemaene ble fylt ut.

Temperaturmålingene viste liten forskjell mellom de to sonene.

Konsentrasjonen av svevestøv i begge sonene var lave sammenlignet med verdiene i Helsedirektoratets retningslinjer for inneklimakvalitet, både når befuktningen var i gang og når den var skrudd av. Det var også liten forskjell mellom støvnivået i tilluften og i romluften. Dette tyder på at en relativt liten fraksjon av svevestøvet blir produsert innendørs.

Det var ingen entydig sammenheng mellom relativ fuktighet og klager på tørr luft. I den ene avdelingen var det ingen forskjell i klagefrekvens selv om relativ fuktighet var 30% ved første skjema, 10% ved andre skjema og 30% ved tredje skjema. Den statistiske analysen av spørreskjemaene, som tar hensyn til svarendring i tiltaksgruppe sammenlignet med referansegruppe, viste imidlertid at kunstig befuktning til 30% i en periode når relativ fuktighet i ubefuktede områder var svært lav (ned mot 10%) reduserte følelsen av tørr luft og gav mindre plager med irriterte øyne.

1. Gjennomføring av forsøket

1.1. Bakgrunn

Spørreundersøkelsen i Sentralblokken i mars 1993 viste at en svært stor andel (ca. 85%) av de ansatte klagde på tørr luft. Ifølge foreliggende litteratur er grunnen til følelsen av tørr luft en kombinasjon av flere faktorer bl.a. høy romtemperatur, lav relativ fuktighet, støv og irriterende gasser. Det synes å være enighet om at lav relativ fuktighet alene ikke er årsaken til tørr-luft følelse. Forsøk i eksponeringskammer har ikke vist noen sammenheng mellom målt relativ fuktighet og subjektiv oppfatning av fuktighet. I de senere årene har det vært gjennomført flere forsøk med luftbefuktning i bygninger, men med varierende resultat. To av de best kontrollerte forsøkene, ett i kontormiljø i Finland (Reinikainen et al. 1992) og ett på et sykehus i Sverige (Nordstrøm et al. 1994), konkluderer imidlertid begge med at en forsiktig grad av luftbefuktning (30-45% RF) kan redusere SBS symptomer og tørr-luft følelse.

Enheter for luftbefuktning via damp finnes i alle ventilasjonsaggregater i Sentralblokken, men med få unntak blir ikke disse kjørt rutinemessig. Hensikten med forsøket var å undersøke om en moderat grad av sentral befuktning kan redusere klagen på inneklimasymptomer når relativ fuktighet ellers er lav.

1.2. Administrasjon og forsøksdesign

Sentral befuktning ble prøvd ut i to soner i 2. etg i Sentralblokken, sone 1 og sone 2. Avdelingene mottar luft fra to adskilte ventilasjonsanlegg. Dette gjorde det mulig å regulere relativ fuktighet uavhengig av hverandre i de to avdelingene. Når sentral befuktningen ble benyttet var denne justert slik at relativ fuktighet i romluften ble ca 30%.

Ansatte i de to avdelingene fylte ut spørreskjema for subjektiv opplevelse av inneklimateet 3 ganger i løpet av prøveperioden. En kontaktperson på hver avdeling var ansvarlig for utdeling og innsamling av skjemaene. Temperatur og relativ fuktighet ble målt kontinuerlig, mens svevestøvkonsentrasjon ble målt de dagene spørreskjemaene ble fylt ut.

Forsøket ble lagt opp på følgende måte (se også figur 1):

1) Sentral befuktning på i begge soner.

Sentral befuktning ble slått på 24/11-93 ved sone 1, 23/12-93 ved sone 2. Befuktningen ble justert slik at relativ fuktighet i romluften på begge avdelingene var ca 30% fram til 15/2. Første spørreskjema ble utfylt 18/1-94.

2) Sentral befuktning på ved sone 1 og av ved sone 2.

Sentral befuktning ble slått av ved sone 2 15/2-94. Befuktningen var fremdeles på ved sone 1 (RF=ca. 30%). Andre spørreskjema ble utfylt 1/3-94.

3) Sentral befuktning av ved lkb, på ved sone 2.

Sentral befuktning ble slått av ved sone 1 7/3. Samme dag ble befuktningen slått på ved sone 2 (justert til ca. 30%). Tredje spørreskjema ble utfylt 17/3.

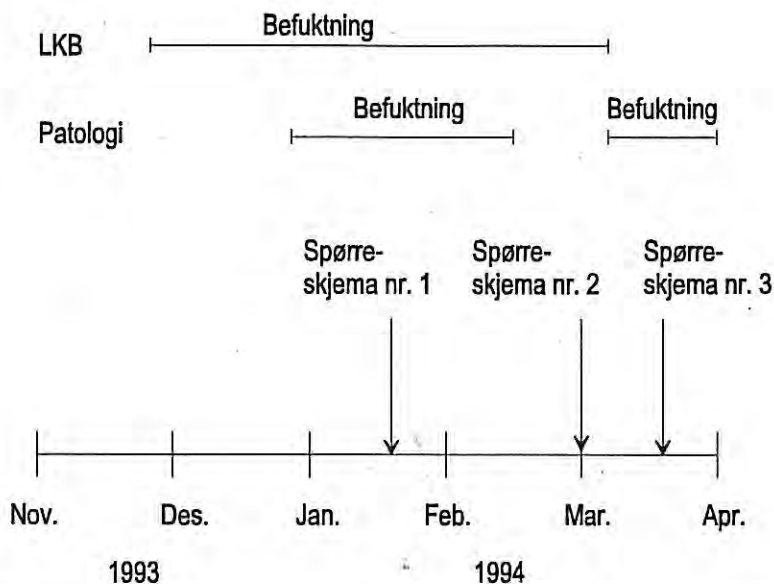


Fig. 1.

Optrukne streker viser perioder når sentral befuktning var igang i sone 1 og/eller i sone 2. Tidspunkt for utfylling av spørreskjema er avmerket.

1.3. Teknisk gjennomføring av tiltaket

Alle ventilasjonsanleggene i Sentralblokken har befuktning. Reguleringen baseres på at tilluften i rommene skal ha konstant fuktighet. Befuktningen har imidlertid bare unntaksvis vært i drift. I alle anleggene brukes det en type dampbefukter, som sitter i siste kammer i vifteaggregatet. Dampbefukteren styres pneumatisk av en hygrostat som sitter i enden av kammeret. I en del av aggregatene har befuktningsskammerene vært for små. Det har ført til at luften ut av befuktningsskammeret kan få ujevn fuktighetsgrad, slik at luften i grenkanalene får ujevn befuktning.

1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene

Begge soner har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsningsstemperatur med et set-punkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 °C året rundt. Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rommene ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjernerom har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalene umiddelbart før innblåsningsventilene. Rommene har manuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom.

I en del av rommene i de to sonene er det VAV (Variable Air Volume). Prosjektert luftmengde i de to sonene er 20 - 24 m³/h (gjelder begge anleggene). Begge anleggene går for fullt hele døgnet.

For øvrig er ventilasjonsanleggene i Sentralblokken generelt nærmere behandlet i delrapport 2.

2. Spørreundersøkelse

Spørreskjemaene (se vedlegg 1) ble delt ut tre ganger som vist i Tabell 1. Skjemaene ble fylt ut mellom kl. 12 og 14, og de ansatte skulle krysse av for hvordan de oppfattet inneklima og luftkvalitet akkurat den dagen de besvarte skjemaet.

Tabell 1

Oversikt over antall utfylte spørreskjema (n) og svarprosent (%) på de tre dagene (18/1, 1/3 og 17/3) skjemaene var ute i de to avdelingene (+SB=sentral befuktning på, -Sb=sentral befuktning av).

AVD.	SKJEMA I (18/1)		SKJEMA II (1/3)		SKJEMA III (17/3)				
		n	%	n	%	n	%		
soner 1	+SB	63	ca.90	+SB	57	ca.90	-SB	51	ca.90
soner 2	+SB	49	83	-SB	54	85	+SB	51	89

2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene

Statistisk testing ble foretatt ved ikke-parametrisk metode (Mann-Whitney test) pga. enkelte skjeve fordelinger og begrenset utfallsrom (1-5). Student T-test gav for de fleste variabler samsvarende resultater.

Ved evaluering av resultater fra spørreundersøkelsen, valgte vi å teste nullhypotesen: likhet mellom sonene for hver av variablene/evt. likhet i svarendring for hver variabel som følge av tiltaket. Dette fordi tiltakets art ga endringer i inneklimaet som muligens kunne oppfanges ved flere av spørsmålene. Alternativt kunne antall tester utført for et spesifikt tiltak vært redusert ved å se på de variable som var mest aktuelle for tiltaket.

Ved testing av nullhypotesen er det foretatt ti hypotesetester. Ifølge Bonferonimetoden for multiple tester (British Medical Journal vol 310, 1995) vil dette gi et signifikansnivå på 0,005 (0.05/10). Da det er avhengighet mellom flere av testene, vil dette være svært konservativt. Vi velger derfor et signifikansnivå på 0.01.

I tabell 2 og 3 har vi angitt signifikante svarendringer som:

*** for p-verdier <0.005

** for p-verdier <0.01

(* for p-verdier <0.05, dvs ikke-signifikante endringer er angitt for å vise tendenser i svarendringene)

Deskriptiv analyse av svarene ble foretatt for vise gjennomsnittlig svar på de ulike spørsmålene, og for å avdekke eventuelle forskjeller mellom de to sonene i de tre spørreundersøkelsene. Her ble alle som hadde besvart spørreskjemaene tatt med. Denne analysen ble i liten grad vektlagt ved vurdering av tiltakenes effekt.

Statistisk testing av tiltakets effekt ble foretatt ved å analysere svar fra ansatte som hadde svart på a) både skjema I og skjema II og b) både skjema II og skjema III.

Følgende tester ble utført:

- 1) Svarendring innen hver av de to sonene fra skjema I til skjema II
- 2) Svarendring innen hver av de to sonene fra skjema II til skjema III
- 3) Forskjell i svarendring mellom de to sonene (fra skjema I til skjema II og fra skjema II til skjema III).

Ved vurdering av tiltakets effekt ble den statistiske analysen av forskjell i svarendring mellom sonene benyttet. Det er også tatt hensyn til svarendring innen hver sone.

2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen

2.2.1. Deskriptiv analyse

Svarfordeling på de ulike spørsmålene i de to avdelingene er gitt i *Vedlegg 2*.

Gjennomsnittsverdiene for de enkelte svar i hver avdeling ble først vurdert fra en deskriptiv synsvinkel (Tabell 2). Her er alle ansatte som har besvart spørreskjema tatt med.

Tabell 2

Gjennomsnittssvar for alle som har svart på spørreskjemaene. Verdiene er gitt som gjennomsnitt \pm standardavvik for n besvarelser (+SB=Sentral befruktning på, -SB=Sentral befruktning av). Signifikante forskjeller mellom avdelingene er angitt; ** $p < 0.01$ (* $p < 0.05$, dvs. ikke-signifikante forskjeller er også angitt). Avdelingen som klager mest er oppgitt i parentes (P=sone 2)

FAKTOR	AVD	SKJEMA I sone 1: n=64, +SB sone 2: n=49, +SB	SKJEMA II sone 1: n=57, +SB sone 2: n=54, -SB	SKJEMA III sone 1: n=51, -SB sone 2: n=51, +SB
Skala: 1-5, se vedlegg 1				
Varmekomfort	sone 1	2,8 \pm 0,8	2,6 \pm 0,8	2,9 \pm 0,7
	sone 2	2,7 \pm 0,9	2,9 \pm 1,3	2,6 \pm 0,9
Luftfuktighet (Tørr luft)	sone 1	3,6 \pm 0,8 * (P)	3,0 \pm 1,0 ** (P)	3,6 \pm 0,7
	sone 2	3,9 \pm 0,8	3,9 \pm 0,9	3,8 \pm 0,9
Luftkvalitet	sone 1	3,4 \pm 0,6	3,1 \pm 0,8 * (P)	3,3 \pm 0,7
	sone 2	3,4 \pm 0,9	3,4 \pm 0,7	3,3 \pm 1,0
Hodepine/ tung i hodet	sone 1	1,8 \pm 1,1	1,5 \pm 0,8 * (P)	1,7 \pm 1,0 * (P)
	sone 2	1,8 \pm 1,0	2,0 \pm 1,2	2,1 \pm 1,2
Uvelhet/ trøtthet	sone 1	1,6 \pm 0,9	1,6 \pm 0,9 * (P)	1,9 \pm 1,1
	sone 2	1,8 \pm 1,1	2,0 \pm 1,1	2,2 \pm 1,3
Irriterte øyne	sone 1	1,9 \pm 1,0	1,6 \pm 0,9 ** (P)	1,8 \pm 1,2 * (P)
	sone 2	2,1 \pm 1,2	2,1 \pm 1,3	2,5 \pm 1,5
Tørr og/eller irritert hals	sone 1	1,8 \pm 0,9	1,7 \pm 0,9 * (P)	1,8 \pm 1,0 * (P)
	sone 2	2,1 \pm 1,2	2,1 \pm 1,2	2,5 \pm 1,5
Tørr og/eller rennende nese	sone 1	1,6 \pm 1,1	1,8 \pm 1,1	2,0 \pm 1,2
	sone 2	1,9 \pm 1,1	1,9 \pm 1,3	2,3 \pm 1,4
Tørr hud ansikt	sone 1	2,4 \pm 1,1	2,4 \pm 1,2	2,3 \pm 1,3
	sone 2	2,2 \pm 1,3	2,5 \pm 1,4	2,7 \pm 1,4
Tørre lepper	sone 1	2,8 \pm 1,2	2,6 \pm 1,0	2,7 \pm 1,2
	sone 2	2,6 \pm 1,4	2,8 \pm 1,3	2,8 \pm 1,4

Som vist i tabell 2 ble det klaget litt mer på tørr luft i sone 2 enn i sone 1 i skjema I selv om befuktningen da var i gang (ca. 30%) i begge avdelingene.

Ved skjema II var det større forskjeller i klager mellom avdelingene. Ansatte i sone 2 klaget mer enn sone 1 på tørr luft, øyeplager, halsplager, hodepine, uvelhet/trøtthet og dårligere luftkvalitet. Forskjellen mellom avdelingene skyldes hovedsaklig at ansatte i sone 1 klaget mindre i skjema II enn i skjema I selv om befuktningen i sone 1 var lik (ca. 30%) ved utfylling av begge skjemaene. I sone 1 følte de ansatte ved skjema II at luftfuktigheten var nøytral.

Ved skjema III (dvs. når befuktning var av ved sone 1 og på ved sone 2) var klagefrekvensen i sone 2 fortsatt større enn i sone 1 for øyeplager, hodepine og halsplager. Det var nå ingen forskjell mellom avdelingene for variabelen tørr luft.

2.2.2. Statistisk analyse

Da den individuelle terskelverdien for inneklimalplager varierer, valgte vi å se på forskjell i svar hos ansatte som hadde fylt ut skjema både før og etter endring i befuktning, dvs. de som hadde svart a) både på skjema I og skjema II og b) både på skjema II og III (se tabell 3)

Tabell 3

Gjennomsnitt svarendring for de som svarte på a) både skjema I og II og b) både skjema II og III. Verdiene er gitt som gjennomsnitt av svarendring \pm standardavvik (før minus etter endring i befuktning) av totalt n besvarelser. Signifikante svarendringer på henholdsvis sone 1 og sone 2 og signifikante forskjeller i svarendring mellom de to avdelingene er angitt både mellom skjema I og II (a) og mellom skjema II og III (b); *** $p < 0.005$, ** $p < 0.01$ (* $p < 0,05$, dvs ikke-signifikante forskjeller er også angitt).

FAKTOR	a) gjennomsnitt sone 1 Skjema I-II n=39	a) gjennom- snitt sone 2 Skjema I-II n=43	a) p-verdi forskjell mellom sone 1/sone 2 I-II	b) gjennom- snitt sone 1 Skjema II-III n=34	b) gjennom- snitt sone 2 Skjema II-III n=43	b) p-verdi forskjell mellom sone 1/sone 2 II-III
Varmekomfort	0,1 \pm 1,1	-0,4 \pm 1,3	0,103	-0,3 \pm 0,9	0,3 \pm 1,5	0,026*
Luftfuktighet	0,7 \pm 1,0***	0,0 \pm 1,1	0,008 **	-0,7 \pm 1,2***	0,2 \pm 1,1	0,001 ***
Luftkvalitet	0,3 \pm 0,8	0,1 \pm 0,7	0,162	-0,3 \pm 0,7	0,1 \pm 1,0	0,066
Hodepine/ tung i hodet	0,3 \pm 1,2	-0,2 \pm 1,2	0,091	-0,2 \pm 1,0	0,0 \pm 1,2	0,568
Uvelhet/trøtthet	0,3 \pm 0,9	-0,1 \pm 1,0	0,106	-0,4 \pm 1,2	-0,1 \pm 1,2	0,518
Irriterte øyne	0,5 \pm 0,9*	-0,1 \pm 1,1	0,003 ***	-0,2 \pm 0,8	-0,2 \pm 1,2	0,466
Tørr og/eller irritert hals	0,3 \pm 1,0	-0,1 \pm 1,4	0,107	-0,1 \pm 0,8	-0,2 \pm 1,2	0,908
Tørr og/eller rennende nese	0,0 \pm 0,9	-0,0 \pm 1,3	0,515	-0,0 \pm 1,0	-0,4 \pm 1,4	0,135
Tørr hud ansikt	0,2 \pm 1,0	-0,2 \pm 1,3	0,119	-0,2 \pm 1,1	0,1 \pm 1,1	0,729
Tørre lepper	0,1 \pm 1,0	-0,1 \pm 1,0	0,318	0,2 \pm 1,1	0,0 \pm 1,3	0,738

Tabell 3 viser følgende:

Del a)

Svarendringer fra skjema I til skjema II:

I sone 1 ble det klaget mindre på tørr luft ved skjema II enn ved skjema I. Det var ingen signifikante endringer i svar i sone 2 fra skjema I til II på noen variabel, selv om befuktningen her hadde vært slått av i 13 dager.

Analyse av forskjell i svarendring mellom sonene viser at ansatte i sone 1 klaget mindre på tørr luft og irriterte øyne sammenlignet med ansatte i sone 2.

Del b)

Svarendringer fra skjema II til skjema III:

I sone 1 ble det klaget mer på tørr luft ved skjema III enn ved skjema II. Sentral befuktning hadde ved skjema III vært slått av i 11 dager i sone 1.

I sone 2 var det ingen signifikante svarendringer fra skjema II til skjema III for noen variabel, selv om relativ fuktighet var økt fra ca. 10% til 30% via sentral befuktning.

Analyse av forskjell i svarendring mellom sonene viser at ansatte i sone 1 klaget mer på tørr luft sammenlignet med ansatte i sone 2.

2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen

Forskjell i svarendring mellom de to sonene vektlegges mest ved vurdering av tiltaket. Det må imidlertid også tas hensyn til forskjeller i svarendring innen hver sone.

Det ble klaget mer på tørr luft og irriterte øyne i sone 2 enn i sone 1 etter at den sentrale befuktningen ble slått av i sone 2 (skjema II). Verdiene for svarendringene viser at dette hovedsaklig skyldes at det klages mindre på disse parametrene ved sone 1 selv om relativ fuktighet ble holdt tilnærmet konstant på denne avdelingen fra skjema I til II.

Etter at befuktningen ble slått på ved sone 2 og slått av ved sone 1 (skjema III), ble det klaget mer på tørr luft ved sone 1. Klagene på tørr luft var ved sone 1 på skjema III tilbake på samme nivå som på skjema I.

I sone 2 var det ingen forskjell i svar på noen spørsmål de tre gangene spørreskjemaene var ute selv om relativ fuktighet varierte fra 30% til 10% og tilbake til 30%. Disse resultatene viser at det var ingen entydig sammenheng mellom relativ fuktighet og følelse av tørr luft.

3. Temperatur og relativ fuktighet

3.1. Målinger i områder uten sentral befuktning

Relativ fuktighet i godt ventilerte rom (se figur 2 og 3) som ikke har kunstig befuktning vil variere som en funksjon av a) utetemperatur, b) relativ fuktighet i uteluften og c) temperaturen inne. Ved utetemperaturer under 0-3°C vil relativ fuktighet inne oftest være under 20% når romtemperaturen er over 20°C. Dette gjelder i yrkesbygg som har høy ventilasjon og relativt lite fukttilskudd fra innendørs kilder.

Relativ fuktighet i et område av Sentralblokken (4. etg.) som ikke hadde sentral befuktning på i løpet av perioden 1. jan.-17. mars-94 er vist i figur 2. Som vist i tabell a i Vedlegg 3 var relativ fuktighet under 20% i 58% av denne tidsperioden.

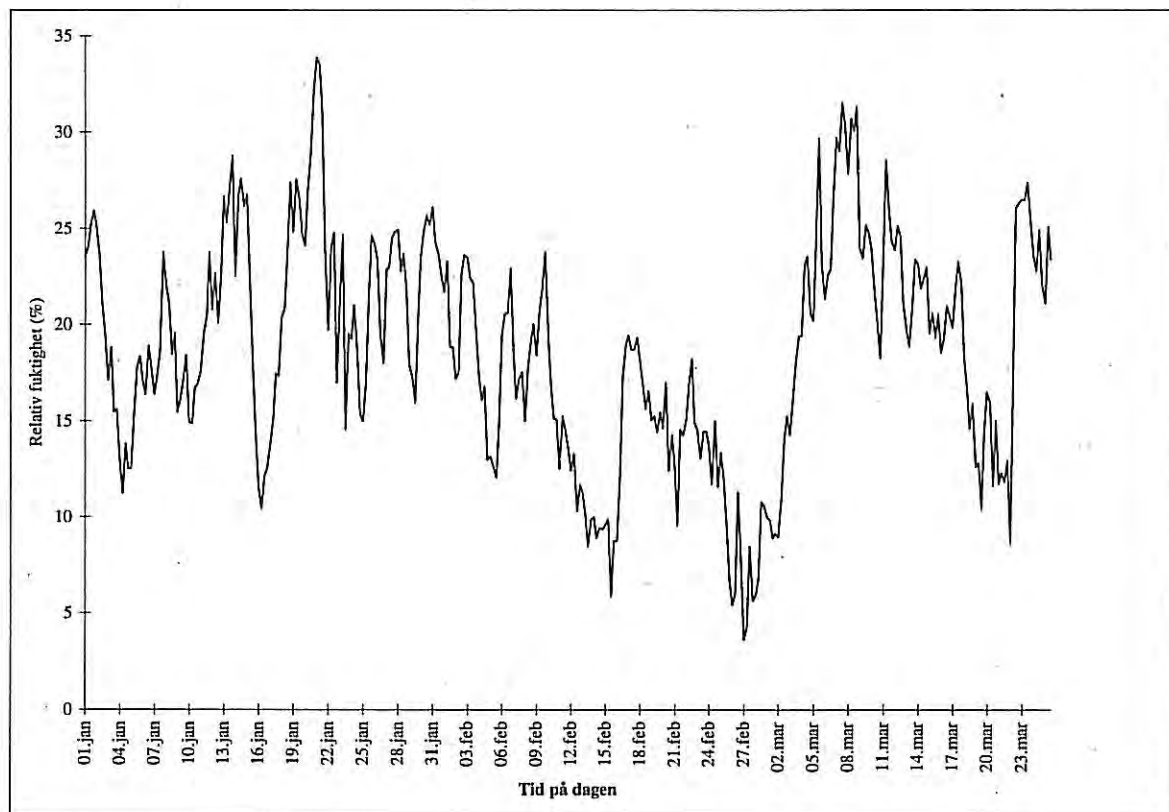


Fig. 2

Relativ fuktighet i perioden 1.1 til 17.3 i et område som ikke hadde sentral befuktning (4. etg.)

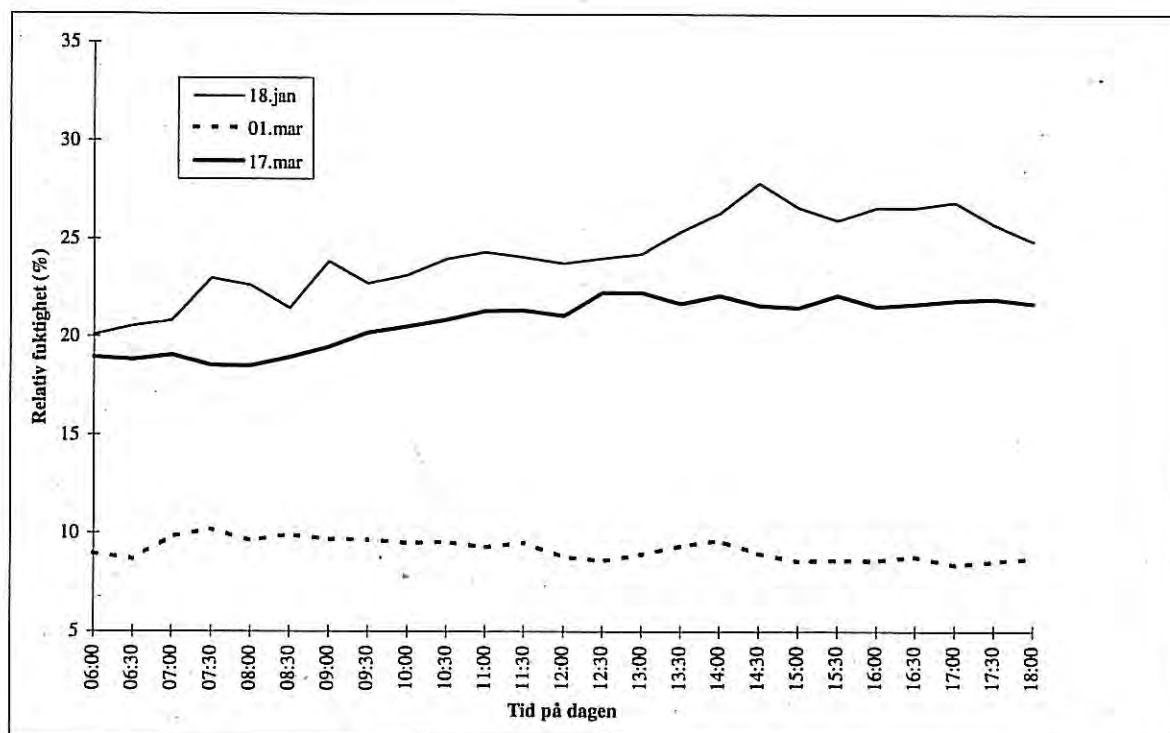


Fig. 3

Relativ fuktighet romluft i et ubefuktet område (4.etg) de tre dagene spørreskjemaene var ute

3.2. Målinger i forsøkssonene

Temperatur og relativ fuktighet ble målt kontinuerlig med:

- 1) Termohygrografer (figur 4 og figur a i Vedlegg 3) i:
 - sekretariat, rom 4106 ved sone 1
 - sekretariat, rom 5321 ved sone 2
- 2) Termoelement og elektronisk fuktføler i:
 - akuttflab, rom 4110 ved sone 1 (figur b i Vedlegg 3)
 - screeningrom, rom 5354 ved sone 2 (figur c i Vedlegg 3) (Pga. teknisk feil falt loggeren i rom 5354 ut i perioder, men figur c i Vedlegg 3 viser resultatene fra 21.2 til 28.2.
 - 28.2, dvs. i den perioden som hadde lavest relativ fuktighet.

Følerne ble plassert sentralt i rommet i tre høyder (0,1 m, 1,2 m og 1,8 m). Når ikke annet er angitt, er det vist temperatur- og fuktighetsdata for 1,8 m.

Variasjonen i relativ fuktighet i de to forsøkssonene er vist i fig. 4.

Tabell 4 sammenfatter data om temperatur og fuktighet på de dagene spørreskjemaene var ute (18/1, 1/3 og 17/3).

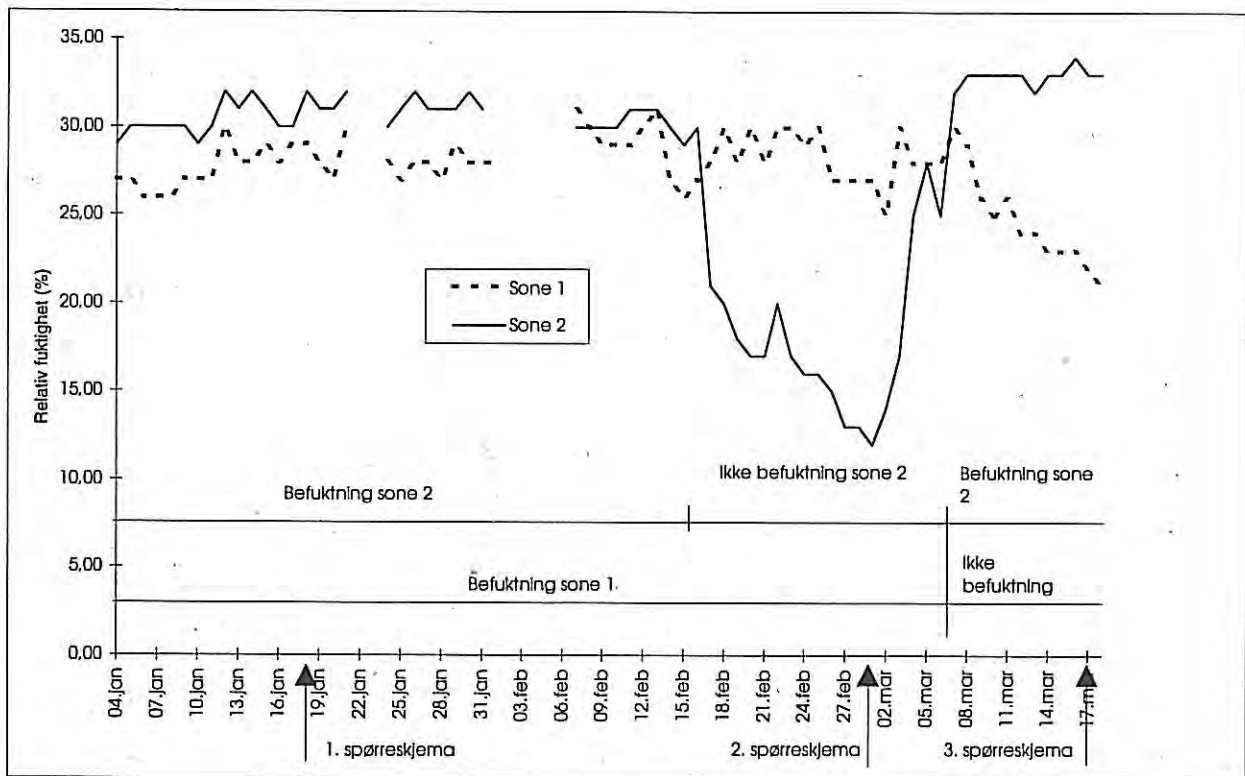


Fig. 4

Relativ fuktighet i sekretariat ved sone 1 og ved sone 2 i forsøksperioden (1.1-17.3) målt med termohygrograf. Tidspunkt for utfylling av spørreskjema og perioder med befruktning er angitt.

Tabell 4

Oversikt over temperatur (Temp) og relativ fuktighet (RF) på angitte rom de tre dagene spørreskjemaene ble utfyllt. Målingene med termohygrograf og termoelementer er avlest kl 12. Målingene med termometer og slyngepsykrometer ble gjort kl.16 i forbindelse med svevestøvmålinger.

AVD/ROM	Målemetode	Måling	18/1	1/3	17/3
sone 1			+Sb	+Sb	-Sb
-Sekretariat	Termohygrograf	Temp	23	23	22,5
		RF	29	27	21
-Lab.	Termoelement	Temp	23	24,5	24
		RF	30	26	20
sone 2			+Sb	-Sb	+Sb
-Sekretariat	Termohygrograf	Temp	22,5	22,5	22
		RF	30	12	30
-Screeningrom	Termometer og slynge	Temp	22,5	23	21,5
		RF	35	8	35

For en gitt dag forventes det at relativ fuktighet på de to rommene i sone 1 skal være omtrent lik og at relativ fuktighet på de to rommene i sone 2 skal være omtrent lik. Dette ser ut til å stemme godt for sone 1 på alle de tre dagene. De små variasjonene skyldes måleusikkerhet og ulik temperatur i romluften. I sone 2 er det imidlertid en liten forskjell mellom rommene på de enkelte datoene. Dette kan skyldes at målingene er gjort ved

forskjellig tidspunkt på dagen, men også at målingene med termohygrograf viser for høy verdi når relativ fuktighet er lav (1/3), og litt for lave verdier når relativ fuktighet er over 30% (18/1 og 17/3).

Kontinuerlig registrering av temperatur og relativ fuktighet på akuttlab ved sone 1 på de tre dagene skjemaene var ute er vist i fig. d Vedlegg 3.

3.3. Sammendrag - målinger av temperatur og relativ fuktighet

Temperaturforholdene i rommene er noe mangelfullt kartlagt fordi det elektroniske loggerutstyret i et av rommene i sone 2 sviktet. Målingene med termohygrograf viser at romtemperaturen i begge soner i lange perioder er relativt høy (23-24°C) i rom 4106, 4110 og 5354. Målinger i et senere tiltak (tiltak 7) viser at det normalt er små temperaturforskjeller i mellom disse rommene.

1) Ved tidspunkt for spørreskjema I (18/1):

Sentral befuktning hadde ved dato for spørreskjema I stått på i 56 dager ved sone 1 og i 26 dager i sone 2. Relativ fuktighet ble i denne perioden justert til ca 30% (måleverdier 26-35%).

Relativ fuktighet i ikke-befuktet område var den 18/1 20-23% fram til kl. 13. I sone 1 og sone 2 ble altså ca. 1/3 av fuktigheten tilsatt kunstig denne dagen, slik at den relative fuktigheten ble ca. 30%.

2) Ved tidspunkt for spørreskjema II (1/3):

Sentral befuktning ved sone 2 hadde ved dato for spørreskjema II vært slått av i 13 dager. I løpet av disse 13 dagene falt relativ fuktighet i sone 2 gradvis fra ca 20% til 8% pga. synkende utetemperatur.

Relativ fuktighet i sone 1 ble holdt på ca. 30% (måleverdier 26-30%) ved sentral befuktning.

Relativ fuktighet i ikke-befuktede områder i Sentralblokken (måleverdier fra både sone 2 og 4.etg) var den 1/3 mellom 8-10%. I sone 1 ble altså ca. 2/3 av fuktigheten tilsatt kunstig denne dagen, slik at den relative fuktigheten her ble ca.30%.

3) Ved tidspunkt for spørreskjema III (17/3):

Sentral befuktning ved sone 2 hadde ved dato for spørreskjema II vært slått på i 11 dager, mens befuktningen hadde vært slått av ved sone 1 i 11 dager. I løpet av disse 11 dagene falt relativ fuktighet i sone 1 gradvis fra ca 30% til 20% pga. ytre klimatiske forhold.

Relativ fuktighet i sone 2 ble holdt på i overkant av 30% (måleverdier 30-35%) ved sentral befuktning.

Relativ fuktighet i ikke-befuktede områder i Sentralblokken (måleverdier fra både sone 1 og 4.etg) var den 17/3 mellom 19-21%. I sone 2 ble altså ca. 1/3 av fuktigheten tilsatt kunstig denne dagen, slik at den relative fuktigheten her ble ca.30%.

4. Målinger av svevestøv

Svevestøv ble målt via støvavsetning på kvartskrystall som endrer svingefrekvens når partikler avsetter seg (Piezobalance). Både finfraksjon (partikkeldiameter $<3,5\mu\text{m}$) og totalstøv (partikkeldiameter $<10\mu\text{m}$) ble registrert. Temperatur og relativ fuktighet ble målt samtidig. Alle støvmålingene ble utført av seniorforsker Walter C. Wedberg, Fysisk inst, UiB.

Hver av de angitte måleverdiene er gjennomsnittet av 4 fortløpende målinger av varighet 9 min. Resultatene er avrundet til nærmeste heltall.

Konsentrasjonen av svevestøv ble målt de samme dagene som spørreskjemaene ble utfylt (Tabell 5).

Resultatene viser at:

- Konsentrasjonen av svevestøv både i sone 1 og i sone 2 er lave sammenlignet verdiene i Helsedirektoratets retningslinjer for inneklimakvalitet (finstøv $<2,5\mu\text{m}$: $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, totalstøv $<10\mu\text{m}$: $90\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Det er svært liten variasjon i støvnivå de tre dagene målingene er gjort. Det er også liten forskjell i støvnivå mellom sone 1 og sone 2.
- Det er liten forskjell mellom støvnivået i tilluften og i romluften. Dette tyder på at en relativt liten fraksjon av svevestøvet blir produsert innendørs.
- Andre målinger (ikke angitt her) viser at svevestøvnivået øker raskt når ventilasjonsanlegget stopper. En til to timer etter stopp øker finfraksjon (partikler $<3,5\mu\text{m}$) til over ca. $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ og totalstøv (partikler $<10\mu\text{m}$) til over ca. $60\mu\text{g}/\text{m}^3$. Disse resultatene tyder på at ventilasjonsanlegget fungerer godt med hensyn til å fjerne svevestøv som produseres innendørs.

Tabell 5

Resultater fra støvmålingene. Temperatur (TEMP) er gitt i °C, relativ fuktighet (RF) er gitt i % og konsentrasjon av svevestøv (<3,5µm og <10µm) er gitt i µg/m³.

		18/1	1/3	17/3
sone 1:				
-Utstørsrom med svært liten aktivitet (Rom 413)	TEMP (°C)	21,2	20,1	21,1
	RF (%)	33	30	25
	<3,5µm (µg/m ³)			
	<10µm "			
-Tilluft (Rom 4137)	TEMP	18,8	19,7	18,9
	RF		32	28
	<3,5µm	12	13	14
	<10µm	16	19	16
-Akuttlab (Rom 4110)	TEMP	22,6	23	23,3
	RF	31	28	23
	<3,5µm	17	15	15
	<10µm	20	18	18
sone 2OLOG1:				
-Screeningrom (Rom 5354)	TEMP	22,6	23,2	21,4
	RF	35	8	35
	<3,5µm	15	17	15
	<10µm	15	18	16
-Tilluft (Rom 5354)	TEMP			20
	RF			40
	<3,5µm			11
	<10µm			15

5. Konklusjoner - tiltak 3

Det var ingen entydig sammenheng mellom relativ fuktighet og inneklimasymptomer. Avstengning av den sentrale befuktningen i den ene sonen førte til en reduksjon i relativ fuktighet fra 30 % til 10 %, men gav ikke mer klage på tørr luft. I den andre sonen førte imidlertid sentral befuktning til 30 % til mindre klage på tørr luft i en periode når relativ fuktighet i ubefuktede områder var svært lav (10%). Reduksjonen i klager ble her oppnådd ved å opprettholde den relative fuktigheten på 30 % når relativ fuktighet i ubefuktede områder falt fra 20 % til 10 %. Klagene på tørr luft økte når befuktningen i denne sonen ble slått av.

Disse tilsynelatende motstridende resultatene kan forklares med at ansatte som oppholder seg i områder med kunstig befuktning opplever en forskjell i tørr luft mellom sitt område og tilgrensende, ubefuktede områder i bygget. Følelsen av tørr luft blir signifikant redusert når det er stor forskjell i relativ fuktighet mellom befuktet og ubefuktet område, dvs ved spørreskjema II. Dette kan ha sammenheng med at ansatte i kortere perioder oppholder seg i ubefuktede områder selv om de har arbeidsplassen sin i befuktet område. De merker derfor en kontrast i fuktighet mellom sitt område og tilgrensende, ubefuktede områdene.

Som beskrevet tidligere kan følelsen av tørr luft være en kombinasjon av bl.a. høy romtemperatur, lav relativ fuktighet, støv og irriterende gasser. Konsentrasjonen av svevestøv var lav både ved sone 1 og ved sone 2 sammenlignet med Helsedirektoratets retningslinjer, både når befuktningen var igang og når den var stengt. Tidligere målinger i Sentralblokken har også vist lave nivåer av irriterende gasser (flyktige organiske forbindelser). Romtemperaturen var imidlertid relativt høy i flere rom (23-24°C).

Det var altså ingen entydig sammenheng mellom relativ fuktighet og klager på tørr luft. Den statistiske analysen viste imidlertid at kunstig befuktning til 30% i en periode når relativ fuktighet i ubefuktede områder var svært lav (ned mot 10%) reduserte følelsen av tørr luft og gav mindre plager med irriterete øyne.

Vedlegg 1

Undersøkelse nr.:

Kode:

Spørreskjema for personlig vurdering av inneklima og luftkvalitet

I samarbeid med Norges byggforskingsinstitutt skal Haukeland sykehus prøve ulike tiltak for å få bedre luftkvalitet og inneklima i sykehuset. Denne spørreundersøkelsen gjennomføres for at effekten av tiltakene skal kunne kontrolleres på en ordentlig måte. Opplysningene du oppgir i skjemaet vil bli behandlet konfidensielt.

Hvordan oppfatter du inneklima og luftkvalitet på avdelingen i dag?

Sett et kryss i en av rutene ved varmekomfort, luftfuktighet, og luftkvalitet:

	Varmt	Litt varmt	Nøytralt	Litt kjølig	Kjølig
Varmekomfort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært fuktig luft	Fuktig luft	Nøytral	Tørr luft	Svært tørr luft
Luftfuktighet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært god luft	God luft	Nøytral	Dårlig luft	Svært dårlig luft
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

I hvilken grad har du følt ubehag på avdelingen i løpet dagen?

Sett et kryss i en av rutene ved hvert symptom:

	Intet ubehag	Litt ubehag	Moderat ubehag	Sterkt ubehag	Meget sterkt ubehag
Hodepine, tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uvelhet, trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irriterte øyne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr og/eller irritert hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tett og/eller rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr hud ansikt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørre lepper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvis du har spesielle kommentarer, kan du skrive her:

Skriv dato for utfylling: __/__/__

Ved dagskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 12 og 14)

Ved kveldsskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 19 og 20)

Vedlegg 2

Svarfordeling på spørsmål i spørreskjema ved de tre spørrerundene

SKJEMA	1	2	3	1	2	3
ANTALL	64	57	51	49	54	51
VARMEKOMFORT						
1. Varmt	6,2	8,8	3,9	10,2	22,2	15,7
2 Litt varmt	29,7	28,1	17,6	26,5	11,1	15,7
3 Nøytralt	48,4	54,4	64,7	53,1	33,3	60,8
4. Litt kjølig	14,1	8,8	13,7	6,1	24,1	7,8
5 Kjølig	1,6	0	0	4,1	9,3	0
LUFTFUKTIGHET						
1 Svært fuktig luft	0	5,3	0	0	0	2
2. Fuktig luft	7,8	26,3	5,9	0	3,7	2
3 Nøytral	42,2	36,8	35,3	34,7	29,6	37,3
4 Tørr luft	37,5	26,3	52,9	42,9	38,9	35,3
5 Svært tørr luft	12,5	5,3	5,9	22,4	27,8	23,5
LUFTKVALITET						
1 Svært god luft	0	3,5	0	0	1,9	5,9
2 God luft	4,7	14	7,8	16,3	5,6	7,8
3 Nøytral	50	52,6	56,9	40,8	48,1	47,1
4 Dårlig luft	43,7	29,8	31,4	30,6	42,6	25,5
5 Svært dårlig luft	1,6	0	3,9	12,2	1,9	13,7

Svarfordeling på spørsmål i spørreskjema ved de tre spørre rundene, forts.

SKJEMA	1	2	3	1	2	3
ANTALL	64	57	51	49	54	51
HODEPINE, TUNG I HODET						
1 Intet ubehag	59,4	63,2	64,7	57,1	50	43,1
2 Litt ubehag	17,2	22,8	11,8	18,4	20,4	23,5
3 Moderat ubehag	14,1	12,3	17,6	16,3	14,8	17,6
4 Sterkt ubehag	6,2	1,8	5,9	8,2	9,3	9,8
5 Meget sterkt ubehag	3,1	0	0	0	5,6	5,9
UVELHET, TRØTTHET						
1 Intet ubehag	56,2	64,9	52,9	57,1	46,3	43,1
2 Litt ubehag	31,3	19,3	19,6	10,2	24,1	19,6
3 Moderat ubehag	7,8	10,5	17,6	26,5	16,7	19,6
4 Sterkt ubehag	1,6	5,3	7,8	4,1	11,1	11,8
5 Meget sterkt ubehag	3,1	0	2	2	1,9	5,9
IRRITERTE ØYNE						
1 Intet ubehag	45,3	63,2	60,8	42,9	44,4	39,2
2 Litt ubehag	29,7	21,1	17,6	28,6	20,4	21,6
3 Moderat ubehag	14,1	12,3	9,8	10,2	18,5	9,8
4 Sterkt ubehag	10,9	1,8	7,8	14,3	11,1	13,7
5 Meget sterkt ubehag	0	1,8	3,9	4,1	5,6	15,7
TØRR OG/ELLER IRRITERT HALS						
1 Intet ubehag	50	54,4	52,9	40,8	46,3	41,2
2 Litt ubehag	26,6	29,8	25,5	28,6	14,8	9,8
3 Moderat ubehag	20,3	12,3	13,7	12,2	22,2	21,6
4 Sterkt ubehag	3,1	1,8	5,9	14,3	13	11,8
5 Meget sterkt ubehag	0	1,8	2	4,1	3,7	15,7
TØRR OG/ELLER RENNENDE NESE						
1 Intet ubehag	67,2	49,1	51	51	57,4	41,2
2 Litt ubehag	12,5	29,8	19,6	22,4	14,8	19,6
3 Moderat ubehag	14,1	12,3	13,7	18,4	9,3	15,7
4 Sterkt ubehag	3,1	5,3	11,8	6,1	14,8	11,8
5 Meget sterkt ubehag	3,1	3,5	3,9	2	3,7	11,8
TØRR HUD ANSIKT						
1 Intet ubehag	26,6	28,1	37,3	42,9	33,3	29,4
2 Litt ubehag	25	31,6	17,6	18,4	20,4	13,7
3 Moderat ubehag	31,3	22,8	27,5	22,4	18,5	33,3
4 Sterkt ubehag	14,1	12,3	11,8	10,2	18,5	9,8
5 Meget sterkt ubehag	3,1	5,3	5,9	6,1	9,3	13,7
TØRRE LEPPER						
1 Intet ubehag	14,1	12,3	17,6	30,6	22,2	27,5
2 Litt ubehag	28,1	35,1	23,5	20,4	18,5	7,8
3 Moderat ubehag	31,3	35,1	37,3	20,4	27,8	35,3
4 Sterkt ubehag	18,8	14	13,7	16,3	20,4	15,7
5 Meget sterkt ubehag	7,8	3,5	7,8	12,2	11,1	13,7

Vedlegg 3

Tabell a

Oversikt over fordeling av relativ fuktighet i perioden 1.1 til 17.3.1994 i område uten sentral befruktning (4.étg.)

FORDELING AV RELATIV FUKTIGHET	TIDSANDEL (%) AV FORSØKS-PERIODEN (1.1-17.3)
Under 10 %	9,3
10-15 %	18,3
15-20 %	30,7
20-25 %	29,3
25-30 %	9,3
Over 30 %	3,0

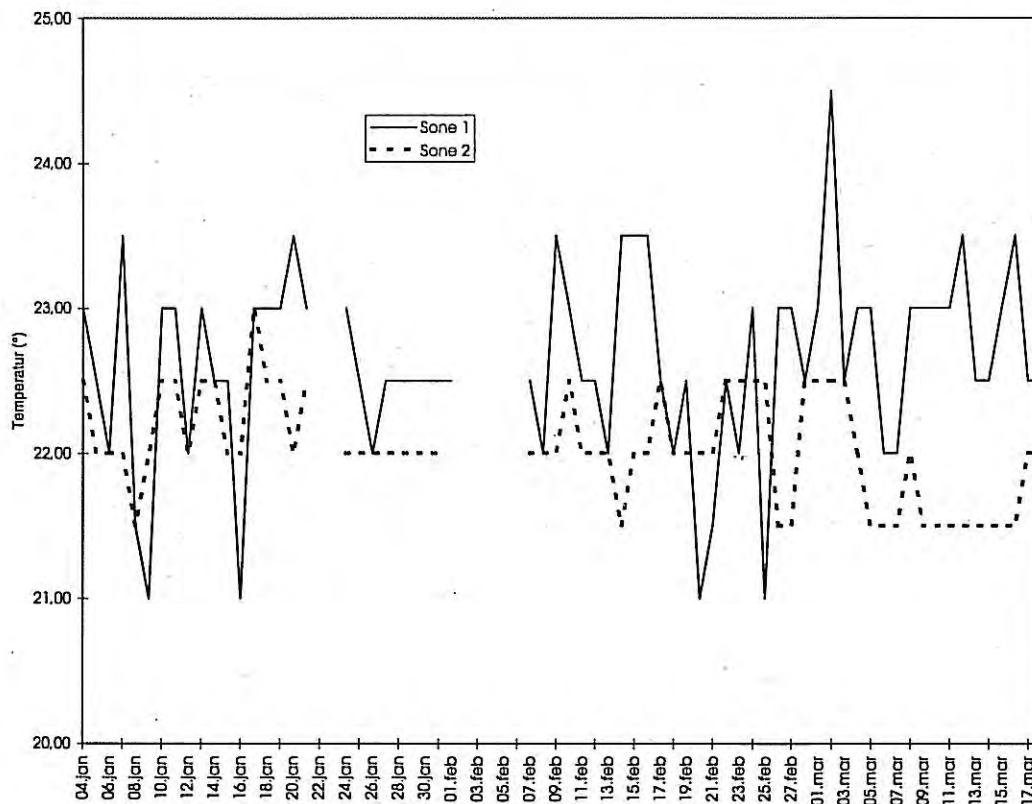


Fig. a

Temperatur i sekretariat ved sone 1 og ved sone 2 i forsøksperioden (1.1-17.3) målt med termohygrograf.

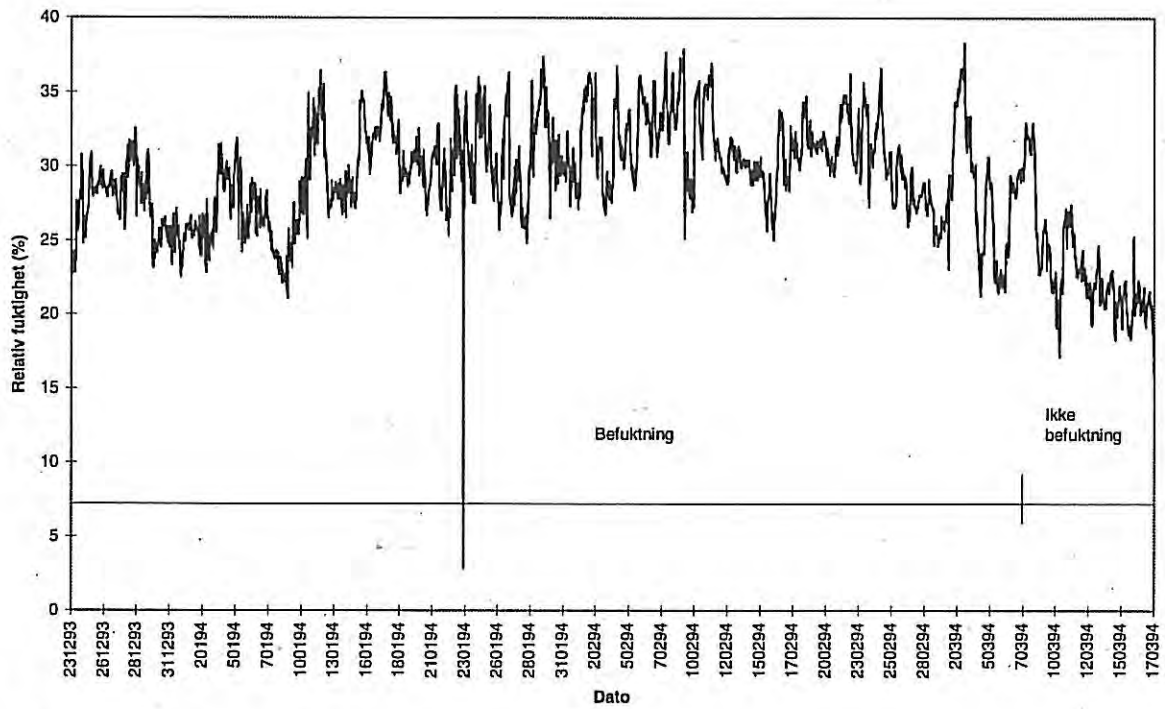


Fig. b
Relativ fuktighet i akuttlab ved sone 1 i perioden (23.12-17.3) målt med termoelement og elektronisk fuktføler.

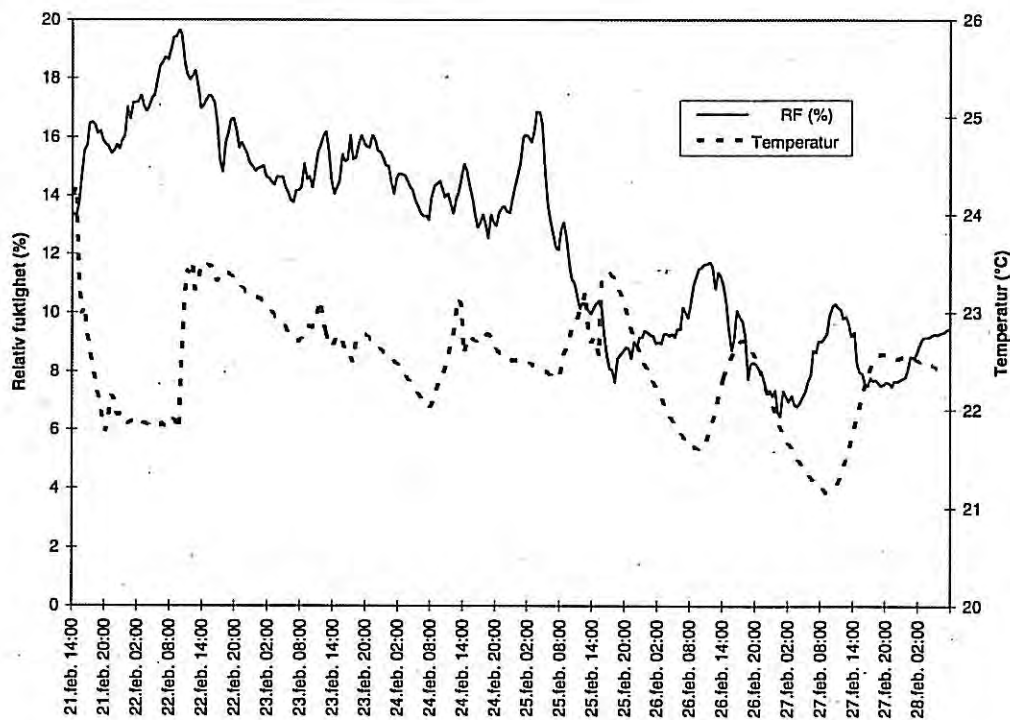
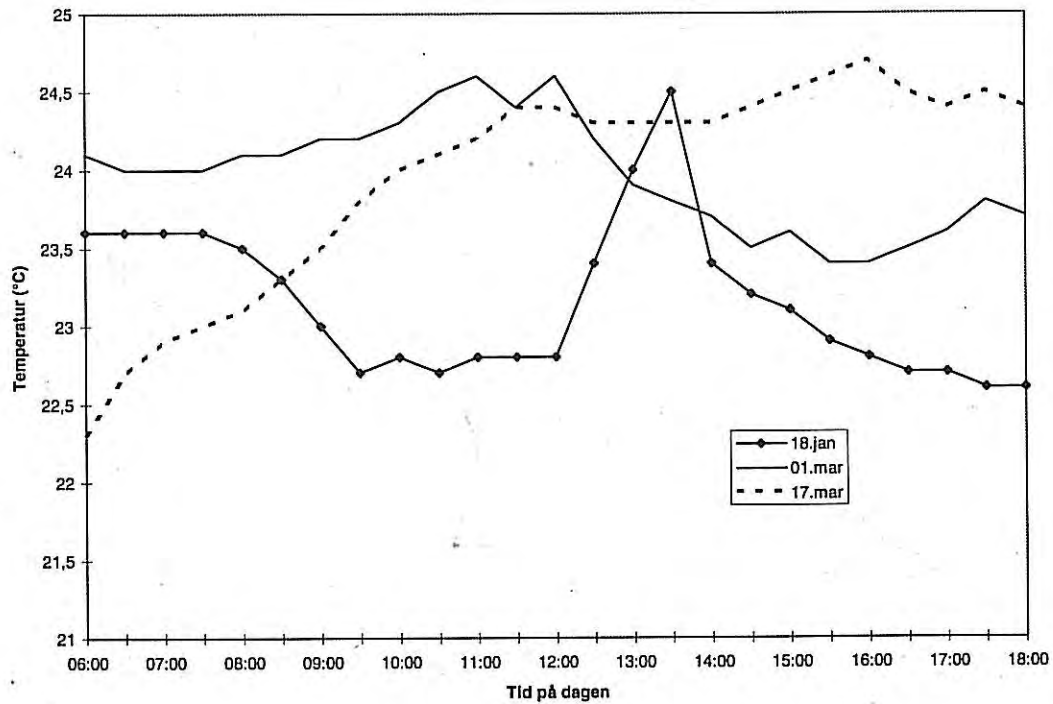
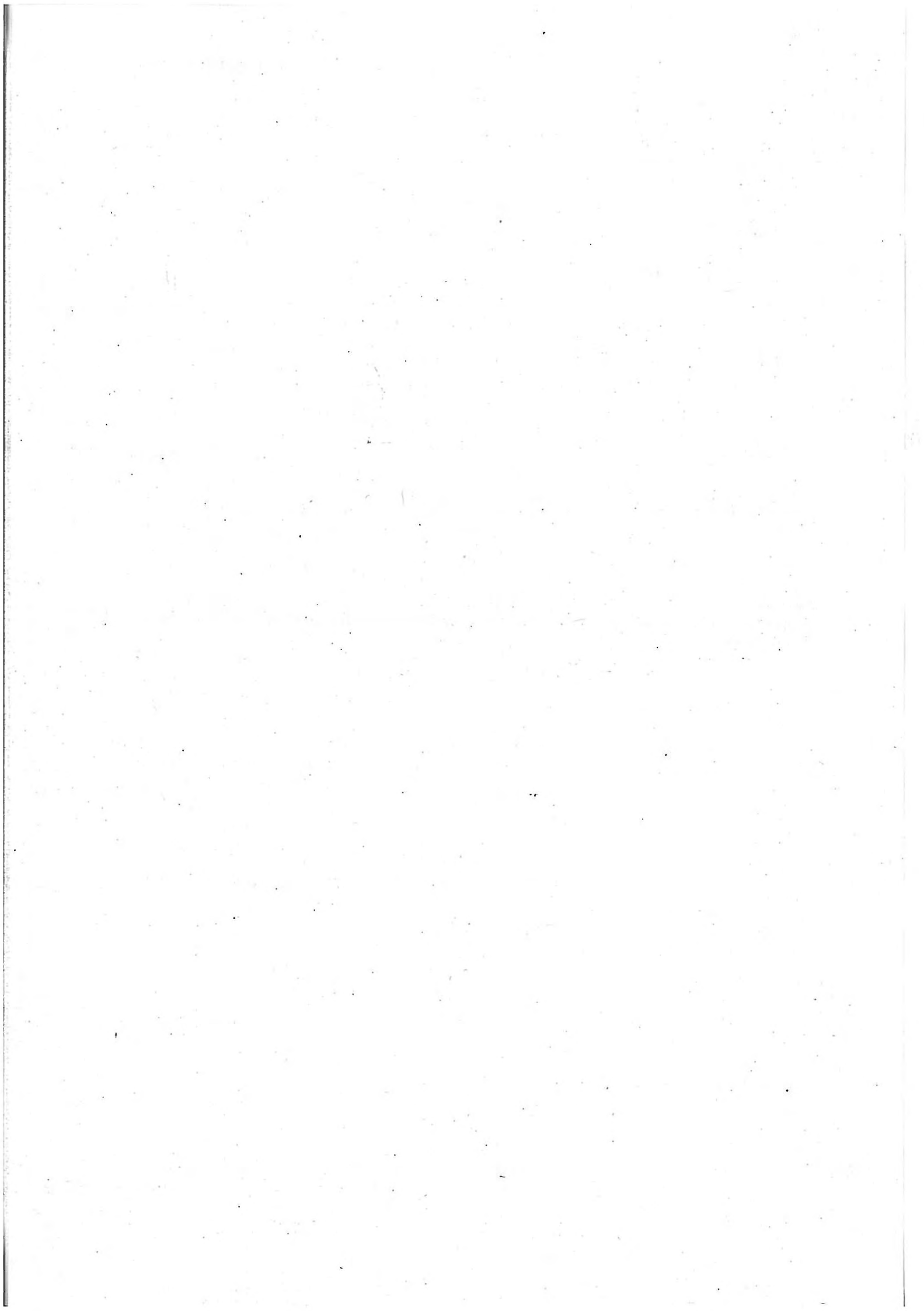


Fig. c
Relativ fuktighet og temperatur i screeningrom ved sone 2 i perioden (21.2-28.2) målt med termoelement og elektronisk fuktføler.



Figur d

Temperatur- og fuktighetsmålinger i sone 1, målt med termoelementer og elektronisk fuktføler. Målingene er tatt i 1,1 m høyde.



Delrapport 6

Bedre temperaturstyring og senket romtemperatur

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag.....	2
1. Gjennomføring av forsøket	3
1.1. Bakgrunn	3
1.2. Administrasjon og forsøksdesign	3
1.3. Teknisk gjennomføring av tiltaket	4
1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene	4
2. Spørreundersøkelse	5
2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene	5
2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen.....	6
2.2.1. Deskriptiv analyse	6
2.2.2. Statistisk analyse.....	9
2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen.....	10
3. Temperatur og relativ fuktighet.....	11
4. Konklusjoner - tiltak 4	13
Vedlegg 1	14
Vedlegg 2	15
Vedlegg 3	17

Forord

Denne rapporten behandler resultatene fra et tiltak som har bestått i å redusere romtemperaturen i deler av 6. etasje i Sentralblokken. Forsøket ble gjennomført i tidsrommet uke 43 til uke 50 høsten 1994.

Sammendrag

Den innledende kartleggingen viste at det var store temperatursvingninger og relativt høy temperatur blant annet på personalrommene. Hensikten med forsøket var å undersøke om en redusert og jevnere romtemperatur på personalrom/vaktrom kunne redusere klagefrekvensen blant de ansatte. Temperaturstyringen ble gjennomført ved at hjulet på veggtermostatene ble låst på 22°C. Det ble gjennomført spørreundersøkelser i tiltakssonen og kontrollsonen før og to uker etter at temperaturen hadde blitt justert ned i tiltakssonen. Målinger viste at temperaturreguleringen førte til en gjennomsnittlig reduksjon i romtemperaturen i tiltakssonen på ca. 2 grader (fra 24°C til 22°C). I kontrollsonen lå temperaturen på rundt 23°C ved begge spørreundersøkelsene.

Relativ fuktighet var nokså jevn i de to periodene spørreskjemaene ble delt ut (hovedsakelig mellom 25 - 30 %)

Før tiltaket ble satt i gang, lå tyngdepunktet for de ansattes vurdering av den termiske komforten på den varme siden. Etter at tiltaket ble gjennomført, lå tyngdepunktet på den kjølige siden. De ansatte i tiltakssonen syntes at luftkvaliteten ble signifikant bedre, og plagene med tørr hud i ansiktet ble redusert, sammenliknet med ansatte i kontrollsonen. Det var også en signifikant reduksjon i følelse av tørr luft i tiltakssonen.

Forsøket viser altså at innklimaklager kan reduseres ved å unngå for høye temperaturer i lokalene. Samtidig tyder svarene fra de ansatte på at en låst termostatinnstilling på 22°C gir et litt for kjølig innklima. Låsing av termostatene er heller ingen tilfredsstillende løsning for de ansatte. Tekniske løsninger for å unngå trekk ved senket romtemperatur bør vurderes.

1. Gjennomføring av forsøket

1.1. Bakgrunn

God temperaturstyring er en viktig faktor i inneklimasammenheng. Deler av sentralblokken har til tider for høy romtemperatur. Foreliggende litteratur viser at høy romtemperatur kan være en av årsakene til klager på tørr luft. Spørreundersøkelsen i Sentralblokken i mars 1993 viste at en svært stor andel (ca. 85%) av de ansatte klaget på tørr luft. Omkring 20 % av de spurte i sentralblokken klager over for høy romtemperatur, mens over 30 % klager over varierende temperatur.

Hensikten med forsøket var å finne ut om en senket romtemperatur kunne redusere klagefrekvensen i tiltakssonen.

1.2. Administrasjon og forsøksdesign

En styrt reduksjon av romtemperaturen ble gjennomført i en post i Sentralblokken (6. etg. N/V). Ansatte på denne posten hadde høy frekvens av klager på tørr luft (>90 %), og på høy temperatur (40 %) ved den generelle spørreundersøkelsen våren 1993. I kontrollsonen (5.etg. N og 5.etg. midtsone) ble det ikke gjennomført noe tiltak i denne perioden.

Ansatte i tiltaks- og kontrollsonene fylte ut spørreskjema før tiltak og 2 uker etter at temperaturen hadde blitt justert ned i tiltakssonen.

Under hele forsøksperioden ble temperatur og relativ fuktighet målt med termoelementer og fuktighetsmåler tilknyttet datalogger. Temperaturstyringen ble gjennomført ved at hjulet på veggtermostat ble låst på 22°C. En person fra Teknisk avdeling kontrollerte daglig at temperaturen og termostatinnstillingen holdt seg på ønsket nivå under forsøket.

Fig. 1 viser gangen i forsøket.

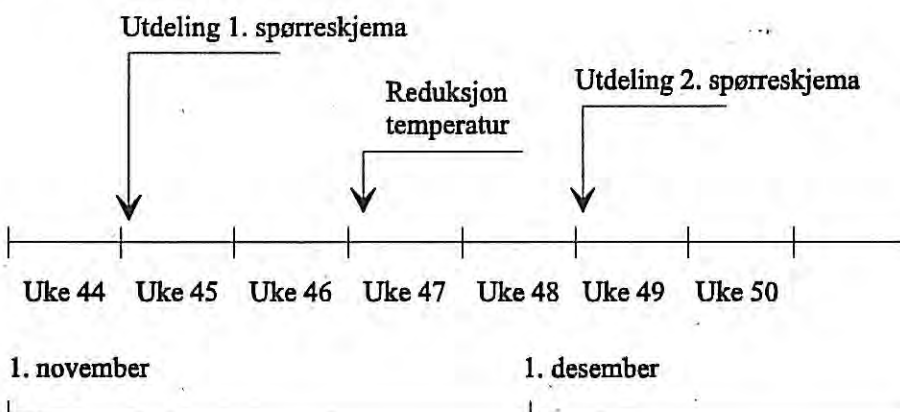


Fig. 1
Tidsplan for gjennomføring av forsøket

1.3. Teknisk gjennomføring av tiltaket

Temperaturen i fasaderom styres av en veggtermostat som er pneumatisk koblet til et ettervarmebatteri i innblåsningsventil under vindu. Tiltaket besto i sette termostaten på 22°C og så sette et blindlokk over. Brukerne fikk da ingen mulighet til å regulere romtemperaturen. Termostaten og romtemperaturen ble kontrollert daglig. Generelt har de ansatte ved avdelingene brukt veggtermostaten relativt mye, f.eks. på grunn av mindre aktivitetsnivå om natten. I følge de ansatte blir termostaten også ofte brukt feil, ved at termostaten enten stilles for høyt eller for lavt.

Termostaten ble låst i vaktrom og postsekretariat.

1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene

Sentralblokken har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsnings temperatur med et set-punkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 ° C året rundt. Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rom ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjernerom generelt har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalene umiddelbart før innblåsningsventilene.

Rommene har manuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom. Ventilasjonsaggregat 57.80 forsyner Sentralblokken nord, 4.-7. etasje, med en luftmengde på 92800 m³/h, dvs. 8,1 m³/h m². Anlegget går for halv hastighet om natten fra 2200 til 0600. For øvrig er ventilasjonsanleggene i Sentralblokken generelt nærmere behandlet i delrapport 2.

2. Spørreundersøkelse

Spørreskjemaene (se Vedlegg 1) ble delt ut to ganger til hver ansatt. For å nå flest mulig av de ansatte ble skjemaene i hver enkelt spørreunde delt ut i løpet av en 5 dagers-periode, dvs. skjema I i uke 44 og skjema II i uke 49. Skjemaene ble fylt ut mellom kl. 12-14 for ansatte på dagskift og mellom kl. 19-20 for ansatte på kveldsskift. De ansatte skulle krysse av for hvordan de oppfattet inneklima og luftkvalitet akkurat den dagen de besvarte skjemaet. Manglende avkryssing ble rekodet til ingen plager.

2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene

Statistisk testing ble foretatt ved ikke-parametrisk metode (Mann-Whitney test) pga. enkelte skjeve fordelinger og begrenset utfallsrom (1-5). Student T-test gav for de fleste variabler samsvarende resultater.

Ved evaluering av resultater fra spørreundersøkelsen, valgte vi å teste nullhypotesen: likhet mellom sonene for hver av variablene/evt. likhet i svarendring for hver variabel som følge av tiltaket. Dette fordi tiltakets art ga endringer i inneklimaet som muligens kunne oppfanges ved flere av spørsmålene. Alternativt kunne antall tester utført for et spesifikt tiltak vært redusert ved å se på de variable som var mest aktuelle for tiltaket.

Ved testing av nullhypotesen er det foretatt ti hypotesetester. Ifølge Bonferonimetoden for multiple tester (British Medical Journal vol 310, 1995) vil dette gi et signifikansnivå på 0.005 (0.05/10). Da det er avhengighet mellom flere av testene, vil dette være svært konservativt. Vi velger derfor et signifikansnivå på 0.01.

I tabell 1 og 2 har vi angitt signifikante svarendringer som:

*** for p-verdier <0.005

** for p-verdier <0.01

(* for p-verdier <0.05, dvs ikke-signifikante endringer er angitt for å vise tendenser i svarendringene)

Deskriptiv analyse av svarene ble foretatt for vise gjennomsnittlig svar på de ulike spørsmålene, og for å avdekke eventuelle forskjeller mellom tiltaks- og kontrollsonene i de to spørreundene. Her ble alle som hadde besvart spørreskjemaene tatt med. Denne analysen ble i liten grad vektlagt ved vurdering av tiltakenes effekt.

Statistisk testing av tiltakets effekt ble foretatt ved å analysere svar fra ansatte som hadde svart på både skjema I og skjema II.

Følgende tester ble utført:

- 1) Svarendring i tiltakssone fra skjema I til skjema II
- 2) Svarendring i kontrollsonene fra skjema I til skjema II
- 3) Forskjell i svarendring mellom tiltakssone og kontrollsonene.

Ved vurdering av tiltakets effekt ble den statistiske analysen av forskjell i svarendring mellom tiltaks- og kontrollsonene benyttet. Det er også tatt hensyn til svarendring innen hver sone.

2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen

2.2.1. Deskriptiv analyse

Svarfordeling på de ulike spørsmålene i de to avdelingene er gitt i *Vedlegg 2*.

Gjennomsnittsverdiene for de enkelte svar i hver sone ble først vurdert fra en deskriptiv synsvinkel (Tabell 1). Her er alle ansatte som har besvart spørreskjema tatt med.

Svarprosenten var mellom 80-90% i begge sonene.

Tabell 1.

Gjennomsnittssvar for alle som har svart på spørreskjemaene i tiltakssone (T) og kontrollsonen (K). Verdiene er gitt som gjennomsnitt \pm standardavvik for n besvarelser. Signifikante forskjeller mellom avdelingene for henholdsvis skjema I og skjema II er satt til; *** $p < 0.005$, ** $p < 0.01$ ($p < 0,05$; dvs. ikke signifikante forskjeller er også angitt).

FAKTOR	AVD	SKJEMA I (før tiltak) Tiltakssone (T): n=38 Kontrollsonen (K): n=43	SKJEMA II (etter tiltak) Tiltakssone (T): n=32 Kontrollsonen (K): n=38
Skala: 1-5, se Vedlegg 1			
Varmekomfort	T	2,3 \pm 1,0 * (varmest i T)	3,7 \pm 1,1 *** (kjøligst i T)
	K	2,8 \pm 1,0	2,6 \pm 1,0
Luftfuktighet (Tørr luft)	T	4,4 \pm 0,6	4,0 \pm 0,5
	K	4,1 \pm 0,8	4,2 \pm 0,7
Luftkvalitet	T	4,0 \pm 0,6 *** (dårligst i T)	3,5 \pm 0,7
	K	3,4 \pm 0,7	3,6 \pm 0,9
Hodepine/ tung i hodet	T	2,3 \pm 1,1	1,8 \pm 0,9
	K	2,3 \pm 1,0	1,9 \pm 0,9
Uvelhet/trøtthet	T	2,5 \pm 1,1	2,1 \pm 1,2
	K	2,1 \pm 0,9	2,1 \pm 0,9
Irriterte øyne	T	2,3 \pm 1,2	2,0 \pm 1,1
	K	2,0 \pm 1,1	2,4 \pm 1,3
Tørr og/eller/ irritert hals	T	2,3 \pm 1,2	2,2 \pm 1,2
	K	2,2 \pm 1,1	2,2 \pm 1,2
Tørr og/eller rennende nese	T	2,0 \pm 1,2	2,1 \pm 1,3
	K	1,8 \pm 0,9	2,1 \pm 1,1
Tørr hud ansikt	T	3,1 \pm 1,1	2,8 \pm 1,2
	K	2,8 \pm 1,3	3,2 \pm 1,1
Tørre lepper	T	3,6 \pm 1,2	3,0 \pm 1,3
	K	3,2 \pm 1,3	3,4 \pm 1,1

Tabell 1 viser følgende:

Før tiltak:

Det ble klaget mest på dårlig luftkvalitet i tiltakssonen.

Etter tiltak:

I tiltakssonen rapporterte de ansatte at det var kjøligere enn i kontrollsonen. Det var nå ingen forskjell i opplevd luftkvalitet mellom sonene.

Fig. 2, 3 og 4 viser stemmegivning for varmekomfort, luftfuktighet og luftkvalitet i tiltakssonen før og etter tiltak.

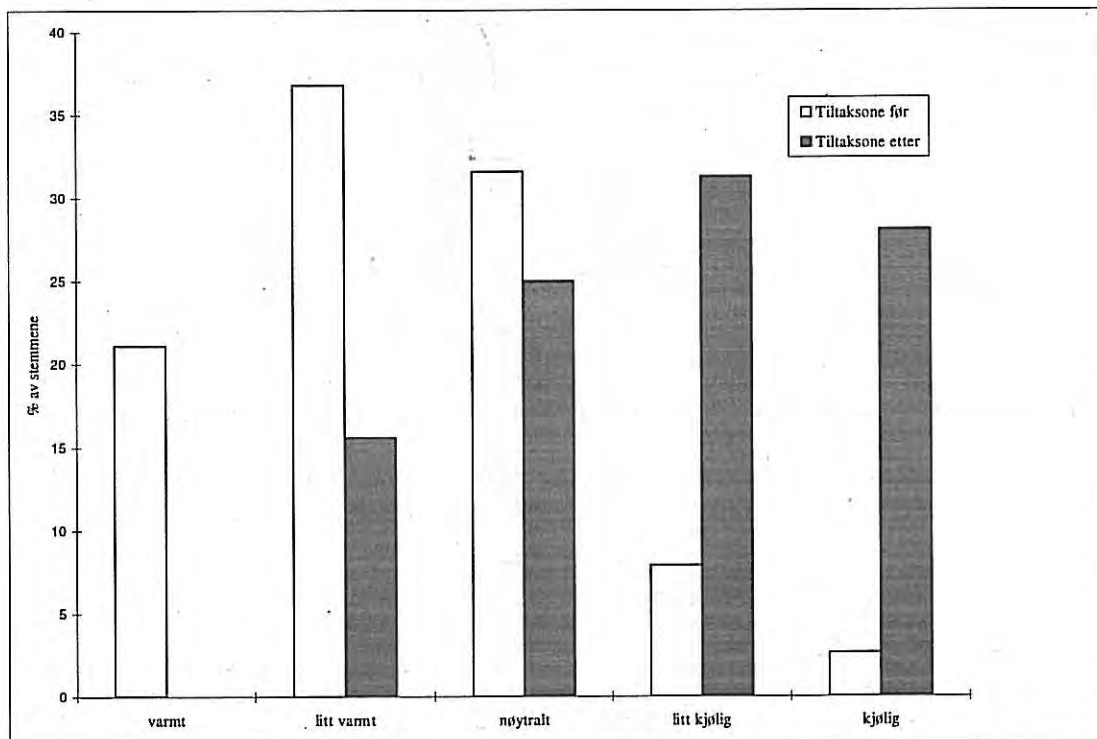


Fig. 2

Stemmegivning i tiltakssonen før og etter tiltak - varmekomfort

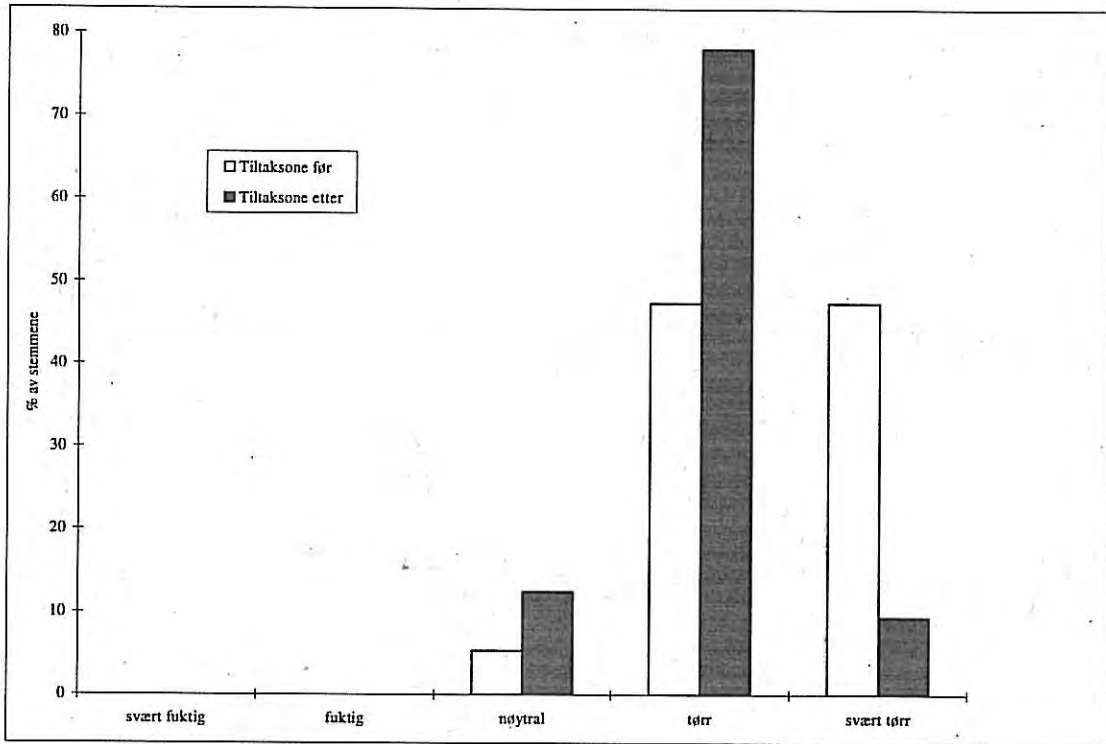


Fig. 3
Stemmegivning i tiltakssonen før og etter tiltak - luftfuktighet

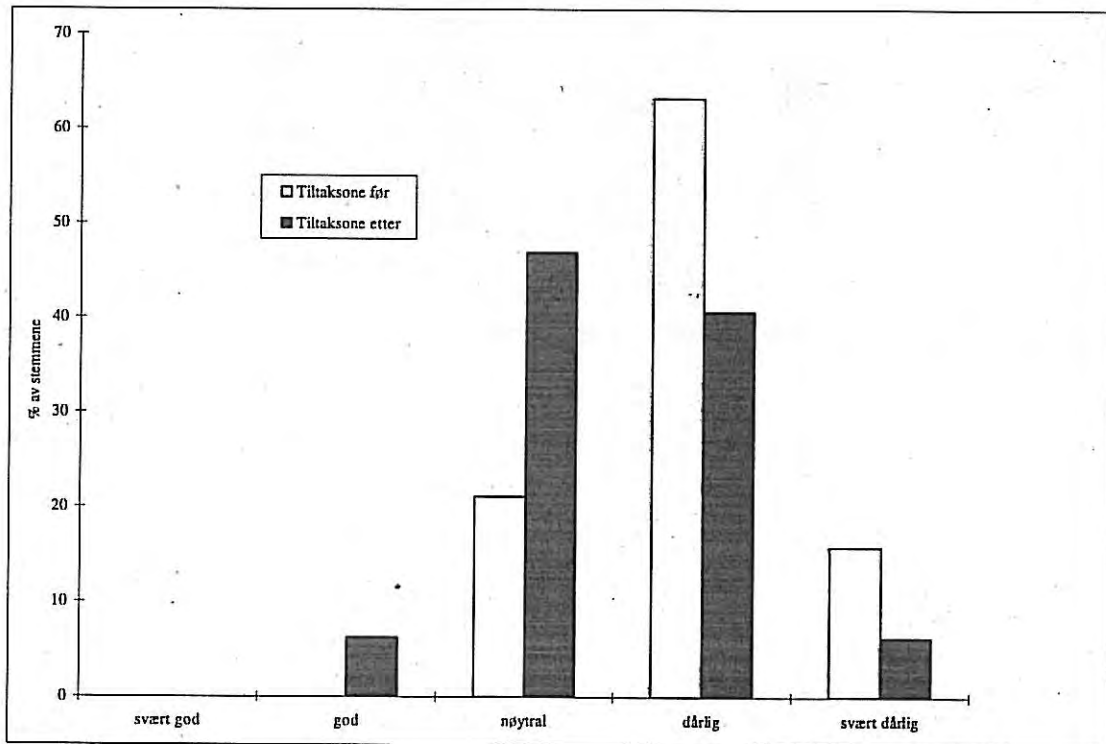


Fig. 4
Stemmegivning i tiltakssonen før og etter tiltak - luftkvalitet

2.2.2. Statistisk analyse.

Da den individuelle terskelverdien for inneklimalager varierer, valgte vi å se på forskjell i svar hos ansatte som hadde fylt ut skjema både før og etter tiltak, dvs. både på skjema I og skjema II (tabell 2)

Tabell 2.

Gjennomsnitt i svarendring for de som svarte både på skjema I og skjema II i tiltakssone (T) og kontrollsonen (K). Verdiene er gitt som gjennomsnitt av svarendring \pm standardavvik (før minus etter tiltak) av totalt n besvarelser. Signifikant svarendring i a) tiltakssone og b) kontrollsonen og c) signifikant forskjell i svarendring mellom de to avdelingene er angitt; *** $p < 0.005$, ** $p < 0.01$ (* $p < 0.05$ dvs. ikke signifikante forskjeller er også angitt).

FAKTOR	a) Gj.sn. svarendring Tiltakssone (T) Skjema I-II n=31	b) Gj.sn. svarendring Kontrollsonen (K) Skjema I-II n=31	c) p-verdi forskjell mellom Tiltaks-/ Kontrollsonen I-II
Varmekomfort	-1,5 \pm 1,2 *** (kjøligere)	0,3 \pm 1,0	0,000 *** (kjøligere i T)
Luftfuktighet	0,4 \pm 0,6 *** (mindre tørr luft)	0,1 \pm 0,7	0,025 * (mindre tørr luft i T)
Luftkvalitet	0,5 \pm 0,8 ** (bedre)	0,0 \pm 0,7	0,005 *** (bedre i T)
Hodepine, tung i hodet	0,4 \pm 1,1	0,4 \pm 0,9	0,753
Uvelhet, trøtthet	0,3 \pm 1,0	0,2 \pm 1,0	0,527
Irriterte øyne	0,3 \pm 1,0	-0,4 \pm 1,2	0,018 * (mer ubehag i K)
Tørr og/eller irritert hals	0,1 \pm 1,0	0,1 \pm 1,1	0,882
Tørr og/eller rennende nese	-0,1 \pm 1,1	-0,1 \pm 1,1	0,988
Tørr hud ansikt	0,5 \pm 1,0	-0,2 \pm 0,9	0,010 ** (mindre ubehag i T)
Tørre lepper	0,6 \pm 0,9	0,0 \pm 1,1	0,065

Tabell 2 viser følgende:

Svarendring i tiltaks- og kontrollsonen:

Ansatte i tiltakssonen rapporterte at det var blitt kjøligere etter tiltak (Tabell 2, del a). Det var også mindre klage både på tørr luft og dårlig luftkvalitet ved skjema II enn ved skjema I (Tabell 2, del a) i tiltakssonen.

Det var ingen signifikante endringer i svar i kontrollsonen (Tabell 2, del b).

Forskjell i svarendring mellom tiltaks- og kontrollsoner:

Svarendring fra første til andre spørreunde viste at ansatte i tiltakssonen syntes det hadde blitt kjøligere sammenlignet med de ansatte i kontrollsonen (Tabell 2, del c). Det var også en signifikant bedring i opplevd luftkvalitet og en reduksjon i ubehag pga. av tørr hud i ansiktet i tiltakssonen sammenlignet med kontrollsonen (Tabell 2, del c).

2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen

Forskjell i svarendring mellom tiltaks- og kontrollsoner vektlegges mest ved vurdering av tiltaket. Det må imidlertid også tas hensyn til forskjeller mellom sonene før tiltak og til svarendring innen hver sone.

Resultatene viser at de ansatte i tiltakssonen syntes det hadde blitt kjøligere sammenlignet med ansatte i kontrollsonen. I tillegg syntes de ansatte i tiltakssonen at luftkvaliteten ble bedre og at plagene med tørr hud i ansiktet ble mindre sammenlignet med kontrollsonen. Den signifikante forskjellen i klage på tørr hud i ansiktet skyldes imidlertid en kombinasjon av noe mindre klage på dette i tiltakssonen og litt mer klage i kontrollsonen. Det var også en signifikant reduksjon i tørr-luft følelse i tiltakssonen ($p < 0.005$). Dette gav seg ikke utslag i noen signifikant reduksjon sammenlignet med kontrollsonen ($p < 0.05$), pga. en liten, ikke signifikant reduksjon i klager på tørr luft også i kontrollsonen.

3. Temperatur og relativ fuktighet

Temperatur og relativ fuktighet ble målt kontinuerlig på vaktrommene i tiltakssone og kontrollsoner med Metrosonic aq-501 Air Quality Monitor (tiltakssone) og en Rotronic fukt-/temperaturføler tilknyttet datalogger (kontrollsoner). Målingene er gjort i 1,8 m høyde sentralt i vaktrommene i tiltakssone og kontrollsoner.

Utskrift av romtemperatur og relativ fuktighet i tiltakssonen i de to ukene spørreskjemaene ble delt ut, er vist i fig. 5 og 6.

Tabell 3 viser at temperaturen i tiltakssonen har sunket med ca. 2 grader. Romtemperaturen ble også mye jevnere (fig. 5, tabell 3). Fig. 5 og fig. a i Vedlegg 3 viser at termostatinstillingen på 22 grader har fungert godt. Andre målinger viser at det ikke er noen stor temperaturgradient i rommet, verken før eller etter tiltak. Fig. 6 og tabell 3 viser at det er små forskjeller i relativ fuktighet mellom uke 44 og uke 49 både i tiltaks- og kontrollsonen.

I kontrollsonene er det ingen vesentlig forskjell i romtemperatur mellom de to ukene (ca. 23°C). Figur a, b og c i Vedlegg 3 viser gjennomsnittlig romtemperatur (mandag-fredag) over dagen i de to ukene i tiltakssonen og to kontrollsoner.

Standardavviket for temperatur i tabell 3 er relativt høyt på grunn av et kortvarig fall i temperaturen i rommet når ventilasjonsanlegget slår om fra halv hastighet om natten til full hastighet om morgenen. Fallet i temperaturen er illustrert i fig. a-c i Vedlegg 3.

Tabell 3

Relativ fuktighet og temperatur dagtid (7-20) i uke 44 og 49

Både temperatur- og fuktighetsmålingene er gjennomført med Rotronic fuktføler

Sone	Sted	Uke	Romtemp. 1,8 m		Relativ fuktighet gj.snitt	Relativ fuktighet std.av.
			gj.snitt	std.av.		
Tiltakssone	6. etg.	uke 44	24,1	1,1	20	1,1
	6. etg.	uke 49	21,8	1,0	25	1,0
Kontrollsoner	Kontrollsoner 1 5. etg.	uke 44	22,4	0,7	25	1,4
	Kontrollsoner 1 5. etg.	uke 49	22,9	0,7	26	1,1
	Kontrollsoner 2 5. etg.	uke 44	23,4	1,1	24	0,9
	Kontrollsoner 2 5. etg.	uke 49	22,9	1,1	27	0,9

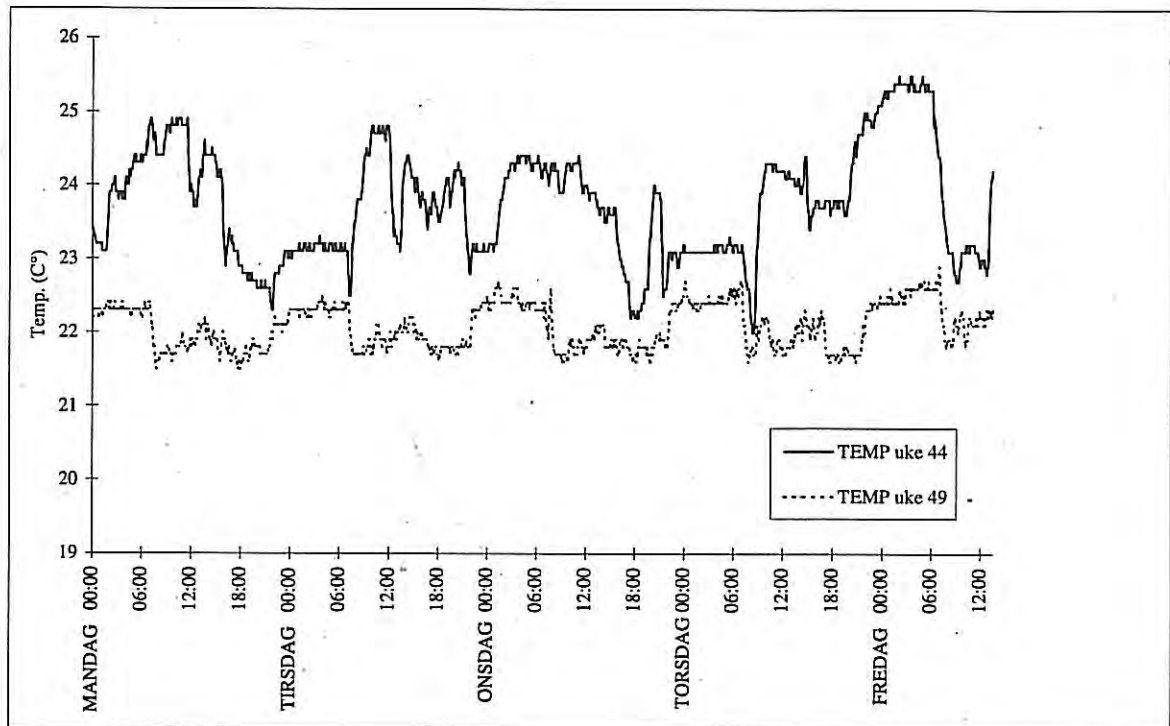


Fig. 5
Temperatur i tiltakssone i uke 44 og 49 (målt med Metrosonic)

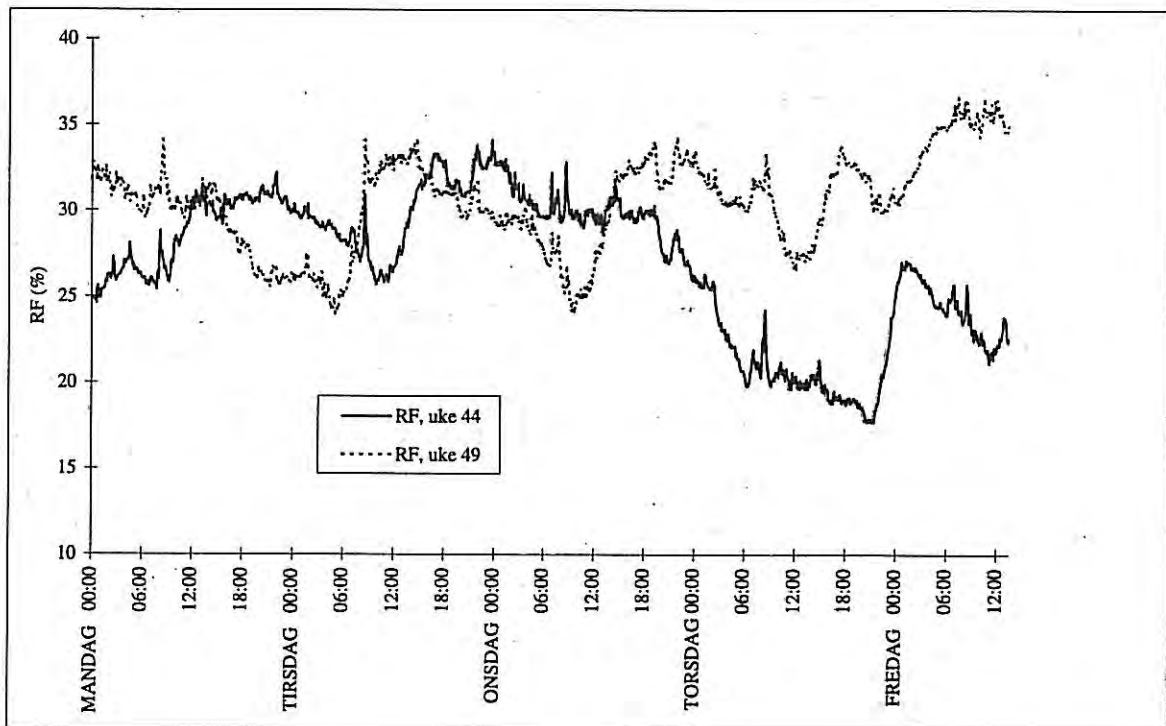


Fig. 6
Relativ fuktighet i tiltakssone i uke 44 og 49 (målt med Metrosonic)

4. Konklusjoner - tiltak 4

Temperaturmålingene viste at temperaturreguleringen førte til en reduksjon i romtemperaturen på nesten 2 grader, fra 24°C til 22°C. Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at de ansatte syntes det ble kjøligere i tiltakssonen. Men samtidig syntes de ansatte i tiltakssonen at luftkvaliteten ble signifikant bedre, og plagene med tørr hud i ansiktet ble redusert, sammenliknet med ansatte i kontrollsonen. Det var også en signifikant reduksjon i følelse av tørr luft i tiltakssonen.

Forsøket viser altså at det er viktig å unngå høye temperaturer i lokalene. Samtidig tyder reduksjonen i varmekomfort på at en låst termostatinnstilling på 22°C gir et litt for kjølig inneklima. Låsing av termostatene er heller ingen tilfredsstillende løsning for de ansatte. Tekniske løsninger for å unngå kjølig trekk ved senket romtemperatur bør vurderes.

Vedlegg 1

Undersøkelse nr.:

Kode:

Spørreskjema for personlig vurdering av inneklima og luftkvalitet

I samarbeid med Norges byggforskningsinstitutt skal Haukeland sykehus prøve ulike tiltak for å få bedre luftkvalitet og inneklima i sykehuset. Denne spørreundersøkelsen gjennomføres for at effekten av tiltakene skal kunne kontrolleres på en ordentlig måte. Opplysningene du oppgir i skjemaet vil bli behandlet konfidensielt.

Hvordan oppfatter du inneklima og luftkvalitet på avdelingen i dag?

Sett et kryss i en av rutene ved varmekomfort, luftfuktighet, og luftkvalitet:

	Varmt	Litt varmt	Nøytralt	Litt kjølig	Kjølig
Varmekomfort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært fuktig luft	Fuktig luft	Nøytral	Tørr luft	Svært tørr luft
Luftfuktighet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært god luft	God luft	Nøytral	Dårlig luft	Svært dårlig luft
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

I hvilken grad har du følt ubehag på avdelingen i løpet dagen?

Sett et kryss i en av rutene ved hvert symptom:

	Intet ubehag	Litt ubehag	Moderat ubehag	Sterkt ubehag	Meget sterkt ubehag
Hodepine, tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uvelhet, trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irriterte øyne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr og/eller irritert hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tett og/eller rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr hud ansikt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørre lepper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvis du har spesielle kommentarer, kan du skrive her:

Skriv dato for utfylling: ___/___/___

Ved dagskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 12 og 14)

Ved kveldsskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 19 og 20)

Vedlegg 2

Svarfordeling (%) spørreskjemaer

SKJEMA		Tiltakssone		Kontrollsoner	
		1	2	1	2
ANTALL		38	32	43	38
VARMEKOMFORT					
	varmt	21,1	0	11,6	18,4
	litt varmt	36,8	15,6	23,3	26,3
	nøytralt	31,6	25	39,5	39,5
	litt kjølig	7,9	31,3	23,3	13,2
	kjølig	2,6	28,1	2,3	2,6
LUFTFUKTIGHET					
	svært fuktig	0	0	2,3	0
	fuktig	0	0	0	0
	nøytral	5,3	12,5	9,3	15,8
	tørr	47,4	78,1	58,1	50
	svært tørr	47,4	9,4	30,2	34,2
LUFTKVALITET					
	svært god	0	0	0	0
	god	0	6,2	2,3	5,3
	nøytral	21,1	46,9	60,5	50
	dårlig	63,2	40,6	30,2	26,3
	svært dårlig	15,8	6,2	7	18,4
HODEPINE/TUNG I HODET					
	intet ubehag	28,9	40,6	25,6	39,5
	litt ubehag	26,3	37,5	32,6	34,2
	moderat ubehag	31,6	18,8	34,9	21,1
	strekt ubehag	10,5	3,1	4,7	5,3
	meget sterkt ubehag	2,6	0	2,3	0
UVELHET/TRØTTHET					
	intet ubehag	18,4	40,6	27,9	26,3
	litt ubehag	31,6	28,1	41,9	47,4
	moderat ubehag	36,8	12,5	20,9	18,4
	strekt ubehag	5,3	18,8	9,3	7,9
	meget sterkt ubehag	7,9	0	0	0

forts.

Svarfordeling (%) spørreskjemaer

		Tiltakssone		Kontrollsoner	
IRRITERTE ØYNE					
	intet ubehag	31,6	40,6	44,2	31,6
	litt ubehag	28,9	34,4	23,3	18,4
	moderat ubehag	15,8	15,6	18,6	28,9
	strekt ubehag	21,1	3,1	14	15,8
	meget sterkt ubehag	2,6	6,2	0	5,3
TØRR OG/ELLER IRRITERT HALS					
	intet ubehag	34,2	43,7	27,9	34,2
	litt ubehag	26,3	15,6	37,2	28,9
	moderat ubehag	23,7	25	20,9	21,1
	strekt ubehag	10,5	12,5	11,6	10,5
	meget sterkt ubehag	5,3	3,1	2,3	5,3
TØRR OG /ELLER RENNENDE NESE					
	intet ubehag	50	46,9	48,8	39,5
	litt ubehag	21,1	15,6	25,6	23,7
	moderat ubehag	18,4	18,8	20,9	26,3
	strekt ubehag	5,3	15,6	4,7	10,5
	meget sterkt ubehag	5,3	3,1	0	0
TØRR HUD ANSIKT					
	intet ubehag	5,3	18,8	20,9	7,9
	litt ubehag	23,7	21,9	20,9	13,2
	moderat ubehag	36,8	28,1	30,2	42,1
	strekt ubehag	21,1	28,1	16,3	23,7
	meget sterkt ubehag	13,2	3,1	11,6	13,2
TØRRE LEPPER					
	intet ubehag	2,6	12,5	11,6	2,6
	litt ubehag	18,4	18,8	18,6	18,4
	moderat ubehag	18,4	31,3	27,9	31,6
	strekt ubehag	34,2	21,9	20,9	28,9
	meget sterkt ubehag	26,3	15,6	20,9	18,4

Vedlegg 3

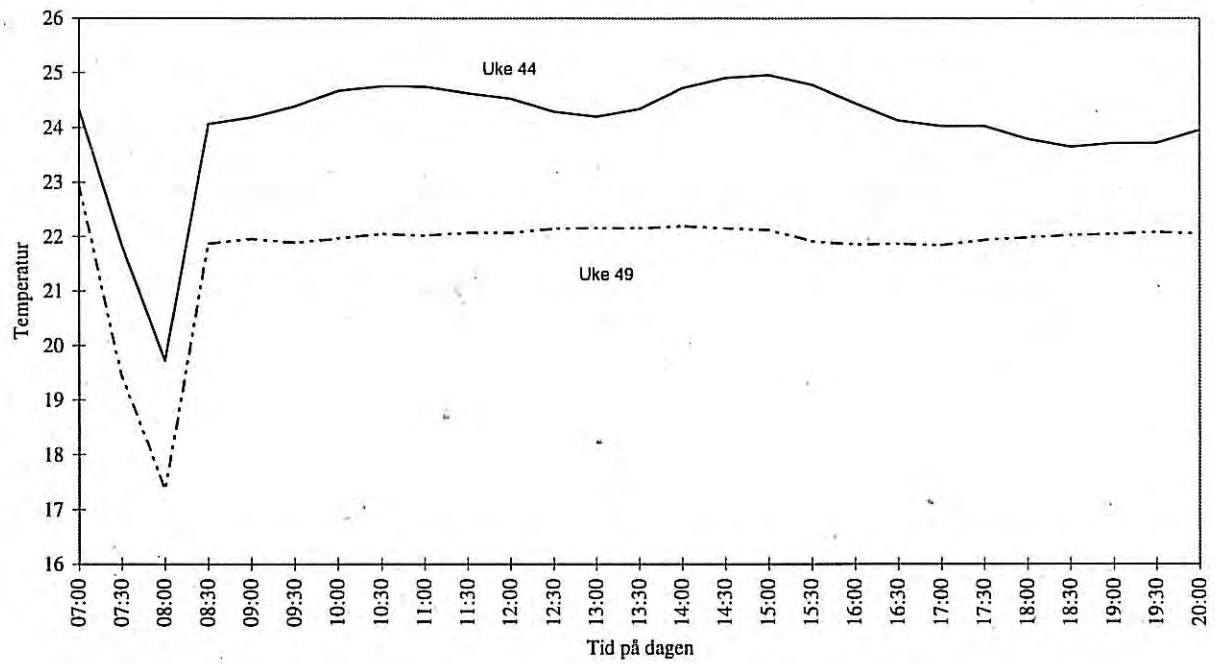


Fig. a
Gjennomsnittlig variasjon i romtemperatur (1,8 m) over dagen i de to ukene - tiltakssone

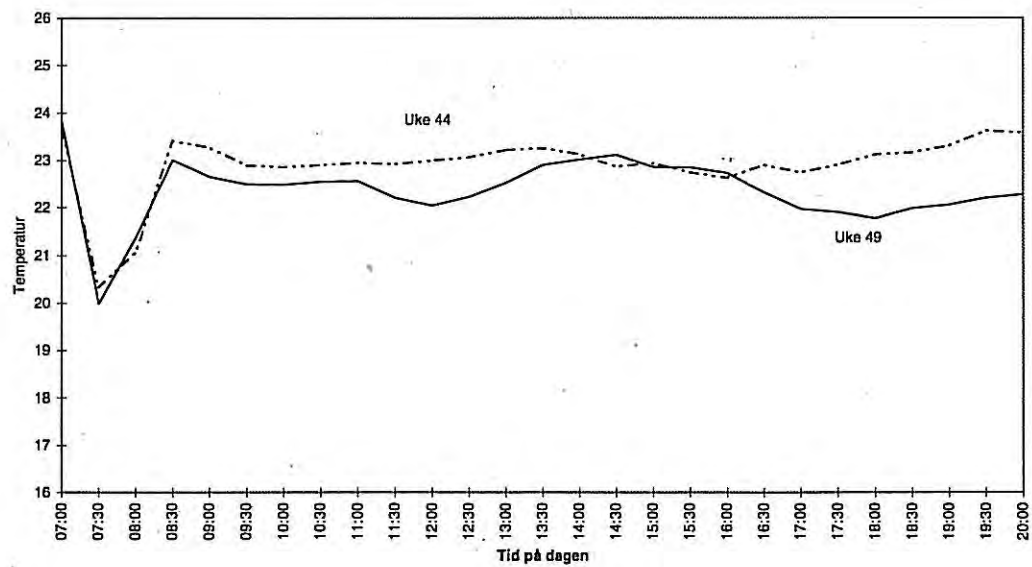


Fig. b
Gjennomsnittlig variasjon i romtemperatur (1,8 m) over dagen i de to ukene - kontrollsonen 1

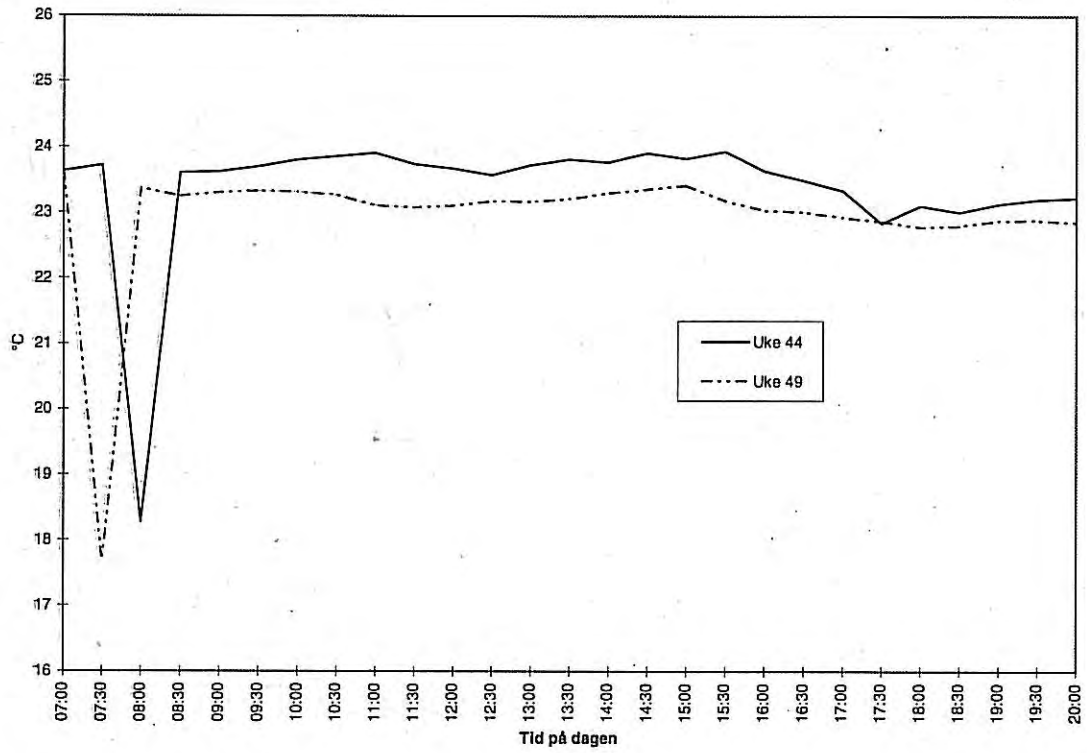


Fig. c
Gjennomsnittlig variasjon i romtemperatur (1,8 m) over dagen i de to ukene -kontrollsoner 2

Delrapport 7

Elektrostatisk filtrering av tilluft

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag.....	2
1. Gjennomføring av forsøket	3
1.1. Bakgrunn	3
1.2. Administrasjon av forsøket	3
1.3. Teknisk gjennomføring av tiltaket	4
1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene.....	4
2. Spørreundersøkelse	5
2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene	5
2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen.....	6
2.2.1. Deskriptiv analyse	6
2.2.2. Statistisk analyse.....	7
2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen.....	8
3. Temperatur og relativ fuktighet.....	9
4. Støvpartikler i luften	10
5. Konklusjoner - tiltak 5	11
Vedlegg 1	12
Vedlegg 2	13
Vedlegg 3	15

Forord

Denne rapporten behandler resultatene fra et tiltak som har bestått i å installere elektrostatisk luftfiltre i tilluftskanaler inn til en sone i Sentralblokken. Forsøket ble gjennomført i tidsrommet uke 43 til uke 50 høsten 1994.

Sammendrag

Hensikten med forsøket var å undersøke om elektrostatisk filtrering av tilluften i ventilasjonsanlegget kan redusere klager på innklimaet. Elektrostatisk luftfiltre har bedre filtreringseffektivitet enn tradisjonelle luftfiltre for små partikler i området 0,1 - 0,5 μm . Dette er en type partikler som overveiende har utendørs kilder (trafikk, forbrenning m.v.).

To poster i 6. etg. ble valgt som tiltakssoner. De elektrostatisk luftfiltrene ble montert lokalt, i tilluftskanal til tiltakssonene. I to kontrollsoner ble det ikke gjort noen tiltak. Filtrene ble montert som et supplement til hovedfiltret i ventilasjonsanlegget.

Registreringen av temperatur og fuktighet viser at det var relativt små forskjeller mellom tiltakssone og kontrollsoner. Det er også liten forskjell i temperaturforhold og relativ fuktighet i de to ukene spørreskjemaene var ute. Det er ingen stor temperaturgradient over høyden i rommene.

Partikkeltellingen ble foretatt med Met-One laser partikkelteller, som teller partikler i ulike størrelsesklasser over 0,3 μm . Målingene viste at elektrofilteret reduserer partikkelantallet i ventilasjonskanalene i området 0,3 til 0,5 μm og 0,5 til 1 μm med 95-98 %. Det er også registrert en reduksjon på henholdsvis 61 % og 51 % for disse størrelsesklassene av partikler i rommet i antall partikler i rommet.

Det er imidlertid ikke mulig å trekke klare konklusjoner fra spørreskjemaene, som ble fylt ut både før og etter at tiltaket var satt i gang. Det var en nedgang i klage på tørr luft i tiltakssonen, men denne forbedringen var ikke signifikant når vi sammenligner med svarene fra kontrollsonen. Reduksjonen i klage på irriterte øyne i tiltakssonen sammenlignet med kontrollsonen oppstod på grunn av en kombinasjon av en ikke-signifikant nedgang i klage i tiltakssonen og en liten økning i klage i kontrollsonen.

Sett under ett har vi derfor ikke grunnlag for å konkludere med at elektrostatfiltrene på kort sikt har gitt forbedringer i den subjektive oppfatningen av innklimaet. Det vil imidlertid være av interesse å evaluere innklimaet også etter at filtrene har vært i drift i en lengre periode.

1. Gjennomføring av forsøket

1.1. Bakgrunn

Tiltaket bestod i å installere elektrostatiske luftfiltre i tilluftskanal som et supplement til hovedfilter i ventilasjonsaggregat. Bakgrunnen for dette er at elektrostatiske luftfiltre har bedre filtreringseffektivitet for partikler i området 0,1 - 0,5 μm enn tradisjonelle posefilter av kvalitet EU7/F85.

Tidligere støvmålinger i Sentralblokken har vist at de små partiklene (<0,3 μm) i innemiljøet overveiende har utendørs kilder (trafikk, forbrenning, m.v.). Haukelands lokalisering nær en trafikkert vei gjør det rimelig å anta at luften i inntaket til ventilasjonsaggregatene i sykehuset kan ha relativt mye finstøv. Konsentrasjonen av fint støv (<2,5 μm) i romluften i Sentralblokken er imidlertid lav sammenliknet med Helsedirektoratets retningslinjer for inneluftkvalitet. De aller minste partiklene kan likevel være viktige i inneklimasammenheng, bl. a. på grunn av evnen til å trenge ned i luftveiene.

1.2. Administrasjon av forsøket

Elektrostatisk filtrering av tilluft ble gjennomført i en sone i 6. etg. , S og V i Sentralblokken. Elektrofiltrene ble installert i uke 45/46. Seks av åtte filtre ble satt i gang 14 dager før andre spørreskjema ble delt ut, mens de to siste filtrene ved en feil ble igangsatt kun 5 dager før andre spørreskjema ble delt ut. I en del av tiltakssonen ble de ansatte altså bare utsatt for det "nye" miljøet i ca. 5 døgn før det andre spørreskjemaet ble delt ut.

Ansatte i tiltaks- og kontrollsoner fylte ut spørreskjema for subjektiv opplevelse av inneklimate 2 ganger i løpet av prøveperioden, en gang før tiltak og en gang etter tiltak. Fig. 1 viser gangen i forsøket.

Temperatur og relativ fuktighet ble målt kontinuerlig i forsøksperioden. En dag i prøveperioden ble det gjennomført partikkeltelling i romluften, med og uten elektrostatiske filter i gang.

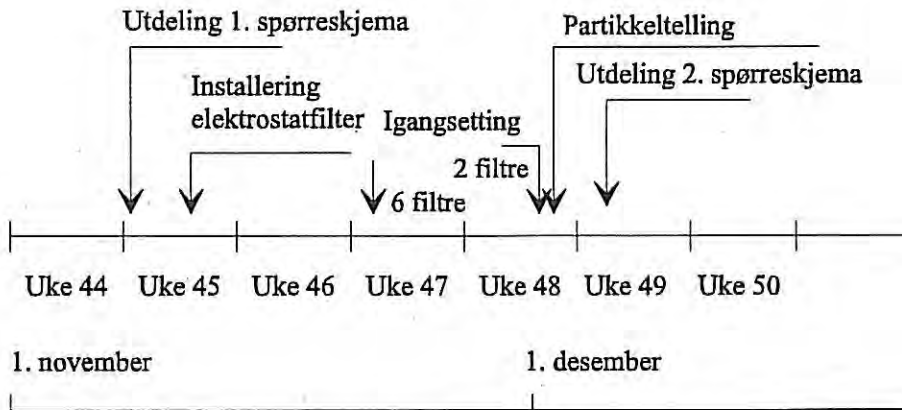


Fig. 1
Tidsplan for forsøket

1.3. Teknisk gjennomføring av tiltaket

Det ble montert elektrostatiske filtre i alle grenkanaler som forsyner tiltakssonen med tilluft. Filtrene var fabrikat Honeywell. Tabell 1 viser oppgitte data for filtrene. Den oppgitte filtreringseffektiviteten gjelder filtrering av standardisert støv, ASTM-metode 52-76.

Tabell 1
Oppgitt filtreringseffektivitet (ASTM 52-76) for elektrofiltre

Lokalisering	Type	Luftmengde m ³ /h	Filtreringseffektivitet %	Trykkfall Pa
Fasade S/Ø	F50F 1073	1080	97	10
Fasade V/S	F50F 1073	1210	95	12
Fasade S/V	F59F 1008	1800	94	24
Fasade V/N	F59F 1073	1050	97	10
Syd/midt	F59F 1008	2690	96	11
Vest/midt	F59F 1073	1950	98	10

1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene

Sentralblokken har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsnings temperatur med et set-punkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 ° C året rundt. Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rom ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjerneverom generelt har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalene umiddelbart før innblåsningsventilene.

Rommene har manuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom. Ventilasjonsaggregat 57.81 forsyner Sentralblokken nord, 4.-7. etasje, med en prosjektert luftmengde på 92800 m³/h, dvs. 8,1 m³/h · m². Anlegget går for halv hastighet om natten- fra 2200 til 0600. For øvrig er ventilasjonsanleggene i Sentralblokken generelt nærmere behandlet i delrapport 2.

2. Spørreundersøkelse

Spørreskjemaene (se Vedlegg 1) ble delt ut to ganger til hver ansatt. For å nå flest mulig av de ansatte ble skjemaene i hver enkelt spørreunde delt ut i løpet av en 5 dagers-periode, dvs. skjema I i uke 44 og skjema II i uke 49. Skjemaene ble fylt ut mellom kl. 12-14 for ansatte på dagskift og mellom kl. 19-20 for ansatte på kveldsskift. De ansatte skulle krysse av for hvordan de oppfattet inn klima og luftkvalitet akkurat den dagen de besvarte skjemaet. Manglende avkryssing ble rekodet til ingen plager.

2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene

Statistisk testing ble foretatt ved ikke-parametrisk metode (Mann-Whitney test) pga. enkelte skjeve fordelinger og begrenset utfallsrom (1-5). Student T-test gav for de fleste variabler samsvarende resultater.

Ved evaluering av resultater fra spørreundersøkelsen, valgte vi å teste nullhypotesen: likhet mellom sonene for hver av variablene/evt. likhet i svarendring for hver variabel som følge av tiltaket. Dette fordi tiltakets art ga endringer i inn klimaet som muligens kunne oppfanges ved flere av spørsmålene. Alternativt kunne antall tester utført for et spesifikt tiltak vært redusert ved å se på de variable som var mest aktuelle for tiltaket.

Ved testing av nullhypotesen er det foretatt ti hypotesetester. Ifølge Bonferonimetoden for multiple tester (British Medical Journal vol 310, 1995) vil dette gi et signifikansnivå på 0.005 (0.05/10). Da det er avhengighet mellom flere av testene, vil dette være svært konservativt. Vi velger derfor et signifikansnivå på 0.01.

I tabellene har vi angitt signifikante svarendringer som:

*** for p-verdier <0.005

** for p-verdier <0.01

(* for p-verdier <0.05 , dvs ikke-signifikante endringer er angitt for å vise tendenser i svarendringene)

Deskriptiv analyse av svarene ble foretatt for vise gjennomsnittlig svar på de ulike spørsmålene, og for å avdekke eventuelle forskjeller mellom tiltaks- og kontrollsonene i de to spørreundene. Her ble alle som hadde besvart spørreskjemaene tatt med. Denne analysen ble i liten grad vektlagt ved vurdering av tiltakenes effekt.

Statistisk testing av tiltakets effekt ble foretatt ved å analysere svar fra ansatte som hadde svart på både skjema I og skjema II.

Følgende tester ble utført:

- 1) Svarendring i tiltakssone fra skjema I til skjema II
- 2) Svarendring i kontrollsonene fra skjema I til skjema II
- 3) Forskjell i svarendring mellom tiltakssone og kontrollsonene.

Ved vurdering av tiltakets effekt ble den statistiske analysen av forskjell i svarendring mellom tiltaks- og kontrollsonene benyttet. Det er også tatt hensyn til svarendring innen hver sone.

2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen

2.2.1. Deskriptiv analyse

Svarfordeling på de ulike spørsmålene i de to avdelingene er gitt i Vedlegg 2.

Gjennomsnittsverdiene for de enkelte svar i hver avdeling ble først vurdert fra en deskriptiv synsvinkel (Tabell 2). Her er alle ansatte som har besvart spørreskjema tatt med.

Svarprosenten var mellom 80-90% i begge sonene.

Tabell 2

Gjennomsnittssvar for alle som har svart på spørreskjemaene i tiltakssone (T) og kontrollsonene (K). Verdiene er gitt som gjennomsnitt \pm standardavvik for n besvarelser. Signifikante forskjeller mellom avdelingene for henholdsvis skjema I og skjema II er satt til p-verdier < 0.01 . (* $p < 0,05$; dvs. ikke-signifikante forskjeller er angitt).

FAKTOR	AVD	SKJEMA I (før tiltak) Tiltakssone (T): n=39 Kontrollsonene (K): n=43	SKJEMA II (etter tiltak) Tiltakssone (T): n=32 Kontrollsonene (K): n=38
Skala: 1-5, se Vedlegg 1			
Varmekomfort	T	2,5 \pm 1,1	3,0 \pm 0,8
	K	2,8 \pm 1,1	2,6 \pm 1,0
Luftfuktighet (Tørr luft)	T	4,4 \pm 0,7	3,8 \pm 0,7 * (T klager minst)
	K	4,1 \pm 0,8	4,2 \pm 0,7
Luftkvalitet	T	3,8 \pm 0,7 * (T klager mest)	3,4 \pm 0,7
	K	3,4 \pm 0,7	3,6 \pm 0,9
Hodepine/ tung i hodet	T	2,1 \pm 1,0	1,8 \pm 1,0
	K	2,3 \pm 1,0	1,9 \pm 0,9
Uvelhet/trøtthet	T	2,2 \pm 1,0	1,8 \pm 1,0
	K	2,1 \pm 0,9	2,1 \pm 0,9
Irriterte øyne	T	2,4 \pm 1,4	2,2 \pm 1,2
	K	2,0 \pm 1,1	2,4 \pm 1,3
Tørr og/eller/ irritert hals	T	2,3 \pm 1,3	1,9 \pm 1,0
	K	2,2 \pm 1,1	2,2 \pm 1,2
Tørr og/eller rennende nese	T	2,2 \pm 1,3	1,7 \pm 0,9
	K	1,8 \pm 0,9	2,1 \pm 1,1
Tørr hud ansikt	T	3,2 \pm 1,1	2,6 \pm 1,3 * (T klager minst)
	K	2,8 \pm 1,3	3,2 \pm 1,1
Tørre lepper	T	3,3 \pm 1,4	3,0 \pm 1,3
	K	3,2 \pm 1,3	3,4 \pm 1,1

Tabell 2 viser ingen signifikante forskjeller i gjennomsnittssvar mellom de to sonene verken før eller etter tiltak på det signifikansnivået vi har valgt.

2.2.2. Statistisk analyse

Da den individuelle terskelverdien for inneklimateplager varierer, valgte vi å se på forskjell i svar hos ansatte som hadde fylt ut skjema både før og etter tiltak, dvs. både på skjema I og skjema II (tabell 3)

Tabell 3

Gjennomsnitt i svarendring for de som svarte på både skjema I og II i tiltakssone (T) og kontrollsoner (K). Verdiene er gitt som gjennomsnitt av svarendring \pm standardavvik (før minus etter tiltak) av totalt n besvarelser. Signifikant svarendring i a) tiltakssone og b) kontrollsoner og c) signifikant forskjell i svarendring mellom de sonene er angitt; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ (dvs. ikke-signifikante forskjeller er også angitt).

FAKTOR	a) Gjsn. svarendring Tiltakssone Skjema I-II n=28	b) Gjsn. svarendring Kontrollsoner Skjema I-II n=31	c) p-verdi forskjell mellom Tiltaks-/Kontrollsoner Skjema I-II
Varmekomfort	-0,3 \pm 0,8	0,3 \pm 1,0	0,104
Luftfuktighet	0,5 \pm 0,8 ** (mindre tørr luft)	0,1 \pm 0,7	0,019 * (mindre tørr luft i T)
Luftkvalitet	0,3 \pm 0,7	0,0 \pm 0,7	0,068
Hodepine, tung i hodet	0,1 \pm 0,9	0,4 \pm 0,9	0,116
Uvelhet, trøtthet	0,3 \pm 0,9	0,2 \pm 1,0	0,396
Irriterte øyne	0,4 \pm 1,3	-0,4 \pm 1,2	0,010 ** (mindre ubehag i T)
Tørr og/eller irritert hals	0,1 \pm 1,2	0,1 \pm 1,1	0,749
Tørr og/eller rennende nese	0,4 \pm 1,1	-0,1 \pm 1,1	0,157
Tørr hud ansikt	0,4 \pm 1,2	-0,2 \pm 0,9	0,020 * (mindre ubehag i T)
Tørre lepper	0,3 \pm 1,0	0,0 \pm 1,1	0,538

Tabell 3 viser følgende:

Svarendring i tiltaks- og kontrollsoner:

I tiltakssonen var klagen på tørr luft signifikant redusert etter tiltak (Tabell 3, del a). Det var ingen signifikante endringer i svar i kontrollsonen (Tabell 3, del b).

Forskjell i svarendring mellom tiltaks- og kontrollsoner:

Tabell 3 (del c) viser at det var en signifikant reduksjon i klage på irriterte øyne i tiltakssonen sammenlignet med kontrollsonen.

2.3. Oppsummering av spørreundersøkelsen

Forskjell i svarendring mellom tiltaks- og kontrollsonene vektlegges mest ved vurdering av tiltaket. Det må imidlertid også tas hensyn til forskjeller i svarendring innen hver sone.

Ansatte i tiltakssonen klagde signifikant mindre på irriterte øyne etter tiltak sammenlignet med kontrollgruppen. Det er imidlertid svært vanskelig å trekke noen klare konklusjoner av dette funnet siden denne forskjellen ble fanget opp på tross av at det ikke var noen signifikant reduksjon i klager på irriterte øyne i tiltakssonen. Forskjellen i svarendring mellom sonene oppstod derfor på grunn av kombinasjonen av en liten nedgang i klage i tiltakssonen og en liten økning i klage på irriterte øyne i kontrollsonen. I tiltakssonen ble det klaget mindre på tørr luft etter tiltak sammenlignet med før tiltak. Dette gav seg imidlertid ikke utslag i noen signifikant reduksjon sammenlignet med kontrollsonen ($p < 0.05$). Dette skyldes en liten, ikke signifikant reduksjon i klager på tørr luft hos de som hadde svart to ganger i kontrollsonen. Reduksjon i klage på tørr hud i ansiktet i tiltakssonen sammenlignet med kontrollsonen, var ikke signifikant på det nivået vi har valgt (Tabell 3, del c).

3. Temperatur og relativ fuktighet

Temperaturene ble målt dels med termoelementer, og dels med en PT-100 føler tilknyttet en Rotronic fuktføler. Alle følerne ble tilknyttet dataloggere (INTAB og delta-T). Følerne ble plassert sentralt i rommet i tre høyder (0,1 m, 1,1 m og 1,8 m). Når ikke annet er angitt, er det vist temperatur- og fuktighetsdata for 1,8 m.

Tabell 4 viser relativ fuktighet og temperatur dagtid (7-20) i uke 44 og 49. Fig. a,c og d i Vedlegg 3 viser gjennomsnittlig temperatur over dagen for uke 44 og 49 i tiltakssonen og i de to kontrollsonene. Fig. b i Vedlegg 3 viser gjennomsnittlig variasjon i relativ fuktighet i tiltakssonen. Målingene viser at det er relativt små forskjeller i gjennomsnittlig temperatur og relativ fuktighet mellom sonene både før og etter tiltak. Det er ingen stor vertikal temperaturgradient i rommene. Det er også liten forskjell i temperaturforholdene i de to ukene spørreskjemaene var ute.

Tabell 4
Relativ fuktighet og temperaturer dagtid (7-20) i uke 44 og uke 49

		temp. 1,8 m ¹⁾ °C	Relativ fuktighet %	temp. 0,1 m °C	temp. 1,1 m °C	temp. 1,8 m °C
Tiltakszone 6. etg.	uke 44: før tiltak		25	23,4	23,2	22,9
Tiltakszone 6. etg.	uke 49: etter tiltak		27	23,2	22,6	22,2
Kontrollzone 1 5. etg.	uke 44: før tiltak	22,4	25	22,4	22,2	22,9
Kontrollzone 1 5. etg.	uke 49: etter tiltak	22,9	26	22,6	21,9	23,4
Kontrollzone 2 5. etg.	uke 44: før tiltak	23,4	24		22,7	
Kontrollzone 2 5. etg.	uke 49: etter tiltak	23,1	27		22,2	

¹⁾ Målt med pt-100 temperaturføler. Øvrige temperaturer er målt med termoelementer

4. Støvpartikler i luften

Partikkeltellingen ble foretatt med Met-One laser partikkelteller, som teller partikler i ulike størrelsesklasser over 0,3 μm . Antall tellinger på hvert målested varierte mellom 4 og 8. Det ble målt sentralt i vaktrommet, 1,1 m over gulv. I tilluftskanal ble målingene gjennomført ved å demontere ventilen, og så måle ca. 20 cm. inne i kanalen. Målingene ble utført på samme måte hver gang. Det ble ikke gjort målinger i uteluften under forsøket.

Tabell 5 viser at elektrofilteret reduserer partikkelantallet i ventilasjonskanalene i området 0,3 til 0,5 μm med 95-98 %. Det er også registrert en reduksjon på 42 til 61 % i antall partikler i rommet. Denne reduksjonen gjelder også for grove partikler over 1 μm . Dette er litt underlig, i og med at det ikke ble registrert slike partikler i tilluftskanalen. Årsaken kan være endret aktivitetsnivå i rommet. Målingene i rommet uten elektrostatisk filter ble utført ca. 4 timer etter at filteret ble slått av.

Tabell 5
Partikkeltellinger i tiltakssone

Sted	Ant. partikler (pr. ft^3), avhengig av partikkelstørrelse			
	0,3<d<0,5	0,5<d<1	1<d<2	2<d<5
Tilluft vindu, vaktrom, filter på	156	4	0	2
Tilluft vindu, vaktrom, filter av	3194	113	2	2
Tilluft vindu, vaktrom, reduksjon	95 %	96 %		
Tilluftskanal i korridor, filter på	28	2	0	0
Tilluftskanal i korridor, filter av	3253	99	2	0
Tilluftskanal i korridor, reduksjon	99 %	98 %		
Tilluftskanal i korridor, filter på	70	1	0	0
Tilluftskanal i korridor, filter av	3465	98	0	0
Tilluftskanal i korridor, reduksjon	98 %	99 %		
Vaktrom, filter på	1740	388	131	106
Vaktrom, filter av	4455	796	244	184
Vaktrom, reduksjon	61 %	51 %	46 %	42 %

5. Konklusjoner - tiltak 5

Installasjonen av elektrofilter i tilluftskanalene i tiltakssonen reduserte antallet av de minste partiklene (diameter < 1 µm) både i tilluften og i romluften. Det var ellers ingen store forskjeller i inn klimaet (temperatur og relativ fuktighet) mellom tiltakssone og kontrollsoner i de to periodene spørreskjemaene ble delt ut.

Det er imidlertid ikke mulig å trekke klare konklusjoner fra spørreundersøkelsen. Det var en nedgang i klage på tørr luft i tiltakssonen, men denne forbedringen var ikke signifikant når vi sammenligner med svarene fra kontrollsonen. Reduksjonen i klage på irriterte øyne i tiltakssonen sammenlignet med kontrollsonen oppstod på grunn av en kombinasjon av en ikke-signifikant nedgang i klage i tiltakssonen og en liten økning i klage i kontrollsonen.

Sett under ett har vi derfor ikke grunnlag for å konkludere med at elektrostatfiltrene på kort sikt har gitt forbedringer i den subjektive oppfatningen av inn klimaet. Det vil imidlertid være av interesse å evaluere inn klimaet også etter at filtrene har vært i drift i en lengre periode.

Vedlegg 1

Undersøkelse nr.:

Kode:

Spørreskjema for personlig vurdering av inneklima og luftkvalitet

I samarbeid med Norges byggforskingsinstitutt skal Haukeland sykehus prøve ulike tiltak for å få bedre luftkvalitet og inneklima i sykehuset. Denne spørreundersøkelsen gjennomføres for at effekten av tiltakene skal kunne kontrolleres på en ordentlig måte. Opplysningene du oppgir i skjemaet vil bli behandlet konfidensielt.

Hvordan oppfatter du inneklima og luftkvalitet på avdelingen i dag?

Sett et kryss i en av rutene ved varmekomfort, luftfuktighet, og luftkvalitet:

	Varmt	Litt varmt	Nøytralt	Litt kjølig	Kjølig
Varmekomfort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært fuktig luft	Fuktig luft	Nøytral	Tørr luft	Svært tørr luft
Luftfuktighet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Svært god luft	God luft	Nøytral	Dårlig luft	Svært dårlig luft
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

I hvilken grad har du følt ubehag på avdelingen i løpet dagen?

Sett et kryss i en av rutene ved hvert symptom:

	Intet ubehag	Litt ubehag	Moderat ubehag	Sterkt ubehag	Meget sterkt ubehag
Hodepine, tung i hodet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uvelhet, trøtthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Irriterte øyne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr og/eller irritert hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tett og/eller rennende nese	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørr hud ansikt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tørre lepper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvis du har spesielle kommentarer, kan du skrive her:

Skriv dato for utfylling: ___/___/___

Ved dagskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 12 og 14)

Ved kveldsskift, kryss her: (skal fylles ut mellom 19 og 20)

Vedlegg 2

Svarfordeling (%) på spørreskjemaene

SKJEMA		Tiltakssone		Kontrollsoner	
		1	2	1	2
ANTALL		39	32	43	38
VARMEKOMFORT					
	varmt	20,5	3,1	11,6	18,4
	litt varmt	25,6	18,8	23,3	26,3
	nøytralt	35,9	59,4	39,5	39,5
	litt kjølig	15,4	12,5	23,3	13,2
	kjølig	2,6	6,2	2,3	2,6
LUFTFUKTIGHET					
	svært fuktig	0	0	2,3	0
	fuktig	0	0	0	0
	nøytral	10,3	34,4	9,3	15,8
	tørr	41	46,9	58,1	50
	svært tørr	48,7	18,8	30,2	34,2
LUFTKVALITET					
	svært god	0	0	0	0
	god	0	6,2	2,3	5,3
	nøytral	35,9	56,2	60,5	50
	dårlig	51,3	31,3	30,2	26,3
	svært dårlig	12,8	6,2	7	18,4
HODEPINE/TUNG I HODET					
	intet ubehag	33,3	50	25,6	39,5
	litt ubehag	30,8	18,8	32,6	34,2
	moderat ubehag	28,2	28,1	34,9	21,1
	strekt ubehag	7,7	3,1	4,7	5,3
	meget sterkt ubehag	0	0	2,3	0
UVELHET/TRØTTHEIT					
	intet ubehag	30,8	53,1	27,9	26,3
	litt ubehag	30,8	21,9	41,9	47,4
	moderat ubehag	33,3	21,9	20,9	18,4
	strekt ubehag	2,6	0	9,3	7,9
	meget sterkt ubehag	2,6	3,1	0	0

Svarfordeling (%) på spørreskjemaene

		Tiltakssone		Kontrollsoner	
IRRITERTE ØYNE					
	intet ubehag	38,5	34,4	44,2	31,6
	litt ubehag	15,4	34,4	23,3	18,4
	moderat ubehag	28,2	15,6	18,6	28,9
	strekt ubehag	7,7	9,4	14	15,8
	meget sterkt ubehag	10,3	6,2	0	5,3
TØRR OG/ELLER IRRITERT HALS					
	intet ubehag	38,5	46,9	27,9	34,2
	litt ubehag	23,1	21,9	37,2	28,9
	moderat ubehag	20,5	25	20,9	21,1
	strekt ubehag	10,3	6,2	11,6	10,5
	meget sterkt ubehag	7,7	0	2,3	5,3
TØRR OG/ELLER RENNENDE NESE					
	intet ubehag	43,6	59,4	48,8	39,5
	litt ubehag	15,4	21,9	25,6	23,7
	moderat ubehag	20,5	12,5	20,9	26,3
	strekt ubehag	17,9	6,2	4,7	10,5
	meget sterkt ubehag	2,6	0	0	0
TØRR HUD ANSIKT					
	intet ubehag	10,3	31,3	20,9	7,9
	litt ubehag	12,8	18,8	20,9	13,2
	moderat ubehag	33,3	18,8	30,2	42,1
	strekt ubehag	33,3	25	16,3	23,7
	meget sterkt ubehag	10,3	6,2	11,6	13,2
TØRRE LEPPER					
	intet ubehag	12,8	18,8	11,6	2,6
	litt ubehag	17,9	12,5	18,6	18,4
	moderat ubehag	17,9	34,4	27,9	31,6
	strekt ubehag	28,2	21,9	20,9	28,9
	meget sterkt ubehag	23,1	12,5	20,9	18,4

Vedlegg 3

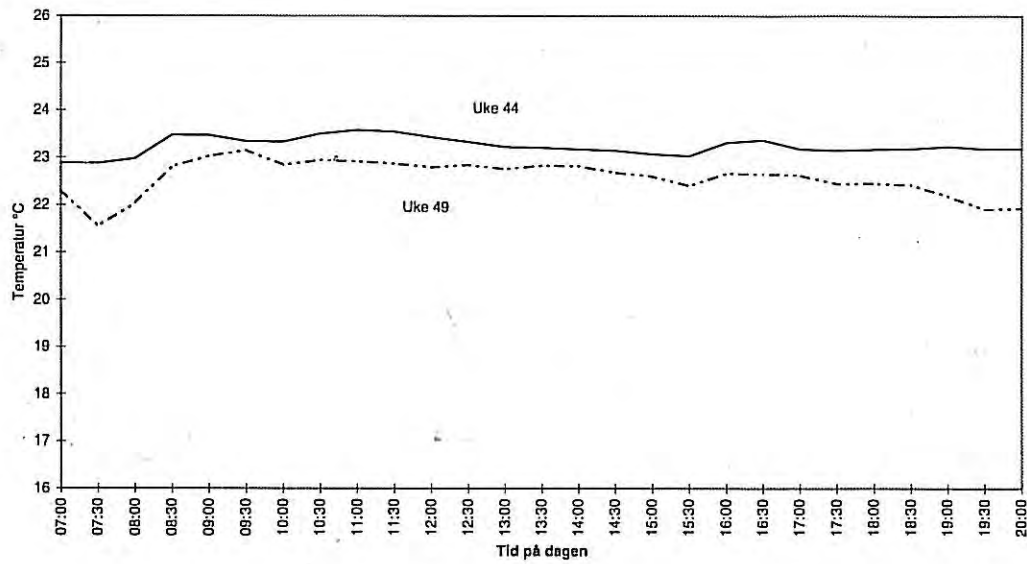


Fig. a
Gjennomsnittlig variasjon i romtemperatur (1,8 m) over dagen i de to ukene - tiltakssone

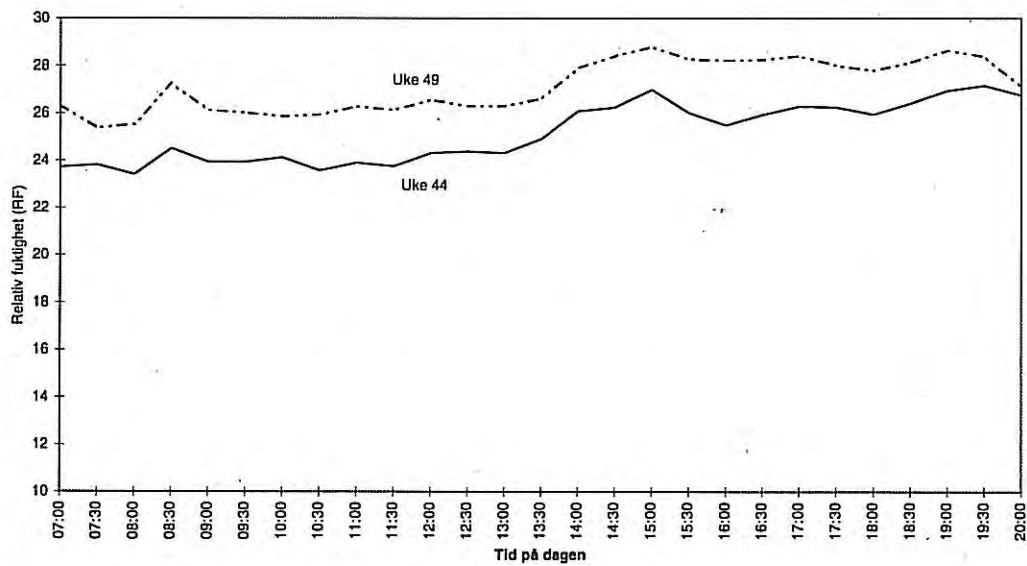


Fig. b
Gjennomsnittlig variasjon i relativ fuktighet over dagen i de to ukene - tiltakssone

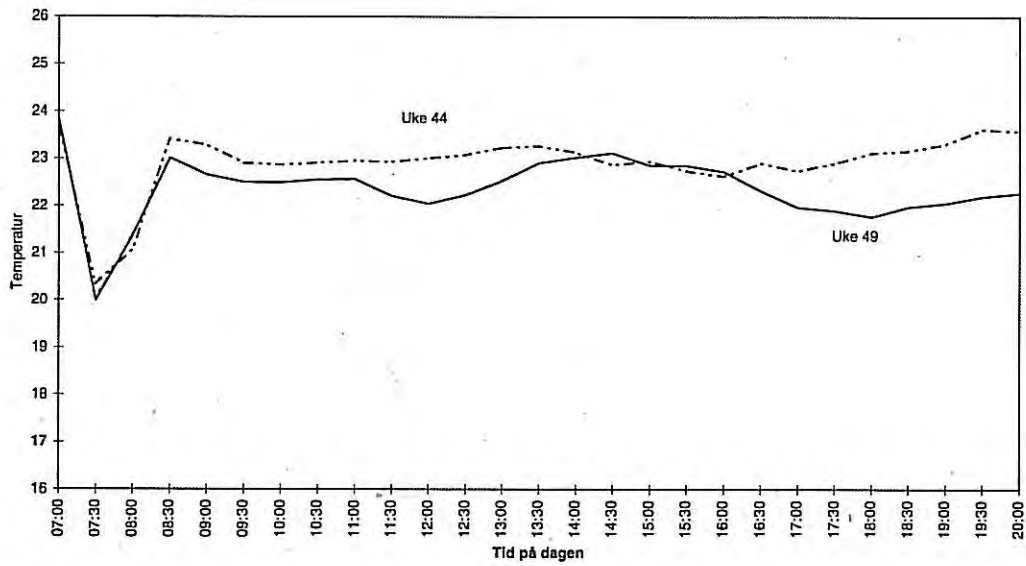


Fig. c
Gjennomsnittlig variasjon i romtemperatur (1,8 m) over dagen i de to ukene - kontrollsoner 1

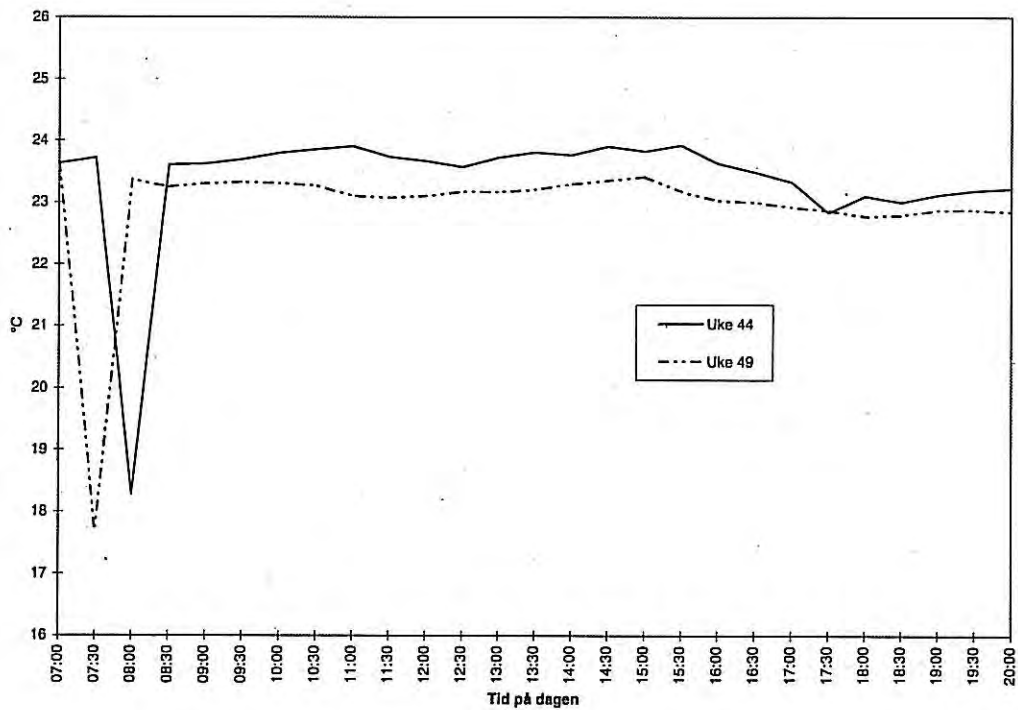


Fig. d
Gjennomsnittlig variasjon i romtemperatur (1,8 m) over dagen i de to ukene - kontrollsoner 2

Delrapport 8

Installasjon av ventiler med diffus innblåsing - uendrede luftmengder

Innhold

Forord	2
Sammendrag	2
1. Gjennomføring av forsøket.....	3
1.1. Bakgrunn.....	3
1.2. Administrasjon av forsøket	3
1.3. Den tekniske gjennomføringen av tiltaket	4
1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene	4
2. Spørreundersøkelse.....	6
2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene	6
2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen	7
2.2.1. Spørreskjema før og etter tiltak.....	7
2.2.2. Sluttevaluering	7
2.3. Konklusjon av spørreundersøkelsen	8
3. Inneklima	10
3.1. Temperatur og luftfuktighet.....	10
3.2. Lufthastighet	11
4. Konklusjoner - tiltak 6.....	12
Vedlegg 1.....	13
Vedlegg 2.....	14
Vedlegg 3.....	15
Vedlegg 4.....	18
Vedlegg 5.....	20

Forord

Denne delrapporten behandler resultatene fra gjennomføring av et tiltak som har bestått i å installere nye tilluftsventiler i to soner i Sentralblokken. Forsøket ble gjennomført i tidsrommet nov.-des. 1994.

Sammendrag

Hensikten med forsøket var å undersøke om diffus tilførsel av luft kan redusere klager på inneklima blant de ansatte. I en del rom i to laboratorieavdelinger ble det montert nye tilluftskanaler til ventiler med diffus innblåsing. De nye tilluftsventilene ble plassert på gulvnivå. Ventilene erstattet tilluftsventiler i himling. De nye ventilene skulle gi mindre trekk, i tillegg til bedre ventilasjonseffektivitet.

Det ble ikke valgt ut noen kontrollsoner for dette forsøket. Det ble gjennomført spørreundersøkelser før og etter installering av de nye ventilene. Ved den siste spørreundersøkelsen ble det også utlevert et spørreskjema der de ansatte skulle gi en totalvurdering av effekten av tiltaket.

Det var noe mere sjiktning i temperaturen i rommene etter tiltak i tre av fire rom. For øvrig var det relativt like temperaturforhold i alle rom de dagene spørreskjemaene ble besvart. Relativ fuktighet var noe lavere ved utfylling av andre spørreskjema (20 %) enn ved utfylling av første spørreskjema (30 %).

Lufthastighetsmålinger viser en reduksjon i lufthastighet i romluften på over 40 % ved 5 av 10 målepunkter (målt i 1,1 m høyde). Etter tiltaket ligger lufthastigheten på alle målepunktene innenfor gjeldende retningslinjer ($< 0,15$ m/s). At det stadig er relativt høye lufthastigheter enkelte steder (ca. 0,15 m/s) skyldes tilluft fra vindusapparatene. Både redusert lufthastighet og økt temperatursjiktning er ventede effekter av å montere ventiler basert på diffus tilluft.

Spørreundersøkelsen viste at de ansatte mener at tiltaket har ført til en forbedring av inneklimaet på flere måter. Det ble rapportert om mindre temperaturvariasjoner, mer komfortabel temperatur og bedre luftkvalitet som følge av tiltaket. Svarene på sluttevalueringsskjemaet viser at svært mange (80%) mener at trekkproblemene også har blitt redusert.

1. Gjennomføring av forsøket

1.1. Bakgrunn

Flere personer ved laboratoriene i 2. etg. i Sentralblokken har rapportert plager med trekk fra takventiler. Det er rimelig å anta at dersom luften fra ventilasjonsanlegget tilføres oppholdssonen på en trekkfri måte, vil denne typen klager bli redusert.

1.2. Administrasjon av forsøket

Tiltaket ble gjennomført ved å installere nye tilluftskanaler og ventiler i 5 rom i to avdelinger. De nye ventilene skulle sørge for en diffus, trekkfri innblåsing. Tilluftsmengden skulle i utgangspunktet ikke bli endret. Fig. 1 viser framdriften for tiltaket.

Det ble ikke valgt ut noen kontrollsoner for dette forsøket. Det ble gjennomført spørreundersøkelser før og etter installering av de nye ventilene. Ved den siste spørreundersøkelsen ble det også utlevert et spørreskjema der de ansatte skulle gi en totalvurdering av effekten av tiltaket.

I tillegg til spørreundersøkelser ble det før og etter tiltak gjennomført målinger av luftmengder i ventilasjonsanlegget og lufthastigheter i oppholdssonen. Under hele forsøksperioden ble temperatur og relativ fuktighet målt med termoelementer og fuktighetsmåler tilknyttet datalogger.

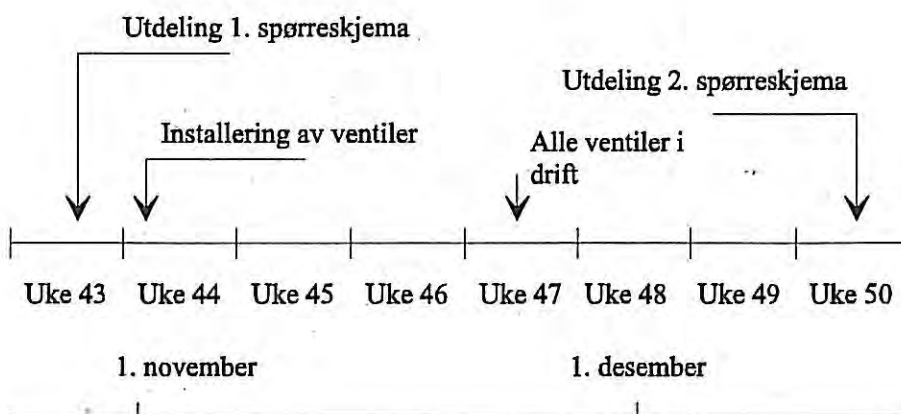


Fig. 1
Framdrift for tiltaket

1.3. Den tekniske gjennomføringen av tiltaket

Det ble montert nye tilluftskanaler og -ventiler i 6 rom i sone 1 og rom i sone 2.

Tilførsel av luft på en ny måte har skjedd ved montering av nye tilluftskanaler til ventiler med diffus innblåsing. De nye tilluftsentilene ble plassert på gulvnivå. De nye "gulvventilene" var av type "Siv inn", levert av O.A. Larsen a/s. De eksisterende tilluftsentilene i tak ble omgjort til avtrekksventiler. Disse rommene får nå tilluft dels via vindusaggregat, dels via ventiler for diffus innblåsing.

Ventiler for diffus innblåsing av tilluft brukes ofte i forbindelse med fortrenningsventilasjon. Dette ventilasjonsprinsippet skal sikre at forurensninger i oppholdssonen fortrennes opp mot et avtrekk ved en "stempeleffekt". Dette skal gi en høy ventilasjonseffektivitet. Dette prinsippet er ikke gjennomført i dette tiltaket. På grunn av innblåsing fra vindusaggregatene får rommene vanlig omrøringsventilasjon. Utformingen av de nye ventilene skal imidlertid sikre at luften blir tilført uten at det oppstår trekkproblemer.

Prosjekterte luftmengder før tiltak og målte luftmengder etter tiltak er vist i tabell 1. Luftmengdene i ventilene er målt dels av Haukeland sykehus, teknisk avdeling, dels av firmaet som installerte det nye anlegget. Tabellen viser at luftmengden stort sett er uendret ved tiltaket, bortsett fra to rom der plassproblemer ved kanalplassering medførte reduserte luftmengder.

Tabell 1

Prosjekterte og målte luftmengder (etter tiltak) på de enkelte rommene
Rommene med prosjektert min/maks. luftmengde har VAV.

Rom nr.	Prosjektert volum (min/max) m ³ /h	Målt volum (max) m ³ /h
4110	850/3000	2859
4131	360/1800	1695
4145	380/1480	1560
5354	1200	1089
5355	900	995

1.4. Oppvarmings- og ventilasjonssystem i forsøkssonene

Begge soner har fortemperering av innblåsningsluften i ventilasjonsaggregatene. Tilluften har konstant innblåsingstemperatur med et set-punkt (dvs. innstilt, ønsket temperatur) på 17 °C året rundt. Ved oppvarmingsbehov skjer oppvarmingen lokalt ved at tilluften til de enkelte rommene ettervarmes. Fasaderom har ettervarmebatterier i vindusapparatene, mens kjernerom har elektriske ettervarmebatterier i tilluftskanalene umiddelbart før innblåsningsventilene. Rommene har manuell temperaturregulering med temperaturfølere på hvert rom.

I 3 av 5 rom i forsøkssonene er det VAV (Variable Air Volume). Prosjektert luftmengde i forsøkssonene er 20 - 24 m³/h pr. m² (gjelder begge anleggene). Begge anleggene går for fullt hele døgnet.

For øvrig er ventilasjonsanleggene i Sentralblokken generelt nærmere behandlet i delrapport nr. 2.

2. Spørreundersøkelse

Spørreskjemaene (se Vedlegg 1) ble delt ut to ganger, dvs. før (27/10) og etter igangsetting av tiltak (14/12). Skjemaene ble fylt ut mellom kl. 12 og 14, og de ansatte skulle krysse av for hvordan de oppfattet inn klima og luftkvalitet den siste uken og den dagen de besvarte skjemaet. Samme dag som skjema II ble utfylt ble det også delt ut et sluttevaluerings skjema (se Vedlegg 2).

2.1. Statistisk bearbeiding av resultatene

Statistisk testing ble foretatt ved ikke-parametrisk metode (Wilcoxon test) pga. enkelte skjeve fordelinger og begrenset utfallsrom (1-5).

Ved evaluering av resultater fra spørreundersøkelsen, valgte vi å teste nullhypotesen: ingen svarendring for noen variabel som følge av tiltaket, fordi tiltakets art ga endringer i inn klimaet som muligens kunne oppfanges ved flere av spørsmålene. Alternativt kunne antall tester utført for et spesifikt tiltak vært redusert ved å se på de variable som var mest aktuelle for tiltaket.

Ved testing av nullhypotesen er det foretatt ti hypotesetester. Ifølge Bonferonimetoden for multiple tester (British Medical Journal vol 310, 1995) vil dette gi et signifikansnivå på 0.005 (0.05/10). Da det er avhengighet mellom flere av testene, vil dette være svært konservativt. Vi velger derfor et signifikansnivå på 0.01.

I tabellene har vi angitt signifikante svarendringer som:

*** for p-verdier <0.005

** for p-verdier <0.01

(* for p-verdier <0.05 , dvs ikke-signifikante endringer er angitt for å vise tendenser i svarendringene)

Testing av tiltakets effekt ble foretatt ved å analysere svarendring hos ansatte som hadde svart på både skjema I og skjema II.

2.2. Resultater fra spørreundersøkelsen

2.2.1. Spørreskjema før og etter tiltak

Svarfordeling på de ulike spørsmålene i de to sonene er gitt i Vedlegg 3.

Resultatene fra spørreundersøkelsen er vist i Tabell 2.

Tabell 2

Gjennomsnittssvar for alle som har svart på spørreskjemaene er vist i del a) og b). Gjennomsnitt i svarendring for de som svarte både på skjema I og skjema II er gitt i del c). Verdiene er gitt som gjennomsnitt \pm standardavvik for n besvarelser. Signifikant svarendring fra skjema I til skjema II for de som har svart på begge skjema (d) er angitt; *** $p < 0.005$ og ** $p < 0.001$ (* $p < 0,05$; dvs. ikke signifikant er også angitt).

FAKTOR	a) SKJEMA I (før tiltak) n=26	b) SKJEMA II (etter tiltak) n=29	c) Gjsn. svarendrin g Skjema I-II n=20	d) p-verdi svarendring Skjema I-II
Skala: 1-5; se Vedlegg 1				
INNEKLIMA SISTE UKE:				
Trekk	3,0 \pm 1,0	2,3 \pm 1,1	0,5 \pm 2,3	0,113
Kaldt-varmt	4,8 \pm 1,5	4,3 \pm 1,0	0,4 \pm 1,0	0,215
Komfortabel temperatur	4,7 \pm 1,7	3,1 \pm 0,3	1,3 \pm 1,8	0,009 ** (bedre)
Temperaturvariasjoner	3,4 \pm 1,9	5,3 \pm 1,5	-1,9 \pm 2,1	0,003 *** (mindre variasjon)
INNEKLIMA I DAG:				
Kaldt-varmt	4,5 \pm 1,3	4,2 \pm 1,3	0,1 \pm 1,2	0,654
Komfortabel temperatur	4,2 \pm 1,7	3,0 \pm 1,7	1,2 \pm 1,9	0,041 * (bedre)
Luftkvalitet	5,3 \pm 1,6	3,7 \pm 1,7	1,7 \pm 1,8	0,003 *** (bedre)
Tørr luft	2,1 \pm 0,9	2,1 \pm 0,8	-0,2 \pm 0,8	0,288
Trekk	3,9 \pm 2,2	2,4 \pm 1,5	1,7 \pm 2,2	0,016 * (mindre)

Som vist i tabell 2 rapporterte de ansatte om mer komfortabel temperatur, mindre temperaturvariasjoner og bedre luftkvalitet etter tiltak.

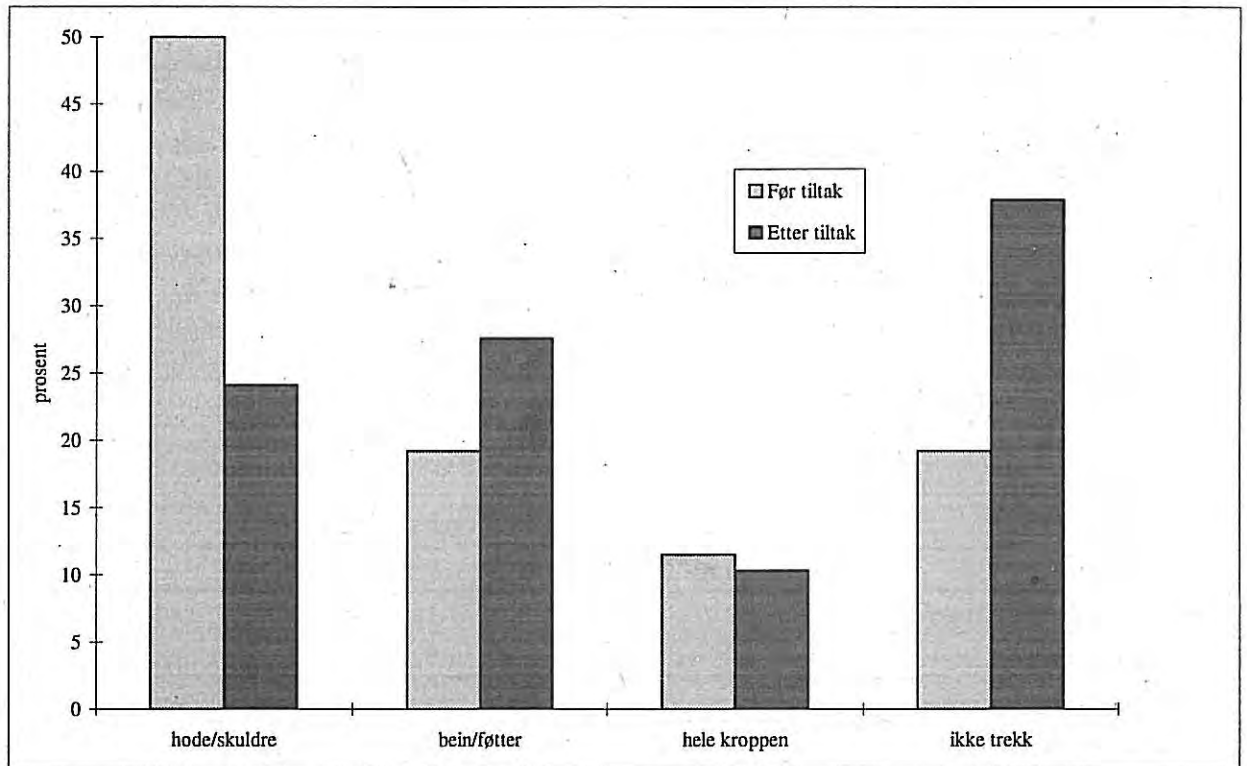
Figur 2 viser at det etter tiltak er en endring i hvilken kroppsdel som er mest utsatt for trekk (svar på spørsmål 2 i Vedlegg 1). Etter tiltak er det mindre klage på trekk mot hode/skuldre og litt flere som opplever trekk mot bein/føtter. Det er imidlertid også flere enn før som ikke opplever trekk.

2.2.2. Sluttevaluering

Svarfordeling for sluttevalueringsskjemaet (Vedlegg 2) er gitt i figur 3 og i Vedlegg 4 (fig a-c). Omtrent 70% mener at problemene med trekk ble mye bedre/litt bedre etter tiltak, mens ca. 30% mener at luftkvaliteten ble bedre/friskere. Over 70% av de spurte syntes at inn klimaet totalt sett ble mye bedre/litt bedre etter ombyggingen, se fig. c vedlegg 4.

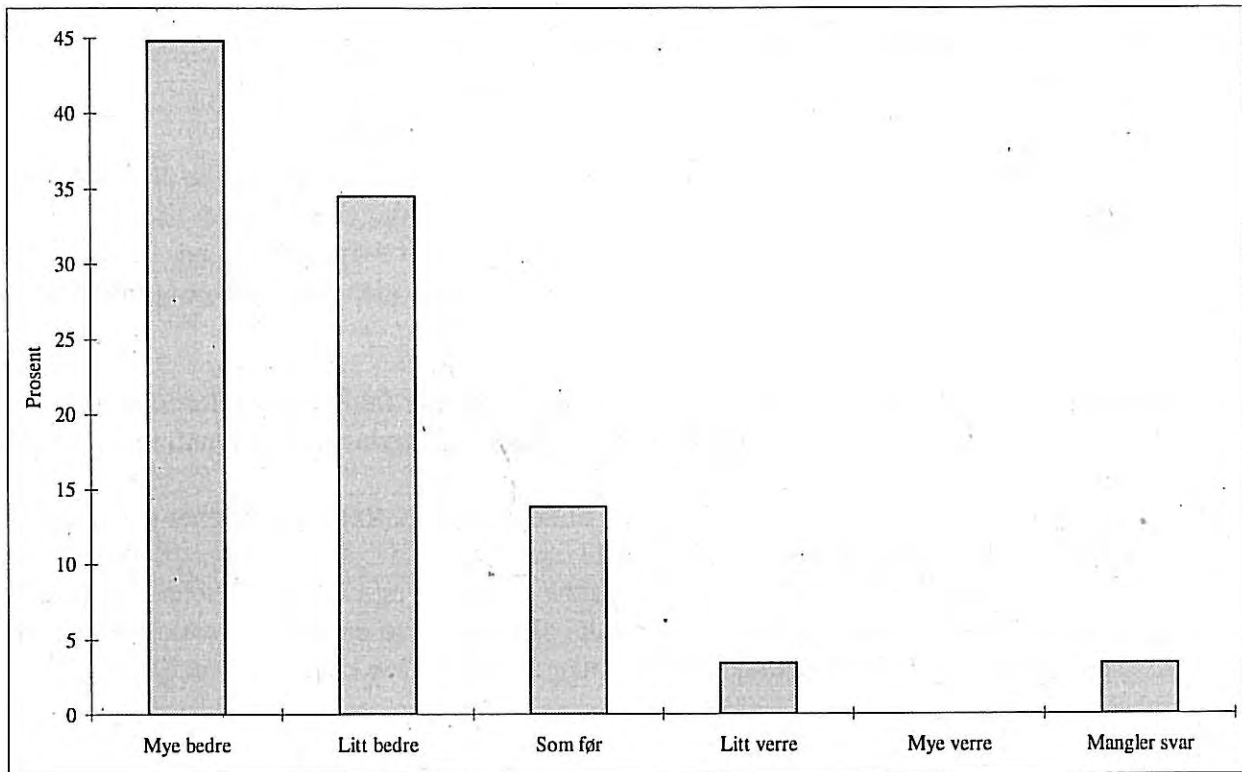
2.3. Konklusjon av spørreundersøkelsen

Resultatene viser at de ansatte mener at tiltaket har ført til en forbedring av inneklimaet på flere måter. Det ble rapportert om mindre temperaturvariasjoner, mer komfortabel temperatur og bedre luftkvalitet som følge av tiltaket. Svarene på sluttevalueringsskjemaet viser at svært mange (80%) mener at trekkproblemene også har blitt redusert.



Figur 2

Svarfordeling på spørsmål 2 (Vedlegg 1): Dersom du har opplevd trekk, hvilken kroppsdelt har vært mest utsatt.



Figur 3

Sluttevaluering av tiltaket- trekk (spørsmål 1 i vedlegg 2)

Svarfordeling på følgende spørsmål: Hvordan synes du problemene med hensyn til trekk har blitt etter ombyggingen?)

3. Inneklima

3.1. Temperatur og luftfuktighet

Tabell 3 viser gjennomsnittstemperaturer og relativ fuktighet i uke 43 og uke 50. Tabell a i Vedlegg 5 viser både gjennomsnittstemperaturer og standardavvik. Tabell 4 viser gjennomsnittlig relativ fuktighet og temperatur i tidsrommet 9-15 i de dagene spørreskjemaet ble besvart. Figurene a - d i Vedlegg 5 viser gjennomsnittlige temperaturer (1,1 m høyde) over dagen i henholdsvis uke 43 og uke 50.

Målingene er gjort med termoelementer og en Rotronic fukt-/temperaturføler tilknyttet datalogger. Målingene er utført sentralt i rommet. Hovedkonklusjoner fra målingene:

- liten variasjon i luftfuktighet mellom de ulike rommene. Relativ fuktighet var ca. 10 % lavere i uke 50 sammenlignet med uke 43
- noe mere sjiktning i temperaturen etter tiltak på sone 2 og i et rom på sone 1 (rom 4)
- relativt like temperaturer før og etter tiltak i alle rom de to dagene spørreskjemaene ble besvart, bortsett fra på et rom i Sone 2 i uke 50 der det var kaldere i uke 50 (tabell 4)

Tabell 3

Temperaturer (gjennomsnitt og standardavvik) dagtid (7-15) i uke 43 og uke 50

Sted		Relativ fuktighet	temp. 0,1 m	temp. 1,1 m	temp. 1,8 m	temp. 2,6 m
rom 1 (sone 1) uke 43	før tiltak	29	21,7	22,6	22,4	23,0
rom 1 (sone 1) uke 50	etter "	21	21,1	23,1	23,3	22,3
rom 2 (sone 2) uke 43	før tiltak	29	23,1	23,3	23,5	24,0
rom 2 (sone 2) uke 50	etter "	21	21,5	22,6	23,4	23,6
rom 3 (sone 2) uke 43	før tiltak		22,7	23,0		24,1
rom 3 (sone 2) uke 50	etter "			20,8		24,3
rom 4 (sone 1) uke 43	før tiltak	31	22,6	23,4	23,5	23,5
rom 4 (sone 1) uke 50	etter "	21	22,3	22,6	24,4	24,7

Tabell 4

Gjennomsnittlig relativ fuktighet og temperatur i 1,1 m høyde i tidsrommet 9-15 i de dagene spørreskjemaet ble besvart

	RF		Temperatur (1,1 m)	
	27.okt	14.des	27.okt	14.des
rom 1 sone 1	28	18	22,6	23,3
rom 2 (sone 2)	28	18	23,3	22,4
rom 3 (sone 2)			22,9	20,7
rom 4 (sone 1)	29	18	23,9	22,5

3.2. Lufthastighet

Tabell 5 og fig. 4 viser målt lufthastighet i oppholdssonen før og etter tiltak i rommene. Målingene ble utført med Dantech "hot sphere" anemometer. Det ble gjennomført 3-4 3-minutters målinger på hvert sted. Av disse ble den mest representative 3-minutters-målingen valgt. Målingene ble gjennomført nær faste arbeidsplasser, men på steder med relativt høye lufthastigheter. Målingene ble tatt i 1,1 m høyde.

Tabellen viser en klar reduksjon (> 40 % reduksjon) i lufthastighet på 5 steder, mens hastigheten er økt på 2 steder. At det stadig er relativt høye lufthastigheter enkelte steder (ca. 0,15 m/s) skyldes tilluft fra vindusapparatene. Generelt er imidlertid lufthastighetene lave. Lufthastigheten bør ikke overskride 0,15 m/s.

Tabell 5
Måling av lufthastighet i oppholdssonen (1,1 m) før og etter tiltak
(gjennomsnitt av 1 3-minutters måling)

punkt	27.10.94		30.11.94		endring [m/s]	endring [%]
	middel [m/s]	standard- avvik	middel [m/s]	standard- avvik		
rom 5 nr. 1	0,11	0,05	0,14	0,05	0,03 ¹⁾	
rom 5 nr. 2	0,08	0,04	0,08	0,04	0,00 ¹⁾	
rom 6 nr. 1	0,20	0,05	0,03	0,02	-0,17	-85
rom 6 nr. 2	0,15	0,08	0,07	0,05	-0,08	-53
rom 4 nr. 1	0,07	0,05	0,08	0,02	0,01	+14
rom 4 nr. 2	0,12	0,04	0,07	0,05	-0,05	-42
rom 1 nr. 1	0,13	0,03	0,03	0,02	-0,10	-77
rom 1 nr. 2	0,16	0,05	0,15	0,06	-0,01	-6
rom 3 nr. 1	0,06	0,04	0,03		-0,03	-50
rom 3 nr. 2	0,03	0,02	0,02	0,01	-0,01	-33
rom 2 nr. 1	0,06	0,04	0,05	0,03	-0,01	-17
rom 2 nr. 2	0,08	0,04	0,08	0,04	0,00	0

¹⁾ De gamle ventilene er erstattet med nye takventiler. Rommet er ikke med i spørreundersøkelsen.

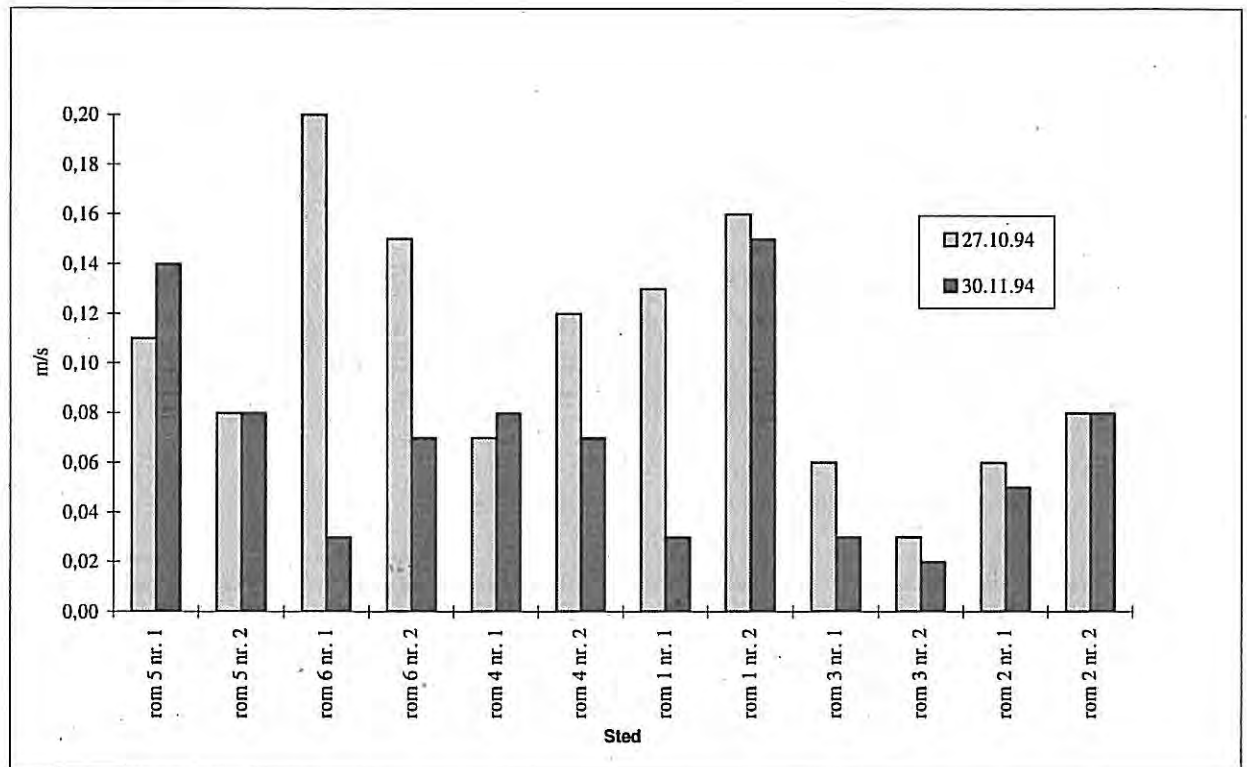


Fig. 4

Målt lufthastighet før og etter tiltak (gjennomsnitt av 1 3-minutters måling)

Rom 5 er ikke med i spørreundersøkelsen. Her ble de gamle ventilene erstattet med nye takventiler.

4. Konklusjoner - tiltak 6

Resultatene viser at de ansatte mener at tiltaket har ført til en forbedring av innklimaet på flere måter. Det ble rapportert om mindre temperaturvariasjoner, mer komfortabel temperatur og bedre luftkvalitet som følge av tiltaket. Svarene på sluttevalueringsskjemaet viser at svært mange (80%) mener at trekkproblemene også har blitt redusert.

De fysiske målingene viser en reduksjon i lufthastighet i romluften på over 40 % ved 5 av 10 målepunkter ved faste arbeidsplasser. Etter tiltaket ligger lufthastigheten på alle målepunktene innenfor gjeldende retningslinjer (< 0,15 m/s). Temperaturmålingene viser en tendens til økt sjiktning i romluften som følge av tiltaket. Både redusert lufthastighet og økt temperatursjiktning er ventede effekter av å montere ventiler basert på diffus tilluft. tiltaket.

Vedlegg 1

Undersøkelsenr.: 51 Kode:

Spørreskjema for personlig vurdering av inneklima og luftkvalitet

I forbindelse med utprøving av tiltak for å bedre luftkvalitet og inneklima på sykehuset ber vi deg svare på dette spørreskjemaet. Spørreundersøkelsen gjennomføres for at tiltaket skal kunne kontrolleres på en systematisk måte.

A) INNEKLIMA DEN SISTE UKEN:

1. Har du den siste uken vært plaget med trekk på din arbeidsplass ?

Aldri Sjelden Av og til Ofte Hele tiden

2. Dersom du har opplevd trekk, hvilken kroppsdel har vært mest utsatt ?

Hode/skuldre Bein/føtter Hele kroppen

3. Hvordan har temperaturforholdene vært på din arbeidsplass den siste uken ?

Sett kryss i ett felt i hver linje på den angitte skalaen (fra 1 til 7).

Boksene med fete rammer representerer idealpunktet på hver skala.

	1	2	3	4	5	6	7	
Svært kaldt								Svært varmt
Komfortabel temperatur								Ikke komfortabel temp.
Store temperaturvariasjoner								Helt jevn temperatur

B) INNEKLIMA I DAG:

4. Hvordan oppfatter du inneklima og luftkvalitet på din arbeidsplass akkurat nå ?

Sett kryss i ett felt i hver linje på den angitte skalaen (fra 1 til 7).

Boksene med fete rammer representerer idealpunktet på hver skala.

	1	2	3	4	5	6	7	
Svært kaldt								Svært varmt
Komfortabel temperatur								Ikke komfortabel temp.
Svært god luftkvalitet								Svært dårlig luftkvalitet
Svært tørr luft								Svært fuktig luft
Ingen trekk								Svært trekkfullt

6. Kommentarer:

Dato for utfylling: _____

Vedlegg 2

Evaluering av inneklima etter ombyggingen.

1) Hvordan synes du problemene med hensyn til trekk har blitt etter ombyggingen ?

Mye bedre Litt bedre Som før Litt verre Mye verre

2) Hvordan synes du varmekomforten har blitt etter ombyggingen ?

Varmere Som før Kjøligere

3) Hvordan synes du luftkvaliteten har blitt etter ombyggingen ?

Bedre/friskere Som før Dårligere

4) Kan du gi en totalvurdering av hvordan inneklimaet har blitt etter ombyggingen ?

Mye bedre Litt bedre Som før Litt verre Mye verre

Kommentarer:

Vedlegg 3

Svarfordeling (%) på spørreskjema før og etter tiltak

	før tiltak	etter tiltak
TREKK SISTE UKEN		
aldri	11,5	31
sjelden	11,5	24,1
av og til	46,2	31
ofte	30,8	10,3
hele tiden	0	3,4
KROPPSDEL MEST UTSATT FOR TREKK		
	Før tiltak	Etter tiltak
hode/skuldre	50	24,1
bein/føtter	19,2	27,6
hele kroppen	11,5	10,3
ikke trekk	19,2	37,9
TEMPERATURFORHOLD SISTE UKEN		
svært kaldt=1	0	0
2	7,7	3,4
3	11,5	17,2
nøytral=4	26,9	31
5	11,5	37,9
6	34,6	10,3
svært varmt=7	7,7	0
KOMFORTABEL TEMPERATUR SISTE UKEN		
komf. temp=1	7,7	13,8
2	3,8	27,6
3	7,7	17,2
4	26,9	20,7
5	11,5	13,8
6	30,8	6,9
Ikke komf. tmp=7	11,5	0

forts.

Svarfordeling (%) på spørreskjema før og etter tiltak

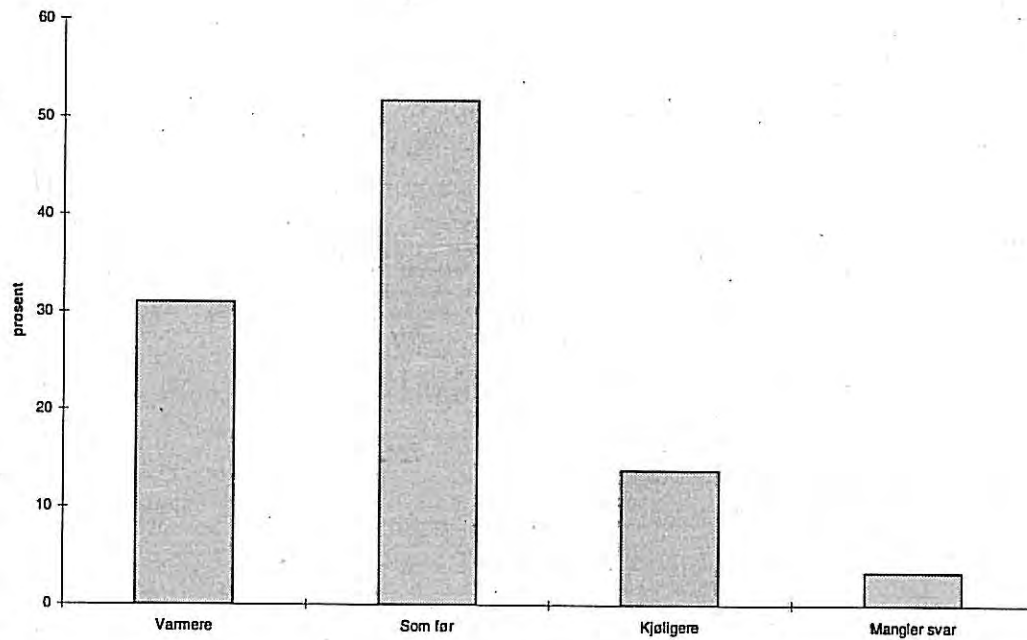
	før tiltak	etter tiltak
TEMPERATURVARIASJONER SISTE UKEN		
Store temp. variasj=1	11,5	0
2	30,8	6,9
3	23,1	6,9
4	7,7	13,8
5	11,5	17,2
6	3,8	34,5
helt jevn temp.=7	11,5	20,7
TEMPERATURFORHOLD I DAG		
svært kaldt=1	0	3,4
2	7,7	3,4
3	11,5	20,7
nøytral=4	30,8	27,6
5	19,2	31
6	30,8	13,8
svært varmt=7	0	0
KOMFORTABEL TEMPERATUR I DAG		
komf. temp=1	3,8	24,1
2	23,1	24,1
3	3,8	13,8
nøytral=4	26,9	17,2
5	7,7	10,3
6	30,8	10,3
Ikke komf temp=7	3,8	0
LUFTKVALITET I DAG		
god=1	3,8	10,3
2	7,7	20,7
3	3,8	13,8
nøytral=4	3,8	17,2
5	23,1	27,6
6	38,5	6,9
dårlig=7	19,2	3,4

forts.

Svarfordeling (%) på spørreskjema før og etter tiltak

	før tiltak	etter tiltak
LUFTFUKTIGHET I DAG		
svært tørt=1	23,1	20,7
2	57,7	55,2
3	7,7	20,7
nøytralt=4	11,5	3,4
5	0	0
6	0	0
svært fuktig=7	0	0
TREKK I DAG		
ingen trekk=1	26,9	34,5
2	3,8	34,5
3	7,7	6,9
4	15,4	6,9
5	19,2	17,2
6	15,4	0
svært trekkfullt=7	11,5	0

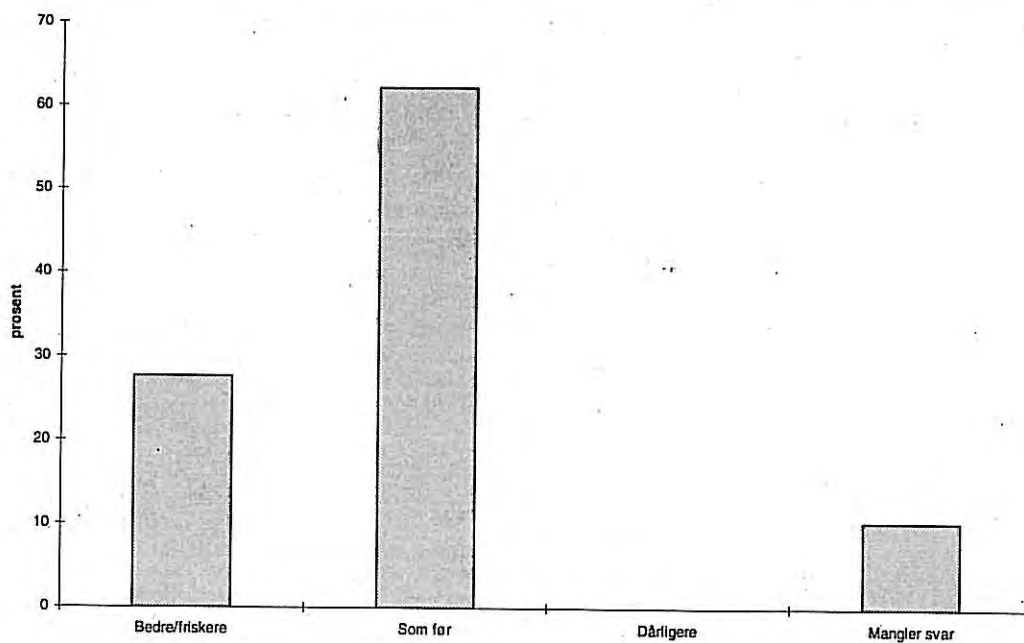
Vedlegg 4



Figur a

Sluttevaluering av tiltaket - varmekomfort (Spørsmål 2 i Vedlegg 2)

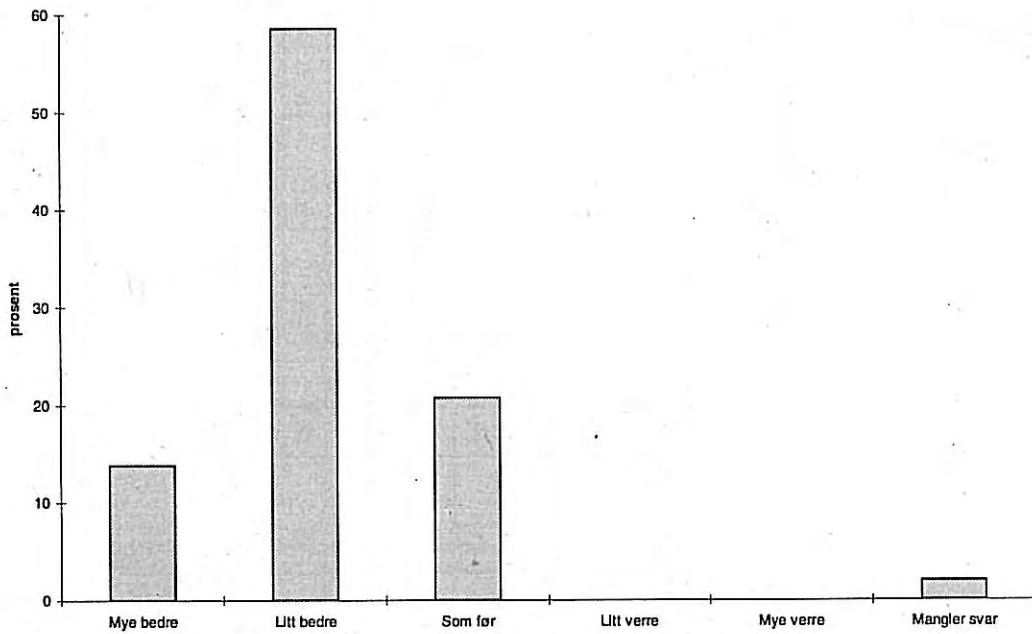
Svarfordeling på følgende spørsmål: Hvordan synes du varmekomforten har blitt etter ombyggingen?



Figur b

Sluttevaluering av tiltaket - luftkvalitet (Spørsmål 3 i Vedlegg 2)

Svarfordeling på følgende spørsmål: Hvordan synes du luftkvaliteten har blitt etter ombyggingen?



Figur c
Sluttevaluering av tiltaket (Spørsmål 4 Vedlegg 2)
Svarfordeling på følgende spørsmål: "Kan du gi en totalvurdering av hvordan inneklimaet har blitt etter ombyggingen?"

Vedlegg 5

Tabell a
Temperaturer (gjennomsnitt og standardavvik) dagtid (7-15) i uke 43 og uke 50

Sted	Relativ fuktighet %		temp. 0,1 m °C		temp. 1,1 m °C		temp. 1,8 m °C		temp. 2,6 m °C		temp. tilluft tak °C		temp. tilluft vindu °C	
	Gjn.snitt	Std.av.	Gjn.snitt	Std.av.	Gjn.snitt	Std.av.	Gjn.snitt	Std.av.	Gjn.snitt	Std.av.	Gjn.snitt	Std.av.	Gjn.snitt	Std.av.
rom 1 (sone 1 uke 43)	29	7	21,7	0,3	22,6	0,3	22,4	0,6	23,0	0,5	18,4	0,4	19,0	3,0
rom 1 (sone 1 uke 50)	21	4	21,1	0,6	23,1	0,7	23,3	0,9	22,3	0,8	18,7	1,3	22,0	6,8
rom 5 (sone 1 uke 43)	31	8	21,7	0,8	22,5	1,2	22,8	1,2	23,2	1,5	18,0	0,4	24,6	8,2
rom 5 (sone 1 uke 50)	22	3	22,1	0,5	22,6	0,6	22,8	0,6	23,1	0,6	17,5	0,6	26,8	9,1
rom 2 (sone 2) uke 43	29	7	23,1	0,5	23,3	0,4	23,5	0,4	24,0	0,3	19,1	0,3	31,8	2,1
rom 2 (sone 2) uke 50	21	3	21,5	0,5	22,6	0,5	23,4	0,8	23,6	0,8	19,2	0,3	30,2	2,9
rom 3 (sone 2) uke 43			22,7	0,3	23,0	0,3			24,1	0,5			38,7	5,8
rom 3 (sone 2) uke 50					20,8	0,2			24,3	0,4			38,1	4,1
rom 4 sone 1 uke 43	31	6	22,6	0,5	23,4	0,7	23,5	0,7	23,5	0,6	18,7	0,3	24,5	6,7
rom 4 sone 1 uke 50	21	3	22,3	0,3	22,6	0,4	24,4	0,6	24,7	0,4	18,4	0,2	27,1	7,5

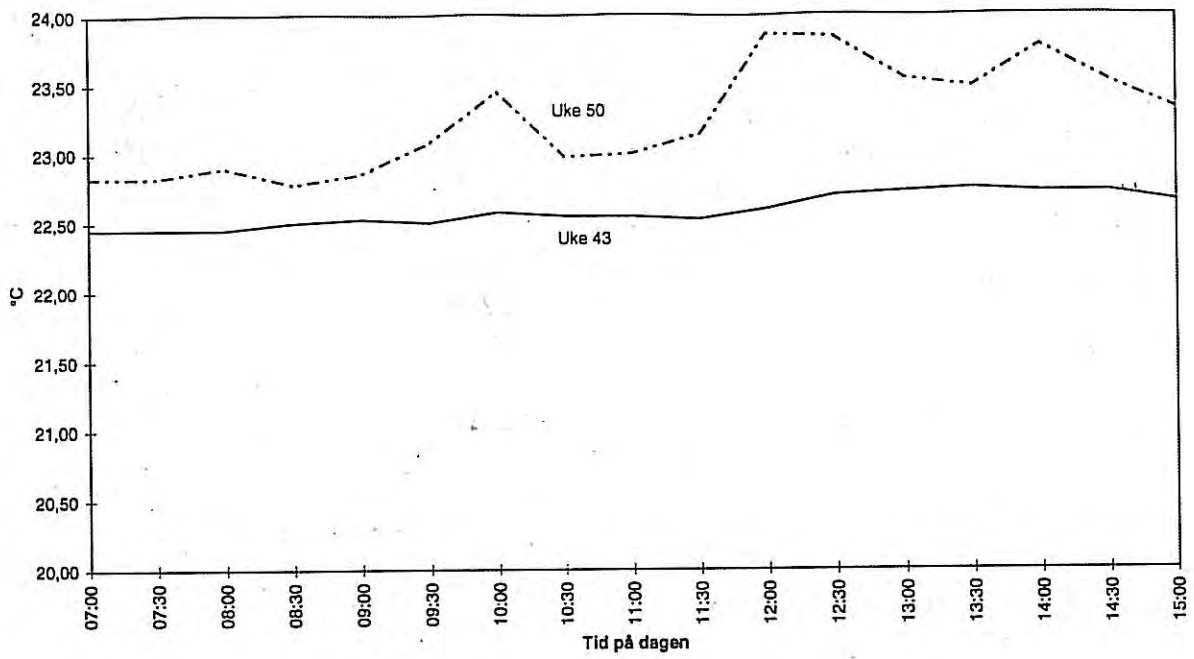


Fig. a
Temperaturer rom 1 uke 43 og uke 50

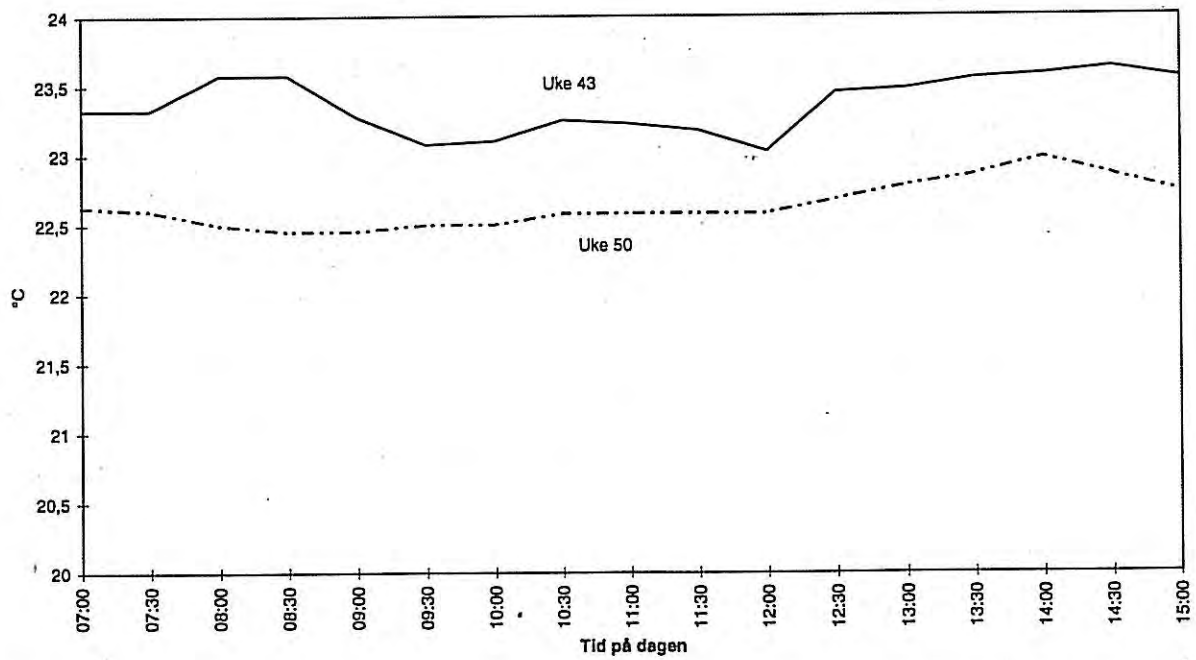


Fig. b
Temperaturer rom 4 uke 43 og uke 50

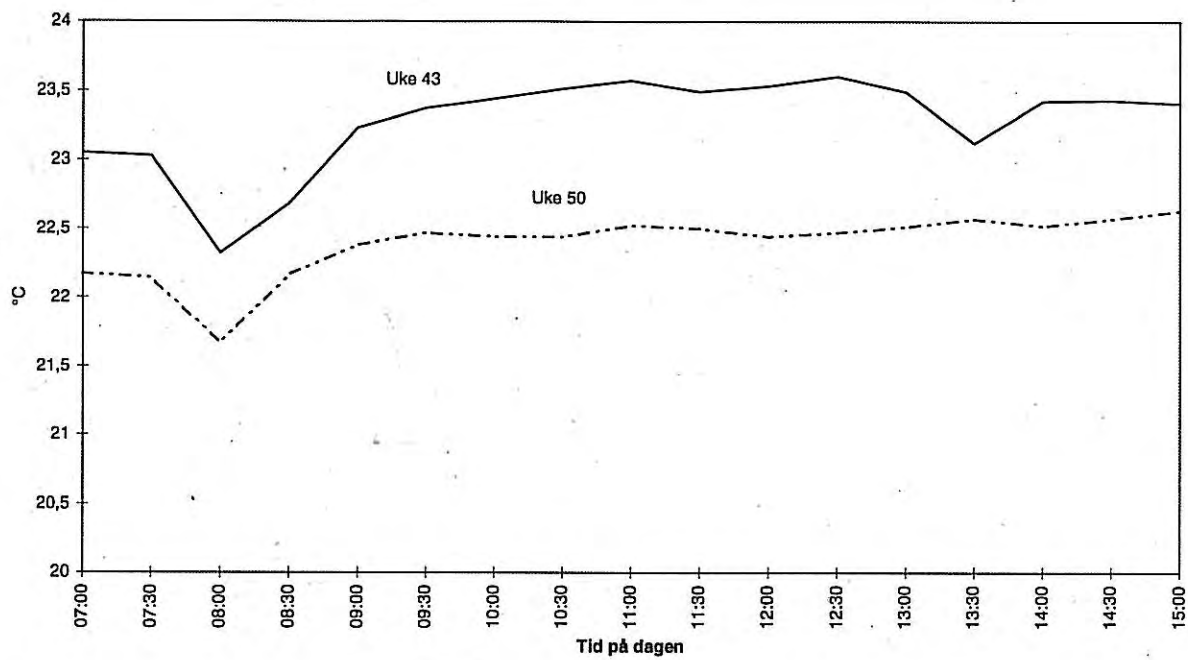


Fig. c
Temperaturer rom 2 uke 43 og uke 50

Delrapport 9

Reduksjon av statisk elektrisitet

Innhold

Forord	2
Sammendrag	2
1. Gjennomføring av delprosjektet	3
1.1. Bakgrunn	3
1.2. Administrasjon og forsøksdesign	3
2. Resultater fra fase 1	4
2.1. Supplerende spørreundersøkelse	4
2.2. Målinger i sentralblokken	4
2.3. Målinger i laboratoriet	4
2.4. Konklusjoner fra måleprogrammet i fase 1	5
3. Resultater fra fase 2	7
3.1. Utprøving av sko	7
3.2. Antistathjul på senger	8
3.3. Bonevoks	8
3.4. Gulvbelegg i underetasjen	9
4. Konklusjoner med anbefalinger	10
4.1. Sko	10
4.2. Senger	10
4.3. Luftfuktighet	10
4.4. Belegg i underetasjen	10
4.5. Sluttkommentarer	11
Vedlegg 1	12

Forord

Denne delrapporten omhandler resultatene fra et delprosjekt knyttet til problemer med statisk elektrisitet.

Seniorforsker Walter C. Wedberg har vært ansvarlig for planlegging, gjennomføring og rapportering av dette delprosjektet.

Sammendrag

Målsettingen med dette delprosjektet var å finne fram til tiltak som kan begrense problemene de ansatte har med småstøt pga. med statisk elektrisitet.

Målingene viser at elektrostatiske problemer kan forebygges/begrenses ved at *ansatte i Sentralblokken bruker sko med akseptable antistategenskaper*. Ved nyinnkjøp bør det satses på sko som har bestått den testen som er benyttet i dette prosjektet.

Senger og annet rullende materiell i sentralblokken *bør "jordes" ved at minst ett hjul erstattes med antistathjul*. Ved nyanskaffelser av senger/rullende materiell bør det rutinemessig stilles krav om at alle hjul skal være antistathjul, idet merkostnadene for dette må antas å være marginale. For sengene bør det i tillegg til skifting av hjul *sørges for elektrisk kontakt mellom hjulramme og sengens øvre, bevegelige del*, ved f.eks. å forbinde disse delene med en tynn spiralfjær.

Antistattiltakene ovenfor er ment å ha effekt også ved lav fuktighet. Forsøkene viser imidlertid at virkningsgraden under spesielle omstendigheter (f.eks. når det brukes sko med marginale antistat-egenskaper) vil kunne avta ved synkende luftfuktighet. På denne bakgrunn vil det være å anbefale *at luften i sentralblokken befuktes til 30% eller mer*.

De praktiske utprøvinger i dette delprosjektet gir all grunn til å tro at en implementering av de foreslåtte tiltak vil føre til en vesentlig reduksjon i problemene med statisk elektrisitet i sentralblokken.

1. Gjennomføring av delprosjektet

1.1. Bakgrunn

Den innledende spørreundersøkelsen i Sentralblokken i mars 1993 viste at en stor del av de ansatte (ca. 50%) ofte (hver uke) hadde problemer med småstøt pga. statisk elektrisitet.

1.2. Administrasjon og forsøksdesign

Undersøkelsene ble utført i to faser hvorav fase 1 bestod av en supplerende spørreundersøkelse og en utredning av elektrostatiske forhold ved målinger i Sentralblokken og i laboratoriet.

I fase 2 ble det på bakgrunn av konklusjonene fra fase 1 foretatt utfyllende undersøkelser som ledet fram til konkrete anbefalinger om tiltak mot problemene med statisk elektrisitet.

I dette arbeidet er alle ladnings- og spenningsnivåer målt vha. en såkalt felt-mølle, som er et apparat som registrerer elektrisk feltstyrke. Ved å koble måleobjekt til en metallplate montert i en gitt avstand fra felt-møllen, kan objektets ladningstilstand bestemmes uten berøring. Avstanden mellom felt-mølle og metallplate velges slik at disses innbyrdes kapasitans er neglisjerbar.

2. Resultater fra fase 1

2.1. *Supplerende spørreundersøkelse*

Hensikten med denne var å få nærmere klarlagt hvor ofte, og hvordan, de ansatte opplevde problemer med statisk elektrisitet (spørreskjema, se vedlegg). Det ble også spurt om skobruk. Utspørringen (av ca. 120 personer) avdekket følgende:

- (a) Plager med elektriske småstøt var mer utbredt (gjaldt flere personer og opplevdes oftere) enn selv det de høye svarprosenten i den opprinnelige spørreundersøkelsen hadde signalisert.
- (b) Arbeidsoperasjoner og aktiviteter knyttet til senge-håndtering var en minst like viktig årsak til problemene som gange på gulv.
- (c) Skotypene som ble benyttet av personalet var av så mange varianter at svarene ikke entydig pekte på skofabrikata som var spesielt gunstige eller ugunstige hva angikk plager med støt.

2.2. *Målinger i sentralblokken*

- (a) Personoppladning som følge av gange på gulv i tørr luft var klart målbar og varierte både med skotype og hvor i sentralblokken en befant seg. De registrerte ladningsnivåer var imidlertid moderate sammenlignet med det en gjerne finner i miljøer med utpreget problematiske gulvbelegg.
- (b) Kroppsladningene i områder med normal (dagens) polish-behandling var stort sett lavere enn i et område som ble hevdet å ha gammel/ukurant polish.
- (c) Visse arbeidsoperasjoner knyttet til sengene, så som fjerning av plastunderlag fra oppreid seng, forårsaket høye ladninger.
- (d) Ladning forbundet med sengene kunne vedvare over lengre tid og vitnet om dårlig elektrisk kontakt mellom seng og gulv (isolerende sengehjul).

2.3. *Målinger i laboratoriet*

- (a) Måling av den elektriske ledningsevnen til et utvalg vanlige skotyper, herav noen fra Haukelandsmiljøet, ga resultater varierende fra rimelig ledende (halveringstider for kroppsladning under 1 sekund) til meget isolerende (halveringstider over 100 sek.).
- (b) Utprøving av forskjellige typer PVC-belegg i bruk i sentralblokken (herunder de to med størst utbredelse) viste at samtlige hadde rimelig god avledningsevne for kroppsladning (halveringstider under 2 sek.) så sant det ble benyttet ikke-isolerende sko og jordet underlag.
- (c) Utprøving av det mest utbredte korridor-belegget påført to av de vanligste typene polish (Electrolux 730 og 739, påført i hht. instruks fra renholdsseksjonen) viste ubetydelige forskjeller i avledningsevne sammenlignet med ubehandlet belegg.

- (d) Oppladningsforsøk med gnidning av forskjellige materialer på de polishbehandlede beleggene viste ingen vesentlige forskjeller mellom flater med og uten polish.
- (e) Det ble rigget opp en "simulert sykehusseng" bestående av et lakendecklet laboratoriebord med stålramme. Oppsettet ble isolert fra gulvet på en slik måte at "sengens" elektriske kapasitans var sammenlignbar med den til sykehussengene. Forsøk med forskjellige arbeidsoperasjoner ga følgende resultater:
- Fjerning av plastfolie plassert under lakenet forårsaket høye ladninger både på kropp og "seng" ved en relativ fuktighet (RF) på 20%.
 - Lignende forsøk 2 uker senere ved 44% RF resulterte i betydelig lavere ladninger.
 - Lignende forsøk ytterligere 4 uker senere ved ca. 20% RF resulterte overraskende i ladningsnivåer tilsvarende de etter 2 uker, og altså ikke tilsvarende de i første serie ved 20% slik en kunne vente!
- (f) - Avkledning av arbeidsfrakk fra bar overkropp kunne føre til ekstremt høye kroppsladninger. Det ble målt negative spenninger opp til -6000 volt med bomullsfrakk og positive spenninger opp til +10000 volt med bomull/polyester blandingsfrakk.
- Dersom den avtatte frakken ble kastet på "sengen", tilførtes denne en betydelig ladning av motsatt polaritet til kroppsladningen.
- (g) Det ble gjort forsøk med utlading av "sengen" ved hjelp at en løst-hengende jordledning i form av en metallkjede. Sengen ble tilført en spenning på 5000 volt og utladingstiden deretter målt både med forskjellige underlag og med forskjellige kontaktlengder for kjeden på underlaget.
- Utladning til laboratoriets eksisterende gulvbelegg (fastlimt PVC av samme kategori som i sentralblokken) resulterte i halveringstider fra 4 til 8 sekunder med kontaktlengder varierende fra hhv. 16 til 9 cm.
 - Utladning til løst-liggende PVC-belegg av ovennevnte laboratorietype resulterte i halveringstider omkring 40 sekunder med 16 cm kontaktlengde.
 - Utladning til løst-liggende PVC-belegg av den type som benyttes i sentralblokkens korridorer ga halveringstider fra 20 - 30 sekunder for flater både med og uten polish (ca. 16 cm kontaktlengde).

2.4. Konklusjoner fra måleprogrammet i fase 1

- (a) PVC-beleggene i sentralblokken synes å ha rimelig gode avledningsegenskaper både med og uten polish. (Det er imidlertid ikke gjort laboratorieforsøk med den krem av merket Zing som benyttes ved etter-polering av gulvene.)
- (b) Ved bruk av egnede sko (såler med moderat gjennomgangsmotstand) burde det normalt ikke oppstå uakseptable kroppsladninger som følge av gange på gulv i sentralblokken.

- (c) Forskjellige aktiviteter og arbeidsoperasjoner (av- og påkledning, oppreising av senger, m.m.) vil kunne skape høye ladninger. Ladningsnivået vil avhenge av en rekke mer eller mindre kontrollerbare faktorer som materialtype (i sengetøy, klær og sko), relativ fuktighet og aktivitetsnivå. Sengetøyets alder, eller eventuelt tid fra vask, spiller muligens også en rolle.
- (d) Sykehussengene er elektrisk isolert fra gulvbelegget og vil kunne bibeholde tilført ladning over forholdsvis lang tid (flere minutter).
- (e) Foreløpige forsøk tyder på at sengene kan utlades ved hjelp av en slepende jordledning.

3. Resultater fra fase 2

Utgangspunktet for fase 2 var konklusjonene fra fase 1 som tilsa at det burde satses på visse antistat-tiltak mht. sko og senger.

Når det gjaldt sko var målet å finne frem til skotyper med rimelig gode antistat-egenskaper. For sengene var målet å få avklart nytteverdien av å skifte til antistatiske hjul. Under arbeidet viste det seg ønskelig å foreta målinger med forskjellige typer bonevoks på PVC-belegget. I fase 2 ble også de to vanligste typene gulvbelegg i korridorene i underetasjen undersøkt nærmere.

Både for sko og senger ble antistat-egenskapene bestemt ved å måle utladningstiden etter oppladning til en spenning på ca. 4500 volt. Ladningsnivåene ble målt ved samme metode som beskrevet under pkt. 1.2. Utladningstid er her definert som tiden det tar for spenningen å synke fra ca. 80% til ca. 30% av startnivået. En del eksempler på slike utladninger er vist i fig 1-6.

3.1. *Utprøving av sko*

Alle sko som inngikk i undersøkelsen ble i første omgang testet ved å registrere utladningsforløpet for en forsøksperson med skoene på og stående på et elektrisk ledende og jordet underlag. På basis av disse forsøkene ble skoene rangert i tre kategorier, alt etter utladningstid: akseptable ($t < 2$ sek.), usikre (2 - 5 sek.) og uakseptable (> 5 sek.). For letthets skyld er i det følgende sko i disse respektive kategorier gitt "karakterene": "ja", "tja" og "nei". Eksempler på utladninger i de tre kategorier er vist i figurene 1, 2 og 3. Sko i den usikre kategorien vil antakelig også normalt forebygge høye kroppsladninger. En kan imidlertid ikke se bort fra at en ugunstig kombinasjon av miljøforhold som påvirker antistategenskapene (tørr luft, variasjoner i PVC-belegg, bonevoks-behandling, m.m.) kan føre til at også disse skoene vil gi en uakseptabel utladningstid.

Totalt 22 par sko i bruk ved akuttmottak og ved øre/nese/hals post 2 ble testet. Testresultatene fordelte seg slik: ja/12 par, tja/3 par og nei/7 par. De akseptable innbefattet helsesko av merkene Rohde, Vollsjo og Ecco, og de uakseptable helsesko av merket Scholl og joggesko av typene Nike og Addidas. De sko som lot seg identifisere mht. fabrikat eller modellnavn er tatt med i tabell 1. Enkeltresultatene er meddelt de respektive brukerne i sentralblokken i eget skriv.

På forespørsel ble det fra leverandørhold stilt til rådighet totalt 25 par nye helsesko for utprøving på tilsvarende måte. Tabell 1 gir en oversikt over enkeltresultatene med angivelse av skomerke og leverandør. Måleresultatene for disse nye skoene fordelte seg som følger: ja/7 par, tja/6 par og nei/12 par. Blant de akseptable forekom merkene Abeba, Eik, Rohde og Båstad, og blant de uakseptable Acoped, Birkenstock, Hovella, Goldkrone, Scholl og Lienhard. De enkelte leverandører har i separate skriv fått tilbakemelding om testresultatene for sine respektive sko.

Samlet gir disse undersøkelsene følgende omtrentlige fordeling for det utvalg sko som ble testet: 40% akseptable, 20% usikre og 40% uakseptable.

Noen av skoene i den usikre klassen ble tatt med under sengeforsøkene forskjellige steder i sentralblokken. Målingene her bekreftet at utladningstidene varierer fra sted til sted. Akuttmottaket var blant de områder som utpekte seg i uheldig retning, hvilket samsvarer med resultatene av spørreundersøkelsen. De mest ekstreme resultater, med utladningstider opp til 15 sekunder, ble imidlertid registrert i et nybonet område i korridoren i 3. etasje. Dette til tross for at PVC-belegget her utseendemessig var av samme type som på en del andre, mindre problematiske prøvesteder. (Se nærmere om dette under pkt. 3.3)

3.2. *Antistathjul på senger*

Målinger under fase 1 tydet på at forbedringer kunne oppnås ved å sørge for jording av sengene, f.eks. ved å påmontere en slepende jordledning eller ved å bytte ett eller flere hjul til antistathjul. En nærmere vurdering av innkjøpspriser og arbeidskost tilsa at det gunstigste alternativ antakelig ville være å bytte hjul, særlig hvis en kunne nøye seg med å skifte bare ett hjul pr. seng.

Forsøk med antistathjul innkjøpt fra sengeleverandøren viste at meget raske utladninger ($t < 0.1$ sek.) kunne oppnås mot jordet underlag ved utskifting av bare ett hjul. En slik rask utladning var imidlertid betinget av at det ble sørget for elektrisk kontakt mellom sengens bevegelige overdel og hjulrammen under. Dette fordi sengenes bevegelige ledd har glidelagre av isolerende plast.

Videre sengeforsøk på PVC-beleggene rundt om i sentralblokken resulterte i et spekter av utladningstider. Med unntak av det spesielle prøvestedet i korridoren i 3. etasje lå imidlertid alle registrerte måleverdier under 4 sekunder ved relativ luftfuktighet 25 - 27%, hvilket anses som akseptabelt. Dette gjaldt også akuttmottaket. Et eksempel på et sengeforsøk er vist i figur 4.

3.3. *Bonevoks*

De spesielle problemene i 3. etasje kunne tenkes å ha sin årsak i et uheldig valg av bonevoks eller boneprosedyre på det aktuelle prøvestedet. Det ble derfor, i samråd med renholdsseksjonen, gjennomført en systematisk utprøving av forskjellige kombinasjoner voksbehandling på et område i underetasjen med samme PVC-belegg som i 3. etasje. Etter nedvasking av gammel voks ble utpekte prøvefelt behandlet med kombinasjoner av vokstypene Satin, Eternum, og Electrolux nr. 730, 739 og 740. Syv kombinasjoner ble studert sammen med et prøvefelt uten voksbelegg:

Felt A: 1 x 740 + 2 x Eternum	Felt E: 3 x Satin
" B: 1 x 740 + 2 x 739	" F: 3 x 730
" C: 1 x 740 + 2 x 730	" G: 3 x 739
" D: 3 x Eternum	" H: Ubehandlet PVC

Etter en første serie målinger på prøvefeltene, ble disse bonet på nytt med en etterbehandlingsvoks av type Zing og en ny serie målinger foretatt. Dette fordi bruk av Zing er vanlig i sentralblokken på slitte belegg.

Samtlige måleresultater fra disse to forsøksseriene, som ble utført ved relativ luftfuktighet 33 - 35%, lå på et akseptabelt nivå hva angikk utladningstid. Om noe, syntes

voksbehandlingene å bedre forholdene sammenlignet med ubehandlet belegg. Et unntak var voksen Satin som kom noe dårligere ut enn de øvrige.

Boneforsøkene ga således ingen forklaring på de uvanlige utladningstidene i korridoren i 3. etasje. Et usikkerhetsmoment er den forholdsvis store forskjellen i fuktighet under de respektive forsøkene (33 - 35% RF for prøvefeltene, mot 25 - 26% i 3. etasje). Resultatene i 3. etasje skilte seg imidlertid også ut fra resultater annetsteds i sentralblokken ved tilsvarende lavt fuktighetsnivå.

Andre tenkelige forklaringer på de spesielle problemene i 3. etasje kan være at PVC-belegget på det aktuelle stedet, tross normalt utseende, har en særegen intern struktur eller en dårlig vedheft til betonggulvet under. Disse forhold er ikke undersøkt nærmere.

3.4. Gulvbelegg i underetasjen

I henhold til planen har undersøkelsen av gulvenes elektrostatiske egenskaper vært konsentrert om de typer PVC-belegg som forekommer i sentralblokken i områder der spørreundersøkelsen hadde avdekket særlige problemer. Av utseende er disse belegg meget forskjellige fra de en finner i hovedkorridorene i underetasjen, der mye sengetransport foregår. Det ble derfor tatt med en serie forsøk i disse korridorene på de to typer belegg som var mest utbredt her. De to kan beskrives som (a) et grønt banebelegg med knudret overflate og (b) et grågrønt flisebelegg med glatt overflate.

Målinger både med sko av antistatttype og med en seng påmontert et antistathjul avdekket at begge belegg var meget isolerende, med utladningstider over 100 sekunder ved luftfuktighet 27 - 33%. Disse resultater gjelder imidlertid bare for stillestående seng og sko. Det viste seg nemlig for begge beleggs vedkommende at høye kroppsladninger raskt ble redusert til under 300-400 volt dersom sko eller seng var i bevegelse på underlaget. Eksempler på dette er vist i figurene 5 og 6. En avsluttende serie målinger i problemområdet i 3. etasje viste at tilsvarende reduksjoner i utladningstid kunne oppnås der dersom sko og seng var i bevegelse.

De observerte forskjeller i utladningsforløp for stasjonære og bevegde objekter kan forklares på teoretisk grunnlag, men det vil føre for langt å komme inn på dette her. Det kan imidlertid trekkes den konklusjon at så sant personer og senger er i bevegelse og det brukes antistatsko resp. antistathjul, vil ladningsnivåene kunne holde seg på et moderat nivå selv i områder med problebbelegg.

4. Konklusjoner med anbefalinger

4.1. *Sko*

For å forebygge elektrostatiske problemer *bør ansatte i sentralblokken bruke sko med akseptable antistategenskaper*. Ved nykjøp bør det satses på sko som i hht. tabell 1 har bestått testen som her er benyttet. Når det gjelder sko som er i bruk og som er påvist å tilhøre den usikre klassen, kan det være et alternativ å benytte disse fortsatt, i håp om at antistattiltak for sengene løser problemene. Hvis så ikke skjer, bør det satses på utskifting også av sko av denne kategori.

4.2. *Senger*

Sengene i sentralblokken *bør "jordes" ved at minst ett hjul erstattes med antistathjul*. Dersom prisen kan aksepteres kan med fordel to, eller evt. alle fire hjul byttes ut. Ved nyanskaffelser av senger bør det rutinemessig stilles krav om at alle hjul skal være antistathjul, idet merkostnadene for dette må antas å være marginale. (Disse anbefalinger om bytte til antistathjul gjelder i og for seg alt rullende materiell ved sykehuset.)

I tillegg til skifting av hjul *bør det sørges for elektrisk kontakt mellom hjulramme og sengens øvre, bevegelige del*. Dette kan f.eks. oppnås ved å forbinde disse med en tynn spiralfjær. En slik kobling skal sikre at ladninger som tilføres madrass/overseng ved skifte av sengetøy o.l., raskt ledes til gulvet via bunnramme og antistathjul.

4.3. *Luftfuktighet*

Antistattiltakene ovenfor er ment å ha effekt også ved lav fuktighet. Forsøkene viser imidlertid at virkningsgraden under spesielle omstendigheter (f.eks. når det brukes sko av "usikker" kategori) vil kunne avta ved synkende luftfuktighet. På denne bakgrunn vil det være å anbefale *at luften i sentralblokken befuktes til 30% eller mer*.

4.4. *Belegg i underetasjen*

De to hovedtyper belegg i korridorene i underetasjen er elektrisk isolerende og burde således i prinsippet erstattes med mer egnede belegg dersom en skal sikre seg mot statisk elektrisitet. Tatt i betraktning kostnadene ved dette og måleresultatene med bevegelige objekter vil det riktige antakelig være å stille en slik utskifting i bero til beleggene evt. skal skiftes av andre grunner. Det er et poeng her at det hovedsaklig er snakk om gjennomgangstrafikk og transport av senger i de aktuelle korridorene. Skulle det forekomme sengebehandling eller andre stasjonære personaktiviteter på belegg av disse to typer, vil en måtte regne med elektrostatiske problemer med mindre spesielle mottiltak settes inn.

4.5. *Sluttkommentarer*

De praktiske utprøvinger som har inngått i dette delprosjektet har lagt et godt faglig grunnlag for å anbefale de tiltak som her er beskrevet. Det er all grunn til å tro at en implementering av disse vil føre til en vesentlig reduksjon i problemene med statisk elektrisitet i sentralblokken.

Det bør imidlertid legges til at ikke alle rapporterte problemer med statisk elektrisitet i Haukelandsmiljøet er fanget opp av dette delprosjektet. Således har det ikke vært fokusert på annet rullende materiell enn senger, eller på spesielle aktiviteter knyttet til de tekniske tjenestene som sengeoppredning, vask av arbeidstøy, m.m.

Med det grunnarbeid som er gjort skulle imidlertid forholdene ligge vel til rette for å utrede og takle også slike spesielle problemer dersom behovet skulle oppstå.

Vedlegg 1

Tabeller og figurer

I det følgende gis tabell- og figurtekster først og tilhørende tabell og figurer deretter.

- Tabell 1. Resultater av skotester mot jordet underlag. Tester utført høsten 1994.
- Figur 1. Sko med akseptabel utladningstid. En forsøksperson med testskoene på og stående på isolerende plate tilføres en kroppsspenning på vel 4500 volt. Den ene foten plasseres så på jordet underlag.
- Figur 2. Forsøk som i fig.1, men for sko med usikker utladningstid.
- Figur 3. Forsøk som i fig.1, men for sko med uakseptabel utladningstid.
- Figur 4. En seng påmontert et antistathjul, men isolert fra gulv, tilføres en spenning på 4500 volt. Sengen forflyttes så til antistathjulet havner på PVC-belegget.
- Figur 5. En forsøksperson med akseptable sko, stående på isolerende gulvbelegg, tilføres en spenning på 4500 volt. Etter først å stå i ro, setter personen seg i bevegelse på det isolerende belegget.
- Figur. 6. Forsøk tilsvarende fig. 5, men for seng med ett antistathjul.

Tabell 1. Utpøving av helsesko med sikte på antistategenskaper ved bruk i Sentralblokken, Haukeland sykehus. Klassifisering i henhold til målt utladningstid mot jordet underlag.

<u>Betegnelse</u>	<u>Utladningstid</u>	<u>Antistateffekt</u>
Ja	< 2 sek.	akseptabel
Tja	2 - 5 sek.	usikker
Nei	> 5 sek.	uakseptabel

<u>Leverandør/nye sko</u>	<u>Skomerke, modell/(nr.)</u>	<u>Resultat</u>
AS Sykeartikler	Båstad Original/(7810)	Ja
	Eik Antistat/(250A)	Ja
	" " /(260)	Ja
	Rohde Naturana/(1516)	Ja
	Rohde Softana/(1955)	Ja
	Ara Fitness/(36105)	Tja
	Cedersko Cederflex/(90101)	Tja
	Cloud's G12	Tja
	Romika Purisoft/(47273)	Tja
	Birkenstock BirkoFlor/(33733)	Nei
	Goldkrone Aerosan/(0616)	Nei
	Hovella Flexiform/(200)	Nei
	Lienhard/(6722-24)	Nei
	Scholl Backguard/(2622)	Nei
Scholl Nature/(2201)	Nei	
HMS-tjenesten/Hauk.S. (AS Sykeartikler)	Rohde Naturform	Ja
	Romika Purisoft	Tja
	Lienhard	Nei
Skoringen	Acoped/(413)	Tja
	" " /(411)	Nei
	" " /(412)	Nei
	" " /(419)	Nei
	" " /(422)	Nei
Bergen Medikal	Abeba	Ja
AS Helsebutikken	Birkenstock /(L9M7)	Nei
Sko i bruk v/Haukeland S.	Ecco	Ja
	Rohde	Ja
	Sanipur	Ja
	Vollsjø	Ja
	Scholl	Nei
	Addidas (jogg)	Nei
Nike (jogg)	Nei	

Fig. 1

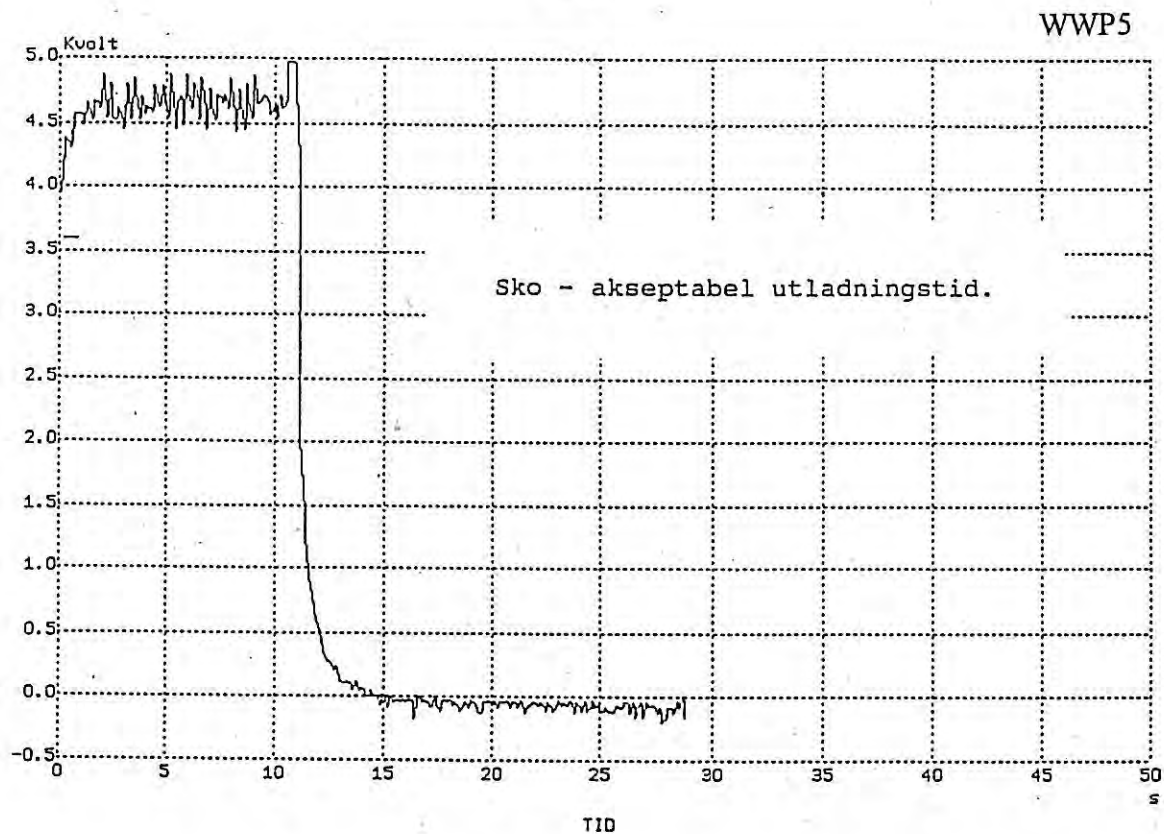


Fig. 2

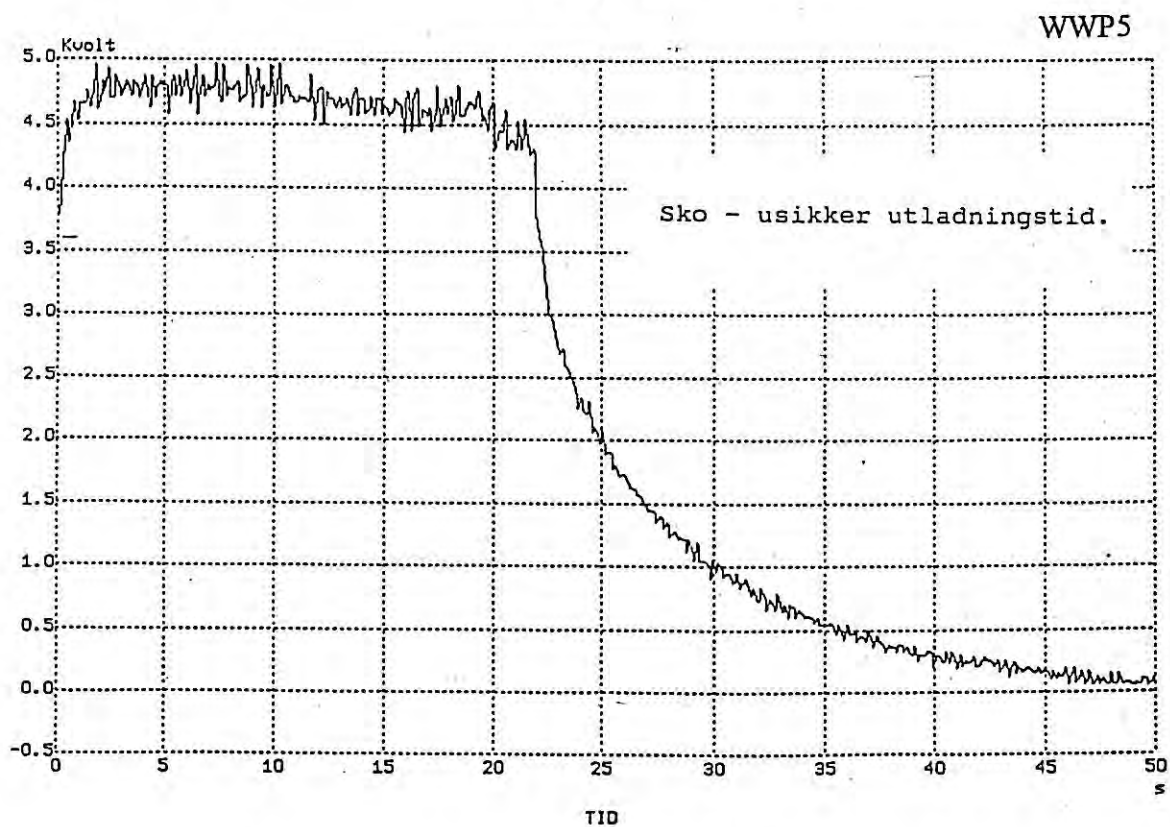


Fig. 3

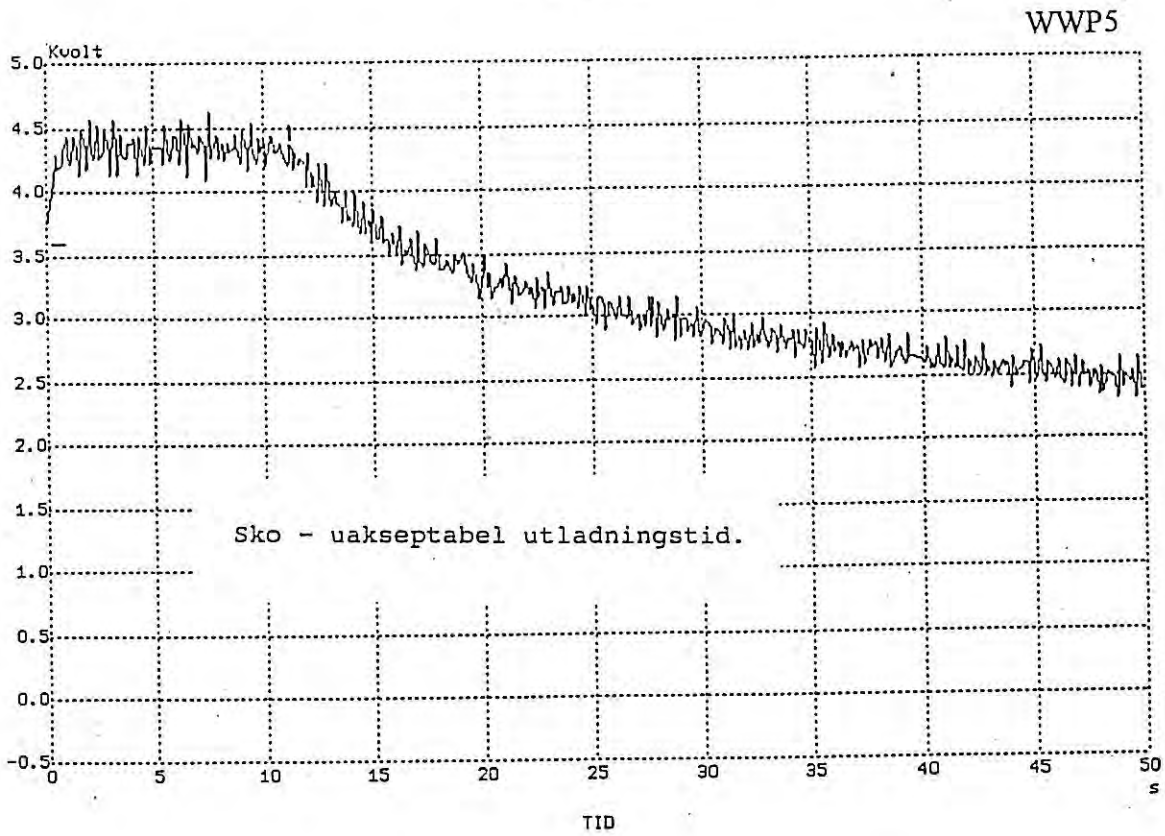


Fig. 4

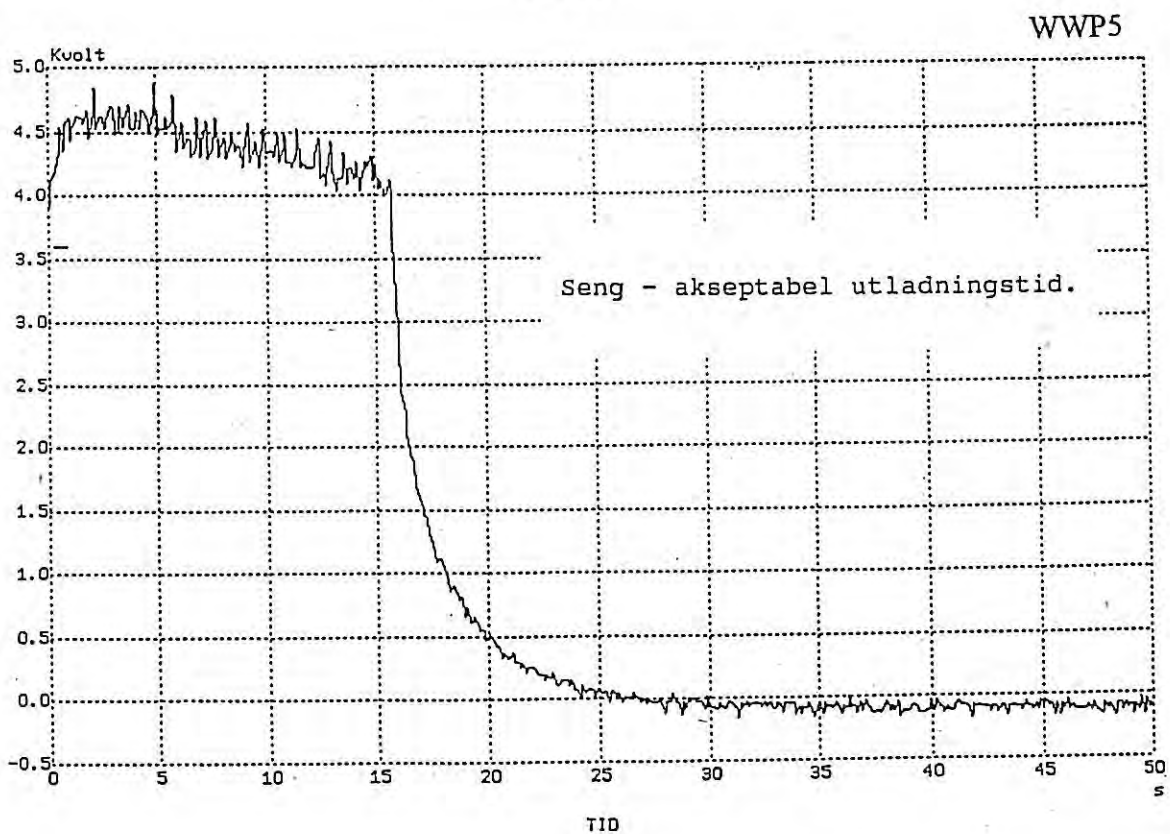


Fig. 5

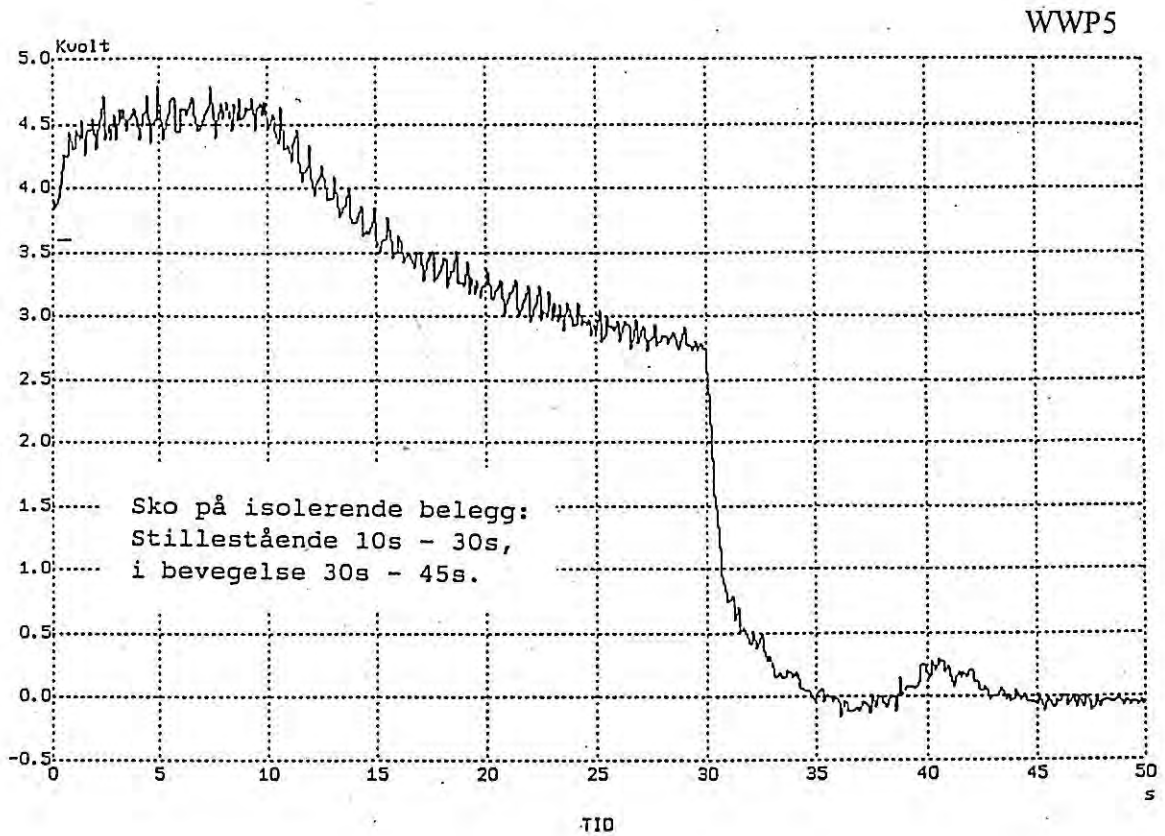


Fig. 6

