

**“Innemiljø i skolebygg”
Samlerapport
Rapport RF-97/036**

Vår referanse: 714/593580	Forfatter(e): Myhrvold A.N., Olsen E. og Lauridsen Ø.	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 28. 02 1997
Ant. sider: 64 + eget vedlegg	Faglig kvalitetssikrer: Arne Jarl Ringstad	Gradering: Konfidensiell/Åpen
ISBN: 82-7220-xxx-x	Oppdragsgiver(e): Oppland fylkeskommune, Vest-Agder fylkeskommune og Hå kommune	Åpen fra (dato): 05. 03. 1997
Forskningsprogram: NFR-prod.utv. /forsøksbygg + inneklima/helse	Prosjektittel: Innemiljø i skolebygg	

Emne:

Denne rapporten beskriver endringer i fysisk miljø, elevenes helse, prestasjon og trivsel som et resultat av rehabiliteringstiltak, sett i forhold til kontrollskoler.

Rapporten omfatter resultater fra spørreskjemaundersøkelser og prestasjonsundersøkelser av elevene, fysiske undersøkelser av klasserom, samt bygningstekniske og driftsmessige vurderinger av skolebyggene ut fra kvalifisert skjønn.

Emne-ord:

innemiljø, prestasjon, helse, CO₂, temperatur, trivsel, rehabilitering

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

Prosjektleder
Anne Næss Myhrvold

for RF - Miljø og næringsutvikling
Kåre Netland

Innhold

Sammendrag	i
Forord	1
Symbolliste - ordforklaringer	2
1 INNLEDNING	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Rapportens struktur og avgrensinger	3
2 PROSJEKTETS MÅLSETNINGER	5
3 METODE	6
3.1 Metodedesign	6
3.2 Måleobjekter	7
3.3 Metode: Helse, trivsel og prestasjon	7
3.4 Metode: Fysiske målinger	9
3.4.1 Måleutstyr	9
3.4.2 Analysegrunnlag	10
3.5 Metode: Kvalifisert skjønn modell for skoler	11
3.6 Statistisk analyseredskap	13
4 BESKRIVELSE AV REHABILITERINGSTILTAKENE	14
4.1 Tranberg videregående skole	14
4.2 Bø barneskole	14
4.3 Kvadraturen 3. etg	15
4.4 Lillehammer videregående skole	15
4.5 Nærbø ungdomsskole	16
4.6 Vågsbygd videregående skole	16
5 RESULTATER	18
5.1 Hovedtrekk fysiske målinger	18
5.1.1 Personbelastning	20
5.1.2 Luftskifte	20
5.1.3 CO ₂ -konsentrasjon	21
5.1.4 Sammenheng mellom luftskifte, personbelastning og CO ₂ - konsentrasjon	22
5.1.5 Relativ luftfuktighet	25

5.1.6	Temperaturforhold	25
5.1.6.1	Utetemperatur og "værforhold"	25
5.1.6.2	Tilluftstemperatur	26
5.1.6.3	Romtemperatur	26
5.1.6.4	Gulvtemperatur	27
5.1.6.5	Temperaturgradient	27
5.1.7	Termisk komfort	28
5.2	Hovedtrekk helsesyntomer	29
5.2.1	Opplevelse av egen helse siste 3 måneder (spørreskjema)	29
5.2.2	Opplevelse av egen helse "her og nå" (SPES)	30
5.3	Hovedtrekk arbeidsmiljø og sosialt miljø	33
5.3.1	Arbeidsmiljø	33
5.3.2	Sosialt miljø	35
5.4	Hovedtrekk prestasjonsforhold	36
5.5	Undersøkelser av helse, arbeidsmiljø og prestasjon for gruppen av elever fulgt på individnivå	40
6	SAMMENHENG MELLOM HELSE, ARBEIDSMILJØ, PRESTASJON OG FYSISKE FORHOLD	41
7	VURDERING AV PROSJEKTETS DESIGN OG METODEVERKTØY	43
7.1	Vurdering av prosjektets design	43
7.2	Vurdering av prosjektets metodeverktøy	45
7.2.1	Fysiske måleinstrumenter	45
7.2.2	Spørreskjema og selvrapporteringsskjema	45
7.2.3	Prestasjonstest (SPES)	46
7.2.4	Kvalifisert Skjønn Modellen (KSM)	46
7.2.4.1	Samsvar mellom KSM og fysiske målinger	46
7.2.4.2	Samsvar mellom KSM og helse/arbeidsmiljø	47
7.2.4.3	Totalvurdering av KSM	48
8	DISKUSJON	51
9	KONKLUSJON	55
10	"VEILEDEREN" - HVORDAN OPPNÅ GODT INNEMILJØ I SKOLEBYGG	56
11	REFERANSER	57

VEDLEGG FORELIGGER I EGET HEFTE

Sammendrag

Mål, organisering og metode:

Denne rapporten bygger på resultater fra til sammen 35 skoleklasser og ca. 920 elever fordelt på 8 skoler.

- Prosjektets hovedmål har vært å kartlegge kvaliteten av innemiljø i skoler, elevenes funksjonsevne og elevenes opplevelse av egen helse før og etter rehabilitering av skoler med dårlig innemiljø.
- Prosjektet har vært organisert med en styringsgruppe bestående av byggherrene; Hå kommune, Vest-Agder fylkeskommune og Oppland fylkeskommune. RF-Rogalandsforskning har utført forskningsdelen av prosjektet og en referansegruppe har vært knyttet til prosjektet.
- Prosjektet er finansiert av Statens Helsetilsyn, Norges forskningsråd ved programmene: "Produktutvikling og forsøksbygging" og "Inneklima og helse", Norsk Lærerlag og byggherrene, samt RF-Rogalandsforskning.
- Undersøkelsene omfattet elevbesvarelser av spørreskjema om helse og arbeidsmiljø og om det sosiale klimaet i klassen. Videre utførte elevene en prestasjonstest på PC hvor konsentrasjon, reaksjonstid og årvåkenhet ble målt. Det fysiske innemiljøet i klasserommene ble registrert, dette inkluderte målinger av bl.a. temperaturforhold, luftmengde, luftfuktighet, CO₂-konsentrasjoner, flyktige organiske forbindelser og termisk komfort.
- De skolene som inngår i prosjektet er inndelt i to grupper utfra forskjellig tid for ferdigstilling av rehabilitering, samt ut fra ønske om noe endret oppsett for kartlegging i siste gruppe:
 - Gruppe 1:** førttest vinteren 93/94, rehabilitert og ettertest vinteren 95
 - Gruppe 2:** førttest vinteren 95, rehabilitert og ettertest vinteren 96
- Klasserommene er inndelt i tre kategorier:
 - Eksperimentklasserom (rehabiliterte)
 - Kontroll klasserom med antatt "godt" innemiljø
 - Kontroll klasserom med antatt "dårlig" innemiljø

Resultater:

Prosjektet har tatt for seg mye upløyd mark. Og selv om man har antatt sammenheng mellom helse, prestasjon og fysiske inneklimaforhold, er dette første gang det er gjennomført en omfattende metodisk undersøkelse for å dokumentere slike sammenhenger. Prosjektets resultater gir mange svar, men stiller også mange spørsmål

- Resultatene viser gode fysiske forhold i ettertest ved de rehabiliterte skolene. Dette gjelder spesielt CO₂-konsentrasjoner og luftskifte.

- Temperaturforholdene viser enkelte signifikante endringer fra før- til ettertest, men det er her snakk om svært små endringer, ofte ± 1 °C. Temperaturforholdene i eksperimentrommene har til dels blitt bedre, noe som gjenspeiles i bedre temperaturgradienter.
- Det er klare forbedringer i opplevelsen av egen helse, arbeidsmiljø og i prestasjon hos elevene i eksperimentklassene i Gruppe 1 etter rehabilitering. Forbedringene er derimot ikke like klare for eksperimentklassene i Gruppe 2.

Når det gjelder hvilke sammenhenger som finnes mellom de ulike parametrene i innemiljøet viser resultatene at

- elevene opplever økte allmenne helseplager “her og nå” ved høyere CO₂-konsentrasjon, og ved høyere romtemperatur.
- elevene opplever økte allmenne helseplager “her og nå” ved både for lave og for høye gulvtemperaturer, minst grad av helseplager “her og nå” oppleves ved gulvtemperaturer fra ca. 17,5 til 19 °C.
- elevene opplever også økte helseplager “her og nå” både ved for kald og for varm termisk komfort. Lavest grad av plage fremkommer ved PMV-verdi fra 0,0 - ca. 0,2.
- elever som opplever sitt fysiske arbeidsmiljø som dårlig rapporterer også mer/flere helseplager. Vi finner og en klar sammenheng mellom mange/intense allmennsymptomer “her og nå” og mange/intense allmennsymptomer siste 3 måneder.
- elevene presterer dårligere ved høyere CO₂-konsentrasjon. Men her er det en klar kjønnsforskjell: Jentene presterer signifikant dårligere ved høy CO₂-konsentrasjon, mens effekten ikke er signifikant for guttene alene.
- elevene presterer dårligere ved dårlig termisk komfort (PMV og PPD verdier). Igjen er det jentenes prestasjon som blir mest påvirket, men vi finner også at guttene presterer signifikant dårligere ved dårlig termisk komfort. Elevenes prestasjon blir dårligere både ved for kald og for varm termisk komfort. Det beste prestasjonsresultatet fremkommer ved PMV-verdi fra 0,0 til ca. 0,2.
- prestasjon samvarierer med opplevelse av egen helse, økte helseplager “her og nå” gir dårligere prestasjon. Videre viser resultatene negativ sammenheng mellom prestasjon og opplevelse av trekk/kulde.
- elevenes opplevelse av plager med det fysiske arbeidsmiljøet slik som “dårlig luft/for varmt” øker ved økte CO₂-konsentrasjoner, og tilsvarende ved høyere romtemperatur/gulvtemperaturer.

Vurderingssystemet “Kvalifisert skjønn modellen” (KSM) er benyttet i prosjektet for å vurdere parametre og forhold som er særlig viktige for kvaliteten på innemiljøet i skoler:

- Sammenligninger av resultatene i prosjektet med KSM-skårene viser at kvalifisert skjønn er en egnet metode for å vurdere enkelte aspekter ved innemiljøet i skoler.
- Imidlertid viser undersøkelsene at modellen bør endre kriteriene for sluttgraderingen av skolens totale inneklima. KSM-graderingen av det totale inneklimaet ved skolene (“godt”, “akseptabelt”, “tvilsomt/dårlig” og “dårlig/meget dårlig” inneklima) samsvarer hverken med prosjektets kategorier (“godt” og “dårlig” inneklima) eller med forventninger etter omfattende rehabiliteringer. For eksempel viser undersøkelsene våre at alle de tre rehabiliterte skolene i Gruppe 2 vil ut fra KSM karakteriseres med “tvilsomt/dårlig” inneklima etter rehabilitering.

Nødvendig ventilasjonsbehov ved personbelastning:

- **Resultatene i prosjektet viser at forurensning fra personer betinger en luftmengde på 9 l/s pr. person, for å komme under Helsetilsynets anbefaling om en CO₂-konsentrasjon på maksimum 1000 ppm i undervisningstiden.**

Erfaringer fra prosjektet har resultert i en egen veiledning for rehabilitering av skolebygg. “Veilederen” er utviklet på bakgrunn av byggherrenes erfaringer i prosjektet, samt prosjektets forskningsresultater og vil være et hjelpemiddel for andre beslutningstakere, planleggere og utførende i byggeprosessen.

Forord

RF-Rogalandforskning utførte forprosjektet “Innemiljøeffekter ved skolerehabilitering” i 1993 for Hå kommune, Vest-Agder fylkeskommune og Oppland fylkeskommune. På bakgrunn av forprosjektet ble “Innemiljø i skolebygg” startet høsten 1993.

Prosjektets hovedmål har vært å kartlegge kvaliteten av innemiljø i skoler, elevenes funksjonsevne og elevenes opplevelse av egen helse før og etter rehabilitering av skoler med dårlig innemiljø.

Prosjektet “Innemiljø i skolebygg” har vært organisert ved en styringsgruppe, RF-Rogalandforskning og en referanse gruppe. NORUT Teknologi as utførte de fysiske undersøkelsene i 1994 og i 1995.

Styringsgruppen har bestått av følgende:

Roy Hoel, Vest-Agder fylkeskommune

Håkon Kleiven, Oppland fylkeskommune, styringsgruppens leder

Olav Lindal, Hå kommune

Kjell Aas, Voksentoppen senter (fra sommeren 1994 til høsten 1995)

Referansegruppen har bestått av følgende:

Gaute Flatheim, Flatheim as

Knut Inge Fostervold, Psykologisk institutt UiO

Jan Fredrik Kvendbø, Miljørettet helsevern Trondheim kommune

Finn Levy, MYMUS Klinikk for forebyggende medisin, Ullevål sykehus

Anker Nielsen, Integrert Bygningsteknologi, Sivilingeniørutdanningen i Narvik

Kjell Aas, Voksentoppen senter

Ved RF-Rogalandforskning har følgende deltatt i prosjektet:

Inger-Lisa Andersen, inntasting av data

Åshild Finnestad, feltarbeid

Svein Gloslie, arbeidet med “Veilederen”

Rune Hult, feltarbeid

Øyvind Lauridsen, hovedansvarlig dataanalyser

Anne Næss Myhrvold, prosjektleder, feltarbeid, dataanalyser

Ernst Olsen, NORUT Teknologi/RF, feltarbeid, dataanalyser, “Veilederen”

Arne Jarl Ringstad, kvalitetssikrer

Sven Stokka, prosjektinitierer, feltarbeid

og fra NORUT Teknologi Svein Erik Sveen.

Takk til Statens Helsetilsyn, Norges forskningsråd, Norsk Lærerlag og byggherrene for finansiering av prosjektet.

Takk for samarbeidet !!

Anne Næss Myhrvold

Ernst Olsen

Øyvind Lauridsen

Symbolliste - ordforklaringer

EU7/EU8	Betegnelsen på filterkvalitet etter CEN EN779. Høyere filterbetegnelse angir en bedre utskillelse av partikler.
CO ₂	Karbondioksid
Cronbachs alpha	Et mål på styrken i sammenhengen mellom parametre som inngår i en indeks. Ved perfekt samsvar er alfa=1.
KSM	Kvalifisert skjønn modell
Loddenhetsfaktor	Loddenhetsfaktor er definert som arealet av lodne flater delt på volumet av det aktuelle rommet m ² /m ³ . I klasserom vurderes loddenhetsfaktor ut fra hvor mange flater/tekstiler som kan samle støv.
Luftskifte	Et mål på hvor mange ganger luften i rommet blir skiftet ut, i løpet av en time. Romvolum multiplisert med luftskifte gir luftmengde tilført rommet i m ³ /h.
Nonekvivalent	ikke tilfeldig
PMV	“Predicted Mean Vote”. Forventet middelvurdering av termiske forhold.
PPD	“Predicted Percentage of Dissatisfied”. Kvantitativt anslag på forventet prosentdel misfornøyde av en større gruppe personer ut fra de termiske forhold.
ppm	“Parts per million” eller 10 ⁻⁶ m ³ gass/ m ³ luft.
SD-styring	Styring med sentral driftskontroll.
SPES	“Swedish Performance Evaluation System”. Reaksjonstidstest benyttet i prosjektet for å måle elevenes reaksjonstid og årvåkenhet.
SPSS	Programvare for statistiske analyser.
Termisk komfort	Termisk komfort vil si at kroppen er i varmebalanse med de termiske parameter som har innflytelse på kroppen ut fra aktivitet og bekleddning.
Temperaturgradient	Differansen mellom rom- og gulvtemperatur.
Tettboddhet	Netto gulvareal m ² pr. elev.
TVOC	“Totale amount of volatile organic compounds”. Total mengde flyktige organiske komponenter.
U-verdi	Varmegjennomgangskoeffisient. Den varmestrømstetthet (W/m ²) som passerer bygningsdelen når temperaturforskjellen over den er 1 °C. Betegnelse [W/m ² K]
VOC	“Volatile organic compounds”. Flyktige organiske komponenter.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Innemiljøproblemer i skoler har fått mye omtale i media de siste årene. En betydelig økning i astma- og allergiplager gjennom de siste tiårene vekker bekymring, og stadig flere setter denne utviklingen i sammenheng med blant annet innemiljøproblemer i bolig, barnehage og skoler. 40 % av barn og unge har eller har hatt allergi eller overfølsomhet i en eller annen form, og 8-12 % har eller har hatt astma [1]. Helsetilsynet fikk i 1993 utført en konsekvensanalyse av handlingsplanen "Godt inneklima i Norge" [2], hvor det anslås kostnader på 430 millioner kroner årlig til behandling og medisinerings av inneklimate relaterede luftveissykdommer, i tillegg kommer tappt arbeidsinnsats og andre omkostninger [3].

Et dårlig innemiljø vil kunne bidra til økt tendens til infeksjoner i luftveiene og til en rekke plager som gjerne sammenfattes under betegnelsen "inneklimasymptomer". Inneklimasymptomer eller "sick building syndroms" referer til uspesifikke plager som rapporteres i høyt antall fra brukere i bygget. Plagene forsvinner ved lengre opphold borte fra bygget, noe som tilsier at plagene er relatert til bygget. Symptomene inkluderer irritasjon i øyne, nese og hals, tørr hud, uttalt tretthet, hodepine, rennende nese o.l. [4].

I tillegg til ulike helseplager vil et dårlig innemiljø kunne redusere yteevne og konsentrasjon. Det har vært forsket relativt lite på dette området inntil nylig, derfor har debatten ofte vært preget av mye "syensing" og lite fakta. Wyon [5] har i sine arbeider blant annet vist sammenheng mellom høy temperatur, bråk og dårlig kreativitet blant skolebarn.

Generelt sett er ventilasjonen i skoler langt under normene, og i følge en litteraturstudie utført av Sundell [6] er det foreløpig ingen studier som viser helseeffekten av dette. En undersøkelse fra 1994 vedrørende SBS og astmasymptomer sett i forhold til inneluftkvalitet i svenske skoler er nylig publisert [7]. Noen resultatene fra denne undersøkelsen diskuteres i kap. 7

I 1993 ble forprosjektet "Innemiljøeffekter ved skolerehabilitering" [8] gjennomført ved RF for Hå kommune, Vest-Agder og Oppland fylkeskommuner. Prosjektet ble gjennomført med støtte av NFR - Produktutvikling og Forsøksbygging. Forprosjektets mandat var å planlegge et hovedprosjekt som skulle frembringe kriterier for rehabilitering av skoler som vil sikre et best mulig innemiljø. På bakgrunn av dette ble prosjektet "Innemiljø i skolebygg" startet.

1.2 Rapportens struktur og avgrensinger

Skolene i "Innemiljø i skolebygg" er inndelt i to grupper utfra forskjellig tid for ferdigstilling av rehabilitering, samt utfra ønske om noe endret oppsett for

kartleggingen. Den første gruppen (Gruppe 1) ble undersøkt før rehabilitering vinteren 1993/1994, deretter rehabilitert og undersøkt igjen vinteren 1995. Den andre gruppen (Gruppe 2) ble undersøkt før rehabilitering vinteren 1995, så rehabilitert og deretter undersøkt igjen vinteren 1996.

Denne rapporten omhandler resultater for Gruppe 1 og for Gruppe 2, og samlet for begge gruppene. Resultater for de enkelte skolene i hver av gruppene foreligger i egne rapporter [9, 10].

I rapporten er prosjektets målsetning og arbeidshypotese beskrevet i kapittel 2. Deretter beskriver vi metoder benyttet i prosjektet (kap. 3). Kapittel 4 gir en kort oversikt over de rehabiliteringstiltakene foretatt ved eksperimentskolene. I kapittel 5 presenteres resultatene fra undersøkelsen. Deretter i kapittel 6 vises sammenhenger mellom fysiske data, elevenes opplevelse av helse, trivsel og prestasjon. Så i kapittel 7 følger en vurdering av metodedesignet og metodeverktøyet, samt en vurdering av kvalifisert skjønn modellen (KSM). I kapittel 8 diskuterer vi funnene og setter dette i sammenheng med andre undersøkelser, før vi konkluderer i kapittel 9. En kort beskrivelse av "Veilederen" som er utviklet på bakgrunn av byggherrenes erfaringer i prosjektet, er gitt i kapittel 10. Vedlegg foreligger i eget hefte.

Prosjektet har samlet inn store mengde data som kan analyseres på et utall måter. Derfor var det nødvendig å foreta avgrensninger. Vi har valgt å se på endringer fra før til ettertest for de fleste parametrene, dette for å se effekter av rehabiliteringen og samtidig kontrollere for andre forhold. Analysene har vi utført for de to gruppene av skoler i prosjektet hver for seg og samlet. Videre har vi undersøkt kun de elevene som har vært med i både før og ettertest og som vi kan følge på individnivå. Deretter har vi valgt å se på hvilke sammenhenger vi finner mellom et utvalg av de ulike parametrene/forholdene i innemiljøet. Her er det neste uendelig mange mulige sammenhenger som kan undersøkes, men vi har tatt utgangspunkt i noen medisinske, bygningsmessige og allmenne "forventninger". Forhold som denne rapporten ikke omhandler er f. eks. hvorvidt astmatiker, allergiker og andre overfølsomme opplever endret helseplager og livskvalitet mellom testene. Videre hvilke fysiske forhold som spesielt påvirker astmatiker og allergikere. Rapporten omhandler heller ikke i særlig grad forhold knyttet opp til drift og renhold av skolebyggene.

2 Prosjektets målsetninger

Prosjektet "Innemiljø i skolebygg" er et forskningsprosjekt knyttet til et rehabiliteringsprogram for skoler med dårlig innemiljø. Prosjektets hovedmål er å kartlegge kvaliteten av innemiljø i skoler og knytte dette til elevenes helsetilstand og funksjonsevne **før** og **etter** rehabilitering av skolene.

Prosjektets delmål:

- fremskaffe dokumentasjon av validiteten i det skjønn som tradisjonelt gir klassifiseringen godt/dårlig innemiljø
- utarbeide faglige kriterier for vurderingen av innemiljø som kan sikre at rehabilitering av skoler gir innemiljø av ønsket kvalitet
- fremskaffe økonomiske beregninger av kost/nytte effekten av rehabiliteringstiltak
- koordinere forskningsinnsatsen og tverrfaglig samarbeid vedrørende innemiljø gjennom å involvere sentrale ressurspersoner i prosjektets ulike faser
- samle data og erfaringer som kan danne grunnlagsmateriale for fremtidig veiledning i bygningstekniske og driftsmessige forhold

Prosjektets arbeidshypotese [11] er:

Innemiljøet i skolen former elevers (og ansattes) helse, trivsel og effektivitet (prestasjonsevne). I skoler med dårlig innemiljø er det mulig å oppnå et godt innemiljø gjennom rehabilitering og gode driftsrutiner. Et godt innemiljø karakteriseres ved at det gir gode rammebetingelser for helse, trivsel og prestasjon.

3 Metode

Da prosjektet startet var det lite metodeverktøy som var standardisert for undersøkelse av innemiljøet i skoler. Dette medførte bruk av metodeverktøy som måtte tilpasses prosjektets måleobjekter.

Reaksjonstidstesten SPES var f. eks. ikke validert for innemiljøundersøkelser. Enkelte metoder ville i dag ikke blitt valgt ut fra ny viten som f. eks. målinger av total mengde flyktige organiske forbindelser (se Kap. 3.4). Prosjektet kan ut fra et metodesynspunkt sees på som et pilotprosjekt.

Metodedesign og metodeverktøy som ble valgt for prosjektet, ble vurdert i forprosjektrapporten [8]. Evaluering av de samme forhold er utført nå i etterkant også (Kap. 7).

3.1 Metodedesign

Prosjektet er et kvasiekperiment, med et nonekvivalent kontroll gruppe design etter modell av et modifisert “Solomons firegruppe design” [12]. Dette gir en før-etter undersøkelse for både eksperiment og kontroll klasser, i tillegg har designet et sett klasser for kontroll av testoppsettet og for elevenes biologisk modning. Sistnevnte klasser testes kun i ettertest.

I prosjektet er det totalt 8 skoler med til sammen 35 skoleklasser og ca. 920 elever som deltar, hvor ca. 60 av elevene inngår både i Gruppe 1 og i Gruppe 2.

Objektene som inngår i prosjektet er inndelt i følgende kategorier:

- **Eksperiment:** klasserom med “dårlig” innemiljø, hvor det gjennomføres rehabilitering
- **Kontroll “god”:** klasserom med “godt” innemiljø, hvor det ikke gjennomføres rehabilitering
- **Kontroll “dårlig”:** klasserom med “dårlig” innemiljø, hvor det ikke gjennomføres rehabilitering

Kontrollene er som vist delt inn i “godt” og “dårlig” ut fra muligheten til å kontrollere for effekten av rehabiliteringen både mot skoler med antatt godt innemiljø og mot skoler med antatt dårlig innemiljø.

Ut fra et skjønnsmessig grunnlag har hver av brukerne valgt skoler/klasserom i de tre kategoriene.

3.2 Måleobjekter

Gruppe 1: Utvalget i Gruppe 1 består av skoler med antatt dårlig innelima og stort behov for rehabilitering, og skoler med antatt bra innelima.

Feltperiodene er gjennomført i november 1993 + februar - mars 1994 og igjen i februar/mars 1995 (måleperioden er gitt i Vedlegg A).

Undersøkelsene i Gruppe 1 omfattet totalt 19 klasser fordelt på 6 skoler (Vedlegg B). Totalt deltok ca. 470 elever i Gruppe 1.

- Eksperiment: Tranberg videregående skole, Bø skole og Kvadraturen videregående skole (3 etg.).
- Kontroll "god": Varhaug ungdomsskole, Brandbu videregående skole og Kvadraturen videregående skole (4 etg.)
- Kontroll "dårlig": Lillehammer videregående skole.

Gruppe 2: I gruppe 2 inngår skoler med antatt store forskjeller mellom godt og dårlig innemiljø.

Feltundersøkelsen for disse skolene startet med førtest i mars 1995, og ettertest i mars 1996 (måleperioden er gitt i Vedlegg A).

I Gruppe 2 omfattet undersøkelsene totalt 18 klasser fordelt på 4 skoler (Vedlegg B). Totalt deltok ca. 450 elever i Gruppe 2.

- Eksperiment: Vågsbygd videregående skole (3. etg.), Lillehammer videregående skole og Nærbø ungdomsskole (1. fløy)
- Kontroll "god": Tranberg videregående skole
- Kontroll "dårlig": Nærbø ungdomsskole (2. fløy) og Vågsbygd videregående skole (2. etg.)

Det er to skoler som inngår både i Gruppe 1 og i Gruppe 2; Tranberg videregående skole og Lillehammer videregående skole. Til sammen ca. 60 elever fra disse skolene inngår både i Gruppe 1 og i Gruppe 2. Det er imidlertid ingen elever som testes mer enn 2 ganger (dvs. før- og ettertest).

3.3 Metode: Helse, trivsel og prestasjon

Til innsamling av data om elevenes helsetilstand, trivsel og prestasjonsevne er det benyttet ulike metodeverktøy.

Spørreskjema om helse og arbeidsmiljø: Kartlegging av elevenes helse og arbeidsmiljø er utført med utgangspunkt i "Ørebro" spørreskjemaet. Spørreskjemaet ble endret/utvidet etter feltperioden i 1994 og før feltperioden i 1995. Dette vil si at elever i Gruppe 1 fikk et endret spørreskjema i ettertesten i forhold til førtesten. Endringene bestod i:

a) Bakgrunnsdelen

- Nye spørsmål i 1995 a) bruker du snus, b) ny boligtype: rekkehus
- I 1995 ble spørsmålet om fukt/muggskader delt i to spørsmål: a) tegn på fukt b) tegn på muggskader

b) Arbeidsmiljødelen

- Nye spørsmål i 1995: a) plaget med solskinn og b) plaget med varme fra varmeapparat.

c) Helsedelen

- Et spørsmål om tett, irritert eller rennende nese ble i 1995 til to spørsmål a) tett nese og b) irritert rennende nese
- Nye spørsmål i 1995: a) forkjølelse og b) slapp/uvel
- Nytt i 1995: registrering av antall dager plaget av hver av symptomene. Graderingen “ofte”, “iblant” og “aldri” beholdes i spørreskjemaet, men denne graderingen blir etterfulgt av avkrysningsmuligheter for 1 dag, 2-3 dager, 4-6 dager og 7-10 dager (antall dager plaget siste 2 skoleuger).
- Nytt i 1995: registrering av om plagene opptrer i hjemmet
- Nytt i 1995: nye spørsmål knyttet til tung pust/piping surkling i brystet, angivelse av dager med tung pust, generell hyppighet av tung pust, angivelse av ytre faktorer som gir tung pust etc.
- Nytt i 1995: tilleggsspørsmål om hvorvidt astma, allergier er legebehandlet og om eleven fikk astma i kommunen hvor eleven bor i dag.

Spørreskjema om sosialt miljø: For kartlegging av det sosiale klimaet i klassen ble et spørreskjema av Olweus benyttet. Skjemaet består av til sammen 26 påstander om klassens sosiale klima. Skjemaet brukes for å kontrollere for psykososiale forhold når effekten av innelima vurderes for helse, trivsel og prestasjonsmessige forhold.

Kartlegging av prestasjon: Prestasjonstester for å kartlegge konsekvenser av dårlig innelima er ikke benyttet tidligere i Norge. I prosjektet ble det benyttet deler av en test utviklet for løsemiddelskedeforskning; “SPES” (Swedish Performance Evaluation System [13]). SPES-testen består av 18 deltester og er utviklet med tanke på å registrere atferdsmessige og psykologiske sider med arbeidsmiljøet. I prosjektet ble det benyttet tre deltester og et selvrapporteringskjema fra SPES. Samlet tar det ca. 23 minutter å gjennomføre dette på PC. Elevene gjennomførte dette i klasserommet mens normal undervisning pågikk. Testene måler elevenes konsentrasjon, reaksjonstid og årvåkenhet, og inneholder psykomotoriske oppgaver som antas å være forholdsvis sensitive for endringer i det fysiske arbeidsmiljøet.

Kartlegging av “her og nå” helse i SPES: Selvrapporteringsdelen i SPES omfatter spørsmål knyttet til tilstedeværelsen av lokale helseplager og sentralnervøse symptomer. Selvrapporteringskjema består av 17 ulike symptomer; hodepine, svimmelhet, kvalme, trøtthet, smerte eller press i brystet, hosteanfall, kortpustethet, øyeirritasjon, rennende øyne, synsforstyrrelse, neseirritasjon, rennende nese, dårlig lukt, irritasjon i svelget, dårlig smak, hudirritasjon og konsentrasjonsproblemer.

Graderingen av “her og nå” plagene er som følger:

- 0 = Ikke i det hele tatt
- 1 = Neppe i det hele tatt
- 2 = Noe
- 3 = Temmelig mye
- 4 = Betydelig
- 5 = Veldig, veldig mye

Elevene ble testet maksimalt 4 stykker i løpet av en skoletime i Gruppe 1, og maksimalt 8 stykker om gangen i Gruppe 2. I Gruppe 1 foregikk SPES-testene i løpet av hele skoledagen unntatt første time og timen etter “storefri”. I Gruppe 2 ble det forsøkt testet kun på slutten av skoledagen (fortrinnsvis i de siste to skoletimene).

3.4 Metode: Fysiske målinger

3.4.1 Måleutstyr

Grunnlaget for valg av måleutstyr og målemetoder for kartlegging av det fysiske inneklima ble foretatt i forbindelse med en inneklimaundersøkelse av Bø skole [14]. Dette var en del av forprosjektet i 1993 [8], og rapporten danner grunnlaget for gjennomføringen av de fysiske målinger i hovedprosjektet. Resultater og måleoppsett for fysiske målinger fra førtest for Gruppe 1 skolene foreligger i to rapporter [15, 16]. I disse rapportene gis en utfyllende beskrivelse av måleutstyr, metoder og nøyaktighet. Følgende måleutstyr og metode er benyttet for alle målingene:

Temperaturmålinger

- Hydra Fluke Data Logger 2625A
- Termoelementer type T

Hydra Fluke Data Logger 2625A er en datalogger som brukes til å lagre lufttemperaturer fra termoelementer. Målingene av temperaturer er gjort med intervaller på 10 minutter.

Målesøyle var plassert midt i rommet og lufttemperatur ble målt 0,1m og 1,1m over gulvet, og 0,1m fra taket.

Termisk komfort

- Inneklima Analysator Brüel & Kjær type 1213
- Følgende følere er benyttet:
 - lufttemperaturføler MM0034
 - lufthastighetsføler MM0037
 - strålingsasymmetriføler MM0036
 - fuktighetsføler MM0038

Inneklima analysator 1213 benyttes for måling av termisk komfort ut fra en gitt aktivitets- og bekleddningsfaktor [17]. Registreringen foretas i en høyde av 1.1 m, midt i rommet og ved vindu 0.6 m fra yttervegg. Målinger av de ulike parametere foretas hvert minutt gjennom skoletimen. PMV- og PPD-indeks beregnes som en gjennomsnittsverdi av disse målingene. Disse målingene ble foretatt samtidig med elevenes utførelse av prestasjonstester.

Atmosfærisk inneklima

- Sporgasssystem Brüel & Kjær 1302, 1303 og 7620
 - Multigass analysator 1302 måler konsentrasjonen av opptil 5 forskjellige gasser i tillegg til luftens vanninnhold
 - Multiplekser 1303 er en 6 kanalers innsamlings- og doseringsenhet
 - Brukerprogram 7620 for å fjernbetjene multigassanalysator 1302.

Sporgasssystemet er brukt for kontinuerlige målinger og kvantitativ analyse av luftens innhold av karbondioksid, karbonmonoksid, summen av flyktige organiske komponenter i toulen ekvivalenter (TVOC), svovel hexafluorid (sporgass) for analyse av luftskifte, og vanndamp. Resultater av total mengde flyktig organiske komponenter vil ikke bli beskrevet i rapporten, av ulike grunner som er beskrevet i Vedlegg C.

Målepunkter plasseres midt i rommet i høyde 1.1m og i avtrekkskanal dersom dette finnes. Det blir benyttet 2 doseringspunkt for sporgass som plasseres i tilluftskanal der dette finnes for hvert klasserom. Dersom tilluft ikke finnes eller er mangelfull, benyttes vifter for å gi en god omrøring av sporgassene i rommet. Ut fra dosert gassmengde beregnes luftmengde som tilføres til rommet. Intervall på målingene varierer ut fra antall målepunkter og valg av filter, men ligger normalt på ca. 12 minutt når alle kanalene er i bruk.

De fysiske målingene ble utført av NORUT Teknologi i 1994 og 1995, og av RF-Rogalandsforskning i 1996.

3.4.2 Analysegrunnlag

Før gjennomføringen av ettertest Gruppe 1, ble det av økonomiske årsaker bestemt å redusere måleperioden fra 1 uke til 2-3 dager pr. skole og å redusere antall måleparametre. Målinger som kun ble foretatt i førtest for Gruppe 1 var støvdekke, belysning, svevestøv og flyktige organiske forbindelser (VOC) med Tenax som adsorbent. Som konsekvens av innsparinger ble det ikke gjennomført analyser av de innsamlede prøvene av VOC og svevestøv. Resultatene fra målinger av støvdekke og belysning er gitt i egne rapporter [15 og 16].

I Gruppe 1 er CO₂-konsentrasjoner beregnet som en gjennomsnittsverdi for hver klasstetime i hvert klasserom. For de andre parameterne (temperaturer, luftskifte, etc) beregnes en middelvei for hver dag ut fra målinger som er registrert gjennom skoletiden. (Unntatt for termisk komfort, se under).

Som resultat av at en del av de fysiske parametrene i Gruppe 1 er registrert som middelværdier for hver dag i førtesten, er timeverdiene i ettertesten også beregnet til middelværdier for hver dag. Dette for å kunne utføre signifikanstester på likt nivå. Nøyaktigheten i datamaterialet for de fysiske parametrene for Gruppe 1 med dagverdier er dermed noe redusert i forhold til timeverdier som er i Gruppe 2.

I Gruppe 2 er datagrunnlaget for analysene av alle fysiske målinger gjennomsnittsverdier for hver klasstime i hvert klasserom. (Unntatt for termisk komfort, se under).

Det er kun skoletiden som er utgangspunkt for beregningene av de fysiske resultatene som presenteres i rapporten. Dette er valgt fordi det er denne tiden elevene blir eksponert for skolens inneklima.

Termisk komfort for hver kategori (eksperiment, kontroll god og kontroll dårlig) er gitt som en gjennomsnittsverdi for alle klasserom som inngår i den enkelte kategori. Hvert klasserom har kun en verdi (klasseromverdi) som grunnlag for beregning av middelværdi for kategoriverdien. Denne klasseromsverdien fremkommer som en snittverdi av målinger på to forskjellige steder i klasserommet i en høyde på 1.1 m. De termiske komfortmålingene er utført i klasserom med en periode på ca. 2 timer samtidig med SPES-testene. De termiske komfortmålingene er grunnlag for beregninger av PMV- og PPD-indeks.

Måleperiode for de ulike rom og skoler er gitt i Vedlegg A. Generelt i tillegg til det ovennevnte bygger resultatene for de ulike parametrene som presenteres i Kapittel 5 på følgende grunnlag:

- CO₂-konsentrasjonen for hver klasstime hvor det er undervisning
- Luftskifte for hver klasstime
- Relativ luftfuktighet i hver klasstime
- Termisk komfortmålinger for beregning av PMV- og PPD-indeks som er foretatt samtidig med elevenes SPES-testing
- Temperaturmålingene følger klassesetimene

Gjennomgang av bygningsmassen og vurdering av drift og vedlikehold ble gjennomført samtidig med feltmålingene.

3.5 Metode: Kvalifisert skjønn modell for skoler

Beskrivelsen og veiledning av kvalifisert skjønn modellen (KSM) er gitt i *Prosjektprotokollen* [11] og *Veilederen* [18]. KSM bygger på en skjønnsmessig vurdering av 12 forhold som er utviklet av Kjell Aas. Hver enkel av disse 12 parametrene gis en skårverdi fra 1 til 4. Graderingen er gitt ved 1 = godt, 2 = mindre godt, 3 = dårlig og 4 = meget dårlig. Det skal kun benyttes hele tall, ikke desimaler. Skåringen av hver enkel parameter skal utføres av en kvalifisert person, som har god kunnskap og erfaring med innemiljø-problematikken. De 12 parametre som er blitt vurdert i skoleprosjektet er:

1. Uteluft/friskluftinntak
2. Tettbodhet
3. Tobakksrøyking inne
4. Andre forurensningskilder inne
5. Temperaturforhold
6. Luftfuktighet
7. Lukt
8. Loddenhetsfaktor
9. Renhold
10. Ventilasjon
11. Dyrehold inne (ikke aktuelt for skoler)
12. Byggets historie

KSM skal ivareta at noen av innemiljøparametrene virker sterkere inn på kvaliteten av innemiljøet enn andre. Av den grunn er det valgt å vekte parametrene 2, 5 og 10 med to, dvs. at disse parametrene telles dobbelt i totalvurderingen. For disse, i tillegg til noen av de andre parametrene, er det benyttet egne skåringstabeller som baserer seg på fysiske målinger som grunnlag for skåring.

Skolens innemiljø som helhet karakteriseres ved de verste klasseromsskårene i tillegg til gjennomsnittsskåre. Inneklimaet er:

- *godt* dersom mer enn 50 % av skårene er 1 og gjennomsnittsskåre er under 1.5, og ingen skår er 3 eller mer
- *akseptabelt* dersom ingen parametre skårer høyere enn 2. Det tillates at inntil 2 parametre med vektall 1 skårer 3
- *tvilsomt/dårlig* dersom gjennomsnittet ligger mellom 1.5-2 og mellom 2-4 parametre skårer 3, hvor det tillates at inntil 2 parametre med vektall 1 skårer 4
- *dårlig/meget dårlig* dersom gjennomsnittet er over 2, og 5 eller flere parametre skårer 3 eller at flere enn 2 parametre med vektall 1 skårer 4

KSM-enkeltparametre og snittverdier (med og uten vektning) er sammenlignet med noen fysiske målinger og med elevenes besvarelser av helse og arbeidsmiljø, samt med elevenes reaksjonstid.

Tettbodddhet, temperatur og luftfuktighet er KSM-parametre som skåres ut fra egne skåringstabeller, basert seg på de fysiske målinger som er utført. Sammenligninger av fysiske målinger og KSM-parametrene er av denne grunn ikke mulig. Når det gjelder temperaturforhold (KSM-5) kan dette skåres ut fra kvalifisert skjønn av ulike forhold slik som kuldebroer, trekk m.m. For KSM 10 (ventilasjon) har vi valgt å ikke benytte skåringstabellen med grenseverdier for skårer. Her har vi benyttet kvalifisert skjønn og vurdert ventilasjonsforholdene i rommet ut fra forhold som type ventilasjonssystem, filtertyper, kortslutningsmuligheter, renhold, inspeksjon, drift og vedlikehold, opplæring, etc. Dermed kan skjønnet for denne parameter vurderes ut fra de reelle målinger av luftskifte og CO₂ som er påvirket av ventilasjonen.

3.6 Statistisk analyseredskap

Til analysing av data i prosjektet er det benyttet SPSS 6.1/7.0 for Windows. SPSS gir mulighet for sammenkobling og statistisk analyse av alle variabler som er innsamlet i prosjektet.

I prosjektet undersøkes både klasserom og elevene i klasserommet. Intervensjonen skjer på klasseroms nivå mens det er på elevene vi måler effekten. Metodisk sett gir dette noen problemer i forhold til sammenlignbarhet. Ideelt sett burde utvelgelsen av elever være helt tilfeldig, men elever er samlet i en klasse og kan dermed innbyrdes påvirke hverandre i oppfatning av de eksperimentelle betingelsene. I forhold til elevenes oppfatning av innemiljø-spørsmål i spørreskjemaet kan denne "felles" påvirkningen ha en viss betydning. Derimot når det gjelder reaksjonstidstesten og til dels oppfatning av helsetilstand "her og nå" vurderer vi denne innbyrdes påvirkningen til å ha mindre betydning.

I prosjektet er ulike statistiske metoder benyttet for å undersøke data, bl.a. er faktoranalyse, regresjon, korrelasjon og Oneway Anova benyttet. Hvilke av de statistiske metodene som er benyttet i analysingen av data er angitt ved de enkelte analyseresultatene.

Statistisk signifikans indikerer hvorvidt det eksisterer systematiske forskjeller i datamateriale. Vi har, i tråd med etablerte praksis, valgt å operere med en signifikansgrense på $p < 0,05$. Dette er å forstå slik at det er 95 % eller mer sannsynlighet for at det eksisterer systematiske sammenhenger. En signifikant sammenheng indikerer altså at det er minst 95 % sannsynlighet for at denne ikke skyldes tilfeldigheter.

Signifikansnivå gitt i resultatkapittelet er merket med * for $p < 0,05$ og med ** for $p < 0,005$.

4 Beskrivelse av rehabiliteringstiltakene

Det er blitt utført forskjellige tiltak ved rehabilitering for de ulike skolene. Nedenfor er det gitt en oversikt over hvilke tiltak som er utført for hver av skolene som er blitt rehabilitert. De andre skolene som inngår i studien har ikke gjennomført noen større endringer mellom før- og ettertesten.

4.1 Tranberg videregående skole

Hele skolen ble rehabilitert i skoleåret 1994/95. Denne skolen skal ikke ha foretatt noen større tiltaksendringer fra 1995 til 1996, kun mindre endringer.

Ventilasjon

1995: Nytt balansert fortrengningssystem med platevarmeveksler og varmebatteri med luftinntak over tak. Filterkvalitet er EU7 før varmeveksler og EU8 etter varmeveksler for tilluft og EU7 før varmeveksler for avtrekk. Prosjekttert luftmengde på 1300 m³/h pr. klasserom. Ventilasjonsanlegget har sentralstyrt dataanlegg - SD-styring, og er regulert etter soner. Følere registrerer CO₂ og temperatur både på tilluft og avtrekksluft. Kontinuerlig driftstid i 1995.

1996: Justeringer av tilluftstemperatur og driftstider. Driftstiden var endret fra kontinuerlig i 1995 til å være fra kl 07:30-14:45 på skoledagene i 1996.

Oppvarming

1996: Forbedret reguleringer p.g.a. termostatstyrte ventiler på radiatorene. Oljekjelen var ødelagt, og det ble installert to nye oljekjeler med en samlet effekt på 800 kW som er det samme som den gamle oljekjelen. På elektrokjelen er det fjernet 110 kW, slik at denne nå har en total kapasitet på 268 kW. Disse endringene skal ikke medføre noen konsekvenser på oppvarmingen.

Bygningsmessig

1995: Nye 3-lags vinduer, men kun nye gardiner til solavskjerming. Nytt vinylbelegg på alle gulv, nymalt og støvbinding av alle overflater. Nye perforerte stålplater i himling og fjerning av eksisterende isolasjon over himling. Ny tak- og tavlebelysning og nye stoler og pulter i rom 107, 111 og 211.

1996: Utvendige persienner er montert opp igjen (manglet i 1995).

4.2 Bø barneskole

Hele M-fløyen, som er den delen hvor klasserommene som inngår i prosjektet er plassert, er rehabilitert. Rehabilitering er også andre deler av skolen i samme periode. Rehabiliteringen ble foretatt i skoleåret 1994/95.

Ventilasjon: Nytt balansert fortrengningssystem med platevarmeveksler og varmebatteri med luftinntak i vegg (høyde ca 4m). Filterkvalitet EU7 før varmeveksler

og EU8 etter varmeveksler for tilluft, og EU7 før varmeveksler for avtrekk. Prosjekterte luftmengder på 1300 m³/h for rom 101 og 102. Reguleringer med tavle og driftsur. Driftstid var ikke bestemt (overlevering/ ferdigstillelse var ikke foretatt). Anlegget hadde kontinuerlig driftstid i feltperioden.

Oppvarming: To nye elektriske ovner plassert under vindu for hvert klasserom. Hver ovn har en effekt på 1.7 kW. Tillufttemperaturen har en settetemperatur på ca. 18.5 °C.

Bygningsmessig: Nytt linoleum gulvbelegg, nymalt og støvbinding av overflater. Fortsatt ingen tavlebelysning, men ny takbelysning. Nye dører inn til klasserommet og nye 2-lags vinduer. Små endringer av renholdet.

4.3 Kvadraturen 3. etg

Ventilasjon: Det gamle ventilasjonsanlegget i den nyere delen av skolen var et balansert anlegg med varmegjenvinning hvor luften ble tilført over ESWA-tak med åpne isolasjonsflater i de enkelte klasserom. Anlegget ble delvis renoveret. Aggregatsentralen ble fornyet med nye filterseksjoner, ny plateveksler for gjenvinning av avtrekksluften, nye vifteenheter, ny inntaksseksjon og ny SD-automatikk som også dekker varmeanlegget i bygget. Total luftmengde ble økt med ca. 20 %. Tilluftssystemene i de enkelte klasserom ble bygget helt om med diffus tilførsel i noen rom og takdiffusorer i andre. Avtrekksiden ble også lagt om, for å takle økte luftmengder og for å redusere støyplager.

Oppvarming: Eksisterende ESWA (nevnt over) ble fjernet og det ble bygget helt nytt vannbårent varmesystem for den nye fløyen med innebygde konvektorer langs fasadene. Regulering foregår med skjult føler og motorventil for hvert klasserom koblet opp over SD-anlegget.

Bygningsmessig: De gamle himlingene med isolasjon og ESWA ble tatt ned og det ble lagt nye himlinger. Svært mye av veggene var åpen ubehandlet betong som ble påført et lag med voks for støvbinding. Det ble bygget nye konvektorkasser langs fasadene, skiftet gulvbelegg og malt diverse arealer hvor det var slikt behov.

Rengjøring: Ingen endringer fra tidligere opplegg, men Vest-Agder fylkeskommune har i løpet av årene 93-95 "modernisert" og oppgradert alle renholdsaktiviteter.

4.4 Lillehammer videregående skole

Ventilasjon: Nytt balansert fortrengningsanlegg med prosjektert luftmengder på 1100 m³/h pr. klasserom. Varmebatteri og platevarmeveksler, med filterkvalitet EU7 før og etter gjenvinner på tilluft og før gjenvinner på avtrekk. Luftinntak over tak. Driftstid var ikke bestemt (overlevering/ferdigstillelse var ikke foretatt), kontinuerlig drift under feltarbeidet. Ventilasjonsanlegget har SD-styring med kontroll av temperatur og CO₂. (Vaktmestrene var ikke ferdig opplært på anlegget. Leverandør er ansvarlig frem til overlevering).

Oppvarming: Fortsatt vannbåret system, men med nye radiatorer med manuell reguleringer. Temperaturfølere for hvert rom. Vanntemperaturer styres etter utetemperatur/romtemperatur. Nytt ventilasjonssystem med tilluftstemperatur på ca. 18 °C. Både radiatorer og varmegjenvinner/varmebatteri får vann fra fyrrommet og “shuntes” automatisk etter temperaturfølere.

Bygningsmessig: Nye 2-lags vinduer med solfilter i glasset. Nytt vinylbelegg på alle gulv. Nye himlinger med akustiske lakkerte stålplater, støvbinding over himling. Belysningsendring og ny tavlebelysning. Lav loddenhetsgrad.

Rengjøring: rengjøringen utføres med tørrmopp, 2 stykker pr rom. Bløt mopp ved mye skitt. Årlig hovedrengjøring, interne kurs. Eget firma rengjør vindu 2-3 ganger i året.

4.5 Nærbø ungdomsskole

Her er det den *nye fløyen fra 1973*, med klasserom 9, 10 og 12 som er rehabilitert. Den *gamle fløyen* er uendret. Endringene er som følger:

Ventilasjon: Nytt ventilasjonsanlegg med teknisk utstyr plassert på taket. Ventilasjonen har varmebatteri og varmeveksler av type *heat pipe*, og er et balansert fortrenningsystem med prosjekterte luftmengder på 1400 m³/h for hvert klasserom. Filterkvalitet er EU7 før og etter gjenvinner på tilluft og før gjenvinner på avtrekk. Luftinntak er plassert over tak, men er mindre enn 2 m fra avkastet, noe som gir utslag på temperaturføleren i luftinntaket. Ventilasjonsanlegget har SD-automatikk, plassert på vaktmesteren sitt kontor. Anlegget kan styres etter temperatur. Normal innstilt tilluftstemperatur er 19-19.5 °C. Driftstid som er fra 07:00 og til 14:30 på skoledagene er regulert med tidsur.

Oppvarming: 3 nye oljefylte radiatorer plassert under vindu, hver med en effekt på 1.2 kW. Radiatorene reguleres sentralt for hvert klasserom etter temperaturføler plassert i hvert rom med PLS-system. Tilluft med en settetemperatur på ca. 19-19.5 °C.

Bygningsmessig: Nytt PVC-belegg i rom 12.

Rengjøring: Rengjøringen er endret fra tørrmopp og våtmopp, til oljemopp hvor det benyttes raspolje på moppen. Våtvask benyttes ved behov. Rengjøringen er behovsprøvd ved at renholdsleder vurderer behov for rengjøring i de ulike rom. Alle flater som ikke inngår i det daglige renhold skal være rengjort i løpet av et år. “Highspeed maskin” for polering gulv ca. hver måned i klasserom, og etter behov i korridor (1-2 uker).

4.6 Vågsbygd videregående skole

På Vågsbygd er det 3. etasje som er rehabilitert. Avtrekksviften på taket som tidligere var koblet til 1, 2 og 3 etasje, trekker nå (1996) kun fra 2. etg. De to andre etasjene har fått nytt ventilasjonsanlegg. På avtrekksviften er det påmontert en stuss som suger falsk luft tilsvarende den luftmengde som tidligere kom fra 1. og 3. etasje. Denne stuss og struping av luftmengder kan ha gitt økt støy fra avtrekksventiler i 2. etasje.

Ventilasjon: Nytt ventilasjonsanlegg i en egen ny teknisk etasje er plassert på taket med luftinntak over tak ($h > 12\text{m}$). Ventilasjonen har varmebatteri og platevarmeveksler og et balansert fortrengningssystem med prosjekterte luftmengder på $1400\text{ m}^3/\text{h}$ for 311 og $1300\text{ m}^3/\text{h}$ for klasserom 316 og 317. Reguleringer med tavle og driftsur. Anlegget er i drift fra 07-16 på skoledager. Stenges i helgene. Filtre med EU7 kvalitet er plassert før og etter gjenvinner for tilluft, og før gjenvinner for avkastluften.

Oppvarming: Ingen endringer på oppvarmingen bortsett for bedre reguleringer på radiatorene. Tilluft med en settetemperatur på ca. $18\text{ }^\circ\text{C}$ skal gi mer stabile temperaturforhold.

Bygningsmessig: Nye vinylbelegg på gulvene og nymalte vegger og tak i tillegg til nye gardiner. Ny utforming av tavlebelysning i forbindelse med innkassing av ventilasjonskanaler.

Rengjøring: Litt endringer i rengjøringsrutinene hvor bruk av "highspeed maskin" inngår ca en gang pr måned.

5 Resultater

5.1 Hovedtrekk fysiske målinger

Tabell 5.1.a - 5.1.c oppgir gjennomsnittsverdier for hver kategori for de ulike undersøkte parametrene i før- og ettertesten, samt signifikante forskjeller¹ for disse. (Tilsvarende tabeller for hver av skolene er gitt i Vedlegg D).

Resultatene er kommentert i kapitlene 5.1.1 til 5.1.7.

Signifikante forskjeller er merket med * for $p < 0,05$ og ** for $p < 0,005$.

Figurer er gitt i Vedlegg E.

¹ Analyser utført med "Oneway Anova".

Tabell 5.1.a - Tabell 5.1.c Gjennomsnittsverdier og signifikante forskjeller for CO₂, antall personer, luftskifte, luftfuktighet, og temperaturforhold.

	CO ₂ ppm			Personantall stk			Luftskifte h ⁻¹			Relativ luftfuktighet %		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Eksp1	1580	740**		20.6	19.2		2.5	7.1**		29	26	
KG1	950	1070**		23.8	24.7		5.2	6.2		25	27	
KD1	1640	1310**		25.5	20.9**		2.0	2.1		18	29	
Eksp2		1450	730**		21.3	23.0*		2.8	9.3**		29	19**
KG2		860	740**		23.3	22.2		7.6	7.4		21	15**
KD2		1660	1700		26	24.1*		2.1	1.8		28	25**

5.1.b

	Romtemperatur °C			Gulvtemperatur °C			Tilluftstemp. °C			Utetemperatur °C		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Eksp1	21.5	21.3		20.4	20.1		19.3	18.6		2.4	2.5	
KG1	21.1	21.8*		20.4	20.7		18.8	17.9		1.1	4.8*	
KD1	21.1	19.4*		19.8	18.4*					3.1	-0.1	
Eksp2		20.4	20.1		19.1	18.5**		17.6	17.7		0.9	2.6**
KG2		22.6	20.9**		21.0	19.7**		18.2	17.7**		2.6	-6.9**
KD2		21.8	22.2		19.8	20.5*		14.1	16.5*		2.1	-1.7**

5.1.c

	Temp. gradient °C			Maks. Temp. gradient			Termisk komfort %-andel misfor		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Eksp1	1.1	1.3		2.9	1.7**		8.4	6.2	
KG1	0.8	1.1*		2.0	1.7		8.1	5.9	
KD1	1.4	0.9*		3.4	1.1**		14.5	13.7	
Eksp2		1.3	1.6**		1.7	1.9		7.4	5.7
KG2		1.7	1.2**		2.0	1.4**		5.5	6.3
KD2		2.1	1.7*		3.1	2.0**		7.6	11.9

Resultatene i tabellene er oppdelt på kategorier for hver av gruppene.

For Gruppe 1 er eksperimentskolene forkortet Eksp1, Kontroll “god” er forkortet med KG1 og Kontroll “dårlig” er forkortet med KD1. Tilsvarende er det for Gruppe 2 men da har forkortelsene sluttstiffer 2.

Signifikante forskjeller er merket med * for $p < 0,05$ og ** for $p < 0,005$.

5.1.1 Personbelastning

Helsedirektoratet har i rundskriv IK-37/91 [19], anbefalt at gulvflaten bør være “*minimum 2 m² pr. elev*”. I lov om grunnskolen §5, pkt 1 er maksimums antall elever gitt ved:

Barneskoler	28 elever
Ungdomsskoler	30 elever
Videregående skoler	30 elever

Ved å legge Helsedirektoratet sitt rundskriv til grunn, vil fulle klasser gi et krav om nettoareal på klasserommene på henholdsvis 56 m² for barneskoler, og 60 m² for ungdomsskoler og videregående skoler. Det er langt ifra at alle skolene i undersøkelsen oppfyller disse anbefalingene. Det er ca 60 % av klasserommene i undersøkelsen som har et gulvareal under 60 m², noe som gir et gulvareal < 2 m² pr. elev.

Dersom vi i snitt krever en takhøyde på minst 2,7 m [20] og et gulvareal på 60 m² gir dette et volum på 162 m³. Det er ca. 80 % av de undersøkte klasserommene som har et luftvolum større enn 162 m³.

Mennesker vil være hovedkilden til CO₂-produksjonen i et klasserom. I tillegg har vi CO₂-konsentrasjonen som er i uteluften og som følger tilførselen av “frisk luft” inn i klasserommet. Uteluftens innhold av CO₂ (350-450 ppm) vil være det laveste nivå som normalt kan oppnås inne i et tomt klasserom. Menneskers produksjon av CO₂ avhenger av aktivitet (metabolisme) og kroppsvekt. Aktiviteten i en skole er stort sett gitt ved sittende rolig arbeid. Antall elever som er tilstede i undervisningen vil derimot kunne variere, og dermed innvirke på CO₂-konsentrasjonen.

I Gruppe 1 er det kun klasserom i kontroll “dårlig” kategorien som har signifikante endringer i elevantallet** mellom før og ettertest. Det er her gjennomsnittlig færre elever i ettertesten enn i førttesten. Den reduserte personbelastningen samsvarer med nedgangen i CO₂-konsentrasjonen.

I Gruppe 2 har eksperimentskolene en liten økning* i personantallet, mens de “dårlige” kontrollklassene har en liten reduksjon*. For de “gode” kontrollklassene er det ingen endring mellom før- og ettertesten. Dette medfører at ut ifra endringer i personbelastningen er det kun for eksperiment og kontroll “dårlig” vi kan forvente å påvise endret CO₂-konsentrasjon. Endringer i CO₂-konsentrasjonen kommenteres i Kap. 5.1.3.

5.1.2 Luftskifte

Lav personbelastning gir CO₂-konsentrasjoner ned mot utenivået på 350-450 ppm. Høy personbelastning gir økende CO₂-verdier, avhengig av luftskifte i rommet. Økning av friskluftsmengden til et klasserom vil redusere inneluftens innhold av CO₂ dersom personbelastningen holdes konstant.

Luftskifte er et mål på hvor mange ganger luften i rommet blir skiftet ut i løpet av en time. Målinger av luftskifte er i dette prosjektet utført ved hjelp av sporgass. Dette medfører at luftskiftet som ble målt var den “eksakte” luftmengden som ble skiftet ut i klasserommet. Det inkluderte bidrag fra ventilasjonsanlegget, infiltrasjon gjennom

yttervegger i tillegg til overstrømninger fra nærliggende rom/korridor forårsaket av trykk- og temperaturdifferanser. Målt luftskifte omregnet til m^3/h , vil derfor kunne ligge høyere enn de luftmengdene som et ventilasjonsanlegg med balansert ventilasjon tilfører.

Det er kun eksperimentskolene som har rehabilitert eller skiftet ut ventilasjonsanleggene. Denne oppgradering har medført luftmengder på mellom 1100-1400 m^3/h pr. klasserom. Omgjort til luftskifte blir dette ca 6,8 - 8 h^{-1} alt etter volum på klasserommene.

Målingene viser som forventet en markant** økning i luftskifte på eksperimentskolene etter rehabilitering både for Gruppe 1 og Gruppe 2. Kontrollskolene har ingen endringer mellom testene hverken i Gruppe 1 eller i Gruppe 2.

5.1.3 CO₂-konsentrasjon

CO₂-konsentrasjonen i inneluften benyttes som en indikator på luftkvaliteten når mennesker alene er dominerende luktkilde. CO₂-produksjon fra mennesker benyttes derfor som en dimensjonerende faktor for ventilasjonsbehovet og som et mål på ventilasjonseffektivitet i forhold til personbelastning. Statens bygningstekniske etat har beskrevet nødvendig ventilasjonsbehov ut fra personbelastning og et tillegg for materialbelastning [21].

CO₂ i seg selv er ikke helseskadelig før ved høye konsentrasjoner. Arbeidstilsynet [22] har satt 5000 ppm som grense for helseskader, mens Helsedirektoratet [23] har satt 1000 ppm høyeste akseptable grense. Det siste for å hindre ubehagelig kroppslukt. Høye konsentrasjoner av CO₂ kan også indikere, eller øke risikoen for, tilstedeværelse av andre gasskomponenter, partikler, fukt og i noen tilfeller bakterier og virus, som kan gi ubehag eller innvirke på allmenntilstanden.

Det er svært viktig når verdiene av CO₂-konsentrasjonen avleses i Tabell 5.1, at personbelastning er med i vurderingen. Høy personbelastning gir høye CO₂-konsentrasjoner og lav personbelastning gir CO₂-konsentrasjoner ned mot utenivå. I tillegg vil luftskifte virke motsatt vei, slik at et økende luftskifte vil gi reduksjoner i CO₂-konsentrasjonen.

Når det gjelder CO₂-konsentrasjonen er det forventet at vi kun finner signifikant endring mellom testene for eksperimentskolene. Det er disse skolene som har fått nye eller oppgraderte ventilasjonsanlegg. I kontrollene var det ikke forventet endringer i CO₂-konsentrasjonen (vi ser her bort fra endringer i personbelastningen).

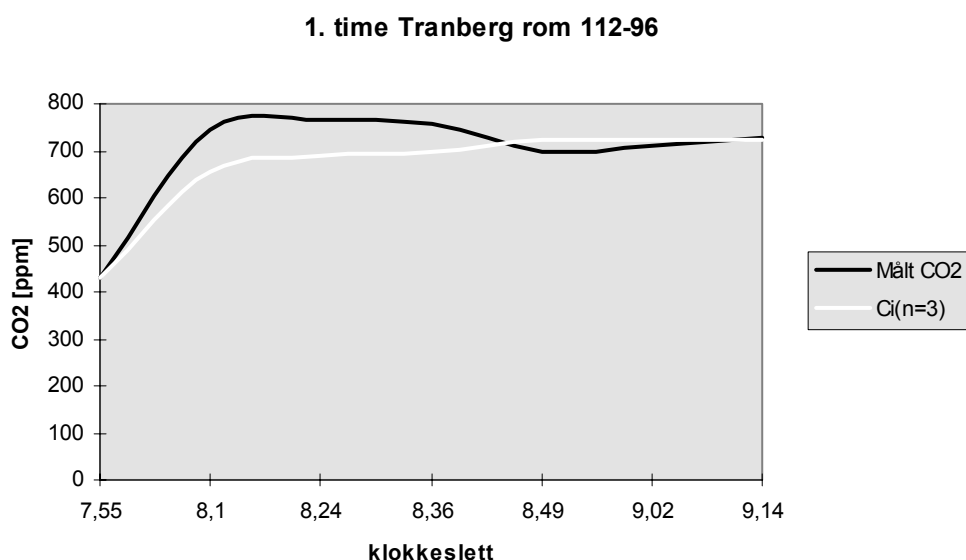
Resultatene for Gruppe 1 viser endringer i CO₂-konsentrasjonene både for eksperimentskolene og for kontrollskolene fra 1994 til 1995. For eksperimentskolene i Gruppe 1 er det ingen endring i personbelastningen, slik at redusert CO₂-nivå har forklaring i et økt luftskifte. Kontroll "god" i Gruppe 1 har økning i CO₂-konsentrasjonen som kan forklares med en liten økning i personbelastningen ved en av skolene (Varhaug ungdomsskole). Reduksjon** i CO₂-konsentrasjonen for kontroll "dårlig" skolene skyldes en lavere personbelastning** fra 1994 til 1995.

I Gruppe 2 ser vi at den forventede reduksjonen** i CO₂-konsentrasjonen for eksperimentsskolene etter rehabilitering. Denne reduksjonen skyldes det økte luftskifte**. Personbelastningen har også økt*, ellers ville nedgangen i CO₂-konsentrasjonen vært større. Det er også reduksjon CO₂ i de “gode” kontrollklassene fra 1995 til 1996, som ikke er forventet. Men denne nedgangen kan forklares med både lavere personbelastning og et høyere luftskifte, som begge bidrar til å redusere CO₂-konsentrasjonen**. For de “dårlige” kontrollklassene er det ingen endringer mellom testene.

5.1.4 Sammenheng mellom luftskifte, personbelastning og CO₂-konsentrasjon

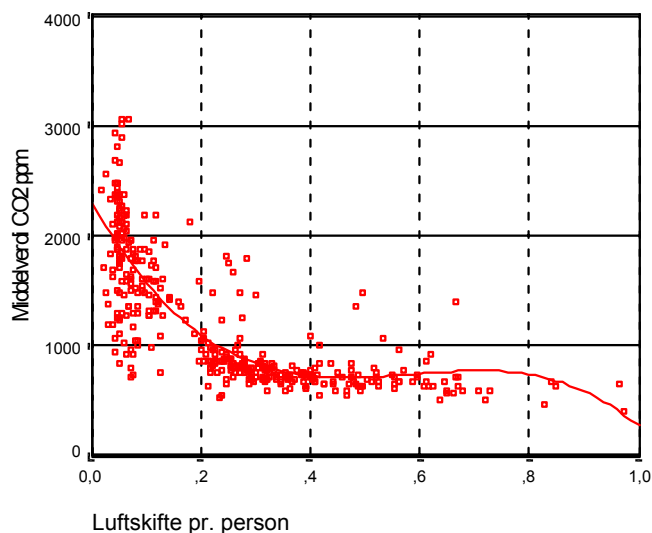
Det er tidligere kort beskrevet sammenhengen mellom den CO₂-konsentrasjon som oppnås i et klasserom, det antall personer som er i rommet, samt den ventilasjonsluftmengden som tilføres klasserommet. Utåndingsluften til personer vil tilføre CO₂ til romluften slik at økende personantall gir økende CO₂-nivå. En økende mengde ventilasjonsluft vil virke motsatt og fortynne og dermed redusere CO₂-konsentrasjonen i et klasserom.

En student fra Høgskolen i Narvik gjennomførte våren 1996 en hovedoppgave ved RF, hvor et av temaene var å se på sammenhengen mellom målte verdier av CO₂-konsentrasjon og teoretiske beregninger [24]. Fortynningsligningen eller gasskonsentrasjonsligningen ble benyttet som beregningsgrunnlag ved sammenligninger mot målte verdier. Figur 5.1 viser at ved å benytte målte verdier av luftskifte samt den personbelastning som er registrert for hver time, er det god samsvar mellom målinger og beregninger av CO₂-konsentrasjonen. Spesielt godt samsvarer dette ved høyt luftskifte.



Figur 5□1 Kurvene viser hvordan målinger og beregning av utvikling i CO₂-konsentrasjonen samsvarer i 1. time med et luftskifte på 7.3 h⁻¹ og en personbelastning på 20 personer. Ci viser beregnet CO₂-konsentrasjon.

I Figur 5.2 har vi tatt hensyn til at luftskifte og personantall er parametre som sammen innvirker på CO₂-konsentrasjonen. Grunnlaget for Figur 5.2 er målinger og registreringer av 374 enkelttimer fordelt på alle skolene i Gruppe 2. Vi har for hver time hvor vi har registrert personer i klasserommet, tatt tilhørende målte middelerdi av luftskifte og dividert på antall personer. X-aksen beskriver luftskifte pr. person, mens målt middelerdi av CO₂-konsentrasjonen er gitt på y-aksen. Kurven i Figur 5.2 er den funksjon som best er tilpasset til målingene. Klasserommene har en normalstørrelse på ca. 60 m² og takhøyde på 2,7 m.



Figur 5□2 Sammenheng mellom CO₂-konsentrasjon og luftskifte pr. person, for alle skolene i Gruppe 2, 1995-1996.

Krysningspunkt mellom kurven og CO₂-konsentrasjon på 1000 ppm, angir i overkant av 0,2 luftskifte pr. person for å holde CO₂-konsentrasjonen på dette nivået. Luftskifte er et mål på hvor mange ganger luften i rommet blir skiftet ut i løpet av én time.

Ut fra figuren ser vi en klar sammenheng mellom luftskifte pr. person og CO₂. Et økt luftskifte pr. person gir en reduksjon i CO₂-konsentrasjonen. Det er flere forhold slik som fuktproduksjon, kjøling eller termisk belastning, materialbelastning eller personbelastning, som enkeltvis eller til sammen vil være dimensjonerende for nødvendig friskluftsmengden. Dersom vi kun tar hensyn til den friskluftsmengde som er nødvendig med hensyn til personbelastning for å holde CO₂-konsentrasjonen under 1000 ppm, kan vi beregne nødvendig friskluftsmengde ut fra den kurven som fremkommer i Figur 5.2.

Nødvendig luftvolum i et klasserom med 30 elever i ungdomsskoler og videregående skoler er 162 m³. For barneskoler med 28 elever er tilsvarende tall 152 m³. Dersom disse tallene benyttes tilsier dette at det er nødvendig med et minimums uteluftsbehov utfra antall personer på 850 m³/h pr klasserom i barneskolen, og 970 m³/h pr klasserom i ungdomsskoler og videregående skoler.

I tillegg til elever vil lærere og assistenter også være tilstede i klasserommet. Om disse skal ha et ekstra gulvareal utover det som elvene har kan diskuteres, men det ville nok

være det naturlige. I beregningsgrunnlag for dimensjonering av luftmengder etter personbelastning skal de naturlig nok inngå.

Målinger og beregninger gjennomført i prosjektet tilsier herved at forurensning fra personer betinger en luftmengde på 9 l/s pr. person. Dette for å komme under Helsetilsynets anbefaling om en CO₂-konsentrasjon på 1000 ppm som øvre grense i undervisningstiden.

Statens bygningstekniske etat har i sin veiledning anbefalt å beregne ventilasjonsbehov fra personbelastning der denne settes til minimum 7 l/s person [21]. Arbeidstilsynets gir 7-10 l/s person som anbefaling [25]. Datagrunnlaget innhentet i prosjektet tilsier at disse anbefalingene er i laveste laget.

I hvilken grad materialbelastning skal inn i beregninger er usikkert. Dersom CO₂-konsentrasjonen er en indikator på inneluftkvalitet, og anbefalingen på 1000 ppm som maksimalt CO₂-nivå tilsier at emisjoner fra bygningsmaterialer med dette er ivarettatt kan man se bort fra å dimensjonere mht. materialbelastning. Dette vil være viktigst i lokaler med en lav personbelastning. Her vil emisjoner/forurensninger fra materialene være dimensjonerende for luftmengder.

Hvilke uteluftbehov p.g.a materialer som skal være grunnlag for dimensjonering kan absolutt diskuteres. Statens bygningsteknisk etat [21] angir 2 l/s m² bruttoareal ved normal materialbruk og 3 l/s m² bruttoareal ved ugunstige materialer. For normale materialer i et klasserom på 60 m² gir dette en luftmengde på 120 l/s, eller 435 m³/h. Nødvendig minimums ventilasjonsbehov m. h. t. personbelastning (30 elever) og materialbelastning blir da ca. 1400 m³/h pr klasserom.

Arbeidstilsynet [25] angir følgende 3 muligheter for valg:

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Normale bygningsmaterialer uten sterk lukt | 2.0 l/s pr. m ² |
| 2. Materialer med dokumentert lav emisjon | 0.7 l/s pr. m ² |
| 3. Tepper, materialer med kjent høy emisjon eller manglende underlag for vurdering | 2.8 l/s pr. m ² |

Ventilasjonsbehov ut fra hvilke valg som byggherren tar m. h. t. materialvalg, basert på de ovennevnte alternativene er gitt i Tabell 5.2.

Tabell 5.2 Nødvendig ventilasjonsbehov ut fra valg av bygningsmaterialer og inventar etter veiledning fra Arbeidstilsynet.

Ventilasjonsbehov etter materialvalg				
Tilfelle	Areal m ²	Verdier l/s m ²	Material l/s	Totalt m ³ /h
1	60	2	120	432
2	60	0.7	42	151
3	60	2.8	168	605

Forurensningen fra materialene i et bygg er størst når materialene er nye. Valg av materialer og gode driftsrutiner er viktig for å redusere materialforurensningen. Dette er imidlertid forhold som det ikke er undersøkt i dette prosjektet.

Valg av materialer med lave emisjoner, gode driftsrutiner som inkluderer kontinuerlig ventilering hele døgnet det første året, og deretter god utlufting før og etter skoletiden vil medføre at behovet for ekstra ventilering på grunn av materialforurensning vil bli redusert.

5.1.5 Relativ luftfuktighet

Ut fra målinger av vanninnholdet i luften, lufttemperatur og mettet vanninnhold ved den samme temperatur, er relativ luftfuktighet beregnet.

Det er noen endringer mellom testene for både Gruppe 1 og Gruppe 2. Variasjonene går fra 18 - 29 % i Gruppe 1, og 15 - 29 % i Gruppe 2. Endring i utetemperatur og vanninnholdet i uteluften forklarer endringene i relativ luftfuktighet.

5.1.6 Temperaturforhold

I Tabell 5.1.b og Tabell 5.1.c er lufttemperaturer (rom-, gulv-, tillufts- og utetemperaturer) og temperaturgradienter oppgitt. Disse verdiene er *middelverdier* beregnet ut fra et enkeltverdier for hvert av de klasserommene som inngår i den bestemte kategori.

Selv om forskjellene på middelverdier mellom testene ikke variere med mer enn $\pm 1^\circ\text{C}$, kan forskjellen være signifikant. Er det signifikans mellom testene, så skal ikke forskjellen pr. definisjon være tilfeldig, men ha en forklarende årsak. Årsaken trenger ikke alltid være like lett å identifisere, og kan f. eks. skyldes avlesningsfeil, målefeil, endret driftsrutiner, endring i reguleringer som ikke er kjent, etc. Den lufttemperatur som er målt, sier ikke noe om hvordan elever opplever eventuelle lokale forhold i klasserommet slik som trekk fra vinduer/ventilasjon eller stråling fra varmekilder. Middelverdier (gitt i Tabell 5.1a-c) kan lett bli for generelle, derfor har vi valgt og kommentere opplysninger om variasjoner og standardavvik i tallmaterialet.

5.1.6.1 Utetemperatur og "værforhold"

Hvis utetemperatur varierer mellom før- og ettertestene vil dette kunne gi utslag på andre registrerte parametre, og da hovedsakelig på relativ luftfuktighet og tilluftstemperatur, spesielt når denne reguleres etter en uteføler. For gulv-, rom- og temperaturgradient vil innflytelsen være minimal. Unntak vil være der hvor det er en kombinasjon av lav utetemperatur og bygningskonstruksjon med kuldebroer eller utette vinduer som har en dårlig U-verdi. Da vil det kunne oppstå trekk og strålingstemperaturer som innvirker på elevenes opplevelse av det termiske miljø.

I Gruppe 1 er det ikke noen signifikant endring i utetemperatur for skolene i eksperimentkategorien mellom testene (Bø har størst endring, med en nedgang på i overkant av 5°C). Utetemperatur for de "gode" kontrollskolene var høyere* i 1995

enn i 1994 (Brandbu har en økning på ca 12 °C). I de “dårlige” kontrollskolen var det ingen signifikant endring mellom testene.

Eksperimentskolene i Gruppe 2 hadde samlet høyere** utetemperatur i 1996 enn i 1995. Endringen er på ca. 3 °C for alle skolene, som fordeler seg med en økning på Lillehammer og Vågsbygd og reduksjon på Nærbø. Alle kontrollskolene hadde lavere** utetemperatur i 1996 enn i 1995. For Tranberg (kontroll “god”) er reduksjonen på utetemperaturen ca. 7 °C mellom før- og ettertesten. Disse målinger av utetemperatur som er utført for de ulike skolene samsvarer godt med de meteorologiske data vi har innhentet (Vedlegg F).

5.1.6.2 Tilluftstemperatur

Temperatur på ventilasjonsluften inn til klasserommene har ingen endringer for eksperimentskolene i Gruppe 1 etter rehabilitering. I førtesten er det kun to av eksperimentskolene hvor det er målt tilluftstemperatur. Dette fordi den tredje av skolene i denne kategorien ikke hadde lufttilførsel til klasserommet før rehabilitering. For de “gode” kontrollskolene var det heller ingen markert endring i tilluftstemperaturen fra 1994 til 1995. Kontroll “dårlig” har ikke lufttilførsel i klasserommet.

I Gruppe 2 er det ingen endringer på eksperimentskolene, mens det derimot er endringer i begge kategoriene for kontrollskolene fra 1995 til 1996. For de “gode” kontrollskolene er det nedgang** mens de “dårlige” kontrollskolene har en liten økning*.

Standardavviket på målingene for eksperimentskoler i Gruppe 1 endres fra 0,9 °C til 1,3 °C etter rehabilitering. Kontroll “god” i Gruppe 1 har endring i standardavvik på 0,2 °C (fra 1,9 - 1,7 °C). I Gruppe 2 har eksperimentskolene endring i standardavviket fra 5,9 til 1,2 °C. Kontroll “god” i Gruppe 2 har standardavvik på under 0,2 °C.

En variasjon på tilluftstemperatur på mer enn 0,5 til 1 °C bør ikke forekomme innenfor skoletiden. Dette gjelder spesielt for de rehabiliterte skolene som bør ha det nyeste utstyret innenfor reguleringsteknikk. På måletidspunktet var de fleste skolene nettopp overlevert eller ennå ikke overlevert, slik at “barnesykdommer” mht. innreguleringer fortsatt forekom.

5.1.6.3 Romtemperatur

Romtemperaturen er den lufttemperatur som er registrert midt i klasserommet i en høyde av 1.1m. For Gruppe 1 er det kun kontrollskolene som har markerte endringer mellom testene. For kontroll “god” er det en økning* i romtemperaturen, mens kontroll “dårlig” har en nedgang*. For skolene i eksperiment og kontroll “god” er spredningen av måleresultatene omtrent uendret i ettertest. Kontroll “dårlig” har en endring i standardavviket på 0,4 °C (fra 1,5 til 1,1 °C).

I Gruppe 2 er det ingen store endring i middelværdi for eksperimentskolene eller for de “dårlige” kontrollskolene mellom testene. Standardavviket endres fra 1,4 til 1,0 °C for eksperimentskolene. For kontroll “dårlig” endres standardavviket fra 1,8 til 1,5 °C. For de “gode” kontrollskolene er det en reduksjon** i romtemperatur fra 1995 til 1996. Standardavviket på målingene her er små både i før- og ettertesten, med 0,6 til 0,7 °C.

De endringene som er registrert mellom før- og ettertesten både for Gruppe 1 og for Gruppe 2 kan vi anta er normale variasjoner som er avhengige av temperaturinnstillinger, reguleringsmuligheter, solinnstråling etc.

5.1.6.4 Gulvtemperatur

Gulvtemperatur er registrert midt i klasserommet i en høyde av 0.1 m. For skolene i Gruppe 1 er det kun kontroll “dårlig” som har en registrert nedgang* mellom testene. De andre kategoriene viser ingen markerte endringer mellom testene. Spredningen av resultatene er blitt endret for de rehabiliterte skolene med et standardavvik som øker fra 1,2 til 1,4 °C. Også kontroll “god” har en større spredning i ettertesten. Standardavviket endres fra 1,0 til 1,3 °C. For kontroll “dårlig” er spredningen uendret med et standardavvik på ca. 1 °C.

Gruppe 2 har signifikante endringer i gulvtemperatur fra 1995 til 1996 for alle kategoriene. For eksperimentsskolene er det en registrert nedgang** i gulvtemperaturen. Kontroll “god” rommene har også nedgang**, mens de “dårlige” kontrollrommene har en mindre økning* i gulvtemperaturen. Målingene i eksperimentsskolene har en mindre spredning, hvor standardavviket er redusert fra 1,5 til 0,8 °C. Kontroll “god” har en enda sterkere forbedring på målevariasjonen. Her går standardavviket fra 0,8 til 0,4 °C. Dette har sammenheng med mer stabil tilluftstemperatur som et resultat av bedre reguleringer.

5.1.6.5 Temperaturgradient

Temperaturgradient er differansen mellom rom- og gulvtemperatur. Differansen i lufttemperatur i 1.1 m og 0.1 m høyde over gulvet skal være mindre enn 3 °C [17]. Endringer både som et gjennomsnitt for alle registreringene i hver klassesstime over måleperioden, og som en snittverdi for den maksimalverdi som er registrert i hver klassesstime, er blitt undersøkt.

Fra 1994 til 1995 i Gruppe 1 er det ikke registrert endringer for den midlere temperaturgradient på eksperimentsskolene. For Gruppe 1 er det kun 2 rom som har en gjennomsnittlig temperaturgradient i måleperioden som er høyere enn 1,5 °C. En av skolene har en signifikant endring som skyldes en lavere gulvtemperatur. Kontrollkategoriene viser en liten økning* for kontroll “god”, og en nedgang* for kontroll “dårlig” mellom testene. Derimot har maksimalverdien på temperaturgradienten blitt redusert** for eksperimentsskolene og for kontroll “dårlig” rommene. I kontroll “god” er det ingen endringer i maksimalverdien av temperaturgradienten mellom testene.

I Gruppe 2 er det endringer mellom testene for alle kategoriene på den midlere temperaturgradient. For eksperimentsskolene er det en økning** som hovedsakelig skyldes en endring på Lillehammer der temperaturgradienten endres fra 1 til 2 °C grunnet en lavere gulvtemperatur. Vågsbygd har en reduksjon fra i overkant av 2 °C til i underkant av 1,5 °C. Nærbø har små endringer med en gradient på ca 1,0 °C. Kontroll “god”** og kontroll “dårlig”* har reduksjon i temperaturgradienten med henholdsvis 1,7 - 1,2 °C og 2,1 - 1,7 °C. For kontroll “god” (Tranberg) skyldes det en redusert romtemperatur, og for skolene i kontroll “dårlig” en økning i gulvtemperatur.

Gjennomsnittlig verdi for den maksimale temperaturgradienten har ingen endring på eksperimentskolene, mens det er en reduksjon** for begge kontrollkategoriene fra førtest til ettertest.

5.1.7 Termisk komfort

Termisk komfort vil si at kroppen er i varmebalanse med de termiske parametre som har innflytelse på kroppen ut fra aktivitet og bekleddning. Definisjonen på termisk komfort er den tilstand der et menneske er tilfreds med de termiske omgivelser [26]. PMV-indeks (Predicted Mean Vote) ble utviklet av Fanger, og ble i 1984 en internasjonal standard for bedømmelse av termiske omgivelser [17].

PMV-indeks forteller hvordan snittet av en stor forsamling vil definere eller vurdere sin termiske tilstand ut fra en 7-punkts skala. Skalaen starter på 0 og går fra kaldt (-3) til varmt (+3). Ved en PMV-verdi på 0 (nøytral) vil et overveiende flertall (95%) av en større gruppe personer føle tilfredshet med den termiske komforten og være i likevekt med omgivelsene [27]. Forventet prosentdel misfornøyde betegnes som PPD-indeks, og beregnes ved hjelp av komfortligning ut fra målt PMV-indeks. PPD-indeksen kan aldri bli lavere enn 5%.

Termisk komfort er beregnet ut fra målinger av ulike parametre (lufttemperatur, strålingstemperatur, luftfuktighet eller vanddampens partialtrykk og lufthastighet) i løpet av en dag på to forskjellige punkter i hvert klasserom. I tillegg til de målte parametre velges også aktivitetsnivå og bekleddning for elevene i klasserommet. I prosjektet er det benyttet en aktivitetsfaktor på 1.2 met, og bekleddningsfaktor på 1.2 clo som konstanter i alle feltmålinger helt fra forprosjektet og gjennom hovedprosjektet. Dette tilsvarer en operativ temperatur på ca. $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Operativ temperatur er den temperaturen vi har når temperatur fra luft og flater er lik, og medfører samme varmegivelse fra mennesket som de faktiske omgivelsene. På bakgrunn av disse målingene beregnes en PMV-indeks med tilhørende PPD-indeks for hvert klasserom.

Siden vi har valgt å benytte en felles faktor for bekleddning, tilsvarende god norsk vinterbekleddning, vil denne kunne ligge for høyt når utetemperaturen stiger. Det vil være naturlig at elevene reduserer bekleddningen etter utetemperaturen. Ved stor forskjell på utetemperaturen mellom feltmålingene er det derfor sannsynlig at elevene har endrer sin bekleddning og vil føle rommet "for varmt". Dersom det termiske miljøet med de fysiske parametre i et rom gir varmebalanse for den menneskelige kropp ved en gitt aktivitet og bekleddning, oppstår det en ubalanse med opplevelse av "for kaldt" dersom f. eks. bekleddningen reduseres. Skal varmebalansen opprettes med den reduserte bekleddning, må de fysiske forholdene endres tilsvarende. Driftsansvarlig tar lite hensyn til elevers bekleddning når temperaturforholdene skal fastsettes. Dette styres oftest av en balanse mellom tilluftstemperaturen, romtemperaturen, temperatur på avtrekksluften og rommets oppvarmingskilder.

De PMV- og PPD-indeksene som er beregnet for hvert rom, endres kun mellom før- og ettertesten dersom noen av de målte parametrene endres mellom testene. Dersom PMV- og PPD-indeksene er endret skyldes dette *kun* endring i fysiske forhold, siden bekleddning og aktivitet er konstant og ikke påvirker beregningene. Termisk komfort med beregning av forventet %-andel misfornøyde (PPD-indeks) må kun oppfattes som

en indikasjon på endring av fysiske forhold. Elevers oppfattelse av endringene samsvarer med PPD-indeksen dersom de har en aktivitet og bekleddning som antatt. Ved å se på alle målte klasserom under ett, fordelt på de ulike kategorier, kan vi si noe om hvordan termisk komfort endres for kategoriene.

Resultatet for målingene viser at det ikke er signifikante forskjeller mellom testene for de ulike kategoriene. Skoler i kontroll “dårlig” har en høyere %-andel misfornøyde i begge gruppene. Eksperimentskolene har ikke målbare endringer mellom testene slik som vi gjerne kunne forventet. På den andre siden viser de ulike temperaturmålingene at de termiske forholdene ikke er blitt særlig endret mellom testene hverken for Gruppe 1 eller for Gruppe 2. Den korte måleperioden, med kun målinger i noen få timer for hvert klasserom som grunnlag for beregning av PMV-indeksen, gir kun en “øyeblikksverdi”. Denne øyeblikksverdien er sannsynligvis for unøyaktig for sammenligninger. Flere målinger over en lengre periode vil kunne gi mer utfyllende opplysninger om variasjon over tid.

Resultatene viser at selv i de “dårligste” skolene er ikke mer enn gjennomsnittlig 14 % av elevene misfornøyde. Noe som er veldig bra som dårligste resultat. Siden det ut fra individuelle forskjeller ikke er mulig å ha et termisk miljø som tilfredsstillende for alle vil det alltid være noen som er misfornøyde. Det er anbefalt at PPD-indeksen skal være under 10 % [17]. I Gruppe 2 ble det ikke målt noen klasserom med PPD-indeks over 20 %. For Gruppe 1 var det ett klasserom i kontroll “dårlig” med PPD-indeks på 30 %, resten av rommene var under 20 %.

5.2 Hovedtrekk helsesyntomer

Generelle bakgrunnsdata som kjønn, røykevaner, boligtype, husdyr m.m. samt frekvenstabeller over helse og arbeidsmiljø hentet fra elevenes besvarelse av det optimaliserte “Ørebro” spørreskjemaet er gitt i Vedlegg G. Bakgrunnsdata med gjennomsnittsverdier og signifikans er gitt i Vedlegg H.

Signifikante forskjeller¹ mellom testene er merket med * for $p < 0,05$ og ** for $p < 0,005$.

5.2.1 Opplevelse av egen helse siste 3 måneder (spørreskjema)

Besvarelsene om opplevelsen av egen helse de siste 3 måneder er gitt på en skala fra 1 til 3, hvor 3 angir høyeste grad av plage. Helsesyntomene er behandlet i faktoranalyse² som gir inndeling av symptomene i to faktorer:

Allmennsymptomer: hodepine, tung i hodet, trøtthet, svimmelhet, slapp/uvell og konsentrasjonsproblemer (Cronbach's alpha 0,57)

1 Analyser utført med “Oneway Anova”.

2 Faktoranalyse med Varimax rotasjon.

Slimhinnesymptomer tett nese, irritert rennende nese, forkjølelse, hoste og tørrhet i halsen (Cronbach's alpha 0,76)

Indeksene er beregnet som en samlet gjennomsnittsverdi ut fra de enkelte helsesyntomer som inngår.

For Gruppe 1 er det bare utført analyser av noen allmenne helseplager¹ før og etter rehabiliteringen. Spørreskjemaet ble som tidligere beskrevet (Kap. 3.3) endret fra 1994 til 1995. Men når det gjelder allmennsymptomer er ikke endringene så omfattende og analysene viser at det i eksperimentklassene er en signifikant nedgang* i omfanget av allmennsymptomer fra 1994 til 1995. I kontrollklassen "god" er det en signifikant økning* i opplevelsen av slike plager. For kontrollklassen "dårlig" i Gruppe 1 er det ingen endring mellom testene. Analyser av slimhinnesymptomer er ikke utført for Gruppe 1, p.g.a. mer omfattende endringer i spørreskjema (Kap. 3.3).

I Gruppe 2 er det ingen forandring i opplevelsen av allmennsymptomer fra 1995 til 1996 for noen av elevene. Når det gjelder slimhinnesymptomer opplever elever i kontrollklassen "god" en signifikant forbedring (nedgang) i slike plager de siste 3 måneder, ellers uforandret for de andre klassene.

I det modifiserte spørreskjemaet ble eleven bedt om å oppgi antall dager han/hun var plaget de siste to skoleuker, i tillegg til den ordinære angivelse av "aldri", "iblant" eller "ofte" plaget de siste 3 måneder. Analyser viser god sammenheng mellom svarene på spørsmål om hvor ofte eleven var plaget og antall dager eleven var plaget. Det er imidlertid noe variasjon mellom ulike helseplagene. Generelt sett viser "aldri" samsvar med ingen eller 1 dag, "iblant" samsvar med 2-3 dager og "ofte" plaget samsvarte med fra 4 til 10 dager. Det er ikke uventet størst variasjon i hva elevene mener med "ofte" plaget.

5.2.2 Opplevelse av egen helse "her og nå" (SPES)

SPES-testen inneholder selvrapporing av helseplager "her og nå". Elevene angir på en skala fra 0 til 5 om grad av plage, hvor 5 angir høyeste grad av plage.

Dataene er behandlet i faktoranalyse² som gir inndeling av symptomene i 3 faktorer:

Allmennsymptomer: hodepine, svimmelhet, trøtthet, kvalme, vondt lukt og konsentrasjonsproblemer (Cronbach's alpha 0,79)

1 Allmennsymptomer består her av *hodepine, tung i hodet, trøtthet, svimmelhet og konsentrasjonsproblemer*. På grunn av endringene i spørreskjemaet mellom før og ettertest for Gruppe 1 er det i testen benyttet en faktor skåre med middelverdi 0 og normert standard avvik.

2 Faktoranalyse med Varimax rotasjon.

Slimhinnesymptomer: smerte i brystet, hosteanfall, kortpustethet, neseirritasjon, rennende nese og irritasjon i svelget (Cronbach's alpha 0,81)

Øyesymptomer: øye irritasjon, rennende øyne og synsforstyrrelser (Cronbach's alpha 0,74)

Indeksene er beregnet som en samlet gjennomsnittsverdi ut fra de enkelte helsesympptomer som inngår.

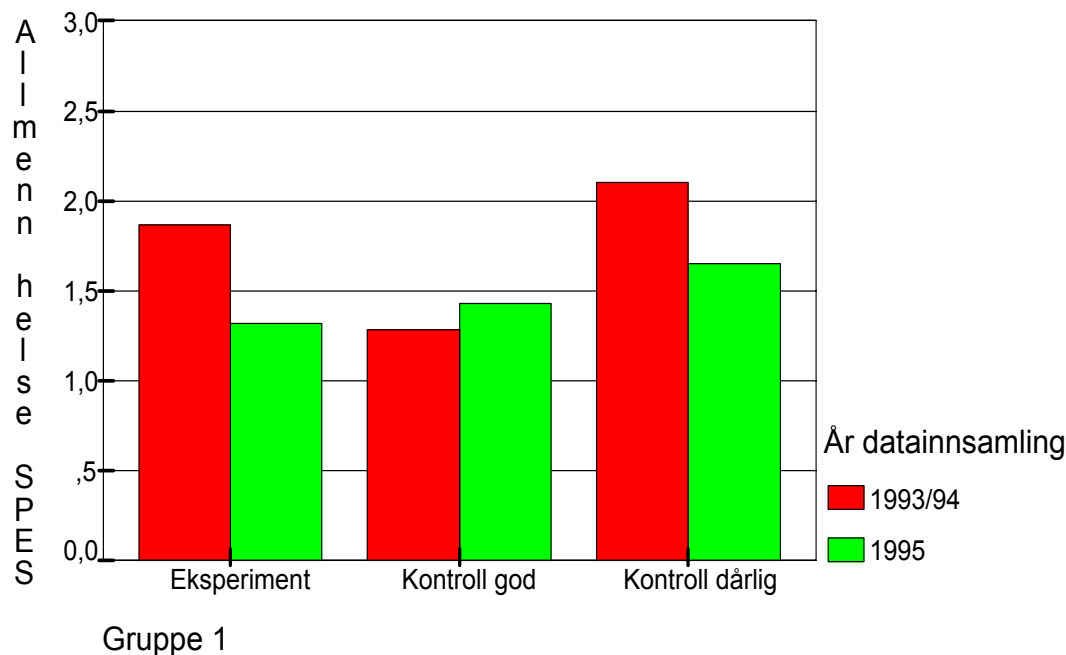
I GRUPPE 1 opplever elever i eksperimentklassene signifikant mindre plager "her og nå" både med hensyn til allmennsymptomer** og slimhinnesymptomer* etter rehabilitering. For elever i de "gode" kontrollklassene er det ingen signifikante endringer i allmennsymptomer eller slimhinnesymptomer fra 1994 til 1995. For elever i de "dårlige" kontrollklassene er de signifikant mindre plaget med allmennsymptomer* i 1994 i forhold til 1995, men uforandret når det gjelder slimhinnesymptomer. Det er ikke skjedd endringer i opplevelsen av øyesymptomer mellom testene i Gruppe 1.

Endringen i allmennsymptomer** for eksperimentklassene er signifikant også når det kontrolleres for endringene i kontrollgruppene¹. Ser en alene på besvarelsen av spørsmålet om *plaget med hodepine* er det en signifikant nedgang* i omfanget av plager for eksperimentklassene, mens det er en signifikant økning* for de "gode" kontrollklassene og uforandret for de "dårlige" kontrollklassene i Gruppe 1.

Bak gjennomsnittsverdiene av allmenne "her og nå" helseplager (vist i Figur 5.3) er det en høy prosentandel som ofte opplever slike plager. I eksperimentklassene i Gruppe 1 er det 57 % som er mye plaget² med tretthet før rehabilitering, redusert til 43 % etter rehabilitering. Videre er det 31 % av elevene som er ofte plaget av "vond lukt" før rehabilitering. Dette tallet er redusert til 9 % etter rehabilitering.

1 Analyser utført med "Oneway Anova post hoc Bonferroni test".

2 Svarkategoriene "temmerlig mye" + "betydelig" + "veldig, veldig mye", se Vedlegg H.



Figur 5□3 Gjennomsnittsverdi av allmennsymptomer “her og nå” for elevene Gruppe 1. Gradering gitt ved 0 = ikke plaget, 1 = litt plaget, 2 = noe mer plaget og 3 = temmelig mye plaget. Mørke søyler viser førtetest (93/94) og lyse søyler viser ettertest (95).

I GRUPPE 2 opplever elever i eksperimentklassene signifikant mindre “her og nå” plager med allmennsymptomer* og uendret for slimhinnesymptomer etter rehabilitering. For elever i de “gode” kontrollklassene er det ingen signifikant endring i slike allmennsymptomer eller slimhinnesymptomer undersøkelsene fra 1995 til 1996. For elever i de “dårlige” kontrollklassene er de signifikant mer plaget med allmennsymptomer** i 1996 i forhold til 1995, men uforandret når det gjelder slimhinnesymptomer. Det er ikke skjedd endringer i opplevelsen av øyesymptomer mellom testene i Gruppe 2.

Ser en alene på besvarelsen av spørsmålet *om plaget med hodepine* er det en signifikant nedgang* i omfanget av plager for eksperimentklassene, mens det er en signifikant økning* for de “dårlige” kontrollklassene og uforandret for de “gode” kontrollklassene i Gruppe 2. Dette er den samme forandringen som for allmennsymptomene generelt.

I eksperimentklassene i Gruppe 2 er det 55 % av elevene som er mye plaget¹ med tretthet før rehabilitering, redusert til 49 % etter rehabilitering. Videre er det er 24 % av elevene som er ofte plaget av “vond lukt” før rehabilitering, dette er redusert til 9 % etter rehabilitering.

1 Svarkategoriene “temmelig mye” + “betydelig” + “veldig, veldig mye”, se Vedlegg H.

5.3 Hovedtrekk arbeidsmiljø og sosialt miljø

5.3.1 Arbeidsmiljø

Spørreskjema: opplevelse av arbeidsmiljø siste 3 måneder

Besvarelsene av spørsmålene er gitt på en skala fra 1 til 3¹, hvor 3 angir høyeste grad av plage ved de ulike arbeidsmiljøforholdene. Endringer i spørreskjema fra 1994 til 1995 innebar to ekstra spørsmål knyttet til plager med solstråler og varme fra varmeapparat. Disse er ikke inkludert i faktoranalysen. Faktoranalysen² gir følgende inndeling:

“*Trekk/kulde*”: trekk, varierende temperatur, for lav temperatur og gulvkaldt
(Cronbach’s alpha 0,72)

“*Dårlig luft/for varmt*”: for høy temperatur, innestengt luft og tørr luft
(Cronbach’s alpha 0,57)

Indeksene er beregnet som en samlet gjennomsnittsverdi ut fra de enkelte arbeidsmiljøparametrene som inngår.

I GRUPPE 1 er elevene i eksperimentklassene mindre plaget etter rehabilitering enn før med trekk/kulde* og med dårlig luft/for varmt**. For elevene i de “gode” kontrollklassene oppleves det mer plager med alle disse forholdene (trekk/kulde** og dårlig luft/for varmt**) i ettertesten. Når det gjelder elever i de “dårlige” kontrollklassene opplever de mindre plager i ettertesten med dårlig luft/for varmt** og uforandret forhold med trekk/kulde.

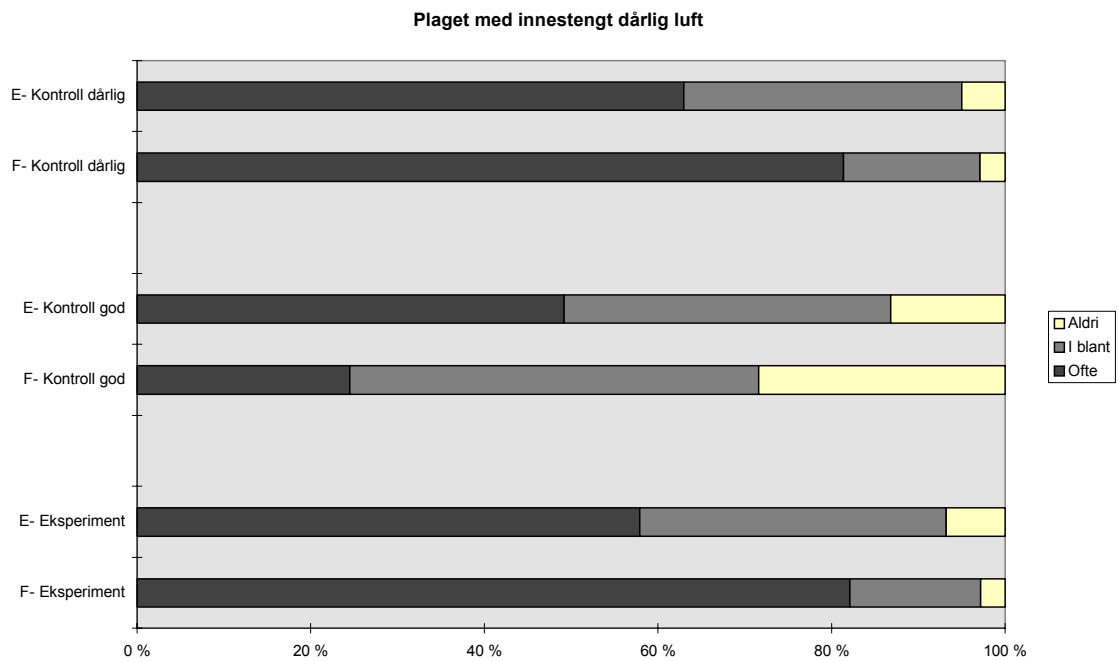
Støyplager* øker fra 1994 til 1995 for elevene i eksperimentklassene, og støvplagene* blir mindre. Det er ingen endringer for elevene i noen av kontrollklassene mellom testene.

For elevene i de “dårlige” kontrollklassene ser vi en signifikant nedgang i plager med passiv tobakksrøyking* i 1995 i forhold til undersøkelsen i 1994.

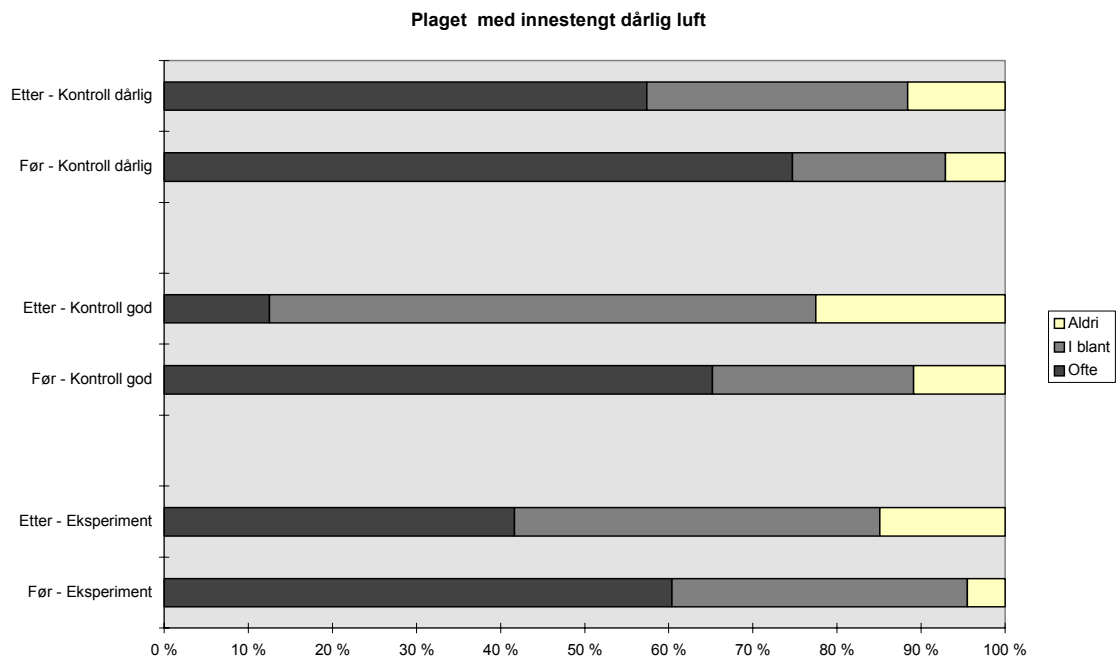
I eksperimentklassene i Gruppe 1 opplevde hele 82 % av elevene *ofte* plager med innestengt dårlig luft før rehabilitering. Etter rehabilitering opplevde 58 % av elevene *ofte* disse plagene (Figur 5.4).

1 Skalaen er vendt i forhold til skalaen i spørreskjemaet. Dette er gjort for å få samme fortegn på endringer som i forbindelse med helseplager.

2 Faktoranalyse med Varimax rotasjon.



Figur 5□4 Gruppe 1: Oversikt over prosentandel som har svart “ja ofte”, “i blant” og “aldri” på spørsmål om plaget med innestengt dårlig luft.



Figur 5□5 Gruppe 2: Oversikt over prosentandel som har svart “ja ofte”, “i blant” og “aldri” på spørsmål om plaget med innestengt dårlig luft.

I GRUPPE 2 er elevene i eksperimentklassene mindre plaget etter rehabilitering enn før, med dårlig luft/for varmt**. Plager med trekk/kulde er uforandret. For elevene i de “gode” kontrollklassene er det ingen forandringer fra 1995 til 1996. Når det gjelder elever i de “dårlige” kontrollklassene opplever de mer plager med trekk/kulde * i 1996 enn i 1995 og uforandret for plager med dårlig luft/for varmt.

Støyplager* øker fra 1995 til 1996 for elevene i kontroll “dårlig”.

Støyplagene** blir mindre for elever i kontroll “god” i 1996 enn i 1995.

Figur 5.5 viser prosentvis fordeling på svarkategoriene “ofte”, “iblant” og “aldri” i Gruppe 2 for plaget med innestengt, dårlig luft. Vi ser samme tendensen for Gruppe 2 som for Gruppe 1 (vist i Figur 5.4), men med et noe lavere nivå av “ofte plaget”. For kontroll “god” ser vi en markert nedgang i ofte plaget av innestengt, dårlig luft. Det er Tranberg som befinner seg i kontroll “god” og denne skolen ble rehabilitert i Gruppe 1 og er altså kontroll “god” i Gruppe 2. Den markerte nedgangen i plager kan skyldes at elevene har bedre referanse til opplevelsen de siste 3 måneder i ettertesten enn i førtesten. Førtesten ble utført rett etter ferdigstilt rehabilitering, med liten mulighet for vurdering av bygget de siste 3 månedene. Et ny-rehabilitert bygg vil samtidig ha en del avgassing som også har resultatert i en høy andel som ofte var plaget i førtesten.

På spørsmålet “Trives du godt på skolen ?” har elevene svart svært likt uansett hvilket inneklimatisk miljø de befinner seg i (Vedlegg G). Det er ca. 50 % av elevene som “ofte” trives godt på skolen, ca. 45 % som trives på skolen “av og til”, og ca. 3-5 % som “aldri” trives på skolen. Vi finner et unntak hvor over 80 % av elevene ofte trives godt på skolen, og dette er elever i “kontroll god” klassene i Gruppe 2. Dette er igjen Tranberg videregående skole, som ble rehabilitert i 1995. Økt trivsel blant elevene kan sees i sammenheng med rehabiliteringen.

På spørsmål om hvorvidt elevene tror inneklimate i skolen påvirker skoleprestasjonen er svarfordelingen: “Ja ofte” 41 %, “Ja av og til” 54 % og “Nei aldri” 5 %. Fordelingen er forholdsvis lik for elevene enten de befinner seg i eksperiment eller kontrollskoler. I spørsmålet er det ikke presisert hvorvidt elevene opplever at dårlig inneklimate gir dårligere prestasjon eller godt inneklimate gir gode prestasjoner.

5.3.2 Sosialt miljø

Spørreskjema: opplevelse av sosialt klima i klassen

Kartlegging av det sosialt klima er utført ved hjelp av “Olweus spørreskjema”. Elevene har besvart til sammen 26 påstander om klassens sosiale klima. Elevene angir grad av enighet/uenighet på en skala fra 1 til 6, hvor 6 gir mest negative svar og 1 mest positive svar¹. Det vil si at høyere tall samsvarer med dårligere sosialt klima.

Faktoranalyse² inndeler svarene i følgende faktorer:

Sosialt klima 1: “Uro og bråk i klassen”

1 Skalaen er vendt i forhold til skalaen for en del av spørsmålene i spørreskjemaet. Dette er gjort for å få samme fortegn på endringene.

2 Faktoranalyse med Varimax rotasjon.

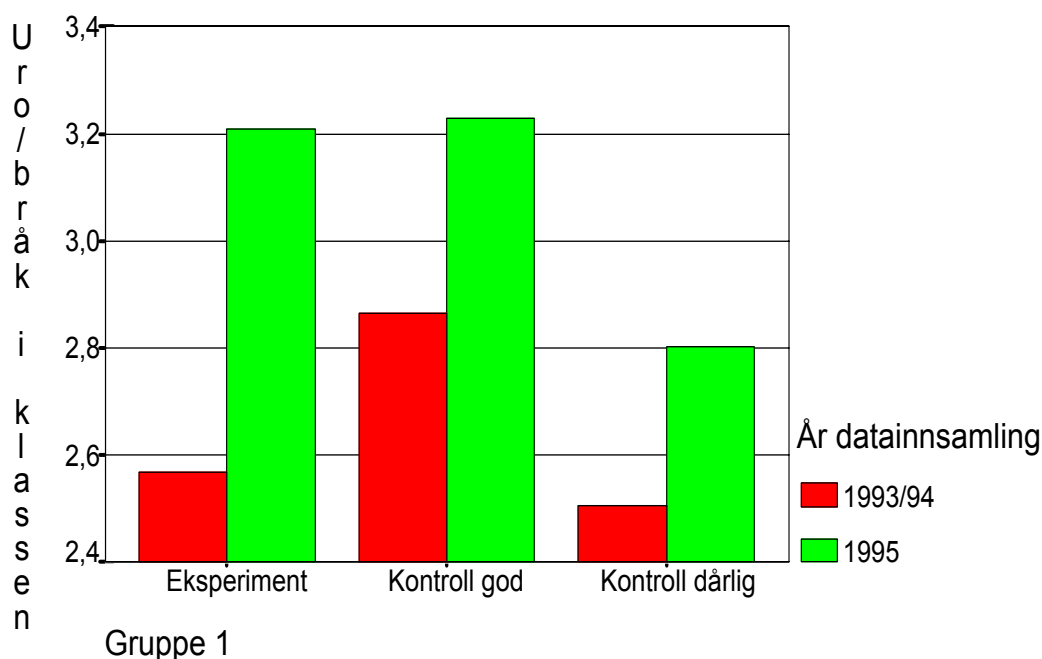
Sosialt klima 2: “Eleven oppfatter skolen som kjedelig”

Sosialt klima 3: “Eleven oppfatter læreren urettferdig/negativ”

Sosialt klima 4: “Eleven oppfatter seg selv bråkete”

Sosialt klima 5: “Mangel på omsorg og trivsel blant elevene i klassen”

Alle elever i GRUPPE 1 opplever signifikant mer bråk og uro i klassen (Figur 5.6), og oppfattelsen av læreren er mer negativ fra 1994 til 1995. Videre opplever elevene i eksperiment og kontroll “god” at skolen blir mer kjedelig, og at de selv bråker mer i 1995 enn i 1994.



Figur 5□6 “Uro og bråk i klassen” fordelt på eksperiment, kontroll “god” og kontroll “dårlig” i Gruppe 1. Y-aksen angir grad av misnøye, høyere verdi samsvarer med økt misnøye.

I GRUPPE 2 opplever elevene i kontroll “dårlig” signifikant mer bråk og uro i klassen og et mer negativt bilde av læreren fra 1995 til 1996. Uforandret forhold for alle de andre elevene mellom testene (figur ikke vist).

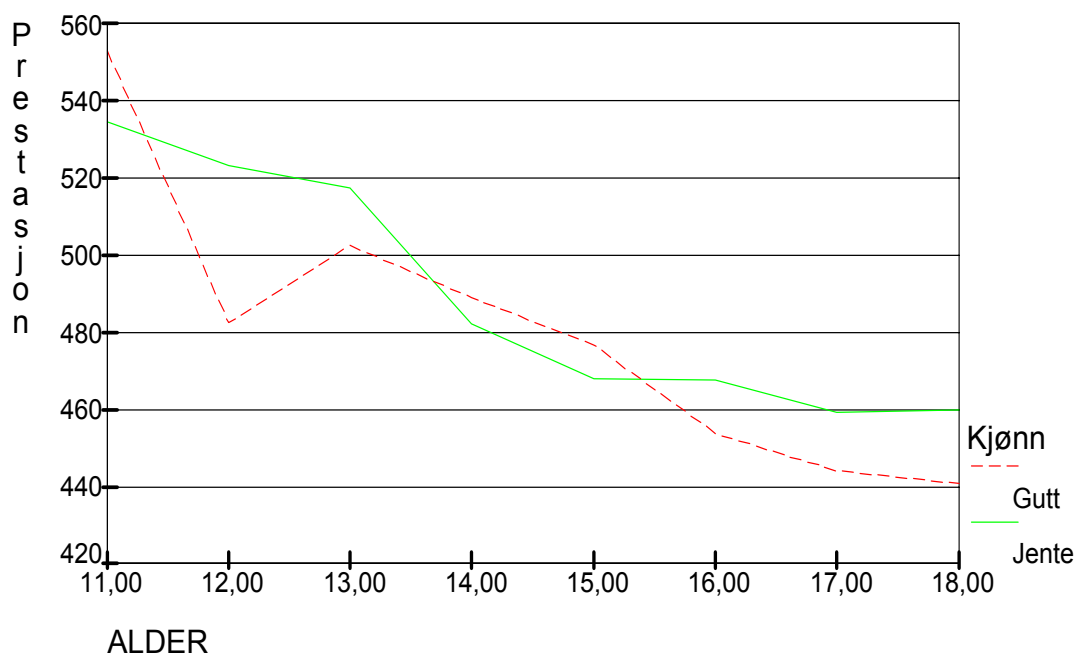
5.4 Hovedtrekk prestasjonsforhold

Undersøkelse av prestasjon og reaksjonstid ble foretatt med SPES-testprogram bestående av 3 tester:

- Test 1 enkel reaksjonstidstest
- Test 2 farge-ord test
- Test 3 reaksjonstidsvalg test

De tre testene inneholder forskjellige angivelser for reaksjon og årvåkenhet. Middell reaksjonstid for de tre tester er beregnet og brukes her som indeks på prestasjonen.

Analysen av statistikk er utført med "Oneway Anova".



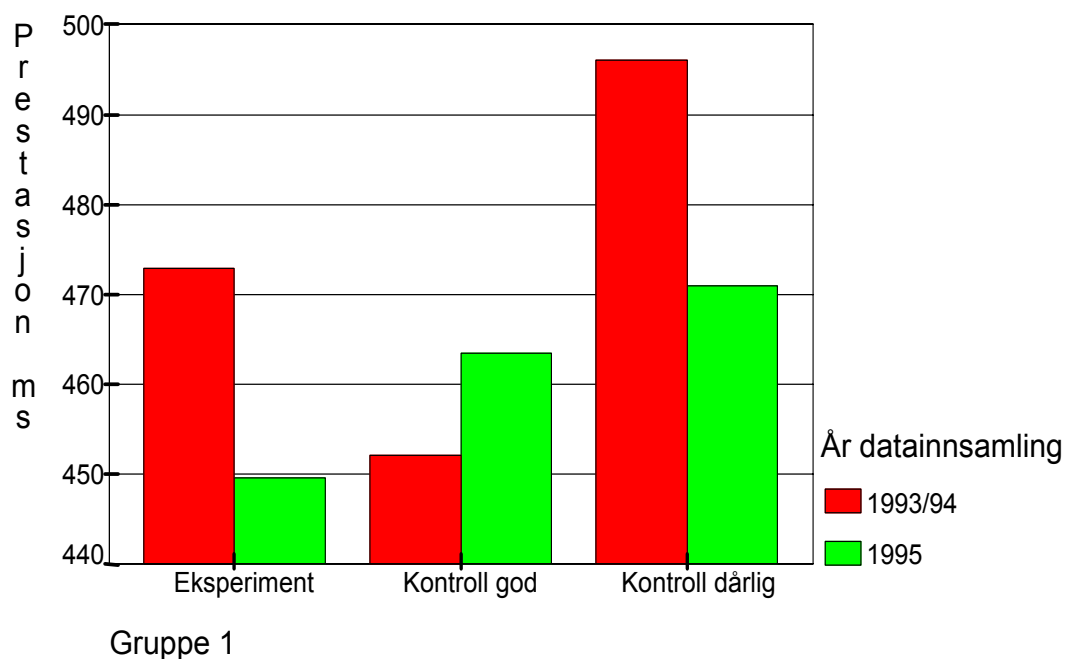
Figur 5.7 Sammenheng mellom prestasjon (ms) og alderen fordelt på gutter og jenter. Y-aksen angir reaksjonstid i millisekunder.

Figur 5.7 viser hvordan prestasjonen varierer med alder og kjønn. Det er viktig å presisere at alderen på elevene ikke er kjent, men at alderen er bestemt ut fra elevenes klassetrinn, hvor f. eks. elever i 5. klasse er gitt alderen 11 år, elever i 6. klasse 12 år osv. Det er en klar sammenheng som viser at yngre elever (< 16 år) presterer dårligere enn eldre elever (≥ 16 år). Det er et sammensatt forhold av alder, læring og endret fysisk miljø som utgjør forskjellene i prestasjon. Men analysene viser at aldersforskjellen er en mer fremtredende faktor for elever under 16 år, uansett hvilket miljø elevene befinner seg i.

Analysene viser videre at gutter totalt sett har signifikant bedre reaksjonstid enn jentene. Videre analyser av prestasjon er kun beregnet med elever fra og med 16 år, dette utgjør ca. 600 elever. Det kan ikke utelukkes at generell økende tilgang på PC'er i skoler og i hjemmet kan bety at elevene i perioden fra 1993/94 og frem til 1996 har fått en større fortrolighet med og øvelse i edb-spill. Dette kan ha forbedret prestasjonen. Ved å sammenlikne prestasjonen for hver aldersgruppe for de ulike år for de enkelte grupper i undersøkelsen fremgår det at det er en tendens til bedre prestasjon etter hvert. Denne forbedringen er imidlertid bare signifikant for 3 av de 7 grupper.

I Figur 5.8 ser vi at for elever i eksperimentklassene i Gruppe 1 er det forbedring* i prestasjonen etter rehabilitering. For elevene i kontroll "god" er det ikke signifikant endring mellom før og ettertest, derimot ser vi forbedring* for elevene i kontroll "dårlig" klassene fra før til ettertest. Endringene i eksperimentklassene er signifikante

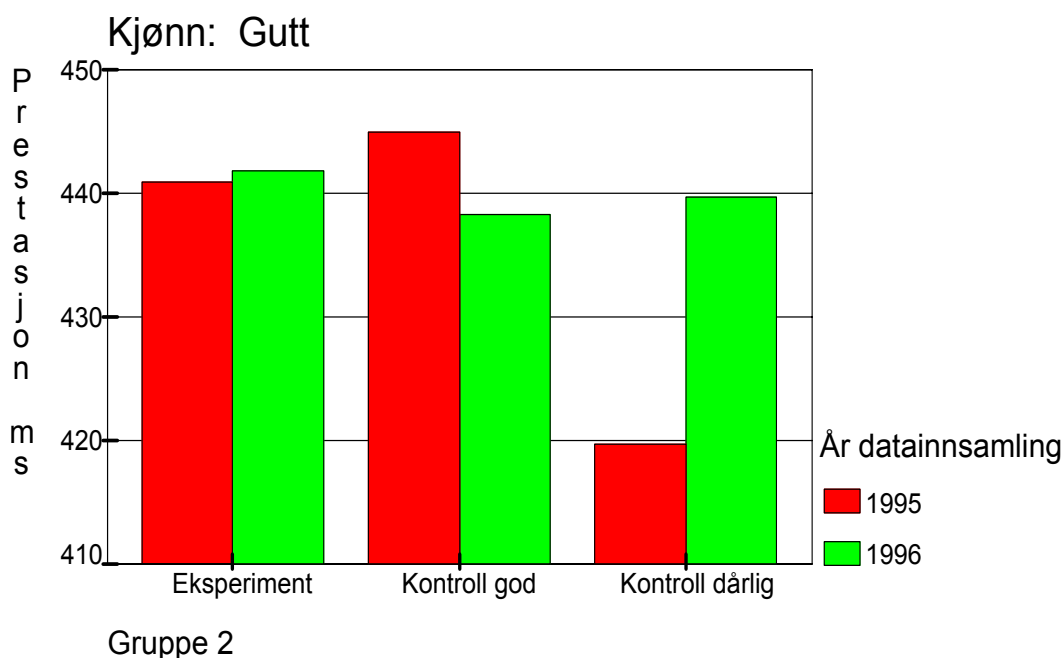
også når endringen justeres i forhold til endringene i kontroll “god” klassene. Endringene i eksperiment klassene er imidlertid ikke signifikante når de justeres i forhold til endringene i kontroll “dårlig”¹.



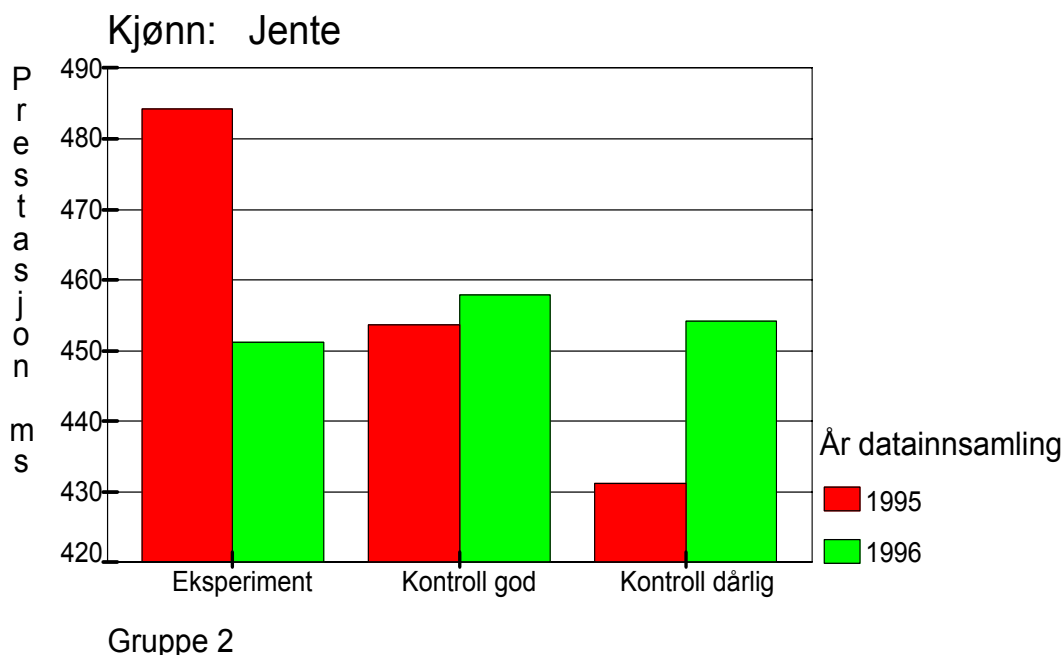
Figur 5.8 Prestasjon (ms) for elever i Gruppe 1 fordelt på eksperiment, kontroll “god” og kontroll “dårlig” klasser. Y-aksen angir reaksjonstid i millisekunder.

I Gruppe 2 er resultatene annerledes, for her finner vi ikke signifikante endringer mellom før og ettertest for noen av kategoriene. Imidlertid viser analyser at det er skjedd en signifikant forbedring av *jentenes* prestasjon i eksperimentklassene mellom før og ettertesten. Denne endringen er eneste signifikante endring mellom testene. Figur 5.9 viser prestasjon for guttene i Gruppe 2, og Figur 5.10 viser jentenes prestasjon i Gruppe 2.

¹ Analyser utført med “Onway Anova post hoc Bonferroni test”.



Figur 5□9 Prestasjon (ms) for gutter i Gruppe 2 fordelt på eksperiment, kontroll “god” og kontroll “dårlig” klasser. Y-aksen angir reaksjonstid i millisekunder.



Figur 5□10 Prestasjon (ms) for jenter i Gruppe 2 fordelt på eksperiment, kontroll “god” og kontroll “dårlig” klasser. Y-aksen angir reaksjonstid i millisekunder.

Undersøkelser av endringer fra før- til ettertest for hver av de enkelte prestasjonstestene er også utført. Det er spesielt deltest 2 (farge-ord test) og deltest 3 (reaksjonstidsvalg test) som gir markerte endringer mellom før- og ettertest. Endringene i deltestene samsvarer godt med de endringer funnet for prestasjonsindeksen samlet, med et unntak: Elever i eksperimentskolene i Gruppe 2 har signifikant forbedring fra 1995 til 1996 for

“farge-ord testen”, men ingen forbedring sett for prestasjonsindeksen samlet. Årsaker til at deltest 2 og 3 gir mer markante utslag enn deltest 1 kan være en “utmattelsesprosess” sammen med det faktum at de siste testene er noe “vanskeligere” enn den første testen. “Utmattelsen” kan være en følge av dårligere innelima, dette fordi de siste testene utføres i slutten av skoletimen og dermed også ofte under et høyere CO₂-nivå.

Forhold knyttet til prestasjonstestene blir videre behandlet i kapittelet om vurdering av metodeverktøy (Kap. 7) og i diskusjonen (Kap. 8).

5.5 Undersøkelser av helse, arbeidsmiljø og prestasjon for gruppen av elever fulgt på individnivå

Av ca. 800 elever er det 690 vi kan følge på individnivå. Av de 690 er det 236 elever som har besvart spørreskjema og deltatt på SPES test både i før og ettertest. Vi har undersøkt endringene i helse, arbeidsmiljø og prestasjon fra før til ettertest for denne gruppen (n=690) som kan følges på individnivå. Resultatene gitt som endringer mellom testene er oppgitt i Tabell 5.3.

Arbeidsmiljø: Undersøkelser som innbefatter elever som kan følges på individnivå viser de samme tendensene som totalt antall elever når det gjelder plager med arbeidsmiljøet. Unntaket i Gruppe 1 er at elevene (individnivå) i de “dårlige” kontroll klassene opplever signifikant økning i plager med trekk/kulde fra 1994 til 1995. Unntaket i Gruppe 2 er at elevene (individnivå) i de “gode” kontroll klassene opplever signifikant mindre plager med for dårlig luft/ for varmt fra 1995 til 1996.

Helse: Vi finner ikke de klare signifikante forbedringene i helsesyntomer hos “individ-elevene”, slik vi fant for elevene totalt.

Prestasjon: Når det gjelder prestasjon i Gruppe 1 finner vi forbedring av prestasjon hos “individ-elever” i eksperimentklassene, slik vi gjorde for alle elevene i eksperimentklassene i Gruppe 1. For “elever som følges på individnivå” i Gruppe 2 er det de samme forhold som for totalt antall elever.

Tabell 5.3 Signifikante endringer fra før til ettertest for “individ-elevene”.

	Gruppe 1			Gruppe 2		
	Eksperim.	K - god	K - dårlig	Eksperim.	K - god	K - dårlig
Allmennsymp. 3 siste mnd	x	x	x	-	-	-
Slimhinnesymp 3 siste mnd	x	x	x	-	-	-
Allmennsymp. “her og nå”	-	-	-	-	-	dårligere
Slimhinnesymp “her og nå”	-	-	-	-	-	-
Trekk/kulde	bedre	dårligere	dårligere	-	-	dårligere
Dårlig luft/ for varmt	-	dårligere	bedre	bedre	bedre	-
Prestasjon	bedre	-	-	-	-	-

- viser ingen signifikant endring/uforandret

x = ikke sammenlignet

6 Sammenheng mellom helse, arbeidsmiljø, prestasjon og fysiske forhold

Korrelasjonsanalysene¹ er utført for hele datamaterialet unntatt elever under 16 år, og kun med fysiske data som kan kobles på timer hvor SPES-testene er utført. Ikke lineære sammenhenger er behandlet separat. Korrelasjonstabellene er i gitt Vedlegg I.

PRESTASJON gir signifikant sammenheng med følgende fysiske målinger:

1. CO₂-konsentrasjon, hvor prestasjonen blir dårligere** ved høyere CO₂-konsentrasjon. Det er jentene som presterer signifikant* dårligere ved høyere CO₂ konsentrasjon. Guttenes prestasjon er ikke signifikant dårligere.
2. Termisk komfort (PMV og PPD-verdier), hvor prestasjonen blir dårligere ved dårligere termisk komfort**. Igjen er det jentenes prestasjon som blir mest påvirket av den termiske komforten**. Men guttene presterer også signifikant dårligere ved dårlig termisk komfort*. Elevenes prestasjon blir dårligere både ved for kaldt og for varmt termisk komfort. Det beste prestasjonsresultatet fremkommer ved PMV-verdi fra 0,0 til ca. 0,2.

I tillegg er det sammenheng mellom prestasjon og opplevelse av egen helse “her og nå”** og med allmennsymptomer siste 3 måneder**, hvor økte helseplager korrelerer med dårligere prestasjon. Videre finner vi sammenheng også mellom prestasjon og opplevelse av trekk/kulde**.

ALLMENNSYMPTOMER “her og nå” gir signifikant sammenheng med følgende fysiske målinger:

1. CO₂-konsentrasjon, hvor elevene opplever økt allmennsymptomer** ved høyere CO₂-konsentrasjon
2. Romtemperaturen, hvor elevene opplever økt allmennsymptomer** ved høyere romtemperatur
3. Gulvtemperaturen, hvor elevene opplever økte allmennsymptomer* ved både for lave og for høye gulvtemperaturer. Elevene opplever minst grad av helseplager “her og nå” ved gulvtemperaturer fra ca. 17,5 til 19 °C.
4. Termisk komfort (PPD-indeks), hvor elevene opplever økte allmennsymptomer** ved dårligere termisk komfort. Dette er imidlertid bare tilfellet for guttene, jentene har ikke signifikant økte allmennsymptomer ved dårligere termisk komfort. Guttene opplever økte helseplager “her og nå” både ved for kaldt og for varmt termisk komfort. Lavest opplevelse av plager fremkommer ved PMV-verdi fra 0,0 til ca. 0,2.

¹ Analyser av sammenhenger mellom fysiske målinger og helse/arbeidsmiljø/prestasjon er utført med “Bivariat enhalet korrelasjonsanalyser”, og analyser av sammenhenger mellom helse, arbeidsmiljø, prestasjon og sosialt miljø er utført med “Bivariat tohalet korrelasjonsanalyser”.

I tillegg er det sammenheng mellom allmennsymptomer “her og nå” og opplevelse av arbeidsmiljøet (trekk/kulde** og dårlig luft/for varmt**). Og vi finner også sammenheng mellom allmennsymptomer “her og nå” og annen opplevelse av egen helse (allmennsymptomer siste 3 måneder**, slimhinnesymptomer “her og nå”**).

Plager med TREKK/KULDE korrelerer med tilluftstemperatur. Elevene opplever mindre plager med trekk/kulde ved høye og ved lave tilluftstemperatur. Lavest grad av plage opplever elevene ved ca. 21 °C eller ved 15, 5 °C, og høyest grad av plage ved ca. 18 °C. Dette samsvarer ikke med forventet sammenheng.

Plager med DÅRLIG LUFT/FOR VARMT viser sammenheng med følgende fysiske målinger:

1. CO₂-konsentrasjonen, hvor elevene opplever økte plager av dårlig luft/for varmt** ved høyere CO₂-konsentrasjon
2. Romtemperaturen, hvor elevene opplever økte plager av dårlig luft/for varmt** ved høyere romtemperatur
3. Gulvtemperaturen, hvor elevene opplever økte plager av dårlig luft/for varmt** ved for lave og for høye gulvtemperaturer. Elevenes opplever minst grad av plage ved gulvtemperaturer fra ca. 18 til 20 °C.
4. Termisk komfort (PMV- og PPD-verdier), hvor elevene opplever økte plager av dårlig luft/for varmt** ved dårligere termisk komfort. Elevene opplever økte plager både ved for kald og for varm termisk komfort. Elevene opplever minst plager ved PMV-verdi fra 0,1 til ca. 0,5.

SOSIALT KLIMA (fra Olweus spørreskjema) viser sammenheng med flere helse og arbeidsmiljøfaktorer, men de sterkeste positive sammenhengene er:

1. Sosialt klima 2 (skolen er kjedelig) med allmennsymptomer “her og nå” og allmennsymptomer siste 3 mnd.
2. Sosialt klima 3 (oppfattelse av læreren som urettferdig og negativ) med allmennsymptomer siste 3 mnd.

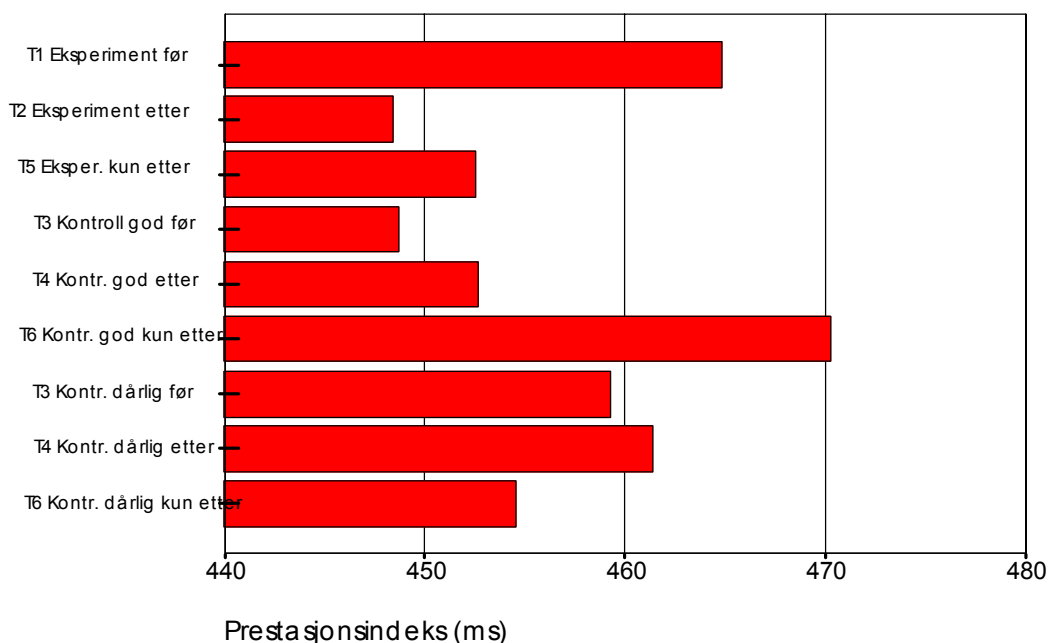
7 Vurdering av prosjektets design og metodeverktøy

7.1 Vurdering av prosjektets design

Prosjektet er utført som et kvasieksperiment, med et nonekvivalent kontrollgruppe design etter modell av et modifisert “Solomons firegruppe design” [11, 12]. Dette innebærer en før- og etterundersøkelse for både eksperiment og kontrollklasser, i tillegg har designet et sett kontrollklasser for kontroll av testoppsettet og elevenes biologiske modning. Sistnevnte klasser testes kun i ettertest.

Ideelt sett burde utvelgelsen av elever ha vært helt tilfeldig, men elever er som kjent samlet i en klasse. Elever i en klasse kan innbyrdes påvirke hverandre i oppfatning av, og respons på, de eksperimentelle betingelsene. I forhold til elevenes oppfatning av innemiljøspørsmål i spørreskjemaet kan denne felles påvirkningen ha en viss betydning, men i forhold til reaksjonstidstesten og til dels oppfatning av helsetilstand “her og nå”, vurderer vi denne innbyrdes påvirkningen til å ha mindre betydning.

Figur 7.1 viser prestasjonsindeks fordelt på de enkelte gruppene som inngår i prosjektets design. I tillegg er kontrollklassene oppdelt etter antatt “godt” eller “dårlig” inneklima.



Figur 7□1 Prestasjonsindeks fordelt etter grupper i prosjektets design. Utvalget består av elever 16 år og eldre (Gruppe 1 og Gruppe 2 samlet).

Tabell 7.1 Signifikante forskjeller på prestasjonsindeks mellom de ulike gruppene i prosjektets design som er vist i Figur 7.1 er oppført med “*”. Grupper hvor det ikke er innbyrdes signifikant forskjell er vist med “-”.

Prestasjon	'T1 Eksp. før	'T2 Eksp. etter	'T3 Kontroll god før	'T3 Kont. dårlig før	'T4 Kontroll god etter	'T4 Kontr. dårlig etter	'T5 Eksp. kun etter'	'T6 Kont. god kun etter
'T2 Eksperiment etter'	*							
'T3 Kontroll god før'	*	-						
'T3 Kontroll dårlig før'	-	-	-					
'T4 Kontroll god etter'	-	-	-	-				
'T4 Kontroll dårlig etter'	-	*	*	-	-			
'T5 Eksperiment kun etter'	*	-	-	-	-	-		
'T6 Kontroll god kun etter'	-	*	*	-	-	-	-	
'T6 Kontroll dårlig kun etter'.	-	-	-	-	-	-	-	*

Utgangspunktet er en hypotese om at rehabiliteringen vil medføre en forbedring av *prestasjonsevnen* for eksperiment klassene [11]. Det er skjedd en signifikant forbedring av prestasjonen fra før (T1) til ettertest (T2) som forventet. Det fremgår videre at den eksperimentgruppen som bare har deltatt i testen etter rehabiliteringen (T5) har en prestasjon som er tilnærmet lik (T2). Det er liten aldersforskjell mellom T1 og T2. Elevene i T5 er signifikant eldre. *Dette understøtter hypotesen om at endringen i prestasjonen skyldes rehabiliteringen og ikke er et uttrykk for læring eller modning.* Prestasjonen forbedres med økende alder og gutter presterer generelt bedre en jenter i testen (kap. 5.4.). Det er signifikant flere jenter i T2 enn i T1, mens T5 ligger midt imellom.

Elevene i kontrollgruppen med antatt bra innelima presterer som forventet ikke signifikant forskjellig fra før (T3 god) til ettertesten (T4 god). Det er liten forskjell på kjønnsfordelingen mellom gruppene, men alderen er signifikant høyere i ettertesten. Elevene i kontrollgruppen med antatt “godt” innelima som bare har deltatt i ettertesten (T6 god) presterer imidlertid signifikant dårligere enn de to forrige grupper (T3 god og T4 god). En forklaring kan være at det er signifikant flere jenter i T6 (god).

Elevene i kontrollgruppen med antatt “dårlig” innelima presterer som forventet heller ikke signifikant forskjellig fra før (T3 dårlig) til ettertesten (T4 dårlig). Elevene i kontrollgruppen med antatt dårlig innelima som bare har deltatt i ettertesten (T6 dårlig) presterer ikke signifikant forskjellig fra de to forrige grupper. Det er liten forskjell på fordelingen av jenter og gutter mellom de tre grupper. Alderen er signifikant høyere i begge ettertest grupper (T4 dårlig og T6 dårlig) enn i førtest gruppen (T3 dårlig).

Endringene i helseindeksen for *allmennsymptomer* “her og nå” viser i store trekk samme bildet som for prestasjonsindeksen. Eneste unntak er at kontroll “god” som bare har deltatt i ettertesten (T6 god) ikke er signifikant forskjellig fra de to andre grupper i kontroll god (T3 og T4) som den var det i prestasjonstesten. Dette understøtter hypotesen at *rehabiliteringen har effekt også på opplevelsen av allmenn helsetilstand.*

Testene (undersøkelsene) i seg selv og interaksjonen mellom testen og rehabiliteringen har hatt liten effekt på resultatene i forhold til effekten av selve rehabiliteringen. Dette

gjelder både for prestasjon og for opplevelsen av allmenn tilstanden "her og nå". De andre effekter på elevenes opplevelse av helse og arbeidsmiljø er ikke undersøkt ut fra gruppene i prosjektets design, da prestasjon og allmennsymptomer ut fra de tidligere resultater har vist seg å være de mest interessante.

7.2 Vurdering av prosjektets metodeverktøy

7.2.1 Fysiske måleinstrumenter

Måleoppsett for fysiske målinger, samt utfyllende beskrivelse av måleutstyret, metoder og nøyaktighet foreligger i to egne rapporter [15, 16]. Her vil vi derfor kun omhandle vurdering av metode for flyktige organiske forbindelser, samt en liten kommentar til termisk komfort.

Flyktige organiske forbindelser: Ved prosjektstart var det stor usikkerhet knyttet til valg av målemetoder for kartlegging. Skulle det måles på enkeltkomponenter (VOC), eller total mengde av flyktige organiske forbindelse (TVOC). Hvilke adsorbenter var best egnet for måling og hvilke analysemetode var mest nøyaktig. Helsedirektoratet hadde retningslinjer for total mengde av flyktige organiske forbindelser på $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men gav ingen anbefalinger om målemetoder [23]. *I prosjektet ble det innsamlet data av TVOC, og ikke enkeltkomponenter.* Etter prosjektets start har det vært stor forskningsaktivitet vedrørende VOC og helseeffekter knyttet til enkeltkomponenter. I EU-regi (ECA-WG13) har en arbeidsgruppe sett på "total mengde av flyktige organiske forbindelser" som indikator på tilstedeværelse av ulike enkeltkomponenter av VOC, mht. helse- og komforteffekter ut fra eksponering. Resultatene viser at TVOC bør måles med adsorbenter og analyseres med GC-MS, hvor *enkeltkomponentene* blir identifisert [28].

Termisk komfort: Måling av termisk komfort (PMV og PPD-indekser) bør foretas over lengre tid enn en dag, slik som det ble gjort i prosjektet.

7.2.2 Spørreskjema og selvrapporingsskjema

I spørreskjemaet spørres det etter arbeidsmiljøplager og helseplager opplevd siste 3 måneder. Undersøkelsene etter rehabilitering i eksperimentsskolene er utført svært opp til ferdigstilling av rehabiliteringen. Dette medfører at elevene ikke har spesielt godt grunnlag for å bedømme arbeidsmiljø- og helseplager de siste 3 månedene i det nyrehabiliterede bygget. Sannsynligvis burde det vært spurt om "plager siste måned" for alle elevene i hele prosjektet.

Undersøkelsene våre viser klare resultater ved spørsmålsstilling av plager "her og nå". Det er imidlertid klart at dette bare gir "øyeblikksverdier", men disse verdiene er muligens lettere å angi enn spørsmål om helsetilstand siste 3 måneder. "Her og nå"-spørsmålene kan sammenlignes direkte med de målte fysiske forholdene i klasserommet, og dermed gi et øyeblikksbilde av tilstanden.

7.2.3 Prestasjonstest (SPES)

Prestasjonstestene benyttet i dette prosjektet er som tidligere nevnt ikke validert for undersøkelser av innemiljøet for elever i skoler. Prestasjonstestene har vist seg å ha metodiske "svakheter" vedrørende alder og kjønn. Videre er det mulig at økende PC tilgang generelt kan hatt innflytelse på elevenes prestasjon i testene.

Resultatene viser at yngre elever (< 16 år) presterer dårligere enn eldre elever (≥ 16 år). Forbedring i prestasjon er et sammensatt forhold av alder, kjønn, læring og endret fysisk miljø. Men analysene viser at aldersforskjellen er en mer fremtredende faktor for elever under 16 år, uansett hvilket miljø elevene befinner seg i, og at gutter totalt sett har bedre reaksjonstid enn jentene.

Det kan ikke utelukkes at generell økende tilgang på PC'er i skoler og i hjemmet kan bety at elevene i perioden fra 1993/94 og frem til 1996 har fått en større fortrolighet med og øvelse i EDB-spill. Dette kan ha forbedret prestasjonen. Ved å sammenlikne prestasjonen for hver aldersgruppe for de ulike år og for de enkelte grupper i undersøkelsen er det en tendens til bedre prestasjon etterhvert. Analysene viser en generell økning i prestasjonsevne fra undersøkelsene i 1993/94 og frem til 96, under ellers ensartete betingelser som alder, kjønn og tilhører samme eksperimentell kategori (god, dårlig, før, etter).

7.2.4 Kvalifisert Skjønn Modellen (KSM)

Hensikten med å ta i bruk kvalifisert skjønn modellen KSM var å benytte et felles vurderingssystem for parametre og forhold som er særlig viktig for kvaliteten av innemiljøet i skoler. Grenseverdiene i dette systemet er ikke allment gyldige kvalitetskrav, men har vært et grunnlag for prosjektets arbeidshypotese.

KSM består av følgende parametre:

KSM 1 Uteluft/friskluftinntak, KMS 2 Tettbodhet, KMS 3 Tobakksrøyking inne, KMS 4 Andre forurensningskilder inne, KMS 5 Temperatur, KMS 6 Luftfuktighet, KMS 7 Lukt, KMS 8 Loddenhetsfaktor, KMS 9 Renhold, KMS 10 Ventilasjon, (KMS 11 Dyrehold inne), KMS 12 Byggets historie.

7.2.4.1 Samsvar mellom KSM og fysiske målinger

Tettbodddhet (KSM 2), temperatur (KSM 5) og luftfuktighet (KSM 6) er parametre som skåres ut fra egne skåringstabeller, som er basert på fysiske målinger. Sammenligninger mellom målte fysiske verdier og skårverdiene er av denne grunn ikke meningsfylt. I skårssystemet er også KSM 10 (ventilasjon) gitt en egen skårtabell, men denne er ikke benyttet i prosjektet. KSM 10 ble skåret på bakgrunn av kvalifisert skjønn vurdering av forhold som type ventilasjonssystem, filtertyper, kortslutningsmuligheter, renhold, inspeksjon, drift og vedlikehold, opplæring. Dermed kan KSM 10 sammenlignes med de reelle målinger av luftskifte og CO₂ som er påvirket av ventilasjonen.

Resultater av sammenheng¹ mellom KSM og de fysiske målingene er utført med “Oneway Anova” og resultatene er vist i Tabell 7.2. Resultatene viser at KSM 4 (forurensninger inne), KSM 7 (lukt) og KSM 10 (ventilasjon) alle har en klar sammenheng med CO₂** og luftskifte**. Ved økende skårverdi på f. eks. KSM 10, så øker også målt CO₂, og målt luftskifte minker. Tilsvarende for forurensninger inne og lukt. Dette gir fornuftige sammenhenger.

KSM 8 (loddenhetsfaktor) samvarierer med målt CO₂ og luftskifte. Dårligere KSM 8 skårverdi samvarierer med høyere CO₂ konsentrasjon og lavere luftskifte. Denne samvariasjonen mellom forhold som ikke påvirker hverandre direkte kan muligens forklares ut fra at klasserom som er blitt rehabilitert, har fått bedre forhold generelt og lavere loddenhetsfaktor. Dette kan også forklare samvariasjonen mellom KSM 12 (byggets historie) og de fysiske målingene.

Over 82 % av de målte verdiene av relative luftfuktighet (gjennomsnittsverdier) ligger innenfor området 20-40 % RF og det er dermed vanskelig å vurdere om endringer fra f. eks. 21 til 27 % er “riktig” eller “feil” i forhold til forventet. Derfor gir det liten mening å kommentere de signifikante sammenhengene som er funnet mellom målt RF og andre KSM parametre. Dette gjelder også til dels for målt rom- og taktemperatur.

Tabell 7.2 Sammenheng mellom fysiske målinger og KSM parametre

F = feil vei i forhold til forventet, R = riktig vei i forhold til forventet, I = innenfor normalområdet, parentes indikerer at det ikke direkte er sammenheng, * p < 0,05 ** P < 0,005

KSM	CO2	Luft skifte	RF	Person antall	Gulv temp.	Rom temp.	Tak temp.	Temp. gradient	Tilluft temp.	PPD
1	-	-	-	-	-	-	(I) *	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	R **	R **	I **	-	-	-	-	-	-	-
7	R **	R **	I **	-	-	I *	-	-	-	(R)*
8	(R) **	(R) *	I *	-	(F) **	I *	I *	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	R **	R **	I **	-	-	-	-	-	-	(R) *
12	R *	R *	-	-	-	-	I *	R *	-	-
Snitt	R **	R **	I **	-	F *	-	-	-	-	-

KSM: 1 uteluft/friskluftinntak, 3 tobakksrøyking inne, 4 andre forurensningskilder inne, 7 lukt, 8 loddenhetsfaktor, 9 renhold, 10 ventilasjon, 12 byggets historie.

7.2.4.2 Samsvar mellom KSM og helse/arbeidsmiljø

KSM er også vurdert ut fra elevenes besvarelser om helse og arbeidsmiljø, samt ut fra elevenes prestasjonstest.

¹ Analyser utført med “Oneway Anova”.

Tabell 7.3 viser signifikante sammenhenger¹ mellom elevenes besvarelser/prestasjon og skåringsverdiene i KSM. Vi finner fornuftige sammenhenger mellom flere KSM-parametre og elevbesvarelser, for eksempel samsvarer elevenes opplevelse av allmenne helseplager med skåring av henholdsvis temperatur (KSM 5), lukt (KSM 7), loddenhetsfaktor (KSM 8), renhold (KSM 9), ventilasjon (KSM 10) og byggets historie (KSM 12).

Tabell 7.3 Sammenheng mellom elevenes besvarelser og KSM parametre

F = feil vei i forhold til forventet, R= riktig vei i forhold til forventet, * p < 0,05 ** P < 0,005

KSM	Allmenn "her nå"	Slimhin. "her nå"	Øye "her nå"	Prestasj.	Arb. 1 trekk ++	Arb. 2 innesten.	Allmenn 3. mnd	Slimh. 3. mnd	Plaget av røyk
1	F**	F*	F*	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	R*	-	-	R*	-	F*	-	F*	F**
4	-	-	-	R**	F**	R**	R*	-	R*
5	R**	-	-	-	F*	R**	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	R**	-	-	-	-	R**	R*	-	-
8	R*	-	-	R**	F**	R**	-	-	F**
9	R**	R**	R**	R*	-	R**	R*	R**	F**
10	R**	R*	R**	R**	-	R**	R**	-	-
12	R**	R**	-	R**	-	R**	R*	R*	F*
Snitt	R**	R**	R*	R**	-	R**	R*	R*	F*

KSM: 1 uteluft/friskluftinntak, 2 tettbodhet, 3 tobakksrøyking inne, 4 andre forurensningskilder inne, 5 temperatur, 6 luftfuktighet, 7 lukt, 8 loddenhetsfaktor, 9 renhold, 10 ventilasjon, 12 byggets historie.

7.2.4.3 Totalvurdering av KSM

Undersøkelsene av KSM i forhold til fysiske målinger og elevenes besvarelser gir en stor grad av sammenfallende resultater. Det viser at bruk av kvalifisert skjønn er en god metode for å vurdere inneklimaet i skolen ut fra vurdering av enkelt parametrene.

Vi vil videre vurdere den totale KSM graderingen: "godt", "akseptabelt", "tvilsomt/dårlig" og "dårlig/meget dårlig" inneklima. De ulike skolene i prosjektet vil bli vurdert inn i denne graderingen i KSM. Vi vil dermed undersøke om KSM i "praksis" stemmer overens med inndelingen av prosjektets skoler i kategoriene "eksperiment", "kontroll god" og "kontroll dårlig".

Modellen sier at skolens innemiljø som helhet karakteriseres ved de verste klasseromsskår i tillegg til gjennomsnittsskår. Inneklimaet er:

¹ Analyser utført med "Bivariat enhalet korrelasjonsanalyser".

- *godt* dersom mer enn 50 % av skårene er 1 og gjennomsnittsskår er under 1.5, og ingen skår er 3 eller mer
- *akseptabelt* dersom ingen parametre skårer høyere enn 2. Det tillates at inntil 2 parametre med vektall 1 skårer 3
- *tvilsomt/dårlig* dersom gjennomsnittet ligger mellom 1.5-2 og mellom 2-4 parametre skårer 3, hvor det tillates at inntil 2 parametre med vektall 1 skårer 4
- *dårlig/meget dårlig* dersom gjennomsnittet er over 2, og 5 eller flere parametre skårer 3 eller at flere enn 2 parametre med vektall 1 skårer 4

I Tabell 7.4 er de ulike skolene i Gruppe 2 vist med gjennomsnittsskår og enkelt skår for verste klasserom.

Tabell 7.4 Gjennomsnittsskår (uten vektning) for kategoriene og skolene i Gruppe 2. Antall parametre innenfor hver skårverdi er oppgitt for skolene og i parentes er det oppgitt antall parametre (av det totale) som er vektet.

		KSM snitt	Fordeling av skårverdier for “verste” rom ved skolen for tilstand i henholdsvis før- og ettertest:	“Inneklima-karakter”:
Eksperiment	<i>før</i> <i>etter</i>	2,15 1,67		
Nærbø	<i>før</i> <i>etter</i>	2,32 1,57	Skår 1: 4(1), Skår 2: 2, Skår 3: 2(1), Skår 4: 3(1) Skår 1: 4(2), Skår 2: 7	Meget dårlig Tvilsomt/dårlig*
Vågsbygd	<i>før</i> <i>etter</i>	2,0 1,74	Skår 1: 5(1), Skår 2: 2, Skår 3: 3(1), Skår 4: 1(1) Skår 1: 4(1), Skår 2: 6(2), Skår 3: 1	Meget dårlig Tvilsomt/dårlig*
Lillehammer	<i>før</i> <i>etter</i>	2,13 1,64	Skår 1: 2, Skår 2: 6(2), Skår 3: 2, Skår 4: 1(1) Skår 1: 5(1), Skår 2: 5, Skår 3: 1(1)	Meget dårlig Tvilsomt/dårlig
Kontroll “god”:	<i>før</i> <i>etter</i>	1,84 1,74		
Tranberg	<i>før</i> <i>etter</i>	1,84 1,74	Skår 1: 2, Skår 2: 6(2), Skår 3: 3 Skår 1: 4(1), Skår 2: 6(2), Skår 4: 1	Tvilsomt/dårlig Tvilsomt/dårlig
Kontroll “dårlig”:	<i>før</i> <i>etter</i>	2,25 2,30		
Nærbø	<i>før</i> <i>etter</i>	2,55 2,24	Skår 1: 4(1), Skår 2: 0, Skår 3: 4(1), Skår 4: 3(1) Skår 1: 3(1), Skår 2: 4, Skår 3: 3(1), Skår 4: 1(1)	Meget dårlig Meget dårlig
Vågsbygd	<i>før</i> <i>etter</i>	1,96 2,36	Skår 1: 5(1), Skår 2: 2, Skår 3: 3(1), Skår 4: 1(1) Skår 1: 4(1), Skår 2: 1, Skår 3: 5(1), Skår 4: 1(1)	Meget dårlig Meget dårlig

KMS 11 (Dyrehold inne) er ikke med

* kan karakteriseres som “akseptabelt” uten gj.snittsskår

Eksperiment skoler: Før rehabilitering vil de tre skolene karakteriseres med et dårlig/meget dårlig inneklima ut fra gjennomsnittsverdier over 2 og vektete parametre som skårer 4. Ingen av eksperimentskolene vil etter rehabilitering ha et gjennomsnittsskår på under 1,5. Det vil si at ingen av skolene kan karakteriseres med hverken med et godt inneklima eller et akseptabelt inneklima etter rehabilitering. *Alle tre skolene vil dermed karakteriseres med et tvilsomt/dårlig inneklima.* Ser vi bort fra

kravet om en gjennomsnittsverdi på under 1,5, vil to av de tre skolene oppfylle de andre kravene som gir et akseptabelt inneklima. Den tredje skolen vil fortsatt karakteriseres med et tvilsomt/dårlig inneklima, fordi parameteren "tettbodhet" (en vektet parameter) skårer verdien 3.

Kontroll "god": Denne kategorien består av klasserom fra en skole, skolen ble rehabilitert i 1994/1995 og fungerer som kontroll "god" i Gruppe 2. Skolen vil bli karakterisert utfra KSM med et tvilsomt/dårlig inneklima både i førtest og i ettertest p.g.a. en gjennomsnittsverdi mellom 1,5 og 2. I tillegg vil det i førtesten være 3 parametre som skårer 3 og i ettertest en parameter skårer 4 (tobakksrøyking inne) og to vektete parametre som skårer 2 (dvs. 4 når vektet). Dette gir samme kategori for skolen: et tvilsomt/dårlig inneklima. Denne skolen har tatt mål av seg til å ha landets beste inneklima.

Kontroll "dårlig": I førtesten vil disse to skolene karakteriseres med dårlig/meget dårlig inneklima ut fra gjennomsnittsverdier (unntatt Vågsbygd). En vektet parameter for Vågsbygd skårer 4 og dette vil dermed gi inneklimaet ved skolen karakteristikkk som dårlig/meget dårlig. I ettertest vil skolene fortsatt karakteriseres med dårlig/meget dårlig inneklima, ut fra en gjennomsnittlig skår rett over 2 og en vektet parameter som skårer 4 (KSM 10).

Ut fra graderingen av det totale inneklimaet ved skolene gitt over, ser vi manglende sammenfall mellom prosjektets kategorier "godt" og "dårlig" inneklima med KSM-graderingen "godt", "akseptabelt", "tvilsomt/dårlig" og "dårlig/meget dårlig" inneklima.

KSM-modellen skal ivareta at noen av innemiljøparametrene virker sterkere inn på kvaliteten av innemiljøet enn andre, derfor er parametrene 2, 5 og 10 vektet med to. Vekting av de aktuelle parametrene kan i noen tilfeller virke unødvendig og lite holdbart. For eksempel er tettbodhet kun relatert til gulvflate og ikke til volum. En del spesielt eldre skoler har et relativt lite gulvareal, men stort volum p.g.a. at det er høyt under taket. Denne fordelingen kommer ikke frem i parameteren og det kan sees spesielt uheldig å la denne parameteren telle dobbelt.

For noen KSM-parametre bl.a. de vektete er det laget egne skåringstabeller som baserer seg på fysiske målinger som grunnlag for skår. Da skåringsverdiene er satt utfra målinger i prosjektet kan vi ikke sammenligne og vurdere disse. Et ankepunkt ved bruk av målinger i stedet for skjønn er at målte verdier generelt blir sett på som "sannheter", som "lett" kan hindre en skjønnsvurdering. I tillegg til disse skåringstabellene er det utarbeidet kriterier for vurdering av skjønn, men når skåringstabellene og kriteriene ikke alltid samsvarer, kan dette virke forvirrende i stedet for oppklarende.

KSM bør utvikles videre og totalgraderingen bør revideres, videre er det noe problematisk med "hull" i skåringstabellene og i sluttgradering. Det er f. eks ikke gitt hvilken skår temperaturer mellom 23 og 24 °C eller temperaturer mellom 25 og 26 °C skal ha. Videre er det noe problematisk med sluttgradering i forhold til vektete parametre, f. eks. hvis alt annet er bra unntatt en vektet parameter, hva da ?

8 Diskusjon

Tabell 8 gir en oppsummering av de signifikante endringene i elevenes besvarelse av helse, arbeidsmiljø og utført prestasjonstest fra før- til ettertest. I teksten under er disse resultatene forsøkt forklart utfra de fysiske forholdene som er endret mellom testene. I diskusjonen har vi beholdt inndelingen i Gruppe 1 og Gruppe 2 for å gi et detaljert bilde av de forskjellige forholdene som virker sammen. Analyser viser også at Gruppe 1 og Gruppe 2 til dels er forskjellige for enkelte forhold, men vi har likevel sett på noen av resultatene samlet.

Eksperiment klasser: Før rehabilitering er det en svært høy andel av elevene som er plaget med ulike fysiske arbeidsmiljøforhold, blant annet med innestengt, dårlig luft. I eksperimentklassene i Gruppe 1 opplevde hele 82 % av elevene ofte slike plager før rehabilitering. Forbedringene er merkbare for elevene etter rehabilitering. Flere av de fysiske målingene samsvarer med elevenes opplevelse av bedret arbeidsmiljø. Dette gjelder f. eks. lavere CO₂-konsentrasjon, lavere maksimum temperaturgradient og litt bedre termisk komfort (PPD-verdi). Elevene opplever imidlertid økt grad av plage med støy noe som kan skyldes fortsatt støy fra byggeplassene og eventuelt støy fra ventilasjonsanlegg. Elevene i Gruppe 1 viser forbedring i prestasjonstesten etter rehabilitering.

Resultatene i Gruppe 2 samsvarer ikke like klart som i Gruppe 1. I Gruppe 2 er det bare jentene i eksperimentklassene som signifikant forbedrer prestasjonen mellom før og etter testen. Vi finner sammenheng mellom nedgangen i elevenes plager av innestengt dårlig luft med nedgangen i målt CO₂-konsentrasjon. Elevenes opplevelsen av egen helse “her og nå” viser også klare forbedringer i allmennsymptomer blant elevene i de rehabiliterte klasserommene. Men vi finner ingen generell forbedring i prestasjon. De ulike temperaturforholdene målt før og etter rehabilitering varierer lite mellom testene, elevbesvarelsene knyttet til dette er også uendret.

Kontroll “god” klasser: For kontrollene er det endringer i både elevbesvarelser og fysiske målinger, til tross for at kontrollene ideelt sett bør være uendret. En del av endringene samvarierer, for eksempel opplever elever i de “gode” kontroll klassene i Gruppe 1 mindre plager med innestengt dårlig luft, noe som samsvarer med målt nedgang i CO₂-konsentrasjon. Elevene er mer plaget med lave temperaturer og gulvkaldt, samt også med for høye temperaturer, noe som samsvarer til dels med temperaturmålingene. Det er blant annet større økning i romtemperatur enn i gulvtemperatur som gir økt temperaturgradient, noe som kan forklare økte plager med gulvkaldt. For elever i Gruppe 2 er det ingen forandring i opplevelsen av arbeidsmiljøet eller med egen helse “her og nå”. De fysiske målingene viser bedre temperaturforhold, blant annet ved redusert temperaturgradient.

Kontroll “dårlig” klasser: Når det gjelder elever i de “dårlige” kontrollklassene i Gruppe 1, finner vi mindre plager i opplevelsen av innestengt dårlig luft og mindre plager med for høye temperaturer. Dette samsvarer med målt nedgang i CO₂-konsentrasjon, som er et resultat av lavere personbelastning. Dette samsvarer igjen med

nedgang i disse elevenes helseplager og med elevenes forbedring i prestasjonstesten etter rehabilitering. I disse klasserommene ble det gjennomført noen driftsendringer, blant annet bedre regulering av temperaturforholdene (temperaturgradientene er blitt bedre). Nedgangen i plager kan dermed skyldes driftsendringene. Elevene i de “dårlige” kontrollklassene i Gruppe 2 opplever mer plager med trekk og kalde temperaturer, noe vi ikke ser klart igjen i de målte temperaturforholdene. Temperaturmålingene viser derimot bedre kontroll med temperaturen, sees ved bedre temperaturgradienter. Når det gjelder opplevelsen av egen helse ser vi her en økning i allmennsymptomer for disse elevene. Dette kan muligens skyldes økt bevissthet knyttet til disse forholdene og muligens også frustrasjon blant elever som opplever at “ingen ting skjer” av forbedringer i bygningen.

Tabell 8. Oppsummering av signifikante endringer fra før til ettertest for totalt antall elever for både Gruppe 1 og Gruppe 2, og samlet for gruppene.

	Gruppe 1			Gruppe 2			Samlet		
	Eksp.	K - god	K - dårlig	Eksp.	K - god	K - dårlig	Eksp.	K - god	K - dårlig
Allmennsymp. 3 siste mnd	bedre	verre	-	-	-	-	x	x	x
Slimhinnesymp 3 siste mnd	x	x	x	-	bedre	-	x	x	x
Allmennsymp. “her og nå”	bedre	-	bedre	bedre	-	verre	bedre	-	-
Slimhinnesymp “her og nå”	bedre	-	-	-	-	-	-	-	-
Trekk/kulde	bedre	verre	-	-	-	verre	-	verre	verre
Innestengt luft/for varmt	bedre	verre	bedre	bedre	-	-	bedre	-	bedre
Prestasjon (elever over 16 år)	bedre	-	bedre	-	-	-	bedre	-	-

- viser ingen signifikant endring/uforandret

x = ikke sammenlignet

I undersøkelsen av opplevelse av egen helse for elever i Gruppe 2 ser vi en klar forskjell mellom resultatene rapportert som plager siste 3 måneder og plager “her og nå”. Dette kan skyldes at ettertester ble utført for kort tid etter ferdigstillelsen av rehabiliteringen, slik at elevene ikke hadde referanse til de siste 3 månedene i de nyrehabiliterede byggene.

Undersøkelsene av elevenes prestasjon og helse “her og nå” er forsøkt utført helt parallelt med de fysiske målingene av blant annet CO₂-konsentrasjon og termisk komfort. Resultatene viser at ved økende CO₂-konsentrasjon og ved dårligere termisk komfort blir elevenes prestasjon dårligere. At elevenes prestasjon blir dårligere ved dårligere termiske forhold, samsvarer til dels med kreativitetsundersøkelser utført av Wyon [5]. Wyon viste at elevenes kreativitet ble dårligere når det var en kombinasjon av mye støy og høye temperaturer. Wyon har ikke funnet dårligere kreativitet blant elever kun ved for høye temperaturer. I våre undersøkelser av prestasjon har vi ikke undersøkt hvorvidt elevene er sultne når testen foretaes. Wyon [5] har vist sammenheng mellom sult og dårligere kreativitet hos elever.

Elevenes alder og kjønn ser ut til å være av stor betydning ved undersøkelser av prestasjon. Prestasjonen øker generelt med økende alder blant elevene. Dette er tilfellet for både jenter og gutter. Jentenes prestasjon er tilsynelatende mer påvirket av CO₂-konsentrasjon og termisk komfort enn guttenes prestasjon. For eksperimentklassene i

Gruppe 2 er det bare jentene som forbedrer prestasjonen signifikant mellom før og ettertesten. (Opplysningene om elevens kjønn i forbindelse med prestasjonstesten er mangelfull i Gruppe 1). Det kan ikke utelukkes at generell økende tilgang på PC'ere i skoler og i hjemmet kan bety at elevene i perioden fra 1993/94 og frem til 1996 har fått en større fortrolighet med og øvelse i edb spill. Dette kan ha forbedret prestasjonen. Ytterligere analyser av *prestasjonsevnen* for elever i eksperimentklassene ble utført ut fra inndelingen i metodedesignet, og resultatene *understøtter hypotesen om at endringen i prestasjonen skyldes rehabiliteringen og ikke er et uttrykk for læring eller modning*.

Norbäck og Smedje [7] viser i sin undersøkelse om effekter av miljøforbedrende tiltak i skolen en del resultater som sammenfaller med resultater i vår undersøkelse. De finner i motsetning til resultatene i vår undersøkelse, en klar økning av allmennsymptomer blant elevene etter rehabilitering. Før rehabilitering er det 25 % som opplever allmennsymptomer, og etter opplever 45 % slike plager. Norbäck og Smedje tror dette kan skyldes økt VOC-innhold i luften på grunn av innvendig maling. De anbefaler å etterstrebe lavemmitterende materialer o.l. I prosjektet "Innemiljø i skolebygg" har byggherrene hatt et bevisst forhold til å benytte lavemmitterende materialer. Målinger av VOC-innhold i luften i en av skolene i prosjektet ble utført som et tilleggsprosjekt [29]. VOC-innholdet var forholdsvis høyt ved avstengt ventilasjonsanlegg (nattverdi), noe som resulterte i døgngående ventilasjon. Dagsverdiene av VOC var svært lave, noe som kan sees i sammenheng med det høye luftskifte. VOC-innholdet i luften ble redusert med 85 % i løpet av det første året viser nye målinger.

Resultatene viste sammenheng mellom økte allmenne helseplager ved høyere romtemperatur, og dette samsvarer med resultater i den svenske undersøkelsen [7], hvor det ved romtemperatur over 22 °C rapporteres om økte allmennsymptomer blant lærerne.

Nielsen [30] har funnet at CO₂-konsentrasjonen variere mye i løpet av skoledagen, og anbefaler ikke enkle målinger/øyeblikksmålinger. CO₂-konsentrasjonene i klasserommene i dette prosjektet viser også store variasjoner i løpet av skoledagen. Ved å foreta kontinuerlige målinger av CO₂-konsentrasjonen, samtidig som luftskifte og personbelastning registreres, ser vi klar sammenheng mellom disse parametrene, som vist i Figur 5.2. Denne sammenhengen vil dermed forklare variasjonen i CO₂-konsentrasjonen i løpet av skoledagen.

Ved å ta utgangspunkt i sammenhengene i Figur 5.2 og et nødvendig luftvolum i et klasserom med 30 elever er 162 m³, vil dette tilsi et minimums uteluftsbehov utfra antall personer på 1025 m³/h pr klasserom. Målinger og beregninger gjennomført i prosjektet viser dermed at forurensning fra personer betinger en luftmengde på 9.5 l/s pr. person, for å komme under Helsetilsynets anbefaling om en CO₂-konsentrasjon på maksimum 1000 ppm i undervisningstiden. Statens bygningstekniske etat anbefaler en luftmengde på minimum 7 l/s person ut fra personbelastning [21]. I tillegg er det som kjent anbefalt et minimum uteluftsbehov ut fra materialbelastning, og dette vil utgjøre en luftmengde på 120 l/s eller 435 m³/h for et klasserom på 60 m². Ut fra dette vil nødvendig minimums ventilasjonsbehov med hensyn til både personbelastning og

materialbelastning bli 1460 m³/h pr klasserom. Datagrunnlaget innhentet i prosjektet tilsier dermed at tidligere nevnte krav om luftmengde er i laveste laget.

Det er ikke funnet noen klare sammenhenger mellom utviklingen i det sosiale miljøet i klassen og rehabilitering. Både for Gruppe 1 og 2 er det skjedd en forringelse i elevenes opplevelse av det sosiale miljøet fra før- til ettertest for elever i eksperiment, kontroll “god” og kontroll “dårlig” klassene. Disse endringene kan ha en sammenheng med en mer kritisk vurdering med økende alder.

Analysen ut fra metodedesignet viser at feltundersøkelsene i seg selv og interaksjonen mellom disse og rehabiliteringen har hatt liten effekt på resultatene i forhold til effekten av selve rehabiliteringen.

Vurdering av innemiljøet med bruk av kvalifisert skjønn kan fungere meget godt viser sammenligninger mellom skårverdier i KSM, fysiske målinger og elevenes besvarelser vedrørende helse og arbeidsmiljø. Analysene viser at bruk av KSM er en god metode for å vurdere inneklimaet i skolen ut fra vurderinger av de enkelte parametrene, men skåring bør baseres på skjønn og ikke målinger. Imidlertid viser undersøkelsene at modellen bør endre noen av kriteriene for graderingen av skolens totale inneklima. KSM-graderingen av det totale inneklimaet ved skolene (“godt”, “akseptabelt”, “tvilsomt/dårlig” og “dårlig/meget dårlig” inneklima) gir ikke en “naturlig” gradering hverken ut fra prosjektets kategorier (“godt” og “dårlig” inneklima) eller ut fra forventninger etter rehabilitering. For eksempel viser undersøkelsene våre at alle de tre rehabiliterte skolene i Gruppe 2 ut fra KSM vil karakteriseres med tvilsomt/dårlig inneklima etter rehabilitering. Og Tranberg videregående skole (eksperimentsskole i Gruppe 1 og kontroll “god” i Gruppe 2) har tatt mål av seg til å ha landets beste inneklima, blir også karakterisert med et tvilsomt/dårlig inneklima.

9 Konklusjon

Utfra prosjektets data og resultater kan vi konkludere med følgende:

- Undersøkelsen bekrefter det vi alle vet fra før at det er en klar sammenheng mellom CO₂-konsentrasjonen i et klasserom og antall personer og luftskifte i rommet.
- Forurensning fra personer betinger en luftmengde på 9,0 l/s pr. person, for å komme under Helsetilsynets anbefaling om en CO₂-konsentrasjon på maksimum 1000 ppm i undervisningstiden.
- Det nytter å bedre luftkvaliteten ved å ventilere mer *eller* redusere antall elever.
- Det er sammenheng mellom prestasjon og opplevelse av egen helse, hvor økte helseplager korrelerer med dårligere prestasjon
- Det er sammenheng mellom elevenes prestasjon og CO₂-konsentrasjonen i rommet. *Økt CO₂-konsentrasjon i rommet gir dårligere prestasjon (gjelder bare for jenter).*
- Elevenes opplevelse av helseplager “her og nå” øker med økende CO₂-konsentrasjon, det samme gjelder for elevenes opplevelse av arbeidsmiljøet.
- Det er sammenheng mellom elevenes opplevelse av egen helse “her og nå” og romtemperaturen. For høye temperaturer gir økte helseplager.
- Ved for høye romtemperaturer opplever elevene økte arbeidsmiljøplager som dårlig luft/for varmt.
- Bedre regulering og kontroll av temperaturforhold gir gode resultater sett i forhold til elevenes opplevelse av helse og arbeidsmiljø.
- Metodisk sett bør undersøkelser av skoleelever ta hensyn til effekten av alder både i forhold til undersøkelser av prestasjon og til vurdering av resultater fra spørreskjema.
- Metodedesignet ga mulighet for å kontrollere for påvirkningen av undersøkelsene. Interaksjonen mellom feltundersøkelsene og rehabiliteringen har hatt liten effekt på resultatene i forhold til effekten av selve rehabiliteringen.
- Kvalifisert skjønn er en egnet metode for å vurdere ulike parametre som påvirker innemiljøforhold i skoler, men sluttgraderingen i kvalifisert skjønn modellen (KSM) bør endres.

10 “Veilederen” - Hvordan oppnå godt innemiljø i skolebygg

Erfaringer fra prosjektet har resultert i en veiledning for byggherrer om hvordan få godt innemiljø i eksisterende og nye klasserom [18]. “Veilederen” er ment å være et hjelpemiddel for beslutningstakere, planleggere og utførende i byggeprosessen. “Veilederen” inneholder hjelpemidler for klassifisering av eksisterende bygg, samt forslag til kriterier for planlegging og gjennomføring av byggeprosessen. Videre er det lagt vekt på tilrettelegging for drift og vedlikehold av byggene, og det er satt fokus på driftsrutinene i bygget.

Veilederens formål er å:

- sammenfatte og formidle den kunnskap prosjektet har samlet om innemiljøets påvirkning på brukernes helse, prestasjonsevne og trivsel
- sammenfatte og formidle den kunnskap prosjektet har samlet om plan- og prosjekteringsfasen, samt byggefasen for å oppnå best mulig innemiljø
- være et verktøy for byggherrer i arbeidet med klassifisering av egne bygg, samt kontrahering av planleggere og entreprenører for rehabilitering av skoler
- bli benyttet til kunnskapsformidling innen innemiljø i skoler til beslutningstakere og berørt personell i kommuner og fylkeskommuner

11 Referanser

- 1 Carlsen K-H.: *Astma og utendørs forurensning*. Fagbladet Allergi i praksis, nr. 4-96, side 6-8.
- 2 Helsedirektoratet: *Godt inneklima i Norge Handlingsplan 1993 - 1996*.
- 3 ECON Senter for økonomisk analyse: *Konsekvensanalyse av handlingsplan for godt inneklima*. ECON-rapport nr. 11/93.1993
- 4 NATO: Committee on the Challenges of Modern Society: *Pilot study on Indoor Air Quality*. CCMS Report 195, 1994.
- 5 Wyon D.; *Creative thinking as the dependent variable in six environmental experiments, a review*. Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol.1. Japan 1996.
- 6 Sundell J.: *Indoor Air, Allergy and Other Hypersensitivity Reactions*. Proceedings Indoor Air Quality in Practice, Moisture and Cold Climate Solutions. Oslo 1995
- 7 Norbäck D. og Smedje G.: *Sjuka hus symptom och astmasymptom i skolmiljonbetydelsen av inomhusluftens kvalitet och halsoeffekter av miljöförbättrande åtgärder*. Akademiska sjukhuset. AMF 92-0166, 2/96.
- 8 Flatheim G., Lunde J., Stokka S. og Økland Ø.: *Innemiljøeffekter ved rehabilitering av skoler*, rapport RF - 11/93, Stavanger, 1993.
- 9 Olsen E., Myhrvold A.N. og Lauridsen Ø. *Innemiljø i skolebygg - resultater fra før og ettertest Gruppe 1*. Rapport RF-95/356, desember 1995.
- 10 Myhrvold A.N., Olsen E., og Lauridsen Ø. *Innemiljø i skolebygg - resultater fra før og ettertest Gruppe 2*. Rapport RF-96/270, november 1996.
- 11 Prosjektprotokoll med vedlegg og addendum, oktober 1994.
- 12 Campbell D. T. and Stanley J. C. *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houton Mifflin Company Boston, 1963.
- 13 Gamberale, F., Iregren A., and Kjellberg A. SPES: *The computerized Swedish Performance Evaluation System*. Arbete och Helse, 1989:6.
- 14 Økland Ø.: *Inneklimaundersøkelse på Bø skole*, Hovedoppgave ved SIN, 1993.
- 15 Olsen E. og Sveen S. E.: *Inneklimaundersøkelser ved skoler i Hå kommune og Oppland og Vest-Agder fylkeskommune*, rapport NTAS A94020, NORUT Teknologi AS, Narvik, mai 1994.
- 16 Olsen E. og Sveen SE: *Inneklimaundersøkelser ved Lillehammer videregående skole i Oppland*, rapport NTAS A94024, NORUT Teknologi AS, Narvik, mai 1994.

- 17 Norsk Standard: *Termiske miljø, moderate omgivelser, bestemmelser av PMV- og PPD-indeks og betingelser for termisk komfort*. NS-EN ISO 7730. 1995.
- 18 Kleiven H. (ed): *“Veileder for byggherren” Hvordan oppnå godt Innemiljø i skolebygg*. Tilgjengelig mars 1997.
- 19 Helsedirektoratet: *Antall elever pr. klasserom - helsemessige forhold*. Rundskriv IK-37/91
- 20 Statens bygningstekniske etat: *Veiledning til byggeforskrift 1987*
- 21 Statens bygningstekniske etat: *Inneklima og energiforbruk*. Melding HO-2/93.
- 22 Arbeidstilsynet: *Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære 1995*. Veiledning til arbeidsmiljøloven. Best. nr. 362
- 23 Helsedirektoratet: *Retningslinjer for inneluftkvalitet, Helsedirektoratets utredningsserie*, Fullstendig rapport IK-2322, mars 1991.
- 24 Pedersen H. J.; *CO₂-nivå i skoleklasser. Målinger og vurderinger*. Hovedoppgave ved Høyskolen i Narvik, Integrrert Bygningsteknologi, 1996.
- 25 Arbeidstilsynet: *Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen*. Veiledning til arbeidsmiljøloven. Best. nr. 444, mars 1996.
- 26 Hansen H.E., Kjerulf-Jensen P. og Stampe O.B.: *Varme og klimateknik, Grundbog*. Danvak, København 1991.
- 27 Sveen S.E. og Olsen E.: *Prosedyre for inneklimaundersøkelser*. NORUT Teknologi as. 1994.
- 28 Mølhav L. and Clausen G.: *The use of TVOC as an indicator in IAQ investigations*. Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol.2. Japan 1996.
- 29 Olsen E.: *VOC-målinger Tranberg vdg*. RF-Rogalandsforskning, 1995/1996.
- 30 Nielsen, A.: *Measurements of Indoor Climate in School Class Rooms and Improvement Methods*. the Proceedings of the 3rd International Conference on Healthy Buildings -94.