



Kjemisk eksponering og effekter på luftveiene blant profesjonelle skismørere

Forfattere: Hanne Line Daae, Raymond Olsen, Merete Hersson, Syvert Thorud, Baard I. Freberg, Dag G. Ellingsen og Pål Molander

Prosjektleder: Dag G. Ellingsen

Dato: 16.12.2009

Nr.8 Årgang 10

ISSN nr. 1502-0932



1. SAMMENDRAG

Det er gjennomført en undersøkelse av arbeidsmiljøet under arbeid med smøring av ski blant profesjonelle skismørere fra flere nasjoner i konkurransesituasjon i nordiske grener og skiskyting arrangert i Norge under sesongene 07/08 og 08/09. Studien har omfattet medisinske undersøkelser (lungefunksjonsmålinger), målinger av biomarkører i blod, personlige eksponeringsmålinger av kjemiske forurensinger i skismørernes innåndingssone, samt undersøkelser i modellforsøk av de enkelte arbeidsoppgavers betydning for eksponering. I tillegg er det utviklet og evaluert effekt av spesialtilpassede ventilasjonstiltak i smørebilene til skiskytterlandslaget.

Den yrkeshygieniske delen av undersøkelsen omfatter personlige eksponeringsmålinger av støv (aerosol) (inhalerbar og respirabel fraksjon) i arbeidsluften, samt personlige målinger av løsemiddelkonsentrasjoner i arbeidsluften på til sammen 51 profesjonelle skismørere. I tillegg er det foretatt 21 stasjonære aerosolmålinger. Resultatene viser at aerosolkonsentrasjonen i smørebodene er varierende, avhengig av arbeidsintensitet og forbruk av fluorpulverprodukter. Periodevis er konsentrasjoner av støv i luften høy (inhalerbar fraksjon: median 4,40 mg/m³; respirabel fraksjon: median 1,89 mg/m³), og selv gjennomsnittskonsentrasjonene ligger på et nivå som er høyere enn Arbeidstilsynet administrative norm for paraffinvoks (totalstøv 2 mg/m³). Det finnes ingen administrativ norm for den type støv som dannes ved bruk av glidvoks- og fluorpulverprodukter, men det vurderes at normen for paraffinvoks er den det er mest relevant å sammenligne resultatene med. Resultatene fra løsemiddelmålingene viser at løsemiddeleksponeringen i smørebodene gjennomgående er lav i forhold til de administrative normene.

Resultatene fra evalueringen av spesialtilpassede ventilasjonstiltak i smørebilene til skiskytterlandslaget viser at et spesialkonstruert avsug tilpasset arbeidet er betydelig mer effektivt enn generell ventilasjon. Dette gjelder spesielt for ventilasjon av de minste partiklene (respirabel fraksjon). Disse spesialtilpassede ventilasjonstiltakene ga en reduksjon i eksponeringsnivåene for respirabelt støv på over 90%, noe som reduserer støvmengden i arbeidsatmosfæren ned til et akseptabelt nivå.

For å studere de ulike arbeidsoperasjoners bidrag til eksponering, er det gjennomført omfattende laboratorieforsøk under kontrollerte forhold. Resultatene viser at påføring av fluorpulverprodukter er den arbeidsoperasjonen som gir det klart største bidraget til aerosoleksponeringen, i tillegg til rotorborsting av de pålagte fluorpulverproduktene.

Totalt 45 skismørere har deltatt i den medisinske undersøkelsen som omfatter måling av lungefunksjon og gassdiffusjonskapasitet samt blodprøver. Alle smørerne som deltok i helseundersøkelsen, besvarte også et spørreskjema om lungerelaterte symptomer, helse og forskjellige bakgrunnsvariabler. Små reduksjoner i enkelte parametere for lungefunksjon ble funnet. Det ble også påvist lavere nivåer av to biomarkører mens smørerne var eksponert i forhold til konsentrasjonen som ble målt før eksponering. Blodprøver tatt av 13 skismørere ved tre anledninger over et år for undersøkelse av perfluorkarbonforbindelser i serum, viste høyere konsentrasjoner av enkelte perfluorkarboksylyrer (for eksempel PFOA) enn forventet. For flere av komponentene ble det også funnet sammenheng mellom konsentrasjonen og antall år man hadde arbeidet som profesjonell skismører. Dette kan indikere at enkelte av stoffene bioakkumulerer.

Stikkord:

Skismøring
Eksponeringsmålinger
Lungefunksjonsmålinger
Aerosoler

Key terms:

Ski waxing
Exposure measurements
Pulmonary function tests
Aerosols

INNHALDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG	3
2. INTRODUKSJON/BAKGRUNN.....	6
3. ARBEIDSOPERASJONER OG PRODUKTER.....	7
3.1. ARBEIDSOPERASJONER.....	7
3.2. PRODUKTER.....	7
4. METODER, RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1. EKSPONERINGSMÅLINGER	9
4.1.1 METODER/MÅLEOPPLEGG	9
4.1.2 ANALYSEMETODER	10
4.1.3 VURDERINGSKRITERIER/NORMER	10
4.1.4 RESULTATER, PERSONLIGE EKSPONERINGSMÅLINGER.....	12
4.1.5 RESULTATER, STASJONÆRE MÅLINGER.....	14
4.2. EKSPERIMENTELLE STUDIER PÅ STAMI.....	15
4.2.1. METODER/MÅLEOPPLEGG	15
4.2.2. RESULTATER	16
4.2.3. KJEMISK KARAKTERISERING AV STØVPRØVER.....	22
4.3. FORURENSNINGER I GLIDVOKS- OG FLUORPULVERPRODUKTER	23
4.3.1. METODE	23
4.3.2. RESULTATER	23
4.4. MEDISINSKE UNDERSØKELSER	25
4.4.1. METODER.....	25
4.4.2. LUNGEFUNKSJONSMÅLINGER.....	25
4.4.3. RESULTATER AV DE MEDISINSKE UNDERSØKELSENE	26
4.4.4. BESTEMMELSE AV PERFLUORKARBONFORBINDELSER I SERUM.....	29
4.5. EVALUERING AV VENTILASJONSTILTAK I SKISKYTTERNES SMØREBILER.....	31
5. KONKLUSJON	33

2. INTRODUKSJON/BAKGRUNN

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) ble sommeren 2007 kontaktet av Olympiatoppen med anmodning om å gjennomføre en undersøkelse av det kjemiske arbeidsmiljøet til profesjonelle skismørere. Bakgrunnen var at det i de senere år har blitt rapportert om helseplager blant skismørere. Dette var også årsaken til at landslagslegen for det norske skiskytterlandslaget gjennomførte en pilotstudie sesongen 06/07 som innebar en grov kartlegging av eksponeringsforhold. Disse undersøkelsene indikerte høye gjennomsnitts- og toppkonsentrasjoner av respirable og inhalerbare aerosolfraksjoner.

På bakgrunn av henvendelsen fra Olympiatoppen startet Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) prosjektet "Kjemisk eksponering og effekter på luftveiene blant profesjonelle skismørere". I tillegg til en prosjektgruppe ved STAMI ble landslagslegen for skiskytterne, Baard I. Freberg, knyttet til prosjektet. Det ble også etablert kontakt med Nasjonalt folkehelseinstitutt og Sahlgrenska universitetssykehus i Sverige som underleverandører av biomarkøranalyser.

Under planleggingen av studien ble det utarbeidet en studieprotokoll, som også inneholdt et vitenskapelig litteratursøk. Dette er en type arbeidsmiljø som er lite studert både når det gjelder eksponeringsmålinger og eventuelle helseeffekter. Det vises til studieprotokollen "A study of Health Effects and Exposure in Professional Ski Waxers", som tidligere er oversendt Olympiatoppen, for en kort oppsummering over hva som tidligere er utført av arbeidsmiljøstudier i denne bransjen, inkludert en kort bakgrunn om mulige helseforhold knyttet til denne type arbeid.

Prosjektet ble gjennomført under nasjonale renn og World Cup renn i Norge i perioden november 2007 til mars 2009 og har omfattet eksponeringsmålinger (aerosoler og løsemidler), målinger av biomarkører i blod, samt medisinske undersøkelser (lungefunksjonsmålinger) blant profesjonelle skismørere fra 13 nasjoner tilknyttet landslag i nordiske grener og skiskyting. Resultatene er nå til sammenskriving for publisering i internasjonale fagtidsskrifter. Olympiatoppen har bidratt økonomisk til prosjektet.

3. ARBEIDSOPERASJONER OG PRODUKTER

3.1. ARBEIDSOPERASJONER

Vanlige arbeidsoperasjoner for en skismører er:

- Påføring, sikling og børsting av glidvoks
- Påføring, sikling og børsting av fluorpulver
- Påføring av flytende fluorglider
- Påføring av klister
- Påføring av festevoks
- Rensing av ski med hhv fluorrens og baserens

For produkter som påføres ved hjelp av smørejern (glidvoks, fluorpulver, klister) har produsentene angitt en anbefalt smørejernstemperatur for hvert enkelt produkt. I praksis benyttes ofte en noe høyere temperatur på jernet. Overskudd av glidvoks og fluorpulver skrapes av med en sikling (plastsikling) og børstes deretter med rotorborste (1800 omdreininger pr. sek.). Flytende fluorglidere fordeles utover skiene enten med fingeren eller med kork avhengig av om det er løsning, suspensjon eller spray. Også festevoks legges på og jevnes ut med hånden og eventuelt med kork.

3.2. PRODUKTER

De vanligste produkttyper som brukes i forbindelse med skismøring er glidvoks, fluorpulver, flytende fluorglider, festevoks, klister og rensemidler.

Vi har ingen detaljert og fullstendig oversikt over kjemisk sammensetning av de ulike produktene, men kan si noe generelt om den kjemiske sammensetningen av ulike produkttyper.

Glidvoks

Det finnes et stort spekter av glidvokser tilpasset de ulike temperatur- og snøforhold. Glidvoksene inneholder en kompleks blanding av alifatiske hydrokarboner med 15 – 32 karbonatomer, eventuelt med tilsetning av varierende mengder perfluorkarboner. Produktene kan i tillegg være tilsatt en emulgator, men vi kjenner ikke til hvilke kjemiske forbindelser som brukes til dette formål.

Fluorpulver

Produktene inneholder ett eller en blanding av flere perfluor-n-alkaner med 12 – 24 karbonatomer.

Flytende fluorglider

Flytende fluorglider finnes i form av løsninger, suspensjoner eller spray. Produktene inneholder vanligvis faste perfluor-n-alkaner løst eller suspendert i flytende perfluor-n-alkaner med kortere kjedelengde (C₇, C₈ etc.).

Festevoks

Festevokser kan bestå av en sammensatt blanding av petroleumsvoks og syntetisk parafinvoks med tilsetning av syntetisk gummi og olje. De fluorholdige typene inneholder en viss mengde perfluorkarboner.

Klister

Av de ulike klistertypene er det bare baseklister og klister for kaldt/isete føre som påføres ved hjelp av varme. Klister kan f. eks. bestå av en blanding av kolofoniumharpiks, hvit olje og syntetisk gummi. Jo mykere klisteret er, jo høyere er innholdet av olje.

Rensemidler

Det finnes to typer rensemidler. Fluorrens benyttes til rensing av ski med fluorpulver. Baserens benyttes til rensing av ski med festevoks og klister. Sammensetningen av disse renevæskene vil kunne variere fra produsent til produsent. Typisk inneholder slike rensemidler hovedsakelig en sammensatt blanding av alifatiske hydrokarboner (dearomatisert white spirit), ofte med tilsetning av mindre mengder limonen.

Arbeid med disse produktene kan gi opphav til eksponering for aerosoler og/eller løsemidler.

4. METODER, RESULTATER OG DISKUSJON

4.1. EKSPONERINGSMÅLINGER

4.1.1 METODER/MÅLEOPPLEGG

Det er gjennomført 217 personlige målinger på til sammen 51 profesjonelle skismørere. Personlig prøvetaking innebærer at prøvetakingsutstyret festes i nærheten av skismørerens innåndingssone, slik at målt luftkonsentrasjon i denne sonen er en god indikasjon på nivåene som blir innåndet. De personlige målingene omfattet prøvetaking av inhalerbar og respirabel aerosolfraksjon samt løsemidler. Inhalerbar fraksjon er alle partikler som kan inhaleres gjennom nese og munn. Respirabel fraksjon er partikler som kan trenge helt ned til bronkiolene og lungeblærene.

Under prøvetakingen ble smørerne utstyrt med 3 batteridrevne pumper. Filterkassett, syklon og kullrør ble montert i innåndingssonen (se Tabell 4.1.1).

Tabell 4.1.1. Oversikt over prøvetakingsutstyr og prøvetakingsbetingelser

Prøvetype/aerosolfraksjon	Prøvetaker	Filtertype (porestørrelse)	Pumpetype	Pumpeflow L/min.
Personlige prøver:				
Inhalerbar aerosolfraksjon	GSP-kassett	37 mm PVC (5,0 µm)	SKC Hi Flow	3,5
Respirabel aerosolfraksjon	Casella-syklon	37 mm PVC (0,8 µm)	PS 101	2,2
Løsemidler	Kullrør SKC 226-01	-	SKC Pocket	0,05
Stasjonære prøver:				
Respirabel, torakal og inhalerbar aerosolfraksjon	Respicon og Direktevisende Respicon	37 mm PVC (5,0 µm)	SKC Hi Flow	3,11

Personlige målinger ble kun tatt mens smørerne oppholdt seg i smørebua. Ved opphold ute, for eksempel ved testing av ski, ble pumpene stoppet og utstyret tatt av. Prøvetakingstiden varierte fra 30 minutter til 6 timer.

For å få informasjon om partikkelstørrelsesfordelingen i aerosolen er det også gjort stasjonære målinger med direktevisende og ordinær Respicon i smørelokalene. Utstyret ble plassert i nærheten

av smørebordene, og målingene ble gjort over hele dagen. Respicon er en flertrinns, virtuell impaktor som samler opp partikler (aerosoler) fra lufta på tre forskjellige filtre. Prøvetakeren har en utforming som gjør det mulig å bestemme de helsedefinerte (respirable, torakale og inhalerbare) aerosolfraksjonene. Torakal fraksjon er den fraksjonen som består av inhalerte partikler som kan passere strupehodet.

I den direktevisende Respicon-prøvetakeren er det tre fotodetektorer for bestemmelse av aerosol. Gravimetrisk bestemmelse av de tre filtrene kombineres med deteksjonssignalene, og man får dermed partikulære konsentrasjoner i mg/m^3 som funksjon av tid. Tidsoppløste målinger ble brukt til å skaffe informasjon om toppeksposering og identifisering av partikulære forurensningskilder.

4.1.2 ANALYSEMETODER

Aerosolprøver

Inhalerbart og respirabelt støv ble bestemt gravimetrisk. Filtrene i henholdsvis GSP-kassett, Casella-syklon og Respicon ble veid på en mikroanalysevekt før og etter prøvetaking. Den gjennomsnittlige aerosolkonsentrasjonen over måleperioden kan følgelig beregnes.

Løsemidler

Kullrørprøvene ble desorbert med karbondisulfid over natten og analysert på gaskromatograf (GC) med kapillærkolonne og flammeionisasjonsdetektor (FID). Mengde løsemidler i prøvene ble bestemt mot kjente standarder av de aktuelle løsemidlene, og den gjennomsnittlige løsemiddelkonsentrasjonen over måleperioden ble beregnet.

Kjemisk karakterisering av støvprøver fra feltstudien

Etter gravimetrisk bestemmelse ble filtrene fra GSP-kassett, Casella-syklon og Respicon desorbert i Freon 113 og analysert på GC-FID. Mengde perfluor-n-alkaner (karbonkjedelengde 12-24) og n-alkaner (karbonkjedelengde 15-32) i støvprøvene ble bestemt mot kjente standarder av de aktuelle forbindelsene.

4.1.3 VURDERINGSKRITERIER/NORMER

Arbeidstilsynets normer for forurensninger i arbeidsatmosfære (Arbeidstilsynets veiledning nr. 361) er administrative normer som er satt for bruk ved vurdering av arbeidsmiljøstandarden på arbeidsplasser der luften er forurenset av kjemiske stoffer. Normene er satt ut fra tekniske, medisinske og økonomiske vurderinger og kan derfor ikke brukes som skarpe grenser mellom

farlige og ufarlige konsentrasjoner. Selv om normene overholdes, er man ikke sikret at helsemessige skader eller ubehag ikke kan oppstå.

I Norge finnes det i dag ikke administrative normer/vurderingskriterier for alle typer aerosoler/støv. Det finnes f. eks. ikke normer som er representative for støv/røyk fra den type fluorpulver som benyttes til smøring av ski. Derimot finnes det en norm på 2 mg/m^3 for røyk fra paraffinvoks (angitt som totalstøv). Denne kan være relevant for paraffinvoksbaserte glidere/vokser. Vår vurdering av resultatene fra støvmålingene i denne undersøkelsen er i stor grad relatert til denne normen.

Arbeidstilsynets administrative normer (gjeldende fra november 2007) for løsemidlene som er påvist i denne undersøkelsen er:

Alifater C ₅ -C ₈ (satt lik norm for heksan (unntatt n-heksan))	250 ppm
Alifater C ₉ -C ₁₃ (satt lik norm for white spirit (< 22% aromater))	50 ppm
Toluen	25 ppm
Limonen	25 ppm (A)
Etanol	500 ppm
Etylbenzen	5 ppm (HK)
m&p-xylen	25 ppm
o-xylen	25 ppm

(A): Klassifisert som allergifremkallende

(H): Kan tas opp gjennom huden

(K): Klassifisert som kreftfremkallende

Enheten ppm (parts per million) er den enheten som normalt brukes for å angi konsentrasjonen av gasser og damper i luft ($1 \text{ ppm} = 1 \text{ cm}^3 \text{ gass/damp per m}^3 \text{ luft}$).

Når flere organiske løsemidler forekommer samtidig, beregnes den samlede påvirkning ved hjelp av den additive faktor som er gitt ved formelen:

$$\Sigma C/N = C_1/N_1 + C_2/N_2 + \dots + C_n/N_n$$

C₁ angir målt konsentrasjon av løsemiddel nr. 1, og N₁ er administrativ norm for løsemiddel nr. 1.

C₂ angir målt konsentrasjon av løsemiddel nr. 2, og N₂ er administrativ norm for løsemiddel nr. 2 osv. Dersom summen av disse brøkene er større enn 1, anses normen for løsemiddelblandingen som overskredet.

Arbeidstilsynet legger følgende vurderinger til grunn ved vurdering av eksponeringsnivåer (Orientering, best. nr. 450):

- Dersom eksponeringen (middelverdi) er lavere enn 1/4 av administrativ norm vurderes eksponeringen som akseptabel.
- Dersom eksponeringen (middelverdi) er over 1/4 av administrativ norm, men under administrativ norm, må tiltak vurderes og periodiske målinger er påkrevd.
- Dersom eksponeringen (middelverdi) overskrider den administrative normen må nødvendige tiltak iverksettes og følges opp med nye målinger.

4.1.4 RESULTATER, PERSONLIGE EKSPONERINGSMÅLINGER

Måling av aerosoler; respirabel og inhalerbar fraksjon

Det er foretatt 74 personlige aerosolmålinger, 64 av inhalerbar aerosolfraksjon og 74 av respirabel aerosolfraksjon. Årsaken til at det er færre resultater for inhalerbar fraksjon er at det ved den første måleserien ble benyttet prøvetakingsutstyr som viste seg ikke å ha tilstrekkelig kapasitet for formålet. En del av disse prøvene ble derfor forkastet fordi de var beheftet med stor grad av usikkerhet. Dette måleutstyret ble erstattet med utstyr som var bedre egnet.

Resultatet av de personlige aerosolmålingene er oppsummert i Tabell 4.1.2. Tabellen angir middelverdi (gjennomsnitt), median (midterste verdi), laveste og høyeste målte konsentrasjon og 90-persentilen (den verdien som 90% av resultatene ligger under).

Tabell 4.1.2. Personlige aerosolmålinger. Oppsummering av resultater.

	Inhalerbar (mg/m ³) N=64	Respirabel (mg/m ³) N=74
Middelverdi	5,99	2,70
Median	4,04	1,89
Laveste verdi	0,40	0,13
Høyeste verdi	26,2	12,0
90-persentil	12,4	5,84

Sammenliknet med den administrative normen for paraffinvoks på 2 mg/m³ ligger de målte resultatene høyt. Median for inhalerbar og respirabel fraksjon er hhv 4,04 mg/m³ og 1,89 mg/m³, mens 90-persentilen er hhv 12,4 mg/m³ og 5,84 mg/m³. Prøvetakingstiden varierte fra 30 minutter til 6 timer. Enkeltresultatene fra undersøkelsen viser at det er betydelige variasjoner fra dag til dag og fra person til person. De store variasjonene skyldes varierende arbeidsintensitet og omfang de ulike dagene, samt forskjeller i hvor mye fluorpulver den enkelte skismører bruker.

De fleste smørerne benyttet batteridrevne luftfiltrerende vernemasker under pålegging av fluorpulver. Dette innebærer at den reelle personlige eksponeringen er lavere enn det luftprøvene viser.

Måling av løsemidler

Samlet viser prøvene beskjeden gjennomsnittseksponering for løsemidler med median for additiv faktor på 0,06 og 90-persentil på 0,16 (Tabell 4.1.3.).

Tabell 4.1.3. Personlige løsemiddelmålinger. Oppsummering av resultater.

	Alifater C ₅ -C ₈	Alifater C ₉ -C ₁₃	Limonen	Toluen	Etanol	Etyl- benzen	m&p- xylen	o-xylen	Additiv faktor
Antall målinger	73	72	56	9	17	1	1	1	74
Median (ppm)	1,28	1,94	0,19	0,003	0,45	0,11	0,34	0,04	0,06
Høyeste verdi (ppm)	15,4	20,1	2,56	0,46	3,42	0,11	0,34	0,04	0,46
Laveste verdi (ppm)	0,01	0,01	0,02	0,002	0,02	0,11	0,34	0,04	0,0002
90-persentil (ppm)	7,16	6,35	0,55	0,09	1,24	0,11	0,34	0,04	0,16

Rensing av ski gir det største bidraget til løsemiddeleksponeringen. Løsemiddelprøvene inneholder hovedsakelig en sammensatt blanding av alifatiske og cykloalifatiske hydrokarboner (i tabellene angitt som alifater C₅-C₈ og alifater C₉-C₁₃). Disse komponentene er påvist i hhv 73 og 72 av de totalt 74 prøvene. Eventuelle forekomster av perfluorete alifatiske hydrokarboner som trolig vil forekomme spesielt i forbindelse med bruk av flytende fluorgliser, er beregnet inn i komponenten alifater C₅-C₈. I tillegg til alifatiske hydrokarboner inneholder ca. 75% av prøvene små mengder limonen.

4.1.5 RESULTATER, STASJONÆRE MÅLINGER

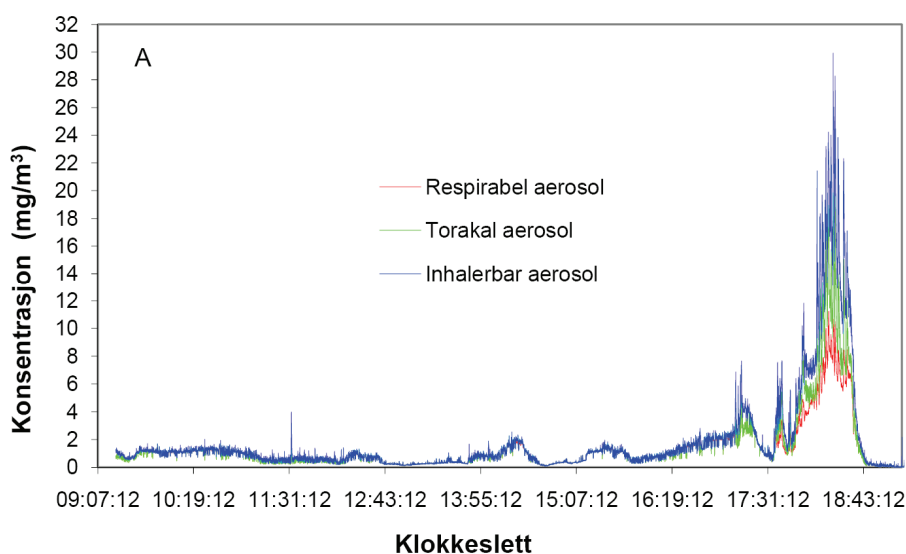
Aerosolmålinger med Respicon

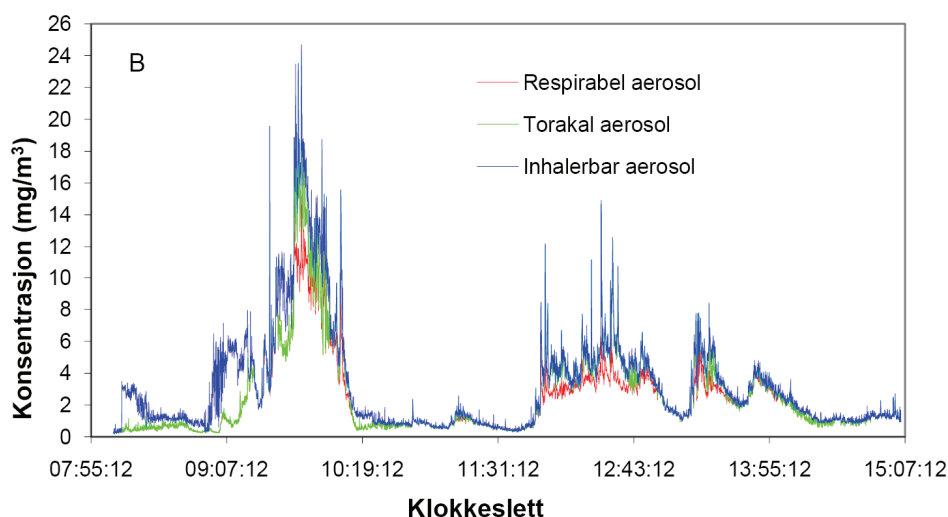
Det ble utført 7 stasjonære eksponeringsmålinger med en direktevisende Respicon prøvetaker og totalt 21 stasjonære eksponeringsmålinger når de ordinære Respicon prøvetakerne også er tatt med. To eksempler på variasjoner i aerosolkonsentrasjonen i smøreboder som funksjon av tid er vist i Figurene 4.1.A. og 4.1.B. Figurene viser at konsentrasjonen av de helserelevante aerosolfraksjonene i en smørebod kan variere mye i løpet av en dag og at toppeksponeeringen periodevis kan komme opp i konsentrasjoner som ligger i området 20 – 30 mg/m³. Toppeksponeeringene vist i Figurene 4.1.A og 4.1.B var alle relatert til pålegging av fluorpulverprodukter.

Middelverdi, median, laveste og høyeste verdi og 90-persentil for de helserelevante aerosolfraksjonene er angitt i Tabell 4.1.4. Tabellen viser at størstedelen av aerosolen består av partikler som er så små at de trenger forbi strupehodet og ned i lungene. Deteksjonsgrensene for den gravimetrisk bestemmelsen var 29 µg, 41 µg og 50 µg for henholdsvis den respirable, torakale og inhalerbare aerosolfraksjonen. Dette gir konsentrasjonsdeteksjonsgrenser på henholdsvis 0,023 mg/m³, 0,028 mg/m³ og 0,033 mg/m³ basert på 8 timers prøvetaking.

Tabell 4.1.4. Resultater for de helserelevante aerosolfraksjonene i 21 Respicon-prøver.

	Respirabel mg/m ³	Torakal mg/m ³	Inhalerbar mg/m ³
Middelverdi	0,77	0,94	1,15
Median	0,49	0,57	0,78
Laveste verdi	0,03	0,03	0,06
Høyeste verdi	2,26	2,90	3,44
90-persentil	1,95	2,66	3,23





Figur 4.1.A. og 4.1.B. Eksempler på variasjonen i konsentrasjonen til de helsedefinerte aerosolfraksjonene i smøreboder.

4.2. EKSPERIMENTELLE STUDIER PÅ STAMI

4.2.1. METODER/MÅLEOPPLEGG

For å studere de ulike arbeidsoperasjoners bidrag til eksponeringen, er det gjort omfattende laboratorieforsøk hvor ski har blitt preparert under kontrollerte betingelser. Det er gjennomført 3 parallelle stasjonære målinger av inhalerbar og respirabel aerosolfraksjon samt av løsemidler ved forskjellige arbeidsoperasjoner.

Følgende arbeidsoperasjoner er undersøkt:

- Påføring av voks
- Påføring av pulver
- Påføring av klister
- Påføring av flytende fluorglider
- Sikling/børsting av voks
- Sikling/børsting av pulver
- Rensing av ski (fluorrens, baserens)

Forsøkene ble gjennomført i et rom på ca. 70 m³ uten mekanisk ventilasjon. Under forsøkene varierte temperaturen i rommet med temperaturen ute, fra +15 til +25 °C. For hver arbeidsoperasjon ble 15 par ski preparert. Alle forsøkene er utført av samme person. Mellom forsøkene ble rommet luftet og partikkelkonsentrasjonen målt. Utstyr og produkter til preparering av ski var utlånt av Norges Skiforbund og Norges Skiskytterforbund.

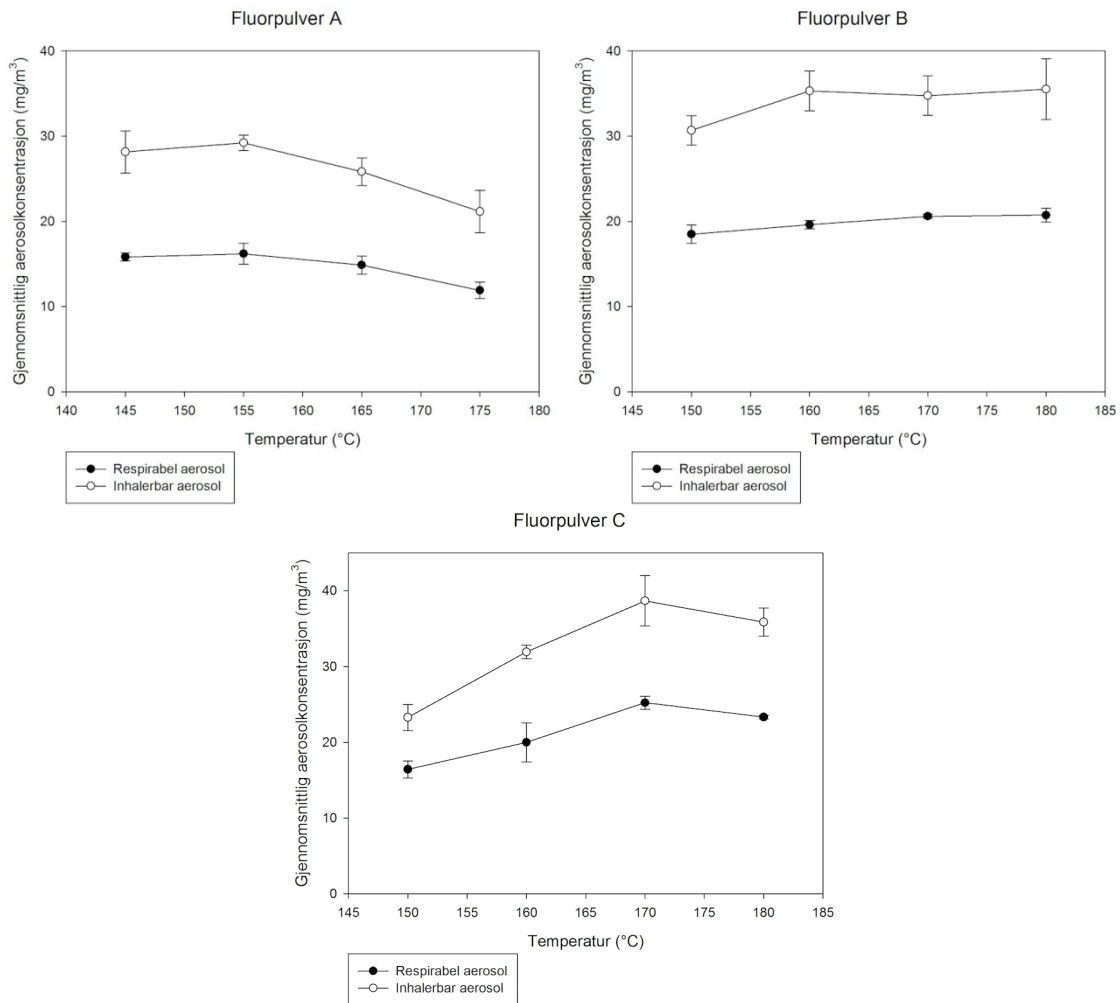
Det ble valgt ut tre vanlig brukte glidvokser og fluorpulvere samt én type klister til testing i forsøket. Påføring av glidvoks, fluorpulver og klister ble utført ved 4 ulike temperaturer på smørejernet (Probag Wärmetechnik) ved produsentens anbefalte verdi, 10 grader under anbefalt verdi samt 10 og 20 grader over anbefalt verdi. Til påføring av flytende fluorglider ble det valgt tre forskjellige typer (suspensjon, væske og spray) og til rensing av ski to forskjellige produkter (fluorrens og baserens).

Prøvetakingsutstyret ble plassert stasjonært i innåndingssonen over smørebordet (rett over skien), fordelt med ett prøvesett midt på og ett på hver ende av skien. Prøvetaking av inhalerbar og respirabel aerosolfraksjon samt løsemidler er tidligere beskrevet under avsnitt 4.1. Ved påføring av flytende fluorglider og til rensing av ski ble det kun gjort måling av løsemidler.

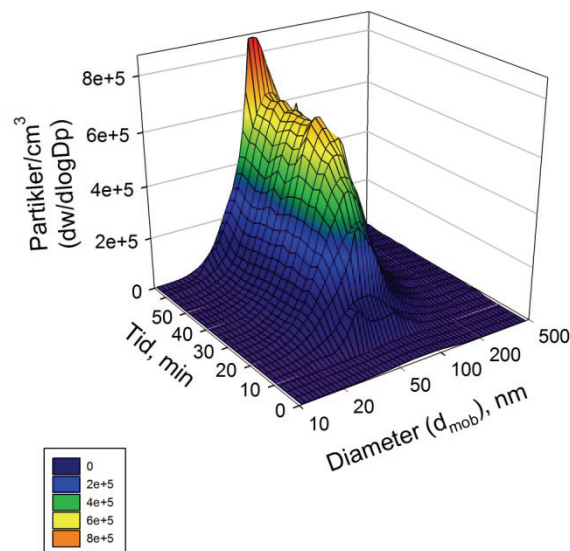
Det er også gjort målinger med Respicon (direktevisende og ordinære) og SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) spektrometer for å undersøke partikkelstørrelsesfordelingen i aerosolen under de forskjellige arbeidsoperasjonene. SMPS spektrometeret (modell 3034 fra TSI) er et direktevisende instrument som kontinuerlig måler partikler med mobilitetsdiameter i området 10-487 nm.

4.2.2. RESULTATER

Påføring av fluorpulver medfører klart høyest aerosoleksposering, både for respirabel og inhalerbar aerosol. Konsentrasjonen av respirabel aerosol utgjør 55 – 70% av konsentrasjonen av inhalerbar aerosol. For to (B og C) av tre undersøkte fluorpulvere synes det å være en tendens til økende aerosolkonsentrasjon med økende påføringstemperatur, mens for det 3. fluorpulveret (A) synes det å være en tendens til avtagende aerosolkonsentrasjon med økende påføringstemperatur. En mulig forklaring på dette kan være at fluorpulver A hovedsakelig inneholder et flyktigere perfluorkarbon enn de øvrige to fluorpulvere. Dette fører til økte dampkonsentrasjoner av perfluorkarbon og langsommere rekondensering av dampen, dvs. en større andel er i dampfase og vil ikke samles opp på aerosolfilter. Resultatene for påføring av fluorpulver er oppsummert i Figur 4.2.1. Størrelsesfordelingen av partikler ved påføring av et fluorpulver er vist i Figur 4.2.2.



Figur 4.2.1. Aerosolkonsentrasjon som funksjon av påføringstemperatur ved påføring av fluorpulver

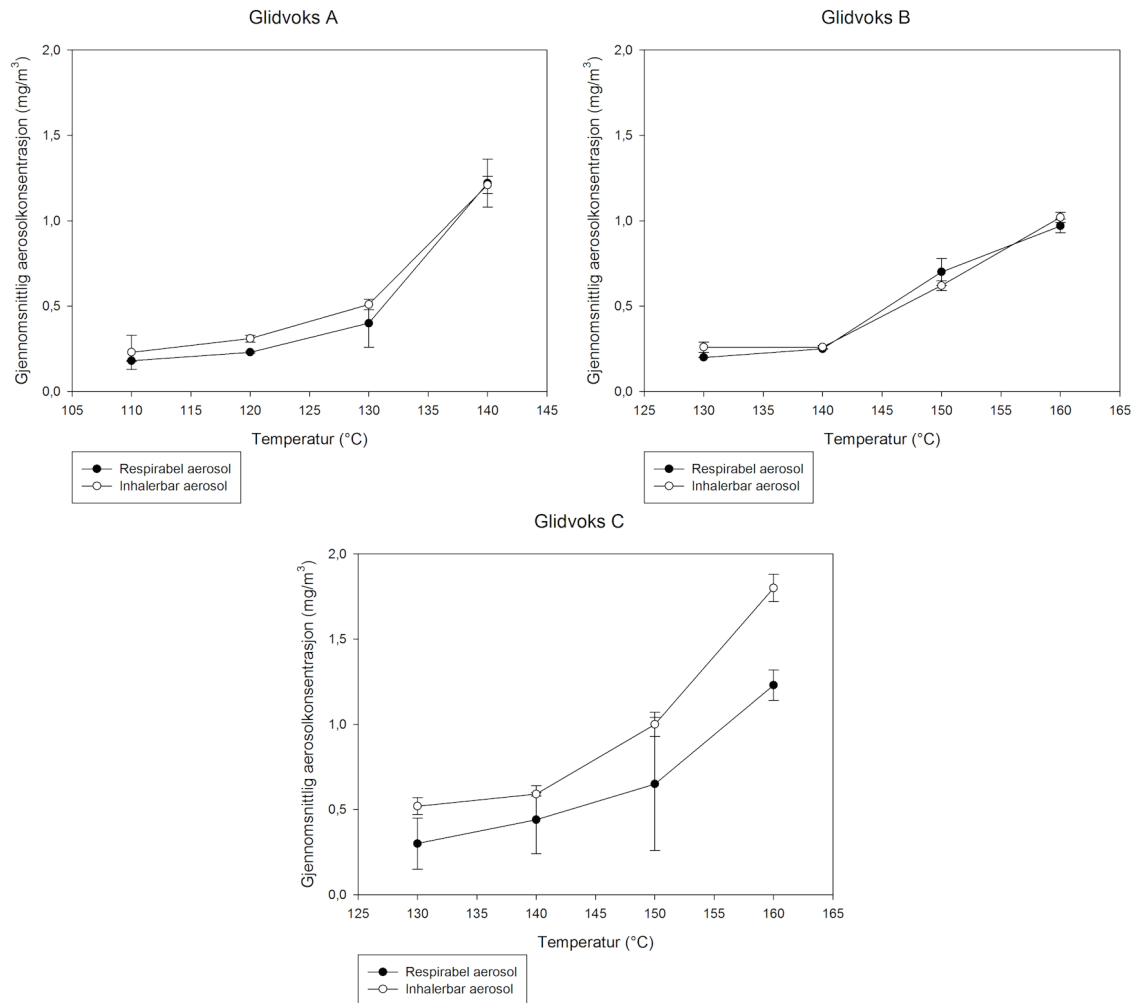


Figur 4.2.2. Partikkelstørrelsesfordeling ved påføring av fluorpulver.

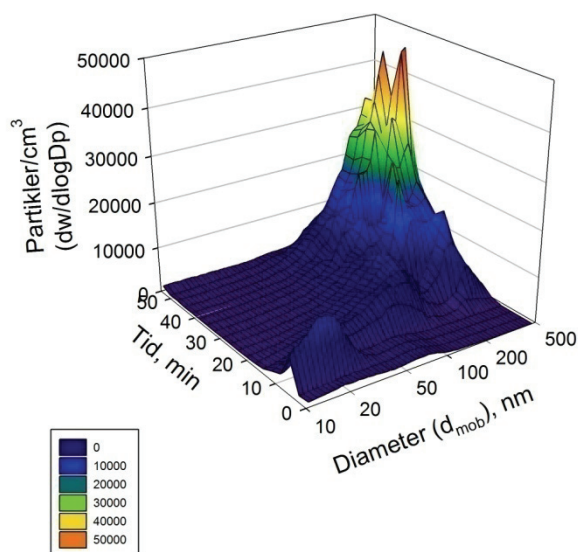
Resultatene fra påføring av glidvoks er oppsummert i Figur 4.2.3.

Påføring av glidvoks medfører betydelig lavere aerosolkonsentrasjoner sammenlignet med påføring av fluorpulver. For alle de tre undersøkte glidvoksene er det en tendens til økende aerosolkonsentrasjon med økende påføringstemperatur.

Størrelsesfordelingen av partikler ved påføring av en glidvoks er vist i Figur 4.2.4.



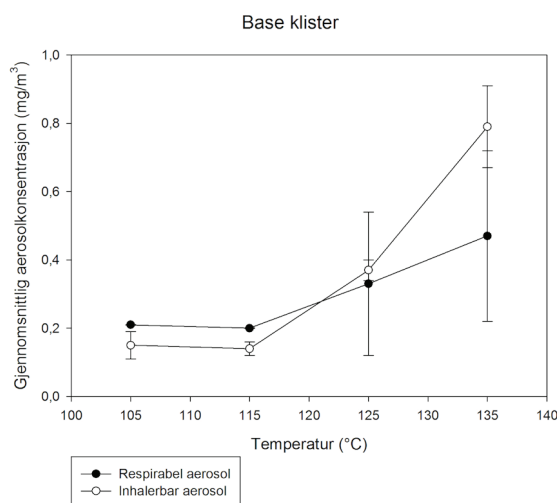
Figur 4.2.3. Aerosolkonsentrasjon som funksjon av påføringstemperatur ved påføring av glidvoks.



Figur 4.2.4. Partikkelstørrelsesfordeling ved påføring av glidvoks.

Resultatene fra påføring av klister (baseklister) er oppsummert i Figur 4.2.5.

Påføring av baseklister medfører lavere aerosolkonsentrasjoner enn påføring av glidvoks. Også for klister er det en tendens til økende aerosolkonsentrasjon med økende påføringstemperatur.



Figur 4.2.5. Aerosolkonsentrasjon som funksjon av påføringstemperatur ved påføring av klister.

Resultatene fra påføring av flytende fluorgliders er oppsummert i Tabell 4.2.1.

Av de undersøkte produktene var det én suspensjon (A), én ren løsning (B) og én spray (C).

Påføring av disse produktene medfører eksponering for flyktige perfluorkarboner (hovedsakelig C7-C8) i noe varierende grad, men det ble ikke påvist eksponering for tradisjonelle løsemidler.

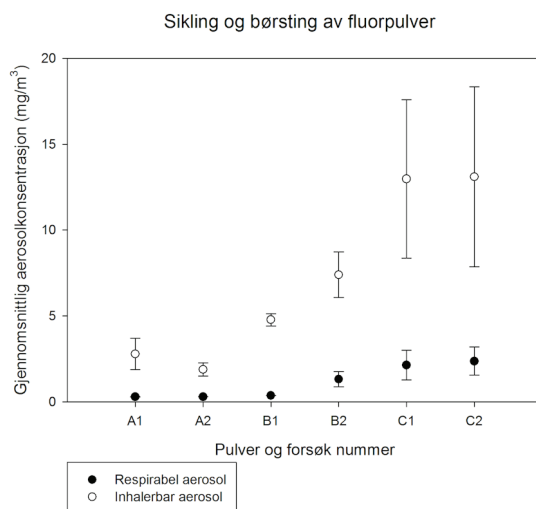
Tabell 4.2.1. Konsentrasjon av perfluorkarbon ved påføring av flytende fluorglidel

Flytende fluorglidel	Produkttype	PFK* ppm
A	suspensjon	30,4
B	væske	12,2
C	spray	15,6

* Sum perfluorkarboner (C7 og C8) bestemt som perfluoroktan

Resultatene fra rotorbørsting av fluorpulver er oppsummert i Figur 4.2.6.

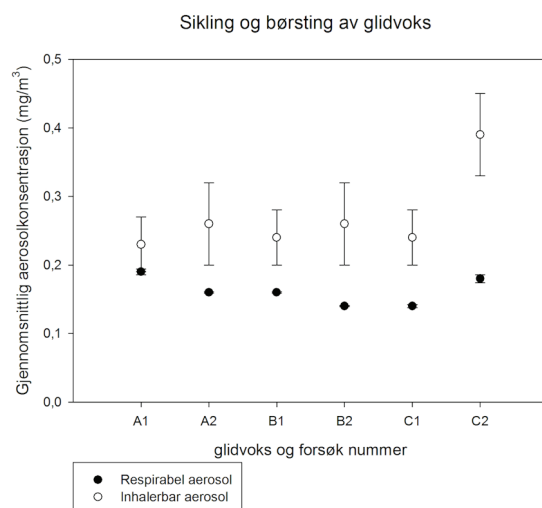
Rotorbørsting av fluorpulver synes å kunne gi varierende, men til dels høye aerosolkonsentrasjoner avhengig av fluorpulvertype. I motsetning til ved påføring av fluorpulver utgjør den inhalerbare fraksjonen det klart største bidraget ved rotorbørsting. Dette skyldes at man ved rotorbørsting får en mekanisk generering av partikler, noe som gir større partikler.



Figur 4.2.6. Aerosolkonsentrasjon ved rotorbørsting av fluorpulver.

Resultatene fra sikling og rotorbørsting av glidvoks er oppsummert i Figur 4.2.7.

Sikling og rotorbørsting av glidvoks synes å gi beskjedne bidrag til aerosolkonsentrasjonen sammenlignet med rotorbørsting av fluorpulver og omtrent samme bidrag eller lavere enn ved påføring av glidvoks.



Figur 4.2.7. Aerosolkonsentrasjon ved sikling/rotorbørsting av glidvoks.

Resultatene fra rensing av fluorpulver med såkalt ”fluorrens” og rensing av klister med ”baserens” er oppsummert i Tabell 4.2.2.

Rensing av ski med ”fluorrens” og ”baserens” er de to arbeidsoperasjonene som først og fremst bidrar til tradisjonell løsemiddeleksponering blant skismørere. Resultatene indikerer at i perioder med sammenhengende rensing av ski vil man kunne få en ikke ubetydelig løsemiddeleksponering, men eksponeringen over hele dagen vil normalt være beskjeden.

Rensemiddelene som ble benyttet i disse testene, inneholder hovedsakelig en sammensatt blanding av alifatiske hydrokarboner. ”Baserens” inneholder imidlertid en større andel av C₅-C₈ alifater enn ”fluorrens” og i tillegg mindre mengder limonen. Rensemidler fra ulike leverandører vil kunne ha forskjellig sammensetning.

Tabell 4.2.2. Løsemiddelkonsentrasjoner ved rensing av ski.

Arbeidsoperasjon	Alifater C ₅ -C ₈ ppm		Alifater C ₉ -C ₁₃ ppm		Limonen ppm		Additiv faktor	
	Median	Laveste-Høyeste	Median	Laveste-Høyeste	Median	Laveste-Høyeste	Median	Laveste-Høyeste
Rensing av fluorpulver	0,76	0,34 – 3,87	16,2	2,76 - 32,3	*	*	0,33	0,06 – 0,65
Rensing av klister	17,7	12,6 – 25,3	25,2	16,6 – 37,2	0,42	0,26 – 0,65	0,59	0,39 – 0,87

*Fluorrens inneholder ikke limonen.

4.2.3. KJEMISK KARAKTERISERING AV STØVPRØVER

Perfluor-n-alkaner (karbonkjedelengde 12-24) og n-alkaner (karbonkjedelengde 15-32) ble bestemt ved hjelp av gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor (GC-FID). Perfluorkarboksylyrer og perfluorsulfonsyrer ble bestemt ved hjelp av en metode som beskrives senere i avsnitt 4.3.

Bestemmelse av perfluor-n-alkaner og n-alkaner i støv.

Det ble gjennomført kjemisk karakterisering av enkelte av støvprøvene som ble innsamlet i prosjektet, for å kunne sammenligne med den kjemiske sammensetning av produktene som ble brukt. Deteksjonsgrensene for n-alkanene var henholdsvis 167 ng/m³ luft og 266 ng/m³ luft for GSP prøvetakeren og den respirable syklonen, mens deteksjonsgrensene for perfluor-n-alkanene var henholdsvis 1042 ng/m³ luft og 1658 ng/m³ luft for GSP prøvetakeren og den respirable syklonen. Alle deteksjonsgrenser er basert på 8 timers prøvetaking.

Om lag 78 % (median) av hhv de respirable og inhalerbare partiklenes masse ble gjenfunnet som n-alkaner og perfluor-n-alkaner (Tabell 4.2.3.). Av dette bestod nesten 90% av partiklenes målte masse av perfluor-n-alkaner i begge aerosolfraksjonene.

Tabell 4.2.3. Prosentvis andel n-alkaner (HK%) og perfluor-n-alkaner (PFK%) i respirabel og inhalerbar aerosolfraksjon (median, laveste og høyeste verdi og 90-persentil).

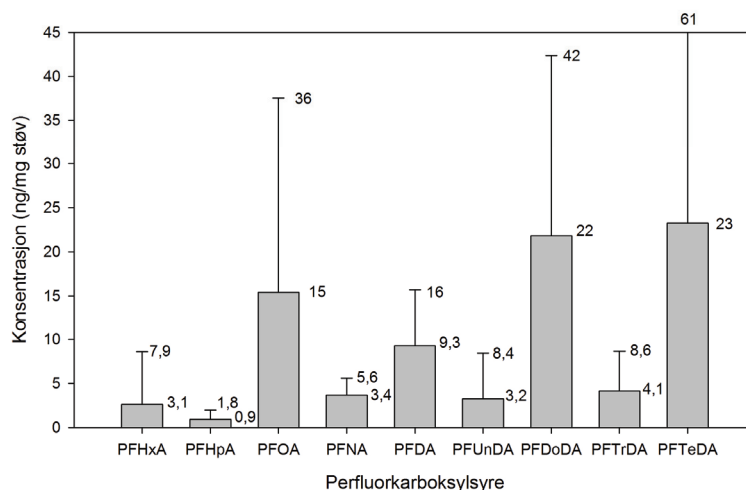
	Respirabelt støv (N=64)			Inhalerbart støv (N=64)		
	PFK%	HK%	Gjenfinning%	PFK%	HK%	Gjenfinning%
Median	89,3	10,8	78,1	89,6	10,4	77,4
Laveste verdi	n.d.	0,5	19,7	n.d.	0,9	32,2
Høyeste verdi	99,5	100	100	99,1	100	98,5
90-persentil	97,0	71,4	85,1	97,3	65,2	89,4

n.d. = ikke påvist

Bestemmelse av perfluorkarboksylyrer og perfluorsulfonsyrer i støv.

Det ble også utført en kjemisk karakterisering av perfluorkarboksylyrer og perfluorsulfonsyrer (en oversikt over forkortelser er angitt i Tabell 4.4.5.) i aerosolen i 6 av 21 reelle eksponeringsmålinger utført med Respicon. Enkelte av disse stoffene er å anse som såkalte miljøgifter, hvilket innebærer at de kan bioakkumulere og dermed brytes svært sakte ned i kroppen. Resultatene for den respirable aerosolfraksjonen er angitt i Figur 4.2.8. som median og høyeste verdi. En rekke perfluorkarboksylyrer ble påvist i svært varierende konsentrasjoner. De torakale og inhalerbare aerosolfraksjonene hadde en tilsvarende fordeling av de respektive perfluorkarboksylyrer

(resultatene ikke vist). Perfluorkarboksylysyrer PFBA og PFPeA ble også detektert, men nivåene var mye lavere. Median, laveste og høyeste verdi for PFBA og PFPeA var henholdsvis 0,16 (0,053-0,36) ng/mg støv og 0,17 (0,12-0,61) ng/mg støv i respirabel aerosol fraksjon. Det ble ikke påvist perfluorsulfonsyrer i noen av støvprøvene. Prøvene er analysert ved Nasjonalt folkehelseinstitutt (Oslo).



Figur 4.2.8. Konsentrasjon av perfluorkarboksylysyrer i respirabel aerosolfraksjon (ng/mg støv) i 6 Respicon prøver (median og høyeste verdi).

4.3. FORURENSNINGER I GLIDVOKS- OG FLUORPULVERPRODUKTER

4.3.1. METODE

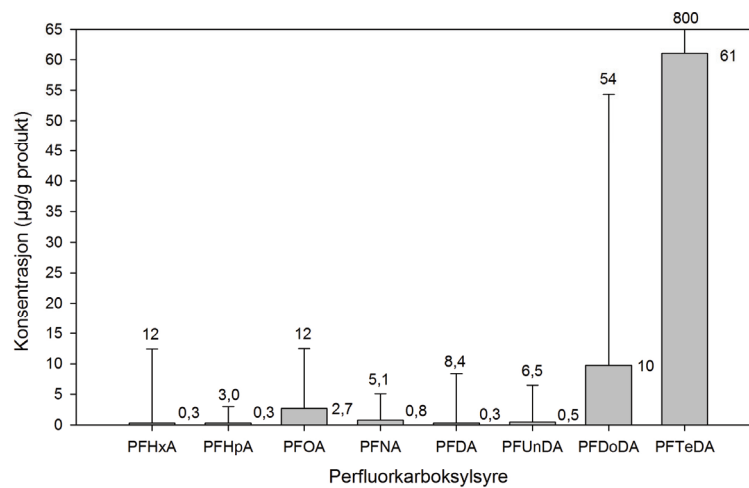
Metanolekstrakter av 11 glidvoksprodukter fra 6 produsenter og 11 fluorpulverprodukter fra 6 produsenter ble bestemt med hensyn på perfluorkarboksylysyrer og perfluorsulfonsyrer ved hjelp av væskrokromatografi med massespektrometrisk deteksjon (se metode for bestemmelse av perfluorkarboksylysyrer og perfluorsulfonsyrer i serum i avsnitt 4.4.).

4.3.2. RESULTATER

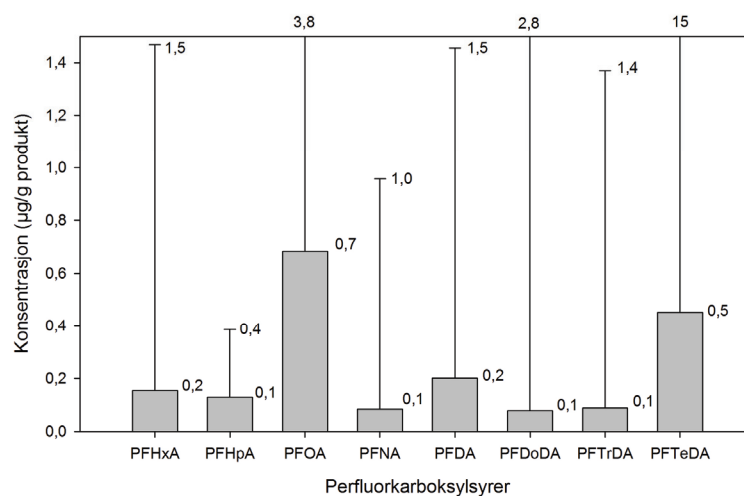
Perfluorkarboksylysyrer ble påvist i alle glidvoks- og fluorpulverprodukter som ble undersøkt, mens perfluoroktansulfonsyre (PFOS) ble påvist i kun tre av fluorpulverproduktene. Median og høyeste konsentrasjoner i $\mu\text{g/g}$ produkt for ulike perfluorkarboksylysyrer er angitt i Figurene 4.3.1 og 4.3.2. Kvantifiseringsgrensen for perfluorkarboksylysyrer og perfluorsulfonsyrer var $0,0073 \mu\text{g/g}$ produkt. Ekstraksjonsmetoden av produktene er ikke validert, og resultatene baserer seg på at man antar 100% gjenfinning. Hvis gjenfinningen er lavere enn 100%, er resultatene å anse som minimumsverdier. Perfluorkarboksylysyrer PFBA, PFPeA og PFTTrDA ble også påvist i henholdsvis fluorpulverprodukter og glidvoksprodukter, men nivåene var lavere enn for de andre

perfluorkarboksylysirene (median < 0,087 µg/g) (resultater ikke vist). Median, laveste og høyeste verdi for perfluorsulfonsyren PFOS som ble påvist i 3 av de 11 fluorpulverproduktene var 0,037 (<0,0073-0,15) µg/g produkt.

Resultatene av fluorpulver- og glidvoksproduktbestemmelsene viste at det var stor variasjon i konsentrasjonen til de ulike perfluorkarboksylysirene i produkter fra samme produsent og mellom produsenter. De gjennomgående lave nivåene av disse komponentene sammenlignet med hovedkomponentene i produktene kan indikere at disse stoffene er forurensninger i produktene. Mest sannsynlig er denne forurensningen fra råstoffene som er benyttet til syntese av perfluor-n-alkanene.



Figur 4.3.1. Konsentrasjon (µg/g produkt) av perfluorkarboksylysyrer i 11 fluorpulverprodukter fra 6 produsenter (median og høyeste verdi).



Figur 4.3.2. Konsentrasjon (µg/g produkt) av perfluorkarboksylysyrer i 11 glidvoksprodukter fra 6 produsenter (median og høyeste verdi).

4.4. MEDISINSKE UNDERSØKELSER

4.4.1. METODER

Til sammen 47 personer sa seg villige til å delta i en helseundersøkelse med måling av lungefunksjon og gassdiffusjonskapasitet samt blodprøver. De besvarte også et spørreskjema om lungerelaterte symptomer, helse og forskjellige bakgrunnsvariabler. Det var en forutsetning for deltakelse at de ikke hadde vært eksponert i forbindelse med skismøring dagen før første undersøkelsesdag. To personer ble ekskludert fordi dette kravet ikke sikkert var oppfylt. Dermed omfatter undersøkelsen 45 profesjonelle skismørere. De medisinske undersøkelsene ble gjennomført i perioden mars 2008 til mars 2009. Identiske undersøkelser ble gjennomført på de samme personene morgen og ettermiddag på en dag uten eksponering (før eksponering) for skismøringsprodukter og på en dag etter 2-3 dager med eksponering (under eksponering). Hver person ble derved undersøkt fire ganger. Undersøkelsen var godkjent av den regional etiske komité for medisinsk forskning.

4.4.2. LUNGEFUNKSJONSMÅLINGER

Spirometri

Et mobilt spirometer (Masterscreen fra Jaeger) ble brukt til målingene av lungefunksjon. Standard spirometriprosedyre som definert av American Thoracic Society (ATS) ble benyttet i undersøkelsen.

Følgende parametre ble bestemt som mål på lungefunksjon:

FVC: Forsert vitalkapasitet. Måler lungenes totale volum i liter

FEV1: Antall liter utånding i løpet av første sekund.

MEF75: Maksimal utånding når 75% av FVC gjenstår.

MEF50: Maksimal utånding når 50% av FVC gjenstår.

Gassdiffusjon

I respirasjonsfysiologisk sammenheng er dette lungenes evne til å transportere oksygen fra lungeblærene (alveolene) til hemoglobinet (Hb) i de røde blodlegemene. Dette ble også målt ved hjelp av Masterscreen (Jaeger).

Lungens diffusjonskapasitet (DLCO) er definert som mengden CO-gass som diffunderer gjennom den alveolærkapillære membranen per tidsenhet og partialtrykkforskjellen mellom alveoleluften og det kapillære blod i lungene. Dette måles i (mL/min)/mmHg. Dette er tilnærmet den mengde oksygen som kan diffundere over til blodbanen. Fordi mengden Hb i blodet er en viktig determinant

for diffusjonskapasiteten, ble bestemmelsen av DLCO også korrigert for individuell mengde Hb. Metoden gir også et mål på det alveolære volum (VA) i mL, som et indirekte uttrykk for totalt lungevolum.

Markører for lungeepitelskade

Surfaktant protein A og D og Clara Celle protein 16

Surfaktant proteiner i lungene utgjør deler av kroppens forsvar mot mikrober, f.eks. bakterier. De er også viktige bestanddeler av surfaktanten i lungene, hvor de eksempelvis bidrar til å redusere overflatespenning. Økte verdier i serum er assosiert med kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS), alveolitt og lungefibrose. Clara Celle protein 16 (CC-16) er et protein som også produseres i lungens epitel og som er betennelsesmodererende. CC-16 anses som en biomarkør for lungeepitelskade. Røykere har lavere CC-16 konsentrasjoner enn ikke-røykere. Prøvene ble analysert ved Sahlgrenska Universitetssjukhuset i Göteborg (Sverige).

4.4.3. RESULTATER AV DE MEDISINSKE UNDERSØKELSENE

Tabell 4.4.1. viser bakgrunnsdata for de 45 skismørerne som var med i den medisinske delen av undersøkelsen. Ingen av skismørerne oppga å være nåværende røykere, mens kun seks personer var tidligere røykere.

Tabell 4.4.1. Bakgrunnsdata for deltakerne i den medisinske undersøkelsen (N=45)

	Middelverdi	Minimum - maksimum
Alder (år)	38,0	24,9 - 55,8
Høyde (cm)	180,0	167 - 192
Vekt (kg)	80,1	58 - 95
BMI (kg/m ²)	24,8	20,3 - 31,1
Nåværende røykere (%)	0	-
Aldri-røykere (%)	86,7	-
Forkjølet på måletidspunktet (%)	6,7	-
Bruker astma-medisin (%)	6,7	-

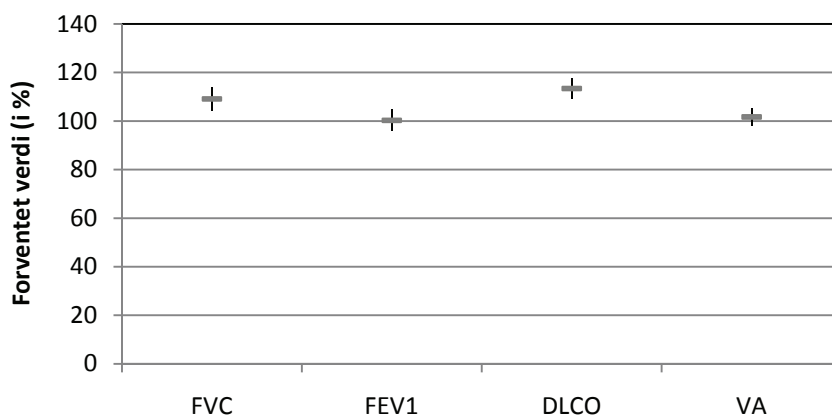
Tabell 4.4.2. viser eksponeringsdata for skismørerne. De har i gjennomsnitt arbeidet som profesjonelle smørere i 7,3 år. Alle smørerne angir å bruke åndedrettsvern ved enkelte anledninger. I de dagene de arbeidet med skismøring før de kom til den siste av de fire undersøkelsene, anga de i gjennomsnitt å ha brukt åndedrettsvern i 28% av tiden. De hadde i gjennomsnitt vært ueksponert 3,5 dager før første undersøkelse. Tabellen viser også resultatet av de personbårne luftmålingene av

aerosoler fra den andre undersøkelsesdagen. Konsentrasjonene som ble målt var i gjennomsnitt 3,1 mg/m³ respirabel aerosol og 6,1 mg/m³ inhalerbar aerosol.

Tabell 4.4.2. Eksponeringsdata for deltakerne i den medisinske undersøkelsen (N=45)

	Middelverdi	Minimum - Maksimum
År eksponert	7,3	2 - 17
Bruker åndedrettsvern (%)	100	-
Anslått bruk (i % av tiden)	28	0 - 100
Dager siden siste eksponering	3,5	1 - 20
Respirabel aerosol (mg/m ³)	3,1	0,21 - 12,0
Inhalerbar aerosol (mg/m ³)	6,1	0,40 - 26,2

Figur 4.4.1. viser forventet verdi i prosent av utvalgte parametre fra undersøkelsene med spirometri og gassdiffusjon. Verdiene er beregnet ut fra prestasjonene som ble målt ved første undersøkelse. Som det fremgår av figuren, ligger forventet verdi på rundt 100% eller noe mer på disse utvalgte lungefunksjonsmålene.



Figur 4.4.1. Forventet verdi (gjennomsnitt og 95% konfidensintervall) av forsert vitalkapasitet (FVC), utånding i løpet av første sekund (FEV1), lungens diffusjonskapasitet (DLCO) og det alveolære volum (VA).

Det var ingen statistisk sikker forskjell i resultatene fra spirometriundersøkelsene mellom morgen og ettermiddag, verken på undersøkelsesdag 1 eller på undersøkelsesdag 2 (resultatene ikke vist). Derimot var det statistisk sikkert lavere funksjon på FEV1, MEF75 og MEF50 målt om morgenen etter å ha vært eksponert i få dager enn før eksponeringen startet (Tabell 4.4.3.). Resultatene for MEF75 var også statistisk sikkert lavere på målingene utført om ettermiddagen etter få dagers eksponering enn på ettermiddagen før eksponeringen startet.

Flere av de målte parametre for gassdiffusjon var statistisk sikkert svakere om ettermiddagen sammenliknet med målinger utført om morgenen, både på undersøkelsesdag 1 og undersøkelsesdag 2 (resultatene ikke vist). Når man sammenliknet målinger utført på samme tid av døgnet før eksponering med målinger utført etter noen dagers eksponering var det en statistisk sikker lavere gassdiffusjon om morgenen, mens det alveolære volumet ikke var statistisk sikkert forskjellig (Tabell 4.4.3.).

Tabell 4.4.3. Sammenlikning av resultater fra spirometri- og gassdiffusjonsmålinger tatt morgen og kveld hos 45 skismørere.

	Morgen				Ettermiddag			
	Før eksponering		Under eksponering		Før eksponering		Under eksponering	
	Middel-verdi	Laveste-Høyeste	Middel-verdi	Laveste-Høyeste	Middel-verdi	Laveste-Høyeste	Middel-verdi	Laveste-Høyeste
Spirometri								
FVC (L)	5,93	4,1-8,8	5,77	4,0-7,5	5,84	3,9-8,0	5,72	4,1-8,0
FEV1(L) ^a	4,53	2,5-6,0	4,39	2,5-5,7	4,44	2,5- 5,8	4,40	2,9-6,2
MEF 75(L/s) ^{a,c}	8,24	3,2-12,2	7,76	2,7-11,3	8,06	3,2-11,6	7,79	3,5-11,0
MEF 50(L/s) ^b	4,80	1,6-7,3	4,53	1,7-7,0	4,65	1,8-6,9	4,66	2,3-7,4
Gassdiffusjon								
DLCO _{corr} ^a	13,0	9,7-16,1	12,7	8,3-16,3	12,5	8,4-15,8	12,3	8,9-15,2

^a p=0,002 mellom morgenundersøkelsene; ^b p=0,05 mellom morgenundersøkelsene; ^c p=0,03 mellom ettermiddagsundersøkelsene. Benevning DLCO: (mL/min)/mmHg

Tabell 4.4.4. viser analyseresultatene for pneumoproteiner i serum fra blodprøver tatt før eksponering og under eksponering for 45 skismørere. Det var et betydelig og statistisk sikkert fall i konsentrasjonen av CC-16 og SP-D fra morgen til ettermiddag på undersøkelsesdag 1 (før eksponering). Imidlertid var fallet enda større, og statistisk sikkert, fra morgen til ettermiddag på undersøkelsesdag 2 (under eksponering). For SP-A var det ingen statistisk sikre forskjeller. Fallet i SP-D mellom morgen og ettermiddag var statistisk sikkert større under eksponering enn før eksponering (10,9 vs 5,3; p<0,001). For CC-16 var fallet også større under eksponering enn før eksponering, men forskjellen var kun grensesignifikant (p=0,052).

Tabell 4.4.4. Analyseresultater for pneumoproteiner i serum

	Før eksponering				Under eksponering			
	Morgen		Ettermiddag		Morgen		Ettermiddag	
	Middel-verdi	Laveste-Høyeste	Middel-verdi	Laveste-Høyeste	Middel-verdi	Laveste-Høyeste	Middel-verdi	Laveste-Høyeste
CC-16 ($\mu\text{g/L}$) ^{†,a,c}	6,5	3,1-11,0	5,7	2,7-11,4	6,5	3,5-10,8	5,2	2,7-15,3
SP-A [†] (Enheter)	2,1	Nd-264	2,2	Nd-176	2,1	Nd-234	2,4	Nd-268
SP-D ^{b,c} ($\mu\text{g/L}$)	72,3	35,7-142,0	67,0	27,0-133,8	71,1	31,2-158,2	60,2	25,5-129,0

[†] Geometrisk middel; ^a $p=0,001$ mellom undersøkelsene før eksponering; ^b $p<0,001$ mellom undersøkelsene før eksponering; ^c $p<0,001$ mellom undersøkelsene etter eksponering

Fallet i konsentrasjon av SP-D var om lag 7% mellom undersøkelsen morgen og ettermiddag før eksponering, mens det tilsvarende fallet var om lag 15% mens eksponeringen pågikk. Også for CC-16 var fallet mellom morgen og ettermiddag større under pågående eksponering (18%) enn før eksponeringen startet (9%). Forskjellen i fallene var statistisk sikker både for SP-D ($p=0,001$) og for CC-16 ($p<0,05$).

4.4.4. BESTEMMELSE AV PERFLUORKARBONFORBINDELSER I SERUM

Tretten skismørere ble spurt om de ville avgi blodprøver ved tre anledninger for bestemmelse av perfluorkarbonforbindelser i serum. Alle ønsket å delta. Blodprøvene ble tatt rett etter sesongen 2007/2008 i mars 2008, før neste sesong i månedsskiftet oktober/november 2008 og etter sesongen 2008/2009 i mars 2009. Prøvene er analysert ved Nasjonalt folkehelseinstitutt (Oslo).

Bestemmelse av perfluorkarboner, perfluorkarboksylyrer og perfluorsulfonsyrer i serum

Perfluorkarboksylyrer og perfluorsulfonsyrer som er angitt i Tabell 4.4.5. ble bestemt i serum ved hjelp av væskechromatografi med massespektrometrisk deteksjon. Kvantifiseringsgrensen for analysemetoden var 0,050 ng perfluorkarboksylyre/ perfluorsulfonsyre per milliliter serum.

Tabell 4.4.5. Oversikt over perfluorkarboksylysyrer og perfluorsulfonsyrer og deres forkortelser.

Perfluorkarboksylysyrer	Forkortelse	Perfluorsulfonsyrer	Forkortelse
Perfluorbutansyre	PFBA	Perfluorbutansulfonsyre	PFBS
Perfluorpentansyre	PFPeA	Perfluorheksansulfonsyre	PFHxS
Perfluorheksansyre	PFHxA	Perfluorheptansulfonsyre	PFHpS
Perfluorheptansyre	PFHpA	Perfluoroktansulfonsyre	PFOS
Perfluoroktansyre	PFOA	Perfluordekansulfonsyre	PFDS
Perfluornonansyre	PFNA	Perfluoroktansulfonamid	PFOSA
Perfluordekansyre	PFDA	N-metylperfluoroktansulfonamid	MeFOSA
Perfluorundekansyre	PFUnDA	N-etylperfluoroktansulfonamid	EtFOSA
Perfluordodekansyre	PFDoDA		
Perfluortridekansyre	PFTTrDA		
Perfluortetradekansyre	PFTeDA		

Resultater

En rekke perfluoreerte forbindelser ble påvist i smørernes serum (Tabell 4.4.6.). De høyeste konsentrasjonene ble funnet for PFOA, hvor nivåene i gjennomsnitt er omtrent 25 ganger høyere enn tidligere rapporterte bakgrunnsnivåer hos eksempelvis nordmenn med høyt inntak av fisk. Konsentrasjonen av enkelte av komponentene ble ikke nevneverdig redusert i løpet av perioden mellom prøven tatt etter sesong 1 og før sesong 2. Det kan bety at de bioakkumuleres i mennesker. Spesielt gjelder dette stoffene PFOA, PFNA, PFDA og PFUnDA. Heller ikke konsentrasjonen av PFOS, PFHxS eller PFHpS ble særlig lavere i denne tidsperioden. Det er i samsvar med at PFOA har om lag 5 års halveringstid i blodet til mennesker. Helseeffekter hos mennesker for disse stoffene er lite studert, men det er en generell bekymring hos miljømyndighetene for eksponering for denne type stoffer.

Tabell 4.4.6. Konsentrasjon i ng/ml av perfluorerte forbindelser i serum hos 13 profesjonelle skismørere (median, laveste og høyeste verdi).

	Etter sesong 1		Før sesong 2		Etter sesong 2	
	Median	Laveste-Høyeste	Median	Laveste-Høyeste	Median	Laveste-Høyeste
PFBA	Nd	Nd-3,7	Nd	Nd-Nd	Nd	Nd-5,4
PFHxA	0,08	Nd-0,31	Nd	Nd-Nd	Nd	Nd-Nd
PFHpA ^{a,b}	2,2	0,4-11,0	0,74	0,14-9,1	1,5	0,21-12,0
PFOA ^a	50	20-174	53	15-173	57	20-162
PFNA	13	3,6-37	13	3,3-38	12	3,9-33
PFDA ^a	7,5	2,1-28	6,8	1,7-28	6,8	2,3-27
PFUnDA ^a	0,96	0,32-3,4	0,88	0,16-3,5	0,88	0,21-3,3
PFDoDA ^{a,b}	2,0	0,51-9,1	1,2	0,32-7,3	1,3	0,46-8,3
PFTTrDA ^a	0,26	0,11-1,0	0,17	0,09-0,65	0,21	0,06-0,76
PFTeDA ^{a,b}	1,2	0,26-4,4	0,40	0,03-2,10	0,36	0,11-2,9
PFHxS ^a	1,6	0,83-6,2	1,4	0,84-6,2	1,5	0,80-6,4
PFHpS	0,49	0,16-1,7	0,40	0,21-1,4	0,40	0,13-1,5
PFOS ^a	27	11-91	24	8,7-86	26	10-86
PFOSA	Nd	Nd-4,5	Nd	Nd-1,3	Nd	Nd-2,1

^a p<0,05 mellom "Etter sesong 1" og "Før sesong 2"; ^b p<0,05 mellom "Før sesong 2" og "Etter sesong 2". Nd: ikke påvist

Det ble påvist en statistisk sikker sammenheng mellom antall år man hadde arbeidet som skismører og konsentrasjonen av enkelte komponenter. Dette ble funnet for PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHxS, PFHpS og PFOS (resultater ikke vist). Sammenholdt med at konsentrasjonen av disse komponentene falt svært lite mellom de to første undersøkelsene, kan dette indikere at komponentene bioakkumulerer hos smørerne.

4.5. EVALUERING AV VENTILASJONSTILTAK I SKISKYTTERNES SMØREBILER

Foran sesongen 2007/2008 anskaffet Norges Skiskytterforbund en lastebil med en påmontert container med arbeidsplass for fire skismørere (smørebil I). Smørebil I var utstyrt med generell ventilasjon i form av små vifter på kortvegg. Dessuten var hver arbeidsplass utstyrt med et skap med avsug hvor smørejernet ble oppbevart når det ikke var i bruk. Målingene i smørebil I ble gjennomført ved fremre arbeidsplass på venstre side. Foran sesongen 2008/2009 ble det anskaffet en ny smørebil (smørebil II), også med fire arbeidsplasser. Denne var utstyrt med spesialavsug utviklet ved STAMI. Spesialavsugget dekket hele skiens lengde og i tillegg var det montert skap med avsug på alle arbeidsplasser for oppbevaring av smørejernet når det ikke er i bruk. Målingene i smørebil II ble gjennomført ved fremre arbeidsplass på høyre side.

For å undersøke effekten av ventilasjonen i smørebilene ble det gjennomført tre parallelle stasjonære målinger av respirabel og inhalerbar aerosolfraksjon samt løsemidler ved et av arbeidsbordene i bilene. Prøvene ble plassert i ansiktshøyde over arbeidsbordet (rett over skien), fordelt med et prøvesett midt på og ett på hver ende av skien. Disse forsøkene ble gjennomført under følgende arbeidsoppgaver:

Påføring av fluorpulver ved 170 °C med og uten ventilasjon (15 par ski)

Påføring av glidvoks ved 140 °C med og uten ventilasjon (15 par ski)

Ingen andre arbeidsoppgaver ble utført i bilene under disse målingene.

Resultater

Resultatene av testforsøkene i smørebil I og II er vist i Tabell 4.5.1.

Tabell 4.5.1. Resultater fra målingene i smørebilene.

Bil nr.	Arbeidsoperasjon	Respirabel aerosolfraksjon			Inhalerbar aerosolfraksjon		
		u/vent. mg/m ³	m/vent. mg/m ³	reduksjon %	u/vent. mg/m ³	m/vent. mg/m ³	reduksjon %
I	Fluorpulverpåføring	15,1	6,81	55	20,4	11,1	46
I	Glidvokspåføring	3,42	0,30	91	4,74	1,30	73
II	Fluorpulverpåføring	8,96	0,44	95	14,1	0,73	95
II	Glidvokspåføring	2,68	0,33	88	3,72	0,30	92

Ved bruk av generell ventilasjon viste resultatene fra smørebil I en reduksjon i respirabel og inhalerbar aerosolfraksjon på henholdsvis 55 og 46% ved påføring av fluorpulver. Ved påføring av glidvoks var reduksjonen henholdsvis 91 og 73%.

For smørebil II er det, ved bruk av det spesialkonstruerte avsuget, en reduksjon i støvnivåene på 95% både for respirabel og inhalerbar aerosolfraksjon ved påføring av pulver, mens reduksjonen i støvnivåene ved påføring av voks var henholdsvis 88 og 92%. Dette indikerer at det spesialkonstruerte avsuget tilpasset arbeidet er betydelig mer effektivt enn generell ventilasjon, spesielt for den respirable fraksjonen.

Forsøkene i smørebilene indikerer at generell ventilasjon og avsug på skap for smørejern gir en betydelig reduksjon i støvnivåene, men spesielt for den respirable fraksjonen synes det nødvendig med spesialkonstruert avsug tilpasset arbeidet for å få et effektivt avsug. Ved å benytte slike spesialtilpassede ventilasjonstiltak bringes eksponeringen ned til et akseptabelt nivå.

5. KONKLUSJON

Undersøkelsen viser til dels høye konsentrasjoner av partikler i arbeidsatmosfæren til skismørerne. En stor andel av partiklene er respirable, slik at de når langt ned i lungene ved innånding. Påføring av fluorpulverprodukter er den arbeidsoperasjonen som gir det klart største bidraget til aerosoleksponeringen, i tillegg til rotorbørsting av de pålagte fluorpulverproduktene. Aerosolkonsentrasjonen i smørebodene er veldig varierende, avhengig av arbeidsintensitet og forbruk av fluorpulverprodukter. Derimot synes ikke eksponeringen for organiske løsemidler å være spesielt høy.

Partiklene som genereres består hovedsakelig av perfluor-n-alkaner og n-alkaner, men små mengder perfluorkarboksylysyre ble også påvist i luftprøver. De sistnevnte komponentene ble også påvist i serum til skismørerne. De høyeste nivåene ble påvist for PFOA, som ligger betydelig over bakgrunnsnivåene hos normalbefolkningen. PFOA er kjent for å ha en lang biologisk halveringstid, og vil derfor kunne bioakkumulere i kroppen ved eksponering. Det er en generell bekymring hos miljømyndighetene for eksponering for denne type stoffer. Til tross for at mange av skismørerne i helseundersøkelsen bruker åndedrettsvern ved arbeid, fant en små reduksjoner i enkelte parametere for lungefunksjon. Lungefunksjonsfallene i de kliniske undersøkelsene ble ledsaget av lavere påviste nivåer av to lungeproteiner i serum under eksponering sammenlignet med før eksponering, noe som indikerer en lett affeksjon av lungene ved akutt eksponering. Hvorvidt dette kan ha langtidskonsekvenser har ikke vært undersøkt i denne studien.

Ut fra en samlet vurdering er det etter vårt skjønn behov for at eksponeringen profesjonelle skismørere utsettes for reduseres. Resultatene fra evalueringen av spesialtilpassede ventilasjonstiltak i smørebilene til skiskytterlandslaget viser at et spesialkonstruert avsug tilpasset arbeidet er betydelig mer effektivt for å redusere eksponeringen enn generell ventilasjon, og at slike tiltak kan redusere eksponeringsnivåene ned til et akseptabelt nivå. Dette gjelder spesielt for ventilasjon av de minste partiklene. Dette er å anse som det primærpreventive tiltaket. I de tilfeller hvor luftkvaliteten ikke er tilfredsstillende anbefales bruk av adekvat åndedrettsvern, og at det utøves forsiktighet spesielt under arbeid med fluorpulverprodukter.

Resultatene fra denne studien vil snarlig søkes publisert i internasjonale vitenskapelige tidsskrifter med fagfellebedømming.