

## RENGJØRINGSMIDLER I SPRAYFORM

– FRIGIR DE HELSESKADELIGE STOFFER TIL  
ARBEIDSATMOSFÆREN SOM KAN INHALERES  
TIL LUNGENE?



## SAMMENDRAG

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) sin faktabok om arbeidsmiljø og helse 2015 viser at renholdere er yrkesgruppen som oppgir høyest forekomst av luftveisplager i form av tetthet og piping i brystet.

I vitenskapelig litteratur for øvrig, konkluderer to populasjonsbaserte studier og en systematisk oversiktsartikkel med at renholdere har økt risiko for utvikling av astma, både blant profesjonelle renholdere og andre yrkesgrupper som er involvert i renholdsarbeid. Bruk av rengjøringsmidler i sprayform er en eksponering som peker seg ut, men det er en mangel på studier som har karakterisert denne eksponeringen. Ut i fra et forebyggende perspektiv er det nødvendig å studere hvorvidt rengjøringsmidler i sprayform frigir helseskadelige stoffer som kan inhaleres til lungene.

Det er derfor gjennomført en undersøkelse av det kjemiske arbeidsmiljøet til renholdere ved rom- og sanitærrengjøring. Hensikten med studien var å etablere en universell prøvetakings- og analysemetode som kan benyttes på alle rengjøringsmidler i sprayform, undersøke sprayflasker og rengjøringsmidler som benyttes til rom- og sanitærrengjøring med hensyn på generering av de helserelaterte aerosolfraksjonene; inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon og flyktige organiske forbindelser (VOC), samt utføre personbårne eksponeringsmålinger på renholdere ved relevante arbeidsoperasjoner.

Undersøkelsen av sprayflasker og rengjøringsmidler i laboratorieforsøk omfattet 17 produkter og 7 sprayflasker fra de to største leverandørene av rengjøringsmidler i Norge. Resultatene viser at det er vesentlige forskjeller mellom sprayflasker som benyttes til rom- og sanitærrengjøring i Norge både når det gjelder andel luftbåren massefraksjon ved spraying og generering av de helserelaterte aerosolfraksjonene; inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon. Canyon sprayflasken med regulerbar dyse, som er en av de mest benyttede sprayflaskene i Norge blant profesjonelle renholdere, var den sprayflasken som genererte mest inhalerbar og torakal aerosol i et standardisert laboratorieforsøk. Laboratorieforskene viste at mengden inhalerbar og torakal aerosol kan reduseres med mer enn 92 % ved å bruke en lavtrykkssprøyte med regulerbar dyse i stedet for en Canyon sprayflaske med regulerbar dyse. Laboratorieforskene viste også at mengden inhalerbar og torakal aerosol vil bli ytterligere redusert ved bruk av sprayflasker med skumdyse.

De personbårne eksponeringsmålingene av torakal aerosolfraksjon i forbindelse med rom- og sanitærrengjøring viste seg å være relativt lave sammenlignet med eksponeringer en vanligvis finner i norsk arbeidsliv, men det er vanskelig å gjøre vurderingen, da det ikke finnes grenseverdier for flesteparten av kjemikaliene som finnes i rengjøringsmidler. De personbårne målingene viste videre at eksponeringen for flyktige organiske forbindelser fra parfymer var lav sammenlignet med gjeldende grenseverdier, men at eksponeringen for 2-propanol potensielt kan overskride gjeldende

grenseverdi ved bruk av «klar-til-bruk» glass- og overflaterengjøringsprodukter som inneholder 2-propanol.

Eksponering til de øvre og dypere luftveier er en forutsetning for at eksponeringen skal kunne gi helseskadelige effekter på luftveiene. I et forebyggende øyemed bør derfor eksponeringen for inhalerbar og torakal aerosolfraksjon ved bruk av rengjøringsmidler i sprayform være så lav som mulig. En reduksjon av eksponeringen er i så måte å forbinde med god forebygging.

## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>SAMMENDRAG</b>	<b>2</b>
<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>FORKORTELSER</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUKSJON/BAKGRUNN</b>	<b>7</b>
<b>MÅLSETTING</b>	<b>9</b>
<b>ARBEIDSOPERASJONER, PRODUKTER OG SPRAYFLASKER /-DYSER</b>	<b>10</b>
Arbeidsoperasjoner	10
Produkter og sprayflasker (dyser)	10
<b>METODER, RESULTATER OG DISKUSJON</b>	<b>11</b>
Ekperimentelle studier	11
Metoder/måleopplegg	11
Resultater og diskusjon, laboratorieforsøk	18
Eksponeringsmålinger	23
Metoder/måleopplegg	23
Grenseverdier	25
Resultater og diskusjon, personbårne eksponeringsmålinger	26
Måling av aerosol; torakal fraksjon	26
Måling av flyktige organiske forbindelser (VOC)/løsemidler	27
<b>KONKLUSJON</b>	<b>29</b>
<b>FORSLAG TIL EKSPONERINGSREDUSERENDE TILTAK</b>	<b>30</b>
<b>REFERANSER</b>	<b>31</b>
<b>APPENDIKS</b>	<b>33</b>
Definisjoner	33

## FORORD

Prosjektet «Rengjøringsmidler i sprayform – Frigir de helseskadelige stoffer til arbeidsatmosfæren som kan inhaleres til lungene» startet i juni 2015 etter at Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) sammen med Lilleborg AS, som samarbeidspartner, søkte og fikk innvilget forskningsbidrag fra NHOs arbeidsmiljøfond til prosjektet. Ecolab AS ble i løpet av prosjektperioden forespurt av STAMI om de også ville være med i prosjektet noe de takket ja til. Lilleborg AS og Ecolab AS har vært viktige bidragsytere til prosjektet med sin kunnskap om relevante produkter som benyttes til rom- og sanitærrengjøring, kjemisk innhold i produktene, samt hvilke sprayflasker som selges til proffmarkedet. Produsentene har også bidratt med produktprøver og sprayflasker til prosjektet. STAMI ønsker derfor å takke Lilleborg AS og Ecolab AS for godt samarbeid. STAMI ønsker også å takke de bedriftene og renholdere som deltok i eksponeringskartleggingen, samt NHOs arbeidsmiljøfond for forskningsbidraget.

En oversikt over relevante definisjoner finnes i appendiks, slik at leseren kan slå opp ved behov.

Prosjektgruppen har bestått av følgende medarbeidere ved STAMI:

Raymond Olsen

Ine Pedersen

Balázs Berlinger

Karl-Christian Nordby

Hanne Line Daae

Thea Haugsten Johansen

Jose Hernán Alfonso

Eva Kristin Løvseth

Pål Molander

Statens arbeidsmiljøinstitutt, februar 2017

Raymond Olsen

Prosjektleder

## **FORKORTELSER**

µg	mikrogram (milliontedels gram)
µm	mikrometer (milliontedels meter)
2-BE	2-butoksyetanol
CsCl	cesiumklorid
dl	desiliter (tiendels liter)
GC-FID	gasskromatografi med flammeionisasjonsdeteksjon
GC-MS	gasskromatografi med massespektrometrisk deteksjon
HDPE	high density polyethylene
HNO <sub>3</sub>	salpetersyre
ICP-MS	induktivt koplet plasma med massespektrometrisk deteksjon
In	Indium
ml	milliliter (tusendels liter)
ng	nanogram (milliardtedels gram)
ppm	parts-per-million (deler per million)
PVC	polyvinylklorid
RbCl	rubidiumklorid
SrCl <sub>2</sub>	strontiumklorid
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
VOC	flyktige organiske forbindelser

## INTRODUKSJON/BAKGRUNN

Renholdsbransjen sysselsatte ca. 55 000 personer i Norge i 2016 (1). Tall fra STAMI sin faktabok om arbeidsmiljø og helse fra 2015 viser at renholdere er yrkesgruppen som oppgir høyest forekomst av luftveisplager i form av tetthet og piping i brystet. De rapporterer også en forhøyet forekomst av hudplager og nær halvparten av disse tilskriver plagene til arbeidet. Renholdere ligger også høyt oppe på statistikken over sykefravær og oppbrukte sykepengerettigheter grunnet luftveis- og huddiagnoser (2). Både arbeid i hjemmet og yrkeseksponering i renholdsbransjen med bruk av rengjøringskjemikalier er satt i forbindelse med økt risiko for astma og astmaliknende symptomer (3, 4).

I en systematisk oversiktsartikkel fra 2014 er 24 publiserte artikler om astma hos renholdere oppsummert, og astma er satt i forbindelse med eksponering for rengjøringsprodukter, rengjøringsmidler i sprayform, blekemidler, ammoniakk, det å blande ulike rengjøringsprodukter som del av arbeidet med rengjøringskjemikalier, og med spesifikke rengjøringsoppgaver (5).

Bruk av rengjøringsmidler i sprayform var assosiert med astmadebut i voksen alder, hvorav en av syv tilfeller av astma ble tilskrevet bruk av spraybaserte rengjøringsmidler (6). Det må påpekes at denne studien var basert på selvrapporterte data om spraybruk fra den spanske delen av en stor europeisk befolkningsundersøkelse for lungesykdommer (European Community Respiratory Health Survey II – ECRHS II). Flere studier som har sett på effekter av bruk av rengjøringsmidler i sprayform har også funnet slike sammenhenger, men disse studiene var basert på selvrapporterte data om eksponeringen (7, 8), dagbok over bruk av ulike kjemikalier inkludert i sprayform (9), og/eller yrkestittel som renholder/tidligere renholder (10, 11).

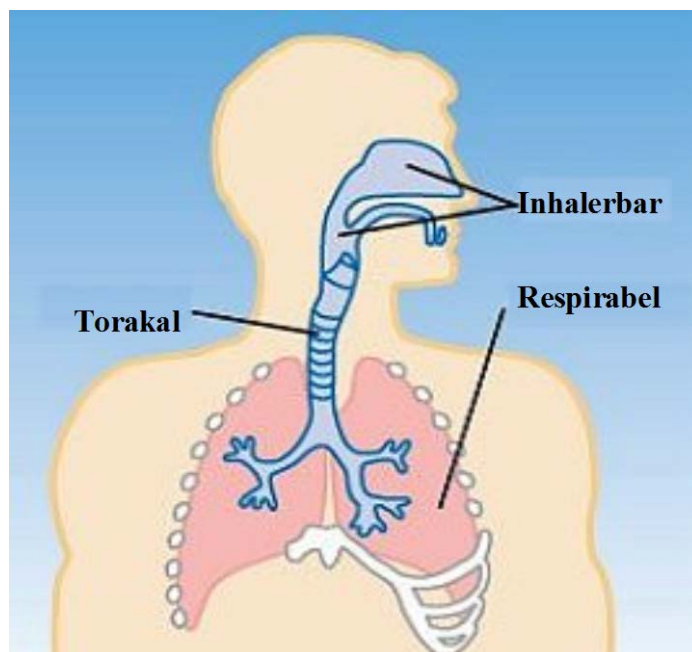
Få studier har faktisk inkludert målinger i luften etter bruk av rengjøringsmidler i sprayform. Massin og medarbeidere (12) så på luftveissymptomer og bronkial reaktivitet blant renholdere, basert på 277 personlige luftprøver av bl. a. kloraminer. Denne studien fant ingen assosiasjon mellom målt eksponering, eksponeringsvarighet og rapportering av kroniske luftveissymptomer eller permanent bronkial hyperreaktivitet. Forfatterne tok imidlertid forbehold om at kortvarige nedre luftveiseffekter kunne forekomme.

I en konsensusartikkel fremheves at eksponeringsmålinger mangler i litteraturen på området, og at slike målinger er nødvendige for å redusere eksponeringsmisklassifisering i epidemiologiske studier (13).

I en studie av luftkonsentrasjoner etter spraypåføring av rengjøringsmidler brukt i sykehusrenhold, ble eksponering for 2-butoxyetanol (2-BE) kvantifisert med gasskromatografi. Det ble påvist en

gjennomsnittlig 2-BE konsentrasjon i luft på 3,8 ppm (standardavvik 2,2 ppm), med maksimumsverdier på opptil 3,5 ppm 2-BE ved vask av speil, 7,5 ppm ved rengjøring av vask, og 5,3 ppm ved rengjøring av toalettskål; og disse verdiene økte til maks 8,7 ppm når ventilasjonen ble slått av (14). I en fransk studie er det publisert målinger av kvarternære ammoniumforbindelser fra desinfeksjonsmidler brukt i sykehus med verdier for didecyldimetylammoniumklorid fra 2-11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved applisering på flater og på 187  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved bruk av spray (15). Ingen av de publiserte studiene har så langt vi har kunnet bringe på det rene kunnet skille mellom ulike helserelaterte fraksjoner av aerosol (16). Det mangler derfor gode eksponeringsdata på størrelsen av dråpene som dannes ved bruk av rengjøringsmidler i sprayform, samt mengden av spray som er tilgjengelig for inhalasjon gjennom munn og nese. Eksponering til de øvre og dypere luftveier er en forutsetning for at eksponeringen skal kunne gi helseskadelige effekter på luftveiene. En skisse over luftveiene med plassering av de ulike helserelaterte regionene er vist i Figur 1.

Kunnskap om eksponeringssituasjoner som kan føre til inhalasjon av helseskadelige stoffer (kjemiske irritanter og allergifremkallende substanser) både til de øvre luftveier (inhalerbar fraksjon minus torakal fraksjon) og til de dypere luftveier (torakal og respirabel fraksjon), vil kunne føre til målrettede forebyggende tiltak som reduserer eksponeringen ved bruk av rengjøringsmidler i sprayform.



Figur 1: Skisse over luftveiene med plassering av de ulike helserelaterte regionene av luftveissystemet.



## MÅLSETTING

Målsettingene med denne studien har vært å:

- Etablere en universell prøvetakings- og analysemetode som kan benyttes på alle typer rengjøringsmidler i sprayform.
- Undersøke sprayflasker og rengjøringsmidler til rom- og sanitærrengjøring med hensyn på generering av de helserelaterte aerosolfraksjonene; inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon, samt flyktige organiske forbindelser.
- Utføre personbårne eksponeringsmålinger under relevante arbeidsoperasjoner.
- Gi anbefalinger til eventuelle eksponeringsreducerende tiltak.

## ARBEIDSOPERASJONER, PRODUKTER OG SPRAYFLASKER /-DYSER

### Arbeidsoperasjoner

Vanlige arbeidsoperasjoner med potensiell kjemisk eksponering fra rengjøringsmidler i sprayform ved rom- og sanitærrengjøring er:

- Påføring av rengjøringsmiddel med sprayflaske til interiør (for eksempel bord/pult, stoler, telefon og glassflater).
- Påføring av rengjøringsmiddel med sprayflaske til speil, vask, toalett, dusj, badekar og andre overflater på toaletter, baderom, garderober og dusjer.
- Påføring av rengjøringsmiddel med sprayflaske på gulvflater

### Produkter og sprayflasker (dyser)

De vanligste produktene som benyttes til rom- og sanitærrengjøring er:

- Interiør og universalrengjøringsmidler
- Daglig sanitærrengjøringsmidler
- Glass- og overflaterengjøringsmidler
- Periodisk sanitærrengjøringsmidler
- Gulvrengjøringsmidler

Rengjøringsmidler leveres oftest som konsentrat fra leverandør. Renholderne lager hver dag «dagsløsninger» enten manuelt eller ved automatisk dosering med doseringsenhet levert av leverandør. «Dagsløsninger» har kort holdbarhet og lages derfor hver dag for å unngå bakterievekst. Leverandørene har ikke kontroll på hvilke type sprayflasker som kundene benytter, men gir anbefalinger i sin brukerinformasjon. I tillegg selger leverandørene ulike typer sprayflasker og dynkeflasker beregnet for sine produkter. Det mest vanlige blant profesjonelle renholdere er å benytte sprayflasker med regulerbar dyse eller lavtrykksprøyter med regulerbar dyse. I tillegg leveres ferdigblandede produkter fra leverandørene, ofte omtalt som «klar-til-bruk» produkter, enten på sprayflaske med fast dyse eller skumdyse. «Klar-til-bruk» produkter benyttes vanligvis i de tilfellene hvor forbruket av rengjøringsmidlet er begrenset per dag.

## METODER, RESULTATER OG DISKUSJON

### Eksperimentelle studier

#### Metoder/måleopplegg

For å undersøke sprayflasker og rengjøringsmidler til rom- og sanitærrengjøring med hensyn på generering av de helserelaterte aerosolfraksjonene; inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon, samt flyktige organiske forbindelser (VOC), er det gjort omfattende laboratorieforsøk, hvor rengjøringsmidler har blitt sprayet i et midlertidig «bad» (se Bilde 1). STAMI har undersøkt totalt 17 produkter fra de to største leverandørene av rengjøringsmidler i Norge; Lilleborg og Ecolab, samt 7 sprayflasker (3 regulerbare dyser, 1 fast dyse og 3 skumdysen) som selges til profesjonelle renholdere. En oversikt over produkter og sprayflasker som er undersøkt finnes i Tabellene 1 og 2. Det midlertidige «badet» (se Bilde 1) hadde et areal på 6 m<sup>2</sup>, en takhøyde på 2,40 m og et volum på 14,4 m<sup>3</sup>. En av veggene var åpen mot et laboratorieavtrekkskap og ble dekket igjen med plast under forsøkene. Ved lufting mellom forsøkene ble plasten trukket til side, en vifte som blåste mot åpningen ble plassert i rommet og laboratorieavtrekkskapet ble satt i 60 cm åpen posisjon, slik at utluften av dråper og fuktighet skulle skje så raskt som mulig. I tillegg ble relativ luftfuktighet og temperatur overvåket med en humiditetssensor (se sensor hengende fra taket i Bilde 1). Det ble luftet i 30 minutter mellom forsøkene.



Bilde 1: Midlertidig «bad». (Foto: Calias Foto, Eirik Linder Aspelund)

De 7 sprayflaskene som ble undersøkt i studien er angitt i Tabell 2 med produsent, modell og type dyse. Innstillingen på sprayflaskene med regulerbar dyse ble bestemt ved å skru dysen helt igjen, slik at den var stengt. En pianostreng ble så montert på dysen for å gjøre det enklere å måle vinkler nøyaktig. Vinkelen ble målt i stengt posisjon og dysen ble så åpnet til den kun leverte en stråle, hvor vinkelen deretter ble målt igjen. Antall grader fra stengt posisjon til stråle ble så beregnet og sprayen fra dysene ble undersøkt ved forskjellig % - åpning og sammenlignet mot sprayen fra en sprayflaske med fast dyse (AFA Polytek OpUs SOna). En innstilling med 75 % - åpning samsvarte for alle tre sprayflasker med regulerbar dyse, med sprayen fra en sprayflaske med fast dyse. For å sikre at innstillingen kunne benyttes av renholderne en hel arbeidsdag, ble ergonomien ved denne innstillingen undersøkt i et sprayforsøk hvor en sprayflaske fra Canyon med regulerbar dyse ble sprayet med i 3 minutter (180 spray, ca. 2 dl rengjøringsmiddel).

Tabell 1. Oversikt over typer rengjøringsmidler til rom- og sanitærrengjøring som er undersøkt i studien.

Type rengjøringsmiddel	Antall m/parfyme	Antall u/parfyme	Antall "klar-til-bruk"	Totalt antall
Interiør- og universalrengjøringsmiddel	2	1		3
Daglig sanitærrengjøringsmiddel	4	1	2	5
Glass- og overflaterengjøringsmiddel	3	1	3	4
Periodisk sanitærrengjøringsmiddel	1			1
Gulvrengjøringsmiddel	1			1
Grovrengjøring- og avfettingsmiddel	2			2
Vedlikeholdsmiddel til gulv	1			1
Sum	14	3	5	17

Tabell 2. Oversikt over sprayflasker som er undersøkt i studien.

Sprayflaske		
Produsent	Modell	Type sprayflaske
Canyon	CHS-3A med spray/jet nozzle	Regulerbar dyse
AFA Polytek	OpUs SOna	Fast dyse
AFA Polytek	OpUs FONv	Skumdyse
Kläger Plastik	Lavtrykksprøyte Hobby 1 L	Regulerbar dyse
Epoca	Lavtrykksprøyte Delta TEC 2 EPDM	Regulerbar dyse
AFA Polytek	OpUs FOvm	Skumdyse
AFA Polytek	OpUs FOvi	Skumdyse

To typer sprayforsøk ble gjennomført:

- Bestemmelse av luftbåren massefraksjon
- Bestemmelse av inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon

### ***Bestemmelse av luftbåren massefraksjon***

Luftbåren massefraksjon er differansen mellom det som sprayeres og det som treffer en gitt overflate, i dette tilfellet et papir. Luftbåren massefraksjon bestemmes gravimetrisk med en vekt ved å veie både papir og sprayflaske etter at en har sprayet en gang mot papiret. STAMI adopterte og justerte en fremgangsmåte beskrevet av Karin Lovén i hennes masteroppgave avlagt ved Lunds Universitet, Sverige (18) for å bestemme luftbåren massefraksjon.

Det ble benyttet en Sartorius Extend presisjonsvekt (modell ED4202S-CW) med intern kalibrering til å veie både HDPE flaske med papirklut og sprayflaske. I det innledende arbeidet ble en metallplate med dimensjonene 45 cm × 45 cm montert på veggen i det midlertidige «badet» (se Bilde 2). En metallarm montert vinkelrett på metallplaten, bidro til å sentrere sprayeren og definere eksakt avstand til metallplaten. Diameteren på sprayeren generert med de ulike sprayflaskene ble undersøkt ved 15, 30 og 45 cm. Ulike typer laborierpapir/papirkluter med dimensjon ca. 40 cm × 40 cm ble undersøkt med hensyn på oppsugingsevne og gjennomtrengning til metallplaten, samt hvor lett de kunne brettes og overføres til en HDPE flaske med skrukork (1 liter, 6,3 cm åpning). Papirkluter av typen WYPALL X70 (VWR art.nr. 115-0046) med dimensjonene 38 cm × 43 cm viste seg å ha de beste egenskapene. Innledende forsøk viste at ved 15 cm sprayavstand var kraften fra sprayeren med flere sprayflasker så stor at sprayeren trengte igjennom de laborierpapir/papirkluter som ble undersøkt. Enkelte sprayflasker hadde en diameter på sprayeren som ble generert ved 45 cm sprayavstand som var så stor (dvs. > 40 cm), at en stor andel av sprayeren kom utenfor papirkluten. Ved 30 cm sprayavstand var diameteren på sprayeren som ble generert med de ulike sprayflaskene godt innenfor papiret på 38 cm × 43 cm. En sprayavstand på 30 cm ble derfor valgt for å sammenligne de ulike sprayflaskenes luftbårne massefraksjon. To sprayflasker med skumdyse, som leveres med 3 «klar-til-bruk» rengjøringsmidler, viste seg å ikke være egnet for denne undersøkelsen. Skummet ville ikke sitte fast på papiret, men falt i gulvet. Disse sprayflaskene og produktene ble derfor ikke undersøkt med hensyn på luftbåren massefraksjon. Til sammen ble 14 rengjøringsmidler og 5 sprayflasker undersøkt med hensyn på luftbåren massefraksjon. Rengjøringsmidlene ble undersøkt med de sprayflaskene som leverandøren selger til bruk med rengjøringsmidler som blandes fra konsentrat, mens «klar-til-bruk» rengjøringsmidler kun ble undersøkt med den aktuelle sprayflasken som ble levert med produktet. STAMI valgte å benytte 5 % - løsninger.

Bakgrunnen for å velge en konsentrasjon på 5 % er at dette er en fortynning som er sannsynlig dersom en ikke har en eller annen form for automatisk dosering, men blander manuelt.

Begge leverandørene leverte flere eksemplarer av hver sprayflasketype og det ble vilkårlig valgt ut én flaske av hver type for undersøkelsen av luftbåren massefraksjon. Begge leverandører leverte Canyon sprayflasker med regulerbar dyse, så det ble derfor valgt ut en fra hver leverandør for testing av de respektive produktene fra leverandøren. Hver sprayflaske og produkt ble undersøkt med 5 replikater (dvs. 5 sprayforsøk) som ga grunnlaget for beregning av gjennomsnitt og standardavvik.



Bilde 2: Metallplate med arm for sentrering og eksakt avstand. (Foto: STAMI)

### ***Bestemmelse av inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon***

Mengden inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon generert ved bruk av rengjøringsmidler fra ulike typer sprayflasker og rengjøringsmidler ble undersøkt i et standardisert laboratorieforsøk.

Baderomspanelet i det midlertidige «badet» hadde 20 «fliser» i bredden på langsiden. For å sørge for god repeterbarhet og sammenlignbarhet ble laboratorieforsøket gjennomført på følgende måte:

- En person gjennomførte alle sprayforsøkene.
- Personen som sprayet hadde føttene plassert bak en oppmerking på gulvet som var 50 cm fra veggen.
- Avstanden fra sprayflaskedyse til veggen var ca. 30 cm.

- Det ble sprayet i 3 minutter med alle sprayflasker, men for lavtrykksprøytene ble det lagt inn en 20 sekunders pause for å trykksette lavtrykksprøyten på nytt etter 90 spray.
- Lavtrykksprøytene ble benyttet på samme måte som sprayflasker med «avtrekker» dvs. korte spray på ca. 1 sekund.
- Det ble sprayet 20 spray fra høyre mot venstre på flisene plassert rett over ansiktshøyde, deretter 20 spray på flisene i ansiktshøyde fra venstre mot høyre og så 20 spray på flisene rett under ansiktshøyde fra høyre mot venstre.
- Deretter ble det sprayet tilsvarende på motsatt vegg (dvs. 60 spray) etterfulgt av omtrent 60 spray på den første vegg. Totalt ble det sprayet omtrent 180 ganger i løpet av et laboratorieforsøk.
- Antall spray og forbruk av rengjøringsmiddel ble registrert.
- Prøvetakere for inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon ble montert i innåndingssonen til personen som sprayet, på samme sted og side under alle laboratorieforskene (se Bilde 3).
- En oversikt over prøvetakere, filtre, adsorbentrør, prøvetakingspumper og luftgjennomstrømningshastigheter som ble benyttet i laboratorieforskene er gitt i Tabell 3.



Bilde 3: Plassering av inhalerbar, torakal, og respirabel aerosolprøvetaker og termodesorpsjonsrør for flyktige organiske forbindelser (VOC). (Foto: STAMI)

I laboratorieforsøkene ble rengjøringsmidlene undersøkt med de sprayflaskene som leverandøren selger til bruk med rengjøringsmidler som blandes fra konsentrat, mens «klar-til-bruk» rengjøringsmidler kun ble undersøkt med den aktuelle sprayflasken som ble levert med produktet. Seks av 17 produkter ble undersøkt med mer en sprayflaske for å få fram eventuelle forskjeller mellom ulike typer sprayflasker.

Fem sprayflasker av hver type ble klargjort til sprayforsøk og benyttet i undersøkelsen av mengden inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon. Bakgrunnen for dette valget var å få med eventuelle forskjeller mellom sprayflasker av samme type. Begge leverandørene leverte Canyon sprayflasker med regulerbar dyse, så det ble derfor benyttet fem sprayflasker av Canyon sprayflaskebatchen STAMI fikk fra hver leverandør sammen med produktene fra den aktuelle leverandøren. De 5 sprayflaskene og produkt ble undersøkt med 1 replikat (dvs. 5 sprayforsøk per flasketype per produkt) og er det som ga grunnlaget for beregning av gjennomsnitt og standardavvik.

#### Bestemmelse av rubidiumklorid, cesiumklorid og strontiumklorid

Alkalimetall- og jordalkalimetall saltene rubidiumklorid (RbCl), cesiumklorid (CsCl) og strontiumklorid ( $\text{SrCl}_2$ ) ble benyttet som uorganiske markører for rengjøringsmidler. Saltene ble tilsatt alle rengjøringsmidlene som ble benyttet i både laboratorieforsøk og personbårne målinger i en konsentrasjon på 1 gram per liter. De oppsamlede prøver av de helserelaterte aerosolfraksjonene; inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon ble overført fra prøvetaker til et 15 ml Sarstedt sentrifugerør i polypropylen (Sarstedt art.nr. 62.554.001). Internstandard løsning (100  $\mu\text{l}$ ) inneholdende 10 ppm indium (In) i 2 % salpetersyre ( $\text{HNO}_3$ ) ble tilsatt prøven sammen med 10 ml 1 % salpetersyreløsning. Prøvene ble ristet manuelt i 1 minutt og satt i ultralydbad i 15 minutter. Deretter ble prøveløsningen helt forsiktig over i et nytt Sarstedt sentrifugerør og analysert ved hjelp av induktiv koplet plasma med massespektrometrisk deteksjon (ICP-MS). Alkalimetall- og jordalkalimetallsaltene i prøven ble bestemt mot kjente standarder. Bestemmelsesgrensene for rubidiumklorid (RbCl), cesiumklorid (CsCl) og strontiumklorid ( $\text{SrCl}_2$ ) var henholdsvis 1,6 – 41, 1,3 – 28 og 7,0 ng/filter.

#### Flyktige organiske forbindelser (VOC) og løsemidler

I forbindelse med laboratorieforsøkene ble det gjennomført en screening etter flyktige organiske forbindelser (VOC). VOC ble samlet opp på termodesorpsjonsrør med Tenax TA som adsorbent og analysert ved hjelp av termodesorpsjon gasskromatografi med massespektrometrisk deteksjon (TD-GC-MS). TD-GC-MS er en semi-kvantitativ analysemetode, hvor flyktige organiske forbindelser blir angitt som toluen-ekvivalenter.



## Luftgjennomstrømningshastighet

Luftgjennomstrømningshastighet (liter/minutt) for alle typer prøver ble målt før og etter prøvetaking med et BIOS Defender 510M flowmeter (Bios International Corp.).

Tabell 3. Oversikt over prøvetakingsutstyr og prøvetakingsbetingelser

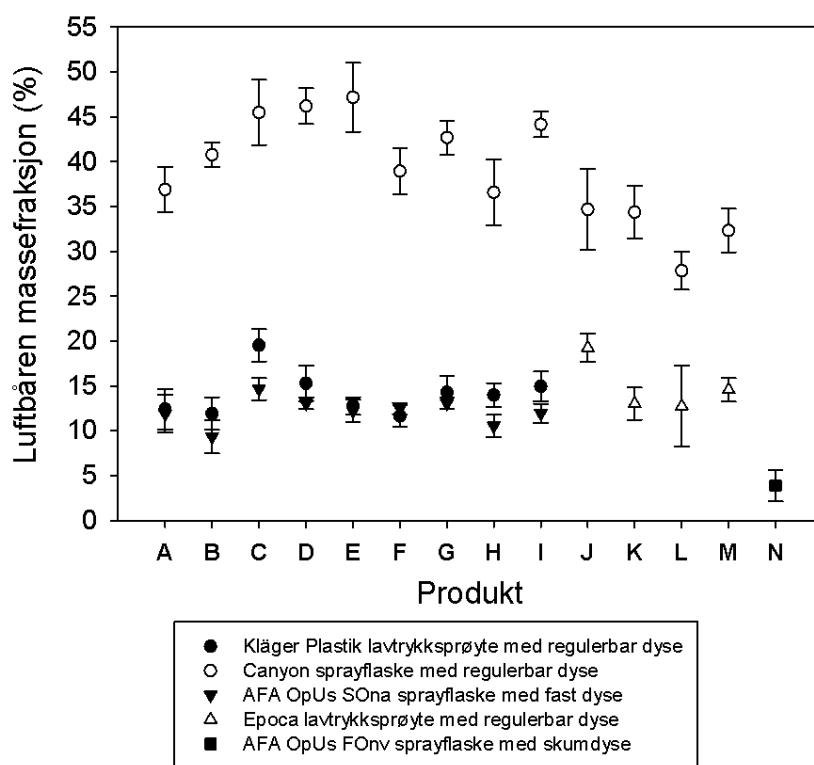
Prøvetype	Prøvetaker	Filtertype	Pumpetype	Pumpeflow liter/min.*
<b>Laboratorie prøver:</b>				
Inhalerbar aerosolfraksjon	GSP 3,5 GSA Messgerätebau, Tyskland	37 mm PVC 5 µm, Millipore PVC503700	SKC Airchek sampler 224-PCXR8	3,5
Torakal aerosolfraksjon	GK2.69 syklon BGI, USA	37 mm PVC 5 µm, Millipore PVC503700	SKC Airchek 3000	1,6
Respirabel aerosolfraksjon	GK2.69 syklon BGI, USA	37 mm PVC 5 µm, Millipore PVC503700	GSA SG 5200	4,2
Flyktige organiske forbindelser (VOC)	Termodesorpsjons- rør med Tenax- adsorbent		GSA SG 350Ex	0,100
<b>Personlige prøver:</b>				
Torakal aerosolfraksjon	GK2.69 syklon BGI, USA	37 mm PVC 5 µm, Millipore PVC503700	SKC Airchek 3000	1,6
Flyktige organiske forbindelser (VOC) / Løsemidler	kulladsorbentrør SKC 226-09		GSA SG 350Ex	0,050

\* Luftgjennomstrømningshastighet

## Resultater og diskusjon, laboratorieforsøk

Det var vesentlige forskjeller mellom sprayflaskene som ble undersøkt med hensyn på luftbåren massefraksjon ved spraying av rengjøringsmidler. Canyon sprayflasken med regulerbar dyse hadde en luftbåren massefraksjon som lå i området 28-47 % ved den valgte innstillingen.

Lavtrykkssprøytene fra Kläger Plastik og Epoca hadde omtrent den samme luftbårne massefraksjon, henholdsvis 12-20 % og 13-19 %, mens AFA Polytek OpUs SOna hadde en luftbåren massefraksjon på 9-15 %. AFA Polytek OpUs FOnv sprayflasken hadde lavest luftbåren massefraksjon med 4 %. Et viktig poeng å merke seg er at luftbåren massefraksjon ikke sier noe om størrelsen på de dråpene som dannes ved spraying, men beskriver mengden dråper som frigis til luften ved spraying. Resultatene for luftbåren massefraksjon i % er oppsummert i Figur 2.



Figur 2: Gjennomsnittlig luftbåren massefraksjon for ulike typer sprayflasker som selges til bruk med de aktuelle produktene som er undersøkt.

Resultatene fra studien viste også vesentlige forskjeller mellom sprayflaskene som ble undersøkt med hensyn på generering av inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon. Canyon sprayflasken med regulerbar dyse var den sprayflasken som genererte mest inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon, deretter kom sprayflasken AFA Polytek OpUs SOna med fast dyse, AFA Polytek OpUs FOnv med skumdyse, de to lavtrykkssprøytene med regulerbar dyse fra Kläger Plastik og Epoca, og de sprayflaskene som genererte minst inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon AFA Polytek

OpUs FOvm og AFA Polytek OpUs FOvi som begge hadde skumdyse. AFA Polytek OpUs FOvm med skumdyse genererte minst mengde inhalerbar aerosolfraksjon, mens AFA Polytek OpUs FOvi med skumdysen generert minst mengde torakal og respirabel aerosolfraksjon. Resultatene er angitt som  $\mu\text{g}$  konsentrat/ $\text{m}^3$  luft per gram sprayet for at det skal være mulig å sammenligne sprayflasker som sprayer forskjellig mengde per spray. Mengde per spray i gram varierte fra 1,06 – 1,50 gram (aritmetisk middelvei) avhengig av type sprayflaske. AFA Polytek OpUs FOvm sprayflasken med skumdyse sine resultater var lavere enn deteksjonsgrensen for alle de undersøkte helserelaterte aerosolfraksjonene, mens AFA Polytek OpUs FOvi sprayflasken med skumdyse sin konsentrasjon av respirabel aerosolfraksjon var lavere enn bestemmelsesgrensen med de to produkter som ble undersøkt. «Klar-til-bruk» produktene som er undersøkt i studien er mer konsentrerte enn 5 % - løøsningene (dvs. dagsløsninger) som ellers ble benyttet. Det betyr at de inhalerbare, torakale og respirable dråpene som blir generert fra disse produktene også er mer konsentrerte enn de som blir generert fra 5 % - løøsningene. Resultatene til «klar-til-bruk» produktene er beregnet ut i fra oppgitt konsentrasjon fra leverandør. Dersom en sammenligner produkt C («klar-til-bruk» løøsning) og et tilsvarende produkt H (5 % - løøsning), som begge er undersøkt med AFA Polytek OpUs SOna sprayflasken med fast dyse, så ble eksponeringen omtrent 8 ganger høyere for «klar-til-bruk» løøsningen. Det betyr at det er spesielt viktig å ha kontroll på mengden inhalerbar og torakal aerosol som blir generert dersom en benytter «klar-til-bruk» løøsninger, siden eksponeringen da potensielt vil bli mye høyere enn om en doserer selv fra konsentrat. Likeledes vil automatiske doseringssystemer som gjør det praktisk mulig å lage rengjøringsløsninger (dagsløsninger) fra konsentrat som er på 1 % eller mindre, også bidra til eksponeringsreduksjon i og med at de inhalerbare og torakale dråpene da blir mindre konsentrerte.

De relativt store forskjellene mellom sprayflaskene viser at potensialet for eksponeringsreduksjon er stort. Undersøkelser med produkter i Canyon sprayflasken og lavtrykkssprøytene fra Kläger Plastik eller Epoca, viser at eksponeringen for inhalerbar og torakal aerosolfraksjon kan reduseres med mer enn 92 % ved å bruke en lavtrykkssprøyte framfor Canyon sprayflasken (se Figur 3 og 4).

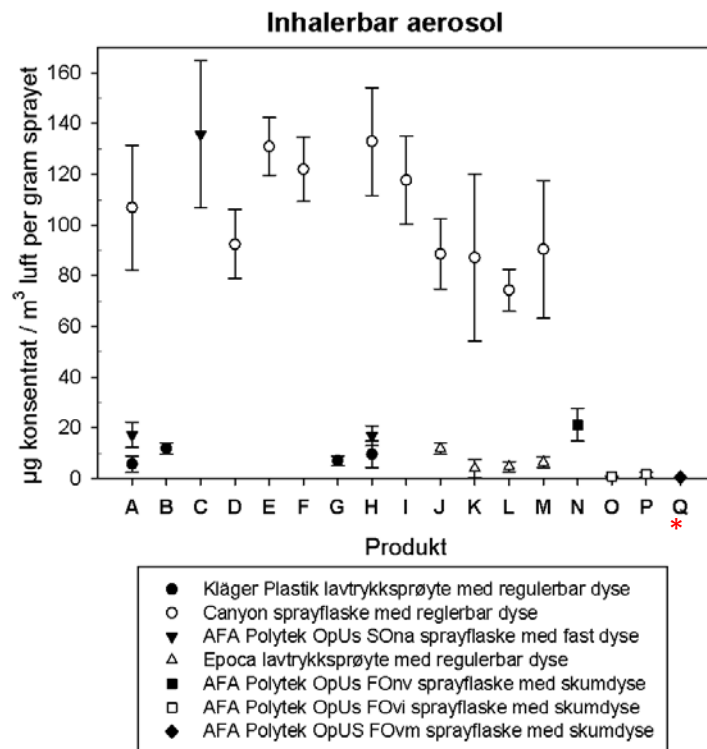
Forsøkene hvor to av produktene ble undersøkt med tre forskjellige sprayflasker viser også at en kan oppnå en eksponeringsreduksjon for inhalerbar og torakal aerosolfraksjon på mer enn 84 % ved å bruke en AFA Polytek OpUs SOna sprayflaske med fast dyse framfor Canyon sprayflasken.

Dette er også vist på en annen måte i Tabell 4. Tabell 4 viser en oversikt over gjennomsnittlig antall ng inhalerbar, torakal og respirabel aerosol per  $\text{m}^3$  luft, dersom en sprayer 1 spray (dvs. 1 gram) 5 % rengjøringsløsning i  $1 \text{ m}^3$  luft. Alle resultatene for hver enkelt sprayflaske uavhengig av hvilket produkt som er undersøkt er her slått sammen og det er deretter beregnet et gjennomsnitt. Det betyr at variasjoner som skyldes ulike produkter og deres sammensetning ikke vil komme frem i

tallene, men det vil likevel gi et godt estimat av forskjellen mellom sprayflasker med hensyn på generering av inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon. Resultatene i Tabell 4 viser at en i teorien bør forvente en eksponeringsreduksjon av inhalerbar og torakal aerosol på mer enn 99 % ved å benytte sprayflaskene AFA Polytek OpUs Fovm og AFA Polytek OpUs FOvi med skumdyse fremfor Canyon sprayflasken, selv om dette ikke er undersøkt i denne studien med samme produkt. Tilsvarende bør en forvente en eksponeringsreduksjon av inhalerbar og torakal aerosol på mer enn 95 % ved å benytte sprayflaskene AFA Polytek OpUs FOvm og AFA Polytek OpUs FOvi med skumdyse fremfor AFA Polytek OpUs SOna sprayflasken med fast dyse. Resultatene for inhalerbar, torakal og respirabel aerosol fraksjon angitt som  $\mu\text{g}$  konsentrat/ $\text{m}^3$  luft per gram sprayet er oppsummert i Figurene 3-5.

Det er samsvar mellom resultatene fra bestemmelsene av luftbåren massefraksjon og resultatene fra bestemmelsen av de helserelaterte aerosolfraksjonene; inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon, men forholdet er ikke det samme mellom sprayflaskene. Det betyr at en enkel og billig undersøkelse av luftbåren massefraksjon kan benyttes initielt til å plukke ut sprayflasker som genererer en stor andel store dråper og som derfor kan å være velegnet til påføring av rengjøringsmidler. De sprayflaskene som eventuelt velges ut i en initiell undersøkelse, bør deretter undersøkes med hensyn på generering av inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon.

En screening etter flyktige organiske forbindelser under laboratorieforsøkene for hvert produkt ble også gjennomført. Resultatene av screeningen viste at de produktene som inneholdt isopropanol hadde de høyeste konsentrasjonene av flyktige organiske forbindelser (VOC). Isopropanol var den helt klart dominerende flyktige komponenten og de høyeste konsentrasjonen som ble målt tilsvarte 5,7 og 7,5 ppm isopropanol (beregnet som toluen-ekvivalenter, prøvetakingstid 3 min) Produktene som genererte de høyeste VOC konsentrasjonene inneholdt i tillegg; etanol, limonen, eucalyptol, propylenglykol og 2-fenoksyetanol. Konsentrasjonene av disse var relativt lave selv ved spraying av ca. 2 dl på 3 min, dvs. 0,004 ppm (limonen), 0,06 ppm (eucalyptol) og 0,07 ppm (2-fenoksyetanol) beregnet som toluen-ekvivalenter. Nivåene var dermed så lave at en ikke vil forvente detekterbare konsentrasjoner av disse komponentene ved personbårne eksponeringsmålinger ved bruk av rengjøringsmidler i sprayform under relevante arbeidsoperasjoner.

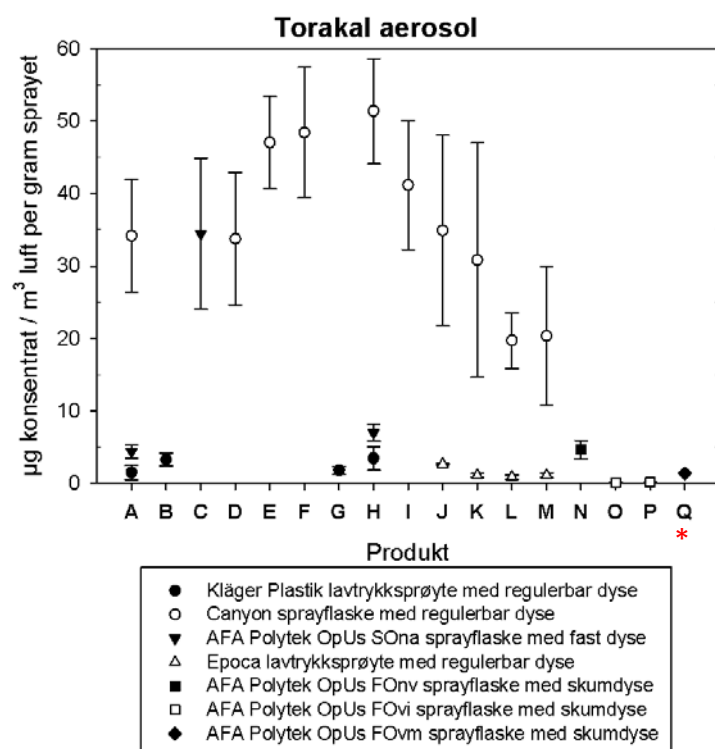


\* Mindre enn deteksjonsgrensen (< 0,64 µg konsentrat/m<sup>3</sup> luft per gram sprayet)

Figur 3: Gjennomsnittlig µg konsentrat/m<sup>3</sup> luft per gram sprayet inhalerbar aerosolfraksjon.

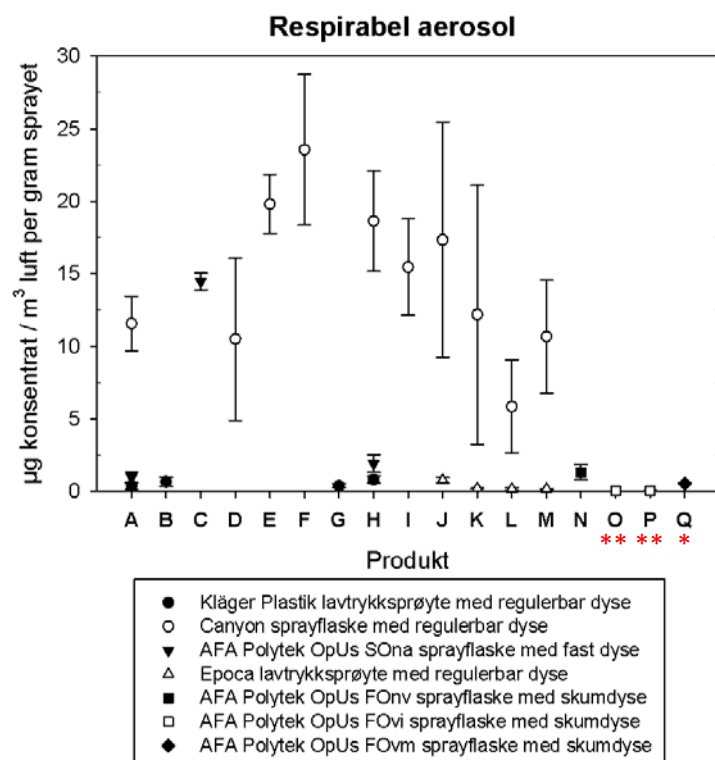
Tabell 4. Oversikt over gjennomsnittlig antall ng inhalerbar, torakal og respirabel aerosol per m<sup>3</sup> luft, dersom en sprayer 1 spray (dvs. 1 gram) 5 % rengjøringsmiddel i 1 m<sup>3</sup> luft.

Sprayflaske			Antall ng/m <sup>3</sup> per gram sprayet			
Produsent	Modell	Type sprayflaske	Inhalerbar aerosol	Torakal aerosol	Respirabel aerosol	Antall målinger (n)
Canyon	CHS-3A med spray/jet nozzle	Regulerbar dyse	2086	723	298	45
AFA Polytek	OpUs SOna	Fast dyse	306	94	25	15
AFA Polytek	OpUs FOnv	Skumdyse	212	46	13	5
Kläger Plastik	Lavtrykksprøyte Hobby 1 L	Regulerbar dyse	106	34	8	15
Epoca	Lavtrykksprøyte Delta TEC 2 EPDM	Regulerbar dyse	128	28	6	20
AFA Polytek	OpUs FOvm	Skumdyse	< 15	< 5	< 2	5
AFA Polytek	OpUs FOvi	Skumdyse	14	2	< 1	10



\* Mindre enn deteksjonsgrensen (< 1,4 µg konsentrat/m<sup>3</sup> luft per gram sprayet)

Figur 4: Gjennomsnittlig µg konsentrat/m<sup>3</sup> luft per gram sprayet torakal aerosolfraksjon.



\* Mindre enn deteksjonsgrensen (< 0,54 µg konsentrat/m<sup>3</sup> luft per gram sprayet)

\*\* Mindre enn deteksjonsgrensen (< 0,05 µg konsentrat/m<sup>3</sup> luft per gram sprayet)

Figur 5: Gjennomsnittlig µg konsentrat/m<sup>3</sup> luft per gram sprayet respirabel aerosolfraksjon.

## **Eksponeringsmålinger**

### **Metoder/måleopplegg**

For å undersøke eksponeringen til profesjonelle renholdere for rengjøringsmidler i sprayform ved relevante arbeidsoperasjoner ved rom- og sanitærrengjøring, ble det gjennomført eksponeringsmålinger på 14 renholdere ved tre bedrifter. Det ble målt etter torakal aerosolfraksjon og flyktige organiske forbindelser/organiske løsemidler. Prøvetakingsutstyret ble montert på en ryggsekk (se Bilde 4) som renholderne hadde på seg gjennom hele arbeidsdagen. Renholderne benyttet 2-3 rengjøringsmidler i sprayform per dag og totalt 9 av de rengjøringsmidlene som ble undersøkt i laboratorieforsøkene. Renholderne fikk utdelt sprayflasker av STAMI med en 5 % konsentrasjon av rengjøringsmiddel tilsatt 1 g/L av et jordalkalimetall/alkalimetall salt (RbCl, CsCl og SrCl<sub>2</sub>). Et salt ble tilsatt til hvert enkelt produkt og dermed kunne bidraget fra hvert produkt til den totale eksponeringen bestemmes. Sprayflaskene ble veid før og etter bruk, samt ved påfyll av mer produkt, slik at forbruket av rengjøringspray per dag kunne bestemmes. Renholderne ble tilbudt den samme sprayflasken som de vanligvis benytter og i de tilfellene hvor dette var en sprayflaske med regulerbar dyse, ble disse stilt inn på 75 % - åpning hver morgen. Renholderne ble instruert til å jobbe som vanlig, samt til å ha på seg ryggsekken med prøvetakingsutstyr når de benyttet rengjøringsmidler i sprayform. Innstillingen på sprayflaskene med regulerbar dyse ble undersøkt etter endt arbeidsdag, for å se om denne hadde blitt forandret. Tabell 3 viser en oversikt over prøvetakingsutstyr og betingelser som ble benyttet under de personbårne målingene. Prøvetakingstiden varierte fra 126-480 minutter.

### **Flyktige organiske forbindelser (VOC) / organiske løsemidler**

Flyktige organiske forbindelser og organiske løsemidler ble oppsamlet på kulladsorbenttrør i forbindelse med de personbårne eksponeringsmålingene og ble analysert på følgende måte: Kullet ble overført til 2 ml prøveglass (hoveddel og kontrolldel hver for seg) og desorbert med 1,5 ml karbondisulfid over natten. Ekstraktet ble analysert ved hjelp av GC-FID. Mengde VOC/løsemidler i prøven ble bestemt mot kjente standarder av de aktuelle forbindelser. Bestemmelsesgrensen i prøvene var 0,1 ppm for isopropanol, limonen, 2-fenoksyetanol og  $\alpha$ -pinen ved en prøvetakingshastighet på 0,050 liter/minutt og en prøvetakingstid på 480 minutter.

### **Luftgjennomstrømningshastighet**

Luftgjennomstrømningshastighet (liter/min) for alle typer prøver ble målt før og etter prøvetaking med et BIOS Defender 510M flowmeter (Bios International Corp.)



Bilde 4: Sekk med prøvetakingsutstyr for personbårne målinger av torakal aerosolfraksjon og flyktige organiske forbindelser (VOC)/løsemidler. (Foto: STAMI)



## Grenseverdier

«Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer» fastsatt av Arbeids- og sosialdepartementet (19) gjelder for vurdering av arbeidsmiljøstandarden på arbeidsplasser der luften er forurensset av kjemiske stoffer. Grenseverdiene er satt ut fra tekniske, medisinske og økonomiske vurderinger og kan derfor ikke brukes som skarpe grenser mellom farlige og ufarlige konsentrasjoner. Selv om grenseverdiene overholdes, er man ikke sikret at helsemessige skader eller ubehag ikke kan oppstå.

I Norge finnes det i dag ikke grenseverdier for de aller fleste kjemikaliene som finnes i rengjøringsmidler. Men det finnes grenseverdier for noen stoffer:

2-propanol (isopropanol)	100 ppm
Etanol	500 ppm
Limonen	25 ppm
Propan-1,2-diol (propylenglykol)	25 ppm
2-aminoetanol (etanolamin)	1 ppm

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

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

- Dersom eksponeringen (middelverdi) er lavere enn  $\frac{1}{4}$  av grenseverdien vurderes eksponeringen som akseptabel.
- Dersom eksponeringen (middelverdi) er over  $\frac{1}{4}$  av grenseverdien, men under grenseverdien, må tiltak vurderes og periodiske målinger er påkrevd.
- Dersom eksponeringen (middelverdi) overskrider grenseverdien må nødvendige tiltak iverksettes og følges opp med nye målinger.

## Resultater og diskusjon, personbårne eksponeringsmålinger

### Måling av aerosol; torakal fraksjon

Det er foretatt 39 personbårne eksponeringsmålinger av torakal aerosolfraksjon. Det ble målt på 12 renholdere på 3 forskjellige dager for å få med dag til dag variasjoner i eksponering, mens 1 renholder ble målt 2 dager og 1 renholder ble målt 1 dag.

Resultatene av de personbårne målingene, samt prøvetakingstid i minutter og sum forbruk av rengjøringsmidler i gram er oppsummert i Tabell 4. Tabellen angir aritmetisk middelerverdi (gjennomsnitt), median (midterste verdi) og laveste og høyeste verdi. Torakal aerosolfraksjon er angitt som sum  $\mu\text{g}$  konsentrat/ $\text{m}^3$  luft. Sum  $\mu\text{g}$  konsentrat/ $\text{m}^3$  luft er angitt i stedet for bidraget fra hvert enkelt produkt siden forbruket av de forskjellige produktene varierte fra dag til dag, samt at det er et begrenset antall målinger som er gjennomført. Resultatene fra hver bedrift, samt alle målinger er angitt i Tabell 4. Median eksponering for torakal aerosolfraksjon var  $65 \mu\text{g}$  konsentrat/ $\text{m}^3$  (alle målinger, range 3,6 – 319  $\mu\text{g}$  konsentrat/ $\text{m}^3$  luft).

Bedrift 1 skiller seg ut i forhold til Bedrift 2 og 3 med hensyn på median eksponering som er noe høyere. Dette skyldes at Bedrift 1 benyttet et «klar-til-bruk» rengjøringsmiddel i sprayform som bidro i gjennomsnitt til 94 % av den totale eksponeringen. Renholderne ved Bedrift 3 benyttet bare Canyon sprayflasken, mens renholderne ved Bedrift 1 og 2 benyttet både Canyon sprayflasken og lavtrykkssprøyte. Renholderne ved Bedrift 1 benyttet i tillegg et «klar-til-bruk» rengjøringsmiddel på AFA Polytek OpUs SOna sprayflasken med fast dyse. En renholder ved Bedrift 1 som benyttet Canyon sprayflasken hadde ti ganger høyere  $\mu\text{g}$  konsentrat/ $\text{m}^3$  luft enn renholderne som benyttet lavtrykkssprøyte på samme produkt. Innstillingene på dysene på Canyon sprayflasken og lavtrykkssprøytene ble inspisert etter endt prøvetaking og i noen enkelttilfeller var denne endret til å produsere stråle i stedet for spray på Canyon sprayflasken, men i de fleste tilfellene hadde renholderne beholdt STAMI sin innstilling. Det betyr at innstillingen som ble valgt for de regulerbare dysene både i laboratorieforsøk og personbårne målinger er en innstilling som er vanlig å benytte blant profesjonelle renholdere.

Resultatene av torakal aerosolfraksjon samsvarte med resultatene fra laboratorieforsøkene, ved at lavtrykkssprøyter gir lavere eksponering for torakal aerosolfraksjon enn Canyon sprayflasken med regulerbar dyse, samt at «klar-til-bruk» produkter gir høyere eksponering enn dagsløsninger som blandes fra konsentrat. Resultatene av eksponeringsmålingene av torakal aerosolfraksjon viser at eksponeringen var relativt lav sammenlignet med eksponeringer enn vanligvis finner i norsk arbeidsliv, men det er vanskelig å gjøre vurderingen, da det ikke finnes grenseverdier for de flesteparten av kjemikaliene i rengjøringsmidler.

Det er samtidig verdt å merke seg at den sprayflasken som genererte mest inhalerbar, torakal og respirabel aerosol i laboratorieforsøkene er den sprayflasken som er mest benyttet ved de bedriftene som ble undersøkt og at leverandørene oppgir at dette er en populær sprayflaske blant renholdere i Norge. Det betyr at potensialet for å redusere eksponeringen til profesjonelle renholdere i Norge for rengjøringsmidler i sprayform er stort. Redusert eksponering kan oppnås ved å velge sprayflasker til påføring som genererer lite inhalerbar og torakal aerosol eller ved at en benytter dynkeflasker.

### **Måling av flyktige organiske forbindelser (VOC)/løsemidler**

Det er foretatt 39 personbårne eksponeringsmålinger av flyktige organiske forbindelser (VOC)/organiske løsemidler. Isopropanol ble detektert i 30 av 39 prøver og var den komponenten som dominerte. Konsentrasjonen av isopropanol varierte fra 1,4 – 61 ppm, mens median konsentrasjon var 8,0 ppm. Grenseverdien til isopropanol (2-propanol) er 100 ppm (middelverdi over 8 timer). Den høyeste konsentrasjonene av isopropanol på 61 ppm ble målt ved bruk av en «klar-til-bruk» løsning beregnet for rengjøring av glassflater, hvor forbruket var ca. 1 dl i løpet av 260 minutter. Limonen ble kun detektert i 1 prøve med en konsentrasjon på 0,4 ppm (grenseverdi 25 ppm, middelverdi 8 timer). Konsentrasjonen av limonen, 2-fenoksyetanol og eucalyptol var dermed lavere enn 0,1 ppm i de andre prøvene (beregnet ut i fra en prøvetakingstid på 480 minutter). Resultatene viser at konsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser var lav sammenlignet med gjeldende grenseverdier, men at det kan bli generert konsentrasjoner av isopropanol som overskrider 50 % av grenseverdien ved bruk av «klar-til-bruk» løsninger, selv om forbruket av rengjøringsmiddel er begrenset.

Tabell 4. Oversikt over minimum, maksimum, median og aritmetisk middelværdi for torakal aerosolfraksjon angitt som sum  $\mu\text{g}$  konsentrat /  $\text{m}^3$  luft, prøvetakingstid og sum forbruk av regjøringsmidler i sprayform ved de tre bedriftene, samt for alle målinger.

<b>Bedrift 1</b>	<b>Antall målinger (n=12)</b>		
	<b>Sum <math>\mu\text{g}</math> konsentrat/<math>\text{m}^3</math> luft</b>	<b>Prøvetakingstid (min)</b>	<b>Sum forbruk (gram)</b>
Laveste verdi	8,1	123	59
Høyeste verdi	254	260	581
Median	99	180	153
Aritmetisk middelværdi	102	184	203
<b>Bedrift 2</b>	<b>Antall målinger (n=15)</b>		
	<b>Sum <math>\mu\text{g}</math> konsentrat/<math>\text{m}^3</math> luft</b>	<b>Prøvetakingstid (min)</b>	<b>Sum forbruk (gram)</b>
Laveste verdi	3,6	328	157
Høyeste verdi	155	480	929
Median	59	415	550
Aritmetisk middelværdi	61	409	539
<b>Bedrift 3</b>	<b>Antall målinger (n=12)</b>		
	<b>Sum <math>\mu\text{g}</math> konsentrat/<math>\text{m}^3</math> luft</b>	<b>Prøvetakingstid (min)</b>	<b>Sum forbruk (gram)</b>
Laveste verdi	12	405	271
Høyeste verdi	319	465	815
Median	45	425	494
Aritmetisk middelværdi	102	429	545
<b>Alle målinger</b>	<b>Antall målinger (n=39)</b>		
	<b>Sum <math>\mu\text{g}</math> konsentrat/<math>\text{m}^3</math> luft</b>	<b>Prøvetakingstid (min)</b>	<b>Sum forbruk (gram)</b>
Laveste verdi	3,6	123	59
Høyeste verdi	319	480	929
Median	65	410	453
Aritmetisk middelværdi	86	347	437

Tabell 5. Oversikt over konsentrasjonen av isopropanol (minimum, maksimum, median og aritmetisk middelværdi) ved de tre bedriftene, samt for alle målinger.

<b>Bedrift 1</b>	<b>Antall målinger (n=10)</b>
	<b>Isopropanol (ppm)</b>
Laveste verdi	13
Høyeste verdi	61
Median	26
Aritmetisk middelværdi	31
<b>Bedrift 2</b>	<b>Antall målinger (n=8)</b>
	<b>Isopropanol (ppm)</b>
Laveste verdi	1,4
Høyeste verdi	13
Median	2,8
Aritmetisk middelværdi	4,9
<b>Bedrift 3</b>	<b>Antall målinger (n=12)</b>
	<b>Isopropanol (ppm)</b>
Laveste verdi	2,5
Høyeste verdi	25
Median	6,7
Aritmetisk middelværdi	8,5
<b>Alle målinger</b>	<b>Antall målinger (n=30)</b>
	<b>Isopropanol (ppm)</b>
Laveste verdi	1,4
Høyeste verdi	61
Median	8,0
Aritmetisk middelværdi	15

## KONKLUSJON

Undersøkelsen viser at det er vesentlige forskjeller mellom sprayflasker som benyttes til rom- og sanitærrengjøring i Norge både når det gjelder andel luftbåren massefraksjon ved spraying og generering av de helserelaterte aerosolfraksjonene; inhalerbar, torakal og respirabel aerosolfraksjon. Canyon sprayflasken med regulerbar dyse, som er en av de mest benyttede sprayflaskene i Norge blant profesjonelle renholdere, var den sprayflasken som genererte mest inhalerbar og torakal aerosol i et standardisert laboratorieforsøk.

De personbårne eksponeringsmålingene av torakal aerosolfraksjon i forbindelse med rom- og sanitærrengjøring viste seg å være relativt lave sammenlignet med eksponeringer en vanligvis finner i norsk arbeidsliv, men det er vanskelig å gjøre vurderingen, da det ikke finnes grenseverdier for de fleste kjemikalier i rengjøringsmidler. De personbårne målingene viste videre at eksponeringen for flyktige organiske forbindelser fra parfymer var lav sammenlignet med gjeldende grenseverdier, men at eksponeringen 2-propanol potensielt kan overskride gjeldende grenseverdi ved bruk av «klar-til-bruk» glass- og overflaterengjøringsprodukter som inneholder 2-propanol.

STAMI sin faktabok om arbeidsmiljø og helse fra 2015 viser at renholdere oppgir en vesentlig høyere forekomst av luftveisplager enn gjennomsnitt for alle yrker. Eksponering til de øvre og dypere luftveier er en forutsetning for at eksponeringen skal kunne gi helseskadelige effekter på luftveiene. I et forebyggende øyemed bør derfor eksponeringen for inhalerbar og torakal aerosolfraksjon ved bruk av rengjøringsmidler i sprayform være så lav som mulig. Resultatene fra evalueringen av ulike sprayflasker viser at det mest effektive tiltaket for å redusere eksponeringen ved bruk av spray som påføringsmetode, vil være å benytte lavtrykksprøyter eller sprayflasker med skumdyser, da denne type sprayflasker genererer minst inhalerbar og torakal aerosol. Et annet effektivt tiltak vil være å redusere bruken av «klar-til-bruk» rengjøringsmidler, da disse er mer konsentrerte og dermed fører til høyere eksponering enn dagsløsninger dosert fra konsentrat.

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

## **FORSLAG TIL EKSPONERINGSREDUSERENDE TILTAK**

- Begrens bruken av sprayflasker! Kan rengjøringsmidlet påføres på en annen måte (f.eks. dynkeflaske og mikrofiberklut)?
- Bruk lavtrykksprøyter eller sprayflasker med skumdyse! – De genererer minst inhalerbar og torakal aerosol.
- Bruk konsentrat og dosør manuelt eller med automatiske doseringssystemer! – «klar-til-bruk» løsninger er mer konsentrerte og gir dermed potensielt høyere eksponering.
- Velg rengjøringsmidler uten parfyme! – Da unngår en å bli eksponert for parfymestoffer i inhalerbar og torakal aerosol.
- Arbeidsgiver bør sørge for god informasjon og opplæring av arbeidstakere som benytter rengjøringsmidler i sprayform om hvilke påføringsmetoder og arbeidsmetoder som gir minst eksponering for inhalerbar og torakal aerosol.

## REFERANSER

1. SSB, Statistisk sentralbyrå, Arbeidskraftundersøkelsen, 4. kvartal 2016, <https://www.ssb.no/aku/>
2. STAMI, Faktabok om arbeidsmiljø og helse 2015 - Status og utviklingstrekk, <https://stami.no/publikasjon/faktabok-om-arbeidsmiljo-og-helse-2015-status-og-utviklingstrekk/>
3. Nielsen J, Bach E. Work-related eye symptoms and respiratory symptoms in female cleaners. *Occupational medicine*. 1999;49(5):291-7.
4. Quirce S, Barranco P. Cleaning agents and asthma. *Journal of investigational allergology & clinical immunology*. 2010;20(7):542-50.
5. Folletti I, Zock JP, Moscato G, Siracusa A. Asthma and rhinitis in cleaning workers: a systematic review of epidemiological studies. *The Journal of asthma : official journal of the Association for the Care of Asthma*. 2014;51(1):18-28.
6. Zock JP, Plana E, Jarvis D, Anto JM, Kromhout H, Kennedy SM, et al. The use of household cleaning sprays and adult asthma: an international longitudinal study. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2007;176(8):735-41.
7. Zock JP, Vizcaya D, Le Moual N. Update on asthma and cleaners. *Current opinion in allergy and clinical immunology*. 2010;10(2):114-20.
8. Medina-Ramon M, Zock JP, Kogevinas M, Sunyer J, Torralba Y, Borrell A, et al. Asthma, chronic bronchitis, and exposure to irritant agents in occupational domestic cleaning: a nested case-control study. *Occupational and environmental medicine*. 2005;62(9):598-606.
9. Medina-Ramon M, Zock JP, Kogevinas M, Sunyer J, Basagana X, Schwartz J, et al. Short-term respiratory effects of cleaning exposures in female domestic cleaners. *The European respiratory journal*. 2006;27(6):1196-203.
10. Vizcaya D, Mirabelli MC, Anto JM, Orriols R, Burgos F, Arjona L, et al. A workforce-based study of occupational exposures and asthma symptoms in cleaning workers. *Occupational and environmental medicine*. 2011;68(12):914-9.
11. Obadia M, Liss GM, Lou W, Purdham J, Tarlo SM. Relationships between asthma and work exposures among non-domestic cleaners in Ontario. *American journal of industrial medicine*. 2009;52(9):716-23.
12. Massin N, Hecht G, Ambroise D, Hery M, Toamain JP, Hubert G, et al. Respiratory symptoms and bronchial responsiveness among cleaning and disinfecting workers in the food industry. *Occupational and environmental medicine*. 2007;64(2):75-81.
13. Siracusa A, De Blay F, Folletti I, Moscato G, Olivieri M, Quirce S, et al. Asthma and exposure to cleaning products - a European Academy of Allergy and Clinical Immunology task force consensus statement. *Allergy*. 2013;68(12):1532-45.
14. Bello A, Quinn MM, Milton DK, Perry MJ., Determinants of exposure to 2-butoxyethanol from cleaning tasks: a quasi-experimental study, *The Annals of occupational hygiene*. 2013;57(1):125-35.

15. Vincent G, Kopferschmitt-Kubler MC, Mirabel P, Pauli G, Millet M., Sampling and analysis of quaternary ammonium compounds (QACs) traces in indoor atmosphere, *Environmental monitoring and assessment*, 2007;133(1-3):25-30.
16. CEN. EN481 - Workplace atmosphere-size fraction definitions for measurement of airborne particles. 1993.
17. Vincent J., *Aerosol Science for Industrial Hygienists*, Oxford, UK: Elsevier Science Ltd.; 1995.
18. Lovén, K., Master Thesis "Aerosol emission from cleaning sprays - Design and evaluation of a generation and characterization system for spray aerosols and a human pre-exposure study", Lund University, Sweden, 2015.
19. Arbeids- og sosialdepartementet, Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer, 6. desember 2011 nr. 1358, sist endret med forskrift 21. juni 2016 nr. 760.
20. William C. Hinds in *Aerosol Technology – properties, behaviour, and measurement of airborne particles*, 2nd ed., pp. 53, 1999, Wiley-Interscience, New-York, NY, USA



## APPENDIKS

### Definisjoner

#### Aerosol

En aerosol er definert som et hvilket som helst disperst system av væske- eller fast fase partikler i en gass (Vincent 1995), med andre ord alle partikler, i væske eller fast form, som eksisterer i luft (eller i en annen gassblanding).

#### Aerodynamisk diameter ( $d_{ae}$ )

Aerodynamisk diameter er diameteren til en sfærisk partikkel med tetthet  $1 \text{ g/cm}^3$  (tettheten til en vanddråpe) som har samme slutfart i fritt fall som den aktuelle partikkelen (Hinds 1999).

#### Helserelaterte aerosolfraksjoner

I starten av 1970-årene begynte man å undersøke penetrasjonseffektiviteten av partikler gjennom nese og munn. Ut fra eksperimenter ble det funnet at inhalasjonseffektiviteten til en partikkel kunne forklares ut fra den aerodynamiske diameteren ( $d_{ae}$ ) til den individuelle partikkelen. Disse arbeidene kuliminerte i midten av 1990-tallet med en internasjonal enighet om et sett harmoniserte anbefalinger som involverte International Organization for Standardization (ISO), Comité Européen de Normalisation (CEN) og American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Disse organisasjonene identifiserte tre kurver som representerer helserelaterte aerosolfraksjoner; hver av kurvene definerer hvilke krav som skal stilles til oppsamlingseffektiviteten til en luftprøvetaker som funksjon av aerodynamisk diameter. Disse tre fraksjonene er alle identifiserte med bakgrunn i aerosolfysikk og lungefysiologi. Fig. 6 viser oppsamlingseffektiviteten i prosent for de ulike helserelaterte aerosolfraksjonene. I fig. 1 (side 8) er det gitt en skisse over hvor i luftveiene man får avsatt de ulike aerosolfraksjonene.

#### Inhalerbar aerosolfraksjon ( $f_{inh}$ )

Inhalerbar aerosolfraksjon er den fraksjonen/delen av den totale mengden partikler i lufta (både faste og væske-partikler) som kommer inn i kroppen gjennom nese og/eller munn ved pusting. Den aerodynamiske diameteren er mindre eller lik  $100 \mu\text{m}$ . Denne fraksjonen er viktig for helseeffekter i alle deler av respirasjonssystemet, som f.eks. ved rhinitis, kreft i nese og lunge og andre luftveislidelser.

#### Torakal aerosolfraksjon ( $f_{tor}$ )

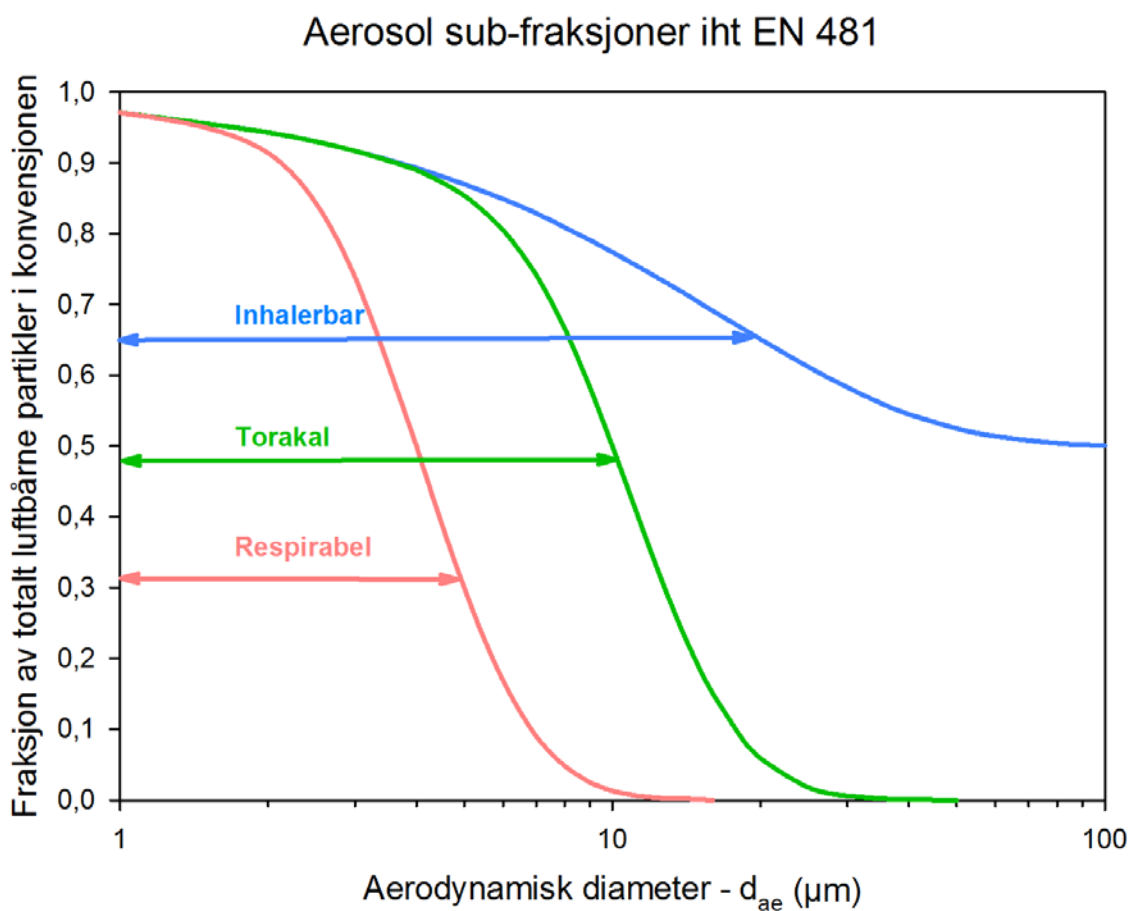
Denne fraksjonen inneholder partikler som kan avsettes nedenfor strupehodet (larynx), dvs. at de trenger inn i den trakeobronkiale delen av lungene. Denne fraksjonen er viktig når det gjelder helseeffekter som astma, obstruktive lungesykdommer (OLS og kroniske; KOLS), bronkitt og

lungekreft. Partikkelstørrelsen tilsvarer fraksjonen av den inhalerbare aerosolen som har et 50 % "cut-off" ved en aerodynamisk diameter på 10  $\mu\text{m}$  og 1 % "cut-off" ved  $d_{ae}= 28 \mu\text{m}$ .

#### Respirabel aerosolfraksjon ( $f_{res}$ )

Denne fraksjonen inneholder de partiklene som trenger ned i den alveolære delen av lungene, dvs. til bronkioler og alveolære blærer og kanaler. Fraksjonen er viktig ved f. eks. utvikling av kroniske sykdommer som emfysem og støvlungesykdommer. Partikkelstørrelsen svarer til 50 % "cut-off" ved en  $d_{ae}= 4 \mu\text{m}$  og 1 % "cut-off" ved  $d_{ae}=10 \mu\text{m}$  for inhalerbar aerosol.

Torakal og respirabel aerosolfraksjon er begge underfraksjoner av den inhalerbare fraksjonen.



**Figur 6.** Kurver som viser respirabel- og torakal aerosolfraksjon som funksjon av aerodynamisk diameter, og som underfraksjon av inhalerbar fraksjon, NS-EN 481.