

## Prøvetaking av inhalerbart melstøv

**Forfatter:** Kristian Kruse og Wijnand Eduard

**Prosjektleder:** Kristian Kruse

**Prosjektmedarbeidere:** Lene Madsø  
Trond Markussen, Agder BHT  
Ellen Lunde, Arbeidstilsynet 2. distrikt

**Dato:** 12. 03. 2004

**Serie:** STAMI-rapport Årg. 5, nr. 1 (2004)    **ISSN:**1502-0932

---

### Sammendrag:

Arbeidstilsynet (AT) etablerte i 2000 en administrativ norm (ADN) for inhalerbart melstøv på  $3 \text{ mg/m}^3$ . Dette er den første administrative norm for inhalerbart støv i Norge og kom på trykk i AT's Bestillingsnummer 361 i 2001. Hittil har normer for partikulære forurensninger vært målt som "totalstøv" fordi en trodde at alle luftbårne partikler ble samlet opp med Millipore kassetten. Det er i vindtunnelforsøk vist at denne kassetypen underestimerer partikler med diameter  $> 20 \mu\text{m}$ . Det er derfor behov for kassetter som har bedre oppsamlingseffektivitet. Flere typer er utviklet men de viser betydelige forskjeller i vindtunnelforsøk og feltstudier. I 2000 startet STAMI et samarbeid med Trond Markussen fra Agder BHT for å teste ut en ny prøvetaker, Button prøvetakeren, med tanke på en forbedret prøvetaking av inhalerbart melstøv. Denne prøvetakeren ga ikke tilfredsstillende resultater og ble ekskludert fra videre undersøkelser. I 2001 startet derfor STAMI, i samarbeid med Ellen Lunde fra Arbeidstilsynet 2. distrikt, en sammenlignende studie av ulike aerosolprøvetakere i bakerier hvor melstøveksposering har størst relevans. Fire prøvetakere for inhalerbart støv (PAS6, IOM, GSP og Button) og 25 mm sort standard kassett (STK) ble inkludert i studien. Personlige målinger ble utført parallelt med PAS6 som referanse i et stort og i et lite bakeri i Oslo. Resultatene viste forskjeller mellom kassetter som er i samsvar med modellforsøk i vindtunnel. En totalvurdering av resultatene gir grunnlag for å anbefale at inhalerbart melstøv måles med PAS6 kassetter og at resultatene korrigeres med en faktor på 1,18.

**Stikkord:** Melstøv, inhalerbart, aerosoler, prøvetaking, bakerier, ADN norm.

**Key terms:** Flour dust, inhalable, aerosols, sampling, bakeries, OEL's.

**Utgitt av:**  
**Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI)**  
**Yrkeshygienisk seksjon**  
**Pb 8149 Dep**  
**N-0033 OSLO, Norway**  
**Tel: + 47 23 19 51 00**  
**Fax: + 47 23 19 52 06**  
**[www.stami.no](http://www.stami.no)**

# Innhold

Innhold .....	3
Sammendrag (utvidet) .....	4
Summary .....	5
Innledning.....	6
<i>Kriterier for prøvetaking av aerosoler</i> .....	6
<i>Innledende forsøk med Button prøvetaker</i> .....	7
Materiale og metoder .....	8
<i>Målestrategi</i> .....	8
<i>Prøvetaking</i> .....	9
<i>Analysemetoder</i> .....	9
<i>Dataanalyse</i> .....	9
Resultater.....	10
Diskusjon.....	11
Konklusjoner .....	12
Referanser.....	13

## Sammendrag (utvidet)

Arbeidstilsynet (AT) etablerte i 2000 en administrativ norm (ADN) for inhalerbart melstøv på  $3 \text{ mg/m}^3$ . Dette er den første administrative norm for inhalerbart støv i Norge. Hittil har normer for partikulære aerosoler vært definert som "totalstøv". Fordi kassetten som vanligvis brukes underestimerer partikler  $> 20 \mu\text{m}$  er det behov for kassetter som har bedre oppsamlingseffektivitet. Flere typer er utviklet men de viser betydelige forskjeller i vindtunnelforsøk og feltstudier. Vi gjennomførte derfor en sammenlignende studie av ulike aerosolprøvetakere i bakerier hvor melstøveksponering har størst relevans.

Fire prøvetakere for inhalerbart støv (PAS6, IOM, GSP og Button) og 25 mm sort standard kassett (STK) ble inkludert i studien. I en forundersøkelse av Button prøvetakeren ble det påvist betydelig agglomerering av partikler i hullene til frontgitteret, og prøvetakeren ble derfor ekskludert fra videre undersøkelser. Personlige målinger ble utført parallelt med PAS6 som referanse i et stort og et lite bakeri. Prøvetakerne ble plassert på begge sider av brystet i innåndingssonen og plasseringen ble byttet på mellom prøvetakingene. Prøvetakingstiden varierte mellom 1 og  $1\frac{1}{2}$  time, og støvet ble samlet opp på et teflonfilter med  $2 \mu\text{m}$  porestørrelse for gravimetrisk støvbestemmelse.

STK kassetten underestimerte eksponeringsnivået i forhold til PAS6 ( $\text{STK} = 0,67 \times \text{PAS6}^{0.95}$ ,  $r^2=0.90$ ,  $n=25$ ). GSP estimerte høyere eksponeringsnivå enn PAS6 ( $\text{GSP}=1,4 \times \text{PAS6}^{0.92}$ ,  $r^2=0.87$ ,  $n=27$ ), mens IOM estimerte enda høyere eksponeringsnivå spesielt for lavere konsentrasjoner da eksponenten til PAS6 var signifikant lavere enn 1 ( $\text{IOM}=2,4 \times \text{PAS6}^{0.71}$ ,  $r^2=0.80$ ,  $n=27$ ). Presisjonen til GSP and IOM var dårligere enn PAS6 og STK fordi forholdet GSP/PAS6 og IOM/PAS6 hadde 3-4 ganger høyere standard avvik enn STK/PAS6 ( $p < 0.001$ ).

Rangeringen av de andre aerosolkassetten i denne undersøkelsen er i samsvar med tidligere vindtunnelforsøk. I vindtunnelforsøkene har GSP vist den beste tilpasningen til CEN/ISO konvensjonen for inhalerbart støv. Konvensjonen antar imidlertid at eksponeringen er uavhengig av vindretningen hvilket er usannsynlig ved arbeid i bakerier.

Det beste estimatet for inhalerbar prøvetaking av melstøv i bakerier vil derfor mest sannsynlig ligge mellom GSP og PAS6. Av disse synes PAS6 å være best egnet for prøvetaking av inhalerbart melstøv fordi GSP har en større usikkerhet i målingene og fordi denne kassetten krever en kraftigere prøvetakingspumpe ( $3,5 \text{ l/min.}$ ). Konsentrasjonen av melstøv målt med PAS6 må da justeres med en faktor på 1,18 (gjennomsnittet av PAS6 og GSP). Dersom man ønsker å justere tidligere målinger med STK prøvetakeren, eller ønsker å benytte denne prøvetakeren av spesielle grunner må disse verdiene justeres med en faktor på 1,75.

## Summary

In 2000 the Norwegian Labour Inspection Authority established an occupational exposure limit (OEL) for inhalable flour dust at 3 mg/m<sup>3</sup>. This is the first OEL in Norway to define inhalable dust instead of total dust. Because of inconsistencies between wind tunnel experiments and field studies a comparative study of aerosol samplers was performed in bakeries.

Four inhalable samplers (PAS6, IOM, GSP and Button) and a 25 mm standard aerosol cassette (SAC) were included in the study. Initial results with the Button sampler showed that the holes in the screen became clogged and this cassette was therefore excluded. Personal measurements were carried out in pairs with PAS6 as reference in a large and a small bakery. The samplers were attached on each shoulder and their position interchanged between measurements. The sampling was done during dusty work for approximately 1-1½ h. Dust was collected on 2 µm Teflon filters which were analysed by gravimetry.

SAC underestimated the exposure level compared to PAS6 ( $SAC = 0,67 \times PAS6^{0.95}$ ,  $r^2=0.90$ ,  $n=25$ ). GSP estimated higher exposure levels than PAS6 ( $GSP=1,4 \times PAS6^{0.92}$ ,  $r^2=0.87$ ,  $n=27$ ) while IOM estimated even higher dust levels especially for lower exposure levels as the power of PAS6 was significantly lower than 1 ( $IOM=2,4 \times PAS6^{0.71}$ ,  $r^2=0.80$ ,  $n=27$ ). The precision of the GSP and IOM was probably inferior to PAS6 and SAC because the ratios GSP/PAS6 and IOM/PAS6 had 3-4 times higher standard deviations than SAC/PAS6 ( $p < 0.001$ ).

The ranking of the other aerosol samplers was in agreement with earlier wind tunnel experiments. In these wind tunnel experiments the GSP showed the best fit to the inhalable CEN/ISO convention. This convention assumes, however, that the exposure level is independent from the direction of the air stream. This assumption seems unrealistic for bakers who often have the dust source in front of them.

The best estimate for inhalable dust sampling in bakeries seems therefore to lie between the GSP and the PAS6. The larger variability of GSP measurements and its need for a more powerful sampling pump (3.5 l/min) favour the use of PAS6 for sampling of inhalable flour dust. Concentration values measured with PAS6 cassettes should be adjusted by a factor of 1.18 (the mean of PAS6 and GSP). Concentrations measured with SAC should be adjusted by a factor of 1.75.

## Innledning

Alvorlige helseplager som følge av eksponering for melstøv i bakeriindustrien har vært kjent lenge og er beskrevet i en rekke studier. Spesielt har bakere involvert i deigblanding og deigforming hatt en økt risiko for arbeidsrelaterte sykdommer. Epidemiologiske undersøkelser viser prevalensrater av arbeidsrelaterte øye/nese symptomer på 14-29 %, mens prevalensratene for respirasjonssymptomer varierer fra 5-14 % (Houba, 1996). I en nederlandsk studie fant man at eksponeringsnivåer for inhalerbart støv under  $0,5 \text{ mg/m}^3$  målt med PAS6 ga minimal risiko for sensibilisering av melallergener (Houba, 1998). I en studie fra Norge ble det konkludert med at ansatte som hadde et eksponeringsnivå over  $1 \text{ mg/m}^3$  målt med standard kassett hadde langt hyppigere luftveissymptomer (Storaas, 2002). I 2000 fastsatte Arbeidstilsynet en administrativ norm for melstøv på  $3 \text{ mg/m}^3$  og gjelder for inhalerbart støv. Til sammenligning er den tilsvarende normen i Nederland satt til  $1 \text{ mg/m}^3$ . STAMI utførte derfor innledende feltforsøk i 2001 med en nyutviklet aerosolkassett, den såkalte Button prøvetakeren. Den undersøkelsen ga ikke tilfredsstillende svar på spørsmålet om hvilken prøvetakingskassett som var best egnet for inhalerbart melstøv. Det var derfor behov for ytterligere utprøving.

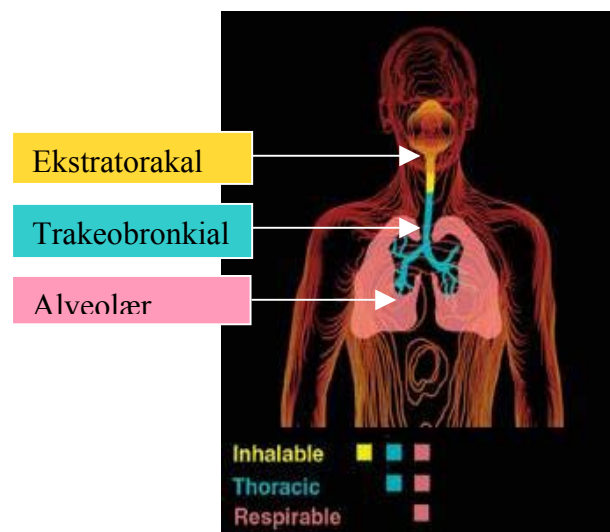
### *Kriterier for prøvetaking av aerosoler*

Man har tidligere antatt at prøvetakingskassetter som suger inn luft nedenfra gjennom en åpning med diameter 4 mm og med en luftstrøm på 2 l/min samler opp alle partikler som er suspendert i luft. Dette har vist seg ikke å være riktig. Modellforsøk har vist at vi ikke kan puste inn alle luftbårne partikler. Hva som pustes inn er avhengig av partikkelstørrelse, partikkelbevegelse, luftstrømhastigheten og retningen som luften og partiklene har i forhold til nese/munn (Vincent, 1989 og 1995). På grunnlag av disse undersøkelser er det fastsatt kriterier for måling av partikler i arbeidsatmosfæren (ISO 1992; CEN 1993). Kriteriene er gitt for partikler opptil  $100 \mu\text{m}$ . Større partikler er ikke undersøkt fordi de sedimenterer for fort i vindtunnel ved lufthastigheter som er relevante innendørs. Følgende partikkelfraksjoner er definert i ISO/CEN konvensjonen:

- Inhalerbart støv ( $1-100 \mu\text{m}$ ):  
alt som kan pustes inn
- Torakalt støv ( $0,1-35 \mu\text{m}$ ):  
alt som passerer strupehodet
- Respirabelt støv ( $0,1-15 \mu\text{m}$ ):  
alt som kan nå lungeblærene

I tillegg avledes følgende fraksjoner fra kriteriene:

- Trakeobronkialt støv:  
støv som passerer strupehodet men ikke når lungeblærene (kan deponere i luftrør og bronkiene)
- Ekstratorakalt støv:  
støv som ikke passerer strupehodet (kan deponere i nese og munn)



Bilde 1: Skjematisk fremstilling for mulig deponering av partikler i respirasjonssystemet.

Prøvetakere bør følge disse kriteriene innenfor gitte marginer, nøyaktighet  $\leq 30\%$  (EN 481 og NS-EN 13205).

Modellforsøk har vist at kassetene ("Millipore kassetene", bilde 1) som blant annet har vært brukt i Norge i mange år samler for lite støv i forhold til ISO/CEN konvensjonen spesielt for partikler  $> 20\ \mu\text{m}$  aerodynamisk diameter (AED). Andre kasset-typer som for eksempel IOM kassetten er spesielt utviklet for prøvetaking av inhalerbare aerosoler og har vist bedre resultater. Forskjellene var imidlertid ikke større enn 25% for aerosoler med "normale" partikkelstørrelsesfordelinger. Det er imidlertid beregnet at aerosoler som inneholder større partikler kan underestimere med opptil 40% dersom "Millipore" kassetene er brukt (Kenny, L 1996).



Bilde 2: 37 mm klar kassett ("millipore" kassetten).

Sammenlignende undersøkelser av ulike prøvetakere kan imidlertid utføres. Fordelen med feltforsøk er at de utføres under realistiske forhold på arbeidsplassen og ved personlig prøvetaking. Tidligere feltforsøk er utført ved parallell personbåren prøvetaking med ulike prøvetakere (Harper et al., 2002, Kromhout et al., 1997). Under slike forsøk kan imidlertid ikke luft- og partikkelbevegelser kontrolleres og en vet ikke hva den riktige aerosolkonsentrasjonen er. Resultatene regnes ut i forhold til en prøvetaker som velges som referanse. Slike forsøk, som er utført i flere bransjer, viser ofte større forskjeller enn det som kan forklares ut fra modellforsøkene. For eksempel kan IOM kassetene vise opptil 4 ganger mer enn "Millipore" kassetene (Liden et al., 2000, Werner et al., 1996, Notø et al., 1996, Vinzents et al., 1995).

Det kan være flere forklaringer til disse forskjeller:

- Store partikler ( $\gg 100\ \mu\text{m}$  og som ikke inhaleres) kan fanges opp av kassetter som har en horisontal innsugningsåpning
- Partikler  $> 100\ \mu\text{m}$  fanges opp med større effektivitet av IOM kassetten enn andre kassetter. Det er ikke kjent hvilken andel som kan pustes inn.
- Modellforsøk har vært utført med høyere lufthastighet (typisk 0,5 – 2 m/sek) enn det som er vanlig innendørs hvor lufthastigheten er nærmere 0,1 m/sek.
- Kriteriene forutsetter at partikkelkonsentrasjonen er homogen, dvs lik uansett retning. Denne forutsetningen holder ikke for arbeidstakere som har støvkilden foran seg. Problemet øker jo mer retningssensitiv en prøvetaker er.

Det har derfor vært betydelig tvil om hvilke prøvetakere som bør brukes ved prøvetaking av inhalerbart melstøv.

### ***Innledende forsøk med Button prøvetaker***

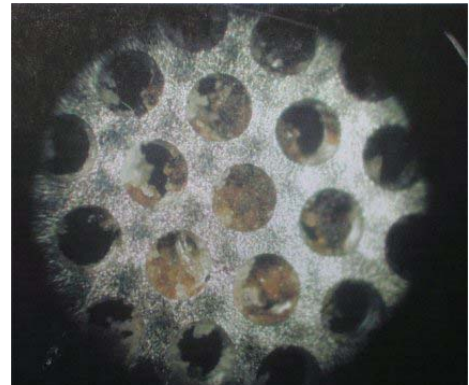
I samarbeid med Agder BHT gjennomførte vi i 2001 forsøk med en såkalt Button prøvetaker. Forsøkene ble gjennomført i et bakeri med personbåren prøvetaking. Aerosolen suges inn gjennom et halvkuleformet gitter med åpninger på ca  $400\ \mu\text{m}$ . Prøvetakeren er mindre retningssensitiv enn IOM kassetten og gitteret hindrer prøvetaking av større partikler. Button prøvetakeren



Bilde 3: Button prøvetaker.

ble sammenlignet med to typer støvkassetter, klare 37mm diameter kassetter ("Millipore") og svarte 25mm diameter kassetter (STK). Vi fant ingen forskjell mellom Button samplere og de andre kassettene.

Forstørrelse med mikroskopi (se bilde 3) viste synlig tetting og klumpdannelse av hullene i det halvkuleformede gitteret til Button prøvetakeren. Det ser ut til at melpartikler har klebrig overflate og klumper seg sammen. Det tyder på at melstøv er hygroskopisk, og luftfuktigheten vil være en viktig faktor. Tetting av hullene antas å ha gitt for lave verdier, og underestimeringen vil variere med tetningsgraden. Button sampleren egner seg derfor ikke for prøvetaking av melstøv og ble ikke undersøkt videre.

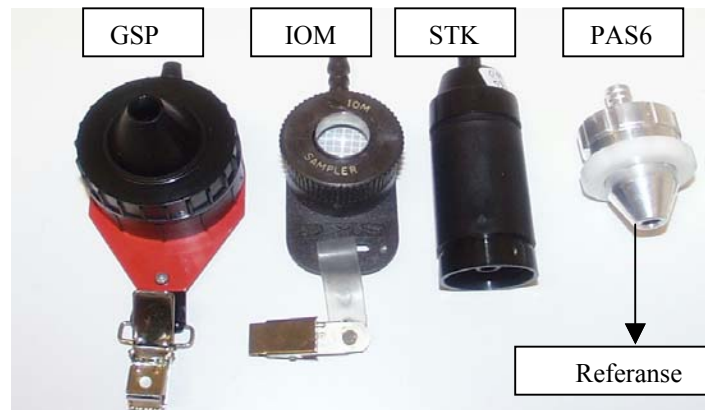


Bilde 4: Tetting av melstøv i gitter til Button prøvetakeren.

## Materiale og metoder

### Målestrategi

Resultater fra nederlandske undersøkelser hos bakere har vært det viktigste grunnlaget for den nye melstøvnormen i Norge (Houba, 1998). Disse undersøkelser ble utført med PAS6 kassetter. Denne kassetten har fungert forholdsvis bra for prøvetaking av inhalerbart støv i modellforsøk (se diskusjon). PAS 6 kassetter ble derfor valgt som referanse. Kassettene ble sammenlignet parvis fordi det ikke var praktisk mulig for bakeren å bære mer enn to kassetter. PAS6 er laget ved STAMI (AME avdelingen) i en modifisert utgave av originalen. Totalt tre inhalerbare kassetter (PAS6, IOM og GSP) og 25 mm standard aerosol kasset (STK) ble inkludert i studien. GSP og STK kassettene er fremstilt i elektrisk ledende plast, mens IOM kassettene (filterholderen) er i rustfritt stål. PAS6 kassettene ble benyttet parallelt til personbåren prøvetaking av støv i bakerier, særlig under arbeidsoppgaver hvor mel håndteres.



Bilde 5: Fire ulike prøvetakingskassetter inkludert i studien.

Styrkeberegninger viste at vi må sammenligne minst 20 par for å kunne finne 20% avvik fra vinkelkoeffisienten 1 med  $p=0,05$  (forutsatt at PAS6 varierer fra  $1-5 \text{ mg/m}^3$ , og at den testede prøvetakeren har et standardavvik på  $0,3 \text{ mg/m}^3$  rundt regresjonslinjen med 80% styrke). Vi tok sikte på 30 par per sammenligning for å tåle noe tap ved forsøket, totalt  $90 = 3 \times 30$  prøvetakinger.



### ***Prøvetaking***

Prøvetakingen ble gjennomført ved to bakerier i Oslo. Det ble i tillegg gjennomført innledende målinger ved et bakeri i Kristiansand. Alle arbeidsoppgavene ble valgt ut ifra kriteriet om at støvet mest sannsynlig bestod av melstøv. Blanding av deig og utbaking var de mest typiske arbeidsoppgavene. Det ble lagt vekt på å få med både lave og høye konsentrasjoner i målingene av hensyn til regresjonsanalysen. Prøvetakingstiden varierte mellom 1 – 1½ time. For GSP ble det benyttet SKC high flow pumpe på 3,5 l/min. For resterende prøvetakere ble det benyttet PS101 pumper (STAMI's egenutviklede pumper) med 2,0 l/min. Registrerte faktorer var arbeidsoppgaver, varighet og luftgjennomstrømning

### ***Filtre***

Det ble benyttet teflon filtre (Gelman Sciences, PALL, Teflo™) med 37 mm diameter og 2 µm porestørrelse for GSP prøvetakeren. Det ble brukt 25 mm diameter teflon filter med 3 µm porestørrelse for de resterende prøvetakerne. Teflonfilter har generelt lav følsomhet for fuktighet og er vektstabile. PVC filtre vil antagelig også ha tilstrekkelig vektstabilitet for prøvetaking av melstøv, men ble ikke brukt i denne studien.

### ***Analysemetoder***

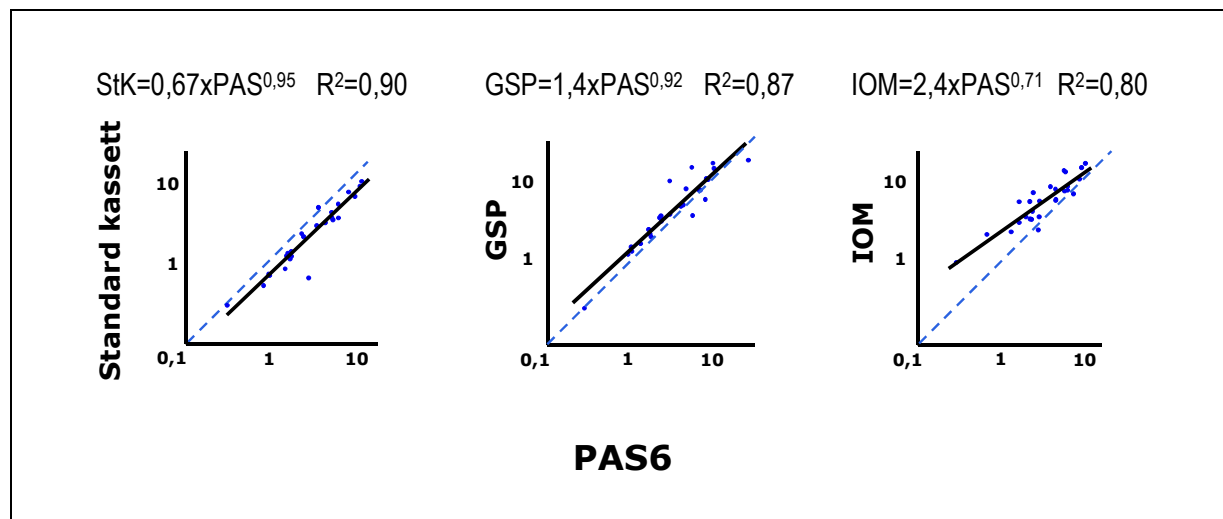
Støvvekt ble bestemt ved gravimetri. Filtre fra PAS6, STK, IOM ble bestemt på Sartorius vekt (S4 mikrovækt). På denne vekta har filtre fra PAS6 og STK en presisjon (standard avvik, SD) på 1 µg, mens filtre med IOM holder har en presisjon (SD) på 10 µg. På Sartorius vekt (MC 210 semimikro vekt) har filtre med GSP holder en presisjon (SD) på 0,15 mg, og denne vekten måtte benyttes fordi GSP har 37 mm filtre.

### ***Dataanalyse***

Resultatene ble analysert ved lineær regresjon med støvkonsentrasjonen målt med henholdsvis SAK, GSP og IOM som avhengig variabel og støvkonsentrasjonen målt med PAS6 som uavhengig variabel. Disse variablene ble log-transformert fordi variablene var log-normal fordelte og model fit ( $R^2_{adj}$ , justert forklart varians) økte for alle tre modellene. Siden ekstreme verdier har stor innflytelse på regresjonsmodeller ble de to mest ekstreme observasjonene for hver kassetype fjernet (observasjoner hvor ratio testet kasset/PAS6 avviker mest fra median). Lineære regresjonsmodeller av log-transformerte data viser avvik fra lineær sammenheng ved at regresjonskoeffisienten b til  $\log_{10}PAS6$  er signifikant forskjellig fra 1. Det kan sees ved at den lineære regresjonsligningen  $\log_{10}IOM = a + b \cdot \log_{10}PAS6$  etter tilbaketransformering blir  $IOM = 10^a \times PAS6^b$ .

## Resultater

Av totalt 90 prøvetakninger ble 6 prøvetakninger ekskludert på grunn av opplagte feil ved prøvetakning. Ytterligere 2 ekstremverdier for hver kassettsammenligning ble utelatt da det var mistanke om feilkilder under prøvetakning. Figur 1 viser resultatene av de statistiske analysene hvor STK, GSP og IOM er sammenlignet med PAS6 som referanse. Stiplet linje viser forventet resultat dersom kassettene hadde vært like. Heltrukken linje viser den registrerte sammenhengen mellom de ulike kassettene. R<sup>2</sup> verdiene viser hvor godt modellen passer til dataene.



Figur 1. Sammenligning av tre ulike inhalerbare prøvetakingskassetter i bakerier (mg/m<sup>3</sup>). Hver kategori har n=25-27 (2 ekstreme punkter utelatt fra hver serie).

Standardkassetten underestimerte eksponeringsnivået sammenlignet med PAS6 (n=25). GSP estimerte høyere eksponeringsnivåer enn PAS6 (n=27), og IOM estimerte enda høyere støvverdier spesielt for lavere eksponeringsnivåer da styrken til PAS6 var signifikant lavere enn 1 (n=27). Tabell 1 viser sentrale mål for forholdet mellom prøvetakerne og PAS6. Presisjonen til GSP og IOM var dårligere enn PAS6 og STK fordi forholdet GSP/PAS6 og IOM/PAS6 hadde 3-4 ganger høyere standard avvik enn STK/PAS6 (p<<0.001, F-test).

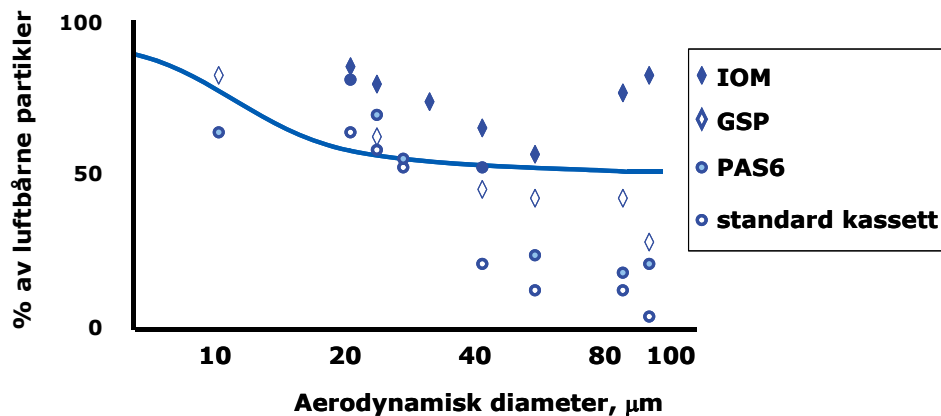
Tabell 1. Relativ effekt av prøvetakingskassetter for måling av melstøv i bakerier

Kassett	Forhold til PAS6 (Kassett/PAS6)		
	median	AM*	SD*
Standard kassett	0,67	0,67	0,17
PAS6	1	1	referanse
GSP	1,28	1,35	0,54
IOM	1,67	1,79	0,72
Button sampler	ikke egnet for melstøv		

\* To verdier utelatt fra hver serie.

## Diskusjon

For å vurdere resultatene av uttestinger i bakerier er det nyttig å sammenligne med tidligere vindtunnelutprøving under kontrollerte betingelser. Følgende resultater er blant annet publisert (Kenny, 1996).



Figur 2: Vindtunnelutprøving av kassetter, Vindhastighet = 0,5 m/sek (Kenny, 1996)

Resultatene fra vår melstøvundersøkelse (se tabell 1) viser kvalitativt de samme relative forhold mellom kassetene som figuren ovenfor (IOM>GSP>PAS6>STK). Figur 2 viser også at GSP samsvarer best med CEN/ISO konvensjonen for inhalerbar støvfraksjon. IOM kassetten oversamler for alle partikkelfraksjoner. PAS 6 underestimerer partikler med aerodynamisk diameter > 40  $\mu\text{m}$ , mens standardkassett underestimerer partikler med aerodynamisk diameter > 20  $\mu\text{m}$  (Kenny et al., 1997, 1999, 2000).

Standarden NS-EN 481 hvor CEN/ISO konvensjonen inngår, forutsetter homogen eksponering og spørsmålet er hvor representativt dette er. Eksempelvis vil arbeidsoperasjoner i bakerier i hovedsak ha eksponeringskilden i front. Det betyr at det er en fare for oversampling spesielt for prøvetakingskassetter som IOM og GSP hvor kassetåpningen vil være direkte rettet mot eksponeringskilden. Resultatene fra undersøkelsen indikerer også nettopp dette forhold. Forøvrig viser resultatene at IOM samler opp 67 % (median) mer støv enn PAS6, hvilket er i god overensstemmelse med en tidligere feltstudie (Kromhout, 1997) hvor de fant en gjennomsnittlig økning på 65 %.

Forskjellen mellom horisontale og vertikale kassetter avtar ved høyere støvkonsentrasjon. En mulig forklaring for dette er at direkte "sprut" fra eksponeringskilden blir relativt mindre betydningsfull når støvkonsentrasjonen er høyere.

Samlet synes både PAS6 og GSP å være mulige kandidater for prøvetaking av inhalerbart melstøv. PAS6 blir imidlertid foretrukket fordi GSP har en større måleusikkerhet og krever i tillegg en kraftigere prøvetakingspumpe (3,5 l/min.).

## Konklusjoner

Button prøvetakeren er ikke egnet for prøvetaking av melstøv.

Rangeringen av aerosolkassetten (IOM>GSP>PAS6>STK) er i samsvar med vindtunnelforsøk. I vindtunnelforsøkene har GSP vist den beste tilpasningen til den inhalerbare CEN/ISO konvensjonen. Denne konvensjonen antar imidlertid at eksponeringen er uavhengig av vindretningen hvilket synes å ikke være tilfellet for arbeid i bakerier.

Horisontale prøvetakere som GSP og IOM overestimerer antagelig støveksponeeringen i bakerier fordi de har en høyere retningssensitivitet sammenlignet med vertikale prøvetakere. Vindtunnelforsøk har forøvrig vist at PAS6 kassetten underestimerer partikler med aerodynamisk diameter  $> 40 \mu\text{m}$ .

Det beste estimatet for inhalerbar prøvetaking av melstøv i bakerier vil derfor mest sannsynlig ligge mellom GSP og PAS6. PAS6 er best egnet for prøvetaking av inhalerbart melstøv fordi GSP har en større usikkerhet i målingene og fordi de krever en større prøvetakingspumpe (3,5 l/min.). Rapporterte måleverdier av melstøv målt med PAS6 bør derfor justeres med en faktor på **1,18** (gjennomsnittet av PAS6 og GSP).

Dersom man ønsker å justere tidligere målinger med STK prøvetakeren (eller ønsker å benytte denne prøvetakeren av andre grunner) bør disse verdiene justeres med en faktor på **1,75**.

## Referanser

- AT 361 2001: <http://www.arbeidstilsynet.no/pdf/normer5.pdf>
- CEN (Comité Européen de Normalisation): *Workplace atmospheres. Size fractions definition procedures for measurement of airborne particles (EN481)*. Brussels, Belgium: CEN, 1993.
- Harper, M. and Muller B.S. *An evaluation of total and inhalable samplers for the collection of wood dust in three wood products industries*. J. Environ. Monit., 4, side 648-656.
- Houba, R. *Occupational respiratory allergy in bakery workers, Relationships with wheat and fungal  $\alpha$ -amylase aeroallergen exposure*. Wageningen, Nederland. 1996.
- Houba, R. et al., *Wheat sensitization and work-related symptoms in the baking industry are preventable. An epidemiologic study*. Am. J. Respir. Crit. Care Med., Vol. 158, side 1499-1503. 1998.
- ISO (International Organization for Standardization): *Air quality - Particle size definitions for health-related sampling (ISO/DIS 7708)*. Geneva, Switzerland: ISO. 1992.
- Kenny, L.C. *Developments in Workplace Aerosol Sampling*. Analyst, 121, 1233-1239. 1996.
- Kenny, L.C. et al., *A Collaborative European Study of Personal Inhalable Aerosol Sampler Performance*. Ann. Occup. Hyg., Vol. 41, No. 2, side 135-153, 1997.
- Kenny, L.C. et al., *The Sampling Efficiency of Personal Inhalable Aerosol Samplers in Low Air Movement Environments*. J. Aerosol Sci., Vol. 30, No. 5 side 627-638. 1999.
- Kenny, L.C. et al., *Twenty-Five Years of Inhalable Dust*. Ann. Occup. Hyg., Vol. 44, No. 8, side 561-563, 2000.
- Kenny, L.C. and Ogden T.L. *Developments in Workplace Aerosol Sampling*. Analyst, 121, 1233-1239. 1996.
- Kromhout H., *Vergelijkend veldonderzoek van IOM en PAS-6 stofmonsternemer*, Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap, 10, nr. 1, side 2. 1997.
- Lidén G. et al., *Personal Sampling in Parallell with Open-Face Filter Cassettes and IOM Samplers for Inhalable Dust; Implications for Occupational Exposure Limits*. App. Occup. and Environ. Hyg., Vol. 15, side 263-276. 2000.
- Notø H. et al., *Comparative Study of an Inhalable and a Total Dust Sampler for Personal Sampling of Dust and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Gas and Particulate Phase*. Analyst, Vol. 121, s 1191-1196. 1996.
- NS-EN 13205. *Arbeidsplassluft; Vurdering av utførelsen til instrumenter for måling av konsentrasjonene til luftbårne partikler*. Side 9. Oslo, Norway. NSF. 2002.
- Storaas, T., *Påvisning og forebygging av luftveisallergi hos bakere*. Haukeland universitetssykehus, Bergen, Norge. 2002
- Vincent, J.H. *Aerosol Science for Industrial Hygienists*. Minneapolis, USA. 1995.
- Vincent, J.H. *Aerosol Sampling, Science and Practice*. Edinburgh, UK. 1989.
- Werner M.A. et al., *Investigation Into the Impact of Introducing Workplace Aerosol Standards Based on the Inhalable Fraction*. Analyst, Vol. 121, side 1207-1214. 1996.