

NILU
OPPDRAKSRAFFORT NR 44 /79
REFERANSE: 20678
DATO: JANUAR 1980

SAMMENLIKNEDE MALINGER AV
SOT OG SVEVESTØV I BERGEN
I 1978

AV
STEINAR LARSEN OG LEIF OTTO HAGEN

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Det er foretatt 18 samtidige målinger av døgnmiddelkonsentrasjonen av svevestøv med to målemetoder i Bergen i februar-april 1978. Prøvene ble tatt på taket av Christian Michelsens institutt (CMI). Støvprøver tatt med NILUS automatiske luftprøvetaker, type KK, ble analysert etter den reflektometriske metode standardisert innen OECD. Støvprøver tatt med Sierra "high-volume" prøvetaker (HVS) utstyrt med kaskadeimpaktor ble bestemt ved veiing, etter metode standardisert i USA. Innholdet av bly i støvprøvene ble også bestemt ved analyse med atomabsorpsjonsspektrofotometer.

Prøvetakingen viste at high-volume-prøvetakeren med impaktor ikke fungerte etter forutsetningen når det var store mengder større mineralske partikler i prøven. Glassfiberfiltrene som ble benyttet i impaktoren var ikke egnet til å holde på slike partikler, som i den sterke luftstrømmen løsnet fra det trinn der de hørte hjemme, og vandret med luftstrømmen gjennom impaktoren og endte opp på bunnfiltret.

For andre prøver, der det ikke var betydelig mengder av slike partikler, fungerte impaktoren tilfredsstillende. For slike prøver var det en relativt god korrelasjon mellom sotverdien fra NILU-prøvetakeren og mengden av respirabelt støv funnet ved veiing av filtrene fra HVS-prøvetakeren. I middel for 10 prøver ga sotbestemmelsen 17% høyere verdier enn vektbestemmelsen av respirabelt støv ($d < 3.3 \mu\text{m}$). Det var bedre korrelasjon mellom blyverdiene fra de to prøvetakingsmetodene, bestemt med samme analysemetode.

Disse resultatene må ikke oppfattes som generelle. De gjelder for nevnte målested og tidsperiode. For andre målesteder og perioder, i Bergen og andre steder, der hovedkildene til støv er andre enn på taket av CMI, må man vente at sammenhengen mellom sot-verdier og respirabel støvmengde bestemt ved vekt kan være en annen.

Prøvene ga grunnlag for å karakterisere størrelsesfordelingen av partikler ved målestedet under ulike værforhold. To prøver tatt under inversjonsforhold og lav vindstyrke viste høy konsentrasjon av partikler med størrelse fra mindre enn 0,5 μm og opp til ca 10 μm . Partiklene besto da hovedsakelig av forbrenningsprodukter. Ved større vindhastigheter ($> 2-3 \text{ m/s}$) ble innholdet av partikler fra forbrenning vesentlig redusert, og konsentrasjonen av disse varierte med temperatur og vindhastighet. Ved vindhastigheter større enn 2-3 m/s var innholdet av større partikler ($d > 5-7 \mu\text{m}$) svært lavt, når det samtidig var snødekt eller våt mark, slik at vei- og bakkestøv i liten grad ble hvirvlet opp av vinden. Ved tørr, snøfri bakke ble fraksjonen av store partikler ($d > 5-7 \mu\text{m}$) dominert av vindblåst bakkestøv, spesielt under høye vindhastigheter.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	3
1 INNLEDNING	7
2 MÅLEMETODER	8
2.1 NILU-metoden	8
2.2 HVS-metoden	11
3 MÅLEOPPLEGG	12
3.1 Målestasjon	12
3.2 Hovedkilder til støvet ved målestasjonen	13
4 RESULTATER AV STØVANALYSENE	14
4.1 Sammenlikning, svertningsmålinger, Bergen/NILU ..	16
4.2 Sammenlikning av resultatene fra HVS- og NILU-metoden	17
4.2.1 Bestemmelse av støvkonsentrasjonen	17
4.2.2 Bestemmelse av bly-konsentrasjonen	19
4.3 Karakterisering av støvet ved målestasjonen	20
4.3.1 Partiklens størrelsesfordeling	20
4.3.2 Blyinnholdet i støvet	22
4.4 Impaktorens avskillingsegenskaper som funksjon av støvtype	25
5 REFERANSER	26

SAMMENLIKLENDE MÅLINGER AV
SVEVESTØV OG SOT I BERGEN
I 1978

1 INNLEDNING

I overvåkingen av luftkvaliteten i Bergen kommune inngår målinger for å karakterisere støvinnholdet i luft. Støv i forurenset luft i et byområde varierer med tiden i mengde, størrelsefordeling og kjemisk og fysisk sammensetning. Støvmengden i luften bestemmes best direkte ved å filtrere støvet fra et luftvolum som er stort nok til at støvet lar seg veie. Denne metoden til bestemmelse av støvmengder benyttes i såkalte "high-volume" prøvetakere (HVS), der luft med volumhastighet 200-1500 l/min suges gjennom et svært effektivt flatefilter. Vanligvis benyttes glassfiberfiltre til slik prøvetaking. En definert bestemmelse av støvmengden fordrer at en kjenner diameteren på den største partikkelen som har mulighet for å nå filtret (større partikler utelukkes på grunn av sin treghet mot å følge luftstrømmens bane inn til filtret), og hvordan denne størrelse, ofte kalt øvre kutt-diameter, kan variere med vindhastigheten og andre forhold.

I luftovervåkingen i Bergen karakteriseres støvinnholdet i luft ved å bestemme den svertning som støvet gir, når det avsettes på et filter. Metoden er svært lik den såkalte OECD-metoden (2), og som prøvetaker benyttes en automatisk luftprøvetaker av typen NILU KK. Volumhastigheten er ca 2.5 l/min. Vektkonsentrasjonen av støvet bestemmes fra svertningen, ved hjelp av en standard kurve.

Helseseksjonen i Bergen ba NILU foreta en undersøkelse av sammenhengen mellom vektkonsentrasjonen av støv bestemt ved de to metodene, HVS-metoden og NILU-metoden, på bakgrunn av støv-

prøver fra en målestasjon på taket av Christian Michelsens institutt (CMI) i Bergen.

Undersøkelsen ble utført vinteren 1978. Her presenteres resultatene.

2 MÅLEMETODER

2.1 NILU-metoden

OECD-metoden for bestemmelse av støvforurensningen i byluft er opprinnelig en standard målemetode utviklet i England (1) og adoptert som standard metode innen OECD i 1964 (2). Metoden er basert på å suge luft med volumhastighet 1.0-1.6 l/min gjennom en 5 cm² sirkulær filterflate av papirfiber, type Whatman 1. Luftinntaket er spesifisert til å være en omvendt trakt av glass med åpningsdiameter 3-5 cm. Slangen mellom trakt og filterholder skal være 8 mm i indre diameter og høyst 6 meter lang.

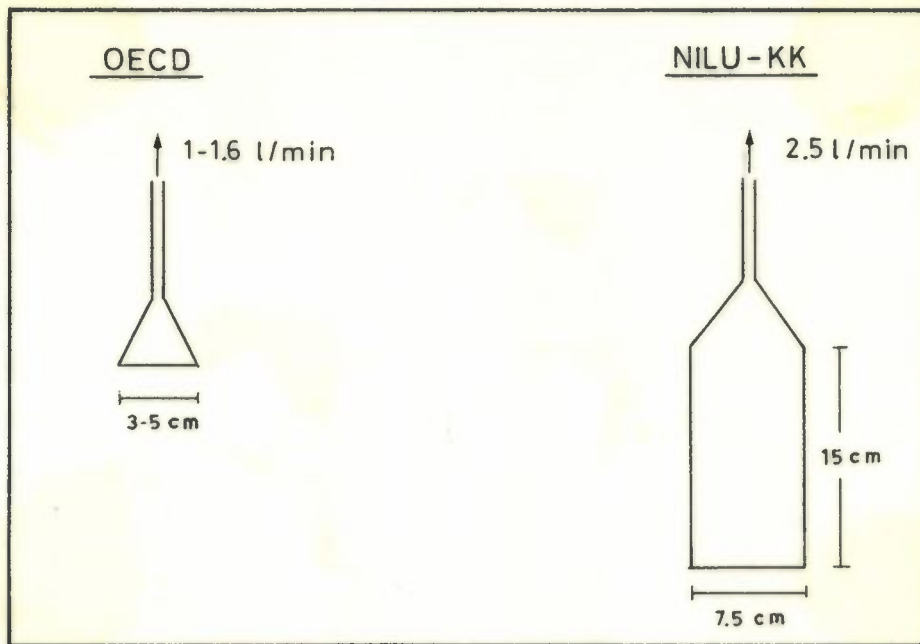
Metoden som benyttes ved NILU er en noe modifisert utgave av OECD-metoden. Volumhastigheten er 2.5 l/min., filterflaten 5 cm², og filtret som benyttes er av typen Whatman 40. Luftinntaket har en åpningsdiameter på 7.5 cm og slangen en indre diameter på 8 mm. Dimensjoneringen av luftinntak og slange er valgt for å gi samme luftstrømforhold som i den opprinnelige OECD-metoden. Filterholderen har en annen utforming enn i OECD-metoden. Luftinntakene er vist i figur 1. Denne metoden svarer til NILUs automatiske luftprøvetaker av typen KK, som er benyttet i denne undersøkelsen.

For disse metodene er den vertikale lufthastighet ved åpningen av luftinntaket ca 1 cm/s. Dette er lik den teoretiske fallhastigheten (etter Stokes ligning) for sfæriske partikler med tetthet 1 g/cm³ og diameter 20 µm. Dette medfører at øvre kutt-diameter for luftinntaket er 20 µm. Partikler mindre enn dette vil kunne føres inn mot filtret. En del av de største partikler

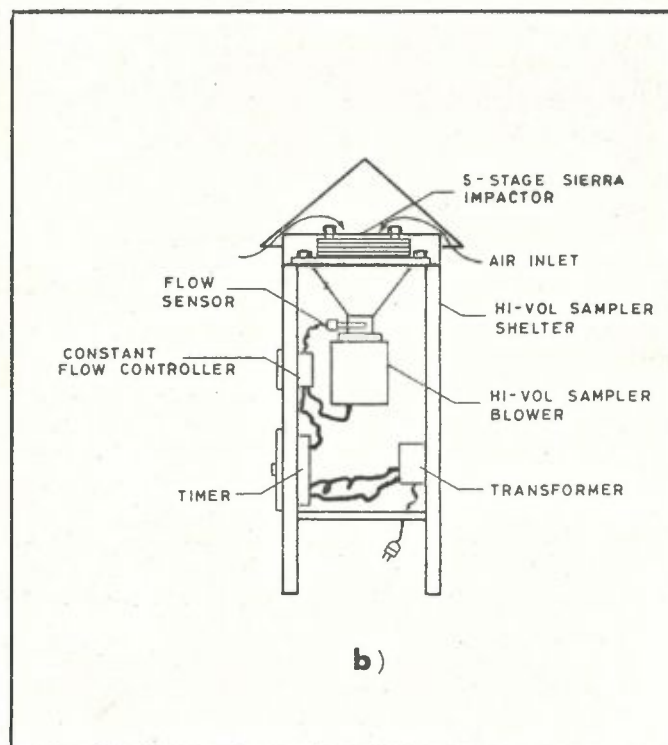
vil kunne avsette seg i slangen før filterholderen. Kuttdiameteren er avhengig av vindhastigheten, og vil være vesentlig mindre enn 20 μm ved sterk vind.

Støvmengden på filtret bestemmes ved hjelp av en måling av støvavsetningens evne til å reflektere lys. Mørke (lysabsorberende) partikler vil derved ved denne målingen få relativt større betydning enn lyse partikler.

På basis av lysrefleksjonsverdien (reflektert lysintensitet i forhold til et rent filter), som bestemmes ved hjelp av et reflektometer, samt av luftmengden som bestemmes ved måling av volumhastigheten ved prøvetakingens start og stopp, bestemmes støvkonsentrasjonen, i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ved hjelp av en kalibreringskurve. Kalibreringskurven er satt opp på basis av samtidige målinger av lysrefleksjonsverdien og vektkonsentrasjonen av støv i byluft. Kurven er basert på målinger utført i flere større byer i Europa. Denne kalibreringskurven er en del av den standardiserte OECD-metoden. Nødvendige modifikasjoner er utført for å ta hensyn til endret luftstrøm pr filterflateenhet og filtermateriale i NILU-metoden.



Figur 1: Utforming av luftinntak.



Figur 2: Skisse av Sierra HVS-prøvetaker.

2.2 HVS-metoden

HVS-metoden for bestemmelse av støvkonsentrasjonen i luft er standardisert i USA (3). Prøvetakerens og filterets form og dimensjoner er spesifisert i standarden. Volumhastigheten skal være 40 cfm (1.13 m³/min) gjennom en filterflate av dimensjon 8" x 10" (20.3 cm x 25.4 cm). Filtermaterialet skal være glassfiber.

Støvmengden bestemmes ved å veie filteret før og etter prøvetaking under definerte temperatur- og fuktighetsbetingelser (15-35°C, <50% relativ fuktighet). Luftmengden bestemmes ved å måle volumhastigheten ved prøvetakingens start og stopp, samt prøvetakingstiden.

Enkelte "high-volume"-prøvetakere er utstyrt for montering av en spesielt tilpasset kaskadeimpaktor på toppen av filteret. Under denne undersøkelsen ble en "high-volume"-prøvetaker med volumhastighetskontroll, av typen Sierra (videre kalt HVS/IMP) benyttet. Over bunnfiltret ble montert en Sierra kaskadeimpaktor som fraksjonerte partiklene i følgende fem størrelsesklasser:

Størrelsesklassifisering ved lufthastighet		
	40 cfm	50 cfm
Trinn 1	d > 7.5	d > 6.7
Trinn 2	7.5 > d > 3.3	6.7 > d > 2.9
Trinn 3	3.3 > d > 1.8	2.9 > d > 1.6
Trinn 4	1.8 > d > 0.9	1.6 > d > 0.8
Trinn 5	0.9 > d > 0.5	0.8 > d > 0.45
Bunnfilter	d < 0.5	d < 0.45

Bunnfilteret (glassfiber) er svært effektivt for små partikler. I denne undersøkelsen ble "high-volume"-prøvetakeren kjørt med en lufthastighet på 50 cfm (1.42 m³/min).

En skisse av prøvetakerens ytre er vist i figur 2.

Øvre kutt-diameter for partikler dvs. diameteren på den største partikkel som kan nå filtret, eller første impaktortrinn, er vanskelig å bestemme for denne prøvetakeren. Den er svært avhengig av vindhastigheten og kan i praksis ligge et sted mellom 30-40 μm og over 100 μm (4,5).

3 MÅLEOPPLEGG

Undersøkelsen omfattet målinger av støv med HVS- og NILU-metoden på en stasjon på taket av Christian Michelsens institutt (CMI). Stedet er identisk med målested 5 i overvåkingsprogrammet i Bergen (6). Det ble tatt 18 døgnprøver av støv med begge metodene i tidsrommet fra 7.februar til 5. april 1978.

Overvåkingsprogrammet i Bergen gikk rutinemessig i hele perioden. En Sierra HVS-prøvetaker ble montert ved KK-prøvetakeren i overvåkingsprogrammet. Filtre fra NILU-metoden ble analysert både ved Bergen ingeniørhøgskole og ved NILU. Filtre fra HVS-metoden ble analysert ved NILU.

Samtidig med støvmålingene ble det foretatt målinger av nitrogenoksyder på samme stasjon. Resultatet av disse målingene er beskrevet i detalj i NILU-rapport OR 24/79: "Luftforurensninger fra veitrafikk - Målinger i Bergen 1978" (4).

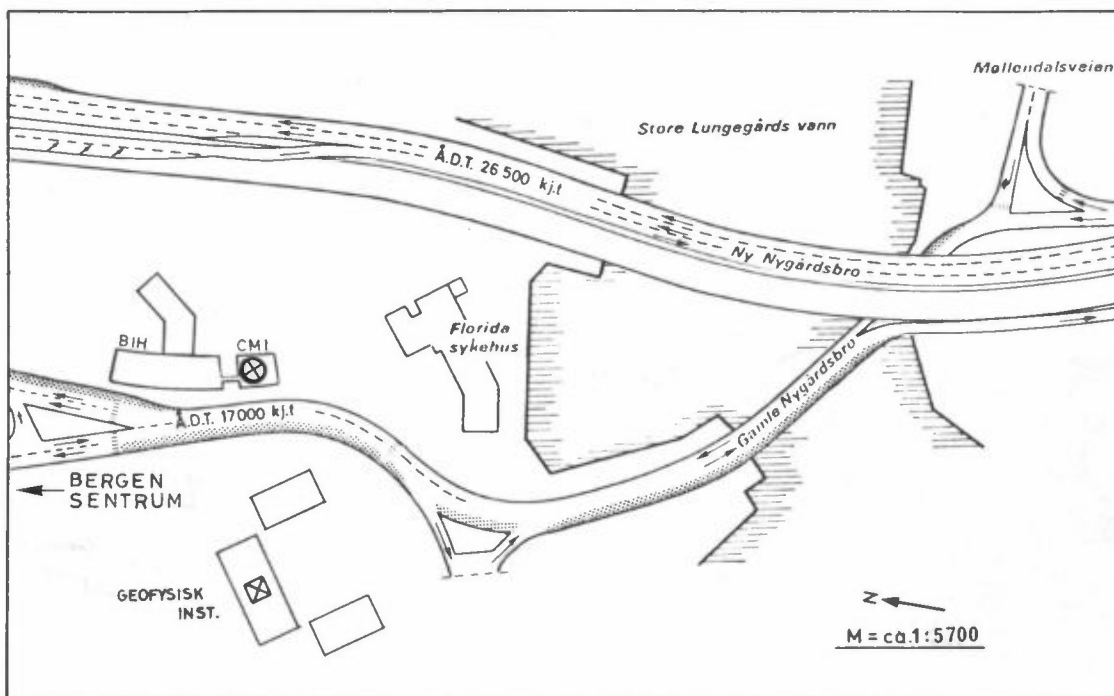
Meteorologiske data for området er tatt fra Meteorologisk institutts værstasjon Florida, som ligger ved Geofysisk institutt.

3.1 Målestasjonen

Figur 3 viser en skisse av området nærmest målestasjonen. Instrumentene var plassert ca 5 m fra hverandre på taket av CMI, ca. 13 m over bakken.

CMI har Store Lungegårdsvannet ca. 125 meter mot øst og Bergen sentrum mot vest og nord. Mot sørøst, i avstander over 400 meter

fra CMI, strekker det seg boligområder oppover på begge sider av Fjøsangerveien. Nygårdsgaten som passerer CMI på vestsiden hadde i måleperioden en årsdøgntrafikk på ca. 17000 biler. 100 meter mot øst ligger den nye Ny Nygårdsbro med en årsdøgntrafikk på ca. 26500 biler. Florida sykehus ligger ca. 100 meter mot sør.



Figur 3: Skisse av området nær målestasjonen.

- ⊗ Målestasjon for støv (CMI)
- ⊠ Målestasjon for klimaparametre (Florida).

3.2 Hovedkilder til støvet ved målestasjonen

De viktigste kildene til støv på taket av CMI er biltrafikken forbi CMI, fyringsutslippet på Florida sykehus og biltrafikk og oljefyring i Bergen sentrumsområde. Dette siste vil i stor grad være støv i det respirable området, dvs. partikler mindre enn 3-4 μm i diameter, som oppsamles effektivt av begge prøvetakerne. Støvet fra bakken og nærliggende veier vil inneholde en stor mengde partikler større enn dette. Avhengig av vindforholdene vil en større eller mindre mengde av de store partiklene hvirvles opp så høyt at de påvirker instrumentene på taket av CMI. Desto sterkere og mer turbulent vinden er, desto større partikler vil hvirvles

opp. Bakkens tilstand vil også være av betydning for mengden av opphvirvlet støv. Snødekt eller våt bakke vil naturlig nok redusere mengden.

4 RESULTATER AV STØVANALYSENE

Resultater fra de 18 døgn med samtidige støvprøver med HVS/IMP- og NILU-metoden er gitt i tabell 1. I februar ble svertningsmålinger på filtrene fra NILU-metoden utført både ved Bergen ingeniørhøgskole og ved NILU. Alle resultater er gitt i tabellen. Resultater fra de enkelte trinn i HVS/IMP-prøvene er slått sammen, slik at en får konsentrasjonen av partikler mindre enn $3.3 \mu\text{m}$ i diameter (respirabel fraksjon) og partikler større enn $3.3 \mu\text{m}$ (ikke respirabel fraksjon) hver for seg. Støvkonsentrasjonen ble bestemt i alle prøver og konsentrasjonen av bly i sju prøver.

Tabellen viser at prøvene spenner over et stort variasjonsområde i støvkonsentrasjon, fra $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$, målt som sot (analysert i Bergen).

Noen av HVS-prøvene ga svært mye høyere verdier av respirabelt støv enn sotmålingene. Det gjelder de seks prøvene 22-23 februar, 7-8, 15-16, 17-18 og 20-21 mars og 4-5 april. Observasjoner av filtrene fra disse prøvene viste at varierende mengder store partikler, som normalt skulle ha vært avsatt på et av de først trinnene, var å finne på bunnfiltret. Dette betyr at impaktoren ikke har fungert som den skulle for disse prøvene. Dette vil bli nærmere kommentert senere i teksten. Forøvrig vil disse data bli utelatt fra beregninger av sammenhenger mellom resultater fra de to metodene.

Tabell 1: Resultater av støvmåinger med HVS/IMP- og NILU-metoden.
CMI, Bergen, 1978.

Prøve nr.	Måleperiode	Støv, $\mu\text{g}/\text{m}^3$				Bly i støv, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
		HVS/IMP, vekt		NILU, sverting		HVS/IMP		OECD
		Ikke resp. partikler (>3.3 μm)	Respirable partikler (<3.3 μm)	Sot (analyisert i Bergen)	Sot (analyisert ved NILU)	Ikke resp. partikler (>3.3 μm)	Respirable partikler (<3.3 μm)	
	<u>Februar 1978</u>							
1	7-8	122	134	100	91	0.20	1.23	1.05
2	10-11	47	130	111	96	0.09	0.88	1.05
3	13-14	11	42	52	43	0.05	0.41	0.38
4	16-17	6	27	41	36			
5	20-21	1.5	35	38	30			
6	22-23*	2	26	7	6			
7	24-25	5	23	28	20			
8	28.2-1.3	5	20	28	26	0.05	0.35	0.28
	<u>Mars</u>							
9	3-4	2.5	18	32	-	0.06	0.33	0.27
10	7-8*	20	80	14	-			
11	9-10	48	15	20	-			
12	13-14	9	11	15	-	0.04	0.22	0.16
13	15-16*	23	224	12	-			
14	17-18*	29	121	11	-			
15	20-21*	13	51	5	-			
16	29-30	22	17	7	-			
17	31.3-1.4	71	29	17	-	0.07	0.27	0.19
	<u>April</u>							
18	4-5*	54	81	20	-			

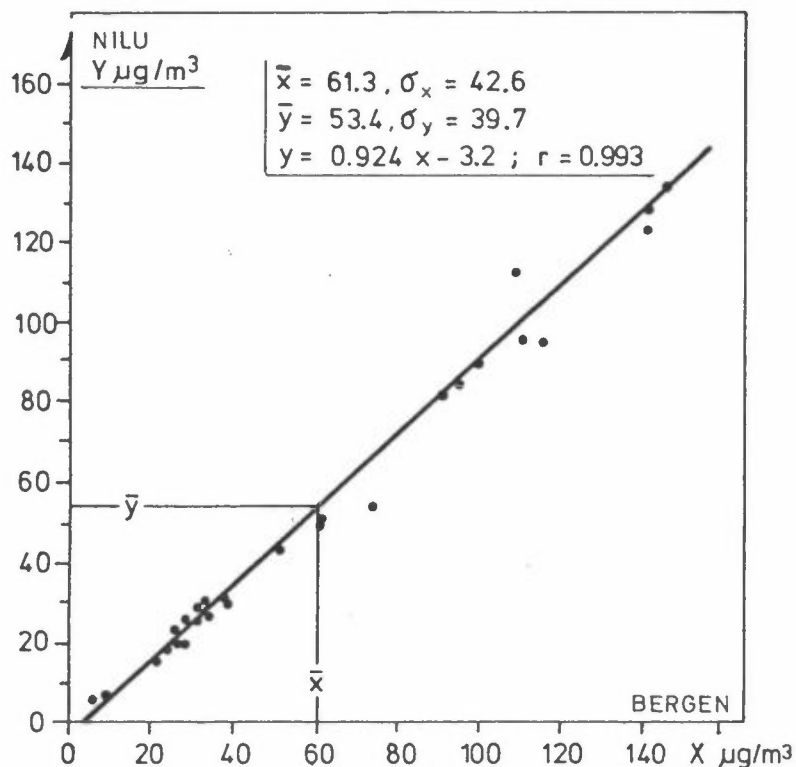
* I disse prøvene ble store mengder store partikler funnet på bunnfiltret.

4.1 Sammenlikning av svertningsmålinger, Bergen/NILU

Figur 4 viser samhørende svertningsmålinger for hele februar 1978 utført på de samme filtrene ved Bergen ingeniørhøgskole og NILU. Figuren gir også resultater av linear regresjonsanalyse.

Middelverdien for analysene ved NILU, $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$, var ca 87% av middelverdien fra analysene i Bergen, $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Regresjonskoeffisienten var 0.924, og korrelasjonskoeffisienten var 0.993.

Det systematiske avvik kan sannsynligvis rettes opp ved en interkalibrering av selve refleksjonsmålerne som benyttes ved svertningsanalysen (EEL-Unigalvo). For øvrig er korrelasjonen så god at reproduserbarheten av selve analysemetoden må sies å være god.

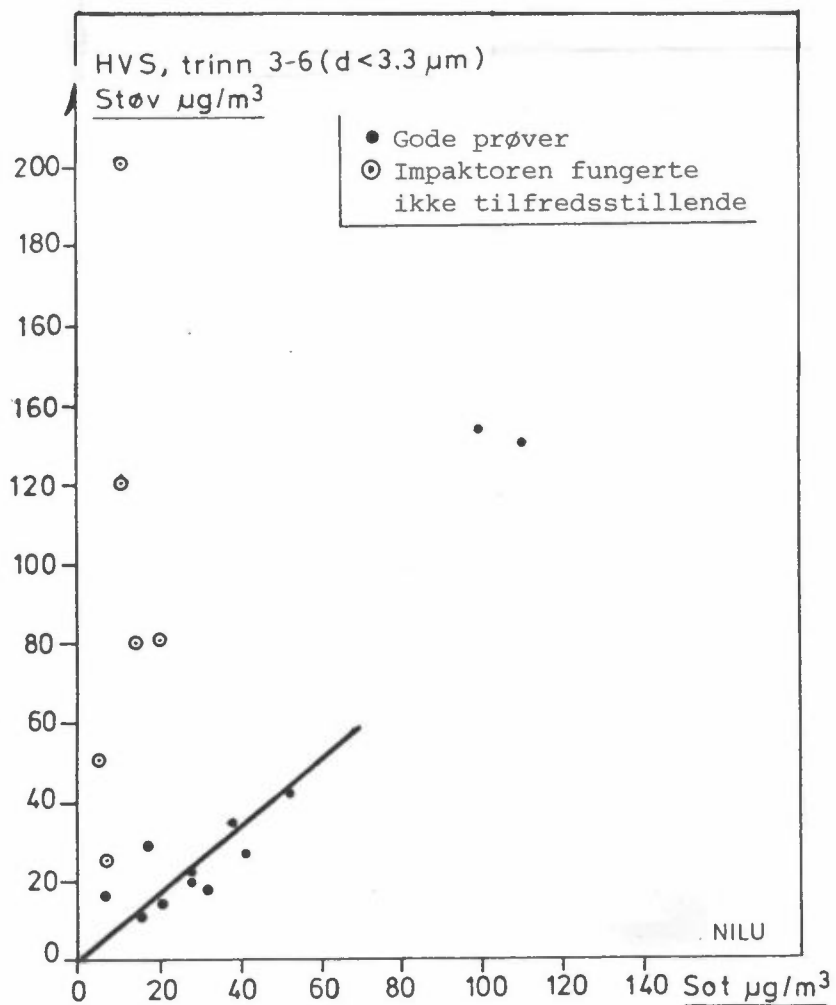


Figur 4: Sammenliknende sot-verdier fra analyser på samme filtre, utført ved Bergen ingeniørhøgskole og ved NILU. Prøvene er fra CMI, Bergen, februar 1978.

4.2 Sammenlikning av resultatene fra HVS- og NILU-metoden

4.2.1 Bestemmelse av støvkonsentrasjonen

Figur 5 viser samhørende støvverdier fra metodene. Sotverdiene fra NILU-metoden er plottet mot vekt-konsentrasjonen av partikler på trinnene 3-6, som en med god tilnærmselse kan si er lik den fraksjon som kalles respirabelt støv.



Figur 5: Samhørende verdier av sot (NILU-metoden) og respirabelt støv (HVS/IMP-metoden), CMI, Bergen, februar-april 1978.

Prøvene kan inndeles i tre klasser:

- (a) Prøver merket , da impaktoren ikke fungerte tilfredsstillende.
- (b) Øvrige prøver med relativt lavt støvnivå (sotverdi $< 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- (c) Øvrige prøver med relativt høyt støvnivå (sotverdi $\approx 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ved relativt lavt respirabelt støvnivå synes sotbestemmelsen å overvurdere støvnivået i forhold til HVS-metoden. Regresjonslinjen for prøvene i klasse (b) (linjen i figur 5) er trukket gjennom origo og (\bar{x}, \bar{y}) . Basert på de 10 datapunktene gir sotbestemmelsen 17% høyere støvkonsentrasjon enn respirabelt støv bestemt ved HVS/IMP-metoden. Disse resultater er begrenset til prøveperioden (februar-april 78), og er ikke generelt gyldig for alle årstider.

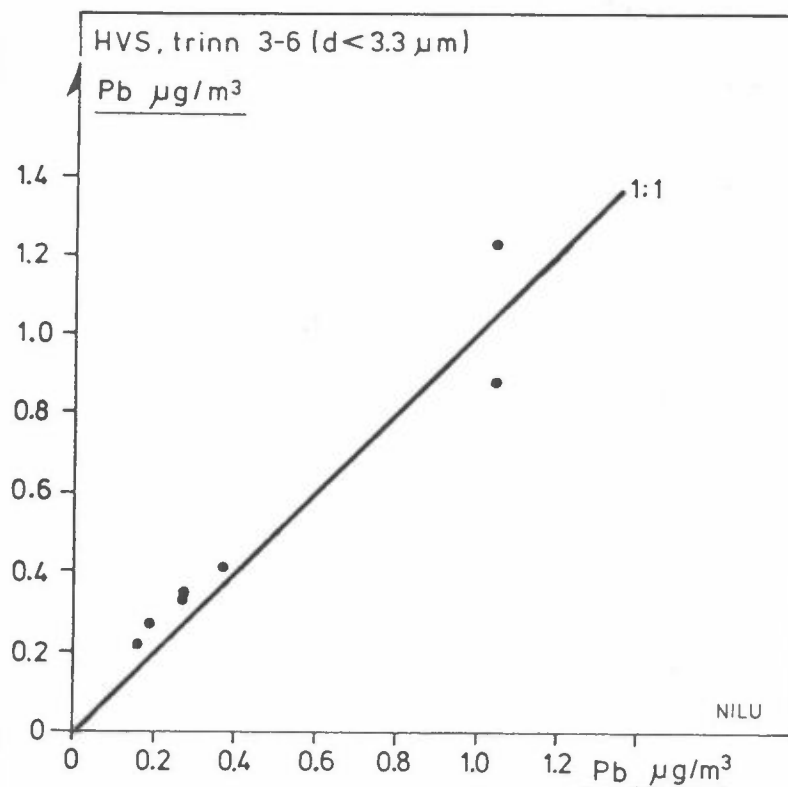
Spredningen i datasettet er relativt stor. Korrelasjonskoeffisienten er 0.76, som medfører at ca. 57% av variasjonen i den ene parameter kan forklares av variasjonen i den andre. Den øvrige variansen må søkes forklart i unøyaktigheter i de to analysemetodene, samt i at støvsammensetningen kan endre seg fra dag til dag og derved påvirke sammenhengen mellom de to metodene, som baserer seg på to helt ulike partikkelegenskaper.

I middel for de to prøvene ved høyt sotonnivå ga sotbestemmelsen $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og HVS/IMP-metoden $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respirabelt støv. Under disse prøvene var konsentrasjonen av store partikler ($> 3.3 \mu\text{m}$) relativt stor. Det er muligheter for at en del store partikler er blitt ført med luftstrømmen forbi de første to trinnene og er avsatt på lavere trinn, slik som observert for prøvene i klasse (a). I så fall ga HVS/IMP-metoden for høye verdier for respirabel støvmengde i de to prøver det her er snakk om. Mikroskopisk analyse av HVS-filtre fra prøven 7-8 februar ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respirabelt støv) viste at det var partikler helt opp til $25 \mu\text{m}$ i diameter på bunnfiltret.

4.2.2 Bestemmelse av bly-konsentrasjonen

Figur 6 viser samhørende verdier av bly fra HVS-(trinn-3-6) og KK-prøvene. Her er bare prøver fra gruppene (b) og (c) analysert. Filtre for begge metodene ble analysert på bly ved hjelp av atomabsorpsjonsspektrofotometri etter oppslutning av filtrene i syre (1N salpetersyre for Sierra-filtrene, 1:1 sapetersyre for KK-filtrene).

Sammenhengen her er bedre enn for støvbestemmelsen. Det er også å vente, fordi analysemetoden her er den samme. (HVS-metoden gir ved lavt bly-nivå noe høyere bly-verdier enn NILU-metoden.)



Figur 6: Samhørende blyverdier fra HVS/IMP- og NILU-metodene. CMI, Bergen, februar-april 1978.

4.3 Karakterisering av støvet ved målestasjonen

4.3.1 Partiklenes størrelsesfordeling

Størrelsesfordelingen av partiklene, som er bestemt med Sierra-impaktoren, varierte fra prøve til prøve. Den totale variasjonen i prøvematerialet var stor (tabell 2). De tidligere nevnte prøver, da Sierra-impaktoren slapp større mengder store partikler gjennom til bunnfiltret er ikke tatt med i tabellen.

Prøvene er delt i to grupper. I den øverste gruppen i tabellen var hovedvekten av støvet, fra 49.5% til 88.5%, på partikler med diameter mindre enn ca 0.5 μm . Resten av partikkelmassen fordelte seg i middel ganske jevnt på de andre trinnene.

I den andre gruppen, er en vesentlig mindre del av totalstøvet, fra 16% til 47%, assosiert med partikler mindre enn 0.5 μm . En vesentlig del av totalvekten av støvet, fra 26.5% til 77%, ligger på store partikler (>3.3 μm). I denne gruppen er også total støvkonsentrasjon i middel vesentlig større enn i den første gruppen, 109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mot 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Det synes å være værforholdene som i første rekke gir den forskjellen i andelen av store partikler som skiller de to gruppene av prøver fra hverandre.

Under de seks prøver i den første gruppen, fra perioden 13. februar til 4. mars, var det stort sett snødekt mark (under prøvene 3,4,5,7) eller nedbør i form av regn (under prøvene 8,9) og vindstyrke lavere enn 3 m/s (unntatt for prøve 7, da vindstyrken var 4.7 m/s).

Tabell 2 : Vektfordeling av partiklene på ulike trinn av Sierra-impaktoren.

Prøve nr.	Trinn Part.diam. µm	Andel av partikkelmassen i %						Totalt støv µg/m ³
		1 >7.5	2 7.5-3.3	3 3.3-1.8	4 1.8-0.9	5 0.9-0.5	6 <0.5	
3	13-14.2	11	9.5	7.5	7.5	15	49.5	53
4	16-17.2	9	9	6	6	9	61	33
5	20-21.2	3	1.5	4	1.5	1.5	88.5	36
7	24-25.2	11	7	7	7	14	54	28
8	28.2-1.3	12	8	4	4	16	56	25
9	3-4.3	10	2	0	0	10	78	21
	Middel	9.3	6.2	4.8	4.3	10.9	64.5	33
1	7-8.2	35.5	12	6	7.5	10	29	256
2	10-11.2	-	26.5*	8	8.5	10	47	177
11	9-10.3	49.5	27	6	1.5	1	15	62.5
12	13-14.3	25	20	5	5	10	35	20
16	29-30.3	26	31	10	5	5	23	39
17	31.3-1.4	44	27	6	3	4	16	100
		30	23.9	6.8	5.1	6.7	27.5	109

* tallet gir summen av partikkelmassen (%) på trinn 1 og trinn 2.

Under de fire siste prøvene i andre gruppe (prøve 11, 12, 16, 17) var det bar mark, lite eller ingen nedbør og relativt høye vindstyrker i området 2.5-7 m/s som døgnmiddelverdi. Under disse prøvene er det tydelig at vindblåst bakkestøv/veistøv fører til økningen i konsentrasjonen av store partikler. Mikroskopering av prøve 11 viste store mengder av agglomererte partikler, blanding av sot og mineralske stoffer, med størrelser fra 50 µm og oppover.

Prøvene 1 og 2 skiller seg noe ut fra de øvrige. Under disse prøvene var det snødekt mark, ingen nedbør, lav vindstyrke (< 1 m/s), relativt kaldt ($\pm 3 - \pm 6^{\circ}\text{C}$) og temperaturinversjon i sjiktet mellom 2 meter og 30 meter over bakken på Florida. I denne perioden er det rimelig at en finner en høy konsentrasjon av små partikler ($< 0.5-1 \mu\text{m}$), fordi utluftingen over byen skjer lite effektivt.

De store partiklene i prøvene 1 og 2 skiller seg fra de andre prøvene i gruppen (11, 12, 16, 17). I prøvene 1 og 2 viste mikroskoperingen vesentlige mengder sot på de store partiklene med diameter av størrelsesorden $10 \mu\text{m}$. Også mye mineralsk støv av samme størrelsesorden ble funnet.

Under inversjonsperioder med lav vindstyrke får en altså en vesentlig oppbygging av konsentrasjonen av alle partikkelstørrelser opp til anslagsvis $10 \mu\text{m}$ i diameter. Disse partikler er i stor grad forbrenningsprodukter. Under gode spredningsforhold med vindhastighet større enn ca $2.5-3$ m/s reduseres konsentrasjonen av små partikler vesentlig. Konsentrasjonen av partikler større enn $5-7 \mu\text{m}$ reduseres også en del, og består i tørre snøfrie perioder stort sett av vindblåst bakkestøv som erstatter de større sotpartikler som dominerer under inversjonsperiodene.

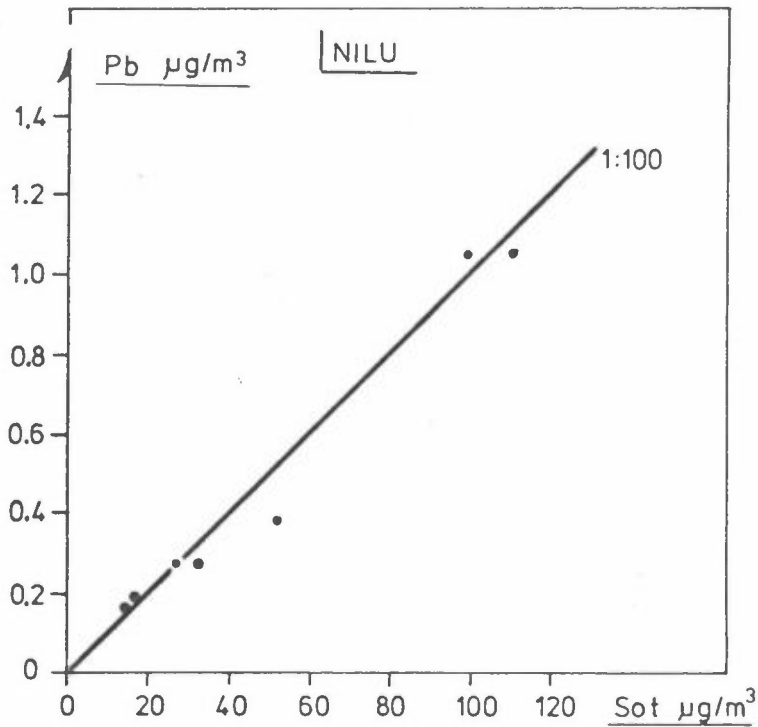
4.3.2 Blyinnholdet i støvet

Figur 7 og 8 viser blyinnholdet i den respirable fraksjon av støvet i prøver fra Sierra-prøvetakeren og KK-prøvetakeren.

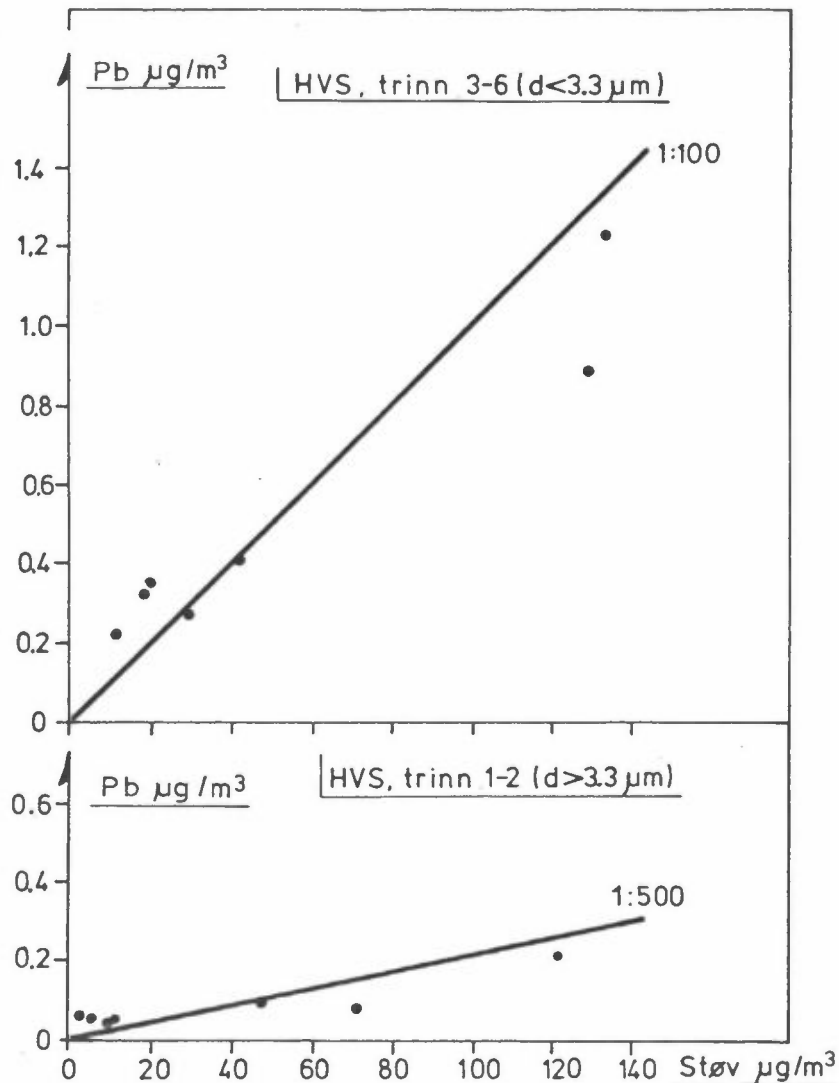
For KK-prøvetakeren er det god sammenheng mellom støvinnholdet og blyinnholdet, med et midlere blyinnhold i støvet på ca 1%.

Sammenhengen mellom bly og støv på Sierra-filtrene er noe mindre god. Dette kan ha sammenheng med "re-entrainment"-problemet som fører til at en viss del av de store partiklene vandrer

ned gjennom impaktoren og havner på et av trinnene for små partikler eller på bunnfiltret. Spesielt kan dette være tilfelle for prøvene 1 og 2, da det var relativt store mengder store partikler i luften.



Figur 7: Blyinnholdet i støv i KK-prøver som funksjon av sotverdien. CMI, Bergen, februar-april 1978.



Figur 8: Blyinnholdet i støv i Sierra-prøvene, CMI, Bergen, februar-april 1978.

Det var vesentlig større relativt blyinnhold i det respirable støvet, ca 1%, enn i de større partiklene, ca 0.2%. Blyet i det respirable støvet skriver seg for det meste direkte fra utslipp av bly på små partikler i bileksos. Blyet i de større partiklene skriver seg sannsynligvis hovedsakelig fra veistøvet, som inneholder bly fra partikler i bileksosen og lydpotte/eksosrør som avsetter seg på veibanen.

4.4 Impaktorens avskillingsegenskaper som funksjon av støvtype

I prøvene 6,10,13,14,15 og 18 ble det funnet varierende mengder store partikler på bunnfiltret. Partiklene var lyse av farge. Total støvkonsentrasjon var under disse prøvene ikke større enn under andre prøver (1 og 2), da impaktoren syntes å fungere tilfredsstillende til å avsette partikler på de trinn de hørte hjemme.

Under prøvene 6,10,13,14,15 og 18 sto vindretningen innen sektoren fra nord via øst til sørøst, og det var lite eller ingen nedbør. Dette kan tyde på at opphavet til de store partikler i disse prøvene med diameter opp mot og større enn 50 μm , stort sett var trafikken/anleggsvirksomheten på Ny Nygårds-broen. Disse store partiklene er rent mineralske, og det anvendte filtermaterialet (glassfiberfilter type Gelman A) synes ikke å være godt egnet til å holde tilbake den typen partikler. Partiklene fester ikke på materialet, men vandrer forbi trinnene og havner i stor grad på bunnfiltret.

I prøve 11 ble det også funnet store mengder partikler av størrelse 50 μm og større. Impaktoren syntes da å fungere tilfredsstillende. Vindretningen var fra vest og nordvest, altså fra Bergen sentrum, og det var noe nedbør. De store partiklene i denne prøven var imidlertid i større grad agglomererte partikler av både mineralske og organiske bestanddeler. Glassfiberfiltret hadde tydeligvis større evne til å holde på disse partiklene enn på de rent mineralske partiklene.

5 REFERANSER

- (1) British Standards Institution
Methods for the measurement of air pollution. Part 2. Determination of concentration of suspended matter. London 1969.
(British Standard 1747: Part 2: 1969.)
- (2) Organisation for Economic Co-operation and Development
Methods of measuring air pollution. Paris, OECD, 1964, s.15-29.
- (3)
National primary and secondary ambient air quality standards. *Federal register*, 36, nr 84, part II, 8186-8201 (1971).
- (4) Lundgren, D.A.
Paulus, H.G.
The mass distribution of large atmospheric particles. *J. of APCA* 25, 1227-1231 (1975).
- (5) Wedding, J.B.
McFarland, A.R.
Cermak, J.E.
Large particle collection characteristics of ambient aerosol samplers, *Env. Sci. and Techn.*, 11, 387-390 (1977).
- (6) Hagen, L.O.
Overvåking av luftforurensningstilstanden i Norge. Resultater av målingene i kommunene i perioden april 1976 - mars 1978. Lillestrøm 1978. (NILU OR 45/78).
- (7) Larssen, S.
Luftforurensninger fra vegtrafikk. Målinger i Bergen kommune 1978. Lillestrøm 1979. (NILU OR 24/79).

