

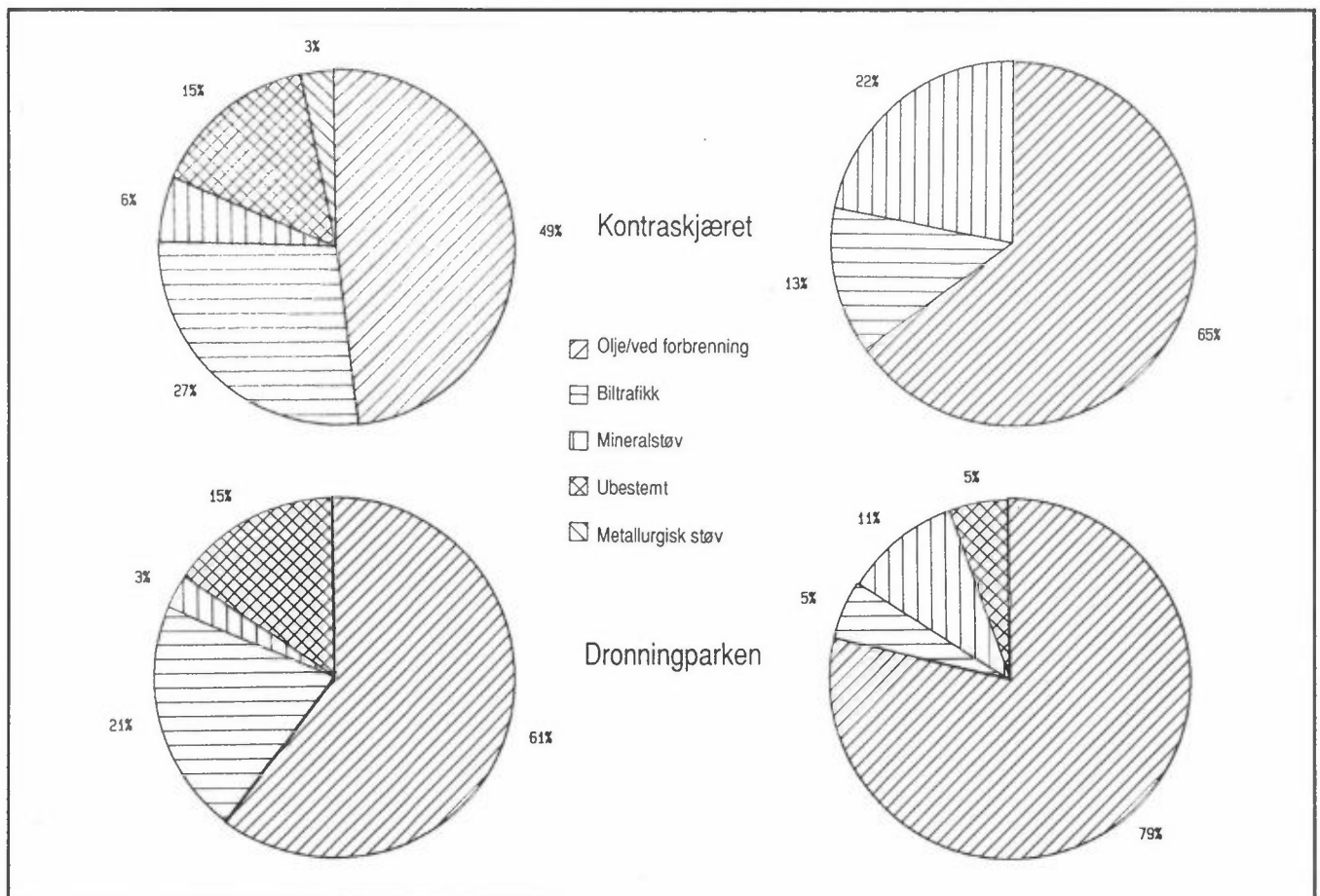


Rapport nr.: 363/89

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon: NILU

Beregninger av kildebidrag til svevestøvforurensninger i Oslo





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder
skog**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1, tlf. 22 57 34 00.

NILU OR : 63/90
REFERANSE: O-8545
DATO : OKTOBER 1990
ISBN : 82-425-0192-0

**BEREGNINGER AV KILDEBIDRAG TIL
SVEVESTØVFORURENSNINGER I OSLO**

J. Schaug og St. Larssen

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, 2001 LILLESTRØM
NORGE

SAMMENDRAG

Det er foretatt hovedkomponent analyser og estimeringer av kildebidrag ved hjelp av hovedkomponent analyse, beregninger av absolutte Vari-max-roterte faktorscores (skåringstabell for faktorene) og regresjonsanalyser. De kvantitative beregningene ble gjort på et datasett satt sammen av data fra tre målesteder i Oslo; Kontraskjæret, Dronningparken og Ullevål. Det er gjort kvantitative beregninger for en vinterperiode desember-februar og en vårperiode mars-mai. I resten av måleperioden var konsentrasjonene av mange elementer ofte under deteksjonsgrensen for analysemetoden. Målestedet i Rådhusgata var bare med i beregninger brukt til kildeidentifisering.

Aerosolpøvene på de fire målestedene ble samlet inn mellom september 1986 og august 1987. Prøvene er tatt med to-fraksjon prøvetakere med skille mellom fraksjonene på 2,5 μm og med maksimal partikkelstørrelse, "cut-off" på 10,0 μm . Det er samlet prøver omlag hver sjette dag hvert målested og prøvetakingstiden var et døgn. Den kjemiske element-sammensetningen ble bestemt med PIXE.

Hovedkomponent analysene brukt til kildeidentifikasjon ble utført på datamaterialet fra hvert målested. Det ble i disse beregningene ikke gjort forskjell på årstider for å få et tilstrekkelig stort datamateriale, men finfraksjonene og grovfraksjonene ble analysert separat. Samtlige faktorloadings (faktorinnhold, -last) ble Varimax-roterte for lettere å kunne brukes i kildeidentifiseringen.

Antall kjemiske elementer som kunne tas med i analysen av finfraksjonen varierte fra 12 til 16 og antall prøver fra 30 til 51. Fire kilder bidro til det vesentligste av variasjonen i datamaterialet; olje- og vedforbrenning, biltrafikk, mineralstøv og en kilde som trolig var metallurgisk industri. Kvantifiseringen av disse kildenes bidrag viste at olje/ved-forbrenning bidro med omkring 55 prosent av støvet i finfraksjonen om vinteren og med 41 til 77 prosent i vårperioden. Mengden støv fra denne kilden var lavere om våren enn om vinteren. De to andre viktige kildene var biltrafikken og vanlig mineral- eller jordstøv. Biltrafikken bidro mer om vinteren enn om våren og mineralstøvet mer om våren enn om vinteren. Relativt bidrag

av biltrafikken var om vinteren omlag 25 prosent og fra 6 til 12 prosent om våren. Det relative bidrag fra mineralstøv var 3 til 4 prosent om vinteren og 8 til 23 prosent om våren.

Tilsvarende hovedkomponent analyser av partikler med aerodynamisk diameter mellom 2,5 og 10,0 μm , viste tre til fire kildegrupper som bidro til støvmengden. Den betydeligste av disse var veistøv. Det var også en annen betydelig antropogen kildegruppe som på enkelte målesteder ble oppløst i to kilder, en som var skyldtes til biltrafikk og en annen antropogen som trolig også var bilrelatert. I en del av data-materialet fra Oslo sentrum kunne klorid inkluderes og dette bekref-tet at sjøsalter også gir et lite bidrag til grovfraksjonen. De kvan-titative beregningene ble utført med samme metode som for finfrak-sjonen, og de tre kildene som ble tatt med i beregningene var vei-støv, biltrafikk og den andre bilrelaterte antropogene kilden. Midlere støvkonsentrasjon i vårperioden var større enn i vinterperioden. Midlere bidrag fra veistøv økte fra vinter til vår. Mineralstøvets andel av støvmengden varierte fra målested til målested fra 32 til 62 prosent om våren.

Tilsammen bidro de to bilrelaterte kildene omtrent like mye vinter og vår. I vinterperioden var det samlede bidrag omlag 39 prosent og om våren 26 til 34 prosent av den totale grovfraksjonen.

INNHOLD

	Side
SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING	5
2 MÅLESTEDER	5
3 PRØVETAKING AV SVEVESTØV	6
4 ANALYSER AV ELEMENTSAMMENSETNING I SVEVESTØVET	6
5 EMISJONSDATA	6
6 BEREGNINGSMETODIKK	8
7 RESULTATER	10
7.1 Middelerverdier av elementkonsentrasjonene	10
7.2 Hovedkomponent-analyser	12
7.2.1 Finfraksjon	12
7.2.2 Grovfraksjon	16
7.3 Kvantitative beregninger	18
8 KONKLUSJONER	25
9 REFERANSER	26
VEDLEGG 1: Middelerverdier av kjemiske elementer i fin- og grovfraksjonen	29
VEDLEGG 2: Faktorloadings (faktorinnhold) for fin- og grovfraksjonen	39

BEREGNINGER AV KILDEBIDRAG TIL SVEVESTØVFORURENSNINGER I OSLO

1 INNLEDNING

I forbindelse med prosjektet "Metodeutvikling for undersøkelser i byer og tettsteder", som utføres på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT), ble det opprettet flere målestasjoner for registrering av meteorologiske og luftkjemiske parametre i Oslo. Målet med denne delen av metodeundersøkelsen var å identifisere kilder og kildegrupper som bidrar til støv i luften, og å kvantifisere disse kildenes bidrag.

2 MÅLESTEDER

Aerosolmålingene som er brukt i denne rapporten ble foretatt på 4 steder i Oslo:

- Rådhusgata var et målested i en sterkt trafikkert gate, på fortauet mellom Kirkegata og Kongensgate.
- Kontraskjøret er et gressbelagt område hvor Rådhusgata løper ut på Rådhusplassen. Målestedet var lokalisert omtrent 80 m fra Rådhusgata.
- Dronningparken er et inngjerdet parkområde ved Slottet. Måleren sto på gress omtrent 100 m fra nærmeste vei, Drammensveien.
- Ullevål var et målested i nordenden av Ullevål Sykehus område omtrent 10 m fra Jøtulveien. Måleren sto på et underlag av tynt gress, skifer og småstein. Det er lite biltrafikk ved måleren.

3 PRØVETAKING AV SVEVESTØV

Støvprøvene ble tatt med "Sien dichotomous virtual impactor samplers", som skiller prøven i to partikkelstørrelsesfraksjoner, med diameter $< 2 \mu\text{m}$ (finfraksjon) og 2-10 μm (grovfraksjon). Tilsammen utgjør disse fraksjonene "inhalerbart støv" (diameter $< 10 \mu\text{m}$). Det ble tatt 24-timers-prøver med prøvestart kl 0900. Det ble tatt prøver hver sjette dag i måleperioden, fra september 1986 til og med august 1987.

Resultater fra enkelte prøver gikk tapt på grunn av manglende datering og av tekniske årsaker. Fra målestedet på Kontraskjæret mangler alle resultatene fra juni, juli og august 1987.

4 ANALYSER AV ELEMENTSAMMENSETNINGEN I SVEVESTØVET

Konsentrasjonene av ialt 27 forskjellige elementer ble bestemt med PIXE (Particle Induced X-ray Emission). Alle analyser ble utført av Kåre Kemp ved Niels Bohr instituttet, Københavns Universitet.

5 EMISJONSDATA

Kildeprofiler (elementsammensetning relativt til samlet partikkelmasse) er nødvendige for å gjøre bruk av den kjemiske massebalansemodellen til kvantitative beregninger av kilders bidrag til resipienten. I forbindelse med støvmålingene i Oslo ble det utført spesielle målinger på Store Ringvei ved Ullevål Stadion for å bestemme profilene til utslipp fra biler (eksos) og fra veistøv (Larssen 1987; Larssen og Bartonova, 1989). Det ble skilt mellom finfraksjonen og grovfraksjonen som tidligere beskrevet. Resultatene av profilbestemmelsene er gjengitt i tabell 1. "Eksos"-profilene representerer sammensetningen av bensin- og dieseldrevne tunge kjøretøy på Store Ringvei: ca 83% bensindrevne personbiler, ca 2% dieseldrevne personbiler, ca 7% varebiler og ca 8% tunge dieseldrevne kjøretøy.

Profiler for andre kildegrupper kan hentes fra litteraturen. Spesielt kan nevnes biblioteket over kildeprofiler som United States Environmental Protection Agency har laget (1984).

Tabell 1: Kildeprofiler for bileksos-partikler* og veistøv.
Enhet: % av samlet partikkelmasse. (Larssen og Bartonova, 1989).

Element	Eksos		Veistøv	
	$d < 2,5 \mu\text{m}$	$2,5 \leq d \leq 10,0 \mu\text{m}$	$d < 2,5 \mu\text{m}$	$2,5 \leq d \leq 10,0 \mu\text{m}$
Al	0,0	0,0	2,83	4,5
Si	0,0	0,0	10,8	13,9
S	0,0	1,1	0,0	0,05
Cl	0,52	0,46	0,10	0,24
K	0,44	0,0	1,14	1,15
Ca	0,55	0,0	2,5	3,4
Ti	0,055	0,0	0,6	0,6
V	0,0	0,0	0,0	0,0
Cr	0,0042	0,015	0,0	0,0
Mn	0,20	0,14	0,015	0,09
Fe	2,3	6,1	3,2	5,0
Ni	0,014	0,003	0,0	0,0
Cu	0,32	0,45	0,0	0,0
Zn	3,36	0,68	0,0	0,0
Br	0,69	0,10	0,039	0,005
Rb	0,0	0,0	0,0	0,004
Sr	0,0	0,017	0,02	0,02
Zr	0,0	0,0	0,02	0,015
Nb	0,0	0,0	0,0033	0,003
Mo	0,0021	0,0029	0,0	0,0
Sb	0,0	0,016	0,0	0,0
Ba	0,0	0,10	0,044	0,032
Pb	3,88	0,57	0,0	0,0

* Kjøretøysammensetning på Store Ringvei, Oslo v/Ullevål Stadion (se side 6).

Det ble i forbindelse med denne rapporten gjort beregninger med den kjemiske massebalansemodellen. Disse beregningene ble basert på litteraturverdier for oljeforbrenning og resultatene var ikke tilfredsstillende. Det er mulig å beregne kildeprofiler ut fra kombinasjoner av hovedkomponent-analyser og regresjonsberegninger. Slike analyser er imidlertid ennå ikke gjort i forbindelse med denne rapporten, og estimerer for kildenes kvantitative betydning ble ikke basert på massebalansemetoden.

6 BEREGNINGSMETODIKK

Hovedkomponent-analyser som ble utført i dette arbeidet ble basert på data på standardisert form. Om X_{it} er konsentrasjonen av det kjemiske elementet i ved tiden t , \bar{X}_i er aritmetisk middelværdi av element i og σ_i det tilhørende standardavvik, er den standardiserte konsentrasjonen Z_{it} definert slik:

$$Z_{it} = \frac{X_{it} - \bar{X}_i}{\sigma_i}$$

Z_i har middelværdi 0 og varians 1.

Hovedkomponent analyser er beskrevet av mange forfattere, se f.eks. Harman (1964) eller Malinowski og Howard (1980). Metodene er også omtalt av Schaug (1983). Matrisen som består av de standardiserte data kan oppsplittes i produktet av to matriser A og P.

$$Z = A \cdot P$$

Hovedkomponentene i en slik analyse søkes tolket som kilder eller kildegrupper.

A kalles på engelsk for "factorloading" og kan tolkes som korrelasjonen mellom kildepåvirkning og kjemisk element. Elementene i matrise A har verdier mellom +1 og -1. P er her kildens betydning eller "factorscore" ved hvert tidspunkt. A er altså uavhengig av tiden og P er uavhengig av de kjemiske elementer.

Det er ønskelig å ha mange datasett for å minske virkningen av tilfeldige feil og for å få frem samvariasjonen mellom elementene fra kilder av betydning. For å få et tilstrekkelig antall prøver er sommer- og vinterperioden slått sammen. Fordi metoden gjør bruk av variasjonen i datamaterialet, kunne ikke resultater som var mindre enn deteksjonsgrensen for PIXE-analysen brukes. For et lite antall prøver er likevel vanadium eller nikkelkonsentrasjonene estimert.

For å gi en god karakterisering av en kilde vil en gjerne ha med mange kjemiske elementer. De prøvene som ble tatt med i analysen ble derved

et kompromiss mellom ønsket om mange kjemiske elementer og mange prøver. I hovedkomponent analysen av finfraksjonen ble 12 elementer valgt, og antall prøver for hvert målested varierte mellom 30 og 35. Ved målestedet i Rådhusgata var støvkonsentrasjonen høyere enn på de andre tre stedene, og hele 16 elementer og 51 prøver kunne brukes. I grovfraksjonen ble 12 til 15 kjemiske elementer brukt og antall prøver 35-69. I Rådhusgata var støvnivået også i grovfraksjonen så høyt at en analyse med hele 19 elementer kunne kjøres med 51 prøver.

For å lette tolkningen av loadings fra en hovedkomponent analyse er det vanlig å foreta en ortogonal rotasjon av loadings. En tenker seg hver hovedkomponent representert ved en akse i et n-dimensjonalt ortogonalt aksesystem for n hovedkomponenter med loadings for elementer avsatt langs aksene. Ved rotasjonen av aksene søker en å få loadings for hvert element til å nærme seg +1, eventuelt -1 eller 0 svarende til maksimal korrelasjon mellom element og kilde eller ingen korrelasjon. Den vanligste ortogonale rotasjonen er Varimax-rotasjonen (Harman, 1964).

En annen type rotasjon som er brukt i denne undersøkelsen kan kalles målrettet rotasjon ("target transformation" på engelsk) (Malinowski & Howard, 1980). Hensikten med en slik rotasjon er å få loadings for en hovedkomponent til å bli mest mulig lik en kildeprofil. Metoden brukes til å identifisere kilder idet loadings for en hovedkomponent transformeres eller roteres med en bestemt kildeprofil som mål. Denne rotasjonen er ikke ortogonal og vil blande flere hovedkomponenter til en ny komponent som er tilpasset kildeprofilen. Ved en god hovedkomponent analyse vil resultatet av en slik transformasjon i stor grad være basert på en hovedkomponent med små innblandinger av andre. Slike beregninger er basert på hovedkomponent analyser av skalerte data, dvs. data som er dividert med standardavvik, og ikke standardiserte data.

De kvantitative beregninger i denne rapporten ble utført med hovedkomponent analyse og påfølgende regresjonsanalyse. Metoden som er beskrevet av Thurston og Spengler (1985) har seks trinn:

- hovedkomponent analyse av standardiserte data
- Varimax-rotasjon av loadings (Henry, 1977)
- beregning av roterte scores
- beregning av absolutte roterte scores
- regresjon av målt støvmengde i hver prøve med roterte absolutte scores
- beregning av kildebidrag (produktet av regresjonskoeffisienter og absolutte roterte scores).

Ved hjelp av en Varimax-rotasjon søker en å få loadings som ligger nær kildeprofiler. De tilhørende scores som ifølge det ovenstående uttrykker hver kildes betydning for hver enkelt prøve, roteres tilsvarende. Disse scores, er som datamaterialet, standardiserte. For å bestemme nullpunktet for scores beregnes og roteres også scores for et datasett hvor konsentrasjonene av alle elementer er 0. Differansen mellom standardiserte scores og scores for nullpunktet betegnes absolutte scores. De absolutte scores er proporsjonale med kildebidragene og vil multiplisert med en faktor som bestemmes ved regresjon, gi de enkelte kilders bidrag til hver enkelt prøve.

7 RESULTATER

7.1 MIDDELVERDIER AV ELEMENTKONSENTRASJONER

Enkelte elementer var vesentlig knyttet til store partikler og hadde høyeste middelveidier i grovfraksjonen. Slike elementer er Al, Si, Ca, Ti, Fe, Sr, Zr og Ba fra mineralstøv og Cl fra sjøsalt. I finfraksjonen finnes mest S, Ni og V fra forbrente oljeprodukter, og Pb og Br fra drivstoff. I finfraksjonen finner en også mye Zn. Flere elementer er fordelt mellom de to fraksjonene i omlag like konsentrasjoner, f.eks. K, Cu og Mn.

Det er beregnet middelveidier for fire 3-måneders perioder: desember-februar, mars-mai, juni-august og september-november. Tabellene 2 og 3 viser middelveidene fra Dronningparken. Nederste linje viser antall målinger i perioden. Når antall målinger høyere enn deteksjonsgrensen i perioden er mindre enn 50%, er resultatet ikke oppført i tabellene.

Middelverdier som er beregnet av 50-75% av antall prøver i perioden, er merket med asterisk.

I vinterperioden desember-februar var målefrekvensen høyere enn hver sjette dag, med 20-25 prøver, og lavere enn hver 6. dag i høstperioden september-november.

En oversikt over middelverdier fra alle målestedene er laget i vedlegg 1.

Tabell 2: Middelverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

DRONNINGPARKEN FINFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	44	30	--	26
Si	72	92	--	74
P	--	--	--	12
S	1 786	1,437	595	813
Cl	97	51	--	143
K	164	70	31	81
Ca	62	61	31	74
Ti	3,1	5,7	3,7	3,3
Cr	2,3	--	2,2	1,1
Mn	23,8	16,8	5,3	14,4
Fe	292,0	204,5	98,9	221,8
Ni	3,8	2,9	1,8	1,6
Cu	7,0	4,6	2,5	6,3
Zn	385,6	168,0	189,3	402,3
Se	--	--	--	--
Br	36,2	10,3	7,3	27,0
Rb	--	--	--	--
Sr	0,4	0,3	--	0,4
Zr	--	--	--	--
Nb	--	--	--	--
Mo	0,6	--	--	--
Cd	--	--	--	--
Sn	2,6	--	--	--
Sb	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--
Pb	257,3	95,8	78,2	202,9
Støv	30,5	18,5	13,8	15,9

Tabell 3: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

DRONNINGPARKEN GROVFRAKSJONEN

	des-feb	mars-mai	jun-aug	sep-nov
Al	254	430	--	230
Si	871	1 791	--	887
P	--	--	--	6
S	113	109	--	81
Cl	138	193	--	231
K	87	175	28	95
Ca	410	583	34	426
Ti	32,3	67,5	2,2	32,3
Cr	2,4	1,3	--	2,0
Mn	19,7	17,5	--	11,7
Fe	644,3	778,1	51,8	599,4
Ni	1,2	--	--	--
Cu	9,3	5,5	--	9,7
Zn	94,7	46,0	8,2	107,1
Se	--	--	--	--
Br	9,7	3,9	--	8,4
Rb	--	--	--	--
Sr	2,0	3,1	--	2,0
Zr	1,1	1,9	--	0,9
Nb	--	--	--	--
Mo	--	--	--	0,4
Cd	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--
Sb	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--
Pb	56,0	22,0	2,0	44,3
Støv	10,0	18,8	4,6	9,8
Nobs	21	16	17	10

7.2 HOVEDKOMPONENT-ANALYSER

Alle resultatene i denne rapporten er basert på analyser av standardiserte datasett, og loadings (korrelasjonene mellom faktorer og kjemiske elementer) er Varimax-rotert. Det var ikke tilstrekkelig data til å analysere de forskjellige årstidene separat, og hovedkomponent analysen ble gjort på datamaterialet for hele året.

7.2.1 Finfraksjon

Resultatene fra hovedkomponent analysene av finfraksjonen er gjengitt i vedlegg 2. Resultatene fra Dronningparken er illustrerende for resultater og presentert i tabell 4. Fire kildegrupper forklarer 84-95% av variasjonen i datamaterialet.

Tabell 4: Varimax-rotert loadings for finfraksjon av støvet fra Dronningparken. Antall kjemiske elementer er 12 og antall prøver 33.

Kjemiske elementer	Faktorer			
Si	-	-	-	0,95
S	-	0,96	-	-
K	-	0,81	-	-
Ca	0,76	-	-	-
V	-	0,92	-	-
Mn	0,90	-	-	-
Fe	0,93	-	-	-
Ni	-	0,85	-	-
Cu	0,88	-	-	-
Zn	0,92	-	-	-
Br	(0,40)	-	0,86	-
Pb	0,77	-	0,60	-
Forklart varians (%)	40,7	28,8	12,7	10,1
Kumulativ varians (%)	40,7	69,5	82,2	92,2

Den kilden som forklarer mest av variasjonen i finfraksjonen på målestedet i Dronningparken inneholder mangan, jern, kobber, sink, bly og kalsium. Denne metallkilden finner en på alle målesteder som en av fire viktige. Elementer som hører til gruppen varierer noe fra målested til målested, men mangan, kobber og sink er alltid medlemmer i gruppen. Tabell 5 viser loadings for denne kilden på de fire målesteder. I den kvantitative analysen senere viser det seg at denne kildens absolutte bidrag var svært lite.

Tabell 5: Varimax-rotert loadings for metallkilder på Dronningparken, Kontraskjæret, Rådhusgata og Ullevål.

Element	Målested			
	Dronningparken	Kontraskjæret	Rådhusgata	Ullevål
Mn	0,90	-0,95	0,81	-0,92
Fe	0,93	-0,80	-	-0,81
Cu	0,88	-0,75	0,59	-0,84
Zn	0,92	-0,85	0,87	-0,90
Pb	0,77	-	-	-0,67
Ca	0,76	-	-	(-0,45)
Br	(0,40)	-	-	-0,51
Ni	-	-	-	-0,52

De to mest sannsynlige kildetyperne er søppelforbrenning og metallurgisk aktivitet. For å avgjøre hvilken av disse kildene som passer best er det utført målrettede transformasjoner ("target transformations"). Ved slike beregninger vil en bruke et skalert datasett og beregne et nytt sett loadings. Her er det brukt et datasett sammensatt av flest mulig prøver fra Dronningparken, Ullevål og Kontraskjæret, ialt 99 prøver kunne tas med. Videre må en kjenne kildesammensetningen til de to kildene som skal undersøkes. Kildesammensetningen til søppelforbrenning er hentet fra US EPAs kildebibliotek, og som metallurgisk kilde ble sammensetningen av støvet fra Spikerverkets posefilter i Nydalen brukt. Loadings ble så prøvet tilpasset hver av kildesammensetningene ved hjelp av målrettede transformasjoner. En må i utgangspunktet anta at de to kildesammensetningene som prøves bare tilnærmet kan passe, idet såvel søppelsammensetning som forbrenningsteknologi kan være forskjellig, og fint støv som eventuelt unnslipper posefiltrene i Nydalen behøver heller ikke ha samme sammensetning som de større partiklene som fanges opp.

Tabell 6 viser kildeprofil og resultat av transformasjonen for en søppelkilde og tabell 7 den tilsvarende kildesammensetning og resultat for Spikerverket.

Tabell 6: Kildesammensetning for forbrenning av søppel og resultat av en målrettet rotasjon.

Element	Kildeprofil	Beregnet profil	Kildeprofil/ Beregnet profil
Al	0,819	0,750	1,1
Si	1,442	0,174	8,3
S	1,905	28,4	0,067
K	6,464	3,72	1,7
Ca	0,223	1,25	0,18
V	-	0,007	-
Mn	0,018	0,162	0,11
Fe	0,279	3,22	0,087
Ni	0,032	0,017	1,88
Cu	0,148	0,163	0,91
Zn	11,503	5,69	2,0
Br	0,563	1,29	0,44
Pb	8,116	6,24	1,3

Tabell 7: Kildesammensetning fra posefilter Spikerverket og resultater fra målrettet rotasjon.

Element	Kildeprofil	Beregnet profil	Kildeprofil/ beregnet profil
Al	0,29	1,61	0,18
Si	1,17	7,00	0,17
S	0,54	26,8	0,020
K	1,10	3,03	0,36
Ca	11,8	5,78	2,04
V	-	-0,005	-
Mn	2,33	2,25	1,0
Fe	22,4	23,8	0,94
Ni	0,02	0,0022	9,1
Cu	0,32	0,37	0,86
Zn	19,9	31,3	0,64
Br	-	-0,68	-
Pb	3,76	3,66	1,0

De fire mest karakteristiske elementene i hovedkomponentene mangan, jern, kobber og sink er rimelig godt tilpasset med Spikerverket som antatt kilde. Svovel, silisium, aluminium og nikkell som er viktige elementer i andre kilder er dårlig tilpasset, men de øvrige 7 elementene er akseptable. Konklusjonen blir derfor at aktiviteten ved Spikerverket er den mest sannsynlige kilden til denne hovedkomponenten.

De øvrige hovedkomponentene i finfraksjonen er lettere identifiserbare. Den andre hovedkomponenten funnet i datamaterialet fra Dronningparken inneholder svovel, kalium, vanadium og nikkell. Vanadium, nikkell og svovel skyldes forbrenning av oljeprodukter, mens kalium nok skyldes vedfyring. Dette er derfor en hovedkomponent bestående av disse to kildegrupper. Identiske resultater fås på Ullevål og Kontra-skjæret. I resultatet fra Rådhusgata har en med flere kjemiske elementer i analysen, og hovedkomponenten er derfor bedre oppløst med svovel, vanadium og nikkell som eneste elementer. Ved forbrenning av oljeprodukter vil svovel primært forekomme som svoveldioksid som etter hvert oksiderer til partikulær svovelsyre. Kildeområder til denne komponenten kan derfor være såvel europeiske som regionale og lokale.

Det finnes en hovedkomponent med brom og bly som elementer som skyldes biltrafikk med blyholdig drivstoff som kilde. Det finnes også en fjerde signifikant hovedkomponent i finfraksjonen som i Dronningparken bare inneholder silisium. På målestedene på Ullevål og på Kontra-skjæret inneholder denne hovedkomponenten også kalsium og jern. I Rådhusgata, med flere elementer i analysen, også kalium og titan. Dette støvet er vindblåst jord eller mineralstøv. I Rådhusgata finnes også en signifikant hovedkomponent som bare inneholder krom. Dette skyldes sannsynligvis feil i enkelte analyser og reflekterer neppe en egen kilde.

Ser en på andelen av variasjonen i datamaterialet de forskjellige kilder forklarer, vil dette ikke være uavhengig av hvilke kjemiske elementer og antall elementer som er med i analysen. Forklart varians er derfor ikke et kvalitativt mål for kildestyrken. I den kjemiske analysen er heller ikke mengde uorganisk og/eller organisk karbon bestemt. I et typisk analyseresultat f.eks. for Rådhusgata utgjør de elementene som er bestemt 12% av den totale støvmassen på filteret. I Rådhusgata forklarer jordstøvet omlag 36%, biltrafikk 15%, den metallbearbeidende industrien 14%, oljeforbrenning 13% og krom alene omlag 7% av variansen, tilsammen 91%.

Ved de øvrige målestedene forklarer den metallbearbeidende industrien omlag 30-40%, olje- og vedfyring 25-30%, biltrafikk 15-20% og jordstøv 10-20% av variansen.

7.2.2 Grovfraksjon

Resultater fra hovedkomponent analysene av grovfraksjonen er gjengitt i vedlegg 2. Resultatene fra Rådhusgata med 19 elementer er vel egnet til å illustrere resultater og er gjengitt i tabell 8.

Tabell 8: Loadings for målestedet i Rådhusgata.
 Partikkelfraksjon $2,5 \leq d \leq 10 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 19.
 Antall prøver: 51.

Kjemisk element	Faktor		
	1	2	3
Al	0,97	-	-
Si	0,99	-	-
S	0,74	-	-
Cl	-	-	0,93
K	0,99	-	-
Ca	0,97	-	-
Ti	0,96	-	-
Cr	0,74	-	-
Mn	0,96	-	-
Fe	0,95	-	-
Cu	-	-0,90	-
Zn	(0,41)	-0,74	-
Br	-	-0,90	-
Sr	0,97	-	-
Zr	0,95	-	-
Mo	-	-0,90	-
Sb	-	-0,92	-
Ba	0,64	-0,61	-
Pb	-	-0,93	-
Forklart varians (%)	55,0	28,3	9,7
Kumulativ varians (%)	55,0	83,3	93,0

Det er tre signifikante hovedkomponenter her. Den viktigste kilden (faktor 1) som forklarer 55% av variasjonen i datamaterialet, er sannsynligvis oppvirket veistøv og ligner på kildeprofilen for veistøv i tabell 1. På alle målesteder er veistøv den viktigste kilden til grovfraksjon.

Den andre hovedkomponenten i tabell 8 skyldes trolig støv fra bileksos og slitasjepartikler fra kjøretøy. Her finnes f.eks. bly og brom fra blyholdig drivstoff og molybden fra forbrent smøreolje (se tabell 1). Denne hovedkomponenten kommer alltid som den nest viktigste på alle målestedene.

I Rådhusgata er også klorid tatt med i analysen i motsetning til datamaterialet fra de andre målestedene hvor konsentrasjonene for ofte er

under deteksjonsgrensen. Klorid kommer ut som en egen hovedkomponent i Rådhusgata med sjøsalt som kilde. Natrium som følger klorid kan ikke bestemmes med PIXE og er heller ikke bestemt på annen måte i dette arbeidet.

De to første hovedkomponentene, veistøv og bilkilden forklarer henholdsvis 50-65% og 19-32% av variansen. Tilsammen forklarer disse to kildene 82-89% av variansen i grovfraksjonen.

På enkelte av målestedene finnes flere faktorer. I Dronningparken finnes i tillegg til de to viktigste også en annen biltrafikk-komponent og det samme ser en i Rådhusgata når en analyserer med flere prøver og færre elementer. Det er vanskelig å forklare denne oppsplittingen av variasjon av Pb, Br og Cn på to hovedkomponenter. På Kontraskjæret hvor også svovel er tatt med, kommer dette elementet som en egen hovedkomponent som kan skyldes deponerte sulfater av antropogen opprinnelse.

7.3 KVANTITATIVE BEREGNINGER

De kvantitative beregningene ble gjort for målestedene på Ullevål, Dronningparken og Kontraskjæret. Prøvene for alle målestedene måtte slås sammen i en hovedkomponent-analyse for å få tilstrekkelig antall prøver. De tre målestedene over er alle plassert et stykke fra veier eller ved vei med lav trafikk tetthet (Ullevål). Disse målestedene er som vist i den kvalitative delen påvirket av de samme kildene, og de har alle en kombinert oljeforbrenning/vedfyring-komponent. Målestedet i Rådhusgata som er plassert på fortauet i den sterkt trafikkerte gaten, er ikke tatt med i disse beregningene. Ideelt sett burde beregningen vært gjort på hvert målested separat for ikke å blande eventuelle geografiske forskjeller med tidsvariasjoner i datamaterialet.

Prøver fra alle fire årstidene ble tatt med i hovedkomponent analysen for å få tilstrekkelig data. Bare prøver med konsentrasjoner av aktuelle elementer høyere enn deteksjonsgrensen kunne tas med, ialt 114 datasett for finfraksjonen og 144 datasett for grovfraksjonen.

Resultatene må tolkes med forsiktighet pga. et lite antall prøver, fordi data fra forskjellige målesteder er slått sammen i analysen og fordi resultater fra prøver med små støvmengder ikke kommer med i disse beregningene.

Tabell 9 viser resultatet av hovedkomponent analysen for finfraksjonen, med 12 kjemiske elementer. De fire faktorene biltrafikk, oljeforbrenning/vedfyring, metallurgisk kilde og mineralstøv ble tatt med i de kvantitative beregningene. Resultatene av disse beregningene er gitt som middelerverdier over henholdsvis vinterperioden og vårperioden. Tabellene 10 og 11 viser resultatene for finfraksjonen. Regresjonen gir en uforklart støvmengde, $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, til alle målestedene. Summeres kildebidragene finnes en uforklart støvmengde som varierer mellom 0 og $7 \mu\text{g}$ støv pr. m^3 . Figur 1 viser den prosentvise fordelingen av kildene.

Tabell 9: Hovedkomponent analyse av finfraksjonen for et datasett sammensatt av prøver fra Kontraskjøret, Dronningparken og Ullevål. 114 prøver. Roterte loadings.

Kjemisk element	Faktor			
	1	2	3	4
Si	-	-	-	0,97
S	-	0,95	-	-
K	(-0,40)	0,77	-	-
Ca	-	-	-	0,82
V	-	0,91	-	-
Mn	-	-	0,92	-
Fe	-	-	0,87	-
Ni	-	0,84	-	-
Cu	-	-	-	-
Zn	-	-	0,90	-
Br	-0,94	-	-	-
Pb	-0,77	-	0,58	-
Forklart varians %	55,0	17,4	12,8	7,8
Kumulativ forklart varians %	55,0	72,4	85,1	92,9

Tabell 10: Kildebidrag til finfraksjonen $d < 2,5 \mu\text{m}$ i vinterperioden desember 1986-februar 1987.

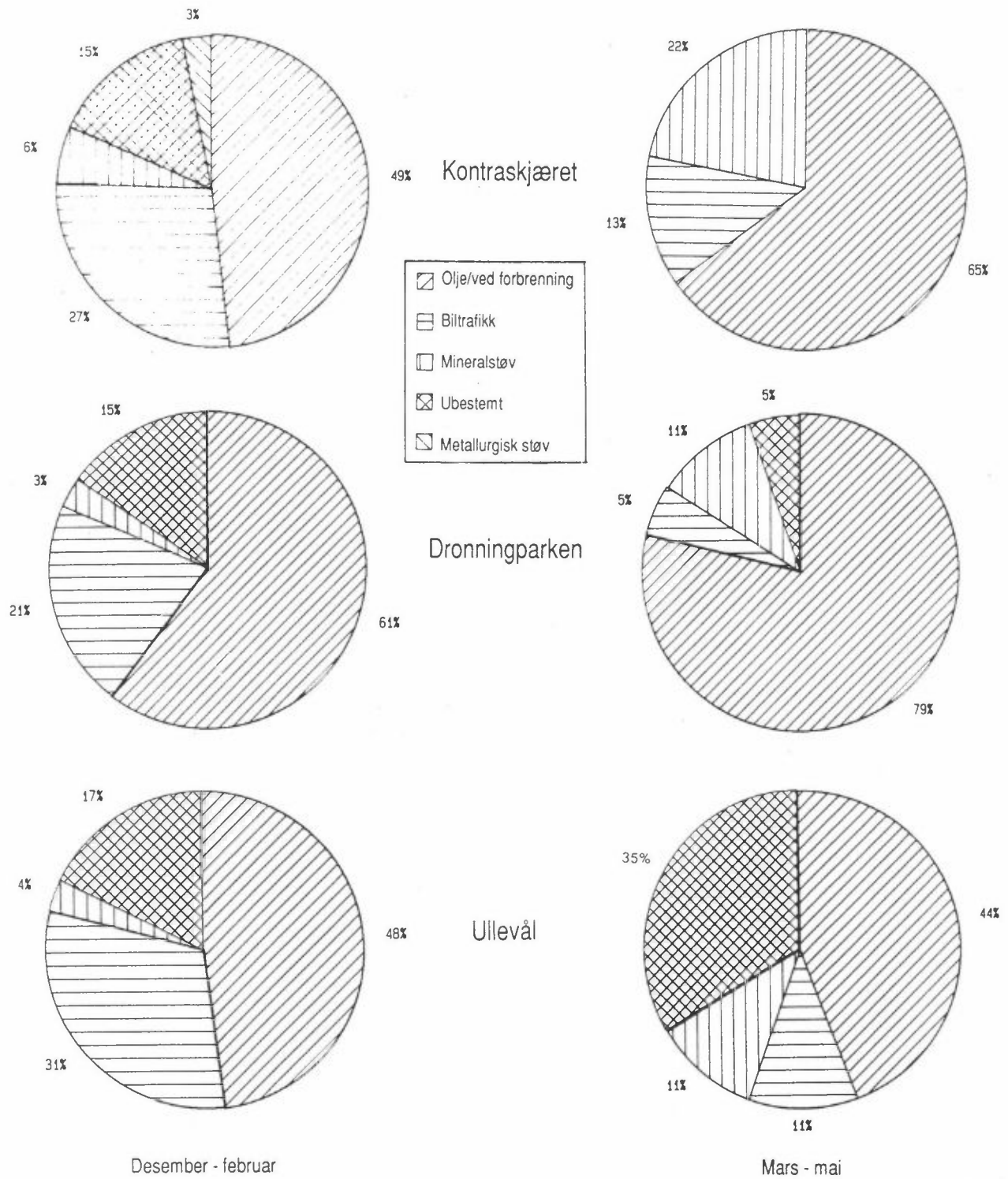
Målested	Kildebidrag $\mu\text{g}/\text{m}^3$				Beregnet støvmengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Målt støvmengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall prøver
	Olje/ved	Biltrafikk	Mineralstøv	Metallurgisk støv			
Kontraskjøret	16	9	2	1	28	33,1	19
Dronningparken	20	7	1	0	28	33,2	14
Ullevål	14	9	1	0	24	29,1	15

Tabell 11: Kildebidrag til finfraksjonen $d < 2,5 \mu\text{m}$ i vårperioden mars 1987-mai 1987.

Målested	Kildebidrag $\mu\text{g}/\text{m}^3$				Beregnet støvmengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Målt støvmengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall prøver
	Olje/ved	Biltrafikk	Mineralstøv	Metallurgisk støv			
Kontraskjøret	15	3	5	0	23	23,0	8
Dronningparken	15	1	2	0	18	18,8	11
Ullevål	8	2	2	0	12	18,4	10

Resultatene viser at de to viktigste kildene til støvet er olje/vedfyring (innenfor og utenfor Oslo) og biltrafikk. Mineralstøv eller jordstøv bidrar lite, og støv av metallurgisk opphav, sannsynligvis Spigerverket i Nydalen, bidrar ingenting til støvavsetningen. I vår månedene mars, april og mai er støvmengden i luften ved alle målesteder i middel mindre enn i vintermånedene. Bidragene fra olje/vedfyring og biltrafikk er også lavere om våren og biltrafikkbidraget har forholdsvis mindre betydning enn olje/vedfyring om våren sammenliknet med vinteren.

Den uforklarte mengden støv som er betegnet "andre kilder" er størst på målestedet Ullevål. Vårperioden er spesielt dårlig modellert her med 39% uforklart støv.



Figur 1: Relative kildebidrag til støvmengden (finfraksjonen).

Tabell 12 viser resultatene av hovedkomponent analysen som var grunnlaget for estimeringen av kildebidragene til grovfraksjonen. Det er tre signifikante kildegrupper og de to kildene som forklarer mest av variansen i datamaterialet er veistøv og biltrafikk. Den tredje kildegruppen som fremkommer her (sink, mangan) er vanskelig å tolke, men i lys av analysene for hvert målested er det mest sannsynlig at også denne kildegruppen er bilrelatert (tabellene 2F-2I).

Det ble gjort kvantitative beregninger som beskrevet før med de tre kildegruppene. Etter regresjonsberegningene ble kildebidragene splittet opp på hver av de tre målestedene Kontraskjøret, Dronningparken og Ullevål, og resultatene slått sammen til middelverdier for vinterperioden og vårperioden. De midlere estimerte kildebidrag for disse to periodene finnes i tabellene 13 og 14.

Støvmengdene i grovfraksjonen i vårperioden var i middel større enn i vinterperioden. For finfraksjonen var det motsatt. Som hovedkomponentanalysen antydte var veistøvet den vesentligste kilden til grovfraksjonen på alle målestedene. På alle målestedene var mengde veistøv om våren i middel det dobbelte av midlere mengde om vinteren. I vårperioden utgjør veistøv over 60 prosent av det totale støvnedfall på Kontraskjøret som vist i figur 2. Veistøv utgjorde 35 til 45 prosent av støvet alle målestedene om vinteren.

Biltrafikken bidro mer til grovstøvet på Kontraskjøret enn i Dronningparken og på Ullevål. I vårperioden var biltrafikken en ubetydelig kilde til grovfraksjonen alle steder, men trafikken bidro til grovfraksjonen om vinteren. Relativt sett forårsaket biltrafikken omtrent 25 prosent av grovstøvet på Kontraskjøret om vinteren og 10 til 15 prosent på de to andre målestedene.

Den antropogene kilden som er usikker, men trolig også bilrelatert, bidro som veistøvet mest om våren. Resultatene viste liten forskjell i mengde mellom målestedene om våren og det relative bidraget varierte mellom 25 og 35 prosent. Om vinteren hadde denne kilden mindre betydning for grovfraksjonen.

Under forutsetning at også den antropogene kilden med sink og mangan er bilrelatert, bidro biltrafikken omtrent like mye til grovfraksjonen vinter og vår.

Tabell 12: Hovedkomponent analyse av grovfraksjonen for et datasett sammensatt av prøver fra Kontraskjøret, Dronningparken og Ullevål. 144 prøver. Roterte loadings.

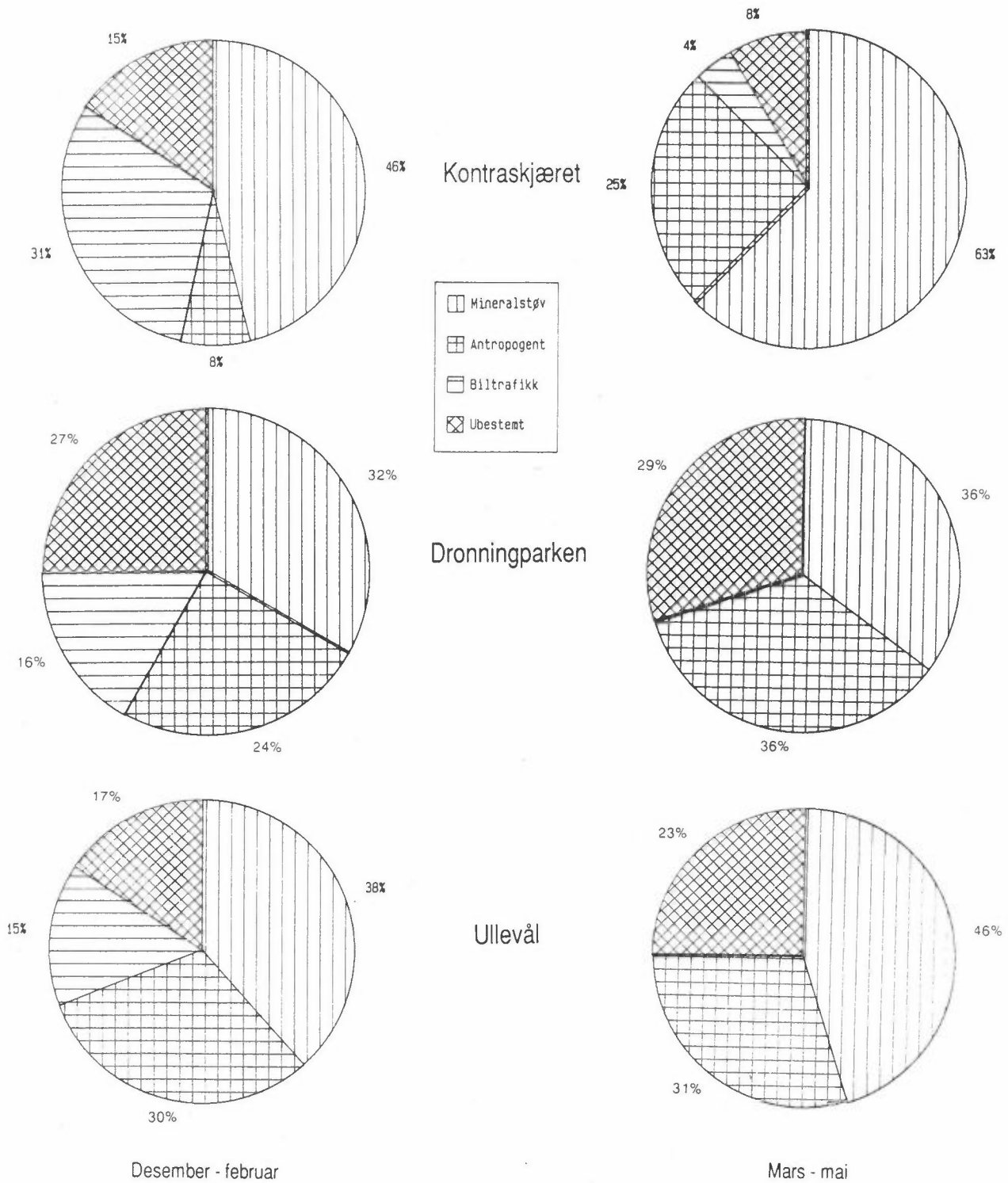
Kjemisk element	Faktor		
	1	2	3
Al	-0,97	-	-
Si	-0,99	-	-
K	-0,99	-	-
Ca	-0,93	-	-
Ti	-0,98	-	-
Mn	-0,71	-	-0,60
Fe	-0,88	-	-
Cu	-	-0,83	-
Zn	-	(-0,48)	-0,86
Br	-	-0,97	-
Sr	-0,98	-	-
Pb	-	-0,89	(-0,41)
Forklart varians %	59,1	24,6	12,1
Kumulativ forklart varians %	59,1	83,7	95,8

Tabell 13: Kildebidrag til grovfraksjonen $2,5 < d < 10 \mu$ vinterperioden desember 1986-februar 1987.

Målested	Kildebidrag $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Beregnet støv-mengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Målt støv-mengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall prøver
	Mineraler	Antropogent	Biltrafikk			
Kontraskjøret	6	1	4	11	13,0	18
Dronningparken	4	3	2	9	12,4	12
Ullevål	5	4	2	11	13,3	14

Tabell 14: Kildebidrag til grovfraksjonen $2,5 < d < 10 \mu\text{m}$, i vårperioden mars-mai 1987.

Målested	Kildebidrag $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Beregnet støv-mengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Målt støv-mengde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antall prøver
	Mineraler	Antropogent	Biltrafikk			
Kontraskjøret	15	6	1	22	24,0	17
Dronningparken	7	7	0	14	19,7	15
Ullevål	9	6	0	15	19,6	13



Figur 2: Relative kildebidrag til støvmengden (grovfraksjonen).

Den uforklarte mengden i regresjonen var $3,4 \mu\text{g støv}/\text{m}^3$. Den uforklarte støvmengden som fremkommer i vinter- og vårmidlene utgjorde 10 til 25 prosent.

8 KONKLUSJONER

En hovedkomponent analyse av støvfraksjonen med aerodynamisk diameter mindre enn $2,5 \mu\text{m}$ viste at fire faktorer forklarte det meste av tidsvariasjonen i datamaterialet. De fire faktorene var en kilde sannsynligvis forbundet med metallurgisk industri, forbrenning av oljeprodukter og ved i forbindelse med husoppvarming og elektrisitetsproduksjon, biltrafikk med forbrenning av blyholdig drivstoff og vanlig mineral og jordstøv. Kvantitative beregninger av kildenes betydning som ble utført med en kombinasjon av hovedkomponent analyse og regresjonsanalyse, viste at den kvantitative betydning av den metallurgiske kilden var minimal. Den betydeligste kilden til støvets finfraksjon var forbrenning av olje og ved. I rapporten er resultatene presentert som midler for en vinterperiode og for en vårperiode, og olje/vedkomponenten bidro omtrent 55 prosent til støvmengden om vinteren. Om våren var den midlere støvmengden i finfraksjonen lavere og også mengde støv fra olje- og vedforbrenning var lavere om våren. Relativt sett bidro denne komponenten da i middel fra 42 til 77 prosent av det fine støvet på målestedene. De to andre viktige kildene var biltrafikken og vanlig mineral- eller jordstøv. Biltrafikken bidro mer om vinteren enn om våren og mineralstøvet mer om våren enn om vinteren. Relativt bidrag av biltrafikken var om vinteren omlag 25 prosent av støvmengden i finfraksjonen. Om våren bidro mineralstøv fra 8 til 23 prosent.

Tilsvarende hovedkomponent analyser av partikler med aerodynamisk diameter mellom $2,5$ og $10,0 \mu\text{m}$, viste tre til fire kildegrupper som bidro til støvmengden. Den betydeligste av disse var veistøv. Det var også en annen betydelig antropogen kildegruppe som på enkelte målesteder ble oppløst i to kilder, en som var relatert til biltrafikk med bly og brom, og en som trolig også var bilrelatert med sink og mangan. I en del av datamaterialet fra Oslo sentrum kunne klorid inkluderes og

dette bekreftet at sjøsalter også gir et lite bidrag til grovfraksjonen. De kvantitative beregningene ble utført med samme metode som for finfraksjonen, og de tre kildene som ble tatt med i beregningene var veistøv, biltrafikk med bly og brom og den andre bilrelaterte antropogene kilden med sink og mangan. Midlere støvkonsentrasjon i vårperioden var større enn i vinterperioden. Midlere bidrag fra veistøv økte fra vinter til vår. Veistøvets andel av støvmengden varierte fra målested til målested fra 32 til 62 prosent om våren. Tilsammen bidro de to bilrelaterte kildene omtrent like mye vinter og vår, og utgjorde omtrent 39 prosent om vinteren og 26 til 34 prosent om våren.

Resultatene av kildeestimeringen blir mer usikre når data fra flere målesteder må brukes for å skaffe tilstrekkelig data. I ettertid bør en søke å få tilstrekkelig data fra et målested til direkte kildeestimering og til bestemmelse av kildeprofiler. Med færre målinger på eventuelle andre målesteder kan en der gjøre bruk av massebalanse-modellen sammen med kildeprofiler en har skaffet til veie. Karbonholdige forbindelser bidrar meget til den totale støvmengden, og bestemmelser av total mengde organisk og av uorganisk karbon i prøvene i tillegg til PIXE vil styrke og forbedre kildeestimeringen i fremtidige undersøkelser.

En naturlig fortsettelse av arbeidet er kvantitative beregninger for målestedet i Rådhusgata samt en vurdering av kildebidragene i lys av vind og nedbør.

9 REFERANSER

- Environmental Protection Agency (1984) Receptor model source composition library. Research Triangle Park, NC.
- Harman, H.H. (1964) Modern factor analysis. Chicago, The University of Chicago Press.

- Henry, R.C. (1987) Current factor analysis receptor models are ill-posed. Atmos. Environ., 21, 1815-1820.
- Larssen, S. (1987) Støv fra asfaltveier. Karakterisering av luftbåret veistøv. Fase I: Målinger i Oslo, våren 1985. Lillestrøm (NILU OR 53/87).
- Larssen, S. og Bartonova, A. (1989). Beregning av kildeprofiler basert på multielementanalyse av veistøv og eksos-partikler. Upubliserte data.
- Malinowski, E.R. and Howery, D.G. (1980) Factor analysis in chemistry. New York, John Wiley.
- Schaug, J. (1983) Reseptormodeller. Lillestrøm (NILU OR 9/83).
- Thurston, G. and Spengler, J.D. (1985) A quantitative assessment of source contributions to inhalable particulate matter pollution in metropolitan Boston. Atmos. Environ., 19, 9-25.

VEDLEGG 1

Middelverdier av kjemiske elementer i
fin- og grovfraksjonen.

Tabell 1-1: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

DRONNINGPARKEN FINFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	44.	30. *	--	26. *
Si	72. *	92. *	--	74. *
P	--	--	--	12. *
S	1786.	1437.	595.	813.
Cl	97. *	51. *	--	143.
K	164.	70.	31.	81.
Ca	62.	61.	31.	74.
Ti	3.1*	5.7	--	2.4*
V	6.9	5.7*	3.7	3.3
Cr	2.3*	--	2.2*	1.1*
Mn	23.8	16.8	5.3*	14.4
Fe	292.0	204.5	98.9	221.8
Ni	3.8	2.9	1.8	1.6
Cu	7.0	4.6	2.5	6.3
Zn	385.6	168.0	189.3	402.3
Se	--	--	--	--
Br	36.2	10.3	7.3	27.0
Rb	--	--	--	--
Sr	.4*	.3*	--	.4*
Zr	--	--	--	--
Nb	--	--	--	--
Mo	.6*	--	--	--
Cd	--	--	--	--
Sn	2.6*	--	--	--
Sb	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--
Pb	257.3	95.8	78.2	202.8
Støv	30.5	18.5	13.8	15.7
NOBS	21	15	17	10

Tabell 1-2: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

DRONNINGPARKEN GROVFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	253.5	429.8	--	230.2
Si	871.0	1790.6	--	887.3
P	---	--	--	6.1
S	112.9	109.4	--	81.2
Cl	137.5	192.5*	--	231.0
K	87.3	175.1	28.0*	94.8
Ca	409.5	583.3	33.5	426.1
Ti	32.3	67.5	2.2*	32.3
V	---	--	--	--
Cr	2.4	1.3*	--	2.0
Mn	19.7	17.5	--	11.7
Fe	644.3	778.1	51.8	599.4
Ni	1.2	--	--	--
Cu	9.3	5.5	--	9.7
Zn	94.7	46.0	8.2	107.1
Se	--	--	--	--
Br	9.7	3.9	--	8.4
Rb	---	---	--	--
Sr	2.0	3.1	--	2.0
Zr	1.1*	1.9	--	.9*
Nb	--	--	--	--
Mo	--	--	--	.4*
Cd	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--
Sb	--	--	--	--
Ba	---	--	--	--
Pb	56.0	22.0	2.0	44.3
Støv	10.0	18.8	4.6	9.8
NOBS	21	16	17	10

Tabell 1-3: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

KONTRASKJÆRET FINFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	48.	50. *		21. *
Si	101.	203. *		109. *
P	--	--	INGEN	13. *
S	1946.	1362.	DATA	741.
Cl	65. *	37. *		104.
K	160.	97.		74.
Ca	78.	104.		63.
Ti	5.6	12.2		4.7
V	7.6	6.8		4.1
Cr	--	--		--
Mn	17.3	10.3		5.5
Fe	229.6	190.7		107.2
Ni	3.9	3.0		1.8
Cu	8.8	4.2		5.3
Zn	212.3	97.9		64.2
Se	--	--		--
Br	45.5	17.7		24.5
Rb	--	--		--
Sr	.5*	.8*		--
Zr	--	--		--
Nb	--	--		--
Mo	.5*	--		--
Cd	--	--		--
Sn	2.0*	--		--
Sb	--	--		--
Ba	--	--		--
Pb	262.5	109.0		151.1
Støv	31.1	19.1		19.8
NOBS	24	18		11

Tabell 1-4: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

KONTRASKJÆRET GROVFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	285.	656.		336.
Si	1013.	2732.	MANGLER	1654.
P	--	--	DATA	--
S	95.	86.		112.
Cl	175.	307.		292.
K	103.	283.		158.
Ca	507.	894.		551.
Ti	39.4	118.0		62.5
V	--	--		--
Cr	2.0	2.1*		2.2
Mn	12.5	22.9		12.2
Fe	602.2	1156.9		701.5
Ni	--	--		--
Cu	11.9	8.6		10.5
Zn	45.4	30.3		20.3*
Se	--	--		--
Br	13.1	6.2		10.3
Rb	--	--		--
Sr	2.6	5.5		3.2
Zr	1.7	3.4		1.9*
Nb	--	.5*		--
Mo	--	--		--
Cd	--	--		--
Sn	--	--		--
Sb	--	--		--
Ba	--	11.8*		8.1*
Pb	56.2	26.6		41.6
Støv	10.3	22.9		15.6
NOBS	24	18	0	11

Tabell 1-5: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

RÅDHUSGATA FINFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	303.	281.	42.	237.
Si	973.	1043.	143.	655.
P	--	--	--	--
S	1871.	1319.	704.	842.
Cl	253.	149.	59.	227.
K	235.	188.	57.	139.
Ca	409.	417.	111.	270.
Ti	54.3	58.3	9.3	28.1
V	8.3	6.8 5	7.3	5.4
Cr	2.6	2.3	1.5*	1.9*
Mn	21.1	17.4	7.1	14.1
Fe	748.0	664.7	302.8	526.5
Ni	4.2	3.4	2.9	3.1
Cu	21.5	16.7	15.6	25.9
Zn	192.3	79.3	104.5	157.6
Se	--	--	--	--
Br	170.5	113.7	104.8	174.3
Rb	--	--	--	--
Sr	--	2.6	.4*	--
Zr	--	2.0*	--	--
Nb	--	--	--	--
Mo	1.0	1.0	.8	1.1
Cd	--	--	--	--
Sn	3.2*	--	--	2.1*
Sb	3.9*	2.3*	--	4.0*
Ba	15.8*	17.8	19.1	19.8
Pb	798.0	557.3	520.3	769.7
Støv	50.0	46.8	28.7	37.3
NOBS	25	19	11	15

Tabell 1-6: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

RÅDHUSGATA GROVFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	482.	2301.	524. *	3084.
Si	1887.	8644.	2260.	9737.
P	--	--	--	--
S	418.	177.	141.	244.
Cl	390.	599.	224.	272.
K	183.	795.	268.	846.
Ca	799.	2836.	919.	3379.
Ti	82.0	362.8	95.2	350.0
V	--	--	--	--
Cr	3.0	6.0	5.3	5.8*
Mn	20.0	61.5	23.4	64.4
Fe	1223.6	3511.8	1509.2	4029.6
Ni	1.7*	--	--	--
Cu	38.1	38.7	48.5	79.2
Zn	53.8	59.1	59.5	102.2
Se	--	--	--	--
Br	57.0	29.0	37.0	62.7
Rb	--	--	--	--
Sr	4.5	17.4	5.4	17.2
Zr	3.3	11.9	3.6	11.2
Nb	.4*	1.9*	--	1.4
Mo	1.6	1.3*	1.9	2.8
Cd	--	--	--	--
Sn	--	--	--	2.5*
Sb	6.3	6.1	9.1	11.5
Ba	28.3	52.2	50.0	78.6
Pb	237.1	126.6	142.3	231.6
Støv	19.4	82.6	26.7	57.2
NOBS	24	19	11	15

Tabell 1-7: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

ULLEVÅL FINFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	45.	27. *	--	10. *
Si	85.	98. *	--	61.
P	--	--	--	10. *
S	1685.	911.	621.	490.
Cl	96.	43. *	31. *	61.
K	158.	61.	36.	59.
Ca	61.	47.	25.	28.
Ti	4.6	5.1*	--	2.0*
V	6.5	3.1	2.6 1	2.3*
Cr	2.6*	1.4*	--	--
Mn	17.2	10.3	2.7*1	8.3
Fe	228.3	125.1	44.5 1	130.2
Ni	3.2	1.5	.8*	1.4
Cu	7.4	3.1	3.6 1	4.6
Zn	306.3	127.9	81.9 1	176.0
Se	--	--	--	--
Br	40.8	8.6	6.3 1	13.5
Rb	--	--	--	--
Sr	--	--	--	--
Zr	--	--	--	--
Nb	--	--	--	--
Mo	--	--	--	--
Cd	--	--	--	--
Sn	2.8*	--	--	--
Sb	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--
Pb	233.3	64.6	46.0	118.1
Støv	28.5	16.4	10.9	16.5
NOBS	21	16	16	12

Tabell 1-8: Middelerverdier av 27 elementer og totalt støv. Enheten for de kjemiske elementene ng/m³, og for totalt støv µg/m³.

ULLEVÅL GROVFRAKSJONEN

	des-feb	mar-mai	jun-aug	sep-nov
Al	374.	514.	87.	162.
Si	1378.	2043.	367.	661.
P	--	--	--	--
S	120.	127.	79.	23.
Cl	122.	219.	147.	160.
K	123.	187.	52.	70.
Ca	479.	600.	139.	222.
Ti	43.9	82.2	14.4	23.4
V	--	--	--	--
Cr	2.6	2.3	.9*	1.3
Mn	16.8	18.9	4.5	8.4
Fe	729.7	883.0	199.8	412.0
Ni	1.1*	--	--	--
Cu	9.0	5.3	4.0	5.8
Zn	76.2	36.7	18.8	35.1
Se	--	--	--	--
Br	11.5	4.1	2.3	4.9
Rb	--	--	--	--
Sr	2.7	3.6	.8	1.2
Zr	1.7*	2.4	.3*	.7
Nb	--	--	--	--
Mo	--	--	--	--
Cd	--	--	--	--
Sn	--	--	--	--
Sb	--	--	--	--
Ba	--	--	--	--
Pb	57.6	23.6	12.0	24.2
Støv	12.6	19.6	10.7	12.4
NOBS	17	13	11	10

VEDLEGG 2

Faktorloadings (faktorinnhold) for
fin- og grovfraksjon

Tabell 2A: Varimax roterte loadings for målestedet på Kontraskjøret.
 Partikkelfraksjon: $d < 2,5 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 12
 Antall prøver: 34

Kjemiske elementer	Faktorer			
Si	-	-	-	-0,98
S	-0,95	-	-	-
K	-0,83	-	-	-
Ca	-	-	-	-0,88
V	-0,88	-	-	-
Mn	-	-0,95	-	-
Fe	-	-0,80	-	(-0,48)
Ni	-0,84	-	-	-
Cu	-	-0,75	0,52	-
Zn	-	-0,85	(0,41)	-
Br	-	-	0,97	-
Pb	-	-	0,91	-
Forklart varians (%)	27,8	27,7	20,0	17,8
Kumulativ varians (%)	27,8	55,4	75,6	93,4

Tabell 2B: Varimax roterte loadings for målestedet i Rådhusgata.
 Partikkelfraksjon: $d < 2,5 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 16
 Antall prøver: 51

Kjemiske elementer	Faktorer						
Al	0,97	-	-	-	-	-	-
Si	0,99	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	0,52	-	-0,83	-
Cl	-	-	-	-	-	-	-
K	0,80	-	-	-	-	(-0,42)	-
Ca	0,97	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-0,96	-	-	-
Cr	-	-	-	-	0,91	-	-
Mn	(0,46)	-	0,81	-	-	-	-
Fe	0,87	-	-	-	-	-	-
Ni	-	-	-	0,89	-	-	-
Cu	-	(-0,46)	0,59	-	-	-	-
Zn	-	-	0,87	-	-	-	-
Br	-	-0,96	-	-	-	-	-
Pb	-	-0,95	-	-	-	-	-
	5,72	2,37	2,19	2,01	1,13	0,97	0,96
Forklart varians (%)	35,8	14,8	13,7	12,6	7,0	6,1	6,0
Kumulativ varians (%)	35,8	50,6	64,3	76,8	83,9	90,0	96,0

Tabell 2C: Varimax roterte loadings for målestedet på Ullevål.
 Partikkelfraksjon: $d < 2,5 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 12
 Antall prøver: 30

Kjemiske elementer	Faktorer			
Si	-	-	0,98	-
S	-	0,94	-	-
K	-	0,59	-	0,64
Ca	(-0,45)	-	0,81	-
V	-	0,88	-	-
Mn	-0,92	-	-	-
Fe	-0,81	-	(0,43)	-
Ni	-0,52	0,74	-	-
Cu	-0,84	-	-	(0,42)
Zn	-0,90	-	-	-
Br	-0,51	-	-	0,79
Pb	-0,67	-	-	0,66
Forklart varians (%)	37,0	24,2	17,0	17,2
Kumulativ varians (%)	37,0	61,1	78,1	95,3

Tabell 2D: Varimax roterte loadings for målestedet i Dronningparken.
 Partikkelfraksjon: $d < 2,5 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 12
 Antall prøver: 33

Kjemiske elementer	Faktorer			
Si	-	-	-	0,95
S	-	0,96	-	-
K	-	0,81	-	-
Ca	0,76	-	-	-
V	-	0,92	-	-
Mn	0,90	-	-	-
Fe	0,93	-	-	-
Ni	-	0,85	-	-
Cu	0,88	-	-	-
Zn	0,92	-	-	-
Br	(0,40)	-	0,86	-
Pb	0,77	-	0,60	-
Forklart varians (%)	40,7	28,8	12,7	10,1
Kumulativ varians (%)	40,7	69,5	82,2	92,2

Tabell 2E: Loadings for målestedet i Dronningparken.
 Partikkelfraksjon: $2,5 < d < 10 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 13
 Antall prøver: 40

Kjemiske elementer	Faktorer		
Al	-0,99	-	-
Si	-0,99	-	-
K	-0,98	-	-
Ca	-0,93	-	-
Ti	-0,99	-	-
Cr	-	0,87	-
Mn	(-0,44)	0,84	-
Fe	-0,74	0,64	-
Cu	-	0,70	-0,66
Zn	-	0,88	-
Br	-	0,53	-0,83
Sr	-0,95	-	-
Pb	-	0,82	-0,54
Forklart varians (%)	49,6	32,1	11,6
Kumulativ varians (%)	49,6	81,7	93,3

Tabell 2F: Loadings for målestedet på Kontraskjøret.
 Partikkelfraksjon: $2,5 < d < 10 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 15
 Antall prøver: 35

Kjemiske elementer	Faktorer		
Al	-0,97	-	-
Si	-0,98	-	-
S	-	-	0,94
K	-0,99	-	-
Ca	-0,91	-	-
Ti	-0,98	-	-
Cr	-0,59	-	-
Mn	-0,93	-	-
Fe	-0,97	-	-
Cu	(-0,45)	0,77	-
Zn	-	0,86	-
Br	-	0,92	-
Sr	-0,98	-	-
Zr	-0,96	-	-
Pb	-	0,97	-
Forklart varians (%)	59,9	22,0	7,1
Kumulativ varians (%)	59,9	81,9	89,0

Tabell 2G: Loadings for målestedet på Ullevål.
 Partikkelfraksjon: $2,5 < d < 10 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 13
 Antall prøver: 35

Kjemiske elementer	Faktorer	
Al	-0,99	-
Si	-0,99	-
S	-0,98	-
K	-0,98	-
Ca	-0,95	-
Ti	-0,99	-
Cr	-	-0,52
Mn	-0,84	(-0,41)
Fe	-0,86	(-0,44)
Cu	-	-0,92
Zn	-	-0,86
Br	-	-0,95
Sr	-0,98	-
Pb	-	-0,95
Forklart varians (%)	56,7	31,9
Kumulativ varians (%)	56,7	88,6

Tabell 2H: Loadings for målestedet i Rådhusgata.
 Partikkelfraksjon: $2,5 < d < 10 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 19
 Antall prøver: 51

Kjemiske elementer	Faktorer		
Al	0,97	-	-
Si	0,99	-	-
S	0,74	-	-
Cl	-	-	0,93
K	0,99	-	-
Ca	0,97	-	-
Ti	0,96	-	-
Cr	0,74	-	-
Mn	0,96	-	-
Fe	0,95	-	-
Cu	-	-0,90	-
Zn	(0,41)	-0,74	-
Br	-	0,90	-
Sr	0,97	-	-
Zr	0,95	-	-
Mo	-	-0,90	-
Sb	-	-0,92	-
Ba	0,64	-0,61	-
Pb	-	-0,93	-
Forklart varians (%)	55,0	28,3	9,7
Kumulativ varians (%)	55,0	83,3	93,0

Tabell 2I: Loadings for målestedet i Rådhusgata.
 Partikkelfraksjon: $2,5 < d < 10 \mu\text{m}$.
 Antall kjemiske elementer: 12
 Antall prøver: 69

Kjemiske elementer	Faktorer		
Al	0,95	-	-
Si	0,98	-	-
K	0,97	-	-
Ca	0,97	-	-
Ti	0,99	-	-
Mn	0,97	-	-
Fe	0,96	-	-
Cu	-	0,53	-0,75
Zn	-	-	-0,84
Br	-	0,97	-
Sr	0,98	-	-
Pb	-	0,96	-
Forklart varians (%)	64,6	19,1	13,8
Kumulativ varians (%)	64,6	83,7	97,5

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
 NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
 POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 63/89	ISBN-82-425-0192-0	
DATO OKTOBER 1990	ANSV. SIGN. <i>Storland</i>	ANT. SIDER 46	PRIS kr 75,-
TITTEL Beregninger av kildebidrag til svevestøvforurensninger i Oslo		PROSJEKTLEDER	
		NILU PROSJEKT NR. 0-8545	
FORFATTER(E) J. Schaug og St. Larssen		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens Forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep. 0032 OSLO 1			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Aerosoler Reseptormodell Hovedkomponentanalyse			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Olje og vedforbrenning, veitrafikk og mineralstøv var de tre viktigste kilder til fin fraksjonen. (< 2.5 µm). De viktigste kildene til grovfraksjonen (25 - 10 µm) er mineralstøv og trafikkrelaterte kilder. Kildebidragene var forskjellige i vinter- og i vår-perioden. Beregningsmetoden var regressjon av Varimaxroterte og standardiserte faktorscores fra faktoranalysen.			

TITLE Source contributions to dust in Oslo.
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines) Oil and woodburning, traffic and soil dust were the three important sources to the fine fraction (<2.5 µm). The most important sources to the coarse-fraction (2.5 µm - 10 µm) were soil dust and traffic related sources. There were differences between a winter and a spring period. The results were obtained by a regression of Varimax rotated and absolute factor scores from a factor analysis.

* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C