



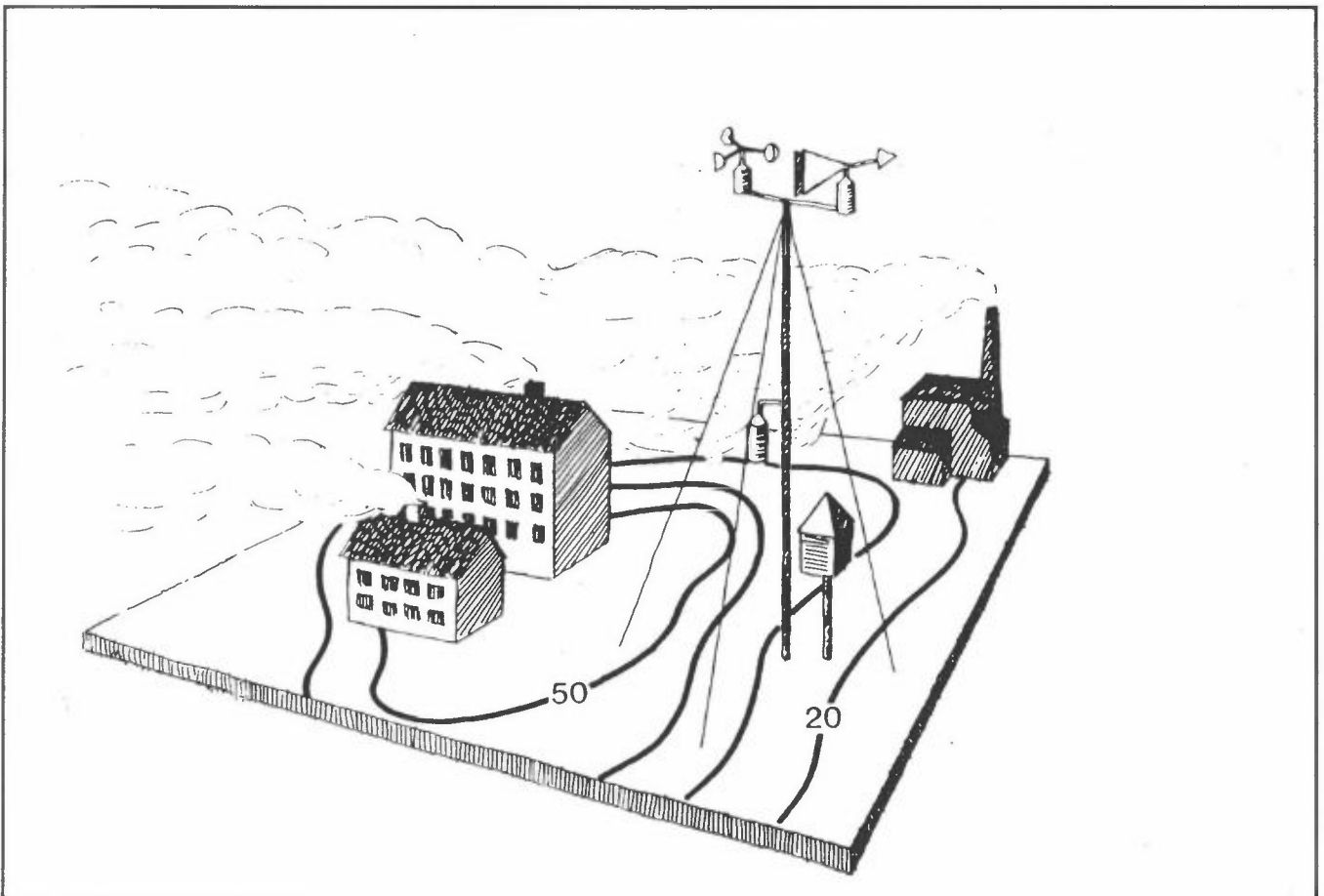
Rapport nr.: 373/89

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon: NILU

Metodeundersøkelsen i byer og tettsteder

Sluttrapport





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 : 78/89
REFERANSE: O-8545
DATO : DESEMBER 1989
ISBN : 82-425-0094-0

METODEUNDERSØKELSEN
I BYER OG TETTSTEDER

SLUTTRAPPORT

D.A. Tønnesen og B. Sivertsen

Utført på oppdrag fra
Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, 2001 LILLESTRØM
NORGE

KONKLUSJON

Metodeundersøkelsen i byer og tettsteder er utført av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Formålet med prosjektet har vært å undersøke og forbedre en del av NILUs generelle metoder hvor det gjennom basisundersøkelsene utført for SFT har vært påvist svakheter.

Basisundersøkelsene avslørte metodiske svakheter for vurdering av spredning og forekomst av en del komponenter av luftforurensning i byer og tettsteder. Metodeundersøkelsen omfattet fire områder: forekomst og utbredelse av nitrøse gasser, forekomst og utbredelse av svevestøv, vertikal spredning i luftlaget nærmest bakken i byer og tettsteder, og forurensningseksposering på gateskala. På bakgrunn av undersøkelsen kan det trekkes følgende konklusjoner:

- Vertikalspredning:

Atmosfærisk vertikal blandingssevne i stabile vintersituasjoner over småhusbebyggelse og over bygater er mer påvirket av ruhets-elementene på bakken enn tidligere antatt. Spredningen er derfor bedre enn beskrevet i eksisterende spredningsmodeller. Bedre beskrivelse av vertikalspredningen blir nå innarbeidet i NILUs spredningsmodeller for byområder.

- Nitrøse gasser:

Utbredelsen av NO_2 , og forholdet mellom NO_x og NO_2 , viser stor avhengighet av tilgjengelig ozonmengde. Avhengigheten er minst i gaterom med stort overskudd av NO som følge av store utslipp i lav høyde.

- Svevestøv:

Ved faktoranalyse av svevestøv har en identifisert fire kildegrupper for finfraksjon (diameter $< 2,5 \mu\text{m}$); olje og vedforbrenning, biltrafikk, mineralstøv og metallurgisk industri. Relative bidrag fra kildegruppene er anslått til henholdsvis 50%, 25%, 10% og under 5%. Det var en klar sesongvariasjon med hensyn til kildegruppens relative betydning.

- Eksponering:

Målinger av CO-konsentrasjoner i Rådhusgata utendørs og innendørs, og målinger av HbCO i blod og av CO i utåndingsluft hos personer som arbeider ved Rådhusgata viste at konsentrasjonsnivået av CO var høyt og tildels over grenseverdiene for luftkvalitet. For den individuelle CO-eksponeringen var røyking viktigere enn trafikkforurensning.

INNHold

	Side
KONKLUSJON	1
1 INNLEDNING	5
2 EN UNDERSØKELSE I FIRE DELER	6
2.1 Spredning av luftforurensning i byområder	6
2.2 Utbredelse og forekomst av nitrøse gasser	7
2.3 Kildetyper for og utbredelse av svevestøv i byer	7
2.4 Forurensningseksposering i bygater	8
3 GJENNOMFØRING	8
3.1 Måleprogram for luftkvalitet og meteorologi	8
3.2 Spredningsforsøk med sporstoff	11
3.3 Faktoranalyse av støv samlet på filter	12
3.4 Eksposeringsforsøk i Rådhusgata	12
4 MÅLERESULTATER	12
4.1 Luftkvalitet i Oslo	12
4.2 Spesielle meteorologiske målinger	18
5 RESULTAT FRA UNDERSØKELSENS FIRE DELER	19
5.1 Forurensningsspredning i byer og tettsteder	19
5.2 Nitrogenkjemi i byområder	22
5.3 Kildetyper og utbredelse av svevestøv	23
5.3.1 Moseprøver som opptaksmedium	23
5.3.2 Faktoranalyse av støv samlet på filter	25
5.4 Forurensningseksposering i bygater	26
6 ERFARINGER FRA UNDERSØKELSEN	28
6.1 Instrumenter	28
6.2 Metoder	28
VEDLEGG A: Rapporter fra metodeundersøkelsen og øvrige referanser	31

METODEUNDERSØKELSEN I BYER OG TETTSTEDER

SLUTTRAPPORT

1 INNLEDNING

NILU gjennomførte på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) flere basisundersøkelser i perioden 1980-86. Disse hadde forskjellige innhold og mål og ble utført i Sarpsborg/Fredrikstad, Bergen, Mo i Rana og Drammen.

Basisundersøkelsene avslørte metodiske svakheter i det underlaget vi har for å vurdere spredning og forekomst av en del komponenter av luftforurensninger i byer og tettsteder. Dette ble påpekt i notat av 11. mars 1985 og senere i en plan for forskning og metodeutvikling for undersøkelser av luftforurensninger i byer og tettsteder (Sivertsen, 1986).

Særlig for nitrogendioksid (NO_2) og svevestøv hadde det vært vanskelig å komme fram til "sikre" luftkvalitets- og eksponeringstall ut fra de beregningsmetodene som var tilgjengelige. Målet med de nye undersøkelsene som ble skissert var derfor å forbedre de generelle metodene gjennom studier i utvalgte områder av en del konkrete problemer. Det ble lagt særlig vekt på å kartlegge områder der overskridelser av grenseverdier kan forekomme, samt å klarlegge årsakene til slike overskridelser.

Av praktiske grunner ble de eksperimentelle delene av undersøkelsene lagt til områder i nærheten av NILU (Oslo og Lillestrøm).

Gjennom forberedende møter ved NILU og i diskusjoner med SFT, ble det enighet om at metodeundersøkelsen skulle inneholde 4 hoveddeler:

1. Spredning av luftforurensninger i byområder
2. Utbredelse og forekomst av nitrøse gasser
3. Kildetyper for og utbredelse av svevestøv i byer
4. Forurensningseksposering i bygater.

Målinger og undersøkelser i felt ble gjennomført i perioden 1986-87. Det foreligger en rekke rapporter som beskriver datagrunnlaget og delresultater (vedlegg A). Denne rapporten er ment å oppsummere en del av de viktigste resultatene.

2 EN UNDERSØKELSE I FIRE DELER

Metodestudien har bestått av fire hoveddeler, som har representert adskilte delprosjekter, men hvor feltarbeidet og de eksperimentelle delene har vært koordinert gjennom målinger, undersøkelser og spredningsforsøk i Oslo og i Lillestrøm.

2.1 SPREDNING AV LUFTFORURENSNINGER I BYOMRÅDER

Spredningsmodellene er et viktig verktøy i planlegging og forklaring av målt luftkvalitet. Det er i økende grad blitt behov for å angi de forskjellige kildegruppens relative betydning, noe som har ført til at det er nødvendig å tilfredsstillende beskrive spredning på alle skalaer (fra noen ti-meter i gatene til ti-talls kilometer i hele området). Dette setter større krav til modellene, og det har gjennom de utførte basisundersøkelsene vært pekt på at særlig vertikalutveksling nær bakken er for dårlig kjent. Studier av bygningsturbulens, innflytelse på vertikalutvekslingen, særlig på kalde, stabile vinterdager måtte studeres nærmere.

Dessuten var det ønskelig å se nærmere på forholdet mellom spredning av utslipp i gatene og spredning av utslipp over tak.

2.2 UTBREDELSE OG FOREKOMST AV NITRØSE GASSER

Nitrøse gasser, med fellesbetegnelsen NO_x , består av nitrogendioksid (NO_2) og nitrogenoksid (NO).

Beregninger av NO_2 -eksponeringen, bl.a. i Oslo, har vært begrenset av at man vet for lite om forholdet NO_2/NO_x i utslipp og i atmosfæren. Dessuten har det vært problemer med å forklare en del av NO_2 -målingene ved modellberegninger. Dette kan skyldes skalaproblemer (modelloppløsning), vertikalspredning eller ufullstendig beskrivelse av NO_2/NO_x -forholdet.

For å forbedre kunnskapene om NO_2/NO_x -forholdet og NO_2 fordelingen i et byområde ble det etablert 5 målestasjoner fra indre bykjerne (i Rådhusgata) og ut til periferien av Oslo (Ullevål). Her ble variasjonen i NO_2/NO_x -forholdet studert.

2.3 KILDETYPER FOR OG UTBREDELSE AV SVEVESTØV I BYER

Beskrivelse og modellering av svevestøvbelastningen i et byområde har vært utilfredsstillende. Dette skyldes delvis manglende kunnskaper om de primære utslippene av støv, og at støvbelastningen også skyldes opphvirvling eller resuspensjon av tidligere avsatt materiale. Teoretiske beregninger av avsetning er basert på data som gjelder avsetning på vegetasjon. Målinger i byområder tyder på at avsetningen på såkalte "glatte flater" er mindre fordi den "effektive" overflaten er mindre, og at betydningen av resuspensjonen er større.

For å studere svevestøvproblemet er det brukt flere metoder:

- a) Sammensetningen og utbredelsen av svevestøv (særlig den inhalerbare delen) har vært studert spesielt.
- b) Dataene er analysert statistisk ved hjelp av reseptormodeller for å vurdere kildenes og forskjellige kildegruppers betydning for støvbelastningen.

- c) Enklere prøvetakingsmetoder (mose-baller) er forsøkt brukt til å studere utbredelse av metaller i svevestøv.

2.4 FORURENSNINGSEKSPONERING I BYGATER

Denne delen av metodeutviklingsprosjektet har ikke fullstendig dekket den modellutviklingen som burde vært utført, når det gjelder eksponeringsmodeller. Befolkningsfordelinger, tidsforbruksdata og konsumdata ble derfor ikke tatt med. Eksponerings-studiene ble foretatt i forbindelse med feltforsøk. Luftkvalitetsmålinger ble foretatt samtidig (på stikkprøvebasis) av innendørskonsentrasjoner, konsentrasjoner i kjøretøy og i forskjellige såkalte "mikromiljøer" som kan inngå i eksponeringsberegninger. Målet var å framskaffe informasjon om forholdet mellom uteluftkonsentrasjoner og innemiljø. Disse målingene ble foretatt i Oslo i området rundt Rådhusgata. Karbonmonoksid (CO) ble brukt som en sporgass og denne ble i tillegg til målinger i mikromiljø også målt i blodet (COHb) hos en rekke forsøkspersoner i området.

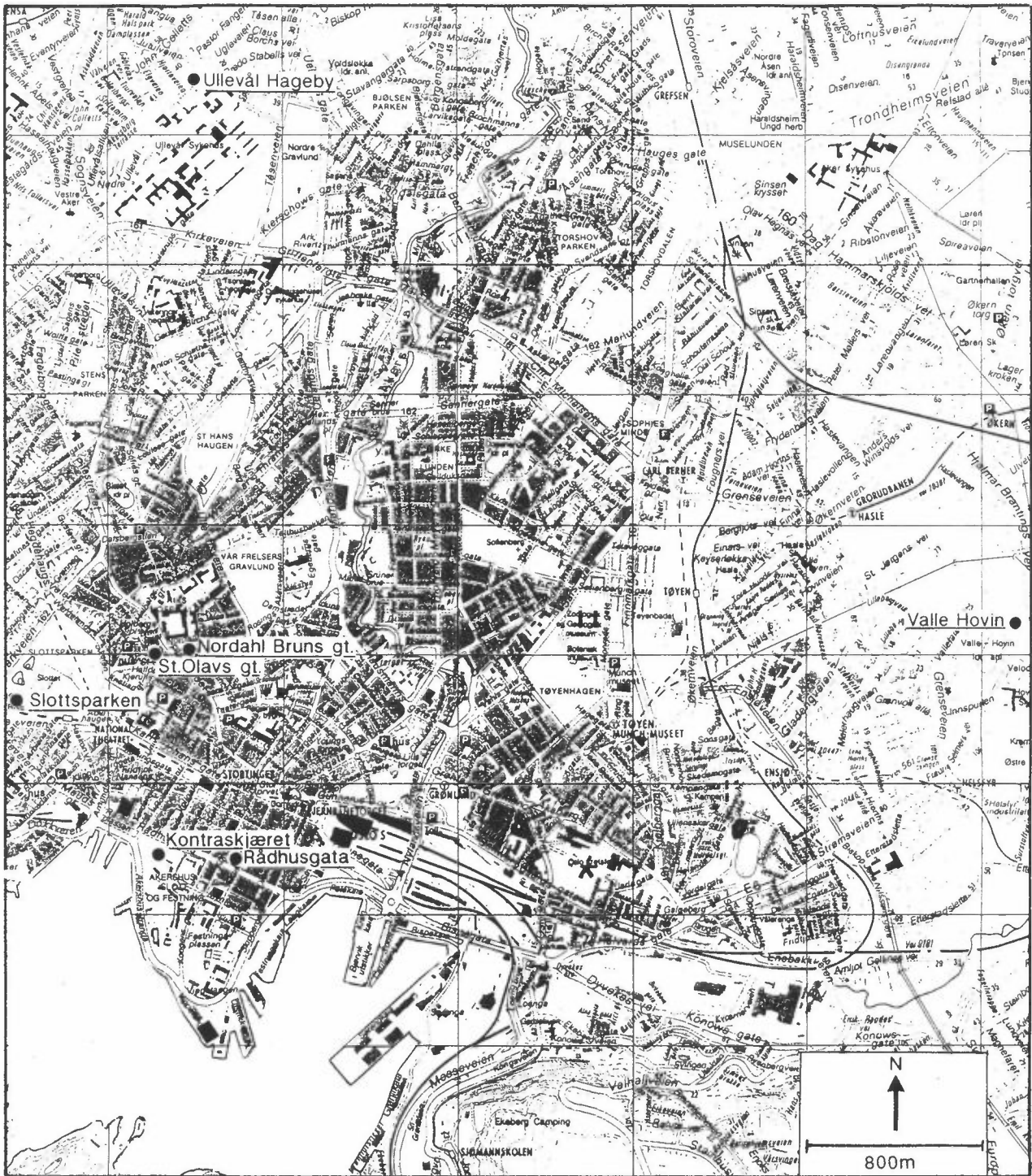
3 GJENNOMFØRING

Metodestudien ble gjennomført med målinger i Lillestrøm og Oslo i 1986-1987.

3.1 MÅLEPROGRAM FOR LUFTKVALITET OG METEOROLOGI

Luftkvalitetsmålingene i Oslo ble gjennomført på seks målestasjoner. Stasjonsplasseringene framgår av figur 1. Stasjonene var valgt for å representere følgende forhold:

- Sterkt trafikkert sentrumsgate med høy andel av tungtransport (Rådhusgata).
- Sterkt trafikkert sentrumsgate med lav andel av tungtransport (St. Olavs gate).



Figur 1: Målestasjoner for luftkvalitet og meteorologi i Oslo i 1986-87.

- Luftkvalitet i sentrum utenom steder direkte påvirket av trafikk (Nordahl Bruns gate, senere Dronningparken).
- Luftkvalitet utenfor sentrum i området mellom ytre og indre ringvei (Ullevål sykehus).
- Nær sterkt trafikkert gate, men utenfor selve gaterommet (Kontraskjøret).

For kartlegging av meteorologiske forhold, ble målinger gjennomført på Kontraskjøret, ved Nordahl Bruns gate og ved Valle Hovin.

Som et ledd i metodeutprøvingen, og for å få et bilde av regional støvbelastning, ble støvmålinger foretatt ved hjelp av moseprøver på hovedstasjonene nevnt foran, og på følgende steder: Valle Hovin, Alfaset, Maridalen, Sagene, Klemetsrud, Fornebu og Bygdøy.

Målestasjonene for luftkvalitet var utstyrt med følgende instrumenter for de forskjellige luftkjemiske parametre:

- | | |
|--|---|
| 1) Svoveldioksid, | NILU automatiske prøvetaker type FK |
| 2) Nitrogendioksid, | FK for døgnmiddelmålinger og kjemiluminesens for timemiddelmålinger |
| 3) Sot, | forfilter til SO ₂ -måleinstrumentet |
| 4) Støvfall, | støvbøtte |
| 5) Svevestøv, | Dichotomous prøvetaker, to-filter metode og PUR-prøvetaker |
| 6) Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) | PUR-prøvetaker |

I Rådhusgata ble det målt; SO₂, døgnmiddel NO₂, sot, svevestøv, PAH og timemiddel NO_x.

I Slottsparken og Nordahl Bruns gate ble det målt; SO₂, døgnmiddel NO₂, sot, svevestøv, nedfallsstøv, PAH og timemiddel NO_x.

I St. Olavs gate ble det målt; Døgnmiddel NO₂, timemiddel NO_x og PAH.

På Ullevål sykehus og på Kontraskjæret ble det målt; Døgnmiddel NO_2 , timemiddel NO_x , svevestøv, nedfallsstøv og PAH.

Målestasjonene for meteorologi var utstyrt med følgende instrumenter:

Kontraskjæret : automatisk loggende værstasjon i 10 m mast AWS-(NILU)
Sensintron SODAR (sonic detecting and ranging).
Nordahl Bruns gate: AWS i 10 m mast (plassert på tak).
Valle Hovin : mekanisk vindskriver (type: Woelffle) i 10 m mast.

I Lillestrøm ble det vinteren 1986-1987 målt meteorologiske parametre i en 36 m høy mast. Instrumenteringen varierte noe i løpet av vinteren. Både mekaniske og akustiske målemetoder ble utprøvd for måling av turbulens og vertikal hastighet. I tillegg ble det på spesielt utvalgte dager målt temperaturprofiler ved hjelp av sondeutstyr. Temperaturvariasjonen tett ved og under snøoverflaten ble også målt på utvalgte dager.

3.2 SPREDNINGSFORSØK MED SPORSTOFF

Spredningsforsøk med sporgass inngikk som et ledd i metodeundersøkelsen. Spredningsforsøkene ble gjennomført i og rundt Rådhusgata i Oslo, og i Lillestrøm. Hensikten med spredningsforsøkene i Oslo var å studere spredning av gateforurensning på helt lokal skala, dvs. spredning i gata, og belastningen i og ved de nærmeste bygningene og gatene som følge av utslipp i gata og i takhøyde.

Sporstofforsøkene i Lillestrøm ble i hovedsak gjennomført med to sporgasser sluppet ved bakken og i eller over takhøyde, for å studere spredning av høye og lave utslipp i tettsteder. I alle spredningsforsøkene ble det lagt vekt på å undersøke spredningsforholdene under vær-situasjoner med stabil atmosfærisk sjiktning. Det ble gjennomført seks sporstofforsøk i Rådhusgata, og fjorten på Lillestrøm.

3.3 FAKTORANALYSE AV STØV SAMLET PÅ FILTER

For å kunne identifisere de viktigste kildene til støvbelastningen i Oslo, ble det foretatt statistisk analyse av støvsammensetninger for støvprøver tatt med filterprøver. Støvsammensetning fra kjente kilder ble sammenlignet med sammensetningen av støvet på prøvene, og gruppering av elementene ble foretatt etter deres samvariasjon på de forskjellige stasjonene.

3.4 EKSPONERINGSFORSØK I RÅDHUSGATA

For å undersøke lokal belastning og opptak av karbonmonoksid, ble det på utvalgte dager foretatt prøvetaking av utendørs og innendørs luftkonsentrasjon av karbonmonoksid, og kartlegging av oppholdstid i miljøet samt prøvetaking og analyse av CO-innholdet i blodet hos et utvalg av personer som arbeidet i lokaler ved Rådhusgata. Disse undersøkelsene var finansiert av NTNf, og er rapportert separat. Karbonmonoksid ble valgt fordi den er typisk for utslipp fra trafikk, og individuelt opptak kan registreres ved hjelp av blodprøver.

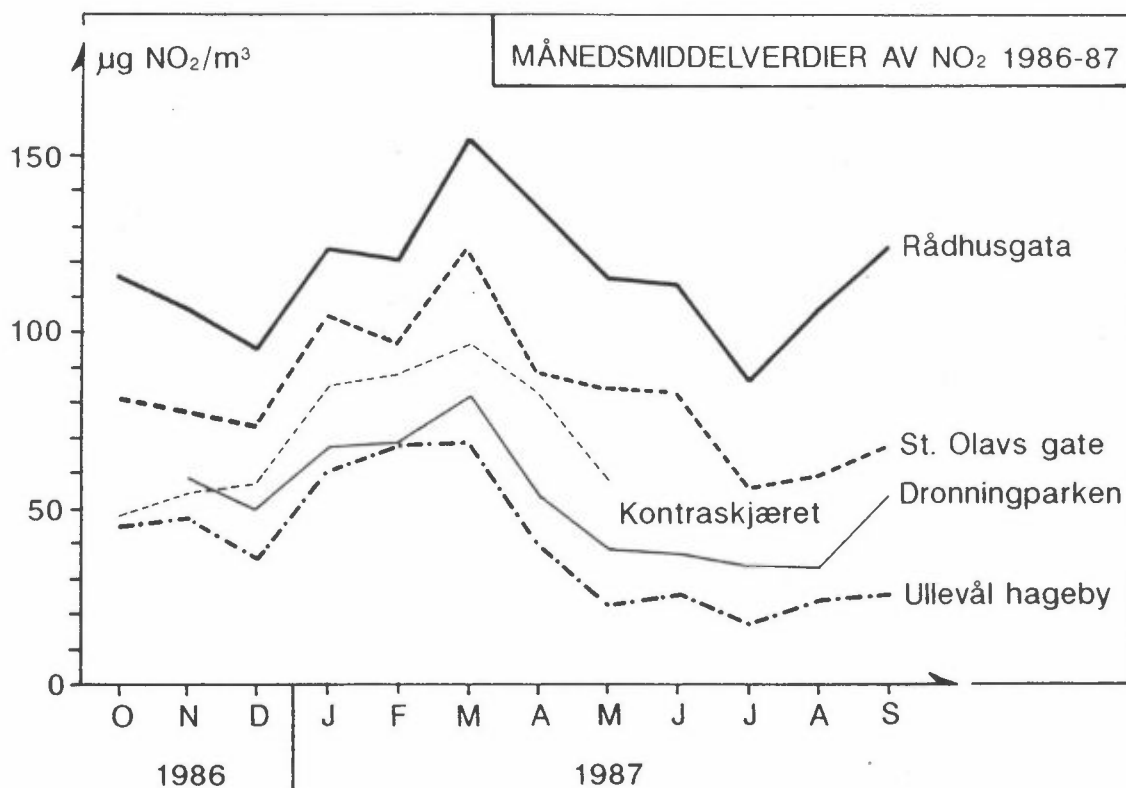
4 MÅLERESULTATER

Resultater fra de enkelte delene av prosjektet er gitt detalj i egne rapporter, se vedlegg A. Her følger en oppsummering av resultatene.

4.1 LUFTKVALITET I OSLO

Luftkvalitetsmålingene har omfattet svoveldioksid, nitrogendioksid, sot, støvfall og svevestøv. I tillegg er det målt karbonmonoksid i forbindelse med eksponerings- og spredningsforsøk. Svoveldioksid og sot er målt daglig på stasjoner, nitrogendioksid er målt daglig på fem stasjoner, mens svevestøv er målt hver 6. dag på fire stasjoner. I tillegg ble det målt sot på 3 stasjoner i januar og februar 1987.

Månedsmiddelerverdier av nitrogendioksid, basert på måling av døgnmiddelerverdier, er vist på figur 2.



Figur 2: Månedsmiddelverdier av NO₂ 1986-87 på 5 stasjoner i Oslo.

Den gjennomsnittlige belastningen av nitrogen-dioksid var størst på stasjonen i Rådhusgata og minst på stasjonen ved Ullevål Hageby for hele måleperioden. For samtlige stasjoner forekom den høyeste månedsmiddelverdien i mars 1987.

Stasjonene i Rådhusgata og på Kontraskjøret viser NO_x-belastningen i og på litt avstand fra sterkt trafikkerte gater med høy andel av tunge lastebiler. Stasjonen i St. Olavs gate viser NO_x-belastningen i sterkt trafikkerte gater med lav andel av tunge lastebiler. Stasjonen i Dronningparken viser NO_x-belastningen i sentrumsområder med noe avstand til sterkt trafikkerte gater, og stasjonen på Ullevål sykehus viser NO_x-belastningen i området mellom indre og ytre ringvei. Tabell 1 viser middelverdien, maksimalverdien og forholdet mellom maksimal og middelverdi av NO_x-konsentrasjoner målt på de fem stasjonene for vinterhalvåret 1986-1987. Gjennomsnittlig andel NO₂ av total NO_x er også vist i tabellen.

Tabell 1: Midlere og maksimal NO_x-konsentrasjon, forholdet mellom maksimal og middelvei, og gjennomsnittlig andel av NO₂ av total NO_x for 5 målestasjoner i Oslo vinteren 1986-1987.²

Stasjon	Midlere NO _x -konsentrasjon (μm^3)	Maksimal NO _x -konsentrasjon (μm^3)	Maks/midlere NO _x -konsentrasjon	NO ₂ - andel av total NO _x
Rådhusgata	724	3 291	4,5	0,16
St. Olavs gate	351	2 678	7,6	0,29
Konstraskjæret	266	2 675	10,1	0,40
Ullevål sykehus ¹	109	1 023	9,4	0,60
Dronningparken	86	987	11,5	0,80

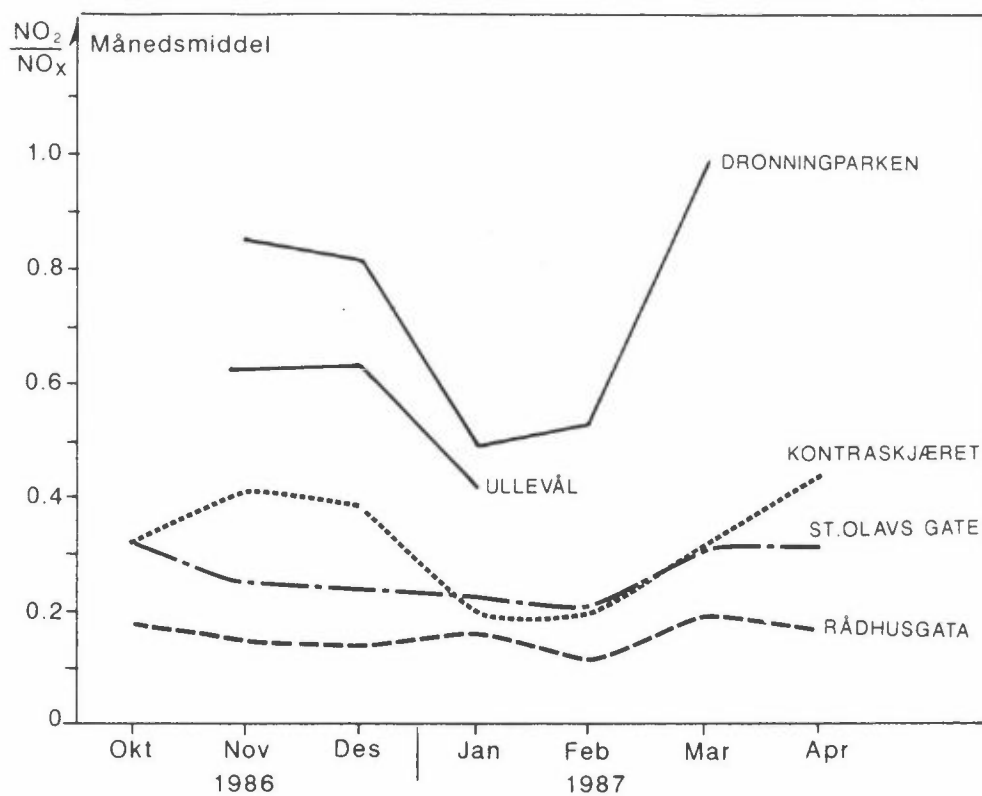
1) 3 måneders målinger.

Tabellen viser at den høyeste midlere NO_x-belastningen var i Rådhusgata, og at den laveste var i Dronningparken. Både forholdet mellom maksimal og midlere konsentrasjon og NO₂-andelen av total NO_x øker med fallende gjennomsnittsbelastning. Måleresultatene fra Dronningparken og Ullevål sykehus tyder på at gjennomsnittsbelastningen utenfor sentrum ikke er vesentlig lavere enn i sentrumsområder som ikke er direkte belastet fra trafikkutslipp.

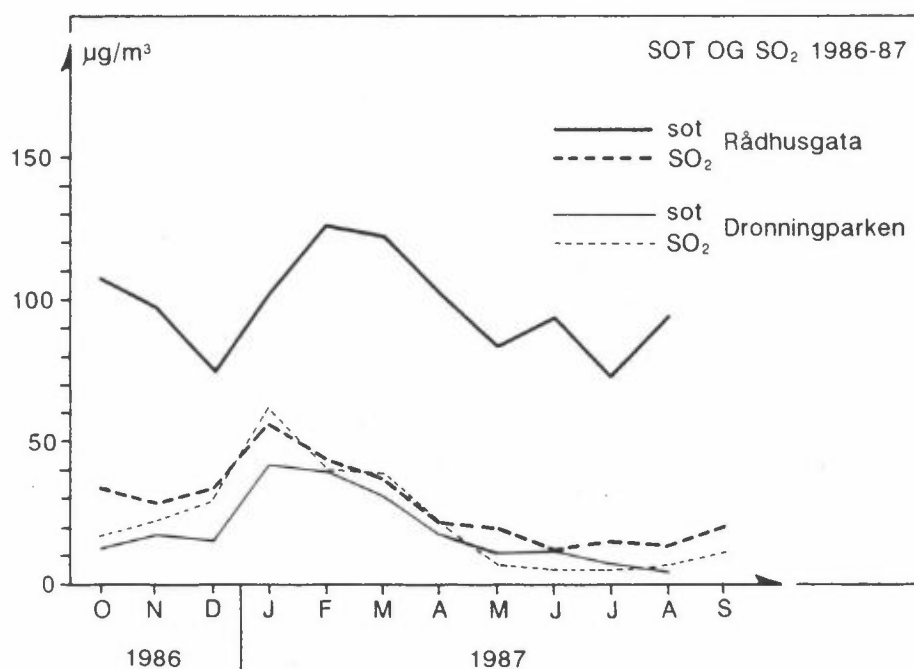
I figur 3 er forholdet mellom månedsmiddelveidene av NO₂-konsentrasjon og NO_x-konsentrasjon for de fem stasjonene vist.

Figuren viser en klar sesongvariasjon av forholdstallet for 3 stasjoner. Gatestasjonene viser ikke den samme sesongvariasjonen, spesielt ikke Rådhusgata. Variasjonen er en følge av sesongvariasjonen i ozontilførselen. Ozon er viktig for oksidering av NO til NO₂. Tilførselen av ozon er lavest om vinteren, samtidig som vertikal blanding i atmosfæren blir mindre på grunn av hyppigere inversjoner. For Rådhusgata, og til dels St. Olavs gate, er utslippet av NO_x så stort i forhold til tilgjengelig ozon at effekten av varierende ozon-konsentrasjon ikke merkes.

Månedsmiddelveidier av svoveldioksid og sot er vist på figur 4. Også sotbelastningen var høyest ved stasjonen i Rådhusgata. Belastningen av svoveldioksid var omtrent den samme på stasjonene i Rådhusgata og Dronningparken.



Figur 3: Forholdstall NO_2 -konsentrasjon/ NO_x -konsentrasjon for 5 stasjoner i Oslo vinteren 1986-1987.



Figur 4: Månedsmiddelverdier av svoveldioksid og sot i Oslo, 1986--1987.

Figuren indikerer at den romlige variasjonen av sotbelastning er større enn den romlige variasjonen av SO₂-belastning. En mulig forklaring på dette er at trafikkbidraget til sotbelastning har relativt større betydning enn trafikkbidraget til SO₂-belastning.

Svevestøvmålinger ble utført på fire stasjoner. Tabell 2 viser sesongmiddel av totalt svevestøv på de fire stasjonene. Belastningen var høyest i Rådhusgata, og litt høyere på Kontraskjøret enn på de to andre stasjonene.

Tabell 2: Sesongmiddel (3 mnd) av svevestøv målt i Oslo 1986/87 (µg/m³).

	Høst	Vinter	Vår	Sommer
Rådhusgata	88	62	130	53
Kontraskjøret	29	37	45	-
Dronningparken	24	33	30	15
Ullevål Hageby	21	34	27	20

PAH ble målt på utvalgte dager i januar og februar 1987. Målingene viste at PAH-nivået i St. Olavs gate og Rådhusgata var klart høyere enn på de øvrige stasjonene. Dette indikerer at biltrafikk er den viktigste kilden til PAH-utslipp.

Luftkvalitetsmålingene viser at døgnmiddelkonsentrasjonene for NO₂ og sot jevnlig oversteg grenseverdiene i den perioden måleprogrammet varte (september 1986-august 1987).

Forekomst av døgnmiddelverdier over 100 µg/m³ for de forskjellige målestedene og stoffene er vist i tabell 3. Grenseverdi for luftkvalitet er 100 µg/m³ for døgnmiddelkonsentrasjoner.

Tabell 3: Forekomst av døgnmiddelkonsentrasjoner over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i % av totalt antall døgn for 5 målestasjoner i Oslo 1986-1987.

	Døgn med konsentrasjoner over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)			
	SO ₂	NO ₂	Sot	Svevestøv
Rådhusgata	0	68	45	20
Dronningparken	1	4	1	0
Kontraskjøret	-	16	10	3
Ullevål Hageby	-	3	10	0
St. Olavs gate	-	24	33	-

Grenseverdien for nitrogendioksid ble overskredet i 2 av 3 døgn i Rådhusgata, og i ett av 4 døgn i St. Olavs gate. Overskridelse av grenseverdien for luftkvalitet forekom oftest for nitrogendioksid og sot. Målingene viser at det er stor variasjon i belastningen over forholdsvis korte avstander, særlig for stoffer som vesentlig er knyttet til utslipp fra trafikk.

For målinger av timemiddelkonsentrasjoner av nitrogendioksid viser målingene overskridelser av grenseverdiene ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) som vist i tabell 4.

Tabell 4: Overskridelser av grenseverdiene for timemidlet NO₂ i Oslo 1986-1987.

Stasjon	< $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	> $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	> $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Kontraskjøret	162	4
Rådhusgata	114	0
Ullevål sykehus	44	7
St. Olavs gate	19	1
Dronningparken	0	0
Nordahl Bruns gate*	0	0

* August 1986 til november 1986.

4.2 SPESIELLE METEOROLOGISKE MÅLINGER

Målinger ved hjelp av SODAR (sonic detecting and ranging) ble utført på Kontraskjæret fra september 1986 til april 1987.

Til tross for den problematiske instrumentplasseringen gir dataene et detaljert bilde av vindfeltet for høyder fra 200 m og nedover. Over 200 m høyde er det bare sporadisk informasjon.

Datamaterialet tyder på at det fins et internt grensesjikt i omtrent 100 m høyde, hvor det ofte inntreffer endringer i vind- og tetthetsprofilene. Sjiktet ser ut til å forekomme oftere om natta enn om dagen. Det er også tegn til et grensesjikt i 200 m høyde. Ruhetselementer på bakken ser ut til å ha sterk påvirkning på luftbevegelsen opp til ca. 100 m høyde. Over ca. 100 m høyde er vindfeltet lite påvirket av forholdene ved bakken.

Vindretningsfordelingen i de nivåene der disse to lagene kunne identifiseres, tyder på at de ikke skyldes støy på målingene. Fordelingen av dem over tid på døgnet kan imidlertid tyde på at støy fra trafikk kan bidra til å forsterke denne fordelingen.

Standardavvikene av vindkomponentene viser en rimelig størrelsesfordeling med høyden. De representerer både langperiodisk meandrering i vindfeltet og kortperiodisk turbulens. Det synes som om de mest turbulente luftbevegelsene oppstår ved sørøstlige og nordvestlige vinder.

Målingene viser også at det i denne delen av Oslo eksisterer en kaldluftstrøm fra øst-nordøst mot vest-sørvest. Denne har et hastighetsmaksimum i eller under 50 m høyde.

I Lillestrøm ble det vinteren 1986-87 gjennomført en del forsøk med annen instrumentering enn den NILU vanligvis benytter seg av.

For å finne atmosfærens stabilitet måles temperaturendringen med høyden. Det ble foretatt parallelle målinger med ventilerte følere og ikke-ventilerte følere som vanligvis benyttes. I de fleste tilfellene ble resultatene de samme. De ventilerte følerne målte imidlertid

vesentlig færre tilfeller av ustabil sjiktning. Dette må anses som en klar forbedring på bakgrunn av måleperioder og de aktuelle værforholdene.

For direkte mål av turbulens (vinduro) ble det gjort forsøk med gillpropellanemometere, bivane-anemometere og akustiske målinger (i samarbeid med RISØ-instituttet, Danmark). Det er forholdsvis god overensstemmelse mellom turbulensbeskrivelsen ved bruk av NILUs standardutstyr, gill-anemometer og akustiske målinger. Tidsoppløsningen er imidlertid mye bedre for de to sistnevnte. Forsøkene med bivane falt ikke heldig ut. Sensorene består av en akse med horisontale og vertikale "finner" på enden. Når det ikke er noen luftbevegelse skal aksene være horisontal. Aksens bevegelse blir registrert ved opphengingspunktet. Rimdannelse, ising og nedbør førte imidlertid til at instrumentets aerodynamiske egenskaper endret seg. Denne typen føler egner seg ikke til automatisk måling under norske vinterforhold.

Det ble foretatt en rekke registreringer av temperaturendring med høyden i perioden januar-mars 1987. I en del tilfeller ble det også målt temperaturprofiler fra toppen av snødekket og ned til bakken. Disse målingene viser at snøen av og til kan være varmere enn lufta, og således opptre som "varmemagasin" og kunne forsinke dannelse av bakkeinversjoner.

5 RESULTAT FRA UNDERSØKELSENS FIRE DELER

Metodeundersøkelsens fire deler er rapportert i egne rapporter (vedlegg A). De viktigste momentene i hver av delene er gitt nedenfor.

5.1 FORURENSNINGSSPREDNING I BYER OG TETTSTEDER

Sporstofforsøk for kartlegging av spredning under stabile vinterforhold ble gjennomført i Lillestrøm i januar og februar 1986 og januar og februar 1987 samt i og ved Rådhusgata i Oslo i januar og februar 1987.

I de fleste forsøkene ble det brukt to typer sporgass, sluppet i forskjellig høyde over bakken for å simulere lave utslipp og utslipp over tak. Forsøkene viser at en gaussisk modell gir god beskrivelse av de lave utslippene. For utslippene over taknivå er imidlertid vertikalspredningen langt større enn forventet, og det er lagt ned betydelig arbeid i å forbedre modellbeskrivelsen her.

Forsøkene viser betydelig bedre spredning over byområder enn utenfor byene. Utslipp nær bakken fortynnes raskt på grunn av blandingssonen omkring og over bygninger. Som et 1. estimat kan eksisterende spredningsmodeller benyttes. I Lillestrøm er høyden av ruhetselementene (hus og trær) 8-10 m. Maksimalkonsentrasjonene ved bakken fra et utslipp i 36 m høyde finnes nærmere utslippet og har høyere verdier enn det eksisterende spredningsmodeller forutsier.

Resultatet er i samsvar med målinger som tidligere er utført i Sarpsborg-området (NILU OR 24/84). NILU har foreslått en metode for å korrigere for spredningseffekten av ruhetselementer i byområder (NILU TR 11/88). Korreksjonsmetoden får betydning ved svak vind og inversjon (forurensningsepisoder i Norge). NILU tar sikte på å gi en metode som samordnes med grenselagsbeskrivelsen av spredningsforholdene foreslått av Gryning, Holtslag, Sivertsen og Irwin (1986). Dette arbeidet pågår ved NILU.

I Lillestrøm ble det utført detaljerte turbulensmålinger samtidig med gjennomføringen av fire ganger to vellykkede sporstoffundersøkelser. Det gir et godt grunnlag for å modifisere spredningsmodellene basert på en detaljbeskrivelse av atmosfærens turbulens. For øvrig viser turbulensmålingene at vindhastigheten og mekanisk generert turbulens er bestemmende for blanding nær utslippet når vindhastigheten er større enn 1 m/s. Når horisontal vindhastighet er mindre enn 1 m/s er det nødvendig med lokale turbulensmålinger for å beskrive spredningen. I vår beregningsmetode vil vi foreslå typiske verdier som kan benyttes når detaljerte målinger ikke foreligger.

Sporstofforsøkene i Rådhusgata viser at det er store gradienter i konsentrasjonsfeltet ved spredning av forurensning fra gater, og at

det trafikkgenererte vindfeltet i lukkede gaterom kan medføre at transportretningen for forurensninger er lite avhengig av vindretningen utenfor gaterommet. Målinger av sporstoff innendørs i lokaler som vender ut mot gata viser stor variasjon i konsentrasjonsnivået. I enkelte lokaler var sporstoffkonsentrasjonen innendørs høyere enn sporstoffkonsentrasjonen utendørs.

Tabell 5 viser gjennomsnittskonsentrasjoner i gatene nærmest utslippsonen i forhold til gjennomsnittskonsentrasjoner i utslippsonen for sporstofforsøkene. Vindstyrken i forsøksperioden er også angitt i tabellen.

Tabell 5: Relative gjennomsnittskonsentrasjon av sporstoff som prosent av konsentrasjonen i utslippsonen i gatene nærmest utslippsonen for sporstofforsøkene i Oslo. Vindstyrken under hvert forsøk er også vist.

	1	2	3	4	6
Relativ konsentrasjon (%)					
1 kvartal borte	8	1	2	11	2,2
2 kvartaler borte	4	1	0,5	-	1,7
Vindstyrke (m/s)	1,4	1,3	1,2	0,7	1,0

Tabellen viser ingen klar sammenheng mellom vindstyrken (målt over tak) og fortynningen av utslippene fra gata. Imidlertid var variasjonen i vindstyrken liten i de forskjellige forsøkene.

Utskiftingen av luft i Rådhusgata under forsøkene, bestemt ved midlere sporstoffkonsentrasjon i gata og totalt utslipp av sporstoff, varierte fra $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pr. m gate til $11 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pr. m gate.

Det var ingen klar sammenheng mellom vindhastigheten og utskifting av luft i gata.

5.2 NITROGENKJEMI I BYOMRÅDER

Resultatene fra målingene av NO_2 og NO_x tyder på at det er forholdsvis store gradienter i konsentrasjonsfeltene. Dette er et resultat av at mye av det totale NO_x -utslippet foregår i gatenivå. Gradientene i NO_x -konsentrasjonsfeltet er større enn gradientene i NO_2 -konsentrasjonsfeltene. Dette kommer av at NO_2 -andelen av total NO_x i gateutslippet er lav (<10%). Det er også en tydelig tidsvariasjon i konsentrasjonsforløpet over døgnet, en direkte følge av at den totale utslippsmengden varierer mye over døgnet.

Målinger viser at i gatenivå medfører stigende NO_x -konsentrasjon fallende O_3 -konsentrasjon. Likevektstilstanden, og det resulterende NO_2 -nivået, avhenger av tilgjengelig mengde av ozon. Høye utslipp av NO_x som også belaster gaterommet, vil samtidig bidra til senket O_3 -konsentrasjon både i den nedblandede lufta og over byen som region.

En sammenligning mellom gatestasjonene Rådhusgata og St. Olavs gate og de øvrige stasjonene Kontraskjæret, Dronningparken og Ullevål (figur 3) viser at oksidasjonsgraden, målt ved forholdet mellom NO_2 og NO_x , er lavest midt på vinteren, og at sesongvariasjonen av ozon er minst viktig for forholdet på gatestasjonene. Dette er en følge av den totale NO_x -konsentrasjonen i forhold til innblandet ozon-mengde. Ozon-tilførselen er generelt lavere om vinteren enn om sommeren, mens de lokale NO_x -konsentrasjonene er høyere om vinteren enn om sommeren som følge av dårligere spredningsforhold.

Kontinuerlig registrering av NO_x og O_3 på en gatestasjon ble igangsatt under metodeundersøkelsen, og bekreftet betydningen av regional ozon-tilførsel. Målingene ga klare indikasjoner på at registreringsteknikken for timemiddelmålinger var utilstrekkelig i områder med stor variasjon i konsentrasjonsnivået innenfor timen. Instrumenter med forbedret registreringsteknikk ble anvendt i SFTs trafikkovervåkingsprogram i Oslo vinteren 1989. Disse målingene har dannet grunnlag for en forbedret modell for NO_2 -konsentrasjon i gater (Larssen, 1989; Hertel og Berkowicz, 1989). Dataene fra metodeundersøkelsen danner grunnlag for ytterligere testing av denne modellen.

Målestasjonen på Kontraskjøret viser en del tilfeller med relativt høye NO_2 -konsentrasjoner som bare delvis kan forklares ved trafikkutslipp (sørvestlig vind). Det er nærliggende å tro at havneaktiviteten er en medvirkende kilde til disse konsentrasjonene.

5.3 KILDETYPER OG UTBREDELSE AV SVEVESTØV

5.3.1 Moseprøver fra opptaksmedium

Metallforurensningen i og rundt Oslo sentrum ble målt ved hjelp av moseprøver. Prøvene anses som passive prøvetagere for svevestøv, og målet var å vurdere om slike enkle prøver kan brukes til å vurdere den totale belastningen av forskjellige elementer i svevestøv. Elementene som inngikk i undersøkelsen var kadmium, bly, sink, vanadium, aluminium og jern. I tillegg til målestasjonene anvendt for nitrøse gasser, ble det målt på følgende steder: Nordahl Bruns gate, Alfaset, Mari-dalen, Klemetsrud, Bygdøy, Sagene, Fornebu og Valle Hovin. Målingene ble utført med eksponering på månedsbasis (2. hver måned). Nivåene av belastningen ble målt som vekt av element pr. vektenhet mose.

I tillegg til å se på utbredelsesmønster ble korrelasjon mellom elementene på forskjellige moseprøver og på filterprøver beregnet.

Det er stor variasjon i datamaterialet fra måned til måned, og innbyrdes på stasjonene med forskjellige parallellprøver. Visse trekk ved belastningen av de 6 elementene fremhever seg allikevel: Det er forholdsvis høy korrelasjon mellom forurensningen av sink og kadmium, mellom jern og aluminium, mellom jern og vanadium og mellom vanadium og aluminium.

Nivået av elementene i moseballene var høyest i Rådhusgata. I tabell 6 er elementene delt i 3 grupper bestemt av korrelasjonen mellom dem, og målestasjonene er rangert etter nivå av forurensning i hver elementgruppe.

Tabell 6: Innbyrdes rangering av forurensningsnivå kartlagt på moseballer for 3 elementgrupper og 13 målestasjoner.

Målestasjon	Bly	Sink og kadmium	Jern, aluminium og vanadium
Rådhusgata	1	1	1
Kontraskjøret	6	2	4
Maridalen	3	5	5
Valle Hovin	2	9	2
Sagene	5	7	3
Alfaset	4	8	7
Nordahl Bruns gate	8	4	10
St. Olavs gate	7	11	6
Ullevål sykehus	11	6	9
Klemetsrud	13	3	13
Fornebu	9	13	8
Dronningparken	10	10	12
Bygdøy	12	12	11

Målingene tyder på at det er relativt høy belastning av sink og kadmium på målestasjonen ved Klemetsrud, at det er relativt høy belastning av jern, aluminium og vanadium på målestasjonene ved Sagene, Valle Hovin og Maridalen, og at den laveste belastningen for alle elementene var på målestasjonene ved Fornebu, Dronningparken og Bygdøy.

Imidlertid er elementsammensetningen og mengden på moseprøvene dårlig korrelert med filterprøvene (Sorteberg, 1988). For å bruke moseprøver til kvantitativ kartlegging av tungmetaller og svevestøv i lufta over byområder, må lokalitetene for utplassering av moseprøvene vurderes meget nøye slik at plassering i forhold til høyde over bakken, underlag og hvor "fritt" prøver henger blir mest mulig ensartet. Det dårlige resultatet for korrelasjon mellom moseprøver og filter skyldes nok delvis at noen av målestasjonene var plassert slik at kriteriene for utplassering av moseprøver ikke kunne oppfylles.

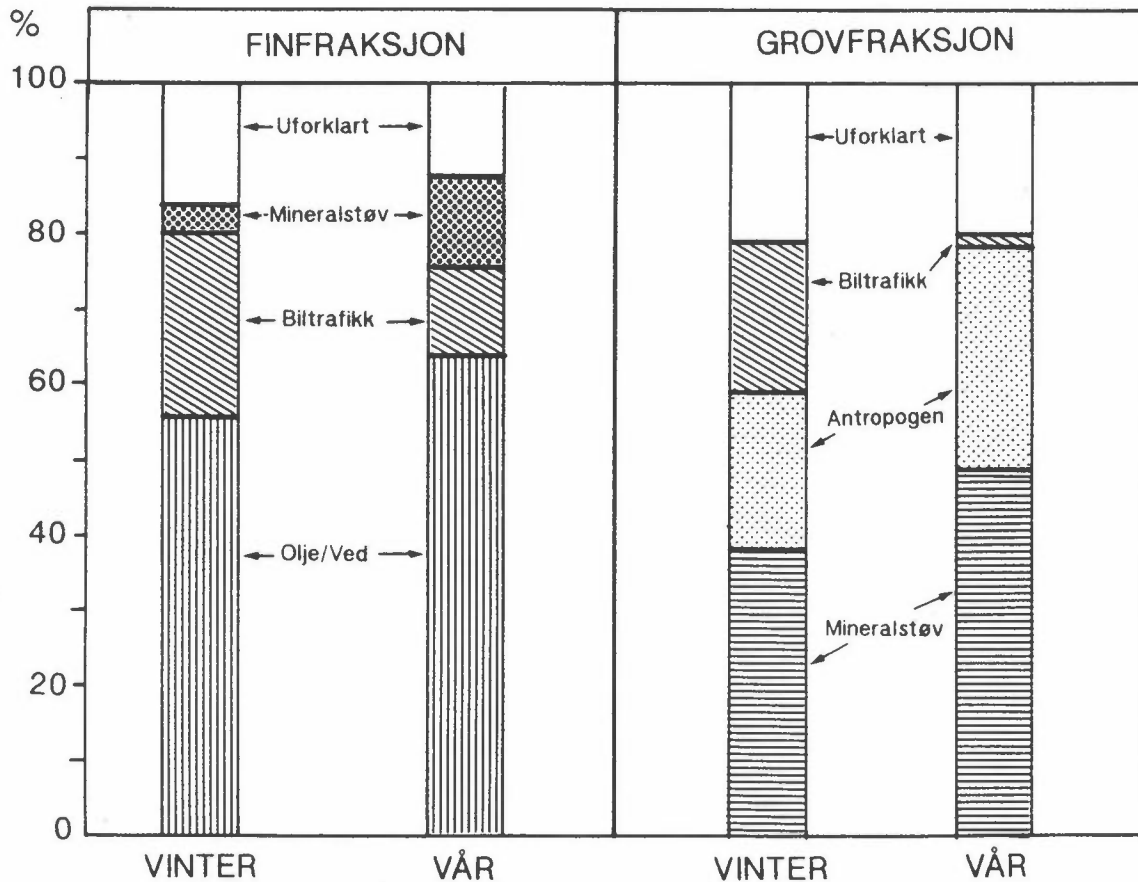
5.3.2 Faktoranalyse av støv samlet på filter

For sammensetningen av støvbelastning er det foretatt hovedkomponent analyser og estimeringer av kildebidrag ved hjelp av hovedkomponent analyse, beregninger av absolutte Varimax-roterte faktorvektorer og regresjonsanalyser. De kvantitative beregningene ble gjort på et data-sett satt sammen av data fra fire målesteder i Oslo; Rådhusgata, 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.

Støvet er delt i en finfraksjon (diameter $< 2,5 \mu\text{m}$) og en grovfraksjon (diameter opptil $10 \mu\text{m}$). For finfraksjonen var det fire kilder som bidro til det vesentligste av variasjonen i datamaterialet; olje- og vedforbrenning, biltrafikk, mineralstøv og en kilde som trolig var metallurgisk industri. Kvantifisering 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.

Analyse av grovfraksjonen viste tre til fire kildegrupper som bidro til støvmengden. Den betydeligste av disse var mineralstøv. Det var også en betydelig antropogen kildegruppe som på enkelte målesteder ble oppløst i to kilder, en som var relatert til biltrafikk og en som trolig inneholdt flere kilder, blant disse søppelforbrenning. 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 beregningen viste at midlere støvkonsentrasjon i vårperioden var større enn i vinterperioden. Midlere bidrag fra mineralstøv og fra den antropogene kilden med søppelforbrenning økte fra

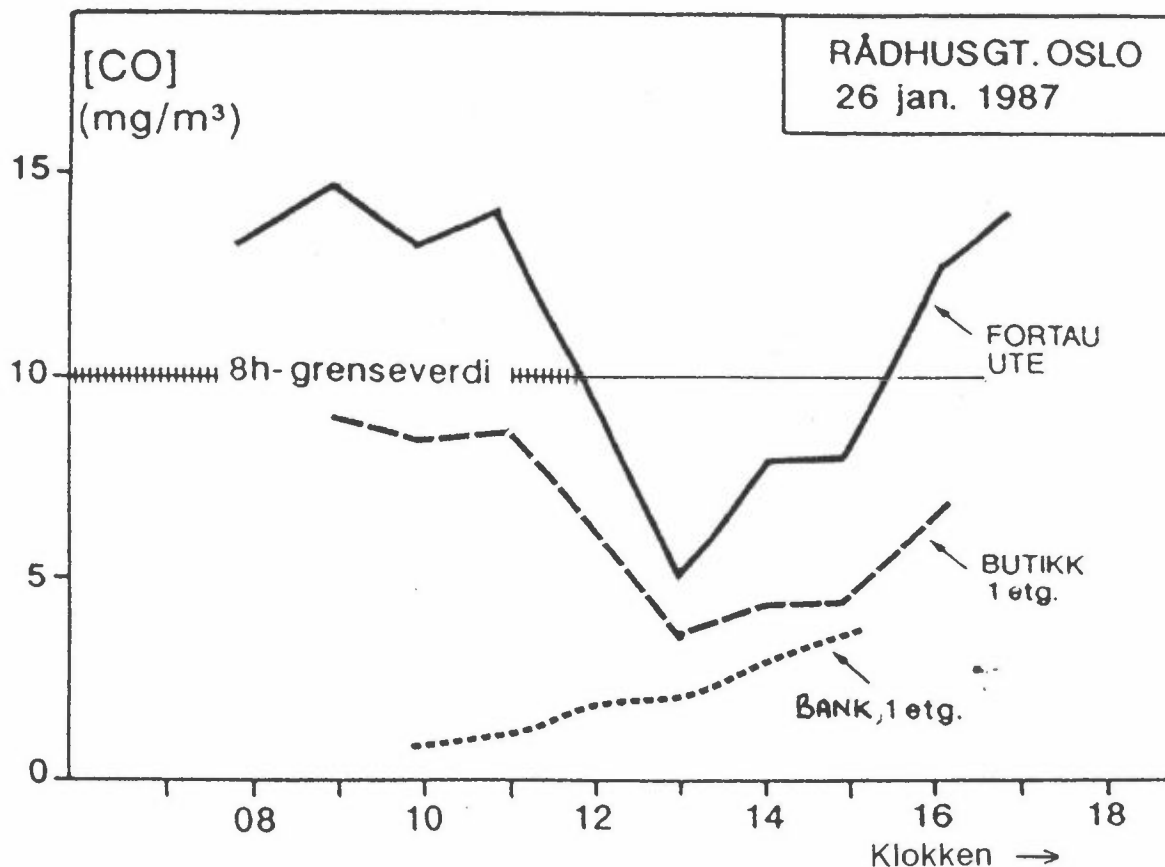
vinter til vår. Mineralstøvets andel av støvmengden varierte fra målested til målested fra 32 til 62 prosent om våren, og den antropogene kilden i samme periode varierte mellom 23 og 34 prosent. Bidraget fra biltrafikken var størst om vinteren og bidro da fra 13 til 28 prosent. Om våren var biltrafikkens bidrag til grovfraksjonen ubetydelig. Kildegruppens relative betydning er vist i figur 5.



Figur 5: Relativ betydning av kildegrupper for støvbelastning.

5.4 FORURENSNINGSEKSPONERING I BYGATER

På utvalgte dager i januar og februar 1987 ble det gjennomført spredningsforsøk med sporstoff og målinger av karbonmonksid (CO) i og ved Rådhusgata. Målingene av CO viste at innekonsentrasjonene var svært avhengige av ventilasjon, rommenes størrelse, i hvilken etasje målingene ble tatt og avstand fra gata. Til tider kunne konsentrasjonen innendørs komme opp i de samme nivå som utendørs. Særlig gjaldt dette butikklokaler i 1. etasje med inngang rett ut mot gata (figur 6).



Figur 6: Figuren viser et typisk tidsforløp av CO-konsentrasjon uten-
dørs og innendørs ved Rådhusgata i Oslo. Konsentrasjonene
utendørs reflekterer variasjonen i trafikk tetthet og spred-
ningsforhold i gata.

Langs Rådhusgata i Oslo var nivået av CO høyere i lokaler mot Rådhus-
gata enn mot bakgård, og de bygningene som hadde satt inn tiltak for å
forbedre luftkvaliteten (ventilasjonsanlegg) hadde lavere CO-innhold i
luft enn eldre bygninger uten tiltak (figur 6). CO-verdier målt i
uteluft var nær eller over grenseverdien på 9 ppm (8 timers middel-
verdi) mesteparten av tiden undersøkelsen pågikk.

CO absorberes raskt i blodet, men går ut igjen i løpet av noen timer.
Etter at luften kommer ned i lungene, kommer CO-konsentrasjonene raskt
i likevekt med CO i blodet. Derfor er CO-konsentrasjonen i utåndings-
luft en god indikator på CO i blod.

Konsentrasjoner av CO i blod (HbCO) eller CO i utåndingsluft (CO-EEB)
øker fort under eksponering for høye konsentrasjoner i luft. Mennesker
som lider av hjerte-kar-sykdommer bør ikke overskride 2,5% HbCO. Dette
nivået oppnås etter ca. 2 timers eksponering for 25 ppm CO. I Norge er

det anbefalt av Statens forurensningstilsyn at nivået i blod ikke bør overskride 1,5%.

Effekten av trafikkforurensning er liten i forhold til røyking, når det gjelder å øke CO-innhold i blodet. Selv om nivået av CO i blod hos de som ankom sin jobb i Rådhusgata med bil er høyere enn de som brukte buss eller tog, er forskjellen minimal (0,2%). Forskjellen mellom ikke-røykere og røykere er ca. 2,6%. Gjennomsnitt av HbCO hos ikke-røykere med arbeidsadresse i Rådhusgata oversteg aldri 0,7% verken om morgenen eller etter avsluttet arbeidsdag.

6 ERFARINGER FRA UNDERSØKELSEN

6.1 INSTRUMENTER

Metodeundersøkelsen har økt NILUs erfaring i bruk av instrumenter under de forhold undersøkelsen ble gjort. Nye instrumenter har vært utprøvd, og instrumenter som har vært i bruk en tid har blitt forbedret. Målinger med SODAR (sonic detecting and ranging) og bearbeiding og anvendelse av data fra denne typen instrument er en nyttig tilvekst til NILUs kompetanse. Målingene utført på Lillestrøm med alternative turbulensmålere og ventilerte temperaturfølere har gitt nyttig innsikt i målemetodenes fortrinn og svakheter under vinterforhold. Resultatene fra de kontinuerlige registreringene av NO_x (timesvise målinger) parallelt med døgnmiddelmålinger har allerede ført til at instrumentene er blitt vesentlig forbedret.

6.2 METODER

Sporstoffundersøkelsene har gitt svært viktige bidrag til å bedre forståelsen av spredningsprosessene i stabile vintersituasjoner, og av lokalbelastning på gateskala. Det har vist seg at bygninger har sterk innflytelse på spredningen selv under stabil sjiktning. Denne erfaringen må innarbeides i spredningsmodellene. Dette arbeidet er igang, og noe av erfaringene er presentert ved internasjonale møter og i tidsskrifter.

Målingene av nitrogenoksider har gitt oss et øket erfaringsmateriale og bedre forståelsen for dannelse og utbredelse av NO_2 i et byområde. Disse erfaringene er allerede utnyttet i utarbeidelsen av en meldetjeneste for luftkvalitet i Oslo og i trafikkovervåkingsprogrammet.

Bruken av enkle støvoppsamlingsmedia som mosebatter har vist seg å bare kunne gi kvalitative utsagn om utbredelse og variasjon i tid. Analyse av støvkomponentene har vist at de største kildene er olje- og vedfyring og biltrafikk (finstøv) og mineralstøv (grovstøv). Resuspensjon av støv i sentrale deler av byen, særlig i sterkt trafikkerte gater, er betydelig.

Eksposering av CO ved gater kan være betydelig, og innendørskonsentrasjonen i dårlig ventilerte lokaler som vender ut mot gatene, kan være like høy som konsentrasjonen i gatene. For den individuelle eksponeringen av CO er røyking viktigere enn trafikkforurensning.

VEDLEGG A

Rapporter fra metodestudien
og øvrige referanser

RAPPORTER FRA METODESTUDIEN

Følgende rapporter er utgitt som en del av prosjektet "Metodeundersøkelsen i byer og tettsteder".

Grønskei, K. (1989) Vertikalspredning over tettsteder under vinterforhold. Lillestrøm (NILU OR under arbeid).

Haugsbakk, I. (1987) Meteorologi og luftkvalitet, Lillestrøm vinteren 1985/86. Lillestrøm (NILU OR 10/87).

Haugsbakk, I. (1987) Meteorologi og luftkvalitet, Lillestrøm våren 1986. Lillestrøm (NILU OR 13/87).

Haugsbakk, I. (1987) Meteorologi og luftkvalitet, Lillestrøm sommeren 1986. Lillestrøm (NILU OR 14/87).

Haugsbakk, I. (1987) Meteorologi og luftkvalitet, Lillestrøm høsten 1985. Lillestrøm (NILU OR 18/87).

Haugsbakk, I. (1987) Meteorologi og luftkvalitet, Oslo. Høsten 1986. Lillestrøm (NILU OR 74/87).

Haugsbakk, I. (1987) Meteorologi og luftkvalitet, Oslo. Vinteren 1986-87. Lillestrøm (NILU OR 75/87).

Haugsbakk, I. (1988) Meteorologi og luftkvalitet, Lillestrøm, vinteren 1986-87. Lillestrøm (NILU OR 1/88).

Haugsbakk, I. (1988) Meteorologi og luftkvalitet, Lillestrøm, våren 1987. Lillestrøm (NILU OR 2/88).

Haugsbakk, I. (1988) Meteorologi og luftkvalitet, Oslo, våren 1987. Lillestrøm (NILU OR 11/88).

Haugsbakk, I. (1988) Meteorologi og luftkvalitet, Oslo. Sommeren 1987. Lillestrøm (NILU OR 30/88).

Haugsbakk, I. (1988) Metodeundersøkelsen i Oslo 1986-87. Måling av NO_x, CO og O₃. Lillestrøm (NILU OR 49/88).

- Haugsbakk, I. (1988) Metodeundersøkelsen i Oslo 1986-87. Måling av NO_x, CO og O₃. Delrapport A: St. Olavs gt. Lillestrøm (NILU OR 50/88).
- Haugsbakk, I. (1988) Metodeundersøkelsen i Oslo 1986-87. Måling av NO_x, CO og O₃. Delrapport B: Nordahl Brunsgt. Lillestrøm (NILU OR 51/88).
- Haugsbakk, I. (1988) Metodeundersøkelsen i Oslo 1986-87. Måling av NO_x, CO og O₃. Delrapport C: Rådhusgata. Lillestrøm (NILU OR 52/88).
- Haugsbakk, I. (1988) Metodeundersøkelsen i Oslo 1986-87. Måling av NO_x, CO og O₃. Delrapport D: Kontraskjøret. Lillestrøm (NILU OR 53/88).
- Haugsbakk, I. (1988) Metodeundersøkelsen i Oslo 1986-87. Måling av NO_x, CO og O₃. Delrapport E: Dronningparken. Lillestrøm (NILU OR 54/88).
- Haugsbakk, I. (1988) Metodeundersøkelsen i Oslo 1986-87. Måling av NO_x, CO og O₃. Delrapport F: Ullevål Nord. Lillestrøm (NILU OR 54/88).
- Haugsbakk, I. og Tønnesen, D.A. (1989) Atmospheric dispersion experiments at Lillestrøm 1986-1987. Data-Report. Lillestrøm.
- Larssen, S. NO_x-kjemi i byområder. Lillestrøm (NILU OR under arbeid).
- Schaug, J. (1989) Beregninger av kildebidrag til svevestøvforurensninger i Oslo. Lillestrøm (NILU OR under arbeid).
- Sivertsen, B. (1986) Forskning og metodeutvikling for undersøkelser av luftforurensning i byer og tettsteder. Plan. Lillestrøm (NILU OR 21/86).
- Tønnesen, D.A. (1988) Tilpasning av strålingsdata fra AWS-stasjoner. Lillestrøm (NILU IR 4/88).
- Tønnesen, D.A. (1988) SODAR målinger i Oslo, vinteren 1986/87. Lillestrøm (NILU TR 16/88).
- Tønnesen, D.A. (1989) Sporstoffundersøkelse i Rådhusgata 1987. Lillestrøm (NILU OR under arbeid).

ØVRIGE REFERANSER

Hertel, O., Berkowiz, R. (1989) Modelling NO₂ concentrations in a street canyon. Roskilde (DMV LUFT-A131).

Irwin, J., Gryning, S., Holtslag, A., Sivertsen, B. (1985) Atmospheric dispersion modelling based on boundary layer parameterization. EPA/100/3-85/056. US Environmental Protection Agency.

Larssen, S. (1989) Modell for bakgrunnsbidrag til NO₂-konsentrasjon i gater. Lillestrøm (NILU OR under arbeid).

Sorteberg, S. (1988) Vurdering av mosebagteknikk som metode ved luftforurensningsstudier i Oslo. Hovedfagsoppgave. Trondheim, kjemisk institutt, AVH.



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

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 78/89	ISBN-82-425-0094-0	
DATO SEPTEMBER 1989	ANSV. SIGN. <i>Storland</i>	ANT. SIDER 35	PRIS Kr 60.-
TITTEL Metodeundersøkelsen i byer og tettsteder. Sluttrapport		PROSJEKTLEDER B. Sivertsen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8545	
FORFATTER(E) D.A. Tønnesen og B. Sivertsen		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Målemetoder Spredningsforsøk Eksponering			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Det ble i 1986/87 gjennomført undersøkelse i Oslo og Lillestrøm for å belyse problemer ved spredning, NO ₂ -dannelse, svevestøvnivå og eksponering. Nye metoder for beregning av spredning i stabile vintersituasjoner tilpasses nå modeller for byområder. Kunnskapene om NO ₂ /NO _x -forholdets variasjon i byområdet er nå basert på måleresultater. Problemene omkring bevegelsen av svevestøv i et byområde (bl.a. resuspensjon) er fremdeles store. Undersøkelsen har belyst en del av disse. Målingene har også bidratt til å supplere utviklingen av eksponeringsmodeller som underlag for å vurdere helseeffekter.			

TITLE Study of methods for investigations of pollution in towns and cities. Final report.
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines)

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