

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR 27/78
REFERANSE: 22776
DATO: JUNI 1978

DIFFUSE UTSLIPP FRA EN SEMENTFABRIKK

AV

YNGVAR GOTAAS

OG

THOR CHRISTIAN BERG

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

ISBN 82-7247-032-2

FORORD

NORDFORSK godkjente i desember 1975 prosjektet "Mätning av diffuse stoftutsläpp" med deltakelse av Norge ved Norsk Institutt for Luftforskning (NILU), Danmark ved Dansk Kedelforening, Finland ved Statens Tekniska Forskningscentral og Sverige ved Statens Naturvårdsverk.

Finland har opplyst at det ikke er aktuelt med feltmålinger i Finland. De øvrige land har valgt å gjennomføre utprøving av målemetoder gjennom ett år. I Danmark skjer dette ved et kalkverk (Fredriksund). Sverige vil starte målinger nær et åpent lager av jernmalm (Oxeløund), mens en i Norge valgte en sementfabrikk (Brevik).

Måleprogrammet ved Brevik startet i september 1976 og ble avsluttet i september 1977. I Fredriksund kom målinger i gang i august 1977, mens måleprogrammet ved Oxeløund først vil starte utpå våren 1978.

Den foreliggende rapport behandler NILUs målinger ved Brevik, hvor A/S NORCEM Cementfabrikk, avdeling Dalen hele tiden har vist stor interesse og hjelpsomhet, ved blant annet å stille egne måledata til rådighet.

En samlet sluttrapport for NORDFORSK-prosjektet vil først kunne foreligge i slutten av 1979.

INNHALDSFORTEGNELSE

| | Side |
|--|------|
| FORORD | 3 |
| SAMMENDRAG | 7 |
| 1 INNLEDNING | 9 |
| 2 DET STASJONÆRE MÅLEPROGRAM | 10 |
| 2.1 Formål | 10 |
| 2.2 Instrumentering | 10 |
| 2.3 Støvmålinger | 11 |
| 2.3.1 NILU støvfallsamler | 11 |
| 2.3.2 CERL-støvsamler | 12 |
| 2.3.3 Svevestøvsamler-DKF | 12 |
| 2.4 Meteorologiske målinger | 13 |
| 2.4.1 Vind | 13 |
| 2.4.2 Temperatur | 13 |
| 2.4.3 Fuktighet | 13 |
| 3 RESULTATER FRA DET STASJONÆRE MÅLEPROGRAM | 14 |
| 3.1 Støvmålinger | 14 |
| 3.1.1 Midlere støvforurensning | 14 |
| 3.1.2 Variasjoner med høyden | 15 |
| 3.1.3 Korrelasjoner | 17 |
| 3.2 Meteorologiske data | 18 |
| 3.2.1 Vindmålinger | 18 |
| 3.2.2 Temperatur - Stabilitet - Fuktighet | 19 |
| 4 KORTTIDSMÅLINGER | 20 |
| 4.1 Formål | 20 |
| 4.2 Instrumentering | 20 |
| 4.3 Måleprogram | 21 |
| 4.4 Resultater | 22 |
| 5 RESULTATER AV SPESIELLE ANALYSER | 24 |
| 5.1 Analyser av kjemiske komponenter | 24 |
| 5.2 Mikroskopering | 25 |
| 5.2.1 Klinker støv | 25 |
| 5.2.2 Støvflak avsatt på vegetasjon i nærheten av bedriften | 25 |

| | Side |
|--|------|
| 6 STØVKONSENTRASJONER BEREGNET FRA OPPGITT UTSLIPPS- | |
| DATA | 25 |
| 6.1 Utslipp | 25 |
| 6.1.1 Gruppe I | 26 |
| 6.1.2 Gruppe II | 26 |
| 6.1.3 Gruppe III | 27 |
| 6.1.4 Ukontrollerte utslipp | 27 |
| 6.2 Beregnede konsentrasjoner av svevestøv | 27 |
| 6.3 Beregnet støvnedfall | 28 |
| 7 KONKLUSJONER | 30 |
| 8 REFERANSER | 32 |
| 9 FIGURER | 33 |

VEDLEGG er samlet i en separat rapport:

VEDLEGG A - støvmålinger

VEDLEGG B - meteorologiske data

VEDLEGG C - kortperiodiske måledata

SAMMENDRAG

NILU har i perioden september 1976 - september 1977 foretatt målinger av svevestøv og støvnedfall utenfor en sementfabrikk (A/S Norcem ved Brevik).

Hensikten var å finne fram til metoder for å bestemme støvutslipp ved målinger utenfor fabrikk(kilde)-området. I første rekke var formålet å utprøve måleutstyr, dernest å finne i hvilken grad en kan nytte måleresultatene og spredningsberegninger til å estimere størrelsen av utslippene. Det var her av stor hjelp at bedriften selv hadde en god utslippsoversikt.

Støvnedfall og svevestøvkonsentrasjoner ble målt på en sentral stasjon i 250 m avstand utrustet med en 25 m mast. Her ble også meteorologiske parametre registrert. Tilsvarende målinger ble foretatt på en referansestasjon i 500 m avstand.

For nedfallsstøv ble brukt samler av type NILU (sylinder med horisontal samleflate), for vindblåst støv en CERL-samler (sylinder med vertikal spalteåpning) og for svevestøv en samler utviklet av Dansk Kedelforening (DKF).

DKF-samleren viste en liten, men reell, økning av svevestøvkonsentrasjonen med høyden. CERL-samleren ga sterkt økende støvmengde med høyden, en økning som noenlunde tilsvarende økningen i partiklens kinetiske energi som følge av vindøkningen med høyden. NILU-samleren viste svakt avtagende verdier med høyden over bakken.

I noen korte perioder (av noen timers varighet) ble størrelsesfordelingen av partiklene i svevestøvet målt i ulike avstander fra fabrikk med en kaskade-impaktor av type Sierra.

Resultatene fra de kortperiodiske målingene, sammen med værdata og spredningsberegninger, ga et godt grunnlag for estimering av utslippene. Det lot seg bl.a. gjøre å skille bidraget fra

lave kilder fra skorsteinsutslippene. Fraksjonert prøvetaking, analyse og mikroskopering av støvet var til stor hjelp.

Estimering av støvnedfall basert på utslipp- og beregnede konsentrasjonsverdier gir svært usikre resultater.

Korrelasjonen mellom målt nedfall og målte støvkonsentrasjoner var heller ikke høy.

DIFFUSE UTSLIPP FRA EN SEMENTFABRIKK

1 INNLEDNING

Ved diffuse utslipp er det vanlig å forstå utslipp av gasser eller partikler som ikke skjer gjennom skorsteiner eller tilsvarende innretninger som har til hensikt å kontrollere utstrømningen. De kan utgjøre en betydelig andel av totalutslippet fra en virksomhet.

Betydelige utslipp av partikulære forurensninger skjer ofte ved håndtering og lagring av finkornet materiale. De kan reduseres ved forskjellige tiltak som ved innbygging av lagre og transportbånd, fukting av lagerhauger, reduisering av fallhøyder, m.v.

For å kunne gi rettleiding og påbud om forebyggende tiltak slik at grenseverdier for støvbelastningen i omgivelsene kan overholdes, trengs det metoder for måling og bestemmelse av diffuse utslipp. Dette er felles problemer for de nordiske land. NORDFORSK har derfor godkjent et prosjekt med målsetning å komme frem til målemetoder av diffuse støvutslipp.

De største utslippene av støv fra A/S NORCEMs fabrikk i Dalen i Brevik skjer gjennom høye skorsteiner. En betydelig del skjer også gjennom lave skorsteiner, mens endel stammer fra en rekke lave og spredte punktutslipp. Videre skjer uspesifiserte utslipp fra lager, transport osv. For prosjektets formål, utprøving av målemetoder for bruk utenfor et fabrikkområde når størrelsen av utslippene er ukjent, er det imidlertid hensiktsmessig å regne alle utslipp for diffuse, unntatt de som skjer gjennom de høye skorsteinene.

Støvnedfall og svevestøvkonsentrasjoner ble målt gjennom ett år (sept. 76 - sept. 77) på en sentral stasjon utrustet med en 25 m mast. Her ble samtidig registrert vind og temperaturdata. Størrelsesfordelingen av partikler i svevestøvet i ulike avstander ble målt i noen korte perioder (av noen timers varighet) i mai og juni 1977. (Korttidsmålingene ble delvis nyttet av G. Wedde som eksamensarbeid levert til University of Leeds, England).

2 DET STASJONÆRE MÅLEPROGRAM

2.1 Formål

Hensikten med det stasjonære måleprogram var å finne frem til metoder for å bestemme støvutslipp ved målinger gjennom lengre tid på et punkt utenfor fabrikk (kilde)-området. Formålet var i første rekke å utprøve utstyr, dernest å finne i hvilken grad en kan nytte resultatene av målingene til å bestemme størrelsen av utslippene. Her var det til stor hjelp at bedriften selv har god utslippsoversikt. Fabrikken ligger innerst i en bukt omgitt av hauger og åser av varierende høyde. Det kupert terreng gjorde det vanskelig å finne frem til et egnet sted for plassering av en instrumentert mast. Nord for fabrikk, i den fremherskende vindretning, var det ikke mulig å finne en plassering i ønsket avstand av et par hundre meter. Det endte med et punkt ca 200 m sørøst for fabrikkområdet, hvor en kunne regne med stor støvbelastning i følge fabrikkens egne målinger av støvnedfall. Figur 1 viser stasjonsplasseringen og terrenget rundt fabrikk.

2.2 Instrumentering

De fleste målingene ble utført i en 25 m høy mast utstyrt med en kjørbar plattform samt i en 10 m teleskopmast.

Det ble også utført støvmålinger 400 m sørøst for fabrikkens ved stasjonen Nordstrøm. Denne stasjonen inngår forøvrig i fabrikkens eget faste stasjonsnett.

En oversikt over måleopplegget er vist i tabell 1.

Tabell 1: Instrumentering

| | HOVEDSTASJON | | | NORDSTRØM |
|-------------|--------------|------|------|-----------|
| | mast | | | |
| | 2 m | 10 m | 25 m | |
| <u>STØV</u> | | | | |
| NILU | x | x | x | x |
| CERL | x | x | x | x |
| DKF | x | x | x | |
| <u>MET</u> | | | | |
| VIND | | | x | |
| TEMP | | | x | |
| TEMPDIFF | | x | x | |
| DUGGPUNKT | | x | | |

2.3 Støvmålinger

2.3.1 NILU støvfallsamler

Til måling av støvnedfall ble det på alle 4 målepunkter brukt NILU støvfallsamler type SF1 med høyde 400 mm og samleåpning på 200 mm diameter. Støvfallsamleren samler støv som faller av sin egen tyngde, støv som føres ned med nedbøren og støv som avsettes ved turbulent avsetning. Den er vist i detalj i figur 2.

Støvfallsamlerne ble ved utsetting tilsatt 500 ml vann med 30 ml etylenglykolmonometyleter som antifrostvæske. Hensikten med væsken er å gi en fuktig overflate inne i samleren, en overflate som holder på støvet som faller i den. Det hendte imidlertid i tørre perioder at all væske var fordampet etter en måneds eksponering.

2.3.2 CERL-støvsamler

Til oppsamling av vindblåst støv ble det benyttet en samler utviklet av Central Electricity Research Laboratory (CERL) i England (1). Denne er vist i figur 3.

Denne støvsamleren er i realiteten en impaktor. Partikler som føres med vinden vil kunne fortsette inn i samleren gjennom den vertikale spalten mens luftstrømmen bøyer av. De fleste partikler over en viss størrelse vil avsettes. Denne grensestørrelse er i teorien omvendt proporsjonal med kvadratroten av vindhastigheten. I tillegg får man også her turbulent avsetning ved åpningen.

Da en kunne regne med støv vesentlig fra én hovedretning ble det besluttet å bruke bare en samler rettet mot fabrikk på hvert målepunkt. Spalteåpningen er 45 x 340 mm. Ved innhenting av prøver hver måned ble støv på veggene i beholderen spylt ned i oppsamlingsflasken under. Denne ble så skrudd av og ny påsatt.

2.3.3 Svevestøvsamler-DKF

Denne svevestøvsamler er utviklet av Dansk Kedel Forening (DKF) og produsert av Reciprotor. En skisse av inntakssonden med filter er vist i figur 4. Instrumentet er en modifisert utgave av den tyske LIB-sonden som er standardisert i Tyskland for prøvetaking av totalt svevestøv.

Svevestøvfilteret er montert i en modifisert Sartorius filterholder med diameter 47 mm. Luftstrømmen er innstilt til 44 l/min og gir en hastighet på 53 cm/s i inntaktstrakten. De største partikler som kan komme med i prøven er derved nær 200 μm i diameter. Denne øvre cut-off størrelse er nesten uavhengig av vindhastigheten for hastigheter mindre enn ca 10 m/s (2). Normalt eksponeres et filter i 6-24 timer avhengig av støvmengden i luften. For å oppnå en midlere månedsverdi ble hvert enkelt

filter bare koblet inn i 2 minutter hver hele time. Filtertypen var 47 mm Gelman Acropor med 0.8 μm porestørrelse.

2.4 Meteorologiske målinger

De meteorologiske parametre ble målt og registrert av en NILU automatisk værstasjon. Denne har en prøvetakingsfrekvens på 5 min (øyeblikksverdier) på 12 kanaler. Data lagres på magnetbånd i digital form.

2.4.1 Vind

Vindretning ble målt med en enkel vindfane. Vindhastigheten (vindvei) ble målt med et koppanemometer med 3 kopper. Oppløselighet for vindretningen er 0.5 grader og for vindhastigheten 0.1 m/s.

2.4.2 Temperatur

Som temperaturfølere ble det benyttet Platina motstands-termometre (1000 ohm). Oppløselighet for temperatur var 0.1 $^{\circ}\text{C}$ og for temperaturdifferensen 0.05 $^{\circ}\text{C}$.

For å redusere feilavlesning ved vindstille var temperaturfølerne skjermet for direkte solstråling.

2.4.3 Fuktighet

Luftfuktigheten ble målt med en Aanderaa duggpunktføler, type 2211. Relativ fuktighet ble utregnet fra temperaturen. Duggpunktføleren består av et speil avkjølt med en Peltier-kjøler til det dugger og deretter holdt på duggpunktet ved hjelp av en termostat. Temperaturen på speilet ble målt med en termistor. Den relative fuktighet regnes ut fra differensen mellom duggpunktet og lufttemperaturen. Nøyaktigheten blir nær en prosent RH.

3 RESULTATER FRA DET STASJONÆRE MÅLEPROGRAM

3.1 Støvmålinger

3.1.1 Midlere støvforurensning

Innholdet av såvel vannløselig som vannuløselig støv i NILU og CERL-samlerne ble bestemt hver måned ved veiing. Videre ble væskevolumet, pH-verdien, sulfat og kalsium-mengden bestemt. Støvmengden på filteret i DKF-prøvetakeren ble også funnet ved veiing.

Middel og standardavvik av samtlige målinger er vist i tabell 2. Enkeltmålingene er gitt i datavedlegg A.

Tabell 2: Middel- og standardavvik av månedsverdier fra det faste måleprogram.

| Målested | Støvnedfall NILU-måler | | | | | | Vindblåst støv CERL-samler | | | Totalt svevestøv DKF-samler µg/m ³ |
|--------------------|---------------------------|--------------|------|-------------------------|------------|-----------|-------------------------------|--------------|-------|---|
| | Uløst g | Løselig g | pH | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Vol ml | Uløst g | Løselig g | pH | |
| <u>Mast - 2 m</u> | | | | | | | | | | |
| Middel | 2.30 | 0.50 | 9.57 | 106 | 75 | 1965 | 0.30 | 0.06 | 9.55 | 53.9 |
| standard | 1.25 | 0.25 | - | 40 | 32 | 2107 | 0.34 | 0.04 | - | 19.9 |
| avvik | | | | | | | | | | |
| antall obs. | 12 | 12 | - | 11 | 11 | 11 | 12 | 4 | - | 8 |
| <u>Mast - 10 m</u> | | | | | | | | | | |
| Middel | 2.10 | 0.44 | 9.62 | 113 | 74 | 1627 | 0.76 | 0.13 | 9.74 | 59.4 |
| standard | 1.16 | 0.27 | - | 39 | 32 | 1956 | 0.77 | 0.07 | - | 19.9 |
| avvik | | | | | | | | | | |
| antall obs. | 12 | 12 | - | 12 | 12 | 10 | 12 | 4 | - | 8 |
| <u>Mast - 25 m</u> | | | | | | | | | | |
| Middel | 2.04 | 0.41 | 9.65 | 113 | 70 | 1256 | 1.64 | 0.21 | 10.84 | 65.6 |
| standard | 1.21 | 0.22 | - | 37 | 34 | 1648 | 1.41 | 0.17 | - | 23.7 |
| avvik | | | | | | | | | | |
| antall obs. | 12 | 12 | - | 12 | 12 | 9 | 12 | 4 | - | 8 |
| <u>Nordstrøm</u> | | | | | | | | | | |
| Middel | 1.45 | 0.42 | 9.21 | 81 | 70 | 2087 | 0.37 | 0.09 | 9.55 | - |
| standard | 0.92 | 0.19 | - | 32 | 28 | 2150 | 0.43 | 0.04 | 1.52 | - |
| avvik | | | | | | | | | | |
| antall obs. | 12 | 12 | - | 12 | 12 | 11 | 12 | 4 | 5 | - |

Volumverdien for NILU-samleren angir nedbørmengde minus fordampet vannmengde.

Det midlere totale støvnedfall i 2 m (vannløselig pluss vannuløselig) for de 12 måneder svarer til $89 \text{ g/m}^2/30$ døgn på hovedstasjonen og $60 \text{ g/m}^2/30$ døgn på stasjonen Nordstrøm. Den høyeste månedsverdi ble målt i 2 m i juni 1977 på hovedstasjonen, og tilsvarer $146 \text{ g/m}^2/30$ døgn.

CERL-samleren fanger opp støvet gjennom en loddrett spalte og kan ikke uten videre sammenliknes med NILU samleren. (En enkel omregning gir imidlertid verdier av samme størrelsesorden ved å betrakte spalteåpningen på 153 cm^2 som et oppsamlingsareal sammenliknet med NILU-samlerens areal på 314 cm^2 .)

CERL-verdiene kan omregnes til støvkonsentrasjoner ved å bruke en midlere vindhastighet for støvtransporten innmot spalteåpningen. Middelhastigheten i 25 m var 2.5 m/s . Det gir en midlere konsentrasjon på $9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. CERL-samleren har imidlertid meget lav oppsamlingseffektivitet ved en så lav vindhastighet (3). Verdien er derfor altfor lav i forhold til den virkelige totale konsentrasjon av vindblåst støv. DKF-samleren ga en midlere total svevestøvkonsentrasjon på ca $60 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, noe avhengig av høyden.

En kvalitativ mikroskopering av partiklene på filterne viste:

- at den vesentlige andel bestod av partikler med diameter mindre enn $3 \text{ } \mu\text{m}$
- at middeldiameteren var noe større i 2 m høyde enn i 10 m
- at det var få partikler $> 10 \text{ } \mu\text{m}$ og bare enkelte $> 20 \text{ } \mu\text{m}$
- at nær 10% av partiklene var forbrenningsprodukter.

3.1.2 Variasjoner med høyden

For å kunne sammenlikne variasjonen med høyden av de ulike elementer har en dividert de målte verdier med de tilsvarende verdier i 2 m.

Forholdstallene er gitt i tabell 3 og vist grafisk i figur 5. Enkeltverdier for hver måned er gitt i datavedlegg A.

Tabell 3 viser også hvordan vindhastigheten teoretisk varierer

med høyden under forskjellige stabilitetsforhold og med en ruhetsparameter på 0.5 m. Forventet effekt av forskjellen i vindhastighet under nøytrale forhold er antydnet på figur 5.

I NILUs støvsamler avtar væskevolumet med høyden. Fra 10 m til 25 m tilsvare avtagningen en økende fordampning proporsjonal med vindhastigheten, mens den er langsommere fra 2 m til 10 m. Mengden vannløselig og vannuløselig støv avtar bare lite med høyden. En vil ikke vente en vesentlig endring i oppsamlings-effektiviteten på grunn av endringene i vindhastighet med høyden.

Tabell 3: Variasjonen med høyden uttrykt ved forholdstall.
NS: Stasjon Nordstrøm.

U = vannuløselig støv σ = standard avvik
L = vannløselig støv N = antall datasett

| | 10m/2m | 25m/2m | NS/2m |
|----------|--------|--------|-------|
| NILU VOL | 0.64 | 0.42 | 1.10 |
| σ | 0.04 | 0.04 | 0.01 |
| N | 10 | 9 | 11 |
| NILU U | 0.94 | 0.95 | 0.64 |
| σ | 0.02 | 0.09 | 0.04 |
| N | 12 | 12 | 12 |
| NILU L | 0.89 | 0.88 | 0.86 |
| σ | 0.11 | 0.06 | 0.02 |
| N | 12 | 12 | 12 |
| CERL U | 2.63 | 6.22 | 1.39 |
| σ | 1.05 | 0.67 | 0.96 |
| N | 12 | 11 | 11 |
| CERL L | 1.80 | 3.20 | 1.56 |
| σ | 0.39 | 0.16 | 0.32 |
| N | 4 | 4 | 4 |
| DKF | 1.12 | 1.22 | - |
| σ | 0.01 | 0.05 | - |
| N | 8 | 8 | - |

For CERL-samleren er variasjonen meget merkbar med høyden. Økningen av vannløst støv svarer temmelig nøyaktig til økningen av partiklenes kinetiske energi, dvs med kvadratet av vindhastigheten. Mengden vannuløselig støv øker ennå raskere.

Økningen med høyden kan derved i stor grad antas å skyldes endringer i prøvetakerens oppsamlingseffektivitet med vindhastigheten, og gir ikke uttrykk for en reell økning i innholdet av store partikler med høyden.

DKF-samleren viser en svak økning av støvkonsentrasjonen med høyden, ca. 22 prosent fra 2 til 25 m. Oppsamlingseffekten varierer teoretisk ikke med vindhastigheten (2). Denne svake økning med høyden må derfor antas å være reell.

Tabell 4: Endring av vindhastighet med høyden for forskjellige stabiliteter og med ruhetsparameter lik 0.5 m.

| | 25m/2m | 10m/2m | $T_{25} - T_2$ |
|---------|--------|--------|----------------|
| Ustabil | 1.6 | 1.4 | -1°C |
| Nøytral | 2.3 | 1.8 | ≈ 0°C |
| Stabil | 2.7 | 2.0 | +1°C |

3.1.3 Korrelasjoner

I tabell 4 er sammenhengen mellom de forskjellige målte verdier uttrykt ved korrelasjonskoeffisienter.

Tabell 5: Korrelasjonskoeffisienter

U = vannløselig støv

L = vannløselig støv

| <u>2 m</u> | DKF ¹⁾ | CERL-U | NILU-U |
|-------------|-------------------|--------|--------|
| DKF | 1.00 | | |
| CERL-U | 0.04 | 1.00 | |
| NILU-U | -0.12 | 0.62 | 1.00 |
| NILU-O | 0.18 | 0.52 | 0.36 |
| <u>10 m</u> | DKF ¹⁾ | CERL-U | NILU-U |
| DKF | 1.00 | | |
| CERL-U | -0.10 | 1.00 | |
| NILU-U | -0.04 | 0.66 | 1.00 |
| NILU-O | 0.02 | 0.36 | 0.42 |

| <u>25 m</u> | DKF ¹⁾ | CERL-U | NILU-U |
|------------------|-------------------|--------|--------|
| DKF | 1.00 | | |
| CERL-U | -0.41 | 1.00 | |
| NILU-U | -0.34 | 0.61 | 1.00 |
| NILU-O | -0.06 | 0.30 | 0.30 |
| <u>NORDSTRØM</u> | DKF ¹⁾ | CERL-U | NILU-U |
| CERL-U | - | 1.00 | |
| NILU-U | - | 0.60 | 1.00 |
| NILU-O | - | 0.34 | 0.25 |

1) 8 datasett

Korrelasjoner med vannløselig støv i CERL-samleren er ikke tatt med i tabell 5, da det bare foreligger 4 målinger, hvorav 3 er nær sammenfallende. Det fører til enkelte urealistiske høye korrelasjonskoeffisienter (nær 1.00). Det er naturlig å korrelere de totale støvmengder (vannløselig pluss vannuløselig). Med bare 4 datasett ville de gi varierende korrelasjonskoeffisienter fra 0.08 til 1.00, mens tilsvarende verdier for den vannuløselige del (12 datasett) i tabell 4 ligger mellom 0.61 og 0.66. Det er den vannuløselige andel som dominerer de totale støvmengder.

Forøvrig er det som en kan vente svært dårlig korrelasjon mellom målte svevestøvkonsentrasjoner (DKF-samler) og målt støvnedfall i NILU-samler, samt med oppsamlet støv i CERL-samleren.

Mellom vannvolumene målt med NILU-prøvetakeren i 2 m ved masten og på stasjonen Nordstrøm er det god sammenheng. Korrelasjonskoeffisienten (11 datasett) blir 1.00.

3.2 Meteorologiske data

3.2.1 Vindmålinger

Frekvensfordelinger av vindretning og vindhastighet for hver

måned (med unntak for desember 1976, hvor retningsregistreringer mangler) er tatt med i Appendiks B. Det viser seg overaskende nok at vind i sektoren fra fabrikkområdet til hovedstasjonen (nordvest) forekommer sjelden, bare noen få prosent av tiden. Dette stemmer dårlig med de høye støvverdier som er målt. Videre er stasjonen Nordstrøm, som ligger i samme sektor, den av NORCEMs egne stasjoner som viser størst støvbelastning.

Observasjoner av røyken fra de høye skorsteinene utføres rutinemessig to ganger pr dag. Videre foreligger vindstatistikk fra stasjon Ås (25 m mast) på høydedraget nord for fabrikk mellom Frierfjorden og Eidangerfjorden, (se figur 7). Tidligere undersøkelser viser at stasjonen gir representative verdier for de midlere vindforhold over nedre Telemark.

Figur 6 viser hvordan en fremherskende vindretning over distriktet fra nordvest forskyves til nord i NILU-masten og til nordøst for skorsteinsrøyken. Nordøst svarer til retning ut Eidangerfjorden. De høye støvverdier på NILU-stasjonen og på Nordstrøm må derfor skyldes at lokale virveldannelser ikke fører støvet rettlinjet til disse målestasjonene. Videre er det nærliggende å tro at det vesentlige støvbidrag kommer fra relativt lave kilder.

3.2.2 Temperatur - Stabilitet - Fuktighet

Den termiske stabilitet ble målt kontinuerlig som forskjellen i temperatur mellom 25 m og 2 m i masten. Hensikten var å nytte den i spredningsberegninger sammen med vindmålingene. Men delvis fordi det som nevnt over opptrer problemer ved bruk av registrerte vindretninger, men også fordi stabiliteten anses lite representativ for spredningen fra skorsteinene, ble det lite aktuelt med spredningsberegninger for hver måned. Tabeller som viser middel og ekstremverdier for hver måned er imidlertid tatt med i vedlegg B. Tabellene viser også døgnlige variasjoner.

4 KORTTIDSMÅLINGER

(basert på eksamensarbeid av G. Wedde til University of Leeds, Department of Fuel and Combustion, England).

4.1 Formål

Kortvarige målinger ble utført 15-16 mai og 28-29 juni 1977 for å bestemme størrelsesfordelingen av partiklene i svevestøvet i forskjellige avstander fra fabrikken og i forskjellige høyder i 25 m masten.

4.2 Instrumentering

Det ble brukt en kaskade-impaktor av type Sierra. I denne impaktoren skilles partiklene i 6 størrelsesfraksjoner (i området 7 - 0.5 μm) ved hjelp av impaktor-trinn. Hvert trinn består av en rekke parallelle spalter hvis bredde avtar for hvert trinn, slik at finere og finere partikler avsettes etterhvert som hastigheten øker. Partiklene avsettes på filterflater. På siste trinn avsettes de fineste partiklene ($< 0.5 \mu\text{m}$) i et absoluttfiler (bunnfilter). Volumhastigheten er 1.1 m^3/min .

Avsetningen skjer i henhold til partiklenes ekvivalente aerodynamiske diameter (EAD). Tabell 5 viser partikkeldiameter for 50% oppsamlingseffekt på hvert trinn for sfæriske partikler med tetthet 1 g/cm^3 (EAD) og for sfæriske sementpartikler med tetthet 3.3 g/cm^3 .

Tabell 6: Cut-off diameter for Sierra impaktor

| Trinn nr | Cut-off diameter EAD | |
|----------|--------------------------------|----------------------------------|
| | $\rho=1 \text{ g}/\text{cm}^3$ | $\rho=3.3 \text{ g}/\text{cm}^3$ |
| 1 | 7.2 μm | 4.0 μm |
| 2 | 3.0 " | 1.6 " |
| 3 | 1.5 " | 0.8 " |
| 4 | 0.95" | 0.5 " |
| 5 | 0.5 " | 0.23" |

Det er vanlig å bruke den eksisterende aerodynamiske diameter, EAD, for å karakterisere størrelsen av partikler som avsettes i en kaskadeimpaktor.

Tabell 7 viser resultatet av en mikroskopering av et filtersett eksponert under korttidsmålingene.

Tabell 7: Resultat av mikroskopering - Sierra impaktor

| filter nr | midlere diameter, μm |
|------------|--|
| 1 | 1-10 |
| 2 | 1- 5, noen få > 10 |
| 3 | \approx 2 |
| 4 | \approx 2 |
| 5 | \approx 1 |
| bunnfilter | < 1, men noen få 10 μm og enkelte 20 μm |

Overenstemmelsen med de oppgitte verdier i tabell 6 er bra, men det viser seg at enkelte større partikler slipper gjennom til bunnfilteret.

4.3 Måleprogram

Målestedene er vist i figur 7. Prøvene tatt i avstand av 1500 m (punkt A) var antatt å få sitt vesentlige bidrag fra de høye skorsteinene, men mastemålingene sannsynligvis vil få sitt vesentlige bidrag fra de lavere kilder. Det ble forøvrig foretatt målinger i 600 m (B) og på riksveien (R) nær det halvåpne klinkerlageret (under ombygging).

Filtrene ble veiet før og etter prøvetaking, og kalsium- og kaliuminnholdet ble bestemt ved atomabsorpsjon i et syreuttrekk (i 1N salpetersyre).

4.4 Resultater

Det ble tidlig observert at det var kommet en betydelig mengde større partikler på bunnfilteret, spesielt langs ytterkantene. Bidraget fra etterfiltrene er tatt med i utregningen av totale konsentrasjoner, men utelatt i presentasjonen av kumulative fordelinger. Avsetninger på toppen av den øverste platen ble vasket av og addert til mengden på første trinn.

Konsentrasjoner av enkelte komponenter i støvet som Ca og K lar seg bestemme langt nøyaktigere enn den totale støvmengden. Målte konsentrasjoner av Ca og K er gitt i vedlegg C.

Tabell 8 viser masse median diameter (M.M.D) og det geometriske standard avvik, σ_g , basert på samtlige calcium-analyser.

Tabell 8: Massemedian-diameter (MMD) av Ca-holdig støv.
 σ_g = geometrisk standard avvik

| Sted (avstand/høyde) | MMD - μm (EAD) | σ_g |
|-------------------------|------------------------------|------------|
| A - 1500 m | 4.2 | 3.2 |
| B - 700 m | 5.2 | 3.7 |
| C - riksvei | 3.0 | 3.8 |
| Mast - 25 m | 6.6 | 3.5 |
| Mast - 1 m | 6.2 | 4.5 |

Figur 8 viser de kumulative fordelinger av partikler ved de ulike målesteder basert på kalsiuminnholdet. Også her er bunnfilteret utelatt.

Tabell 9 viser estimerte konsentrasjoner av svevestøv basert på gravimetrisk målinger. (Enkelte verdier ble negative og er utelatt). Detaljerte måledata for de enkelte dager er vist i vedlegg C. Det er bare i den største avstand, pkt A, at en ikke finner en topp i størrelsesfordelingen knyttet til plate 1 ($> 7 \mu\text{m}$). Bunnfilteret representerer også en topp i fordelingen som utgjør fra 34 til 58 prosent av den totale partikkelmengde. I tabellen er også værforholdene (stabilitet og vind) tatt med.

MMD og σ_g er bestemt bare for størrelsesfordelingen av partikler større enn 0.5 μm EAD, idet en har sett bort fra bunnfilteret i denne analysen. En har gjort dette, fordi mikroskoperingen viste et visst antall av store ($> 10 \mu\text{m}$) partikler på dette bunnfilteret, der øvre partikkeldiameter burde være i nærheten av 0.5 μm . Reell MMD for hele partikkelfordelingen ligger vesentlig lavere enn tallene i tabell 8 viser, sannsynligvis i nærheten av 1.0 - 1.5 μm EAD.

Tabell 9: Konsentrasjoner av svevestøv, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| Avstand (høyde) Trinn μm | A 1500 m | B 700 m | MAST (250 m) | | R 50-100 m | KLINKER 10 m |
|---|--------------------------|------------|-----------------|-------|-------------------|-----------------|
| | | | (25 m) | (1 m) | | |
| | | | > 7 | 21 | | |
| 3-7 | 58 | 41 | 68 | 21 | 120 | 46 |
| 1.5-3 | 36 | 24 | 38 | 12 | 96 | 35 |
| 0.95-1.5 | 23 | 27 | 33 | 9 | 120 | 21 |
| 0.5-0.95 | 14 | 17 | 21 | 0 | 23 | - |
| <0.5 (bunnfilter) | 100 | 122 | 124 | 53 | 775 | 307 |
| % på bunnfilter | 43 | 43 | 34 | 46 | 58 | 57 |
| TOTALT | 234 | 287 | 366 | 115 | 1346 | 539 |
| VÆR | DAG Nøytralt/ustabilt | | NATT STABILT | | Nøytralt/ustabilt | |
| | 5 m/s | | 2 m/s | | | |

Størrelsesfordelinger gitt i form av frekvensfordelinger (histogram) er vist i vedlegg C. Arealet under kurvene er proporsjonale med partikkelkonsentrasjonen i det tilsvarende størrelsesområde. Fordelingene fra alle steder unntatt langs riksveien (R) er stort sett bimodale med størst frekvens i områdene 1-1.5 μm og 3.0-7.2 μm . Det ble funnet mest Ca i de største partiklene og nær fabrikken. En må imidlertid igjen være oppmerksom på at bunnfilteret, med partikler vesentlig under 0.5 μm ikke er med.

5 RESULTATER AV SPESIELLE ANALYSER

5.1 Analysen av kjemiske komponenter

Tabell 10 viser analyseresultater av komponenter i uopløst støvfall i september 1976. Forskjellen er liten mellom ulike høyder og mellom NILU og Nordstrøm stasjonene.

Tabell 10: *Vannløselig støv i NILU-samler i 2 m, september 1976. enhet: mg.*

| | SO ₄ | Ca | K | Mg | Na | Cl | NO ₃ | NH ₄ |
|------|-----------------|------|------|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 2 m | 55.9 | 49.7 | 9.8 | 3.4 | 3.5 | 5.1 | 6.4 | - |
| 10 m | 53.5 | 42.6 | 9.5 | 3.6 | 3.5 | 5.0 | 6.2 | 0.7 |
| 25 m | 49.0 | 35.3 | 9.7 | 3.4 | 3.8 | 5.1 | 6.6 | 0.4 |
| NS | 53.5 | 53.1 | 12.0 | 3.4 | 3.8 | 5.8 | 5.9 | 0.5 |

Midlere innhold av Ca og K i vannløselig støv, midlet over hele måleperioden er vist i tabell 11.

Tabell 11: *Midlere innhold av Ca og K i vannløselig støv*

| | NILU | | | CERL | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| | Ca % | K % | Ca/K | Ca% | K % | Ca/K |
| 2 m | 33 | 0.13 | 259 | 33 | 0.11 | 315 |
| 10 m | 34 | 0.11 | 311 | 33 | 0.12 | 278 |
| 25 m | 35 | 0.10 | 350 | 36 | 0.10 | 347 |
| NS | 33 | 0.11 | 296 | 33 | 0.08 | 394 |

Tabellen viser meget små variasjoner, såvel med høyden som mellom de to prøvetakere.

5.2 Mikroskopering

5.2.1 Klinker støv

| Partikler diameter, μm | Antall i prosent |
|--------------------------------------|---------------------|
| > 100 | 57 |
| 50 - 100 | 35 |
| 10 - 50 | 7 |
| 3 - 10 | 0.4 |

5.2.2 Støvflak avsatt på vegetasjon i nærheten av bedriften

Dette er store, hvite flak, for det meste mellom 50-100 μm , men som også kan være 1 mm eller større i diameter. Det skriver seg trolig fra skorsteinsutslippet fra de to ovner med våtprosess (ovn 3 og ovn 6) under spesielle forhold. Mikroskoperingen viste at de består av agglomererte småpartikler mindre enn 2 til 3 μm i diameter. De inneholdt mye karbonat og lite kalsit.

6 STØVKONSENTRASJONER BEREGNET FRA OPPGITTE UTSLIPPSDATA

6.1 Utslipp

Bedriften foretar jevnlig målinger og beregner utslipp fra mer enn 40 forskjellige utslippspunkter.

I tabell 12 er de midlere utslipp for 1ste halvår 1977 samlet i tre grupper.

Tabell 12: Støvutslipp

| Gruppe | Kilde (høyde over bakken) | Samlet støvutslipp | Midlere utslipp, temp., skorsteinsdiam., utslippshastighet. |
|--------|--|-----------------------|---|
| I | 4 stk 80 m høye skorsteiner (fra roterovner) | 49 g/s | 130 000 Nm ³ /h 150 °C 4 m 4.5 m/s |
| II | 4 stk 35 m høye skorsteiner (fra kjølere) | 27 g/s | 88 600 Nm ³ /h 140 °C 1.8 m 14.5 m/s 1) |
| III | Råmelsmølle Cementmølle Klinkerlager og andre lagre. | 5.5 g/s | Utslipp i ulike høyder fordelt over fabrikkområdet |

1) ikke fritt utløp over pga hette.

6.1.1 Gruppe I

Denne gruppe omfatter utslipp som har passert elektrofiltre og består av partikler mindre enn 5-10 µm, dvs så små at fallhastigheten ikke får stor betydning i spredningsberegningene. Den målte størrelsesfordeling i 1500 m avstand bekrefter dette. Den agglomerering av partikler som forekommer har en her måttet se bort fra i beregningene. En har videre betraktet utslippet som et enkelt punktutslipp (med overhøyde).

6.1.2 Gruppe II

Gruppe II representerer støvutslipp som har passert sandfiltre. Bidraget av større partikler er vesentlig større enn i gruppe I, men som en første tilnærming vil en også her se bort fra fallhastigheten. Utslippet har en betydelig vertikalhastighet som sammen med varmeoverskuddet burde gi relativt stor overhøyde. Men utstrømmingen er ikke fri, da det er plassert hetter over utløpene. Utslippene trekkes derfor helt eller delvis inn i

virvler bak og over bygningsmassen. Det er derfor ikke lett å avgjøre overhøyden eller i hvilken grad det er berettiget å bruke en volumkilde (utslippene fra et volum gitt av fabrikkens areal x effektiv utslippshøyde).

6.1.3 Gruppe III

For denne gruppe må det brukes en volumkilde. Størrelsesfordelingen av støvpartiklene varierer med vindhastigheten. Denne er også med å bestemme hvor meget som virvles opp fra bakken av tidligere avsatt støv. De estimerte utslippsmengder er relativt beskjedne, men bidraget til støvbelastningen i de nærmeste omgivelser kan bli betydelig, som f.eks. på riksveien langs fabrikkens.

6.1.4 Ukontrollerte utslipp

Utslipp i forbindelse med ovnsstart og driftsforstyrrelser er et problem da de skjer uten vanlig rensing og kan være betydelige (4). Det totale bidrag lar seg ikke beregne, da en ikke kjenner utslippsmengdene. Såvidt en forstår skjer utslipp fra driftsforstyrrelser vesentlig i gruppe II. Bidraget kommer med i de målte månedsverdier for støvnedfall og konsentrasjoner, men lar seg ikke måle eller beregne.

6.2 Beregnete konsentrasjoner av svevestøv

Vanlige spredningsformler gir svevestøvkonsentrasjonen som en funksjon av effektiv utslippshøyde, avstand, vindhastighet og luftens stabilitet (turbulens). Den effektive skorsteinshøyde er skorsteinshøyden pluss den overhøyden som er en følge av utslippshastighet og overskuddsvarme). Beregnede bidrag fra de enkelte kildegrupper under korttidsforsøkene er gitt i tabell 13. Denne viser beregnede og observerte svevestøvkonsentrasjoner under korttidsprøvetakingene 15/16 mai og 28/29 juni 1977.

Tabell 13: Støvkonsentrasjoner ved bakken, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, beregnet og observert (i røykaksen) 15-16 mai og 28-29 juni 1977.

| Gruppe \ avstand | A 1500 m | B 700 m | Mast 250 m |
|-------------------------------|-------------|------------|-------------------------|
| I | 155 | 190 | 0.1 |
| II | 135 | 410 | ? |
| III | 25 | 80 | 125 |
| Totalt | 315 | 680 | ? |
| Høyeste obser- verte verdi | 267 | 300 | 365 (25 m) 115 (1 m) |

Målingene i masten foregikk under stabile forhold, hvor høyden av utslippet er spesielt kritisk i beregningene. (Målte konsentrasjoner i 25 m var vesentlig høyere enn i 1m, noe som trolig skyldes overveiende nøytral sjikting og bedre vertikal utjevning.. Masten lå heller ikke midt i røykdriften, men på siden. Det er av disse grunner ikke gjort forsøk på å beregne konsentrasjonene fra kildegruppe II. Målepunktet A (1500 m) lå ganske nær røykaksen fra de høye skorsteinene (gruppe I). Punktet B (700 m) lå litt til side for røykaksen.

Den midlere konsentrasjon i masten er estimert ved å anta nøytral stabilitet, en middelvind på 2.5 m/s og en vindfrekvens på 10% i en 30 graders sektor (mot målestasjonen). Dette gir en beregnet midlere konsentrasjon på mellom $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alt etter hvilken overhøyde som velges. Dette stemmer bra med den midlere verdi på $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fra DKF-samleren, men en må igjen understreke usikkerheten i beregningene og ikke legge for stor vekt på absoluttverdier. De relative bidrag fra gruppene er mer å stole på.

6.3 Beregnet støvnedfall

For beregning av støvnedfall må det antas en midlere avsetningshastighet av partiklene. For de større partikler (vesentlig større enn $10\mu\text{m}$) vil fallhastigheten dominere. For de mindre

skjer avsetningen vesentlig som følge av turbulent transport ned mot bakken. En del partikler reflekteres, resten fanges opp. Den totale avsetningen antar en er proporsjonal med konsentrasjonen i luften. Proporsjonalitetsfaktoren har dimensjon av hastighet, derav navnet avsetningshastighet.

Tabell 14 viser beregnet støvfall fra NILU-stasjonen, stasjonen Nordstrøm og punkt A (1500 m). Gruppe I omfatter små partikler hvis avsetningshastighet er satt til 1 cm/s, for gruppene II og III er den grovt satt til 10 cm/s. Det er videre antatt en vindfrekvens på 15% i en sektor på 45° i retning mot masten og Nordstrøm stasjonen, og en vindfrekvens på 20% i en 30° sektor mot punktet A. (Det er ikke tatt hensyn til at avsatt støvmengde forandrer størrelsesfordelingen til den resterende støvmengde). Usikkerhet hva gjelder utslippsforhold, vindretninger, størrelsesfordeling og avsetningshastighet fører imidlertid til så store usikkerheter at verdiene i tabell 14 bare gir størrelsesordener av støvnedfallet. Trolig er forholdet mellom enkeltbidragene noe sikrere.

Den tilsynelatende gode overenstemmelse med observerte verdier for stasjon Nordstrøm må sees i relasjon til gunstig valg av parameterverdier. En vet jo heller ikke hvor representativt støvnedfallet i en samler er for terreng, dens overflatetype, eller den vegetasjon den skal representere.

Tabell 14: Beregnet og observert støvnedfall, g/m²/30 d første halvår 1977.

| Gruppe | Mast-stasjon | Nordstrøm | A (1500 m) |
|-----------|--------------|-----------|------------|
| I | < 0.1 | 0.1 | 3 |
| II | 24 | 32 | 10 |
| III | 12 | 8 | 2 |
| Totalt | 36 | 40 | 15 |
| Observert | 90 | 60 | - |

Beregningene viser lavere støvfall på NILU-stasjonen enn på Nordstrøm, mens de observerte verdier viser det motsatte. Dette kan skyldes at bidraget i gruppe III (fra lagere og mindre punktutslipp) er større enn antatt. Det kan også skyldes en for stor antatt midlere overhøyde for gruppe II. Bidrag av sammenkittede partikler fra gruppe I vil øke det totale nedfall, men neppe endre de relative bidrag.

7 KONKLUSJONER

Formålet med undersøkelsene har vært å prøve ut forskjellige typer instrumenter, samt å estimere størrelsen av diffuse støvutslipp på grunnlag av måleresultatene.

Når det gjelder støvfallssamlerne, viser NILU-samleren noe avtagende verdier med høyden over bakken.

Den engelske CERL-samler, som samler vindblåst støv gjennom en loddrett spalte, viste sterkt økende støvmengder med høyden. Økningen tilsvarer økningen i partiklenes kinetiske energi. Den gir derfor ikke uttrykk for en reell økning med høyden, men er heller et resultat av denne prøvetakerens prinsipp. CERL-samleren kan heller ikke erstatte støvfallsmålinger, da den ikke samler effektivt i svak vind. Som mål for støvbelastning egner den seg best på steder med mye vind, som f. eks. i England. Her har et system med flere samlere med godt resultat gitt de relative bidrag fra forskjellige kilder beliggende i ulike retninger.

Støvmåleren fra Dansk Kedelforening (DKF) viste en reell, liten økning av svevestøvkonsentrasjonen med høyden. Midlere verdier var i rimelig overenstemmelse med grove anslag basert på spredningsberegninger.

Kortperiodiske målinger og spredningsberegninger gir gode muligheter for estimat av utslippsmengder. Målingene må da

foregå midt i røykfanen under vel definerte værforhold. Det lar seg også gjøre å skille bidraget fra lave kilder fra skorsteinsutslipp. Fraksjonert prøvetaking, analyser og mikroskopering av støvet er til meget stor hjelp og vil tildels være en forutsetning for valg av realistiske parameterverdier. Beregningene vil i første rekke være anvendbare for svevestøvkonsentrasjoner. For kontroll av støvfall vil slike beregninger bli mer usikre.

Normer gis ofte i relasjon til type oppsamler, men dessverre uten tilstrekkelig kjennskap til i hvilken grad støvfallsverdiene er representative for de aktuelle overflater. Målefrekvensen, 14 dager eller 1 måned, gjør det vanskelig å sammenholde målt støvfall med værdata. For full forståelse av denne sammenheng bør måleperiodene ikke være over 3 timer, som i middel er den lengste periode en kan regne med konstante værforhold.

Undersøkelsene i Brevik har illustrert vanskeligheter ved å bruke målinger utenfor fabrikkområdet til å estimere utslippsmengder. Forholdene var også ekstra vanskelige i Brevik på grunn av den komplekse topografi og de kompliserte vindforhold.

Av stor hjelp var utslippsmålingene bedriften selv foretar. For metodestudiet var det naturlig å skille mellom tre forskjellige hovedtyper utslipp. Fra høye skorsteiner, fra lave skorsteiner, og de lave utslipp. Beregningene og målte støvkonsentrasjoner, tildels også støvfall, viser da rimelig overenstemmelse.

8 REFERANSER

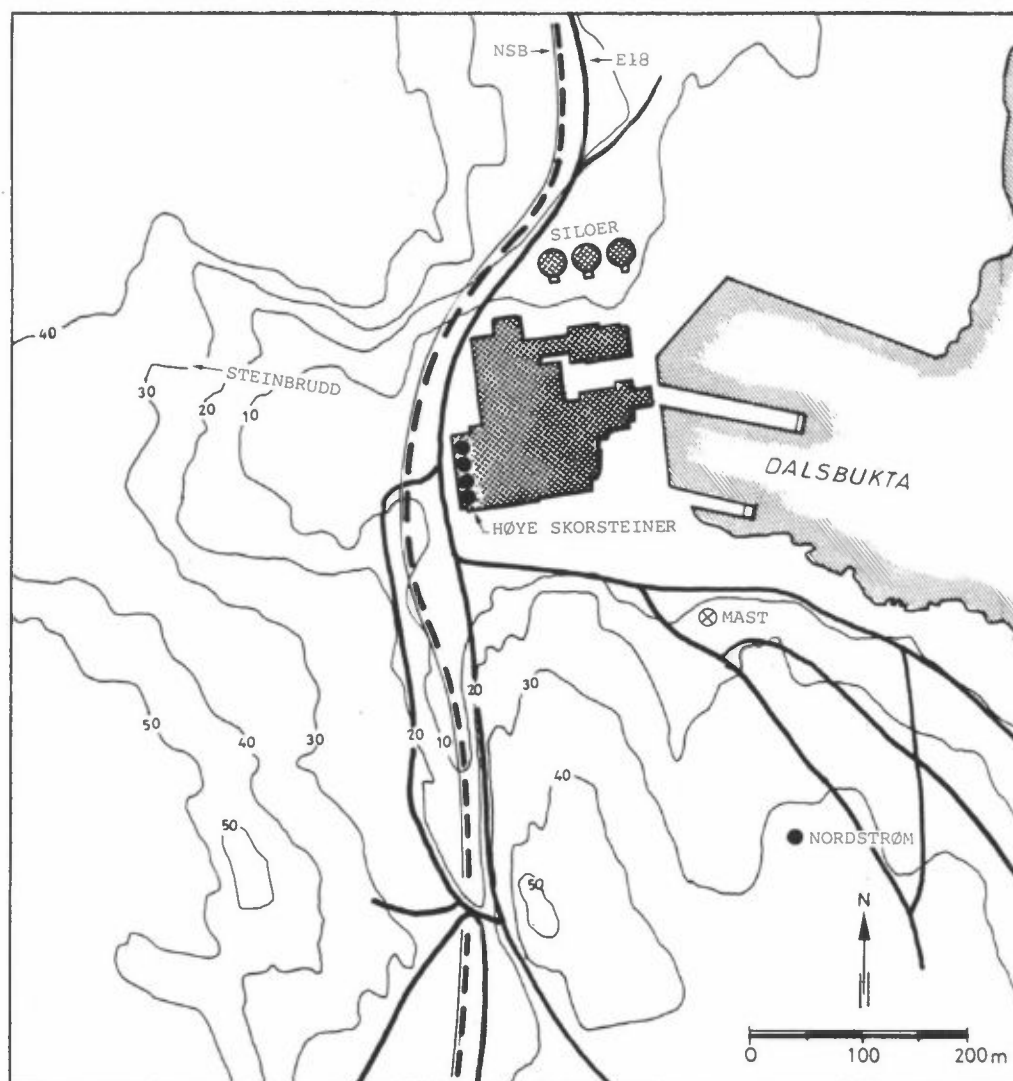
- (1) Methods for the measurement of air pollution. Directional dust gauges. London 1972. (British Standards Institution, BS 1747: Part 5: 1972.)

- (2) Steen, B.,
Johansson, B. The sampling efficiency of two types of inlets commonly used for the sampling of aerosols in ambient air.
Göteborg, Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, 1975.

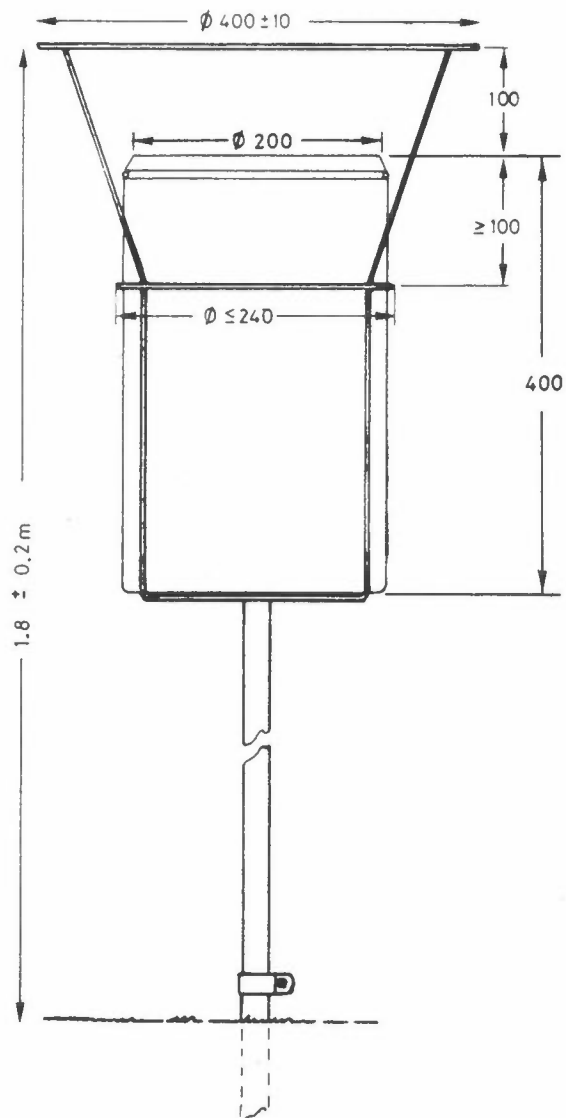
- (3) Bush, A.W.,
Cern, M.,
Gibson, R.D.,
Owst, A.P. The collection efficiency of directional dust gauges.
Atm. Env. 10, pp 997-1000 (1976).

- (4) Luftvårdsproblem vid framställning av cement, kalk, lättbetong, krita och gipsprodukter. Solna 1971. (Statens Naturvårdsverk, Publikationer 1971:9.)

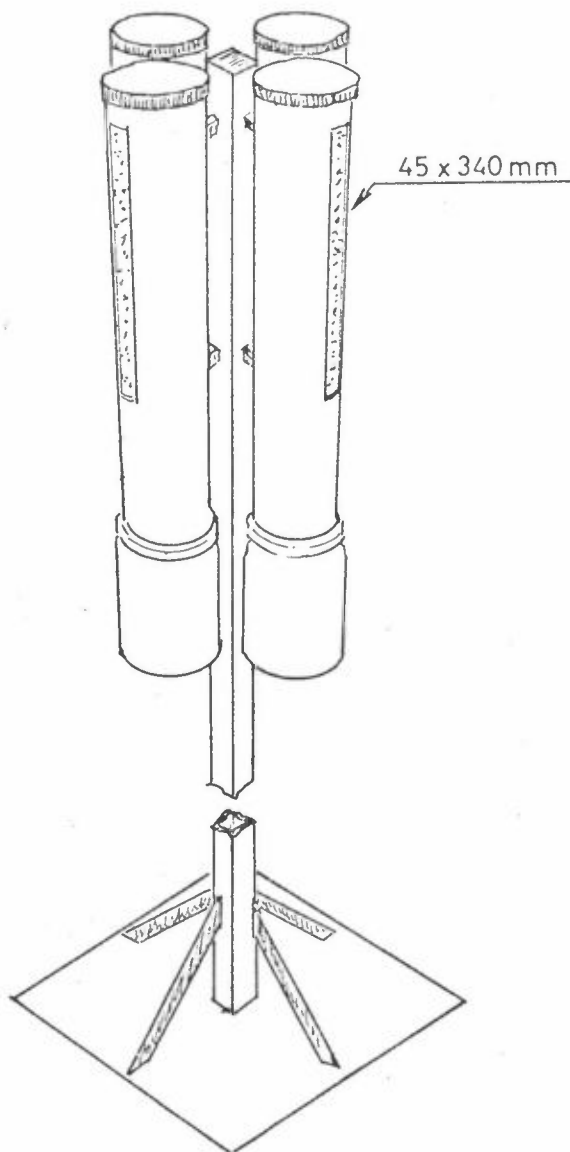
9 FIGURER



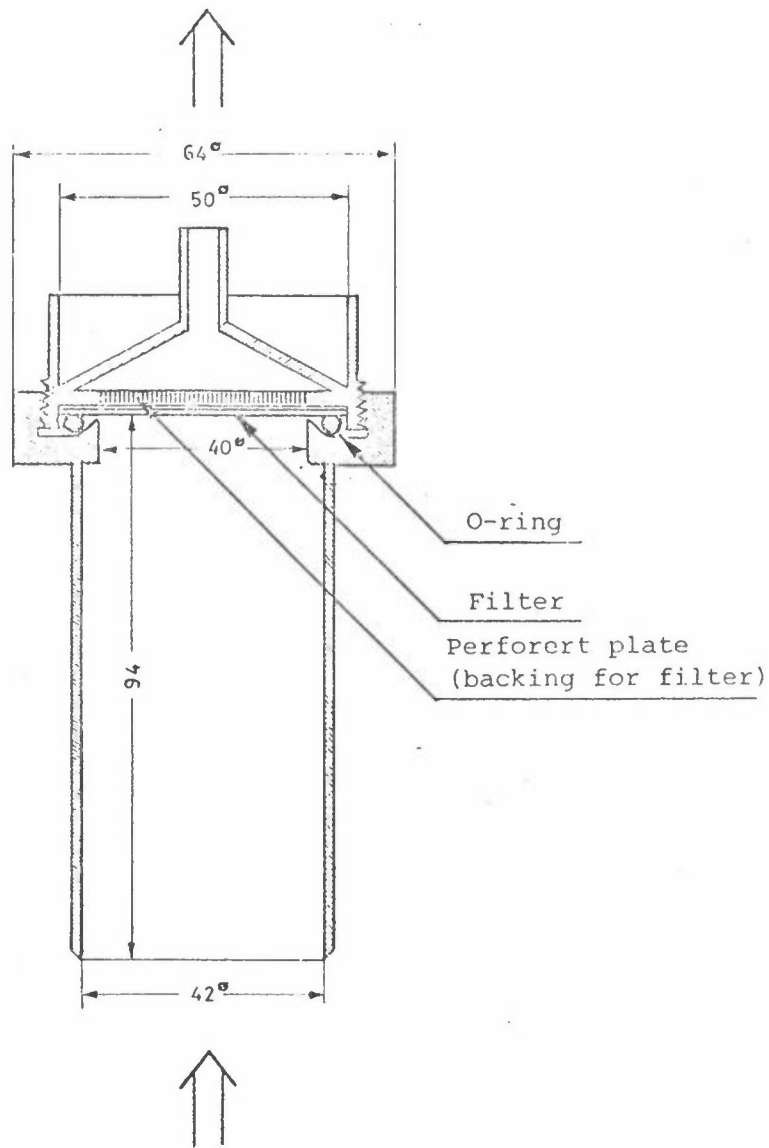
Figur 1: Norcem, avdeling Dalen Cementfabrikk.
Hovedstasjon med mast og stasjonen Nordstrøm.
Høyder i meter. (Se også figur 7).



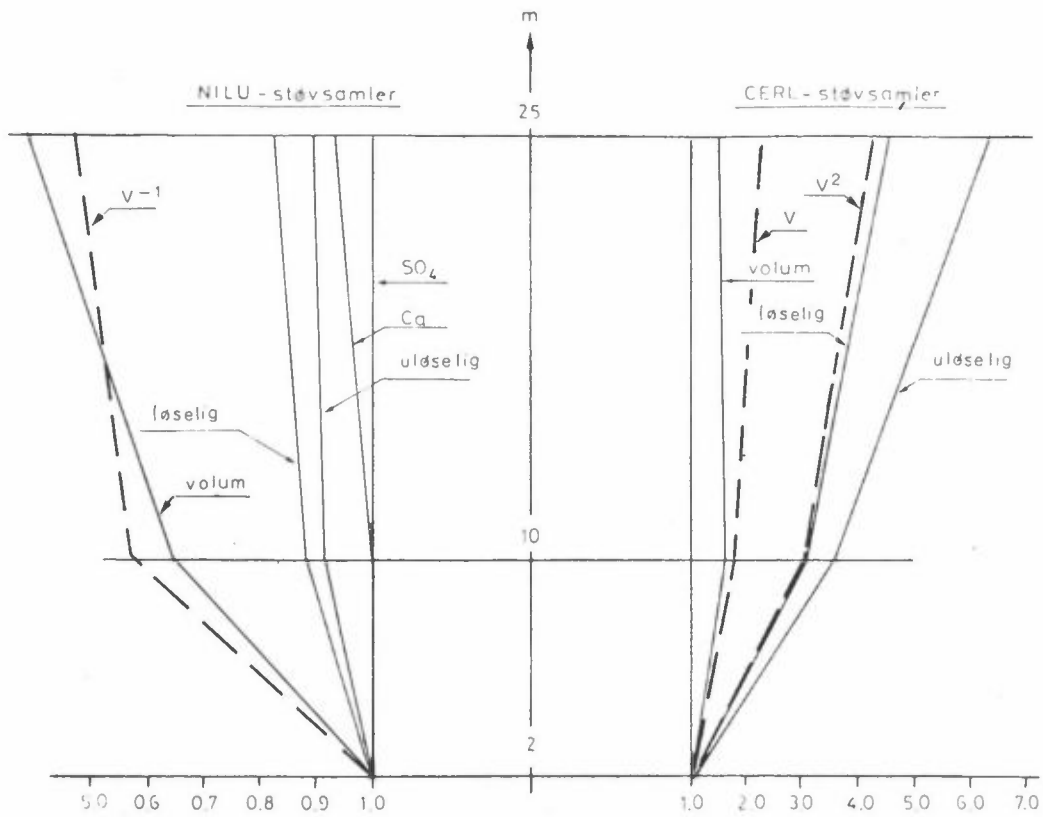
Figur 2: NILU støvfallsamler utstyrt med fuglering.



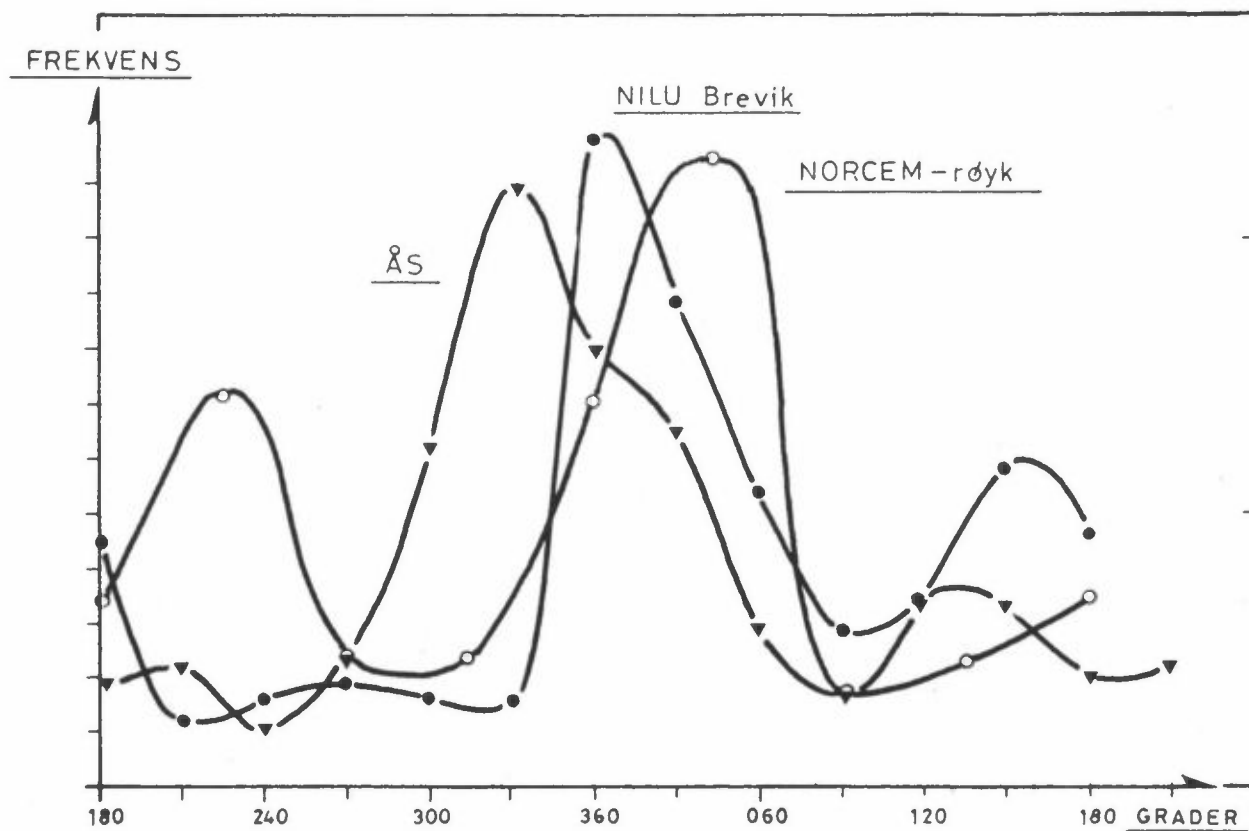
Figur 3: CERL støvsamler



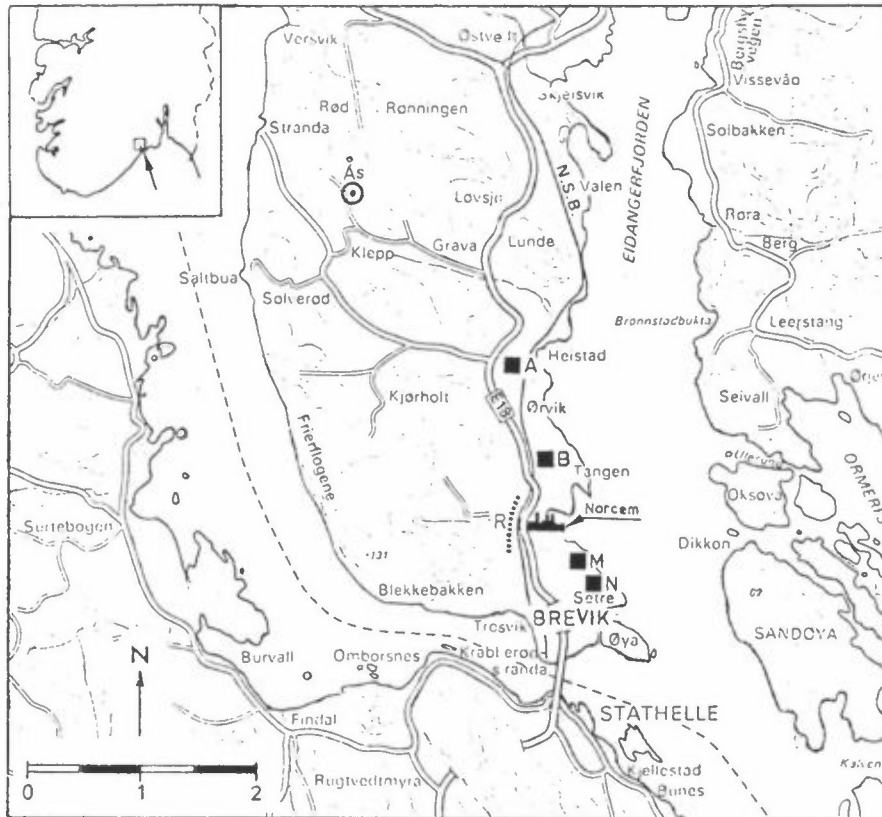
Figur 4: Svevestøvsamler utviklet av Dansk Kadel Forening (DKF).



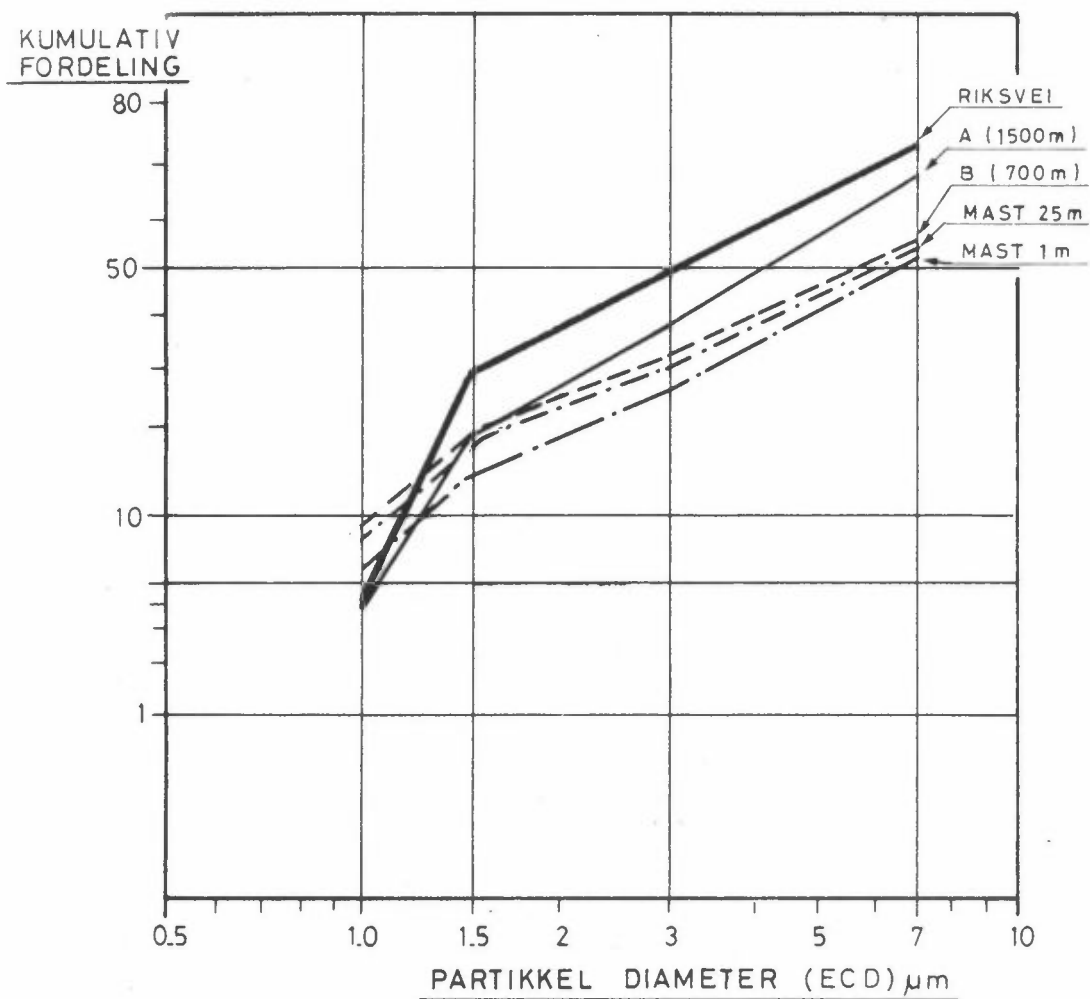
Figur 5: Variasjoner med høyden av støv, vindhastighet v , v^{-1} og v^2 (for nøytral sjiktning og ruhetslengde 0.5 m)



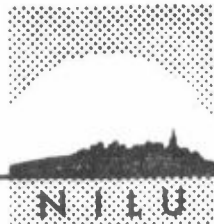
Figur 6: Vindfrekvenser, første halvår 1977, på stasjonen Ås (se figur 7), i 25 m masten på hovedstasjonen (NILU) og av observert driftsretning av skorsteinsutslipp (80 m skorstein).



Figur 7: Målepunkter under korttidsmålingene
15-16 mai og 28-29 juni 1977.
M = mast N = Nordstrøm
Ås = vindstasjon (sml figur 6).



Figur 8: Kumulative fordelinger av partikler større enn ca 0.5 μm EAD (bunnfilter utelatt) basert på kalsiuminnholdet i partiklene.



TLF. (02) 71 41 70

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
ELVEGT. 52.

| | | |
|--|-------------------------------|--|
| RAPPORTTYPE Oppdragsrapport | RAPPORTNR. 27/78 | ISBN--82-7247-032-2 |
| DATO 20. juni 1978 | ANSV.SIGN. Odd F. Skogvold | ANT.SIDER OG BILAG 40 s.+ datavedlegg |
| TITTEL Diffuse utslipp fra sementfabrikk | PROSJEKTLÉDER Y. Gotaas | |
| | NILU PROSJEKT NR 22776 | |
| FORFATTER(E) Yngvar Gotaas og Thor Chr. Berg | TILGJENGELIGHET ** A | |
| | OPPDRAKSGIVERS REF. | |
| OPPDRAKSGIVER | | |
| 3 STIKKORD (å maks.20 anslag) | | |
| REFERAT (maks. 300 anslag, 5-10 linjer) Svevestøv og støvnedfall er målt utenfor en sementfabrikk (ved Brevik) gjennom ett år. Målingene foregikk i hovedsaken i en mast i 250 m avstand og på en referansestasjon i 500 m. I noen korte perioder av noen timers varighet ble størrelsesfordelingen av partiklene i svevestøvet målt i ulike avstander. Resultater er sammenholdt med spredningsberegninger basert på utslippsoversikter. | | |
| TITTEL | | |
| ABSTRACT (max. 300 characters, 5-10 lines) Dust fall and dust in the air have been measured for one year outside a cementfactory. Sampling took place mainly at a 25 m mast 250 m from the factory and at a reference station at 500 m. Fractional particle sampling was performed during a few short periods each lasting a couple of hours. Results are compared with diffusion formulas. | | |

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