

NILU OR : 43/91
REFERANSE : O-1525
DATO : AUGUST 1991
ISBN : 82-425-0269-2

Måling av svevestøv og støvfall ved Bestumstubben 13, Oslo

I. Haugsbakk og S. Larssen

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	5
2 MÅLEPROGRAM	5
3 KILDER TIL PARTIKLER I LUFT	7
4 GRENSEVERDIER OG STANDARDER FOR LUFTKVALITET	10
4.1 Svevestøv	10
4.2 Støvfall	12
5 RESULTATER OG KOMMENTARER	14
5.1 Vindmålinger	14
5.2 Svevestøv	16
5.3 Støvfall	18
6 SAMMENFATTENDE VURDERING AV STØVBELASTNINGEN	18
7 REFERANSER	19
VEDLEGG A: Svevestøvmålinger	21
VEDLEGG B: Vinddata	25

SAMMENDRAG

På oppdrag fra Statens vegvesen har Norsk institutt for luftforskning (NILU) utført målinger av svevestøv og støvfall for å kartlegge støvplagen ved en bolig i Bestumstubben 13 nær Drammensveien. Målingene er utført i forbindelse med krav om innløsning av eiendommen på grunn av påståtte forurensningsplager. Nærmeste del av boligen ligger ca. 15 meter fra veikanten til Drammensveien.

Vindmålinger fra Fornebu viste at det i måleperioden 27. mars-31. mai 1991 blåste oftest fra sør. Dette medførte at Bestumstubben 13 ofte ble belastet av forurensning fra Drammensveien.

Måleresultatene viser at støvkonsentrasjonen ved Bestumstubben 13 i hovedsak skyldes veistøv. Eksospartikkelkonsentrasjonene var i gjennomsnitt $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og dette er ikke spesielt høyt i det det utgjør 20% av inhalerbare partikler (partikkeldiameter mindre enn $10 \mu\text{m}$, "PM₁₀"). Konsentrasjoner av totalt svevestøv (TSP) var imidlertid vesentlig høyere med hyppige overskridelser av grenseverdier. Dette innebærer en økt risiko for helse-skade. Sammenlignet med grenseverdier er støvplagen på målestedet meget stor. Målingene av støvfall viser verdier betydelig over det som karakteriseres som "meget høyt". Middelerdi for PM₁₀ var $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 dager), for TSP var den $341 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (19 dager) og for støvfall var den $38,1 \text{ g}/\text{m}^2$ pr. 30 døgn (2 mnd).

I inneluften vil svevestøvkonsentrasjonen være under halvparten av uteverdiene. Eksospartikkelkonsentrasjonen vil imidlertid bare være litt lavere inne enn ute.

Ventilasjonsanlegg med filtrering vil bedre forholdene når det gjelder de største partiklene. For å få lavere eksospartikkelkonsentrasjon inne må det benyttes filter som er effektive for eksospartikler som har diameter i området $0,07 \mu\text{m}$ - $0,5 \mu\text{m}$.

MÅLING AV SVEVESTØV OG STØVFALL VED BESTUMSTUBBEN 13, OSLO

1 INNLEDNING

Statens vegvesen har gitt Norsk institutt for luftforskning (NILU) i oppdrag å kartlegge støvplagen ved en bolig langs Drammensveien ved Bestumkilen (Bestumstubben 13). Målingene er utført i forbindelse med krav om innløsning av eiendommen på grunn av forurensningsplager. Støvbelastningen ved eiendommen antas i vesentlig grad å skyldes eksospartikkelutslipp og veistøv fra Drammensveien. Nærmeste del av huset ligger ca. 15 meter fra veikanten. Eiendommen belastes av forurensning fra Drammensveien når vinden blåser i hovedvindretningen fra sør-sørvest og for øvrig ved vind i hele sektoren fra øst over sør til vest.

2 MÅLEPROGRAM

For å karakterisere støvproblemet har målingene omfattet både respirable og inhalerbare partikler (helseskade), totalt svevestøv (støvplage) og støvfall (nedsmussing). For disse parametrene foreligger grenseverdier for luftkvalitet, som måleverdiene kan sammenlignes med. Målinger foretatt i vinter/vår-sesongen gir informasjon om maksimalbelastninger når det gjelder støvplage og nedsmussing. Bruk av piggdekk gir mye veistøv, og når veibanen er tørr, kan støvplagen bli stor dersom vindretningen er fra veien mot målestedet. Når det gjelder respirable og inhalerbare partikler vil de maksimale konsentrasjoner opptre om vinteren. De vil kunne bli vesentlig høyere enn de som måles i en vår-periode.

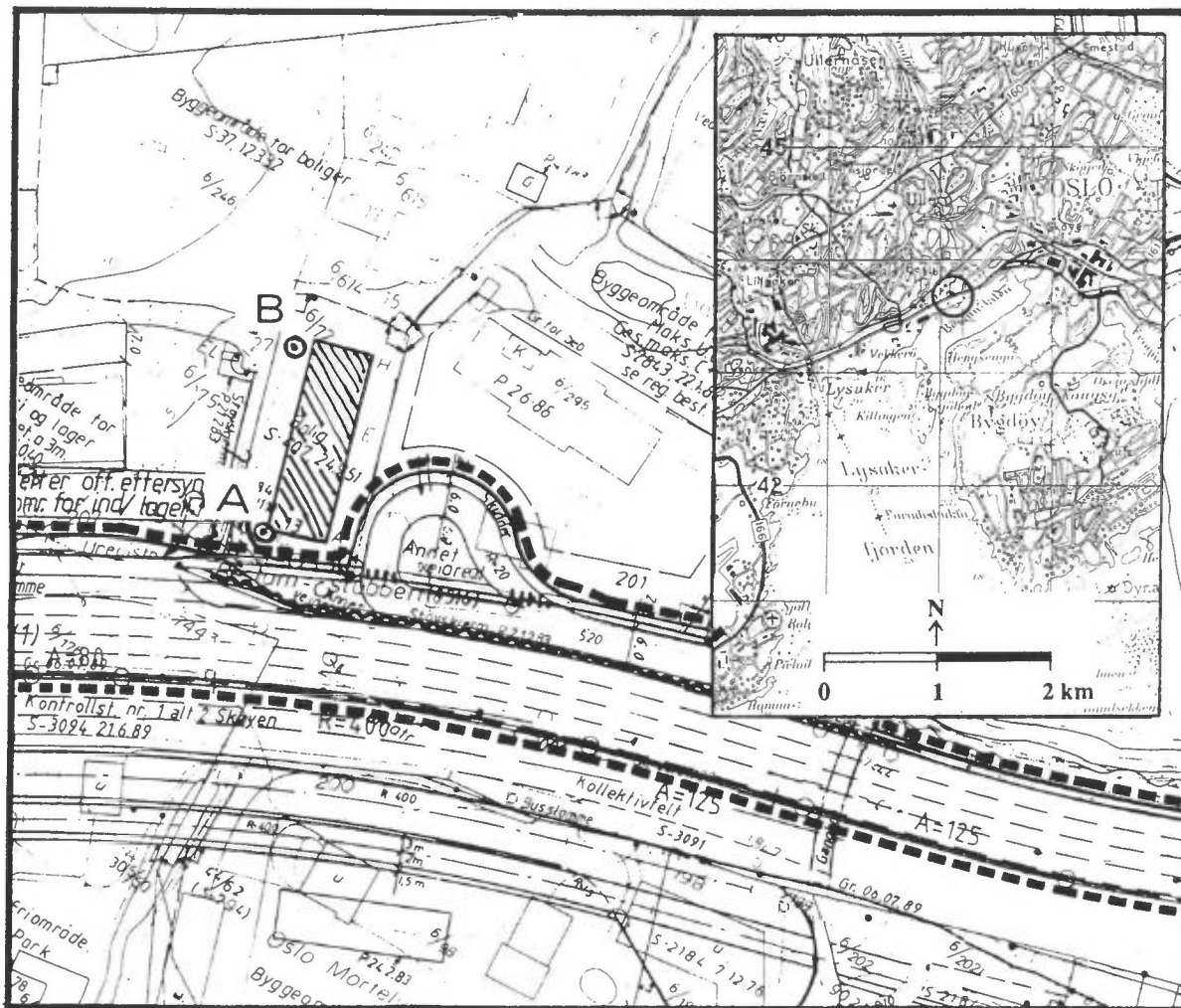
Det er benyttet følgende metoder/instrumenter:

	<u>Parameter/metode</u>	<u>Frekvens</u>	<u>Periode</u>
1	Respirabelt og inhalerbart støv "Dichotomous" automatisk prøvetaker (referansem metode).	Døgnprøver hvert døgn	27.03.91- 14.04.91
2	Totalt svevestøv "High-volume" prøvetaker (referansem metode).	Døgnprøver hvert døgn	27.03.91- 15.04.91
3	Støvfall "NILUs støvfallsamler" (referansem metode).	Månedsprøver	27.03.91- 19.04.91 og 30.04.91- 31.05.91

"Referansem metode" innebærer at målemetoden gir resultater som kan sammenlignes med grenseverdier.

Målestedene er vist på figur 1.

For vurdering av vindforholdene er det benyttet vindmålinger fra Fornebu.



Figur 1: Målestasjonenes plassering.

- A) Måling av støvfall og svevestøv (15 m fra veikant).
 B) Måling av støvfall (45 m fra veikant).

3 KILDER TIL PARTIKLER I LUFT

Forbrenning av fossilt brennstoff er den vesentligste kilden til inhalerbare partikler (partikler med diameter $<10 \mu\text{m}$, også kalt PM_{10}) i luft i tettsteder i Norden. De viktigste kildegruppene er forbrenning av bensin og diesel i bilmotorer, samt olje og ved i større og mindre stasjonære forbrenningsenheter. Kull og koks kan være en kilde av betydning enkelte steder.

Utslipp fra industriprosesser kan være viktige partikkelkilder i en del byer og tettsteder.

Veistøv er en vesentlig partikkelkilde om vinteren i områder med utstrakt bruk av piggdekk. I tørre perioder med oppvirvling av tørt støv fra veistøvdepotet, dominerer veistøvet grovfraksjonen av inhalerbart støv (partikler med diameter 2-10 μm), men gir også et vesentlig bidrag til finfraksjonen (diameter $<2 \mu\text{m}$).

Helsemessige konsekvenser av partikler i luft skyldes både mengden og partiklenes kjemiske sammensetning.

Fra forbrenning av fossilt brennstoff fås i hovedsak karbonholdige partikler, dels organisk karbon (helt eller delvis uforbrent brennstoff) og dels uorganisk (elementært) karbon. Uorganiske karbonpartikler består for størstedelen av karbon i gitterstruktur med stor lysabsorberende evne. De fremstår som svarte partikler, "sot"-partikler. Polysyklisk organisk materiale (POM) er i noen grad adsorbent på sotpartiklene, men POM er hovedsakelig en bestanddel i den organiske karbonfraksjonen. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er en stoffgruppe i det organiske materialet som det knytter seg spesiell interesse til, fordi endel PAH-forbindelser er klassifisert som karsinogene. Eksempler på slike stoffer er bens(a)pyren og nitropyren. Mutagenitetsanalyse ved hjelp av spesielle bakteriestammer (f.eks. "Ames test") er i dag den mest benyttede metode for å indikere partiklers mutagenitet og karsinogenitet.

Bly i bensineksos og sulfat i avgasser fra motordiesel- og oljeforbrenning er eksempler på andre sporstoffer i partikler fra forbrenning av fossilt brensel som kan ha helsemessig betydning. Innholdet av bly og svovel i brennstoff er blitt vesentlig redusert det siste tiåret, og bly i bensin vil i Norden praktisk talt være borte i løpet av 5-10 år.

Veidekker av asfalt består til ca. 95% av steinmateriale. Noen steder (ikke i Oslo) kan α -kvarts være en vesentlig bestanddel av steinmaterialet, og dette kan utgjøre en viss helserisiko. De resterende 5% er bitumen, tungtløselig organisk materiale, med innhold bl.a. av PAH-stoffer. Veistøv vil for øvrig bestå

av partikler fra den lokale geologi, samt alt slags materiale som er inntransportert med og deponert fra kjøretøy.

I Norge slites anslagsvis 250 000 tonn fra asfaltveidekket hvert år. Bare en liten del av dette er inhalerbare partikler. Størrelsesfraksjonen av støv tatt fra veier i Oslo ga at bare 0,1% av massen var inhalerbare partikler, dvs. 250 tonn på landsbasis. Til sammenligning utgjør eksospartikkelutslippet fra veitrafikken i Norge anslagsvis 1 800 tonn i piggdekkseasongen.

I tørre perioder i piggdekkseasongen er imidlertid veistøvbidraget mye større enn i gjennomsnitt. Ved våt vei og utenom piggdekkseasongen (etter godt veirenhold) er mengden av veistøv vesentlig mindre enn eksospartikkelutslippet. Ved lavere kjørehastighet og tungtrafikkandel avtar veistøvslitasjen og oppvirvling vesentlig, sannsynligvis med kvadratet av hastigheten og nær proporsjonalt med tungtrafikkandelen, idet de store kjøretøyene står for det meste av oppvirvlingen.

Veistøvetts innhold av bly, PAH og mutagenitet har i gjennomsnitt liten betydning i forhold til eksosutslippet. Ved tørr vei vil veistøvet dog føre til en viss økning i bly- og PAH-konsentrasjonen i luften, men mutageniteten fra veistøvet er helt uten betydning. Dersom steinmaterialet i asfalten inneholder α -kvarts, kan dette innebære en helserisiko.

I tillegg kommer også tilførselen av partikler til tettstedet fra kilder utenfor (bakgrunnsforurensning). Denne varierer mye, avhengig av område og tid. Generelt er den større jo nærmere en kommer kontinentet. I Norden er den størst i Sør-Sverige og Danmark.

4 GRENSEVERDIER OG STANDARDER FOR LUFTKVALITET

4.1 SVEVESTØV

Et problem ved en sammenfattende vurdering av resultater av helseeffektundersøkelser er at partikkelkonsentrasjonen i luft måles med ulike metoder. I Europa er det tradisjonelt sot ("black smoke") som er benyttet som partikkelindikator. I USA er det TSP ("total suspended particles", vekten av partikler med diameter $d_p < \text{ca. } 50 \mu\text{m}$) som er mest benyttet. "High-volume"-prøvetakeren brukt ved Bestum måler TSP, er referansemetode og gir resultater som kan sammenlignes med TSP-grenseverdier, som først og fremst indikerer støvplage. I den senere tid har partikkelindikatoren PM_{10} (vekten av partikler med diameter mindre enn ca. $10 \mu\text{m}$) kommet i utstrakt bruk. Grenseverdier anbefalt i den senere tid gjelder nettopp PM_{10} . "Dichotomous"-prøvetaker brukt på Bestum måler PM_{10} , er referansemetode og gir resultater som kan sammenlignes med grenseverdier som indikerer helserisiko.

Kriterier for å sette grenseverdier for konsentrasjonen av partikler i luft er beskrevet i tre kriteriedokumenter (Ericsson og Camner, 1983; EPA, 1987; WHO, 1987). Et sammendrag av dette er gitt i Larssen (1991).

Tabell 1 gir en oversikt over retningslinjer og standarder for partikkelkonsentrasjon i luft som er anbefalt i dokumentene, med tilhørende sikkerhetsfaktor i forhold til kriterieverdiene der de første helseeffektene er dokumentert.

Tabell 2 gir en oversikt over grenseverdier for partikler (og SO_2) gitt i de nordiske land, og andre land, samt EF.

Tabell 1: Sammendrag av retningslinjer og standarder for konsentrasjon av partikler (og SO₂) i luft gitt i tre kriteriedokumenter (µg/m³).

	Sot ^d (SO ₂)		TSP (SO ₂)		PM ₁₀ (SO ₂)	
	Verdi	SF*	Verdi	SF*	Verdi	SF*
Korttidseksposering (24 h middelverdi)						
Ericsson og Camner (1983) ^a	120 (150)	2				
USA-EPA (1987) ^b					150 ^f	1
WHO (1987) ^c	125 (125)	2	120 ^e	1,5	70 ^e	1,5

* Tilhørende sikkerhetsfaktor i forhold til laveste effektnivå.

a "Recommended Swedish standards for the protection of public health".

b National primary and secondary ambient air quality standards, USA.

c Guideline values for combined exposure to sulfur dioxide and particulate matter.

d Nominelle µg/m³-verdier, ved bruk av reflektometrisk metode, og OECD-kurven.

e "Values to be regarded as tentative at this stage, being based on a single study (involving sulfur dioxide exposure also)".

f Kan overskrides i gjennomsnitt én gang pr. år.

Tabell 2: Grenseverdier for TSP og PM₁₀.
Enhet: µg/m³.

	Langtidsmiddelverdi 1 år	Korttidsmiddelverdier		
		Døgn Fraktil på årsbasis	1/2 h	1 h Fraktil
<u>Nordiske land</u>				
Danmark	150	300	95%	
Island (forslag)	40 (PM ₁₀)	100 (PM ₁₀)	95%	
Finland	60	150	98%	
Norge	-	-		
Sverige	50 ¹	150 ¹		
<u>Andre land</u>				
Tyskland	150	300	98%	
Japan		100 (PM ₁₀)	Maks.	200 (PM ₁₀) Maks. (1 år)
Sveits	70	150	95%	
USA	50 (PM ₁₀)	150 (PM ₁₀)	2)	
Tsjekkoslovakia	40 ³	150 ³		
USSR		150		
Østerrike		200 (PM ₁₀)		
EF	150	300	95%	

1 "Bedömnings-grund"

2 En overskridelse pr. 3 år

3 "Low-volume sampler", udefinert øvre partikkel - "cut-off", men i nærheten av 30 µm ved vindstille, mindre ved vind.

EF har en TSP-grenseverdi som ligger en god del høyere enn USAs tidligere TSP-standarder, som var $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnmiddelverdi og $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddelverdi. EF-landene følger EF-direktivet. (Vest-Tyskland, Danmark og Italia benytter bare grenseverdier for TSP og SO_2 , mens andre EF-land benytter bare sot og SO_2).

De nordiske landene har nokså ulike grenseverdier/retningslinjer for TSP. Danmark følger EFs direktiv. Sverige følger Ericsson og Camner's anbefaling. Finland har TSP-retningslinjer omtrent på linje med EPAs PM_{10} -standarder, mens Island har foreslått en PM_{10} -grenseverdi i underkant av EPAs PM_{10} -standarder. I Norge er det ikke fremmet forslag om grenseverdi for TSP og PM_{10} .

4.2 STØVFALL

På steder der det bare måles vannuløselig støvfall, vil det være rimelig å benytte følgende vurderingsgrunnlag:

Meget høyt:	over 13	g/m^2	pr. 30	døgn		
Høyt	:	8-13	"	"	"	"
Moderat	:	3- 8	"	"	"	"
Lavt	:	under 3	"	"	"	"

I et prosjekt for Statens forurensningstilsyn (SFT) hvor NILU skulle klassifisere luftforurensningen i byer og tettsteder, ble det etter samråd med SFT valgt en klassifiseringsgrense på $5 \text{ g}/\text{m}^2$ pr. måned som grense for "forurenset" av støvfall. Dette samsvarer med den grensen Statens naturvårdsverk (SNV) i Sverige vanligvis benytter.

I Norge og Sverige er det ingen offisielle retningslinjer for vurdering av støvfall. SNV har i brev til NILU anbefalt støvfallsmålinger med samme utstyr som anvendes her, og at

støvfallsmålingene bør karakteriseres ut fra følgende "tommel-fingerregel" for totalt støvfall:

Bakgrunnsforurensning	:	1- 2	g/m ²	pr.	30	døgn
Tilfredsstillende	:	5	"	"	"	"
Ikke tilfredsstillende:		10	"	"	"	"
Ubehagelig	:	15	"	"	"	"

Vest-Tyskland (Kissing, 1976)

Retningslinjer sier at som langtidsmiddel, med måleperiode ett år, bør avsetningen aritmetisk midlet over et område på 4 x 4 km målt i hver kvadratkilometer over perioder på 1 måned, ikke overskride 0,35 g/m² pr. døgn (10,5 g/m² pr. mnd). Som korttidsnorm skal støvfallet i den mest belastete måned ikke overskride 0,65 g/m² pr. døgn (19,5 g/m² pr. mnd).

Finland (Laamanen, 1969)

Nedenfor er gjengitt et forslag til retningslinjer for totalt støvfall i Finland:

Ren luft.		<0,2	g/m ²	pr.	30	døgn
Relativ ren luft. Bra for boligstrøk.		0,2- 2	"	"	"	"
Svakt skittent. Tilfredsstillende for boligstrøk.		2 - 5	"	"	"	"
Middels forurenset luft. Tolerabelt for boligstrøk.		5 -10	"	"	"	"
Skittent område. Ikke tilfredsstillende for boligstrøk.		10 -15	"	"	"	"
Meget skittent område. Uakseptabelt for boligstrøk.		>15	"	"	"	"

Det er liten forskjell på de anvendte finske og svenske anbefalinger. Ved NILU brukes vanligvis følgende vurderingsgrunnlag for totalt støvfall:

Meget høyt:	over 15 g/m ²	pr. 30 døgn				
Høyt	:	10-15	"	"	"	"
Moderat	:	5-10	"	"	"	"
Lavt	:	under 5	"	"	"	"

Støvfallet kan splittes i en vannløselig og en vannuløselig del. Den vannløselige delen er vesentlig salter som bringes ned med nedbøren. De fleste steder vil dette bare utgjøre små mengder. På steder med store industriutslipp kan forholdene være annerledes.

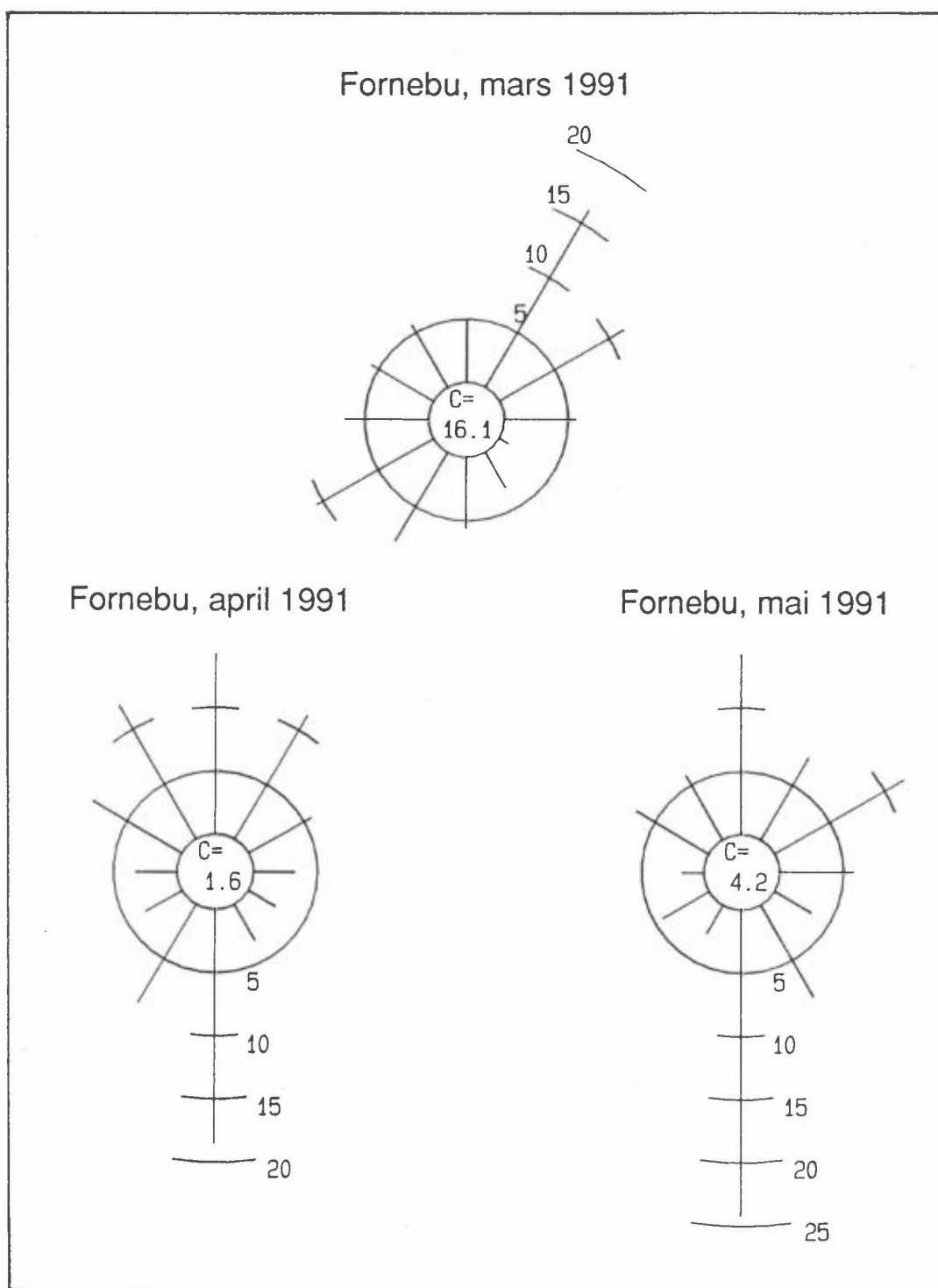
5 RESULTATER OG KOMMENTARER

5.1 VINDMÅLINGER

Vindmålingene er fra Det norske meteorologiske institutts stasjon på Fornebu. Figur 2 viser resultater av vindmålingene.

Bestumstubben 13 belastes av forurensning fra Drammensveien når vinden blåser i hovedvindretningen fra sør-sørvest, og for øvrig ved vind i hele den sørlige (135⁰-225⁰) og østlige (45⁰-135⁰) sektoren. I mars blåste det oftest fra nord-nordøst, mens det i april og mai blåste oftest fra sør. Midlere vindstyrke på Fornebu var 1,3 m/s i mars, 2,1 m/s i april og 2,4 m/s i mai. Vindstillefrekvensen var i de samme månedene 16,1%, 1,6% og 4,2%.

I vedlegg B finnes mer utførlige data om vindforhold på Fornebu i mars, april og mai 1991.



Figur 2: Figuren viser vindrosener fra Fornebu i mars, april og mai 1991. (Vindrosene viser hvor ofte det blåser fra de ulike retningene.)
 C = vindstille.
 Enhet: prosent.

5.2 SVEVESTØV

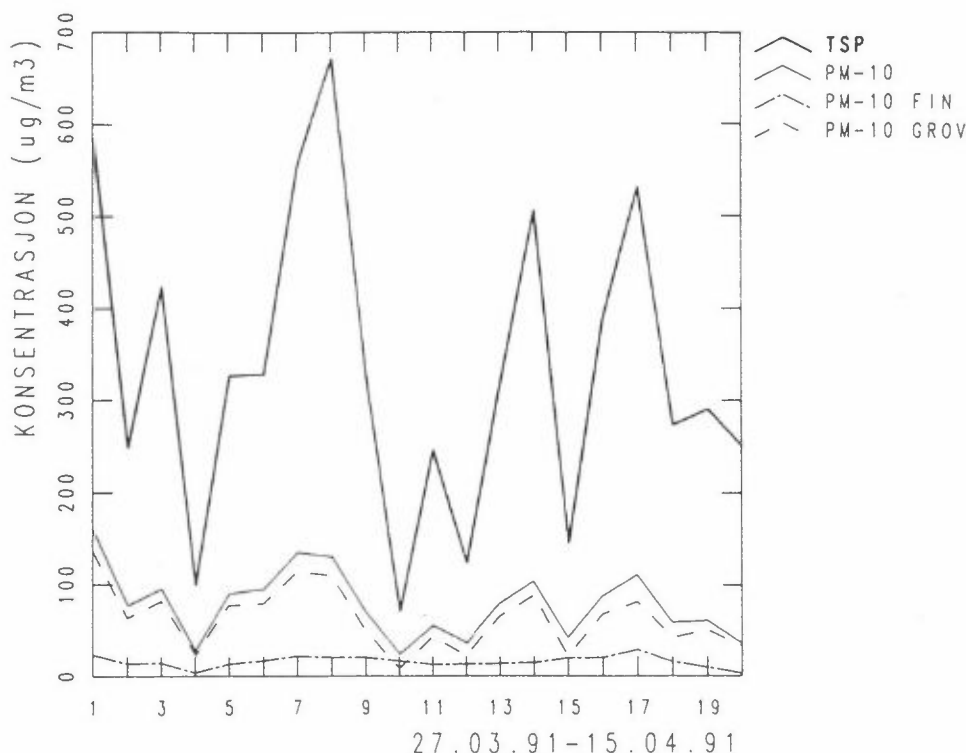
Tabell 3 gir et sammendrag av svevestøvmålingene, og resultatene er også fremstilt i figur 3. En tabell med alle data finnes i vedlegg A.

Tabell 3: Maksimal- og middelkonsentrasjoner, variasjonsbredde, samt standardavvik av svevestøvmålinger fra Bestumstubbyen 13.
Døgnmiddelverdier med enhet $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Metode	Periode	Svevestøvkonsentrasjon			Standardavvik
		Maksimalverdi	Middelverdi	Variasjonsbredde	
<u>TSP</u>					
Hi-volume prøvetaker	27.03.91- 14.04.91	672	341	72-672	171,2
<u>PM₁₀</u>					
Dichotomous prøvetaker	27.03.91- 15.04.91	160	79	25-160	37,6
	Finfraksjon (<2 μm)	29	16	3- 29	6,1
	Grovfraksjon (2-10 μm)	137	63	8-137	34,0

"High-volume"-prøvetageren måler mengden av svevestøvpertikler med en diameter $d_p < \text{ca. } 50 \mu\text{m}$. Målingene viser at målt middelverdi er vesentlig høyere enn alle grenseverdier og standarder gitt i tabell 1 og 2 og ca. 3 ganger høyere enn WHOs grenseverdi. Ca. 60% av døgnmålingene over høyeste grenseverdi ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i tabell 2. Bare 20% av døgnmålingene var under laveste grenseverdi ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Støvplagen var betydelig.

"Dichotomous"-prøvetageren måler mengden av inhalerbare partikler (partikler med en diameter $d_p < 10 \mu\text{m}$). Målt middelverdi var lavere enn alle korttids-grenseverdier gitt i tabell 2 men høyere enn WHOs grenseverdi i tabell 1. Ca. 25% av døgnmålingene lå over laveste grenseverdi ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gitt i tabell 2. Høyeste verdi på $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var mer enn det dobbelte av WHOs foreløpig anbefalte retningslinje på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 1).



Figur 3: Døgnmiddelverdier av svevestøv målt med to ulike metoder:

TSP ("Hi-volume" prøvetager med $d_p < 50 \mu\text{m}$)
 PM₁₀ ("Dichotomous" prøvetager med $d_p < 10 \mu\text{m}$).
 PM₁₀-fin : $d_p < 2 \mu\text{m}$
 PM₁₀-grov: $2 \mu\text{m} < d_p < 10 \mu\text{m}$

Konsentrasjonene av TSP og grovfraksjon av PM₁₀ samvarierte i stor grad (figur 3). Dette viser at veistøvet er hovedkilden til grovfraksjonen, som altså inngår i den inhalerbare støvfraksjon (PM₁₀) og derved belaster luftveiene.

Forholdet mellom PM₁₀ og TSP var i gjennomsnitt 0,23, og dette er ganske lavt. I Norden er det tidligere målt forholdstall på 0,5-0,85 (Larssen, 1991), men datagrunnlaget er relativt lite. Det lave forholdstallet viser at det er en stor andel "store" svevestøvpartikler, og dette antyder at kilden til støvplagen i første rekke er veislitasje og trafikens oppvirvling av støv. Om sommeren og høsten vil sannsynlig forholdstallet mellom PM₁₀ og TSP var større fordi partikler i bileksosen har større betydning.

5.3 STØVFALL

Tabell 4 viser resultater fra støvfallsmålingene.

Tabell 4: Støvfallsmålinger fra Bestumstubben 13, vannuløselig støvfall, regnet om til 30 dagers middel.
Enhet: g/m² pr. 30 døgn.

Periode	Stasjon 1 15 meter fra veikant	Stasjon 2 45 meter fra veikant
27.03.91-19.04.91	68,8	24,1
30.04.91-31.05.91	7,4*	3,6*

* Støvbøttene var tørre da de ble tatt ned.

I andre måleperiode var det så lite nedbør at støvfallssamlerne gikk tørre. I utgangspunktet blir de tilsatt vann for at det oppfangete støvfallet skal forbli i samleren. Når de tørker ut kan en del av den oppsamlete støvmengde blåse ut av samleren. Dette kan muligens ha skjedd i denne perioden.

Som tidligere nevnt ble det etter samråd med SFT valgt en klassifiseringsgrense på 5 g/m² pr. måned som grense for "forurenset" støvfall. Over 15 g/m² pr. måned må sies å være meget høyt støvfall. Sammenlignet med tabell 4 viser dette at Bestumstubben 13 var utsatt for en meget betydelig nedsmussingsplage i april med en konsentrasjon på 68,8 g/m² pr. 30 døgn, som er 4,6 ganger så høyt som SFTs grense for forurensende mengde støvfall.

6 SAMMENFATTENDE VURDERING AV STØVBELASTNINGEN

Måleresultatene viser at støvbelastningen ved Bestumstubben 13 i mars-april 1991 i hovedsak skyldtes veistøvet som slites av og virvles opp av kjøretøyene. Eksospartikkelkonsentrasjonen (finfraksjonen av PM₁₀) som i gjennomsnitt var 16 µg/m³ (maksimal døgnverdi 29 µg/m³), var ikke spesielt høy. Tilgjengelige

data viser at den tilsvarer en sot-konsentrasjon på minst $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i gjennomsnitt og maksimal døgnverdi over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette kan sammenlignes med sot-grenseverdi for Norge som er $100\text{-}150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnmiddelverdi og $40\text{-}60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som vintermiddelverdi.

PM_{10} - og TSP-konsentrasjonene var imidlertid høye (henholdsvis 50% og 85% av tiden var det overskridelser av WHO's grenseverdier), med hyppige overskridelser av grenseverdiene. De høye TSP-konsentrasjonene indikerer også stor støvplage. Det samme gjør de store støvfallsverdiene (maksimalt $68,8 \text{ g}/\text{m}^2$ pr. 30 døgn) som ble målt, som i de verste veistøv-månedene lå langt over det nivå som kan sies å være "meget høyt" både ved nærmeste og fjerneste del av bygningen.

I inneluften vil konsentrasjonen av TSP og grovfraksjonen av PM_{10} (og også støvnedfallet) være vesentlig lavere, under halvparten, av uteverdiene. Partiklene vil avsettes på sin vei med luften inn i bygningen. Eksospartikkelkonsentrasjonen vil imidlertid være bare litt lavere inne enn ute. Ventilasjonsanlegg med filtrering vil bedre forholdene når det gjelder TSP og grovfraksjon av PM_{10} . Forbedringen avhenger av hvilken filtertype som brukes. For å redusere eksospartikkelkonsentrasjonen inne må det brukes filter som er effektive for eksospartikler som har diameter $0,07\text{-}0,5 \mu\text{m}$.

7 REFERANSER

EPA (1987) Ambient air quality standards for particulate matter; Final Rules. Federal Register, 52, nr. 126, July 1.

Ericsson, G. and Camner, P. (1983) Health effects of sulfur oxides and particulate matter in ambient air. Scand. J. Work Environ Health, 9, suppl. 3.

Larssen, S. (1991). Partikler i tettstedsluft, Norden. Utslippforekomst-helsevirkninger, med hovedvekt på bileksospartikler. Lillestrøm (NILU OR 11/91).

Laamanen, A. (1969) Particulates in the outdoor air of Finland.
Work-Environ.-Health, 6, 1-50.

TA Luft (1976) Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft,
2. ergänzte Auflage. Kissing, Weka-Verlag.

WHO (1987) Air quality guidelines for Europe. København (WHO
Regionale Publ. European series, 23).

VEDLEGG A

Svevestøvmålinger

Hi-volum prøvetager (TSP)
 Dichotomous prøvetager (PM₁₀)
 Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Dato	TSP (Total suspended particles) $d_p < 50 \mu\text{m}$	PM ₁₀		
		$d_p < 10 \mu\text{m}$	Grovfraksjon $2 \mu\text{m} < d_p < 10 \mu\text{m}$	Finfraksjon $d_p < 2 \mu\text{m}$
27.03.-28.03.	584	160	137	23
28.03.-29.03.	249	78	64	14
29.03.-30.03.	424	96	82	14
30.03.-31.03.	101	28	24	4
31.03.-01.04.	327	91	78	13
01.04.-02.04.	328	96	79	17
02.04.-03.04.	556	136	114	22
03.04.-04.04.	672	131	110	21
04.04.-05.04.	327	70	50	20
05.04.-06.04.	72	25	8	17
06.04.-07.04.	248	56	43	13
07.04.-08.04.	125	37	23	14
08.04.-09.04.	320	80	66	14
09.04.-10.04.	506	104	89	15
10.04.-11.04.	146	42	22	20
11.04.-12.04.	391	88	68	20
12.04.-13.04.	532	111	82	29
13.04.-14.04.	274	59	43	16
14.04.-15.04.	291	61	51	10
15.04.-16.04.		36	33	3
Middel	341	79	63	16

VEDLEGG B

Vinddata

SIRKULÆRE

fra Meteorologiske Institutt.

Vindskalaen i værmeldingene.

Beauforts skala	Navn på vindstyrken	Vindstyrke i knop i 10 m høyde over flatt lende	Vindstyrke i meter pr. sek. i 10 m høyde over flatt lende	Virkning på land	Virkning på sjøen
0	Stille.	Mindre enn 1	0.0—0.2	Røyken stiger rett opp.	Sjøen er speilblank (havblikk).
1	Flau vind.	1—3	0.3—1.5	Vindretningen ses av røykens drift.	Krusninger danner seg på havflaten.
2	Svak vind.	4—6	1.6—3.3	Følbar, rører på trærnes blad, løfter en vimpel.	Små korte men tydelige bølger, med glatte kammer, som ikke brekker.
3	Lett bris.	7—10	3.4—5.4	Lauv og småkvister rører seg, vinden strekker lette flagg og vimpler.	Småbølgene begynner å toppe seg. Det dannes skum, som ser ut som glass. En og annen skumskavi kan forekomme.
4	Laber bris.	11—16	5.5—7.9	Løfter støv og løse papirer, rører på kvister og smågrener, strekker større flagg og vimpler.	Bølgene blir lenger. En del skumskavler.
5	Frisk bris.	17—21	8.0—10.7	Småtrær med lauv begynner å svaie, på vann begynner småbølgene å toppe seg.	Middelstore bølger som har en mer utpreget langstrakt form og med mange skumskavler. Sjøsprøyt fra toppene kan forekomme.
6	Liten kuling.	22—27	10.8—13.8	Store grener og mindre stammer rører seg, det kvirer i telegraftrådene, det er vanskelig å bruke paraply, en merker motstand når en går.	Store bølger begynner å dannes. Skumskavlene er større overalt. Gjerne noe sjøsprøyt.
7	Stiv kuling.	28—33	13.9—17.1	Hele trær rører seg, tungvint å gå mot vinden.	Sjøen hoper seg opp og kvitt skum fra bølgetopper som brekker, begynner å blåse i strimer i vindretningen.
8	Sterk kuling.	34—40	17.2—20.7	Brekker kvister av trærne, tungt å gå mot vinden.	Middels høye bølger av større lengde. Bølgekamrene begynner å brytes opp til sjørøkk, som driver i tydelig markerte strimer med vinden.
9	Liten storm.	41—47	20.8—24.4	Hele store trær svaier og hiver, taksten kan blåse ned.	Høye bølger. Tette skumstrimer driver i vindretningen. Sjøen begynner å «rulle». Sjørøkket kan rinske synsvidda.
10	Full storm.	48—55	24.5—28.4	Sjelden inne i landet, trær rykkes opp med rot, stor skade på hus.	Meget høye bølger med lange overhengende kammer. Skummet som dannes i store flak driver med vinden i tette kvite strimer, så sjøen får et kvitaktig utseende. Rullingen blir tung og støtende. Synsvidda nedsettes.
11	Sterk storm.	56—63	28.5—32.6	Meget sjelden, følges av store ødeleggelser.	Ualmindelig høye bølger (små og middelstore skip kan for en tid forsvinne i bølgedalene). Sjøen er fullstendig dekket av lange, kvite skumflak som ligger i vindens retning. Overalt blåser bølgekamrene til frædelignende skum. Sjørøkket nedsetter synsvidda.
12	Orkan.	over 63	over 32,6	Forekommer meget sjelden. Uvanlig store ødeleggelser.	Luften er fylt av skum og sjørøkk som nedsetter synsvidda betydelig. Sjøen er fullstendig kvit av drivende skum.

NB! Når en skal bedømme vinden ut fra dens virkning på sjøen, må en være oppmerksom på følgende vanskeligheter:

- 1) Om natten er det ikke lett å bedømme vindstyrken ut fra sjøgangen.
- 2) Ved økende vind, tiltar ikke sjøgangen like fort som vinden.
- 3) Avstand fra land, dybde, dønning, sterkt regn, tidevann og andre strømmer virker på sjøens utseende.
- 4) Ved fralandsvind nær land er vindens virkning anderledes enn beskrevet i tabellen.

Tabell B1: Vindfrekvenser (vindroser) fra Fornebu, mars 1991.

1940 FORNEBU													OR			
MARCH													1991-1991			
HRS.	00,06,12,18	GMT											N=	C=	VM=	FM=
DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	NO	FDM	
36N		4.8												4.8	1.0	
03		8.1	6.5	1.6										16.1	1.6	
06		0.8	4.8	5.6										11.3	2.4	
09E		1.6	2.4	1.6										5.6	2.0	
12		0.8												0.8	1.0	
15		1.6	0.8	0.8										3.2	1.8	
18S		2.4	1.6	1.6										5.6	1.9	
21		6.5	0.8		0.8									8.1	1.4	
24		9.7	0.8											10.5	1.1	
27W		5.6			0.8									6.5	1.4	
30		4.0		0.8	0.8									5.6	1.7	
33		5.6												5.6	1.0	
NF		51.6	17.7	12.1	2.4											

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-01	51.6	25.8	16.1	6.5		
01-07	61.3	6.5	25.8	3.2	3.2	
07-13	35.5	29.0	25.8	6.5	3.2	
13-19	35.5	32.3	19.4	9.7		3.2

Tabell B2: Vindfrekvenser (vindroser) fra Fornebu, april 1991.

1940 FORNEBU													OR			
APRIL													1991-1991			
HRS.	00,06,12,18	GMT											N=	C=	VM=	FM=
DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	NO	FDM	
36N		5.0	5.0	0.8	2.5	0.8								14.2	2.2	
03		0.8	0.8	2.5	3.3									7.5	3.1	
06		2.5	5.0	2.5	1.7									11.7	2.3	
09E		3.3	0.8	1.7										5.8	1.7	
12		2.5	0.8											3.3	1.3	
15		2.5	5.0	0.8										8.3	1.8	
18S		1.7	8.3	9.2	5.0									24.2	2.7	
21		1.7	0.8											2.5	1.3	
24		3.3	0.8											4.2	1.2	
27W		0.8		0.8										1.7	2.0	
30		3.3		1.7	1.7									6.7	2.3	
33		5.0	0.8											5.8	1.1	
NF		32.5	28.3	20.0	14.2	0.8										

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-01	6.7	23.3	46.7	16.7	3.3	3.3
01-07	23.3	26.7	33.3	16.7		
07-13	3.3	26.7	26.7	36.7	6.7	
13-19	3.3	13.3	26.7	50.0	6.7	

Tabell B3: Vindrekvenser (vindroser) fra Fornebu, mai 1991.

1940 FORNEBU													DR			
MAY													1991-1991			
HRS. 00,06,12,18 GMT													N=	C=	VM=	FM=
DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FD	
36N		5.6	4.0	6.5	1.6	0.8								18.5	2.3	
03		1.6	5.6	3.2	0.8									11.3	2.3	
06		0.8		2.4	2.4									5.6	3.1	
09E		2.4	0.8											3.2	1.3	
12			2.4											2.4	2.0	
15		1.6	1.6											3.2	1.5	
18S		1.6	7.3	6.5	3.2									18.5	2.6	
21		0.8	5.6	1.6	0.8									8.9	2.3	
24		2.4					0.8							3.2	2.3	
27W				1.6	1.6									3.2	3.5	
30		2.4		3.2	2.4									8.1	2.7	
33		3.2	4.0	2.4	2.4									12.1	2.3	
NF		22.6	31.5	27.4	15.3	0.8	0.8									

FREQUENCY OF MAY WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-01	12.9	48.4	32.3	3.2	3.2
01-07	19.4	22.6	29.0	22.6	6.5
07-13	19.4	32.3	38.7	9.7	
13-19	12.9	12.9	64.5	3.2	6.5

Tabell B4: Vindstyrker og vindretninger fra Fornebu, mars 1991, kl 01, 07, 13 og 19.

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT - KLIMAAVDELINGEN MARS 1991

1940 FORNEBU

Køystane: BERUM

10 mch

VINDRETNING (DD i dekagrader) og VINDHASTIGHET (FF,FM,FX,KAST i m/s)

DT	DD01FF	DD07FF	DD13FF	DD19FF	FM	FX	KAST
1	1 1	2 4	4 3	3 3	3	5	7
2	3 3	5 4	5 3	8 4	3	5	7
3	6 4	8 4	6 2	2 1	2	6	8
4	33 1	0 0	17 2	25 1	1	2	7
5	28 1	3 2	10 2	7 3	2	5	7
6	6 4	5 3	2 2	2 2	2	4	8
7	3 2	3 1	0 0	1 1	1	2	4
8	0 0	35 1	5 4	4 2	2	4	6
9	5 4	5 4	3 4	5 3	3	5	9
10	8 3	5 2	34 1	0 0	1	4	7
11	0 0	22 1	0 0	29 1	0	2	3
12	0 0	31 2	17 2	26 1	2	2	4
13	19 1	0 0	27 1	3 1	1	2	4
14	0 0	0 0	21 1	32 1	1	2	4
15	16 1	29 1	5 5	3 3	3	7	10
16	4 2	8 3	4 3	2 1	2	4	6
17	3 1	0 0	25 1	24 1	0	2	4
18	0 0	26 1	34 1	29 1	1	2	4
19	36 1	35 1	16 4	17 4	3	7	10
20	16 1	1 1	25 2	20 1	1	4	6
21	19 1	26 1	9 2	33 1	1	4	6
22	30 2	0 0	24 1	20 1	1	3	5
23	23 1	33 2	2 2	24 3	2	4	6
24	24 1	0 0	20 2	24 1	1	3	4
25	23 1	25 1	20 1	18 1	1	2	3
26	0 0	28 1	12 1	33 1	1	2	4
27	0 0	0 0	20 1	25 1	1	2	5
28	0 0	0 0	16 2	7 3	2	3	4
29	0 0	26 1	24 2	20 3	2	3	6
30	8 2	20 7	29 5	29 7	6	12	21
31	27 6	2 1	21 2	19 5	2	7	12
M	1	2	2	2	2		

Høyeste KAST 21 m/s den 30. Tilsvarende FM 6 m/s og FX 12 m/s.

Høyeste FM 6 m/s den 30. Tilsvarende KAST 21 m/s og FX 12 m/s.

FF: observert middelvind over 10 min kl 01,07,13,19. FM: døgnaiddel av FF.

FX: maksimal observert middelvind i døgnet (19-19).

KAST: maksimalt vindkast i døgnet (19-19). Noen stasjoner observerer vindhastighet skjønnsmessig i Beaufort. For disse er oppgitt vindhastigheter i m/s som tilsvarer midten i de respektive Beaufortgrupper 0 - 12.

Vindretning DD: 36:N 9:Ø 18:S 27:V 0:STILLE

Tid er gitt i norsk normaltid - GMT + 1 time

Tabell B5: Vindstyrker og vindretninger fra Fornebu, april 1991, kl 01, 07, 13 og 19.

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT - KLIMAABDELINGEN APRIL 1991

1940 FORNEBU

Kommune: BÆRUM

10 moh

VINDRETNING (DD i dekagrader) og VINDHASTIGHET (FF, FM, FX, KAST i m/s)

ØT	DD01FF	DD07FF	DD13FF	DD19FF	FM	FX	KAST
1	20 3	0 0	10 1	20 2	1	6	9
2	19 4	29 1	15 1	15 3	1	7	13
3	16 5	18 6	18 7	19 6	6	8	11
4	19 8	17 3	18 5	17 1	3	8	10
5	5 2	6 2	4 3	7 3	3	5	7
6	17 2	9 2	17 4	16 3	3	6	8
7	16 2	12 2	16 1	17 4	2	5	9
8	17 4	14 3	17 3	23 1	2	6	10
9	6 2	32 1	17 2	18 4	2	5	7
10	36 1	10 1	17 6	17 3	3	6	9
11	13 1	19 3	17 5	19 2	3	6	9
12	16 2	9 1	19 5	19 2	3	6	8
13	0 0	5 1	25 1	32 2	1	3	4
14	35 2	36 4	17 3	23 1	3	5	9
15	33 1	5 1	30 7	30 8	5	10	17
16	27 5	30 4	31 4	35 10	6	10	21
17	35 7	35 6	35 6	36 2	5	13	22
18	21 1	36 1	17 3	32 1	1	4	7
19	30 1	36 2	7 6	2 4	4	6	11
20	1 2	27 1	33 3	6 1	2	4	9
21	34 1	0 0	19 5	18 7	4	8	13
22	15 3	11 2	34 1	0 0	1	7	10
23	36 2	0 0	16 3	19 3	2	3	6
24	35 1	7 2	17 4	17 4	3	5	9
25	36 2	2 2	23 2	30 2	2	4	6
26	11 2	5 5	9 4	2 4	4	5	8
27	30 1	8 3	8 5	4 5	4	6	9
28	1 3	36 1	5 6	6 4	3	7	11
29	5 2	25 1	6 4	3 6	3	7	11
30	3 6	3 7	3 7	35 3	6	7	13
M	3	2	4	3	3		

Høyeste KAST 22 m/s den 17. Tilsvarende FM 5 m/s og FX 13 m/s.

Høyeste FM 6 m/s den 16. Tilsvarende KAST 21 m/s og FX 10 m/s.

FF: observert middelvind over 10 min kl 01,07,13,19. FM: døgnmiddel av FF.

FX: maksimal observert middelvind i døgnet (19-19).

KAST: maksimalt vindkast i døgnet (19-19). Noen stasjoner observerer vindhastighet skjønnsmessig i Beaufort. For disse er oppgitt vindhastigheter i m/s som tilsvarer midten i de respektive Beaufortgrupper 0 - 12.

Vindretning DD: 36:N 9:Ø 18:S 27:V 0:STILLE

Tid er gitt i norsk normaltid - GMT + 1 time

Tabell B6: Vindstyrker og vindretninger fra Fornebu, mai 1991, kl 01, 07, 13 og 19.

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT - KLIMAAVDELINGEN MAI 1991

1940 FORNEBU

Kommune: BERUM

10 moh

VINDRETNING (DD i dekagrader) og VINDHASTIGHET (FF, FM, FX, KAST i m/s)

DT	DD01FF	DD07FF	DD13FF	DD19FF	FM	FX	KAST
1	2 2	2 4	1 5	2 3	4	7	11
2	36 3	30 1	2 4	32 4	3	7	11
3	2 3	35 3	7 6	3 3	4	7	12
4	3 2	36 4	2 5	1 5	5	8	12
5	32 3	3 6	2 5	35 4	5	8	12
6	33 2	6 4	22 2	19 2	2	5	9
7	2 2	9 2	20 3	20 3	2	3	6
8	36 1	35 2	17 3	19 5	3	5	8
9	0 0	5 1	17 3	17 5	3	8	12
10	21 3	24 1	18 6	18 3	3	8	12
11	17 2	14 2	17 6	16 4	4	8	11
12	1 2	9 1	14 3	19 5	3	6	10
13	11 3	20 2	17 4	28 4	3	7	10
14	30 2	36 2	28 7	32 4	4	8	13
15	30 4	31 5	33 6	1 7	6	9	17
16	32 3	35 6	36 5	35 5	5	8	16
17	1 3	36 2	8 3	21 2	2	5	10
18	34 1	9 1	19 5	17 6	4	7	11
19	13 2	15 2	18 3	18 6	4	6	9
20	20 5	21 8	30 8	30 8	8	11	21
21	29 4	29 5	27 4	24 11	7	12	19
22	26 6	29 7	35 9	34 6	7	12	20
23	34 2	34 5	34 6	35 4	5	8	14
24	34 3	1 2	20 2	34 3	2	7	12
25	35 2	5 4	17 3	5 5	4	7	10
26	32 1	21 1	17 2	17 4	2	5	11
27	1 2	23 1	11 3	20 4	2	4	7
28	1 2	4 3	19 2	19 1	2	6	8
29	25 1	0 0	3 3	14 2	2	5	9
30	2 3	31 2	17 4	17 3	3	7	12
31	32 1	5 6	5 6	36 5	6	8	11
M	2	3	4	4	4		

Høyeste KAST 21 m/s den 20. Tilsvarende FM 8 m/s og FX 11 m/s.

Høyeste FM 8 m/s den 20. Tilsvarende KAST 21 m/s og FX 11 m/s.

FF: observert middelvind over 10 min kl 01,07,13,19. FM: døgnmiddel av FF.

FX: maksimal observert middelvind i døgnet (19-19).

KAST: maksimalt vindkast i døgnet (19-19). Noen stasjoner observerer vindhastighet skjønsaessig i Beaufort. For disse er oppgitt vindhastigheter i m/s som tilsvarer midten i de respektive Beaufortgrupper 0 - 12.

Vindretning DD: 36:N 9:Ø 18:S 27:V 0:STILLE

Tid er gitt i norsk normaltid - GMT + 1 time

