



Statlig program for forurensningsovervåking

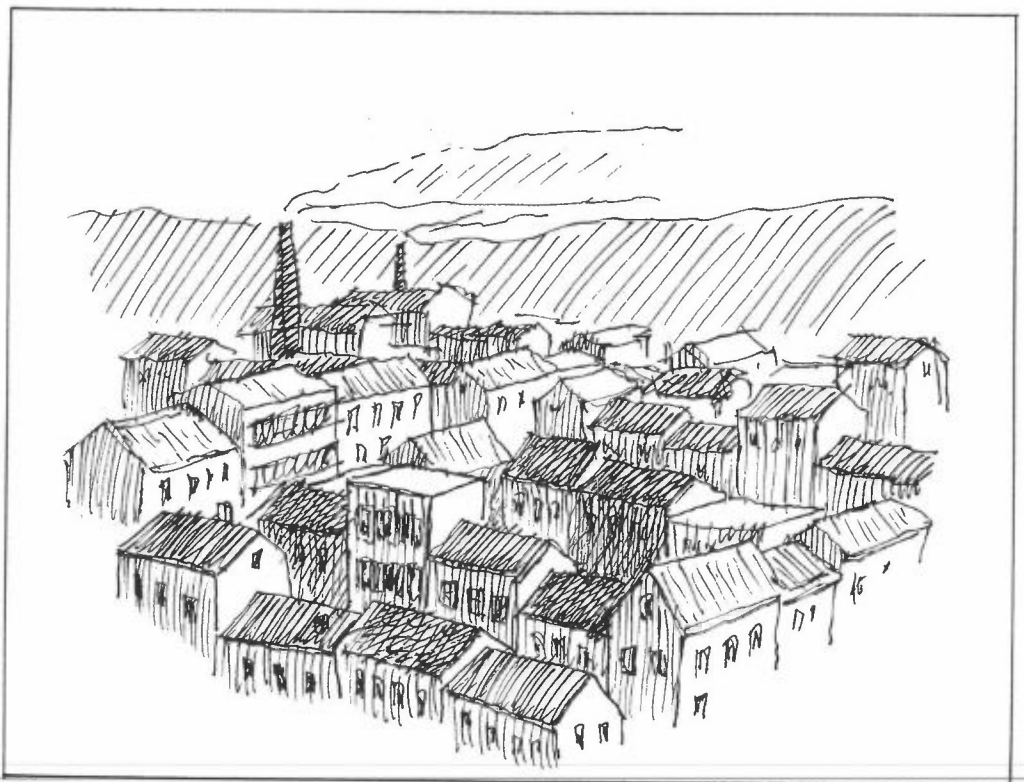
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Rapport nr.: 648/96

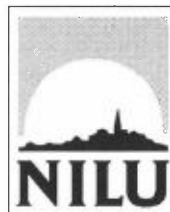
Deltakende institusjon: NILU

Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet

Oktober 1994-mars 1995



TA-1323/1996



Norsk institutt for luftforskning



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.

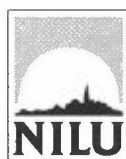
Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo, tlf. 22 57 34 00.

NILU : NILU OR 8/96
REFERANSE : O-94109
DATO : MAI 1996
ISBN : 82-425-0740-6

Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet Oktober 1994-mars 1995

Leif Otto Hagen og Mona Johnsrud

**Utført etter oppdrag
fra Statens forurensningstilsyn**



Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2007 Kjeller

Innhold

Side

Sammendrag	3
1. Innledning	7
2. Hensikt	7
3. Måleprogram	8
4. Anbefalte luftkvalitetskriterier	18
5. Hovedresultater fra luftkvalitetsmålingene	20
6. Luftkvalitet	30
6.1 Oslo (Nordahl Bruns gate).....	30
6.1.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier.....	30
6.1.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold.....	35
6.1.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre.....	38
6.2 Drammen (Nedre Storgate).....	39
6.2.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier.....	39
6.2.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold.....	43
6.2.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre.....	46
6.3 Porsgrunn (Brannstasjonen) og Skien (Holbergs gate).....	47
6.3.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier.....	47
6.3.2 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre.....	51
6.4 Bergen (Fengslet og Nygårdsgaten).....	51
6.4.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier.....	51
6.4.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold.....	54
6.4.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre.....	59
6.5 Trondheim (Rådhusparken).....	60
6.5.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier.....	60
6.5.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold.....	64
6.5.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre.....	66
7. Meteorologiske forhold	67
7.1 Oslo (Nordahl Bruns gate).....	67
7.1.1 Vindretning.....	67
7.1.2 Vindstyrke og vindkast (gust).....	69
7.1.3 Temperatur.....	71
7.1.4 Atmosfærisk stabilitet.....	73
7.2 Drammen (Marienlyst).....	75
7.2.1 Vindretning.....	75
7.2.2 Vindstyrke og vindkast (gust).....	77
7.2.3 Temperatur.....	79
7.2.4 Atmosfærisk stabilitet.....	81
7.3 Bergen (Florida).....	82
7.3.1 Vindretning.....	82
7.3.2 Vindstyrke og vindkast (gust).....	85
7.3.3 Temperatur.....	87

7.3.4 Atmosfærisk stabilitet.....	90
7.4 Trondheim (Erkebispegården)	91
7.4.1 Vindretning.....	91
7.4.2 Vindstyrke og vindkast (gust)	94
7.4.3 Temperatur	96
7.4.4 Atmosfærisk stabilitet.....	98
8. Referanser.....	99
Vedlegg A: Grafisk presentasjon av time- og døgnmiddeldata av luftkvalitetsparametre	101
Vedlegg B: Grafisk presentasjon av timemiddeldata av meteorologiske parametre	169

Sammendrag

Høsten 1994 startet oppbyggingen av et nytt og moderne overvåkingsprogram for luftkvalitet i en del av de største byene her i landet. I et moderne overvåkingsprogram er det viktig å ha et system med både modellberegninger og faste målestasjoner der dataene er tilgjengelig for å vises på brukernes dataskjermer i nær sann tid. Data fra de faste stasjonene skal gi informasjon om forurensningsnivå og utvikling i tid. Det er viktig at målinger og modellberegninger kombineres på en kostnadseffektiv måte.

Beregnings- og måleopplegget er konsentrert om nitrogenoksider (NO , NO_2 , NO_x) og svevestøv ($\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10}), som anses som de viktigste lokale luftforurensningsproblemene i Norge i dag. Måleresultatene fra vinteren 1994/95 gir grunnlagsdata for å etablere "arealmodeller" for Oslo, Drammen, Bergen, Trondheim og Grenlandsområdet (Skien/Porsgrunn). Utslippsoversikter framskaffes i fellesskap av Statistisk sentralbyrå og NILU. Innhenting av gode trafikkdata er spesielt viktig for å få gode utslippsdata. På initiativ fra Statens forurensningstilsyn (SFT) jobbes det med å få frem metoder for prosessering av rådata, slik at data med den nødvendige kvalitet kan innhentes så effektivt som mulig. Det er her nødvendig med et samarbeid med veimyndigheter og kommuner.

Når modellene er etablert, har en det nødvendige grunnlaget for å beregne hvilke konsentrasjoner av luftforurensninger befolkningen utsettes for (eksponering).

Målingene i vinterhalvåret 1994/95 har omfattet nitrogenoksider og svevestøv og meteorologiske forhold. De fleste målingene er utført med kontinuerlig registrerende instrumenter (monitører) hvor dataene midles til timemiddelverdier og overføres til NILU på telenettet for løpende kvalitetskontroll. Ved noen stasjoner er det i stedet for eller i tillegg også benyttet døgnprøvetakere for NO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} .

Målingene er utført i samarbeid mellom NILU og Miljøetaten i Oslo kommune, Bergen kommune, Statens Vegvesen Hordaland, Trondheim kommune, Statens Vegvesen Sør-Trøndelag, Drammen kommune og SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark. NILU har hatt ansvaret for kontroll og akkreditering av måledataene (bortsett fra OPSIS-målingene i Drammen).

Målestasjonene er valgt ut slik at de kan gi god kontroll av beregningsmodeller, samtidig som de gir representative måleresultater for den generelle luftkvaliteten i delområder i bysentrum (området innenfor 0,5-1 km fra stasjonen). De ble derfor plassert enten på tak (Oslo og Drammen) eller på bakken noe unna de mest trafikkerte veiene. I Bergen er det i tillegg en gatestasjon for svevestøv (PM_{10}).

Måleresultatene for luftkvalitet er sammenliknet med anbefalte norske luftkvalitetskriterier foreslått av en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT. De anbefalte luftkvalitetskriteriene er fastsatt på grunnlag av litteraturstudier om sammenhengen mellom luftforurensninger og skadevirkninger på helse og miljø. Det er også sammenliknet med grenseverdier/veiledende grenseverdier gjeldende for EU/EØS-området.

Alle målestasjonene hadde halvårsmiddelverdier av NO₂ under det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 50 µg/m³. Middelerdiene varierte fra 27 µg/m³ i Porsgrunn og Trondheim til 47 µg/m³ i Drammen. Ved alle stasjonene som hadde målinger av timemiddelkonsentrasjoner, var mer enn 50% av målingene lavere enn EUs veiledende grenseverdi (for medianen av timemiddelverdiene) på 50 µg/m³, dvs. at denne grenseverdien er overholdt.

Halvårsmiddelverdiene av PM_{2,5} varierte fra 8 µg/m³ i Bergen og Trondheim til 15 µg/m³ i Porsgrunn, dvs. godt under det anbefalte norske luftkvalitetskriteriet på 30 µg/m³.

Alle målestasjonene hadde også halvårsmiddelverdier av PM₁₀ godt under det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 40 µg/m³. Nivået varierte fra 14 µg/m³ i Bergen til 28 µg/m³ i Porsgrunn.

Tabell A nedenfor viser frekvensen av overskridelser (prosent av antall måledata med overskridelser) av de anbefalte luftkvalitetskriteriene for time- og døgnmiddelverdi av NO₂ og av døgnmiddelverdi av PM₁₀.

Tabell A: *Frekvens (prosent) av overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier for time- og døgnmiddelverdi av NO₂ og døgnmiddelverdi av PM₁₀ vinteren 1994/95.*

By	Stasjon	NO ₂ timemiddelverdi >100 µg/m ³	NO ₂ døgnmiddelverdi >75 µg/m ³	PM ₁₀ døgnmiddelverdi >70 µg/m ³
Oslo	Nordahl Bruns gt.	1,4	3,7	1,3
Drammen	Nedre Storgt. 3			0,6
	Løype 1 (kort)	4,0	7,9	
	Løype 2 (lang)	3,9	7,9	
Skien	Holbergs gt.	0,7	0	0
Porsgrunn	Brannstasjonen		0	1,6
Bergen	Fengslet	0,8	1,8	0
	Nygårdsgaten			0,7
Trondheim	Rådhusparken	0,2	0	4,9

Timemiddelkriteriet av NO₂ på 100 µg/m³ ble overskredet på alle stasjonene som hadde målinger av timemiddelverdier. Overskridelsene varierte fra 0,2% i Trondheim til 4,0% i Drammen. Den høyeste timemiddelverdien ble målt i Bergen til 203 µg/m³. Døgnmiddelkriteriet på 75 µg/m³ ble overskredet i 0-7,9% av tiden, også oftest i Drammen. Den høyeste døgnmiddelverdien ble målt i Drammen (107 µg/m³). Ved alle stasjonene var mer enn 98% av timemiddelverdiene lavere enn både 200 µg/m³ og 135 µg/m³ som er henholdsvis EUs grenseverdi og veiledende grenseverdi for timemiddelverdi målt over et år.

Døgnmiddelkriteriet for PM₁₀ på 70 µg/m³ ble overskredet i 0-4,9% av tiden, oftest i Trondheim, som også hadde den høyeste døgnmiddelverdien (141 µg/m³).

De nevnte overskridelsene gjelder bakgrunnskonsentrasjoner (konsentrasjoner i takhøyde eller på en viss avstand fra trafikkerte gater/veier). På bakkenivå i kort avstand fra tunge trafikkstrømmer vil forurensningsnivåene kunne være betydelig høyere, noe som kan ha stor betydning for befolkningseksponeringen.

Hovedkilden til nitrogenoksider og svevestøv i byområder er utslipp fra biltrafikken, men det er også betydelige bidrag fra boligoppvarming med oljeprodukter og ved. I perioder med tørr og bar veibane er veislitasjen med piggdekk og oppvirvling av støv fra veibanen den viktigste kilden til PM_{10} .

Siden biltrafikken er den viktigste kilden til luftforurensning i byområdene, viser målingene de laveste forurensningskonsentrasjonene tidlig om morgenen mens trafikken er på det laveste og de høyeste konsentrasjonene i rushtiden.

NO_2 har vanligvis en mindre markert døgnlig variasjon enn de andre komponentene. Bare ca. 5% av nitrogenoksidutslippet er som NO_2 , resten er NO . NO reagerer imidlertid raskt med O_3 (ozon) i lufta. Dette gir NO_2 . Så lenge det er tilstrekkelig O_3 til stede vil det derfor dannes NO_2 . Om natta, når NO -utslippene er lave i forhold til O_3 -konsentrasjonen, blir derfor NO_2 -konsentrasjonen vanligvis høyere enn NO -konsentrasjonen. Om dagen er NO -utslippet vanligvis så høyt at det vil være for lite O_3 , og bare en mindre andel vil gå over til NO_2 .

Sammenholdt med de meteorologiske dataene måles det klart høyeste forurensningsnivået ved lav vindstyrke (mindre enn 2 m/s) og stabil temperatursjiktning. Ved stabil sjiktning øker temperaturen med høyden. Dette medfører dårlig spredning av luftforurensende utslipp.

Vinteren 1994/95 var mildere enn normalt over hele Sør-Norge, bortsett fra oktober 1994. Mildt vær er ofte kombinert med økt vindstyrke og gode spredningsforhold. En kaldere vinter ville derfor trolig gitt høyere gjennomsnittlige konsentrasjoner, høyere maksimumskonsentrasjoner og høyere frekvens av overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier enn det som ble målt vinteren 1994/95.

Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet

Oktober 1994-mars 1995

1. Innledning

I 1992 utførte en gruppe fageksperter fra Danmark, Norge og Sverige en evaluering av de daværende overvåkingsprogrammene for lokale luftforurensninger i byer og tettsteder og luftforurensninger fra biltrafikk i Oslo. Hensikten var å gi grunnlag for revisjon av programmene for å få et mer optimalt og framtidsrettet overvåkingsprogram.

De siste målingene i det tidligere by/tettstedsprogrammet ble avsluttet våren 1994. I det nye overvåkingssystemet, hvis oppbygging startet høsten 1994, er følgende delaktiviteter sentrale:

- kartlegging av utslippene
- måleprogram for luftkvalitet og meteorologiske forhold
- spredningsberegninger både for byområder, ved veier og på industristeder
- presentasjon og rapportering av resultater.

Moderne måleprogram har i hovedsak kontinuerlig registrerende måleinstrumenter, der dataene midles til f.eks. timemiddelverdier og overføres på telenettet. Slik "on-line" overvåking betyr at dataene vil være raskt tilgjengelig for "alle" (sentrale og lokale myndigheter, media, forskningsmiljøer, miljøorganisasjoner og andre brukere).

2. Hensikt

I et moderne overvåkingsprogram er det viktig å ha et system med både modellberegninger og faste overvåkingsstasjoner. Data fra de faste stasjonene skal gi informasjon om forurensningsnivå og utvikling i tid og skal rapporteres til en rekke internasjonale organisasjoner, bl.a. EEA (European Environment Agency). Modellberegningene, som kontinuerlig må sammenholdes og "kalibreres" mot måleresultatene, gir nødvendig informasjon om hvordan forurensningsnivået varierer over større områder og om befolkningseksponeringen.

Beregnings- og måleopplegget er konsentrert om nitrogenoksider (NO , NO_2 , NO_x) og svevestøv ($\text{PM}_{2.5}$ og PM_{10}), som anses som de viktigste lokale luftforurensningsproblemene i dag. Måleresultatene fra vinteren 1994/95 gir grunnlagsdata for å etablere spredningsberegninger for byområder ("arealmodeller") for Oslo, Drammen, Bergen, Trondheim og Grenlandsområdet (Skien/Porsgrunn). Utslippsoversikter framskaffes i fellesskap av Statistisk sentralbyrå og NILU.

Når modellene er etablert, har en det nødvendige grunnlaget for å beregne befolkningseksponering for luftforurensning som forurensningsmyndighetene vil bruke som en viktig miljøindikator. Som befolkningseksponering vil enten personepisodetimer (PET) eller befolkningsbelastning bli benyttet. Personepisodetimer er antall eksponerte personer (dvs. personer som bor i områder hvor anbefalte luftkvalitetskriterier overskrides) multiplisert med varigheten av hver episode summert over alle episoder i løpet av et år. Befolkningsbelastning er definert som akkumulert eksponering over et terskelnivå (AOT), der terskelnivået er de anbefalte luftkvalitetskriteriene.

3. Måleprogram

Målingene i vinterhalvåret 1994/95 omfattet nitrogenoksider (NO, NO_x, NO₂) og svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀). De fleste målingene er utført med kontinuerlig registrerende instrumenter (monitører). Dataene midles til timemiddelverdier og overføres på telenettet til NILU. Slik "on-line" overvåking betyr at dataene er raskt tilgjengelig og at datakvaliteten kan kontrolleres løpende. Ved noen av stasjonene er det i stedet for eller i tillegg til monitører også benyttet døgnprøvetakere for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀.

Målestasjonene er enten plassert på tak (Oslo og Drammen) eller på bakken noe unna de mest trafikkerte veiene. Hensikten med en slik plassering er at stasjonene skal beskrive den generelle luftkvaliteten i et større område (0,5-1 km). Dette er nødvendig for å gi et bilde av hvilke konsentrasjoner befolkningen utsettes for i boliger, på skoler og arbeidsplasser. Det er også nødvendig for å gi måleresultater som kan sammenliknes med beregnede konsentrasjoner, for å vurdere beregningsmodellene. I Bergen er det i tillegg en gatestasjon for svevestøv (PM₁₀). Gatestasjoner ligger nær utslippene og beskriver maksimalkonsentrasjonene i byområder der biltrafikken er hovedkilden til luftforurensninger. Disse konsentrasjonene reflekterer hva befolkningen utsettes for ved ferdsel i trafikk og på fortauer, men også i bygninger og anlegg i bakkenivå i umiddelbar nærhet til trafikkerte gater/veier.

Målingene er gjennomført i samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) og følgende institusjoner:

Oslo	: Etat for miljørettet helsevern og næringsmiddeltilsyn (Miljøetaten) i Oslo kommune.
Bergen	: Bergen kommune (Helse og sosiale tjenester) og Statens Vegvesen Hordaland.
Trondheim	: Trondheim kommune (Miljøavdelingen) og Statens Vegvesen Sør-Trøndelag.
Drammen	: Drammen kommune (Helseavdelingen) og OPSIS, Sverige.
Porsgrunn og Skien	: SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark.

Både Oslo, Bergen og Drammen har investert ved statlige midler i kjøp av måleutstyr, mens de andre byene har leid instrumenter av NILU. Driften av stasjonene ble utført i samarbeid mellom kommunene og NILU, mens NILU hadde ansvaret for godkjenning/akkreditering av dataene (unntatt data fra OPSIS-systemet i Drammen). Målingene i Drammen er i sin helhet rapportert av Drammen

kommune, Helseavdelingen og bare deler av materialet er presentert i denne rapporten.

I Oslo har NILU gjort målinger av nitrogenoksider og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier vinteren 1994/95 for Statens vegvesen Oslo (SVO).

For rask presentasjon av måledataene er det utviklet et system, NILUgraph, som gir en grafisk presentasjon av f.eks. siste døgns, ukes eller måneds måleresultater. Til Oslo og Bergen overføres dataene hver time, mens de overføres døgnlign til Drammen. I Bergen brukes dette systemet bl.a. i forbindelse med varsling av forurensningsnivået i byen, som utarbeides av Vervarslinga på Vestlandet. Også i Drammen utarbeider kommunen en prognose for neste dags luftkvalitet i samarbeid med Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI). NILUgraph er også installert hos SFT, som dermed har tilgang til daglig oppdaterte data fra de deltagende kommunene. Drammen har et eget presentasjonssystem utviklet av OPSIS.

Utviklingen av det nye moderne on-line overvåkingssystemet er i hovedsak muliggjort gjennom ENSIS-prosjektet (**E**nvironmental **S**urveillance and **I**nformation **S**ystem) som ble benyttet under OL på Lillehammer. En rekke institutter og bedrifter har vært med på utformingen av ENSIS. Prosjektet besto i å utvikle, tilpasse og bruke resultatene av flere parallelle utviklingsprosjekter, samt å sette nyutviklet teknologi og tilgjengelige metoder og utstyr sammen til et komplett system.

En oversikt over måleprogrammet for luftkvalitet og meteorologiske forhold er vist i tabell 1 og 2. På flere av stasjonene har målingene pågått også i april 1995, men disse dataene er ikke presentert i denne rapporten. Målestasjonenes plassering er vist i figur 1-6. En kort beskrivelse av stasjonsplasseringene er også gitt.

Oslo

Nordahl Bruns gate: Luftkvalitetsstasjonen er plassert på et tak ca. 5 m over bakken inne i et kvartal mellom Nordahl Bruns gate og St. Olavs gate. Stasjonen regnes å representere områdebelastningen i denne delen av Oslo sentrum. De meteorologiske målingene foretas i en 10 m mast plassert på et 20 m høyt tak inne i det samme kvartalet. På grunn av oppvarming i bygningen under påvirkes målingene av ΔT , den vertikale temperaturredifferansen, som er et mål for luftens stabilitet. Den vertikale temperaturforskjellen blir mindre enn ved stasjoner plassert i åpent terreng. Ved å bruke en litt annen inndeling av ΔT i stabilitetsklassene ustabil, nøytralt, lett stabilt og stabilt enn for stasjonene i de andre byene, fås likevel en fordeling over middeldøgnet som samsvarer med det en vil forvente. Stasjonen ble i september 1995 flyttet til Hovin og er nå plassert i et åpent område.

Bergen

Fengslet: Luftkvalitetsstasjonen er plassert ved det gamle fengslet tvers over gaten for hovedinngangen til Rådhuset. Trafikken i gata er minimal. Avstanden til Kaigaten er ca. 70 m. Dette er i hovedsak en kollektivgate med ÅDT knapt 5 000.

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet i Oslo, Bergen, Trondheim, Drammen, Porsgrunn og Skien i vinterhalvåret 1994/95.

By	Stasjonsnavn	Parameter Midlingstid	NO, NO _x , NO ₂ Time	NO ₂ Døgn	PM _{2,5} Time	PM _{2,5} Døgn	PM ₁₀ Time	PM ₁₀ Døgn
Oslo	Nordahl Bruns gate		14.10.-31.03.		05.01.-31.03.	14.10.-04.01.	05.01.-31.03.	14.10.-04.01.
Bergen	Fengslet		19.10.-31.03.			20.10.-31.03.	26.10.-31.03.	20.10.-31.03.
Bergen	Nygårdsgaten ¹⁾						02.11.-31.03.	
Trondheim	Rådhusparken		06.10.-31.03.			08.10.-31.03.	23.01.-09.02. ²⁾ og 24.03.-31.03. ²⁾	08.10.-31.03.
Drammen	Nedre Storgate 3		01.11.-31.03 ³⁾	17.11.-31.03.			28.10.-31.03.	
Porsgrunn	Brannstasjonen							21.11.-31.03.
Skien	Holbergsgate		01.12.-31.03.					18.11.-31.03.

1) Gatestasjon

2) Målt med Statens Vegvesen, Sør-Trøndelags kontinuerlig registrerende PM₁₀-monitor.3) NO og NO₂ som gjennomsnitt over to målestrekninger fra Nedre Storgate 3 til henholdsvis Grev Wedels plass 3 og Rynnings gate 3 (bare NO₂).

Tabell 2: Måleprogram for meteorologiske forhold i Oslo, Bergen, Trondheim og Drammen i vinterhalvåret 1994/95. Målingene er kontinuerlige, og alle data lagres som timemiddelverdi bortsett fra GUST (dvs. maksimalt vindkast over 2 sekunder).

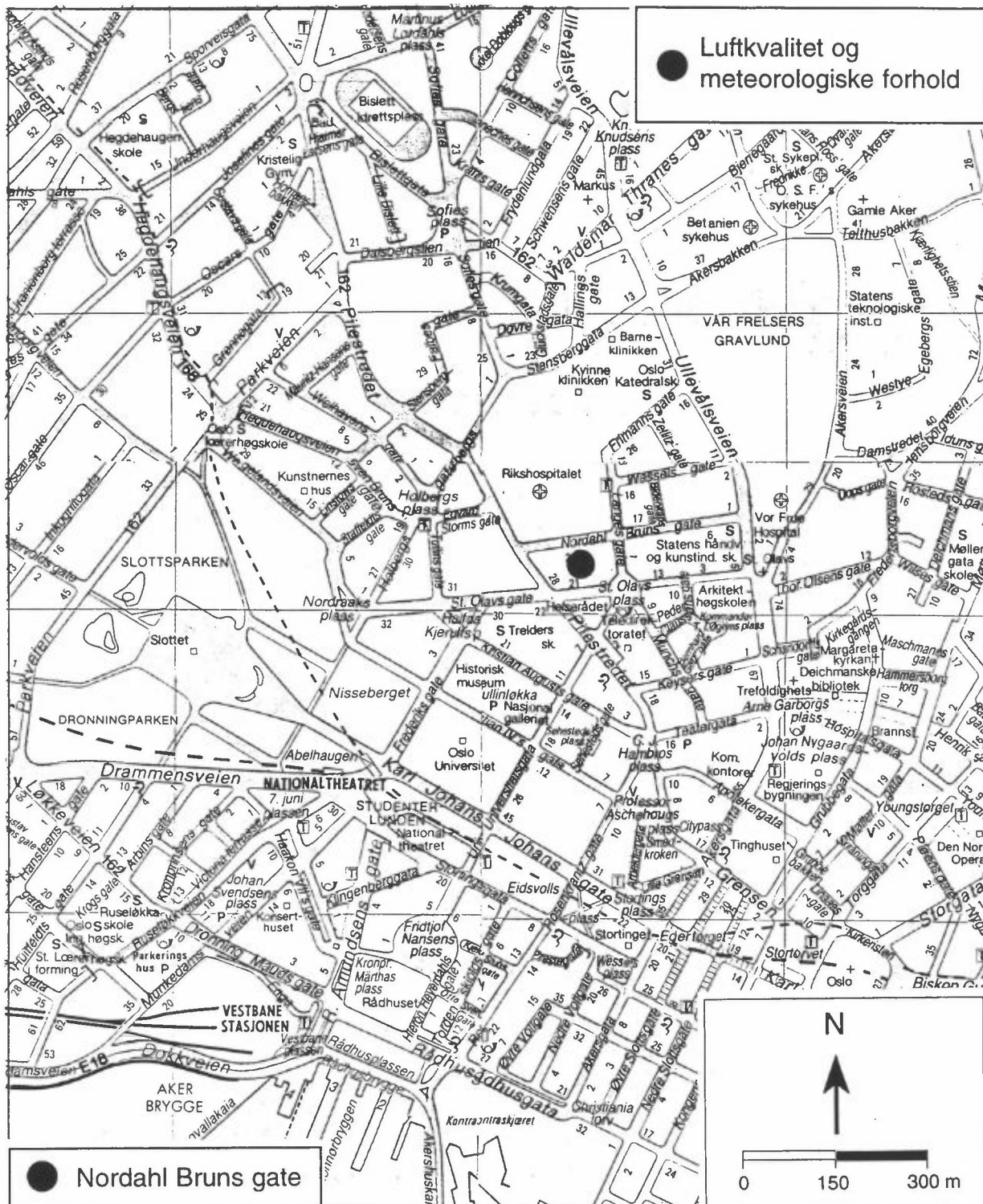
By	Stasjonsnavn	FF ¹⁾	GUST ¹⁾	DD ¹⁾	TT ¹⁾	ΔT ¹⁾	RH ¹⁾	Måleperiode
Oslo	Nordahl Bruns gate ²⁾	x	x	x	x	x	x	01.10.-31.03.
Bergen	Florida ³⁾	x	x	x	x	x ⁴⁾	x	01.10.-31.03.
Trondheim	Erkebispegården	x	x	x	x	x	x	06.10.-31.03.
Drammen	Marienlyst	x	x	x	x	x	x	01.11.-31.03.

1) FF = vindstyrke, GUST = vindkast, DD = vindretning, TT = temperatur, ΔT = temperaturredifferansen mellom 10 m o.b. og 2 m o.b., som er et mål for luftens vertikale blandingsevne, RH = relativ fuktighet.

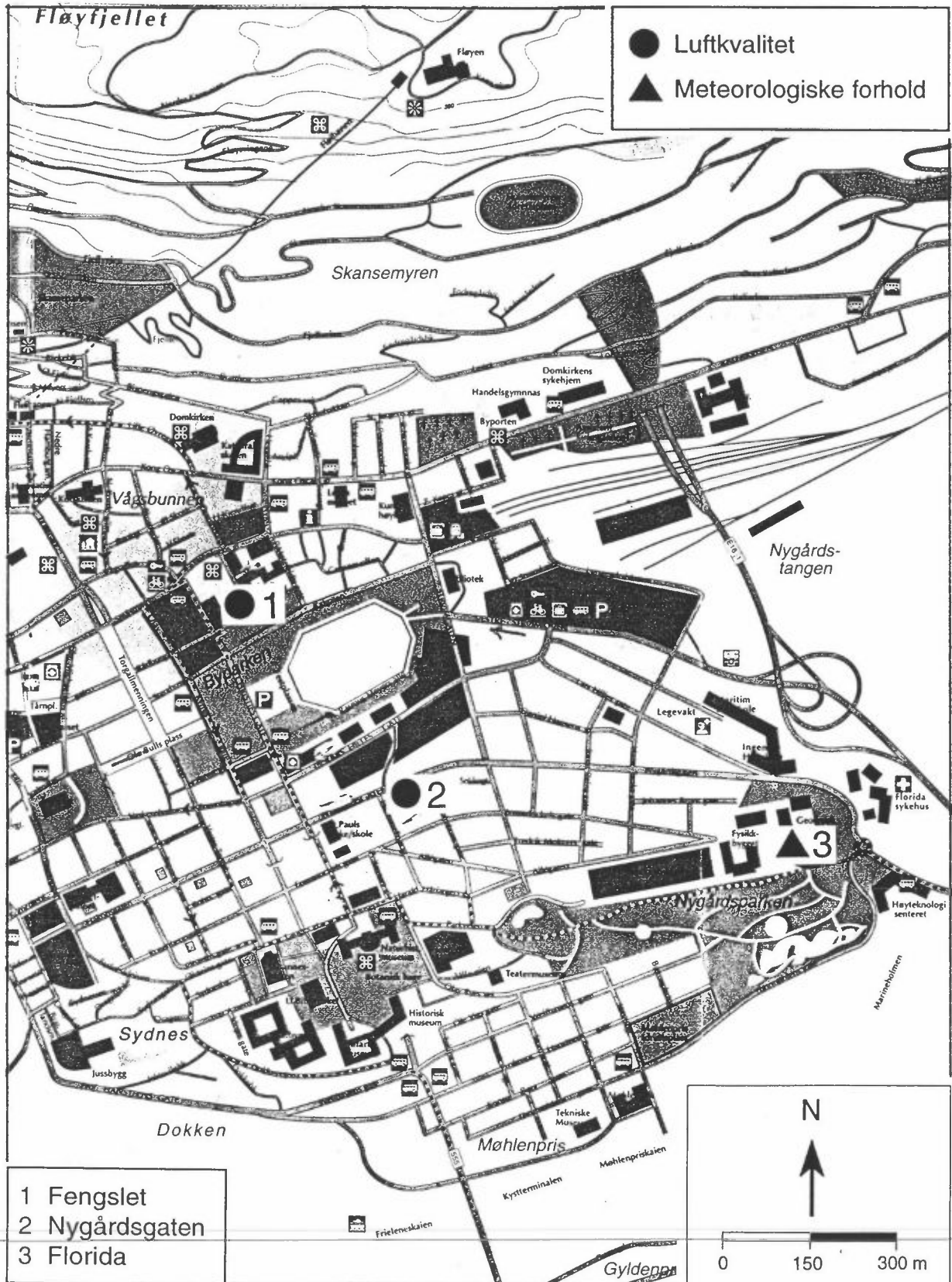
2) Plassert på tak 20 m over bakken inne i et kvartal.

3) Dataene fås på diskett månedlig fra Aanderaa Instruments stasjoner ved Vervarslinga på Vestlandet.

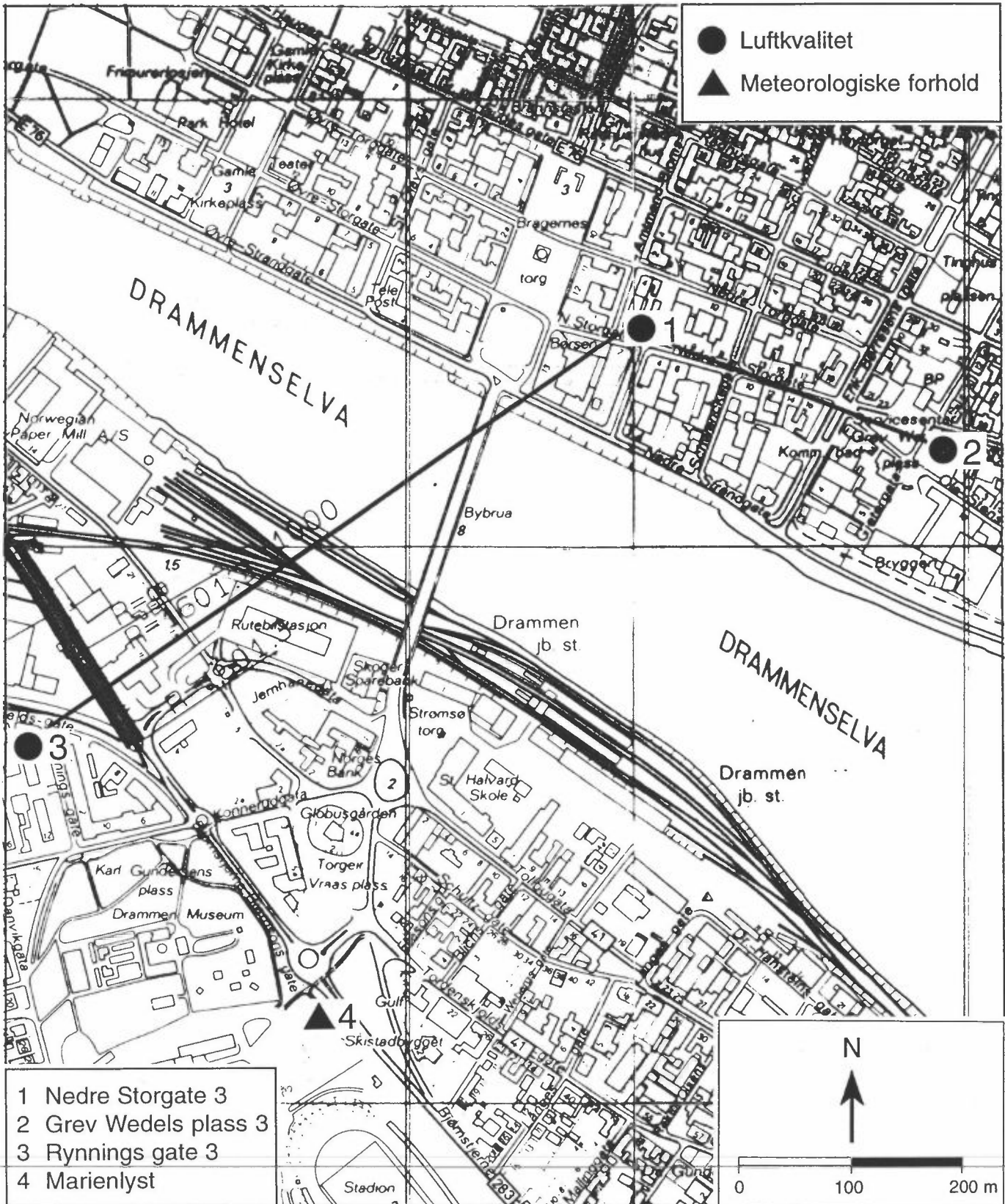
4) Måles ikke direkte, men er temperaturforskjellen mellom en bakkestasjon og en stasjon i et tårn på taket ved Vervarslinga.



Figur 1: Målestasjon for luftkvalitet og meteorologiske forhold i Oslo.



Figur 2: Målestasjoner for luftkvalitet og meteorologiske forhold i Bergen.



Figur 4: Målestasjoner for luftkvalitet og meteorologiske forhold i Drammen.



Figur 6: Målestasjon for luftkvalitet i Skien.

Nygårdsgaten: Luftkvalitetsstasjonen er plassert på sørsiden av Nygårdsgaten vis a vis Nygård skole. Avstanden til kjørebane kant er 3-4 m. Gaten er enveiskjørt med to felt i retning fra vest mot øst.

Florida: De meteorologiske målingene foretas ved Geofysisk institutt/ Vervarslinga ved Universitetet i Bergen med Aanderaa Instruments utstyr. Temperaturen måles i to høyder, 2 m over bakken og i toppen av en mast på tårnet til Geofysisk institutt (30 m o.b.) På det nederste nivået måles også relativ luftfuktighet og nedbørmengde, mens vindstyrke, vindkast og vindretning måles i masten. Aanderaamålerne registrer de meteorologiske dataene hvert 10. minutt, og dataene sendes på diskett månedlig til NILU for beregning av timemiddelverdier og videre databehandling.

Trondheim

Rådhusparken: Luftkvalitetsstasjonen sto i et åpent område i Rådhusparken, ca. 50 m fra Bispegata i sør og Erling Skakkes gate i nord, og ca. 80 m fra Munkegata i vest og Kjøpmannsgata i øst. Stasjonen er representativ som bakgrunnsstasjon for den sørøstlige delen av Trondheim sentrum. Modellberegninger vil vise om en eventuell plassering lengre nord ville vært mer representativ for hele Trondheim sentrum.

Erkebispegården: Den meteorologiske stasjonen var plassert i en 10 m mast ca. 120-130 m sør for Nidarosdomen. Avstanden til Erkebispegården i nordvest er ca. 60 m og i nord ca. 80 m.

Drammen

Nedre Storgate 3: Luftkvalitetsstasjonen er plassert på tak ca. 15-20 m over bakken i Drammen sentrum. På stedet er det plassert en kontinuerlig registrerende PM₁₀-monitor (punktmålinger) og et DOAS-instrument fra OPSIS i Sverige som måler forurensningen som gjennomsnitt over to løyper. Den ene løypen går til Grev Wedels plass 3 og er ca. 295 m lang, mens den andre går over Drammenselva til Rynnings gate 3 og er ca. 660 m lang. Langs begge sløyfene måles NO₂, mens NO bare måles langs den korteste strekningen. Langs begge sløyfene måles også SO₂, O₃, benzen, toluen, xylen og formaldehyd, men disse parametrene er en del av Drammen kommunes eget måleprogram og inngår ikke i rapporteringen fra by/tettstedsprogrammet. Disse dataene er heller ikke tilgjengelige hos NILU.

Marienlyst: De meteorologiske målingene utføres i en 10 m mast plassert i et åpent område nær Marienlyst stadion.

Porsgrunn

Brannstasjonen: Luftkvalitetsstasjonen var plassert ved Brannstasjonen i Kirkebakken 3. I Kirkebakken er det ingen gjennomkjøring. Trafikken går hovedsakelig i Storgata som ligger vel 60 m nord for stasjonen og i Sverres gate/Jønnholtgata ca. 100 m sør for stasjonen. Stasjonen antas å være representativ for områdeforurensningen i Porsgrunn sentrum.

Skien

Holbergs gate: Luftkvalitetsstasjonen står på et tak ca. 3-4 m over bakken godt beskyttet mot direkte utslipp fra biltrafikken i de nærliggende gatene, Holbergs gate i nord, Torggata i vest, Hesselbergsgate i sør og Kongens gate i øst. Stasjonen antas å være representativ for områdeforurensningen i Skien sentrum. NO, NO_x og NO₂ måles med en monitor som tilhører SFTs Kontrollseksjon i nedre Telemark.

4. Anbefalte luftkvalitetskriterier

Ved vurdering av luftkvaliteten i et område er det vanlig å sammenlikne målte eller beregnede konsentrasjoner med grenseverdier for luftkvalitet. En arbeidsgruppe oppnevnt av SFT la i 1982 fram forslag til grenseverdier for luftkvalitet for stoffene SO₂, sot, NO₂, karbonmonoksid (CO), fotokjemiske oksidanter og fluorider på grunnlag av litteraturstudier om sammenhengen mellom luftforurensninger og skadevirkninger på helse og miljø.

I 1992 gjennomførte en ny arbeidsgruppe oppnevnt av SFT en revisjon av grenseverdiarbeidet fra 1982. Resultatet av revisjonen er lagt fram i SFT-rapport nr. 92:16, "Virkninger av luftforurensning på helse og miljø - anbefalte luftkvalitetskriterier".

Et forkortet sammendrag fra denne rapporten er gjengitt nedenfor:

SFT-gruppen har på grunnlag av litteraturstudier beskrevet sammenhengen mellom luftforurensning og skadevirkninger på helse og vegetasjon (dose-effekt-forhold) for stoffene nitrogendioksid (NO₂), nitrogenmonoksid (NO), ozon (O₃), svoveldioksid (SO₂), svevestøv, sure aerosoler, karbonmonoksid (CO), fluorider (F⁻), bly (Pb) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Eventuelle effekter på materialer er også kort beskrevet.

For NO₂, ozon, SO₂, svevestøv, CO og fluorider har gruppen foreslått anbefalte luftkvalitetskriterier med hensyn til helseeffekter. For NO₂, ozon, SO₂ og fluorider har gruppen foreslått anbefalte luftkvalitetskriterier med hensyn til effekter på vegetasjon, og for fluorider er det i tillegg foreslått en anbefalt grenseverdi med hensyn til virkninger på dyr.

Gruppen har foreslått anbefalte luftkvalitetskriterier for eksponeringsnivåer som man ut fra nåværende viten antar befolkningen og miljøet kan utsettes for uten at alvorlige skadevirkninger oppstår. Det er forsøkt å ta hensyn til sårbare grupper i befolkningen/sårbare plantegrupper, og det er tatt hensyn til eventuelle samspillseffekter mellom den aktuelle komponenten og de andre omtalte forurensningskomponentene.

For flere av komponentene innebærer revisjonen ingen vesentlige endringer med hensyn til hva som anbefales som luftkvalitetskriterier. For enkelte komponenter derimot foreslår SFT-gruppen til dels betydelig skjerpede anbefalte luftkvalitetskriterier. Dette gjelder spesielt verdien som er gitt for NO₂ med hensyn til helseeffekter.

Hovedårsakene til at de anbefalte luftkvalitetskriteriene for en del komponenter er skjerpet, er at nyere undersøkelser viser effekter på lavere nivåer enn tidligere kjent. Dessuten har SFT-gruppen når det gjelder de helsebaserte anbefalte luftkvalitetskriteriene funnet det påkrevet å anvende større usikkerhetsfaktorer for enkelte av komponentene.

Ved fastsettelse av de anbefalte luftkvalitetskriteriene med hensyn til helse er det benyttet usikkerhetsfaktorer på mellom 2 og 5. Dette betyr at eksponeringsnivåene må opp i 2-5 ganger høyere enn de angitte verdiene før det med sikkerhet er konstatert skadelige effekter. De anbefalte kriteriene kan derfor ikke tolkes slik at nivåer over disse er definitivt helseskadelige, men det kan heller ikke utelukkes effekter hos spesielt sårbare individer selv ved nivåer under anbefalte luftkvalitetskriterier.

Arbeidsgruppen gjør videre oppmerksom på at forurenset luft vanligvis også inneholder andre skadelige komponenter enn de som her er omtalt. Overholdelse av de anbefalte luftkvalitetskriteriene er derfor ingen garanti for at den forurensete luft er uten skadevirkninger.

I tabell 3 er det gjengitt de anbefalte norske luftkvalitetskriteriene for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀, samt grenseverdier og veiledende grenseverdier for NO₂ gjeldende for EU/EØS-området. EUs grenseverdier er for tiden til revisjon. Verdiene er satt ut fra mulige helsevirkninger.

Tabell 3: Anbefalte norske luftkvalitetskriterier for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀, samt grenseverdier/veiledende grenseverdier for EU/EØS-området (µg/m³)

Midlingstid	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	Kommentarer
15 minutter	500 ¹			Anbefalte norske luftkvalitetskriterier
1 time	100			"
24 timer	75		70	"
6 måneder	50	30	40	"
1 år	200 ²			EU/EØS grenseverdier
1 år	50 ³			EU/EØS veiledende grenseverdi
1 år	135 ⁴			"

1 Gjelder ved opphold i høyt belastet område, f.eks. veitunneler.

2 98-prosentil av timemiddelverdier.

3 Median (50-prosentil) av timemiddelverdier.

4 98-prosentil av timemiddelverdier.

EU/EØS grenseverdier/veiledende grenseverdier er gitt som prosentilverdier. Det betyr at en viss prosentandel av alle timemiddelverdiene må være lavere enn den gitte prosentilverdien (her 98- eller 50-prosentilen).

5. Hovedresultater fra luftkvalitetsmålingene

I dette kapitlet gis det et sammendrag av de viktigste resultatene fra luftkvalitetsmålingene i Oslo, Drammen, Skien, Porsgrunn, Bergen og Trondheim vinteren 1994/95. En mer detaljert beskrivelse for hver enkelt by er gitt i kapittel 6. De meteorologiske dataene fra Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim omtales i kapittel 7. Grafiske tidsplokk av måleresultatene for luftkvalitet og meteorologiske forhold er gitt henholdsvis i vedlegg A og vedlegg B.

Figur 7 gir et grafisk bilde av måneds- og halvårsmiddelverdiene av NO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} i perioden oktober 1994-mars 1995. Tabell 4 og 5 gir et sammendrag av måneds- og halvårsmiddelverdiene. Alle stasjonene hadde halvårsmiddelverdier av NO_2 under det anbefalte norske luftkvalitetskriteriet på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Høyest middelverdi hadde Drammen på den 300 m lange målesløyfa over sentrum (kort løype) med en middelverdi på $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er opp i mot middelkonsentrasjonen på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ble målt i samme periode på den trafikkbelastede målestasjonen i Gamlebyen i Oslo (Torp og Bekkestad, 1995). De laveste middelverdiene ble målt i Porsgrunn og Trondheim.

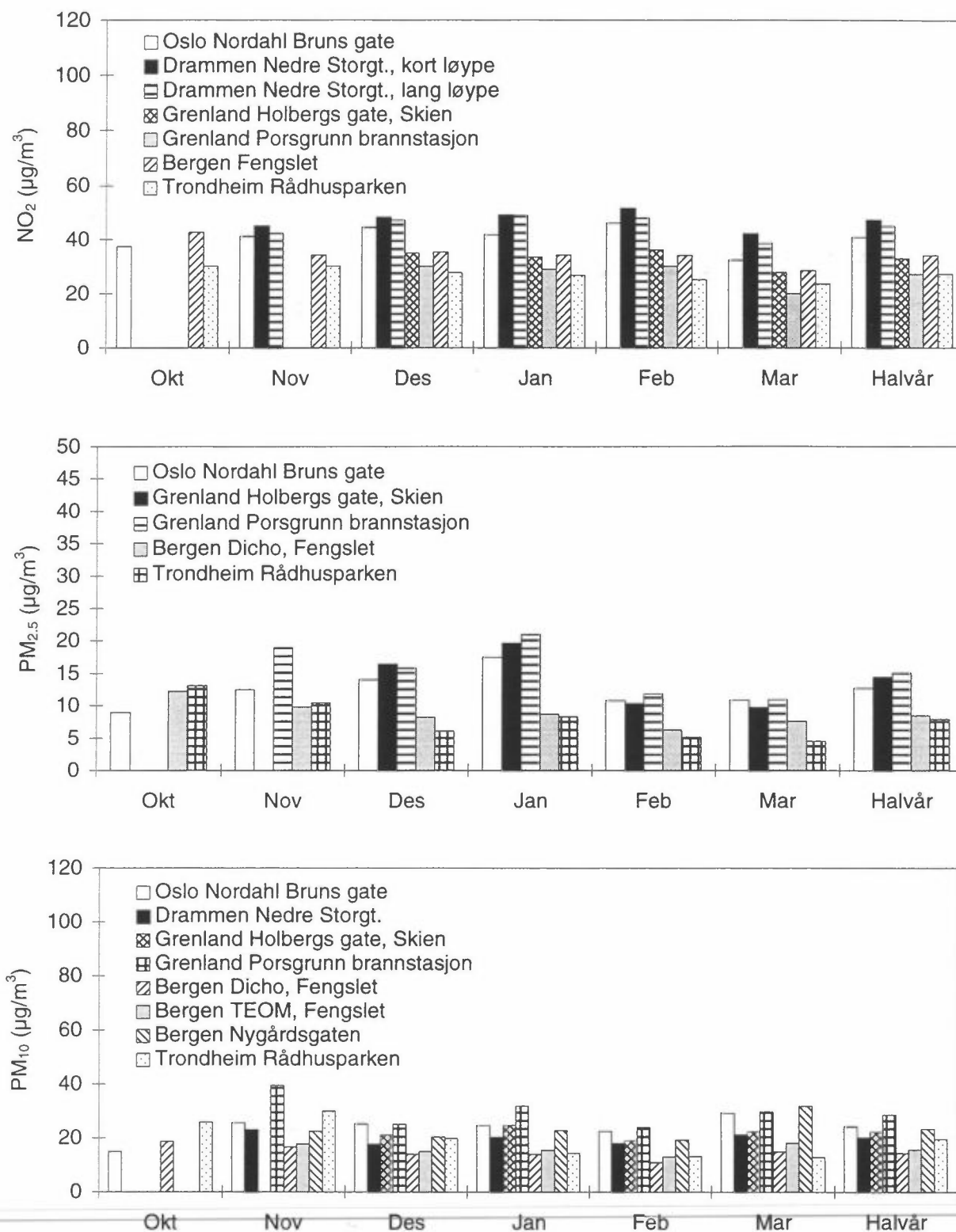
Månedsmiddelverdiene av NO_2 varierte mellom $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Porsgrunn i mars og $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Drammen i februar.

Halvårsmiddelverdiene av $\text{PM}_{2,5}$ varierte mellom $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dvs. godt under det anbefalte luftkvalitetskriteriet på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Alle stasjonene hadde også halvårsmiddelverdier av PM_{10} godt under det anbefalte luftkvalitetskriteriet på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nivået varierte mellom $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Bergen og $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Porsgrunn.

Til sammenlikning ble det i samme periode ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo (Torp og Bekkestad, 1995), målt halvårsmiddelkonsentrasjoner av $\text{PM}_{2,5}$ på 13 - $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og av PM_{10} på 34 - $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Månedsmiddelverdiene av $\text{PM}_{2,5}$ varierte mellom $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Trondheim i februar/mars og $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Porsgrunn i januar. Drammen hadde ikke målinger av $\text{PM}_{2,5}$. Månedsmiddelverdiene av PM_{10} varierte mellom $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Bergen i februar og i Trondheim i februar/mars og $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Porsgrunn i januar og ved gatestasjonen i Bergen i mars.

Tabell 6 gir antall overskridelser av de anbefalte luftkvalitetskriteriene for time- og døgnmiddelverdi av NO_2 og av døgnmiddelverdi av PM_{10} vinteren 1994/95. Figur 8 og tabell 7 gir frekvensen av overskridelser, dvs. antall overskridelser i forhold til antall måledata. Figur 9 viser maksimale time- og døgnmiddelverdier av NO_2 og maksimale døgnmiddelverdier av PM_{10} ved hver stasjon sammenliknet med anbefalte norske luftkvalitetskriterier.



Figur 7: Måned- og halvårsmiddelverdier av NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ og PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 4: Månedsmiddelskonsentrasjoner av NO_2 vinteren 1994/95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Prøvetakingen er utført med døgnprøvetakere (døgnmiddelverdier, D) eller med kontinuerlig registrerende instrumenter (timemiddelverdier, T).
() betyr 10-20 dagers målinger, (()) betyr <10 dagers målinger, - betyr ingen målinger.

By	Oslo		Drammen ¹⁾		Skien		Porsgrunn		Bergen		Trondheim	
	Nordahl Brunsgt	Løype 1	Løype 2	Holbergs gate	Brannstasjonen	Fengslet	Rådhusparken					
Prøvetaker	T	T	T	T	D	T	T					
Oktober 1994	(37,4)	-	-	-	-	(42,6)	30,1					
November 1994	41,0	44,9	42,1	-	(25)	34,2	30,0					
Desember 1994	44,5	48,1	47,1	34,9	30	35,3	27,7					
Januar 1995	41,6	48,9	48,7	33,4	29	34,2	26,7					
Februar 1995	45,9	51,3	47,7	36,1	30	34,0	25,0					
Mars 1995	32,3	41,9	38,5	27,7	20	28,3	23,5					
Middelverdi	40,6	47,0	44,7	32,9	27	33,9	27,1					

1) Løype 1: Nedre Storgate 3-Grev Wedels plass 3 (296 m)
Løype 2: Nedre Storgate 3-Rynningsgate 3 (662 m)

Tabell 5: Månedsmiddelkonsentrasjoner av $PM_{2,5}$ og PM_{10} vinteren 1994/95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
 Prøvetakingen er utført med døgnprøvetakere (døgnmiddelverdier, D) eller med kontinuerlig registrerende instrumenter (timemiddelverdier, T).
 () betyr 10-20 dagers målinger, (()) betyr <10 dagers målinger, - betyr ingen målinger.

By	Stasjon	Oslo				Drammen		Skien		Porsgrunn		Bergen				Trondheim	
		Nordahl Bruns gate		T		Nedre Storgate 3		Holbergs gate		Brannstasjonen		Fengslet		Nygårdsgaten		Rådhusparken	
		PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	D	T	D	PM _{2,5}	PM ₁₀	D	T	D	T	D	T	
Komponent	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	
Oktober 1994	(8,9)	(14,8)	-	-	-	((10,3))	-	-	-	-	(12,2)	(18,6)	(12,2)	((12,2))	13,1	25,9	
November 1994	12,5	25,7	-	-	(17,5)	22,9	(17,5)	(26,1)	(18,9)	(39,4)	9,8	16,6	17,7	17,7	10,4	29,9	
Desember 1994	14,0	25,3	-	-	16,4	17,7	16,4	21,1	15,8	25,0	8,2	14,0	14,8	14,8	6,1	19,8	
Januar 1995	-	-	17,8	25,5	19,6	20,4	19,6	24,7	21,0	31,8	8,7	14,0	15,5	15,5	8,3	14,4	
Februar 1995	-	-	10,8	22,6	10,3	18,0	10,3	19,0	11,8	24,0	6,2	10,9	13,0	13,0	5,1	13,1	
Mars 1995	-	-	10,9	29,3	9,7	21,3	9,7	22,5	11,0	29,8	7,6	14,8	18,1	18,1	4,5	12,8	
Middelverdi			12,6 ¹⁾	24,5 ¹⁾	14,4	19,9	14,4	22,3	15,1	28,6	8,4	14,4	15,7	15,7	8,0	19,6	

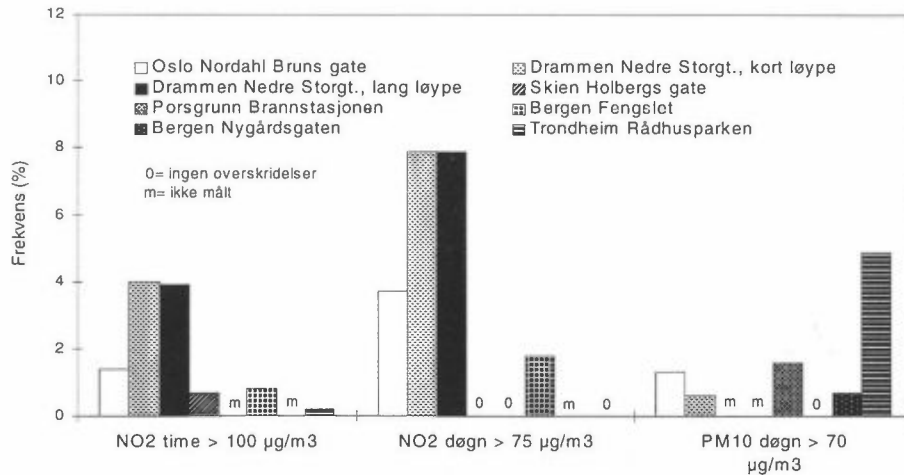
1) Døgnprøver og timeprøver samlet.

Tabell 6: Overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier for time- og døgnmiddelverdi av NO₂ og av døgnmiddelverdi av PM₁₀ vinteren 1994/95.

By og stasjon	Periode	Time NO ₂ (100 µg/m ³)			Døgn NO ₂ (75 µg/m ³)			Døgn PM ₁₀ (70 µg/m ³)		
		Ant. timer >100 µg/m ³	Maks. time (µg/m ³)	Ant. obs. (timer)	Ant. døgn >75 µg/m ³	Maks. døgn (µg/m ³)	Ant. obs. (døgn)	Ant. døgn >70 µg/m ³	Maks. døgn (µg/m ³)	Ant. obs. (døgn)
Oslo-Nordahl Bruns gate	Oktober 1994	0	96	419	0	59	18	0	27	18
	November	7	126	637	0	75	27	1	83	28
	Desember	18	140	740	2	93	31	1	73	29
	Januar 1995	23	153	682	3	87	28	0	69	26
	Februar	5	114	667	1	76	28	0	46	28
	Mars	0	95	714	0	57	30	0	62	29
	Okt 94-mar 95	53	153	3859	6	93	162	2	83	158
Drammen- Nedre Storgate 3	Oktober 1994							0	23	4
	November							1	83	30
	Desember							0	50	31
	Januar 1995							0	45	31
	Februar							0	41	28
	Mars							0	43	31
	Okt 94-mar 95							1	83	155
Drammen-Løype 1: Nedre Storgate 3- Grev Wedels pl. (296 m)	Oktober 1994	44	146	719	3	91	30			
	November	18	136	744	1	76	31			
	Desember	48	170	743	5	107	31			
	Januar 1995	18	127	668	2	81	28			
	Februar	17	145	737	1	87	31			
	Mars									
	Okt 94-mar 95	145	170	3611	12	107	151			
Drammen-Løype 2: Nedre Storgate 3- Rynnings gate 3 (662 m)	Oktober 1994	41	138	720	4	84	30			
	November	15	132	706	0	75	31			
	Desember	45	163	734	5	106	31			
	Januar 1995	17	138	661	2	85	28			
	Februar	20	136	737	1	87	31			
	Mars									
	Okt 94-mar 95	138	163	3558	12	106	151			

Tabell 6: forts.

By og stasjon	Periode	Time NO ₂ (100 µg/m ³)			Døgn NO ₂ (75 µg/m ³)			Døgn PM ₁₀ (70 µg/m ³)		
		Ant. timer >100 µg/m ³	Maks. time (µg/m ³)	Ant. obs. (timer)	Ant. døgn >75 µg/m ³	Maks. døgn (µg/m ³)	Ant. obs. (døgn)	Ant. døgn >70 µg/m ³	Maks. døgn (µg/m ³)	Ant. obs. (døgn)
Skien- Holbergs gate	Oktober 1994									
	November	16	146	679	0	72	28	0	52	12
	Desember	0	84	744	0	52	31	0	62	27
	Januar 1995	1	110	658	0	57	28	0	40	29
	Februar	3	107	730	0	56	30	0	53	26
	Mars				0	72	117	0	47	29
Okt 94-mar 95		20	146	2811	0	72	117	0	62	123
Porsgrunn- Brannstasjonen	Oktober 1994									
	November				0	42	10	1	92	10
	Desember				0	50	31	0	52	28
	Januar 1995				0	56	31	0	70	28
	Februar				0	51	26	0	58	28
	Mars				0	42	31	1	92	31
Okt 94-mar 95				0	56	129	2	92	125	
Bergen- Fengslet	Oktober 1994	16	203	300	3	97	13	0	17	6
	November	3	113	713	0	68	30	0	36	30
	Desember	3	113	738	0	73	31	0	39	31
	Januar 1995	10	141	740	0	71	31	0	29	31
	Februar	0	92	661	0	55	28	0	20	28
	Mars	0	99	738	0	56	31	0	50	28
Okt 94-mar 95	32	203	3890	3	97	164	0	50	154	
Bergen- Nygårdsgaten	Oktober 1994									
	November									
	Desember									
	Januar 1995									
	Februar									
	Mars									
Okt 94-mar 95										
Trondheim- Rådhusparken	Oktober 1994	3	121	618	0	61	26	2	76	23
	November	0	75	711	0	45	30	4	141	28
	Desember	0	73	655	0	50	28	0	65	22
	Januar 1995	0	80	714	0	53	30	0	38	23
	Februar	1	103	604	0	66	26	1	88	20
	Mars	3	109	720	0	61	30	0	50	28
Okt 94-mar 95	7	121	4022	0	66	170	7	141	144	



Figur 8: Frekvens (prosent) av overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier for time- og døgnmiddelverdi av NO_2 og av døgnmiddelverdi av PM_{10} vinteren 1994/95.

Tabell 7: Frekvens (prosent) av overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier for time- og døgnmiddelverdi av NO_2 og av døgnmiddelverdi av PM_{10} vinteren 1994/95.

By	Stasjon	NO_2 timemiddelverdi >100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_2 døgnmiddelverdi >75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM_{10} døgnmiddelverdi >70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Oslo	Nordahl Bruns gt.	1,4	3,7	1,3
Drammen	Nedre Storgt. 3			0,6
	Løype 1 (kort)	4,0	7,9	
	Løype 2 (lang)	3,9	7,9	
Skien	Holbergs gt.	0,7	0	0
Porsgrunn	Brannstasjonen		0	1,6
Bergen	Fengslet	0,8	1,8	0
	Nygårdsgaten			0,7
Trondheim	Rådhusparken	0,2	0	4,9

Timemiddelkriteriet for NO_2 ble på de enkelte stasjonene overskredet i 0,2-4,0% av tiden, oftest i Drammen. Døgnmiddelkriteriet ble overskredet i 0-7,9% av tiden, også oftest i Drammen. Drammen hadde også den høyeste døgnmiddelverdien av NO_2 (107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mens Bergen hadde den høyeste timemiddelverdien (203 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

De høyeste døgn- og timemiddelverdiene av NO_2 som ble målt i samme periode i Gamlebyen i Oslo var på henholdsvis 125 og 239 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Her ble døgnmiddelkriteriet overskredet i 10% av måledøgnene, mens timemiddelkriteriet ble overskredet i 4% av timene.

Grenseverdier/veiledende grenseverdier for NO_2 innen EU/EØS-området ble ikke overskredet ved noen av målestasjonene. Bare Bergen hadde en enkelt timemiddelverdi av NO_2 over 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Den høyeste medianverdien i vinterhalv-

året hadde Drammen (kort løype) med $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Flere stasjoner hadde maksimale timemiddelverdier over $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men ved alle stasjonene var mer enn 98% av verdiene lavere enn den veiledende grenseverdien på $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

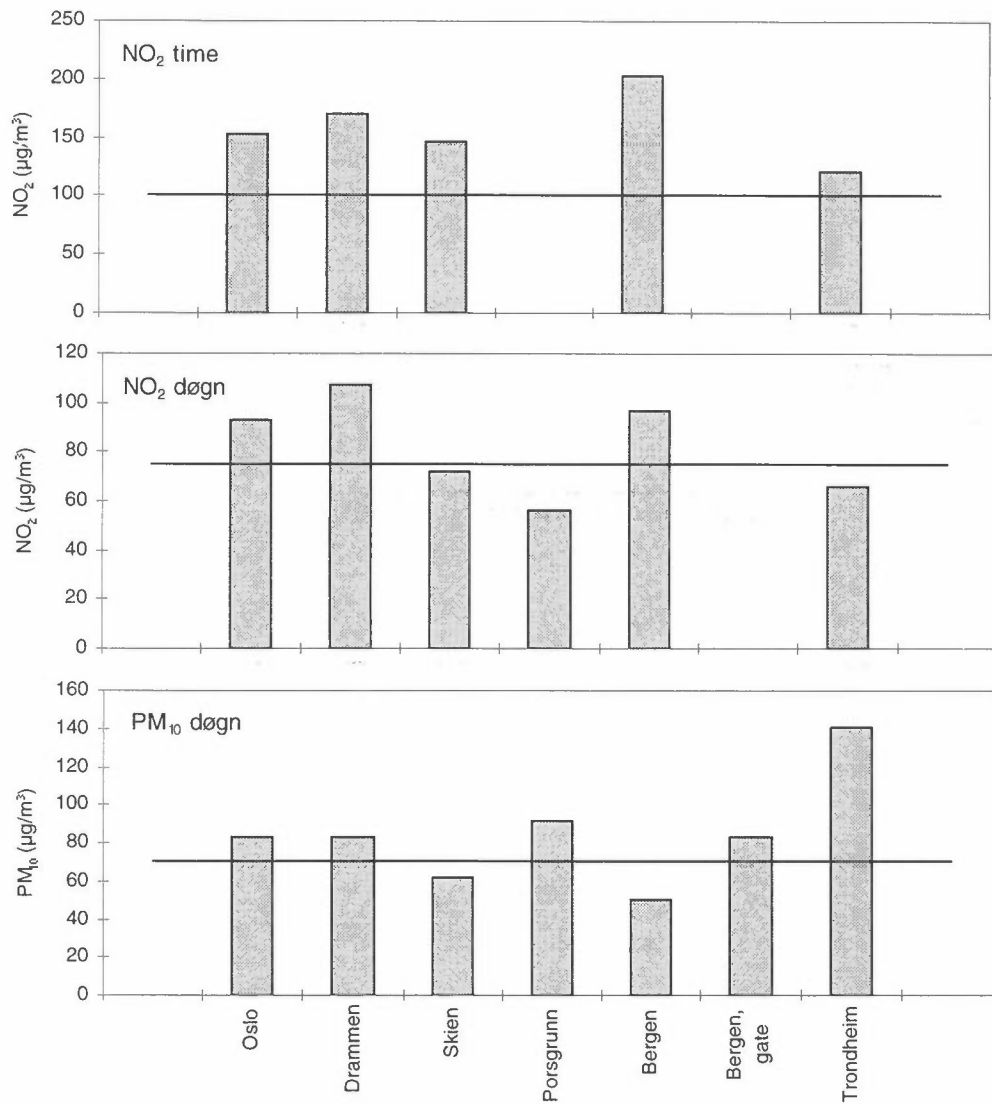
Døgnmiddelkriteriet for PM_{10} ble overskredet i 0-4,9% av tiden, oftest i Trondheim, som også hadde den høyeste døgnmiddelverdien ($141 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Middelveien for hele vinterhalvåret var imidlertid lavere i Trondheim enn i de andre byene, bortsett fra Fengslet i Bergen.

På grunn av målestasjonens plassering i forhold til sentrum og de dominerende vindretningene i måleperioden er det mulig at nivået både for nitrogenoksider og svevestøv kan ligge noe høyere enn måleresultatene indikerer i bakgrunnsområdene i sentrum i Trondheim.

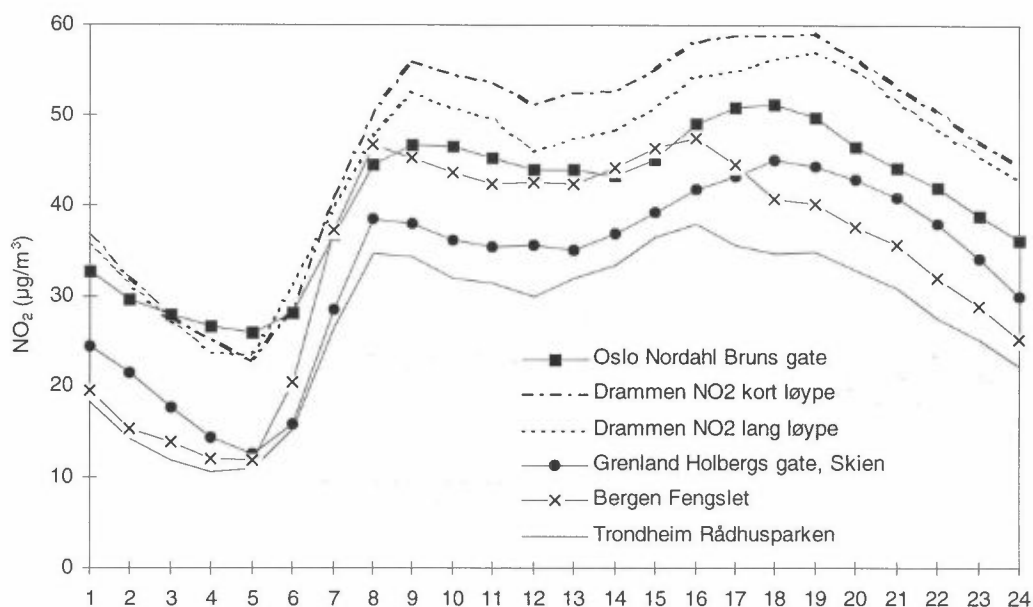
Målinger ved fire trafikkbelastede målestasjoner i Oslo (Gamlebyen, Kirkeveien, Veitvet og Tåsen) gav en maksimal døgnmiddelverdi av PM_{10} på $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$, målt på Veitvet. Av de fire stasjonene hadde Kirkeveien flest overskridelser av døgnmiddelkriteriet, med overskridelser i ca. 10% av måledøgnene i perioden oktober 1994-mars 1995.

Figur 9 viser at alle byene som hadde timemålinger av NO_2 , hadde maksimale timemiddelverdier over det anbefalte luftkvalitetskriteriet på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I Skien, Porsgrunn og Trondheim ble ikke døgnmiddelkriteriet for NO_2 på $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskredet. Skien hadde heller ikke overskridelse av døgnmiddelkriteriet for PM_{10} på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I Bergen ble dette kriteriet overskredet på gatestasjonen, men ikke på den områderepresentative stasjonen Fengslet.

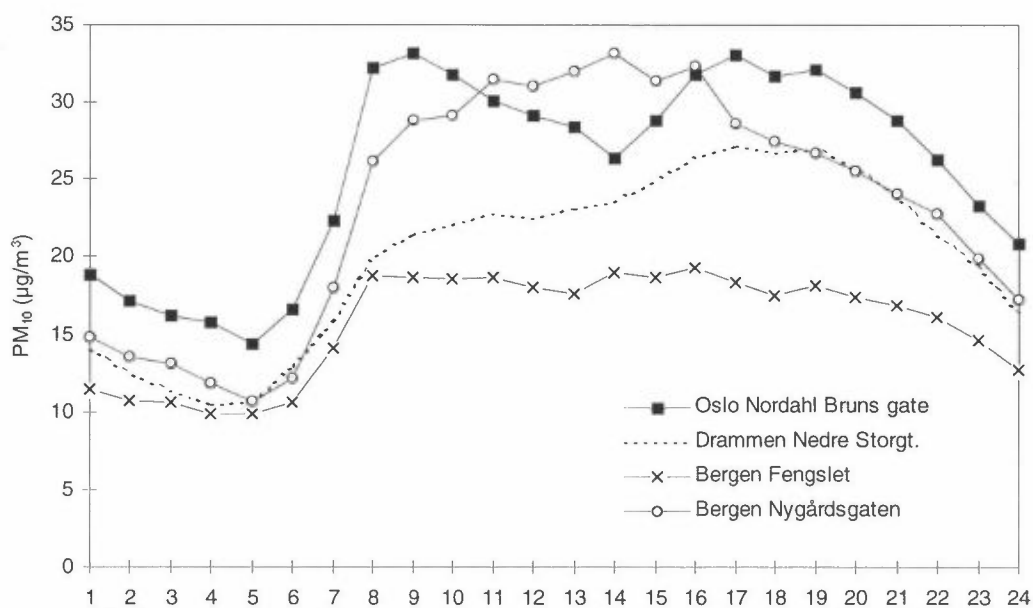
Figur 10 og 11 viser konsentrasjonen for hver time over "middeldøgnet" i vinterhalvåret 1994/95 for henholdsvis NO_2 og PM_{10} . Figurene viser de laveste konsentrasjonene tidlig om morgenen og en kraftig økning når morgentrafikken setter inn. På dagtid og utover ettermiddagen varierte konsentrasjonene relativt lite for så langsomt å synke utover kvelden og natta. Den viktigste kilden til både nitrogenoksider og svevestøv i lufta er utslipp fra biltrafikken, men også fyringsutslipp gir merkbare bidrag. En svært viktig kilde til PM_{10} er slitasje av veidekket og oppvirvling av støv i perioder med bar og tørr veibane i piggdekkseongen.



Figur 9: Maksimale time- og døgnmiddelverdier av NO₂ og maksimale døgnmiddelverdier av PM₁₀ i vinterhalvåret 1994/95 sammenliknet med anbefalte norske luftkvalitetskriterier (markert med rette linjer) (µg/m³).



Figur 10: Midlere døgnvariasjon av NO_2 i vinterhalvåret 1994/95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 11: Midlere døgnvariasjon av PM_{10} i vinterhalvåret 1994/95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

6. Luftkvalitet

I dette kapitlet gis det en mer detaljert beskrivelse av hovedresultatene av målingene av luftkvalitet. Måleprogrammet er beskrevet i detalj i tabell 1 i kapittel 3.

Grafiske tidsplott for hver stasjon av time- og døgnmiddelverdier av luftkvalitetsparametrene for hver måned er gitt i vedlegg A.

6.1 Oslo (Nordahl Bruns gate)

6.1.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier

Tabell 8 gir et sammendrag av måleresultatene av nitrogen dioksid (NO_2) og svevestøv ($\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10}) i Nordahl Bruns gate i perioden oktober 1994-mars 1995. $\text{PM}_{2,5}$ er partikler med diameter under $2,5 \mu\text{m}$ (respirable partikler), mens PM_{10} er partikler med diameter under $10 \mu\text{m}$ (inhalerbare partikler). De minste partiklene kan følge med luftstrømmen helt ned i menneskers lunger, mens de større partiklene ($\text{PM}_{2,5-10}$) avsettes i de øvre luftveiene.

Tabell 8: Statistikk over måleresultater av NO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

NO_2	Periode	Middelverdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn		Maks. time	Antall timer	Antall timer	
					> 75	> 100			> 100	> 200
Nordahl Bruns gate	Oktober 1994	37,4	59,0	18	0	0	95,9	419	0	0
	November 1994	41,0	74,5	27	0	0	125,8	637	7	0
	Desember 1994	44,5	92,9	31	2	0	140,3	740	18	0
	Januar 1995	41,6	86,5	28	3	0	153,3	682	23	0
	Februar 1995	45,9	75,6	28	1	0	114,0	667	5	0
	Mars 1995	32,3	57,4	30	0	0	94,9	714	0	0
	Okt. '94 - mars '95	40,6	92,9	162	6	0	153,3	3 859	53	0
$\text{PM}_{2,5}$	Periode	Middelverdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn		Maks. time	Antall timer	Antall timer	
					> 30	> 50			> 50	> 100
Nordahl Bruns gate	Oktober 1994	8,9	22,3	18	0	0				
	November 1994	12,5	30,0	28	1	0				
	Desember 1994	14,0	43,0	29	1	0				
	Januar 1995	17,8	42,2	26	3	0	103,2	617	21	1
	Februar 1995	10,8	19,8	28	0	0	41,4	662	0	0
	Mars 1995	10,9	20,7	31	0	0	35,4	736	0	0
	Okt. '94 - mars '95	12,6	43,0	160	5	0	103,2	2 015	21	1
PM_{10}	Periode	Middelverdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn		Maks. time	Antall timer	Antall timer	
					> 70	> 100			> 100	> 200
Nordahl Bruns gate	Oktober 1994	14,8	27,0	18	0	0				
	November 1994	25,7	82,5	28	1	0				
	Desember 1994	25,3	73,3	29	1	0				
	Januar 1995	25,5	69,1	26	0	0	133,4	621	6	0
	Februar 1995	22,6	46,2	28	0	0	189,5	658	5	0
	Mars 1995	29,3	61,6	29	0	0	162,8	699	8	0
	Okt. '94 - mars '95	24,5	82,5	158	2	0	189,5	1 978	19	0

For NO₂ viste målingene en halvårsmiddelverdi på 41 µg/m³, dvs. under det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 50 µg/m³. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av NO₂ på 75 µg/m³ ble overskredet 6 ganger (3,7% av måledøgnene). Den høyeste døgnmiddelverdien var 93 µg/m³. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for timemiddelverdi av NO₂ på 100 µg/m³ ble overskredet 53 ganger (1,4% av tiden), og den høyeste enkeltverdien var 153 µg/m³.

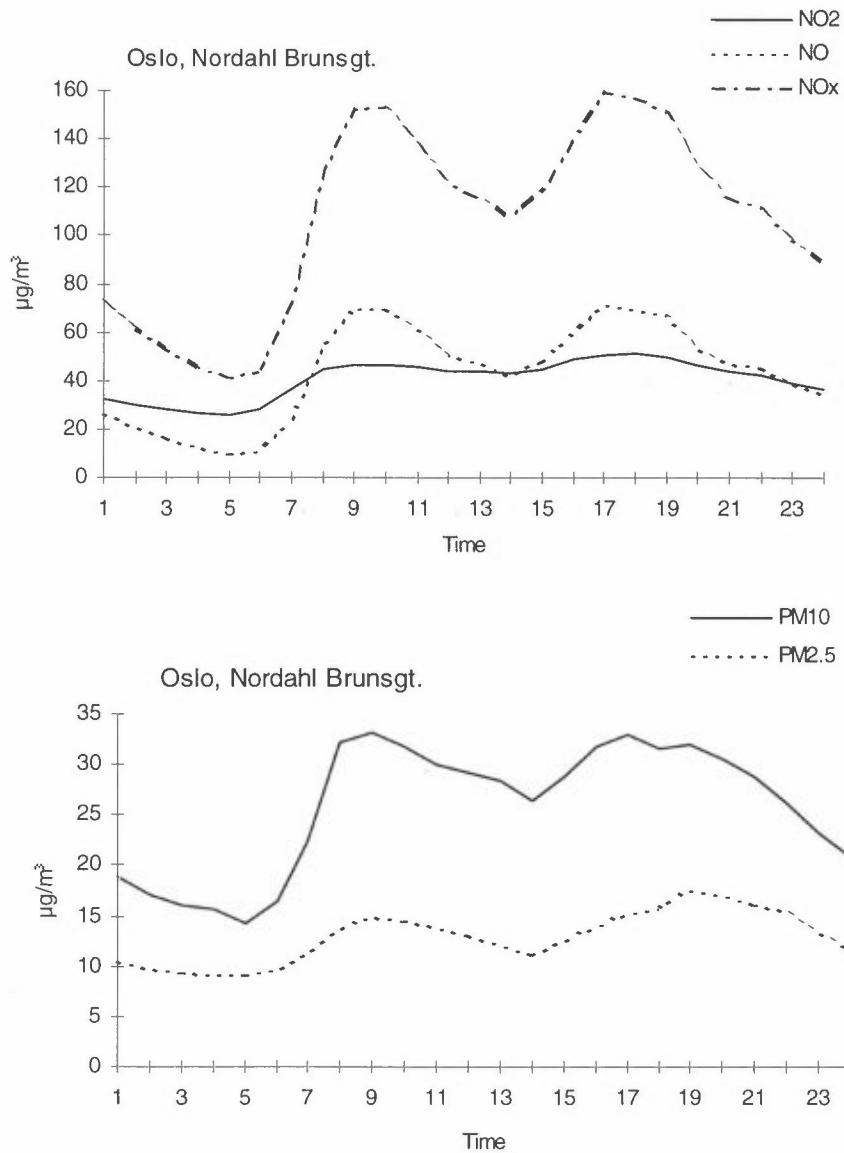
Målingene av PM_{2,5} viste en halvårsmiddelverdi på 13 µg/m³, som er under halvparten av det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 30 µg/m³. For PM_{2,5} er det ikke fastsatt anbefalte luftkvalitetskriterier for midlingstider på time og døgn, da det bare er langtidseksposeringen som antas å kunne gi eventuelle helsemessige virkninger.

PM₁₀-målingene viste en middelverdi på 25 µg/m³ i vinterhalvåret oktober 1994-mars 1995, mens det anbefalte luftkvalitetskriteriet er 40 µg/m³. Derimot var det to døgnmiddelverdier over det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi på 70 µg/m³. Den høyeste døgnmiddelverdien var 83 µg/m³.

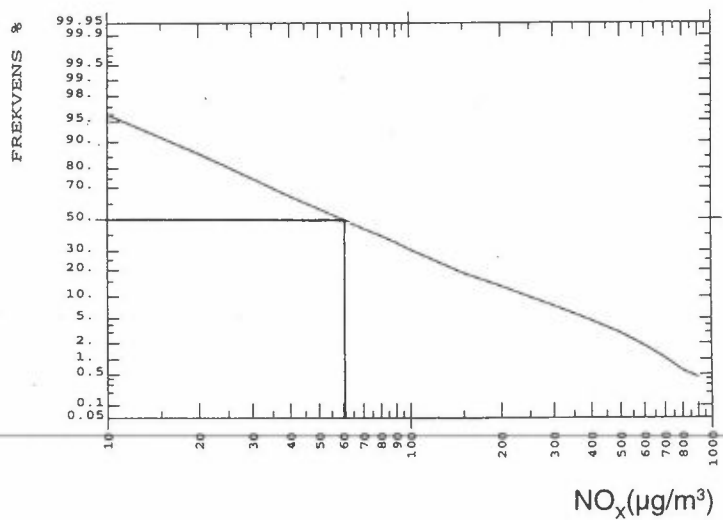
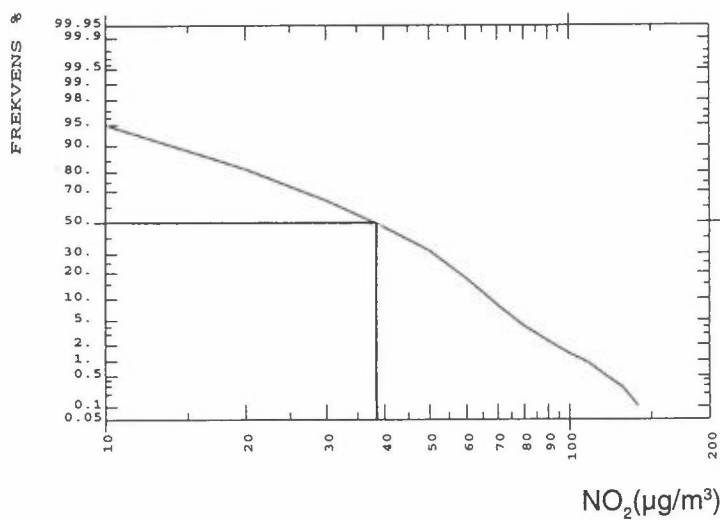
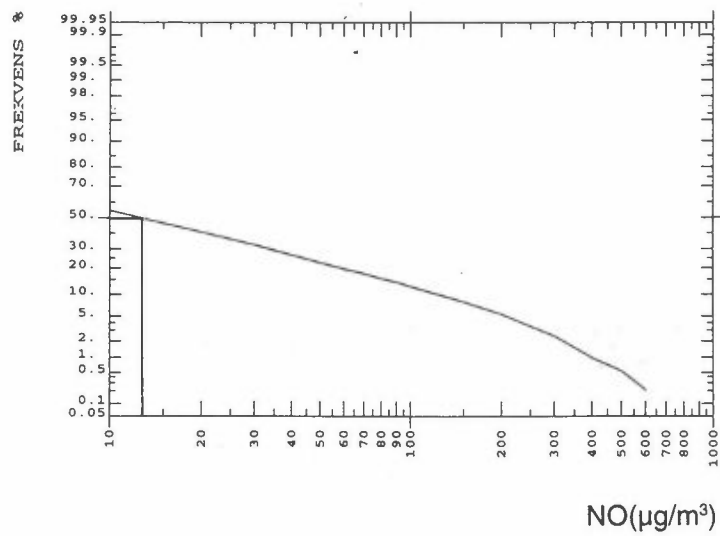
Figur 12 viser midlere konsentrasjon over døgnet i perioden oktober 1994-mars 1995 for NO, NO_x og NO₂ og midlere variasjon over døgnet i perioden januar-mars 1995 for PM_{2,5} og PM₁₀. Av nitrogenoksidene viste NO og NO_x en mye større døgnlig variasjon enn NO₂. Det meste av utslippet fra biltrafikken er som NO, mens bare ca. 5% er som NO₂. I tillegg foregår det en reaksjon mellom NO og O₃ (ozon) som gir NO₂. Denne reaksjonen er rask, men er begrenset av tilgjengelig O₃ i luften, som ofte er lav vinterstid. Uten denne reaksjonen ville NO₂-konsentrasjonen i luften vært betydelig lavere og den relative variasjonen over døgnet ville vært omtrent som for NO.

Kurvene for NO, NO_x, PM₁₀ og dels PM_{2,5} viste tydelig rushtidstoppene morgen og kveld. Kveldstoppen for PM_{2,5} synes å komme senere enn for PM₁₀, som kan skyldes at også utslipp fra boligoppvarming (deriblant vedfyring) gir merkbare bidrag. For PM₁₀ er slitasje av veidekket og oppvirvling av støv fra bakken vesentlige kilder i perioder med bar og tørr veibane i piggdekkessesongen.

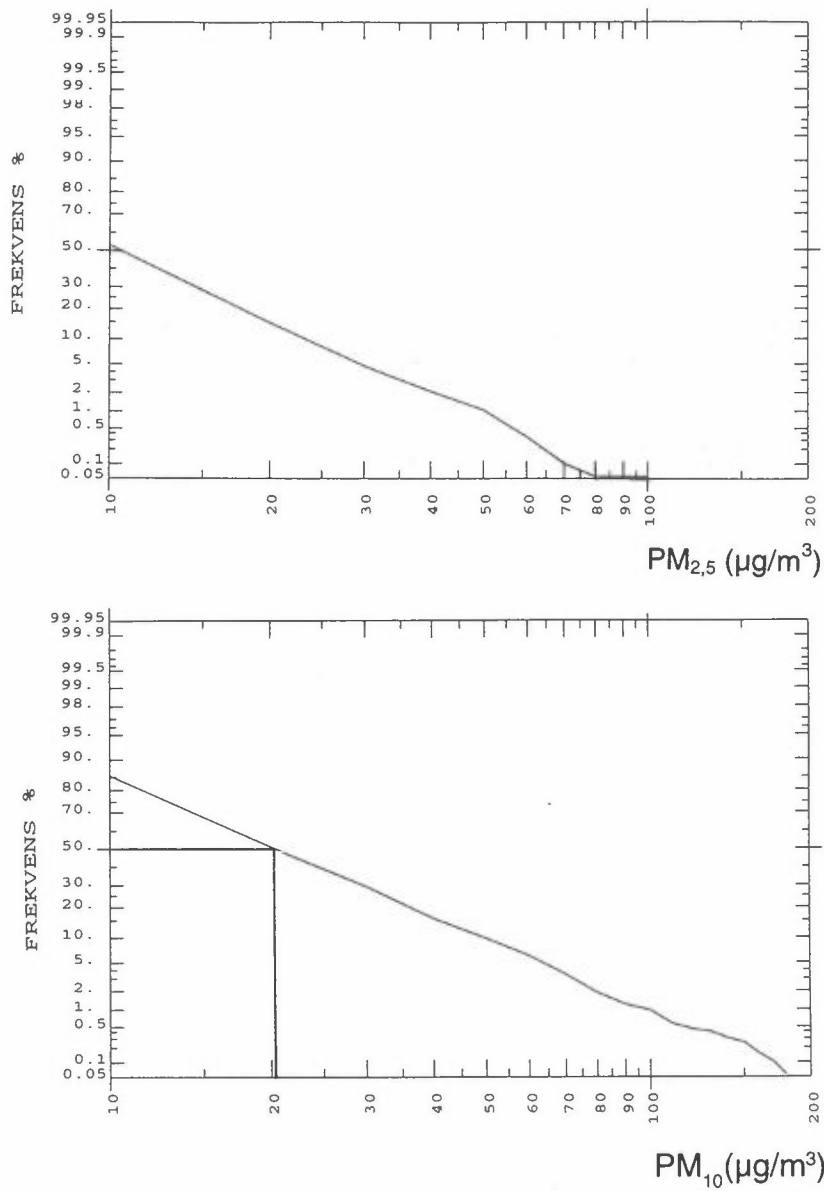
Figurene 13 og 14 viser kumulativ frekvensfordeling av timemiddelverdiene av henholdsvis nitrogenoksider og svevestøv. For NO, NO₂ og NO_x var halvparten av timemiddelkonsentrasjonene lavere enn henholdsvis 13 µg/m³, 38 µg/m³ og 60 µg/m³. For PM_{2,5} var nesten halvparten av timemiddelkonsentrasjonene under 10 µg/m³, mens om lag halvparten av PM₁₀-verdiene var under 20 µg/m³, dvs. lavt forurensningsnivå.



Figur 12: Midlere konsentrasjon over "middeldøgnet" for NO, NO_x og NO₂ i perioden oktober 1994-mars 1995 og for PM_{2.5} og PM₁₀ i perioden januar-mars 1995 ved Nordahl Brunsgate i Oslo (µg/m³)



Figur 13: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av NO, NO_2 og NO_x i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Nordahl Bruns gate i Oslo.



Figur 14: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} i perioden januar-mars 1995 ved Nordahl Bruns gate i Oslo.

6.1.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold

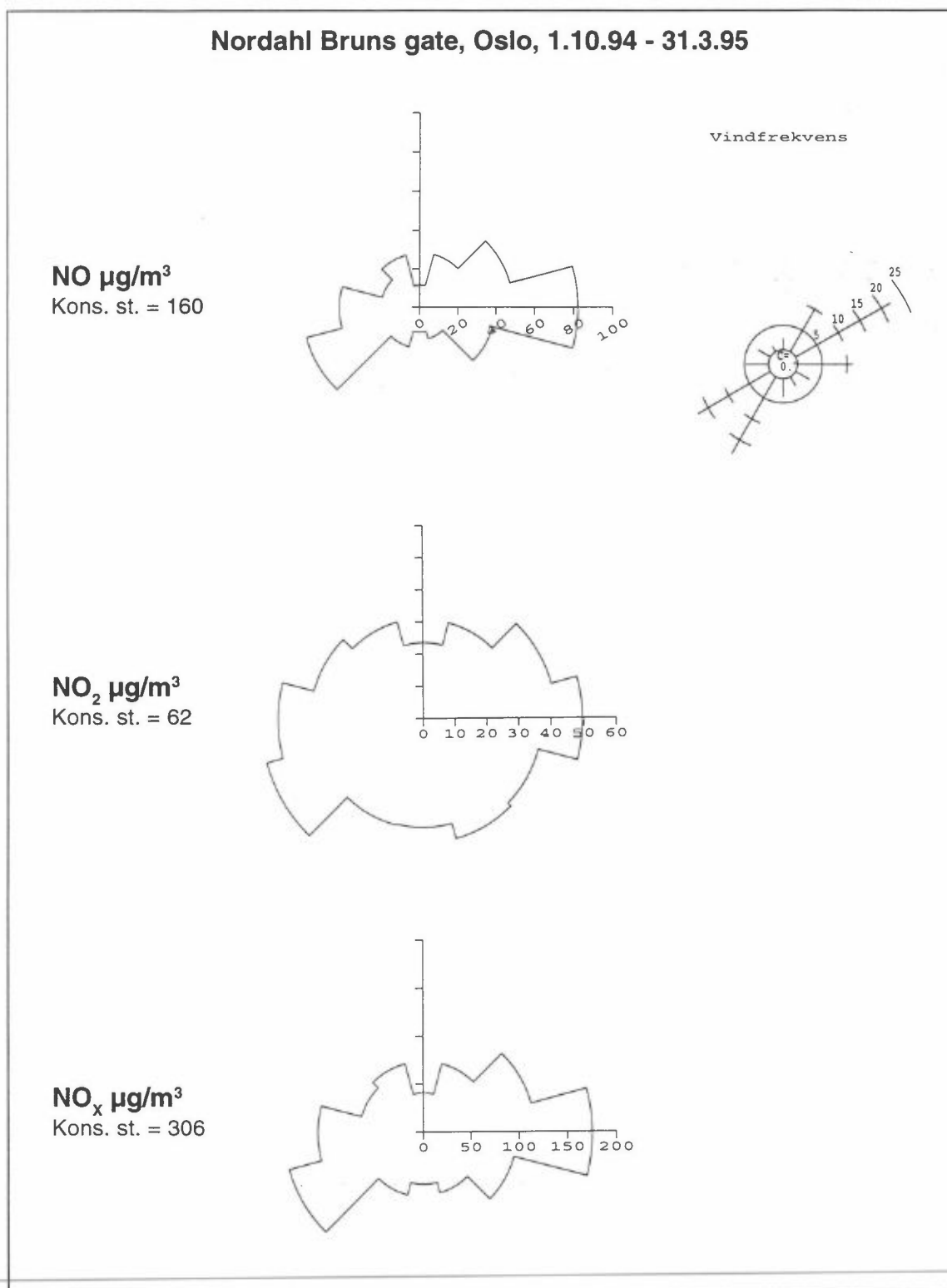
De meteorologiske forholdene har stor betydning for spredningen av luftforurensende utslipp og dermed for hvilke konsentrasjoner som måles. De viktigste parametrene er vindretning, vindstyrke og stabilitetsforhold. De meteorologiske forholdene i Oslo er nærmere beskrevet i kapittel 7.1.

Figur 15 viser middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille (kons st) for perioden oktober 1994-mars 1995. De høyeste konsentrasjonene ble målt ved vindstille ($\leq 0,4$ m/s) og ved vind fra øst (90°) og vest-sørvest (240°). Figur 16 viser også de høyeste middelkonsentrasjonene av PM_{2,5} og PM₁₀ ved vind fra øst.

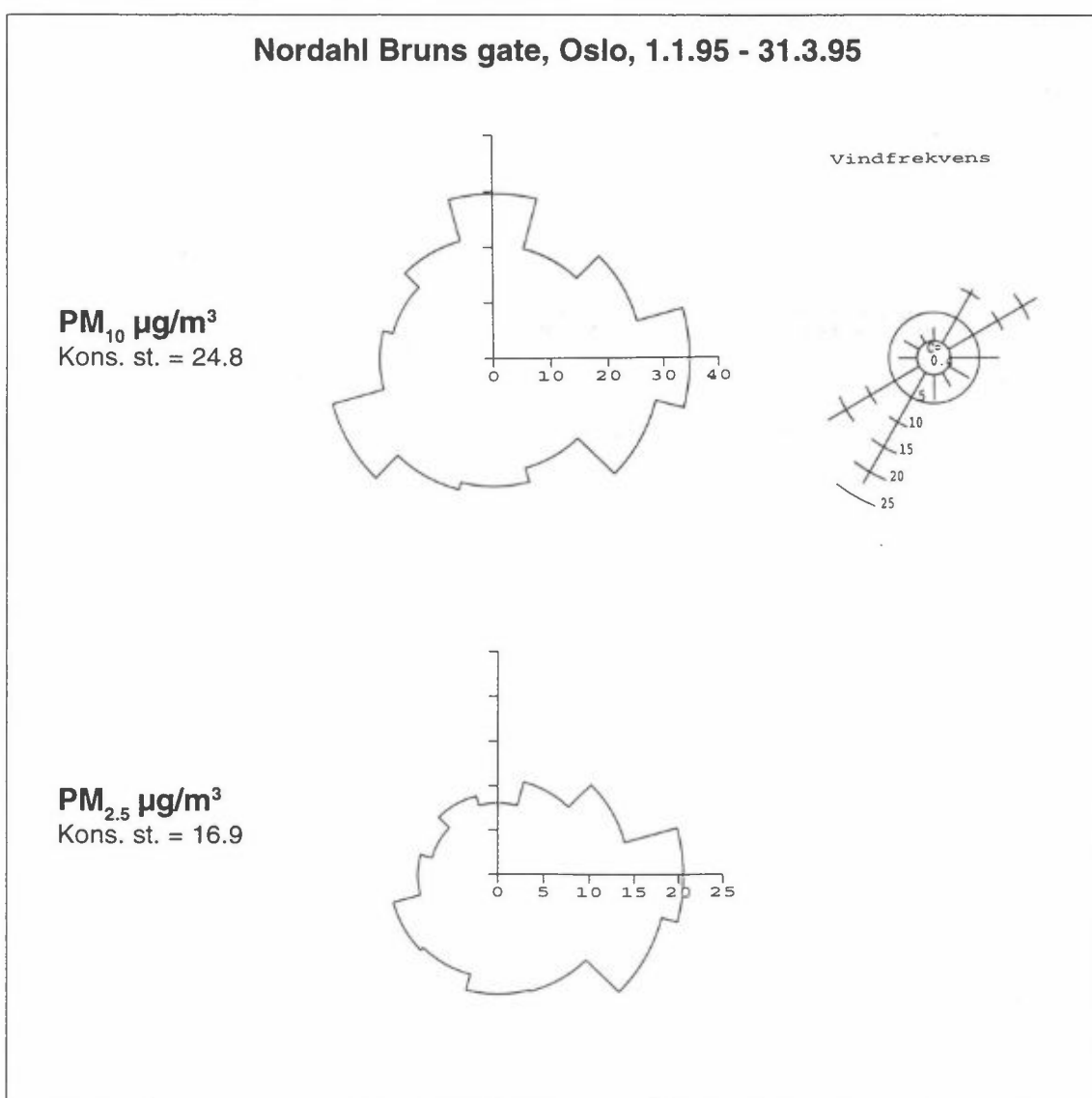
Tabell 9 gir middelkonsentrasjoner av NO, NO₂, NO_x, PM_{2,5} og PM₁₀ i fire vindstyrkeklasser og i fire stabilitetsklasser. "Forekomst" i tabellen angir hvor stor del av tiden i prosent de forskjellige vindstyrke- og stabilitetsklassene har forekommet. Middelkonsentrasjonene over alle observasjoner av samtidig luftkvalitet, vindstyrke og stabilitet er gitt i kolonnen "total".

Tabellen viser at konsentrasjonene avtok med økende vindstyrke. Dette var særlig markert for NO og NO_x. Konsentrasjonen av svevestøv avtok mindre med økende vindstyrke. Dette skyldes antagelig økende oppvirvling fra bakken med økende vindstyrke.

Konsentrasjonene var høyere ved stabil sjiktning enn ved de andre klassene, og utslaget var særlig stort for NO og NO_x. Ved stabil sjiktning, som nesten alltid er kombinert med svak vind, øker temperaturen med høyden. Det dannes da et inversjonslokk som begrenser spredningen i vertikal retning. Dette kan gi høy forurensning, særlig hvis slike værforhold varer over flere dager.



Figur 15: Middelskonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Nordahl Bruns gate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 16: Middelkonsentrasjoner av PM_{2,5} og PM₁₀ i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille i perioden januar-mars 1995 ved Nordahl Bruns gate (µg/m³).

Tabell 9: Middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i perioden oktober 1994-mars 1995 og av PM_{2,5} og PM₁₀ i perioden januar-mars 1995 som funksjon av vindstyrke og stabilitetsforhold ved Nordahl Bruns gate i Oslo. (Forekomst i % av tiden, NO, NO₂ NO_x PM_{2,5} og PM₁₀ i µg/m³.)

	Total	Vindstyrkeklasser			
		0,0-2,0 (m/s)	2,0-4,0 (m/s)	4,0-6,0 (m/s)	over 6,0 (m/s)
Forekomst	100,0	65,7	28,1	5,5	0,7
NO	43,8	62,1	9,4	5,8	2,7
NO _x	107,5	142,7	42,3	29,8	19,9
NO ₂	40,6	47,9	28,0	21,0	15,7
Forekomst	100,0	56,3	36,0	6,7	1,0
PM _{2,5}	13,0	14,5	11,2	10,4	10,3
Forekomst	100,0	56,5	35,8	6,6	1,1
PM ₁₀	25,9	28,8	22,3	21,7	19,0
	Total	Stabilitetsklasser			
		Ustabil	Nøytralt	Lett stabilt	Stabilt
Forekomst	100,0	0,3	63,9	22,4	13,4
NO	43,8	46,7	37,3	33,3	92,2
NO _x	107,5	112,0	95,9	87,9	195,8
NO ₂	40,6	40,6	38,9	37,0	54,9
Forekomst	100,0	0,3	72,3	17,6	9,8
PM _{2,5}	13,0	8,1	12,3	12,6	19,1
Forekomst	100,0	0,4	71,5	18,2	9,9
PM ₁₀	25,9	29,0	25,9	23,1	31,2

6.1.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre

Tabell 10 viser samvariasjonen mellom timemiddelverdier av NO, NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ og mellom døgnmiddelverdier av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀. På grunnlag av lineær regresjon er regresjonslinjer og korrelasjonskoeffisienter beregnet. For timedata var det best korrelasjon mellom NO og NO₂ og mellom NO og PM_{2,5}. Lavere korrelasjonskoeffisient mellom NO og PM₁₀ skyldes antagelig at veislitasje og oppvirvling av støv fra bakken er en viktig kilde til PM₁₀.

Tabell 10: Beregnede sammenhenger (regresjonslinjer) mellom timemiddelverdier av NO, NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ og mellom døgnmiddelverdier av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995.

OSLO Nordahl Bruns gt.	Regresjonslinje					Korrelasjons- koeffisient	Antall obs.	Middelverdier (µg/m ³)	
	Y	= A	* X	+ B	Y			X	
Timedata	NO	= 2,73	* NO ₂	-	67,16	0,74	3 859	43,7	40,6
	NO	= 4,62	* PM _{2,5}	-	29,76	0,75	1 925	29,8	12,9
	NO	= 1,51	* PM ₁₀	-	9,58	0,52	1 894	29,8	26,1
	NO ₂	= 1,28	* PM _{2,5}	+	23,46	0,55	1 925	40,0	12,9
	NO ₂	= 0,59	* PM ₁₀	+	24,72	0,54	1 894	40,0	26,1
	PM ₁₀	= 1,31	* PM _{2,5}	+	9,02	0,62	1 946	26,1	13,1
Døgndata	NO ₂	= 0,73	* PM ₁₀	+	24,89	0,73	75	41,3	22,6
	NO ₂	= 1,63	* PM _{2,5}	+	21,33	0,75	75	41,3	12,2
	PM ₁₀	= 1,76	* PM _{2,5}	+	0,85	0,82	78	22,7	12,3

For døgndataene hadde $PM_{2,5}$ og PM_{10} en så vidt høy korrelasjonskoeffisient som 0,82. Lavere korrelasjonskoeffisient mellom NO_2 og henholdsvis $PM_{2,5}$ og PM_{10} antas å skyldes at NO_2 -konsentrasjonen også avhenger av O_3 -konsentrasjonen i lufta.

6.2 Drammen (Nedre Storgate)

6.2.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier

Tabell 11 gir et sammendrag av måleresultatene av nitrogendioksid (NO_2) og svevestøv (PM_{10}) i perioden november 1994-mars 1995 ved Nedre Storgate 3 i Drammen. I motsetning til de andre byene er det for NO_2 brukt DOAS-teknikk. NO_2 er målt både fra Nedre Storgate 3 til Grev Wedels plass 3 (en strekning på 300 m over sentrum) og fra Nedre Storgate 3 til Rynnings gate 3 (en strekning på 660 m over til andre siden av Drammenselva). PM_{10} er som i de andre byene målt i et punkt (på tak i Nedre Storgate 3).

Tabell 11: Statistikk over måleresultater av NO_2 som gjennomsnitt over strekningen fra Nedre Storgate 3 til henholdsvis Grev Wedels plass 3 og Rynnings gate 3 og statistikk over måleresultater av PM_{10} ved Nedre Storgate 3 i Drammen i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu g/m^3$).

NO2	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn		Maks. time	Antall timer	Antall timer	
					> 75	> 100			> 100	> 200
Nedre Storgt., kort løype	Oktober 1994									
	November 1994	44,9	90,5	30	3	0	146,0	719	44	0
	Desember 1994	48,1	76,1	31	1	0	136,0	744	18	0
	Januar 1995	48,9	106,6	31	5	1	170,0	743	48	0
	Februar 1995	51,3	80,8	28	2	0	127,0	668	18	0
	Mars 1995	41,9	87,2	31	1	0	145,0	737	17	0
	Okt. '94 - mars '95	47,0	106,6	151	12	1	170,0	3 611	145	0
	Nedre Storgt., lang løype	Oktober 1994								
November 1994		42,1	84,1	30	4	0	138,0	720	41	0
Desember 1994		47,1	74,5	31	0	0	132,0	706	15	0
Januar 1995		48,7	105,8	31	5	0	163,0	734	45	0
Februar 1995		47,7	84,6	28	2	0	138,0	661	17	0
Mars 1995		38,5	86,8	31	1	0	136,0	737	20	0
Okt. '94 - mars '95		44,7	105,8	151	12	0	163,0	3 558	138	0
PM10		Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn		Maks. time	Antall timer	Antall timer
					> 70	> 100	> 100			> 200
Nedre Storgt. 3	Oktober 1994	10,3	22,8	4	0	0	31,6	85	0	0
	November 1994	22,9	83,4	30	1	0	193,8	715	10	0
	Desember 1994	17,7	49,7	31	0	0	137,0	738	3	0
	Januar 1995	20,4	45,4	31	0	0	75,5	732	0	0
	Februar 1995	18,0	41,0	28	0	0	115,6	667	1	0
	Mars 1995	21,3	43,3	31	0	0	111,4	740	3	0
	Okt. '94-mars '95	19,9	83,4	155	1	0	193,8	3 677	17	0

NO₂-målingene viste halvårsmiddelverdier på 47 µg/m³ på den korte strekningen og 45 µg/m³ på den lange strekningen, dvs. i underkant av det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 50 µg/m³. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av NO₂ på 75 µg/m³ ble overskredet 12 ganger på begge strekningene (7,9% av måledøgnene). Den høyeste døgnmiddelverdien var 107 µg/m³ på den korte strekningen og 106 µg/m³ på den lange strekningen. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for timemiddelverdi på NO₂ på 100 µg/m³ ble overskredet 145 ganger på den korte strekningen og 138 ganger på den lange strekningen, dvs. ca. 4% av tiden. Den høyeste timemiddelverdien var 170 µg/m³ på den korte strekningen og 163 µg/m³ på den lange strekningen.

NO₂-målingene viste bare ubetydelig høyere verdier langs den korte strekningen over sentrum enn langs strekningen over elva. Målingene tyder på at det 15-20 m over bakken er et meget homogent NO₂-felt over store deler av Drammen.

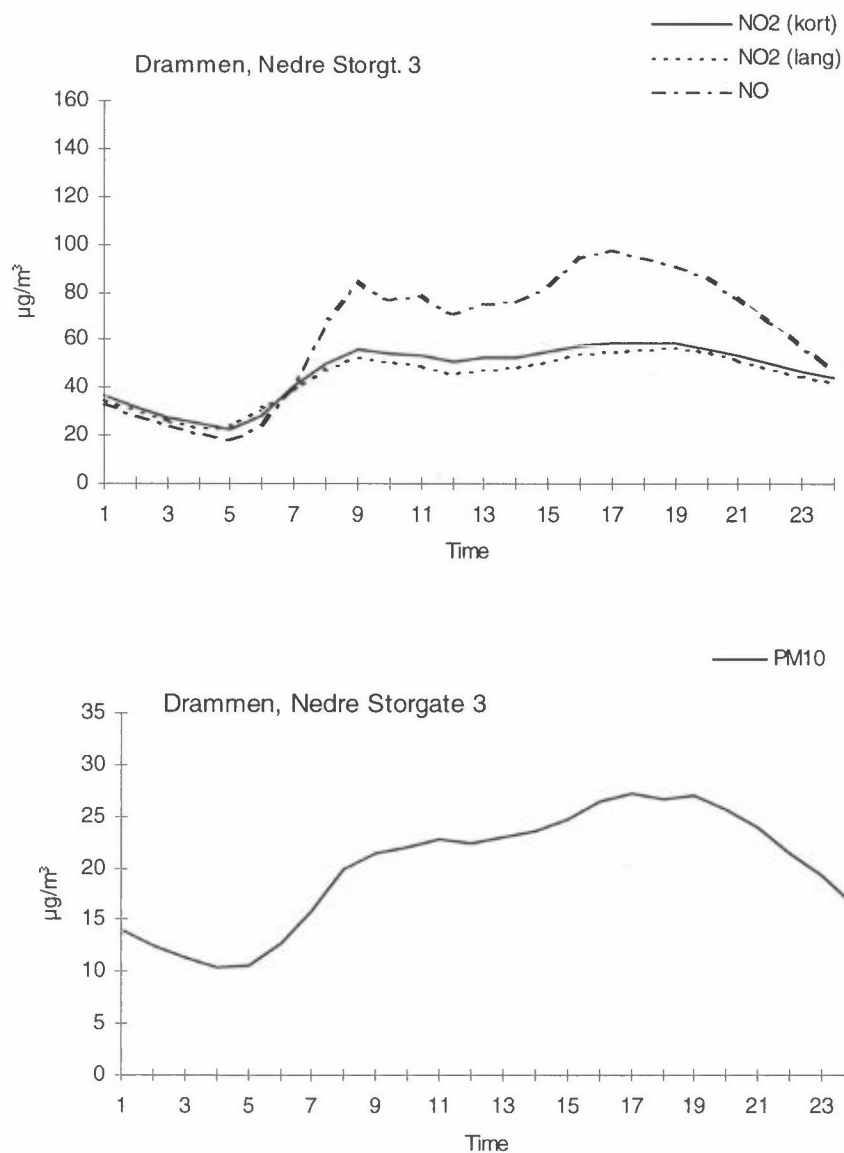
PM₁₀-målingene viste en middelverdi på 20 µg/m³ i perioden november 1994-mars 1995, dvs. halvparten av det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 40 µg/m³. Det var en døgnmiddelverdi over det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi på 70 µg/m³. Denne verdien var 83 µg/m³. Høyeste timemiddelverdi var 194 µg/m³.

Figur 17 viser midlere konsentrasjon over døgnet i perioden november 1994-mars 1995 for NO og NO₂ over den korte strekningen fra Nedre Storgate 3 til Grev Wedels plass 3, for NO₂ over den lange strekningen fra Nedre Storgate 3 til Rynnings gate 3 og for PM₁₀ ved Nedre Storgate 3. Som i Oslo viste NO en mye større døgnlig variasjon enn NO₂. NO₂ over de to strekningene viste en helt likartet døgnvariasjon. Variasjonen av PM₁₀ over døgnet var svært lik variasjonen av NO over den korte strekningen. Dette tyder på at også punktmålingene av PM₁₀ er representative for større områder av sentrum i takhøyde.

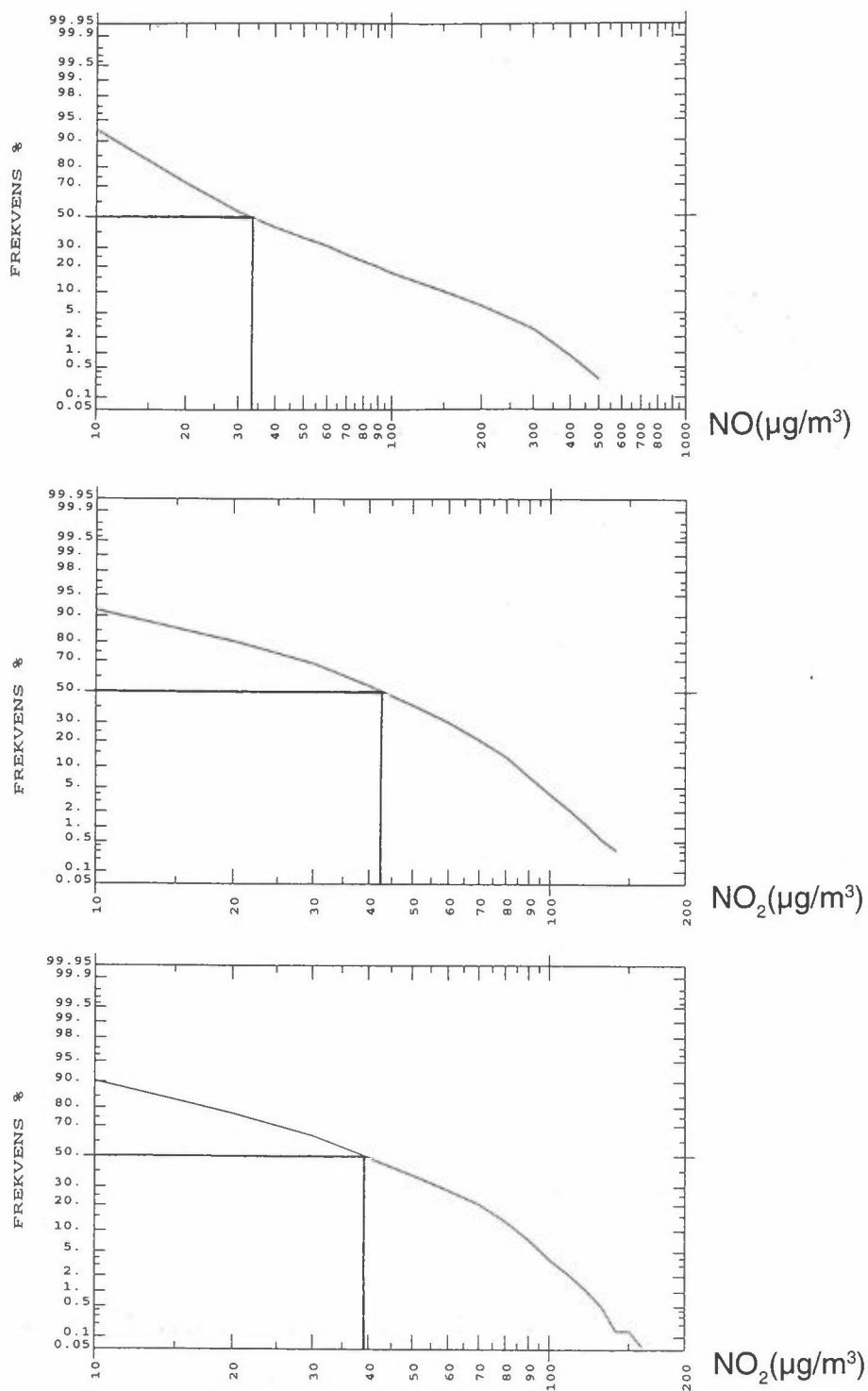
Den viktigste utslippskilden for nitrogenoksider og svevestøv i Drammen er biltrafikken, men det er også bidrag fra boligoppvarming. Rundt 95% av NO_x-utslippene fra biltrafikken er som NO, mens ca. 5% er NO₂. I tillegg foregår det en reaksjon mellom NO og O₃ (ozon) som gir NO₂. Denne reaksjonen er rask, men er begrenset av tilgjengelig O₃ i lufta, som erfaringsmessig ofte er lav vinterstid i Norge.

I Drammen er også O₃ målt langs de to strekningene med DOAS-teknikken. NILU har imidlertid ikke tilgang til disse dataene.

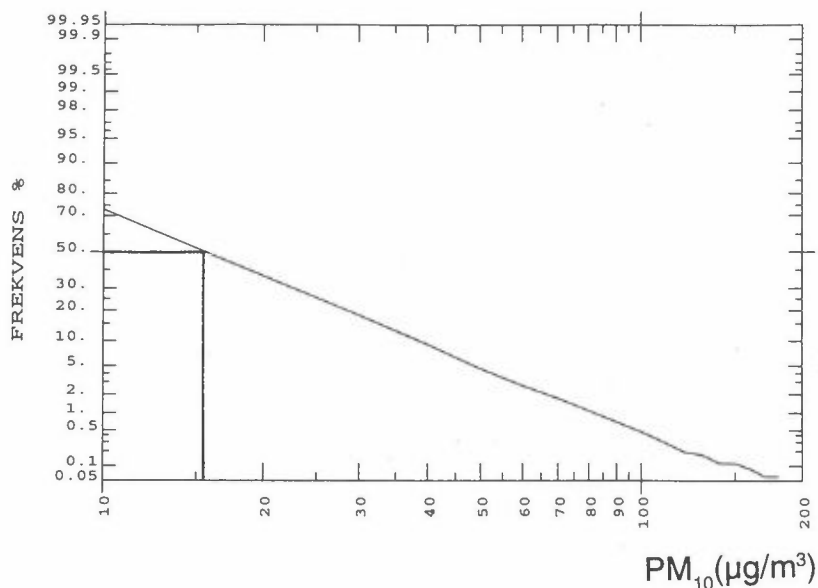
Figurene 18 og 19 viser kumulativ frekvensfordeling av timemiddelverdiene av NO, NO₂ og PM₁₀. Halvparten av NO-verdiene langs den korte strekningen var lavere enn 33 µg/m³. For NO₂ var medianen 42 µg/m³ langs den korte strekningen og 39 µg/m³ langs den lange strekningen. Halvparten av PM₁₀-verdiene var under 16 µg/m³.



Figur 17: Midlere konsentrasjon over "middeldøgnet" for NO og NO₂ over den korte strekningen fra Nedre Storgate 3 til Grev Wedels plass 3, for NO₂ over den lange strekningen fra Nedre Storgate 3 til Rynnings gate 3 og for PM₁₀ ved Nedre Storgate 3 i Drammen i perioden november 1994-mars 1995(µg/m³).



Figur 18: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av NO og NO₂ langs strekningen fra Nedre Storgate 3 til Grev Wedels plass 3 og av NO₂ fra Nedre Storgate 3 til Rynnings gate 3 i Drammen i perioden november 1994-mars 1995.

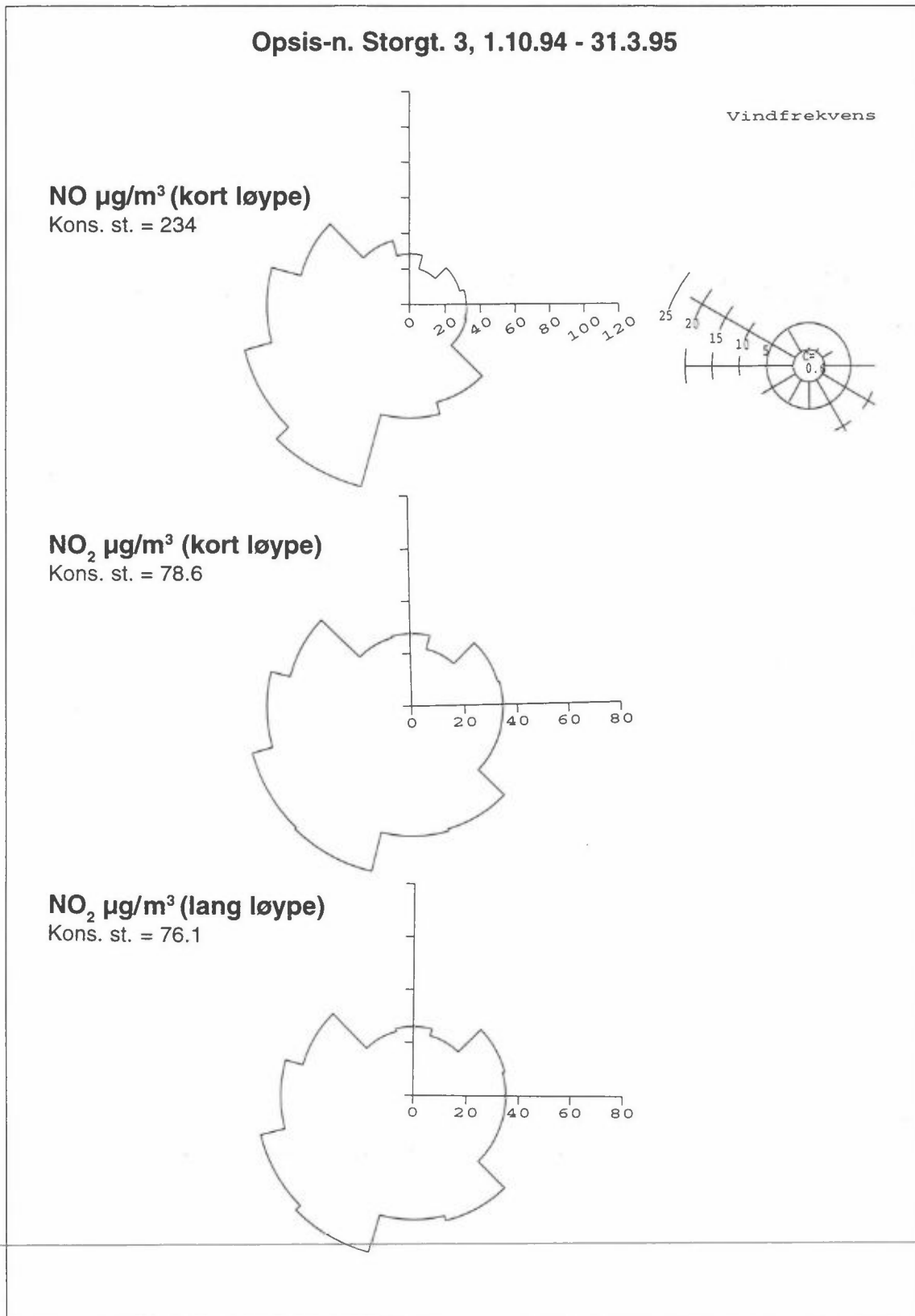


Figur 19: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av PM_{10} ved Nedre Storgate 3 i Drammen i perioden november 1994-mars 1995.

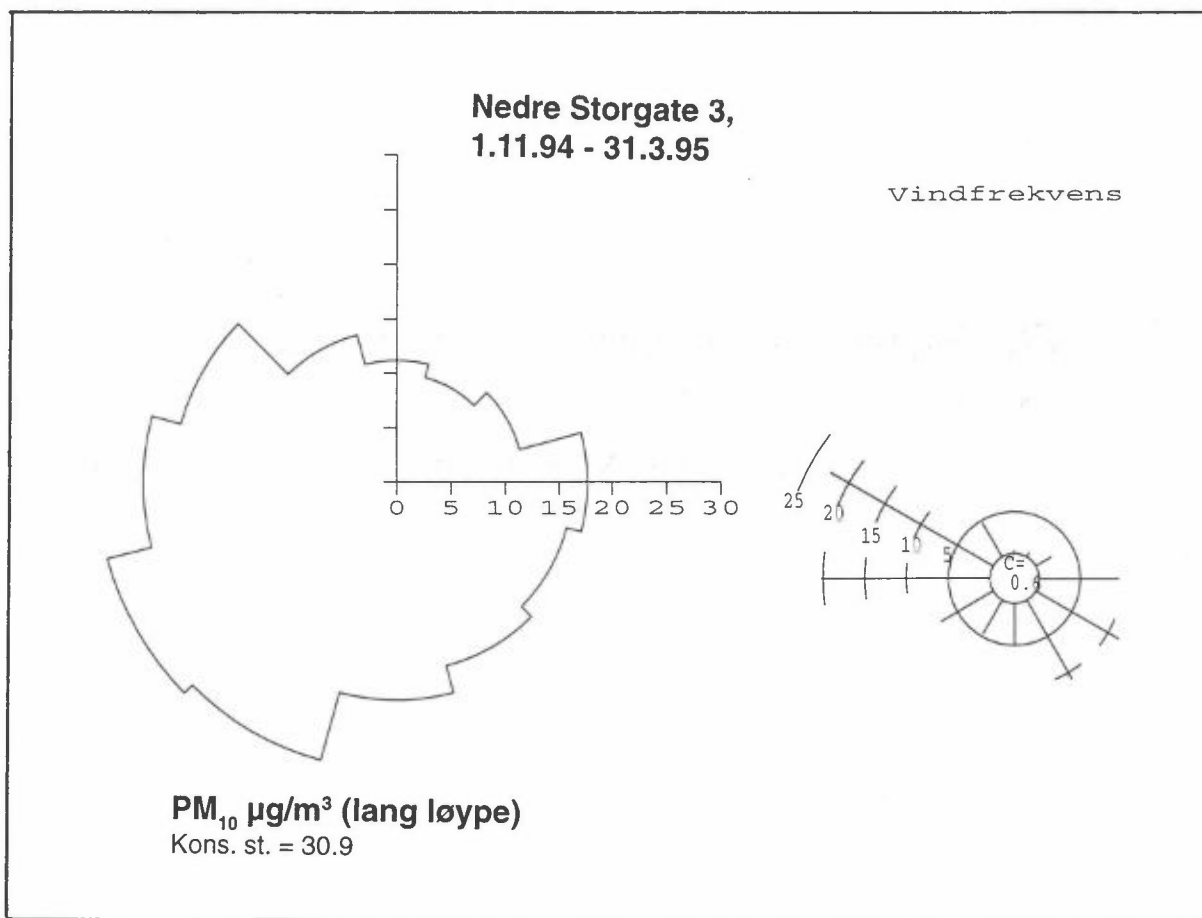
6.2.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold

De meteorologiske forholdene har stor betydning for spredningen av luftforurensende utslipp og dermed for hvilke konsentrasjoner som måles. De viktigste parametrene er vindretning, vindstyrke og stabilitetsforhold. De meteorologiske forholdene i Drammen er nærmere beskrevet i kapittel 7.2.

Figur 20 viser middelkonsentrasjoner av NO og NO_2 over den korte målestrekningen og av NO_2 over den lange målestrekningen i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille (kons st) for perioden november 1994-mars 1995. De høyeste konsentrasjonene ble målt ved vindstille ($\leq 0,4$ m/s) og ved vind fra sørvestlig kant. Dette tyder på at trafikken på Rv11 i Øvre Strandgate er hovedkilden. Også PM_{10} -figuren i figur 21 viser den samme fordelingen som nitrogenoksidene.



Figur 20: Middelkonsentrasjoner av NO og NO₂ over den korte målestrekningen og av NO₂ over den lange målestrekningen i Drammen i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille i perioden november 1994-mars 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 21: Middelkonsentrasjoner av PM₁₀ i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille i perioden november 1994-mars 1995 ved Nedre Storgate 3 i Drammen (µg/m³).

Tabell 12 gir middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og PM₁₀ i fire vindstyrkeklasser og i fire stabilitetsklasser. "Forekomst" i tabellen angir hvor stor del av tiden i prosent de forskjellige vindstyrke- og stabilitetsklassene har forekommet. Middelkonsentrasjonene over alle observasjoner av samtidig luftkvalitet, vindstyrke og stabilitet er gitt i kolonnen "total".

Tabellen viser at konsentrasjonene avtok med økende vindstyrke og relativt mest for NO. Konsentrasjonene var høyere ved stabil sjiktning enn ved de andre klassene. Ved stabil sjiktning, som nesten alltid er kombinert med svak vind, øker temperaturen med høyden. Det dannes da et inversjonslokk som begrenser spredningen i vertikal retning. Dette kan gi høy forurensning, særlig hvis slike værforhold varer over flere dager.

Tabell 12: Middelkonsentrasjoner av NO og NO₂ over strekningen fra Nedre Storgate 3 til Grev Wedels plass 3, av NO₂ over strekningen fra Nedre Storgate 3 til Rynnings gate 3 og av PM₁₀ ved Nedre Storgate 3 i perioden november 1994-mars 1995 som funksjon av vindstyrke og stabilitetsforhold ved Marienlyst. (Forekomst i %, NO, NO₂, PM₁₀ i µg/m³.)

	Total	Vindstyrkeklasser			
		0,0-2,0 (m/s)	2,0-4,0 (m/s)	4,0-6,0 (m/s)	over 6,0 (m/s)
Forekomst NO	100,0 63,5	72,8 78,1	24,7 25,3	2,5 19,3	0,1 18,8
Forekomst NO ₂ kort	100,0 47,1	72,9 54,1	24,7 29,0	2,3 21,0	0,1 17,3
Forekomst NO ₂ lang	100,0 44,8	72,4 52,3	25,1 25,9	2,3 16,8	0,1 17,5
Forekomst PM ₁₀	100,0 20,2	72,9 22,1	24,5 15,5	2,5 14,1	0,1 6,1
	Total	Stabilitetsklasser			
		Ustabil	Nøytral	Lett stabil	Stabil
Forekomst NO	100,0 63,5	0,8 39,7	51,0 46,5	29,9 72,2	18,3 97,8
Forekomst NO ₂ kort	100,0 47,1	0,8 36,3	50,9 38,4	30,0 51,3	18,4 64,8
Forekomst NO ₂ lang	100,0 44,8	0,8 28,3	50,4 35,7	30,3 48,5	18,6 64,2
Forekomst PM ₁₀	100,0 20,2	0,8 23,0	50,8 18,5	30,0 20,7	18,4 24,2

6.2.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre

Tabell 13 viser samvariasjoner mellom timemiddelverdier av NO, NO₂ og PM₁₀. På grunnlag av lineær regresjon er regresjonslinjer og korrelasjonskoeffisienter beregnet. Som ventet var det klart best korrelasjon mellom NO₂ over de to målestrekningene. Her var korrelasjonskoeffisienten 0,96, og regresjonslinjen viser en nesten identisk sammenheng mellom verdiene, som bekrefter at det er et meget homogent NO₂-felt over store deler av Drammen.

For øvrig var det best korrelasjon mellom NO og NO₂. Korrelasjonskoeffisienten mellom de ulike parametrene var omtrent som i Oslo.

Tabell 13: Beregnete sammenhenger (regresjonslinjer) mellom timemiddelverdier av NO, NO₂ og PM₁₀ ved Nedre Storgate 3 i Drammen i perioden november 1994-mars 1995.

DRAMMEN Nedre Storgt. 3	Regresjonslinje						Korrelasjons- koeffisient	Antall obs.	Middelverdier (µg/m ³)		
	Y	=	A	*	X	+			B	Y	X
Timedata	NO*	=	2,06	*	NO ₂ *	-	33,58	0,74	3604	63,4	47,0
	NO*	=	2,01	*	NO ₂ **	-	26,57	0,74	3551	63,3	44,8
	NO*	=	3,00	*	PM ₁₀	+	2,65	0,62	3583	63,1	20,1
	NO ₂ *	=	0,94	*	NO ₂ **	+	4,57	0,96	3555	46,8	44,8
	NO ₂ *	=	1,00	*	PM ₁₀	+	26,80	0,58	3579	46,9	20,1
	NO ₂ **	=	0,97	*	PM ₁₀	+	25,04	0,55	3526	44,7	20,2

* Kort løype

** Lang løype

6.3 Porsgrunn (Brannstasjonen) og Skien (Holbergs gate)

6.3.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier

Tabell 14 gir et sammendrag av måleresultatene av nitrogendioksid (NO₂) og svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀) i perioden november 1994-mars 1995 ved Porsgrunn brannstasjon og Holbergs gate i Skien. Bare målingene av nitrogenoksider i Skien ble utført med kontinuerlig registrerende monitor, som ga timemiddelverdier. Alle øvrige målinger ga døgnmiddelverdier. Meteorologiske målinger var ikke med i måleprogrammet.

NO₂-målingene viste langtidsmiddelverdier på 27 µg/m³ i Porsgrunn og 33 µg/m³ i Skien, dvs. godt under det anbefalte luftkvalitetskriteriet for halvårsmiddelverdi på 50 µg/m³. Det var heller ingen overskridelser av det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av NO₂ på 75 µg/m³. De høyeste døgnmiddelverdiene var 56 µg/m³ i Porsgrunn og 72 µg/m³ i Skien. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for timemiddelverdi av NO₂ ble derimot overskredet 20 ganger (0,7% av tiden) i Skien. Den høyeste timemiddelverdien var 146 µg/m³.

Målingene av PM_{2,5} viste langtidsmiddelverdier på 15 µg/m³ i Porsgrunn og 14 µg/m³ i Skien, dvs. rundt halvparten av det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 30 µg/m³. For PM_{2,5} er det ikke fastsatt anbefalte luftkvalitetskriterier for kortere midlingstider enn halvår, da det bare er langtidseksponeringen som antas å kunne gi eventuelle helsemessige virkninger.

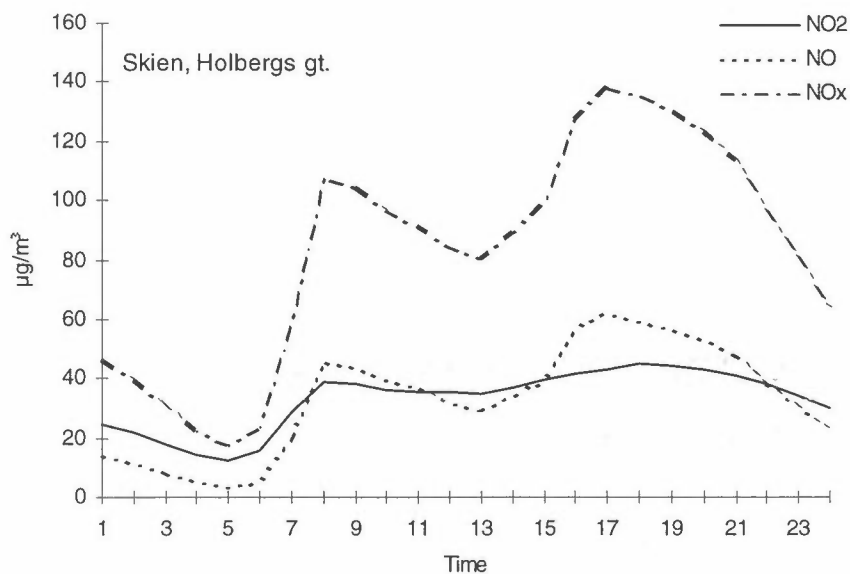
PM₁₀-målingene viste en middelverdi på 29 µg/m³ i Porsgrunn og 22 µg/m³ i Skien i perioden november 1994-mars 1995, mens det anbefalte luftkvalitetskriteriet er 40 µg/m³. Derimot var det i Porsgrunn to døgnmiddelverdier av PM₁₀ over det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi på 70 µg/m³. Den høyeste døgnmiddelverdien var 92 µg/m³ i Porsgrunn og 62 µg/m³ i Skien.

Figur 22 viser midlere konsentrasjon over døgnet i perioden desember 1994-mars 1995 for NO, NO₂ og NO_x ved Holbergs gate i Skien. NO og NO_x viste større døgnlig variasjon enn NO₂ med tydelig topper i rushtidene. Det meste av utslippet fra biltrafikken er som NO, mens bare ca. 5% er som NO₂. I tillegg foregår det en reaksjon mellom NO og O₃ (ozon) som gir NO₂. Denne reaksjonen er rask, men er

begrenset av tilgjengelig O₃ i lufta, som erfaringsmessig ofte er lav vinterstid i Norge.

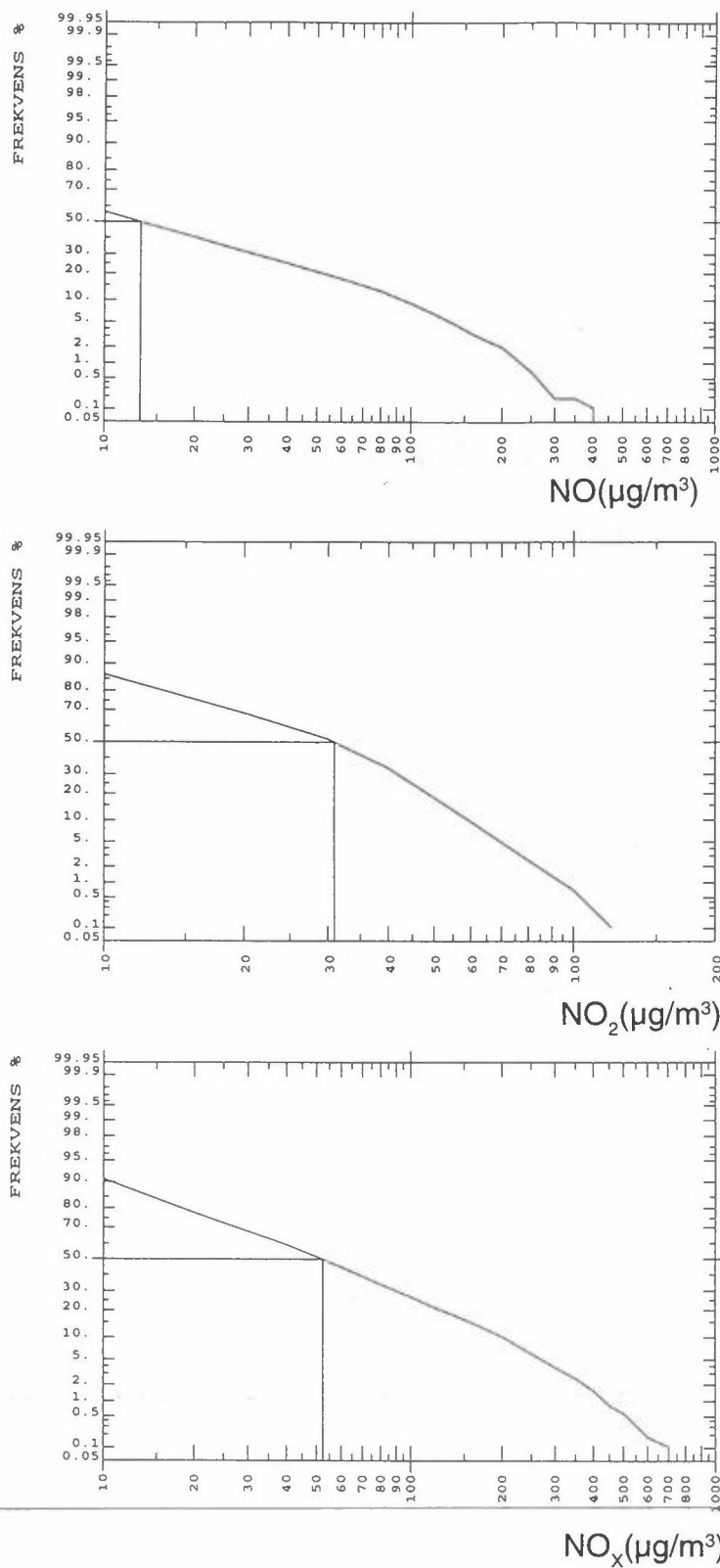
Tabell 14: Statistikk over måleresultater av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ ved Porsgrunn brannstasjon og Holbergs gate i Skien i perioden november 1994-mars 1995 (µg/m³).

NO ₂	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn		Maks. time	Antall timer	Antall timer	
					> 75	> 100			> 100	> 200
Porsgrunn brannstasjon	November 1994	25	42	10	0	0				
	Desember 1994	30	50	31	0	0				
	Januar 1995	29	56	31	0	0				
	Februar 1995	30	51	26	0	0				
	Mars 1995	20	42	31	0	0				
	Nov '94 - mars '95	27	56	129	0	0				
Holbergs gate Skien	Desember 1994	34,9	72,3	28	0	0	145,9	679	16	0
	Januar 1995	33,4	52,1	31	0	0	83,8	744	0	0
	Februar 1995	36,1	57,2	28	0	0	110,4	658	1	0
	Mars 1995	27,7	55,6	30	0	0	106,8	730	3	0
	Des '94 - mars '95	32,9	72,3	117	0	0	145,9	2 811	20	0
	PM _{2,5}	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn				
					> 30	> 50				
Porsgrunn brannstasjon	November 1994	18,9	31,0	10	1	0				
	Desember 1994	15,8	32,9	28	3	0				
	Januar 1995	21,0	54,9	28	6	1				
	Februar 1995	11,8	34,6	28	2	0				
	Mars 1995	11,0	21,8	31	0	0				
	Nov '94 - mars '95	15,1	54,9	125	12	1				
Holbergs gate Skien	November 1994	17,5	26,6	12	0	0				
	Desember 1994	16,4	32,4	27	1	0				
	Januar 1995	19,6	36,1	29	5	0				
	Februar 1995	10,3	32,2	26	1	0				
	Mars 1995	9,7	22,6	29	0	0				
	Nov '94 - mars '95	14,4	36,1	123	7	0				
PM ₁₀	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn					
					> 70	> 100				
Porsgrunn brannstasjon	November 1994	39,4	91,6	10	1	0				
	Desember 1994	25,0	52,1	28	0	0				
	Januar 1995	31,8	69,9	28	0	0				
	Februar 1995	24,0	57,7	28	0	0				
	Mars 1995	29,8	92,2	31	1	0				
	Nov '94 - mars '95	28,6	92,2	125	2	0				
Holbergs gate Skien	November 1994	26,1	52,0	12	0	0				
	Desember 1994	21,1	61,6	27	0	0				
	Januar 1995	24,7	39,5	29	0	0				
	Februar 1995	19,0	53,3	26	0	0				
	Mars 1995	22,5	46,6	29	0	0				
	Nov '94 - mars '95	22,3	61,6	123	0	0				



Figur 22: Midlere konsentrasjon over "middeldøgnet" for NO, NO_x og NO₂ i perioden desember 1994-mars 1995 ved Holbergs gate i Skien (µg/m³).

Figur 23 viser kumulativ frekvensfordeling av timemiddelverdiene av NO, NO₂ og NO_x ved Holbergs gate i Skien i perioden desember 1994-mars 1995. Halvparten av timemiddelverdiene var lavere enn henholdsvis 13 µg/m³, 31 µg/m³ og 52 µg/m³ for NO, NO₂ og NO_x.



Figur 23: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x ved Holbergs gate i Skien i perioden desember 1994-mars 1995.

6.3.2 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre

Tabell 15 viser samvariasjonen mellom timemiddelverdier av NO og NO₂ i Skien og mellom døgnmiddelverdier av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ i Porsgrunn og Skien. På grunnlag av lineær regresjon er regresjonslinjer og korrelasjonskoeffisienter beregnet.

Tabell 15: Beregnede sammenhenger (regresjonslinjer) mellom timemiddelverdier av NO og NO₂ i Skien i perioden desember 1994-mars 1995 og mellom døgnmiddelverdier av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ i Porsgrunn og Skien i perioden november 1994-mars 1995.

GRENLAND Holbergs gt, Skien	Regresjonslinje				Korrelasjons- koeffisient	Antall obs.	Middelverdier (µg/m ³)	
	Y	= A	* X	+ B			Y	X
Timedata	NO	= 1,78	* NO ₂	- 25,65	0,75	2809	33,1	32,9
Døgndata	NO ₂	= 0,57	* PM ₁₀	+ 20,30	0,51	107	32,8	21,9
	NO ₂	= 0,89	* PM _{2,5}	+ 20,45	0,57	107	32,8	13,9
	PM ₁₀	= 0,73	* PM _{2,5}	+ 11,87	0,54	123	22,5	14,5
GRENLAND Porsgrunn Brannstasjon	Regresjonslinje				Korrelasjons- koeffisient	Antall timeobs.	Middelverdier (µg/m ³)	
	Y	= A	* X	+ B			Y	X
Døgndata	NO ₂	= 0,29	* PM ₁₀	+ 18,98	0,41	119	27,1	27,7
	NO ₂	= 0,57	* PM _{2,5}	+ 18,59	0,52	119	27,1	15,0
	PM ₁₀	= 1,08	* PM _{2,5}	+ 12,29	0,66	125	28,7	15,1

Korrelasjonskoeffisienten på 0,75 mellom timedata av NO og NO₂ var som i Oslo og Drammen. Av døgndataene hadde PM_{2,5} og PM₁₀ i Porsgrunn best korrelasjon.

6.4 Bergen (Fengslet og Nygårdsgaten)

6.4.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier

Tabell 16 gir et sammendrag av måleresultatene av nitrogendioksid (NO₂) og svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀) fra målestasjonene i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995. Ved gatestasjonen Nygårdsgaten har målingene bare omfattet timemiddelverdier av PM₁₀. Ved områdestasjonen Fengslet ble det målt både time- og døgnmiddelverdier (uavhengige metoder) av PM₁₀, samt døgnmiddelverdier av PM_{2,5} og timemiddelverdier av nitrogenoksider.

NO₂-målingene ved Fengslet viste en halvårsmiddelverdi på 34 µg/m³, som er godt under det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 50 µg/m³. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av NO₂ på 75 µg/m³ ble overskredet 3 ganger (1,8% av måledøgnene). Den høyeste døgnmiddelverdien var 97 µg/m³. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for timemiddelverdi av NO₂ på 100 µg/m³ ble overskredet 32 ganger (0,8% av tiden). Den høyeste enkeltverdien var 203 µg/m³, som var høyere maksimumsverdi enn i de andre byene.

Målingene av PM_{2,5} viste en halvårsmiddelverdi på 8 µg/m³, som er lavt i forhold til det anbefalte luftkvalitetskriteriet på 30 µg/m³. For PM_{2,5} er det ikke fastsatt

anbefalte luftkvalitetskriterier for midlingstider kortere enn halvår, da det bare er langtidseksponeringen som antas å kunne gi eventuelle helsemessige virkninger.

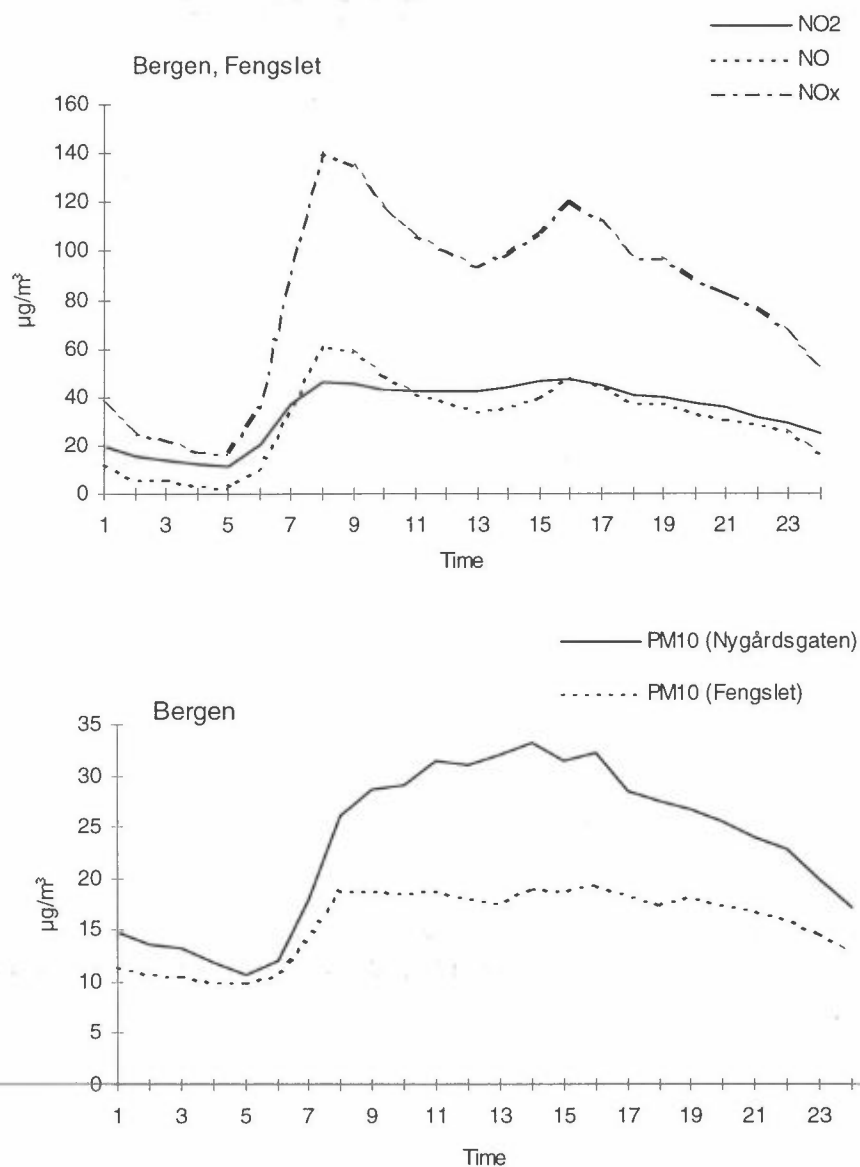
Tabell 16: Statistikk over måleresultater av NO_2 , $PM_{2,5}$ og PM_{10} ved Fengslet og av PM_{10} i Nygårdsgaten i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu g/m^3$).

NO_2	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn > 75	Antall døgn > 100	Maks. time	Antall timer	Antall timer > 100	Antall timer > 200
Fengslet	Oktober 1994	42,6	96,9	13	3	0	202,8	300	16	1
	November 1994	34,2	68,0	30	0	0	113,1	713	3	0
	Desember 1994	35,3	73,1	31	0	0	112,5	738	3	0
	Januar 1995	34,2	71,3	31	0	0	141,4	740	10	0
	Februar 1995	34,0	55,3	28	0	0	92,0	661	0	0
	Mars 1995	28,3	55,9	31	0	0	99,3	738	0	0
	Okt. '94 - mars '95	33,9	96,9	164	3	0	202,8	3 890	32	1
$PM_{2,5}$	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn > 30	Antall døgn > 50				
Dicho Fengslet	Oktober 1994	12,2	41,4	11	2	0				
	November 1994	9,8	27,6	27	0	0				
	Desember 1994	8,2	30,3	26	1	0				
	Januar 1995	8,7	25,0	27	0	0				
	Februar 1995	6,2	10,3	26	0	0				
	Mars 1995	7,6	34,9	29	1	0				
	Okt. '94 - mars '95	8,4	41,4	146	4	0				
PM_{10}	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn > 70	Antall døgn > 100	Maks. time	Antall timer	Antall timer > 100	Antall timer > 200
TEOM Fengslet	Oktober 1994	12,2	17,4	6	0	0	36,9	138	0	0
	November 1994	17,7	36,0	30	0	0	63,9	713	0	0
	Desember 1994	14,8	38,8	31	0	0	69,3	731	0	0
	Januar 1995	15,5	28,9	31	0	0	69,1	737	0	0
	Februar 1995	13,0	20,2	28	0	0	38,2	663	0	0
	Mars 1995	18,1	50,0	28	0	0	69,6	671	0	0
	Okt. '94 - mars '95	15,7	50,0	154	0	0	69,6	3 653	0	0
Nygårdsgaten	November 1994	22,5	48,3	28	0	0	121,6	678	1	0
	Desember 1994	20,4	50,0	31	0	0	149,0	735	4	0
	Januar 1995	22,8	50,1	31	0	0	161,7	731	5	0
	Februar 1995	19,2	45,8	28	0	0	182,8	665	4	0
	Mars 1995	31,9	83,4	31	1	0	148,7	731	20	0
	Nov '94 - mars '95	23,4	83,4	149	1	0	182,8	3 540	34	0
	Dicho Fengslet	Oktober 1994	18,6	62,9	11	0	0			
November 1994		16,6	32,7	27	0	0				
Desember 1994		14,0	39,2	26	0	0				
Januar 1995		14,0	30,2	27	0	0				
Februar 1995		10,9	21,4	26	0	0				
Mars 1995		14,8	40,8	29	0	0				
Okt. '94 - mars '95		14,4	62,9	146	0	0				

PM_{10} -målingene viste en middelværdi på $14 \mu g/m^3$ (døgnprøver) og $16 \mu g/m^3$ (timemiddelværdier) ved Fengslet og $23 \mu g/m^3$ ved Nygårdsgaten, mens det anbefalte luftkvalitetskriteriet er $40 \mu g/m^3$. Ved Nygårdsgaten var det en

døgnmiddelverdi ($83 \mu\text{g}/\text{m}^3$) over det anbefalte luftkvalitetskriteriet på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Høyeste døgnmiddelverdi ved Fengslet var $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men dette var i en periode før målingene i Nygårdsgaten hadde startet.

Figur 24 viser midlere konsentrasjon over døgnet i perioden oktober 1994-mars 1995 for NO , NO_2 , NO_x og PM_{10} ved Fengslet og midlere konsentrasjon over døgnet i perioden november 1994-mars 1995 for PM_{10} ved Nygårdsgaten. Av nitrogenoksidene viste NO og NO_x en større døgnlig variasjon enn NO_2 . Det meste av utslippet fra biltrafikken er som NO , mens bare ca. 5% er som NO_2 . I tillegg foregår det en reaksjon mellom NO og O_3 (ozon) som gir NO_2 . Denne reaksjonen er rask, men er begrenset av tilgjengelig O_3 i lufta, som ofte er lav vinterstid.



Figur 24: Midlere konsentrasjon over "middeldøgnet" av NO , NO_2 , NO_x og PM_{10} ved Fengslet i perioden oktober 1994-mars 1995 og for PM_{10} ved Nygårdsgaten for perioden november 1994-mars 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

PM₁₀-målingene viste klart høyere verdier ved Nygårdsgaten enn ved Fengslet på dagtid, mens forskjellen var liten tidlig om morgenen når trafikken var minst.

Særlig kurvene for NO og NO_x viste en kraftig økning i konsentrasjonene når trafikken satte inn i morgenrushet. PM₁₀ viste den høyeste konsentrasjonen om ettermiddagen i Nygårdsgaten. Denne gaten er enveiskjørt og har antagelig større trafikk om ettermiddagen.

Figurene 25 og 26 viser kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjonene av henholdsvis nitrogenoksider og svevestøv. For NO var over halvparten av timemiddelkonsentrasjonene så lave som under 10 µg/m³. For NO₂ og NO_x var medianen henholdsvis 31 µg/m³ og 41 µg/m³. For PM₁₀ var halvparten av time-middelverdiene under 13 µg/m³ ved Fengslet og under 18 µg/m³ ved gatestasjonen Nygårdstangen.

6.4.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold

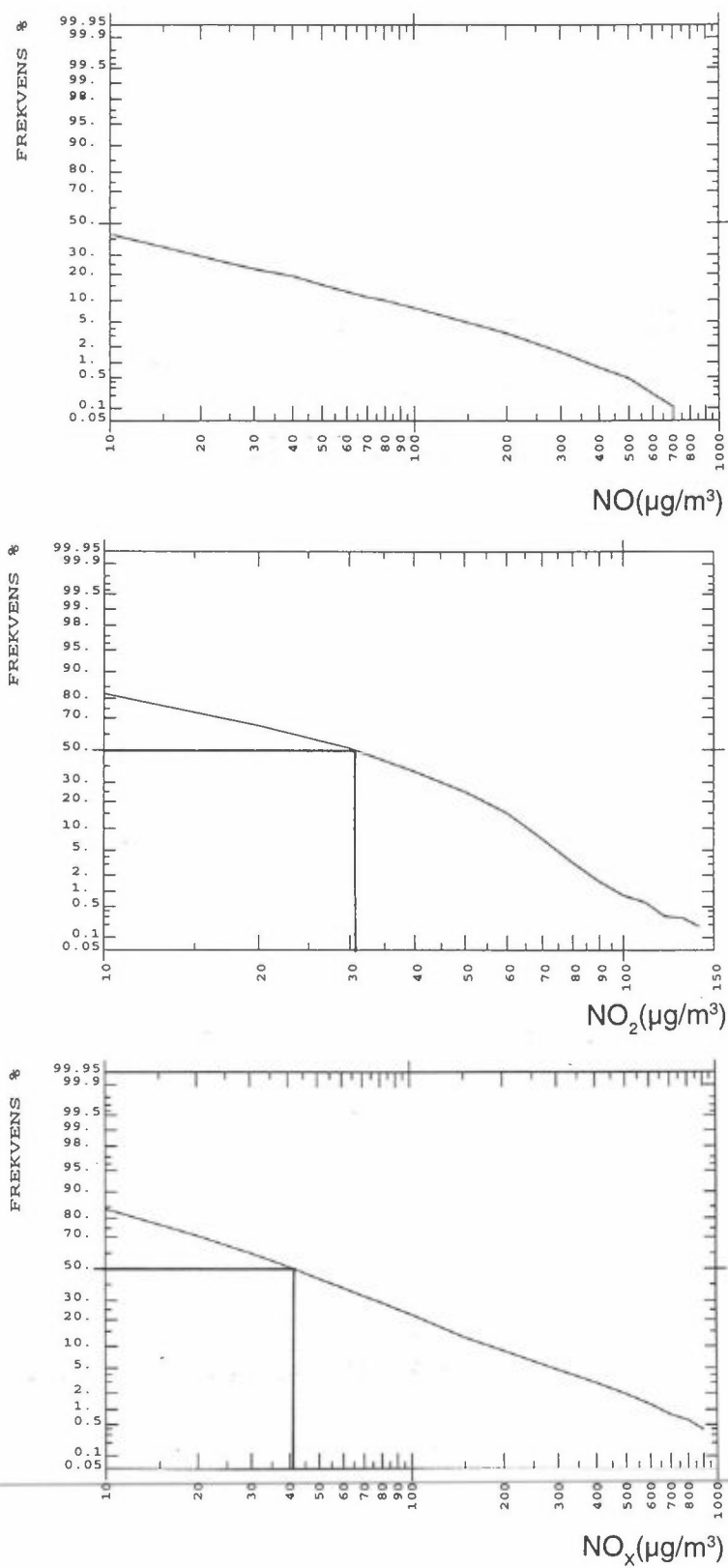
De meteorologiske forholdene har stor betydning for spredningen av luftforurensende utslipp og dermed for hvilke konsentrasjoner som måles. De viktigste parametrene er vindretning, vindstyrke og stabilitetsforhold. De meteorologiske forholdene i Bergen er nærmere beskrevet i kapittel 7.3.

Figur 27 viser middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille (kons st) for perioden oktober 1994-mars 1995. De høyeste konsentrasjonene ble målt ved vindstille (≤0,4 m/s) og ved vind fra nordøst og sørvest. De høyeste konsentrasjonene måles derfor i vindretninger som vanligvis har lav hyppighet og samtidig lav gjennomsnittlig vindstyrke. Figur 28 viser at også de høyeste PM₁₀-konsentrasjonene ble målt ved vind fra nordøstlig og sørvestlig kant både ved Fengslet og Nygårdsgaten.

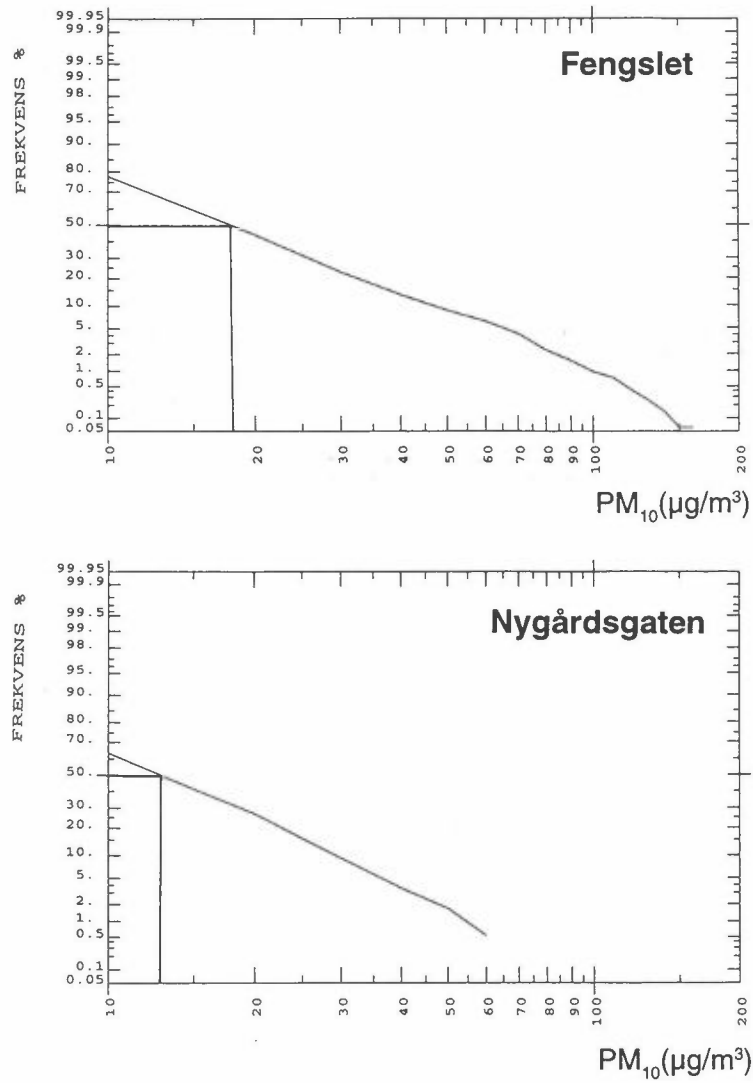
Tabell 17 gir middelkonsentrasjoner av NO, NO₂, NO_x og PM₁₀ i fire vindstyrkeklasser og i fire stabilitetsklasser. "Forekomst" i tabellen angir hvor stor del av tiden i prosent de forskjellige vindstyrke- og stabilitetsklassene har forekommet. Middelkonsentrasjonene over alle observasjoner av samtidig luftkvalitet, vindstyrke og stabilitet er gitt i kolonnen "total".

Tabellen viser at konsentrasjonene av nitrogenoksider avtok med økende vindstyrke. Dette var særlig markert for NO og NO_x. Konsentrasjonen av PM₁₀ avtok med økende vindstyrke opp til klassen 4-6 m/s, men økte igjen over 6 m/s. Dette skyldes antagelig økende oppvirvling av støv fra bakken ved økende vindstyrke.

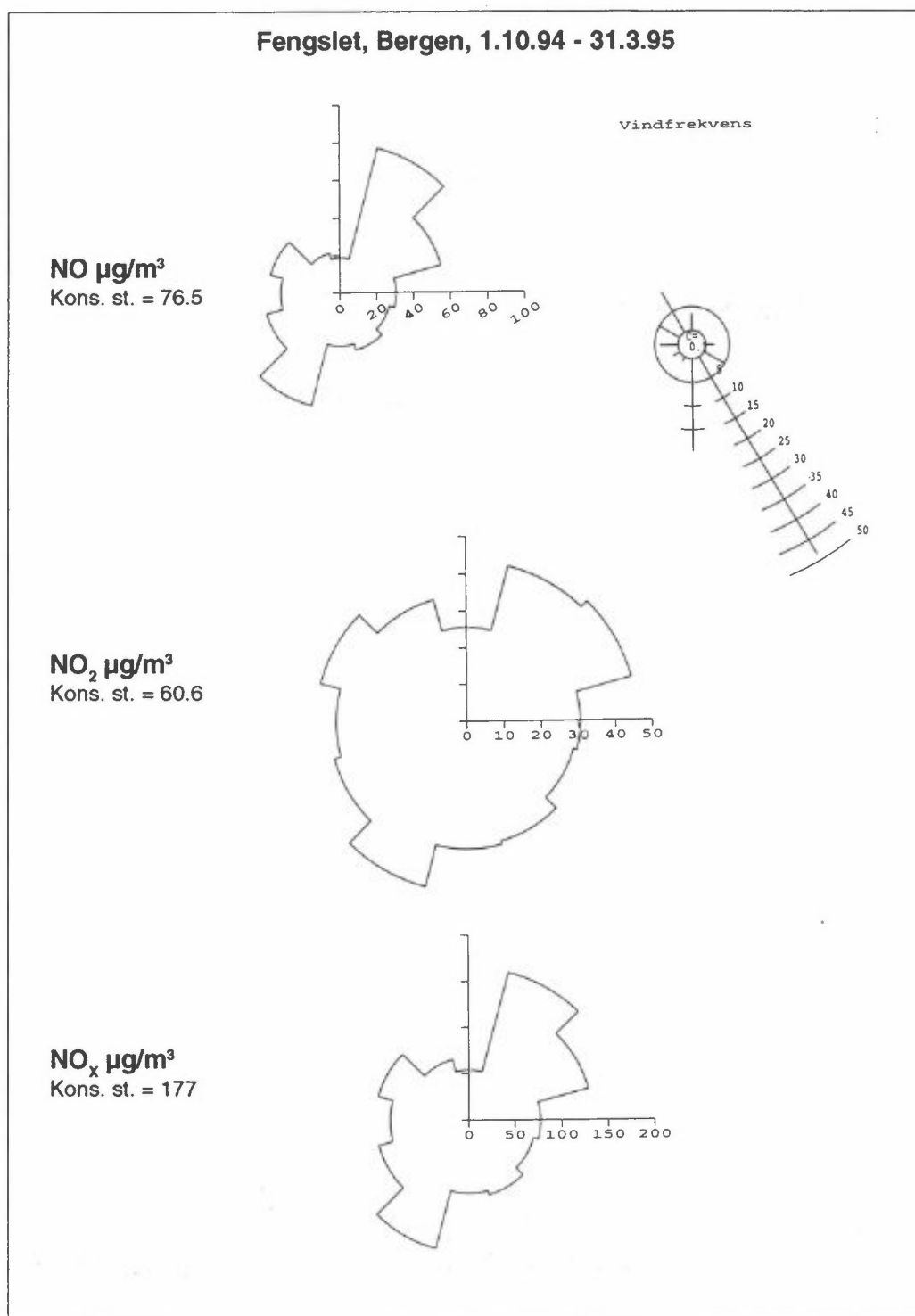
Konsentrasjonene av nitrogenoksider var klart høyest ved stabil sjiktning. Ved stabil sjiktning, som nesten alltid er kombinert med svak vind, øker temperaturen med høyden. Det dannes da et inversjonslokk som begrenser spredningen i vertikal retning. Dette kan gi høy forurensning, særlig hvis slike værforhold varer over flere dager.



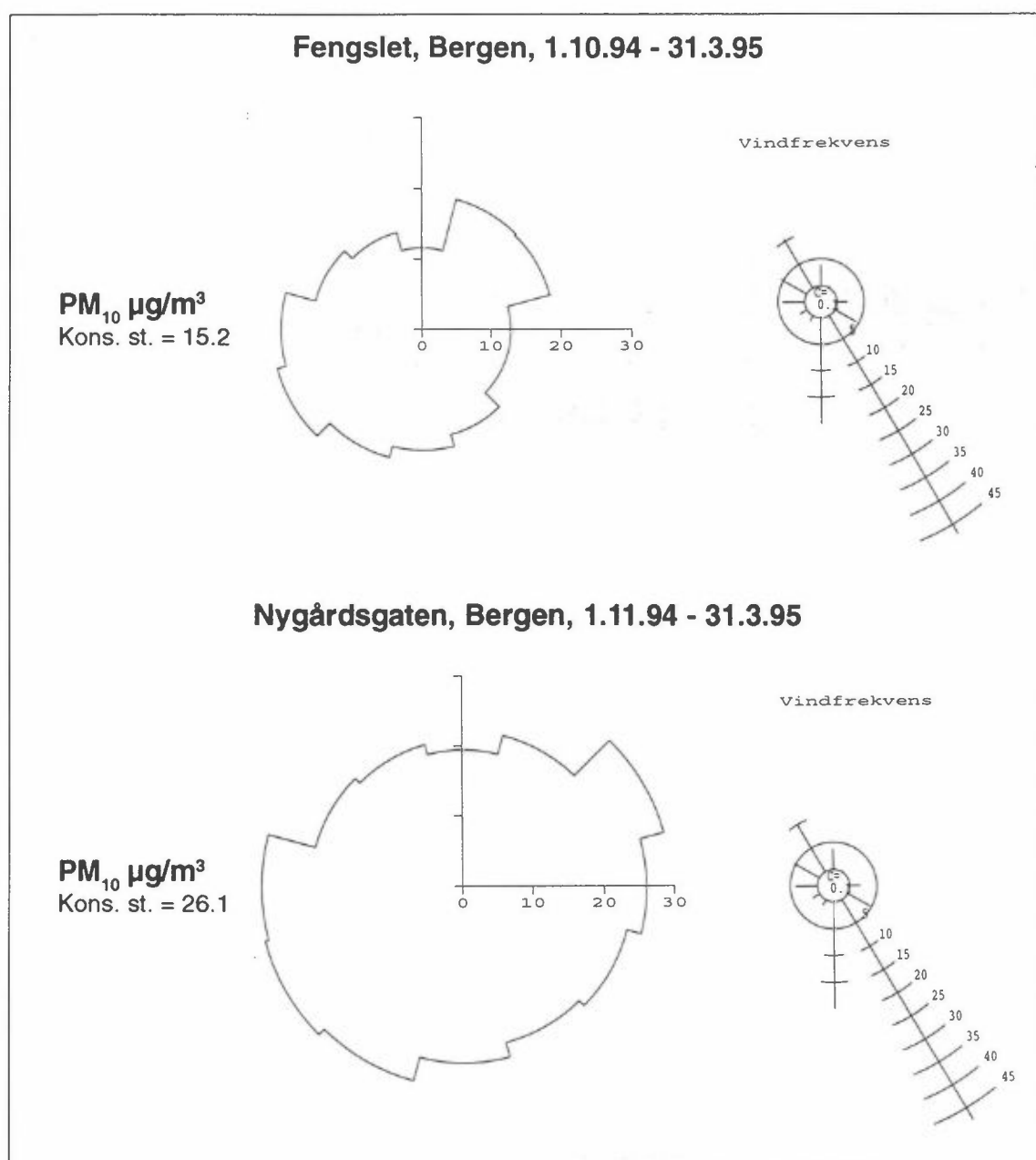
Figur 25: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x ved Fengslet i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995.



Figur 26: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av PM₁₀ ved Fengslet i perioden oktober 1994-mars 1995 og ved Nygårdsgaten i perioden november 1994-mars 1995.



Figur 27: Middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille ved Fengslet i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 28: Middelkonsentrasjoner av PM₁₀ i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille ved Fengslet i perioden oktober 1994-mars 1995 og ved Nygårdsgaten i perioden november 1994-mars 1995 (µg/m³).

For PM₁₀ var det like høye eller høyere konsentrasjoner ved ustabil sjiktning som ved stabil sjiktning. De høyeste konsentrasjonene ved ustabil sjiktning ble målt ved vind over 6 m/s. Kilden synes altså å være oppvirvling fra bakken, og da i hovedsak av støv som slites av veidekket på grunn av piggdekk.

Tabell 17: Middelkonsentrasjoner av NO, NO₂, NO_x og PM₁₀ ved Fengslet i perioden oktober 1994-mars 1995 og av PM₁₀ ved Nygårdsgaten i perioden november 1994-mars 1995 som funksjon av vindstyrke og stabilitetsforhold. (Forekomst i %, NO, NO₂, NO_x og PM₁₀ i µg/m³.)

	Total	Vindstyrkeklaser			
		0,0-2,0 (m/s)	2,0-4,0 (m/s)	4,0-6,0 (m/s)	over 6,0 (m/s)
Forekomst	100,0	19,6	29,5	22,3	28,6
NO	30,6	96,0	27,8	8,8	5,4
NO _x	80,6	203,4	81,4	39,7	27,5
NO ₂	33,9	56,7	38,8	26,2	19,2
Forekomst	100,0	18,5	29,8	22,5	29,2
PM ₁₀	15,8	21,9	14,4	13,2	15,5
Forekomst	100,0	17,9	29,5	22,9	29,7
PM ₁₀ *	23,4	31,0	21,4	19,0	24,4
	Total	Stabilitetsklasser			
		Ustabil	Nøytralt	Lett stabilt	Stabilt
Forekomst	100,0	17,1	49,9	20,1	12,9
NO	30,6	26,5	14,2	26,2	106,3
NO _x	80,6	77,8	49,5	73,8	216,3
NO ₂	33,9	37,3	27,7	33,7	53,8
Forekomst	100,0	16,9	51,2	20,2	11,7
PM ₁₀	15,8	19,2	14,2	14,3	20,8
Forekomst	100,0	17,1	51,8	19,7	11,5
PM ₁₀ *	23,4	34,9	20,3	19,8	26,9

* Nygårdsgaten

6.4.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre

Tabell 18 viser samvariasjonen mellom timemiddelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og PM₁₀ og mellom døgnmiddelkonsentrasjoner av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀. På grunnlag av lineær regresjon er regresjonslinjer og korrelasjonskoeffisienter beregnet. For timedata var det best korrelasjon mellom PM₁₀ ved Fengslet og PM₁₀ ved Nygårdsgaten og mellom NO og NO₂ ved Fengslet.

Beregnete døgnmiddelverdier av PM₁₀ på grunnlag av målte timemiddelverdier ved Fengslet korrelerte meget godt med målte døgnmiddelverdier med en annen metode på samme sted. Korrelasjonskoeffisienten var 0,98, og helningskoeffisienten i regresjonslinja var nær 1. Samvariasjonen mellom døgndata av PM_{2,5} og PM₁₀ ved Fengslet var også god med en korrelasjonskoeffisient på 0,89. Lavere korrelasjonskoeffisienter mellom NO₂ og henholdsvis PM_{2,5} og PM₁₀ enn mellom PM_{2,5} og PM₁₀ antas å skyldes at NO₂-konsentrasjonen også avhenger av O₃-konsentrasjonen i lufta.

Tabell 18: Beregnede sammenhenger (regresjonslinjer) mellom timemiddelverdier av NO , NO_2 , $PM_{2,5}$ og PM_{10} og mellom døgnmiddelverdier av NO_2 , $PM_{2,5}$ og PM_{10} ved Fengslet og Nygårdsgaten i perioden oktober 1994-mars 1995.

BERGEN Fengslet	Regresjonslinje					Korrelasjons- koeffisient	Antall obs.	Middelverdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Y	=	A	* X	+ B			Y	X
Timedata	NO	=	2,02	* NO_2	- 38,02	0,69	3 890	30,6	33,9
	NO	=	2,72	* PM_{10}	- 16,04	0,55	3 623	26,6	15,7
	NO	=	0,97	* PM_{10}	+ 2,41	0,36	3 508	25,1	23,4
	NO_2	=	0,92	* PM_{10}	+ 19,06	0,44	3 623	33,4	15,7
	NO_2	=	0,40	* PM_{10}	+ 23,78	0,35	3 508	33,1	23,4
	PM_{10}	=	0,45	* PM_{10}^*	+ 5,30	0,80	3 441	15,8	23,3
Døgndata	NO_2	=	0,76	* PM_{10}	+ 21,78	0,43	146	32,8	14,4
	NO_2	=	1,38	* $PM_{2,5}$	+ 21,17	0,57	146	32,8	8,4
	PM_{10}^{**}	=	1,02	* PM_{10}	+ 1,64	0,98	137	16,0	14,0
	PM_{10}	=	1,20	* $PM_{2,5}$	+ 4,26	0,89	146	14,4	8,4

*Nygårdsgaten

** TEOM

6.5 Trondheim (Rådhusparken)

6.5.1 Luftkvalitet i forhold til anbefalte luftkvalitetskriterier

Tabell 19 gir et sammendrag av måleresultatene av nitrogendioksid (NO_2) og svevestøv ($PM_{2,5}$ og PM_{10}) fra Rådhusparken i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995. Nitrogenoksider er målt som timemiddelverdier, mens svevestøv er målt som døgnmiddelverdier.

NO_2 -målingene viste en halvårsmiddelverdi på $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er vel halvparten av det anbefalte luftkvalitetskriteriet på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Heller ikke det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av NO_2 på $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet. Den høyeste døgnmiddelverdien var $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Imidlertid ble det anbefalte luftkvalitetskriteriet for timemiddelverdi av NO_2 på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskredet 7 ganger (0,2% av tiden). Den høyeste enkeltverdien var $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

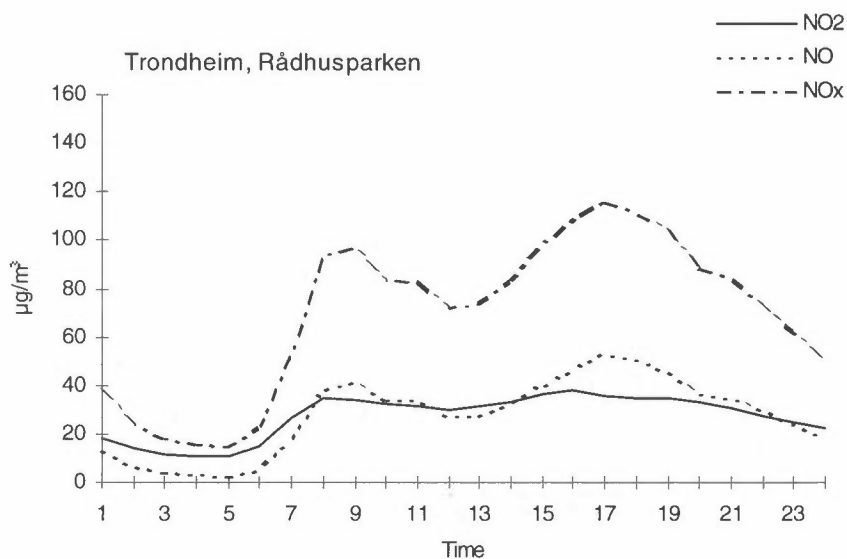
Målingene av $PM_{2,5}$ viste en halvårsmiddelverdi på $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er lavt i forhold til det anbefalte luftkvalitetskriteriet på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For $PM_{2,5}$ er det ikke fastsatt anbefalte luftkvalitetskriterier for midlingstider kortere enn halvår, da det bare er langtidsseksponeeringen som antas å kunne gi eventuelle helsemessige virkninger.

PM_{10} -målingene ved Rådhusparken viste en middelverdi på $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i vinterhalvåret 1994/95, mens det anbefalte luftkvalitetskriteriet er $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Derimot var det 7 døgnmiddelverdier (4,9% av målingene) over det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den høyeste døgnmiddelverdien var $141 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Svevestøvmålingene i Trondheim viste et ganske lavt gjennomsnittsnivå, men at konsentrasjonen kan bli høy i perioder med dårlige spredningsforhold.

Tabell 19: Statistikk over måleresultater av NO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} ved Rådhusparken i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

NO_2	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn > 75	Antall døgn > 100	Maks. time	Antall timer	Antall timer > 100	Antall timer > 200
Rådhusparken	Oktober 1994	30,1	60,6	26	0	0	121,4	618	3	0
	November 1994	30,0	45,4	30	0	0	74,9	711	0	0
	Desember 1994	27,7	50,4	28	0	0	73,0	655	0	0
	Januar 1995	26,7	53,0	30	0	0	80,0	714	0	0
	Februar 1995	25,0	66,3	26	0	0	102,6	604	1	0
	Mars 1995	23,5	61,3	30	0	0	109,2	720	3	0
	Okt. '94 - mars '95	27,1	66,3	170	0	0	121,4	4 022	7	0
$\text{PM}_{2,5}$	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn > 30	Antall døgn > 50				
Rådhusparken	Oktober 1994	13,1	30,3	23	1	0				
	November 1994	10,4	35,7	28	2	0				
	Desember 1994	6,1	15,1	22	0	0				
	Januar 1995	8,3	23,2	23	0	0				
	Februar 1995	5,1	20,1	20	0	0				
	Mars 1995	4,5	20,1	28	0	0				
	Okt. '94 - mars '95	8,0	35,7	144	3	0				
PM_{10}	Periode	Middel-verdi	Maks. døgn	Antall døgn	Antall døgn > 70	Antall døgn > 100				
Rådhusparken	Oktober 1994	25,9	75,7	23	2	0				
	November 1994	29,9	140,9	28	4	2				
	Desember 1994	19,8	64,7	22	0	0				
	Januar 1995	14,4	37,9	23	0	0				
	Februar 1995	13,1	87,6	20	1	0				
	Mars 1995	12,8	50,3	28	0	0				
	Okt. '94 - mars '95	19,6	140,9	144	7	2				

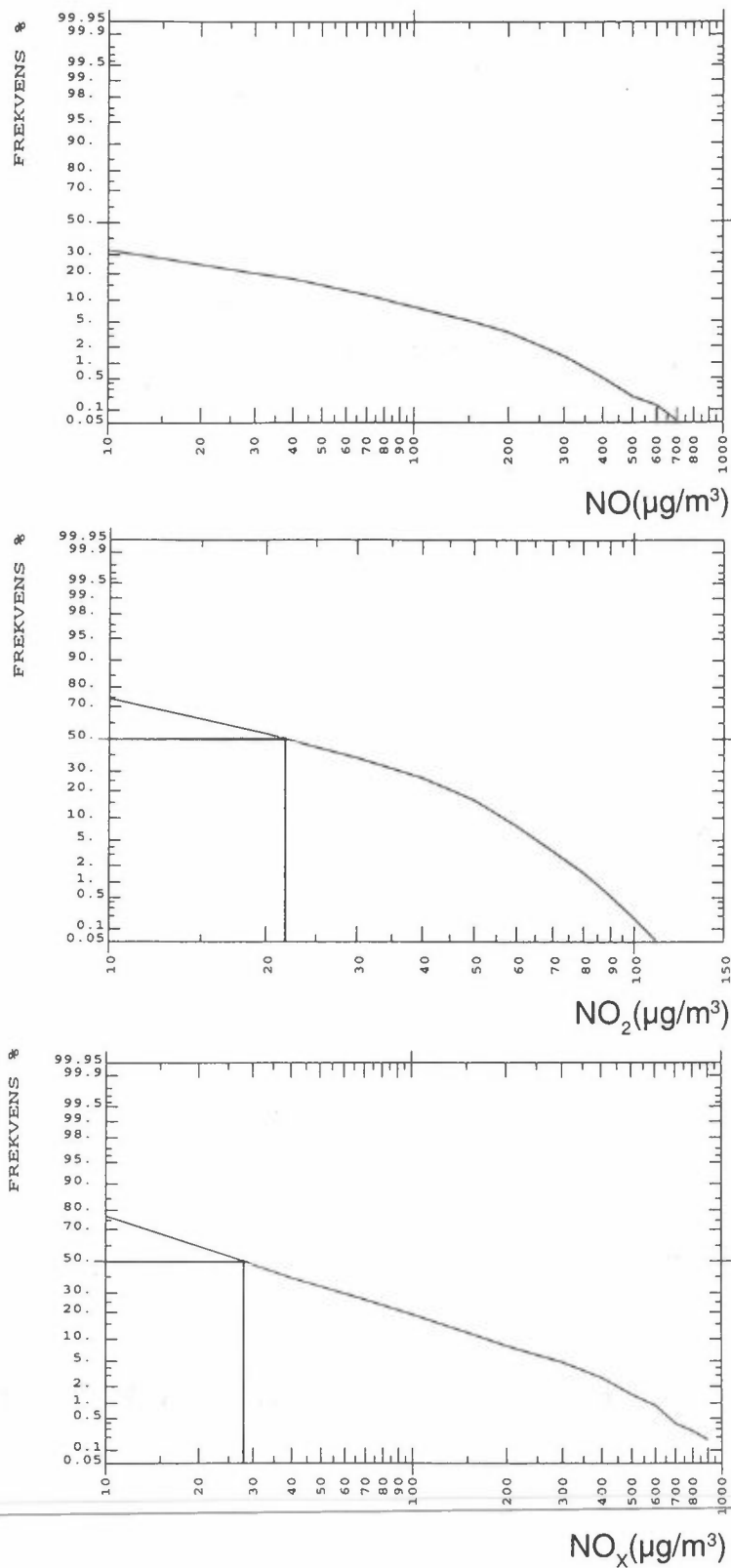
Figur 29 viser midlere konsentrasjon over "middeldøgnet" av NO , NO_2 og NO_x i perioden oktober 1994-mars 1995. NO og NO_x viste som i de andre byene en større døgnlig variasjon enn NO_2 . Det meste av utslippet fra biltrafikken er som NO , mens bare ca. 5% er som NO_2 . I tillegg foregår det imidlertid en reaksjon mellom NO og O_3 (ozon) som gir NO_2 . Denne reaksjonen er rask, men er begrenset av tilgjengelig O_3 i lufta, som ofte er lav vinterstid. Reaksjonen mellom NO og O_3 medfører et jevnere forløp av NO_2 -konsentrasjonen enn av primærkomponenten NO .



Figur 29: Midlere konsentrasjon over "middeldøgnet" av NO, NO₂ og NO_x ved Rådhusparken i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995 (µg/m³).

Figur 30 viser kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjonene av nitrogenoksider. For NO var nesten 70% av timemiddelverdiene så lave som under 10 µg/m³. For NO₂ og NO_x var halvparten av timemiddelverdiene lavere enn henholdsvis 22 µg/m³ og 28 µg/m³.

Siden sørlige og sørvestlige vinder dominerte i måleperioden og målestasjonen var plassert i den sørlige delen av sentrumsområdet, er det trolig at en stasjonsplassering lenger nord i byen ville gitt høyere verdier. Målinger av NO₂ på Torvet i samme periode viste en halvårsmiddelverdi på 54 µg/m³. Selv om målingene ble gjort med en annen metode som vi vet gir for høye verdier, underbygger resultatene denne vurderingen av stasjonsplasseringens betydning for de målte konsentrasjonene i Rådhusparken. Ved befaringen var det imidlertid vanskelig å finne et annet målested. Når arealmodellen for Trondheim blir ferdig utviklet, vil beregningene vise hvordan NO₂-feltet varierer over hele byområdet. Måledataene er imidlertid gode grunnlagsdata for å kontrollere beregningene.



Figur 30: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x ved Rådhusparken i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995.

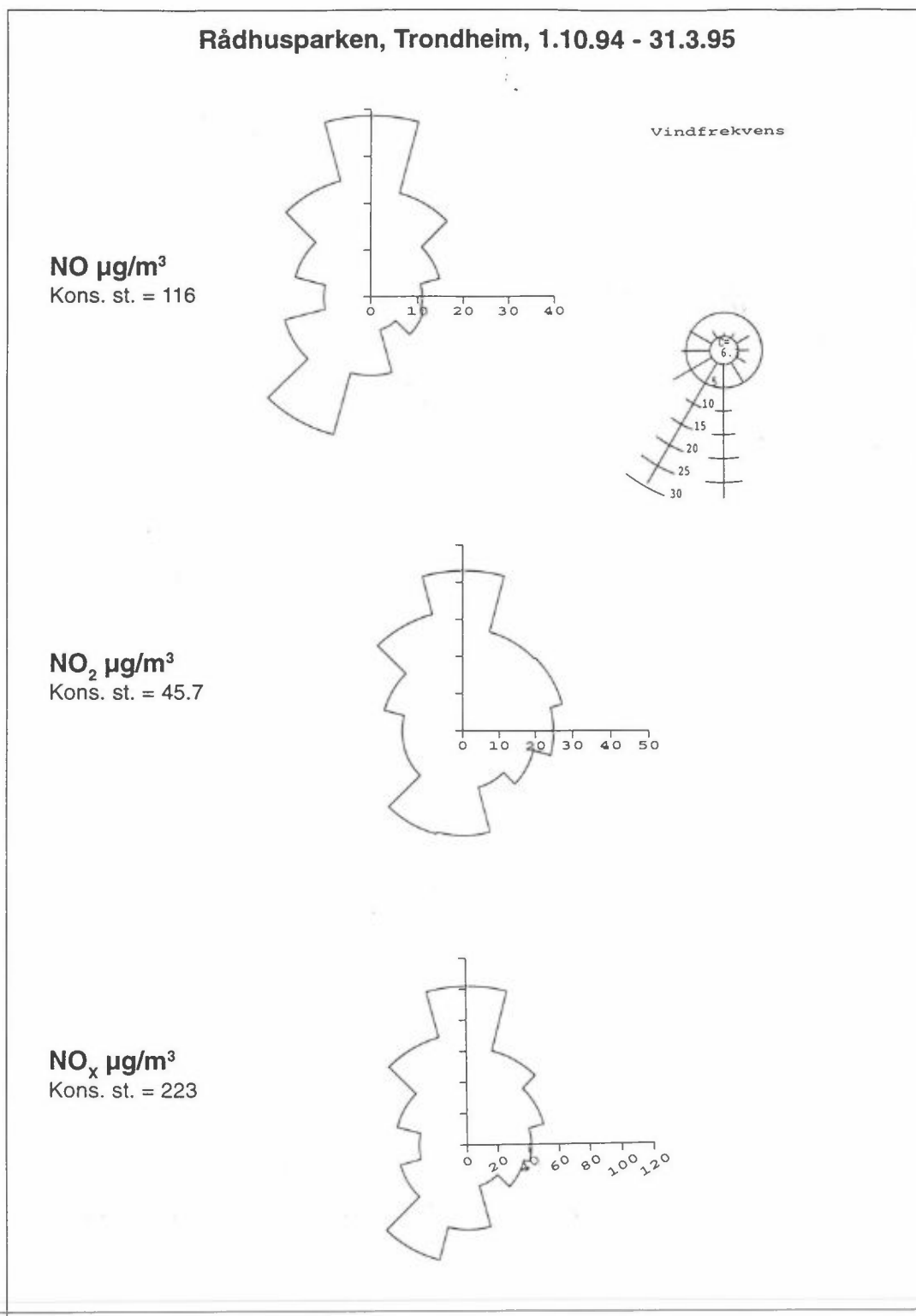
6.5.2 Luftkvalitet og meteorologiske forhold

De meteorologiske forholdene har stor betydning for spredningen av luftforurensende utslipp og dermed for hvilke konsentrasjoner som måles. De viktigste parametrene er vindretning, vindstyrke og stabilitetsforhold. De meteorologiske forholdene i Trondheim er nærmere beskrevet i kapittel 7.4.

Figur 31 viser middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille (kons st) for perioden oktober 1994-mars 1995. De klart høyeste konsentrasjonene ble målt ved vindstille (undefinert vindretning) og ellers ved vind fra nord og sør-sørvest. Forhøyede konsentrasjoner fra nord (dvs. fra sentrumsområdet) styrker antakelsen om at en plassering av målestasjonen lenger nord i sentrumsområdet ville gitt høyere konsentrasjoner.

Tabell 20 gir middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i fire vindstyrkeklasser og i fire stabilitetsklasser. "Forekomst" i tabellen angir hvor stor del av tiden i prosent de forskjellige vindstyrke- og stabilitetsklassene har forekommet. Middelkonsentrasjonene over alle observasjoner av samtidig luftkvalitet, vindstyrke og stabilitet er gitt i kolonnen "total".

Tabellen viser at konsentrasjonene av nitrogenoksider avtok med økende vindstyrke. Dette var særlig markert for NO og NO_x. Konsentrasjonene av nitrogenoksider var også klart høyest ved stabil sjiktning. Ved stabil sjiktning, som nesten alltid forekommer ved svak vind, øker temperaturen med høyden. Det dannes da et inversjonslokk som begrenser spredningen i vertikal retning. Dette kan gi høy forurensning, særlig hvis slike værforhold varer over flere dager.



Figur 31: Middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x i 12 30-graders vindsektorer og ved vindstille ved Rådhusparken i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 20: Middelkonsentrasjoner av NO, NO₂ og NO_x ved Rådhusparken i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995 som funksjon av vindstyrke og stabilitetsforhold. (Forekomst i %, NO, NO₂ og NO_x i µg/m³.)

	Total	Vindstyrkeklasser			
		0,0-2,0 (m/s)	2,0-4,0 (m/s)	4,0-6,0 (m/s)	over 6,0 (m/s)
Forekomst	100,0	46,5	39,8	12,0	1,7
NO	26,7	52,2	5,5	1,8	1,3
NO ₂	26,5	37,4	19,6	10,2	7,5
NO _x	67,3	117,1	28,0	13,0	9,6
	Total	Stabilitetsklasser			
		Ustabil	Nøytral	Lett stabil	Stabil
Forekomst	100,0	0,3	69,2	27,6	2,9
NO	26,7	15,4	16,3	43,7	115,8
NO ₂	26,5	33,5	24,4	29,3	50,5
NO _x	67,3	57,1	49,2	96,0	227,5

6.5.3 Samvariasjon mellom luftkvalitetsparametre

Tabell 21 viser samvariasjonen mellom timemiddelkonsentrasjoner av NO og NO₂ og mellom døgnmiddelkonsentrasjoner av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀. På grunnlag av lineær regresjon er regresjonslinjer og korrelasjonskoeffisienter beregnet. For timedata var korrelasjonskoeffisienten mellom NO og NO₂ litt lavere enn i de andre byene. Dette kan ha sammenheng med meget lavt forurensningsnivå i perioder. I et mer belastet område i sentrum ville korrelasjonen sannsynligvis vært bedre.

Tabell 21: Beregnete sammenhenger (regresjonslinjer) mellom timemiddelverdier av NO og NO₂ og mellom døgnmiddelverdier av NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ ved Rådhusparken i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995.

TRONDHEIM Rådhusparken	Regresjonslinje				Korrelasjons- koeffisient	Antall obs.	Middelverdier (µg/m ³)			
	Y	=	A	* X			+ B	Y	X	
Timedata	NO	=	1,80	* NO ₂	-	21,11	0,57	4 022	27,6	27,1
Døgndata	NO ₂	=	0,20	* PM ₁₀	+	23,54	0,35	144	27,5	19,6
	NO ₂	=	0,97	* PM _{2,5}	+	19,78	0,54	144	27,5	8,0
	PM ₁₀	=	2,30	* PM _{2,5}	+	1,27	0,74	144	19,6	8,0

For døgndataene var det en relativt høy korrelasjonskoeffisient mellom PM_{2,5} og PM₁₀. Lavere korrelasjonskoeffisient mellom særlig NO₂ og PM₁₀ antas å skyldes dels at NO₂-konsentrasjonen også avhenger av O₃-konsentrasjonen i lufta og at veidekkeslitasje og oppvirvling fra veibanen er en viktig kilde til PM₁₀.

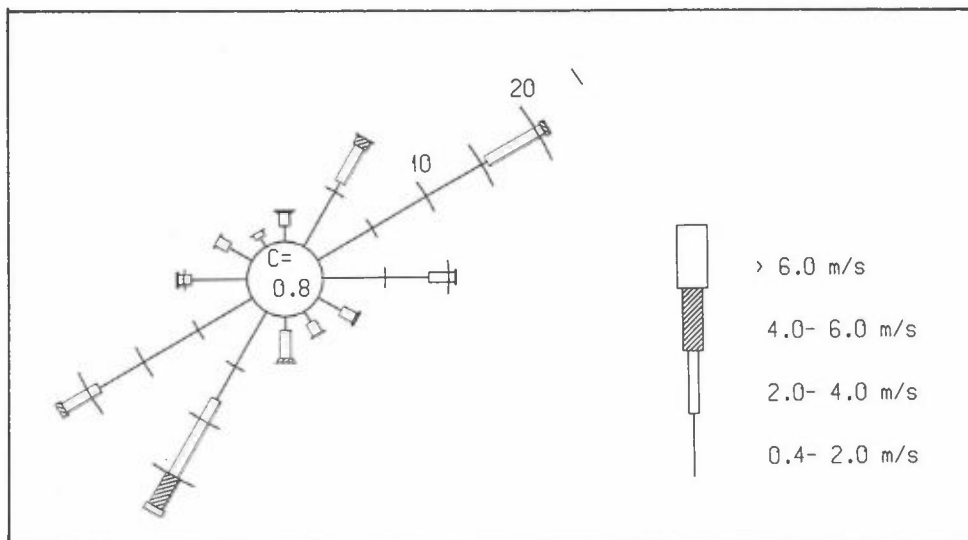
7. Meteorologiske forhold

I dette kapitlet gis det en kortfattet beskrivelse av hovedresultatene av de meteorologiske målingene. Målingene er utført i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim og har omfattet vindretning, vindstyrke, vindkast (gust), temperatur, termisk stabilitet og relativ fuktighet (ikke i Trondheim). Grafiske tidsplott for hver stasjon av timemiddelverdiene av de meteorologiske parametrene er gitt i vedlegg B.

7.1 Oslo (Nordahl Bruns gate)

7.1.1 Vindretning

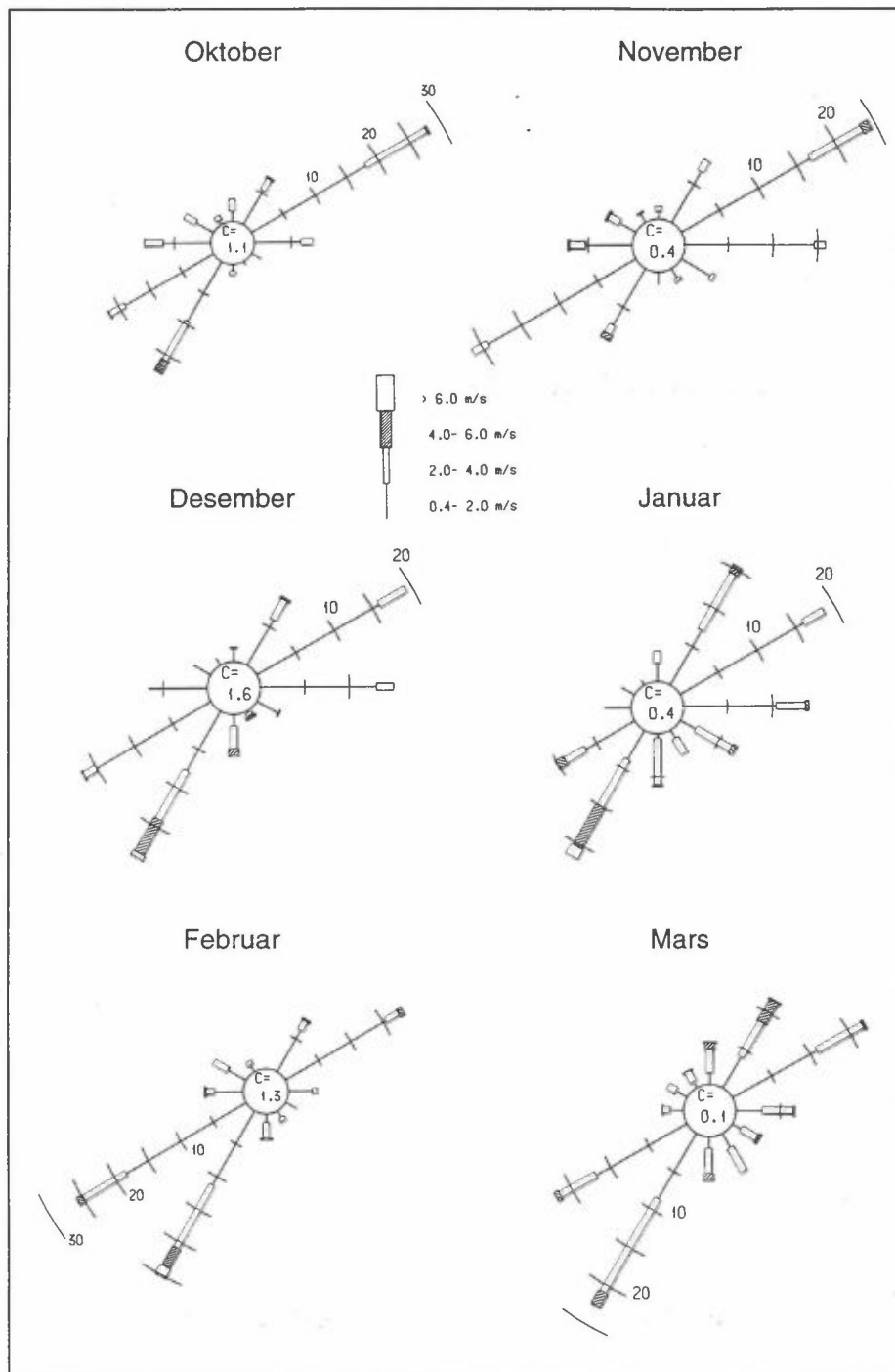
Vindrosen fra Nordahl Bruns gate for hele perioden oktober 1994-mars 1995 og for hver enkelt måned er vist i henholdsvis figur 32 og figur 33. Vindrosene viser hvor stor prosent av tiden det blåste fra tolv 30-graders sektorer. For hver retning er det også angitt hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var innenfor fire definerte klasser. Tallet C viser hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var lavere enn eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.



Figur 32: Vindrose for perioden oktober 1994-mars 1995 fra Nordahl Bruns gate i Oslo. Vindrosen viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30°-sektorer. Tallet C i midten av vindrosen viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

Ved Nordahl Bruns gate blåste det oftest fra øst-nordøst, sør-sørvest og vest-sørvest. Vind over 4 m/s forekom bare i 6% av tiden, som oftest fra sør-sørvest.

Nordahl Bruns gate, Oslo



Figur 33: Vindroser for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 fra Nordahl Bruns gate i Oslo. Vindrosene viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30°-sektorer. Tallet C i midten av vindrosene viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

7.1.2 Vindstyrke og vindkast (gust)

Tabell 22 gir middelvindstyrke, høyeste timemidlede vindstyrke og kraftigste vindkast ved Nordahl Bruns gate i Oslo for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995. Høyeste timemidlede vindstyrke var 7,7 m/s, mens det sterkeste vindkastet var 16,7 m/s, begge i februar 1995.

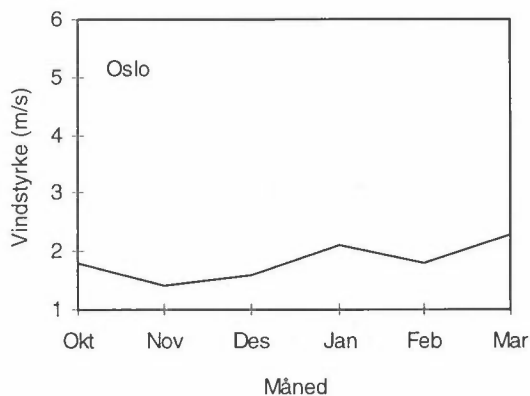
Tabell 22: Statistikk over vindstyrker ved Nordahl Bruns gate i Oslo for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995.

Måned	Midlere vindstyrke (m/s)	Maksimum vindstyrke (m/s)	Tid	Maksimum vindkast (m/s)	Tid
Oktober 1994	1,8	5,4	07 kl 12	12,5	06 kl 22
November 1994	1,4	5,9	23 kl 20	13,4**	23 kl 20
Desember 1994	1,6	6,4	18 kl 21	16,1	18 kl 21
Januar 1995	2,1	6,7	16 kl 22	16,4	16 kl 23
Februar 1995	1,8	7,7*	23 kl 03	16,7	23 kl 05
Mars 1995	2,3	6,6	27 kl 01	16,4	26 kl 24

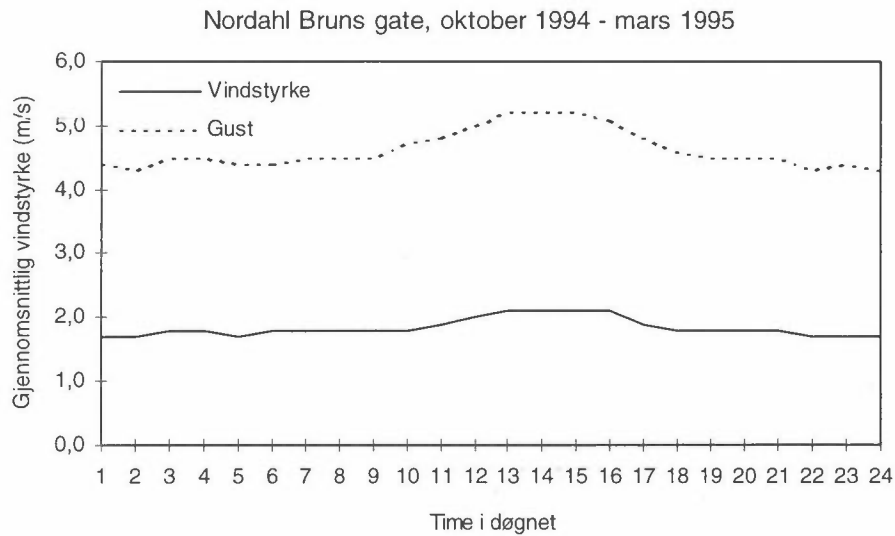
* også 23 kl 04

** også 28 kl 13

Figur 34 viser at middelvindstyrken var lavest i november 1994 og høyest i mars 1995. Figur 35 viser at middelvindstyrken i gjennomsnitt for hele perioden varierte lite over døgnet. Det sterkeste vindkastet var i gjennomsnitt mer enn dobbelt så sterkt som middelvindstyrken hele døgnet.

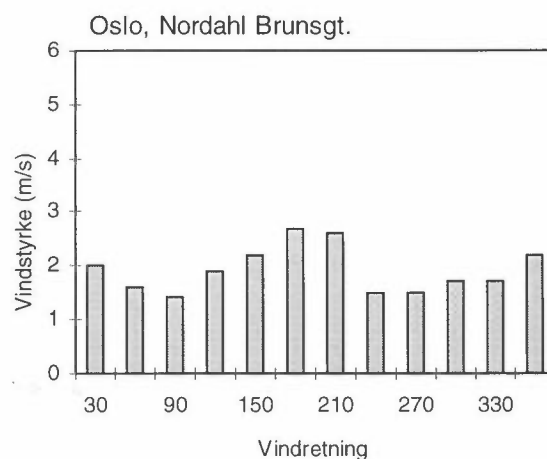


Figur 34: Midlere vindstyrke for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Nordahl Bruns gate i Oslo (m/s).

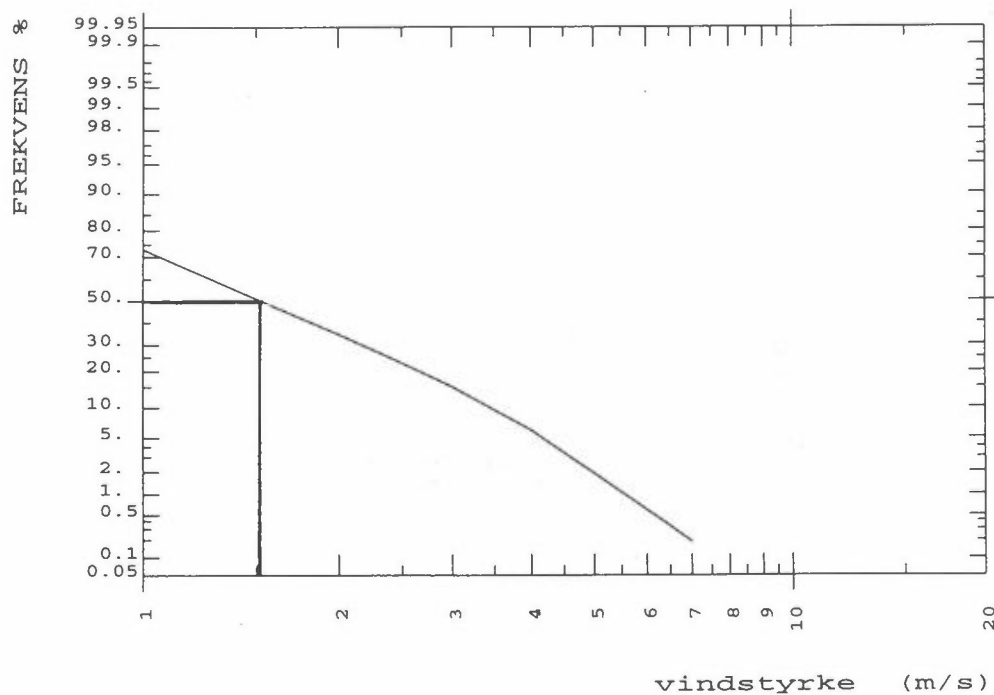


Figur 35: Variasjon av vindstyrke og vindkast (gust) over "middeldøgnet" i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Nordahl Bruns gate i Oslo (m/s).

I gjennomsnitt blåste det sterkest ved vind fra sør og sør-sørvest, mens østlig vind var svakest, se figur 36. Figur 37 viser en kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrkene, dvs. hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var over gitte nivåer. Halvparten av tiden var vindstyrken over ca. 1,5 m/s, mens det blåste over 5 m/s i bare ca. 2% av tiden.



Figur 36: Midlere vindstyrke fordelt på vindretning i tolv 30-graders sektorer ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995 (m/s).



Figur 37: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrker ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995.

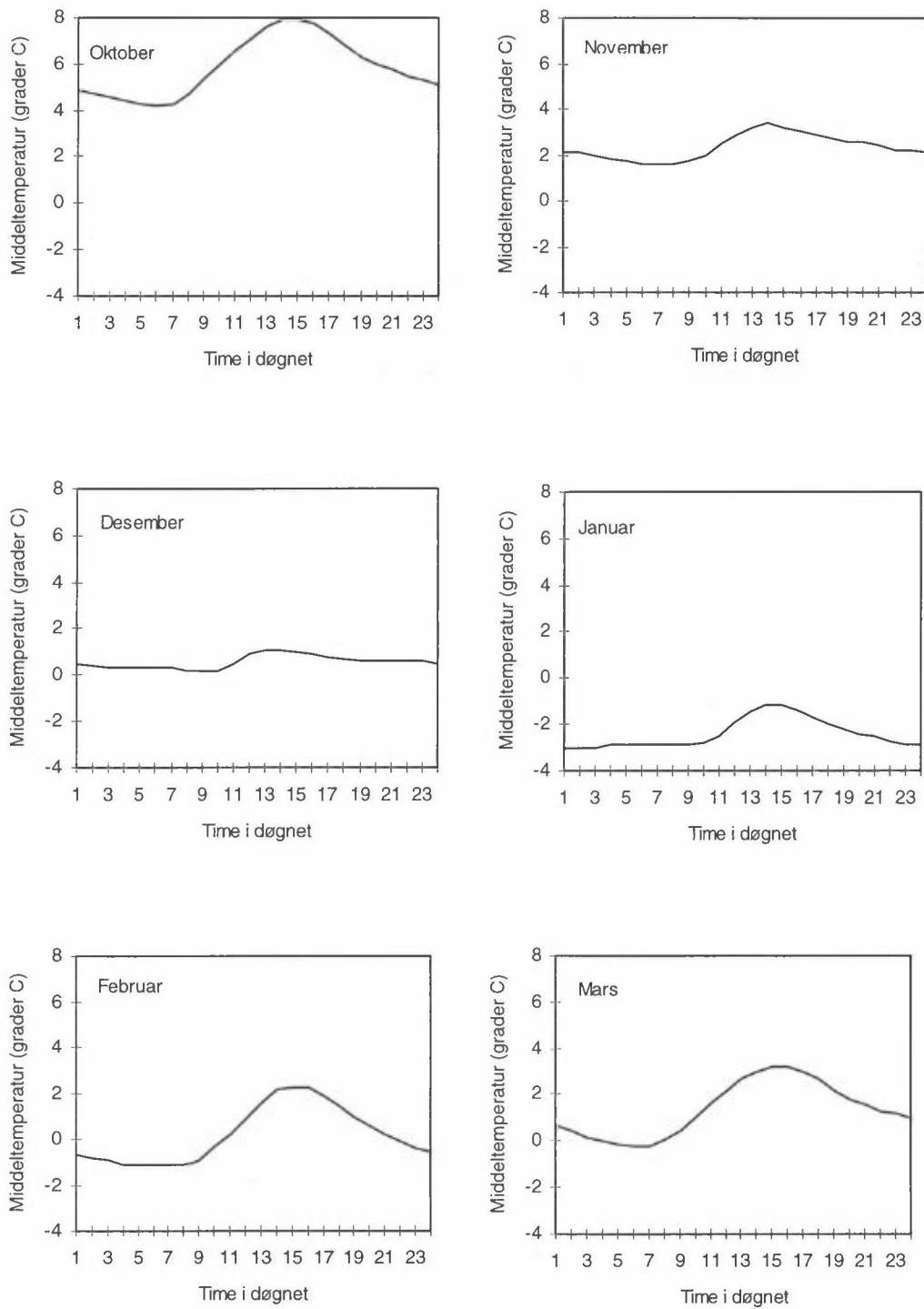
7.1.3 Temperatur

Temperaturstatistikk fra Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995 er gitt i tabell 23. Oktober 1994 var litt kaldere enn normalt (1961-1990), mens det i de øvrige månedene var mildere enn normalt. Særlig mild var desember 1994 og februar 1995.

Tabell 23: Temperaturstatistikk fra Nordahl Bruns gate i Oslo for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 (°C).

Måned	Middel-temperatur	Normal-temperatur	Maksimum		Minimum	
			Temperatur	Tid	Temperatur	Tid
Oktober 1994	5,8	6,3	15,6	13 kl 15	- 2,5	18 kl 07
November 1994	2,3	0,7	9,4	23 kl 23	- 5,3	19 kl 04
Desember 1994	0,5	-3,1	6,8	10 kl 16	- 6,2	15 kl 10
Januar 1995	-2,5	-4,3	5,2	16 kl 13	-14,9	30 kl 03
Februar 1995	0,1	-4,0	8,3	06 kl 14	-11,6	11 kl 08
Mars 1995	1,3	-0,2	10,9	24 kl 14	- 6,6	05 kl 07

Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned er vist i figur 38. Temperaturvariasjonen var minst i desember da sola sto lavest.



Figur 38: Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Nordahl Bruns gate i Oslo ($^{\circ}\text{C}$).

7.1.4 Atmosfærisk stabilitet

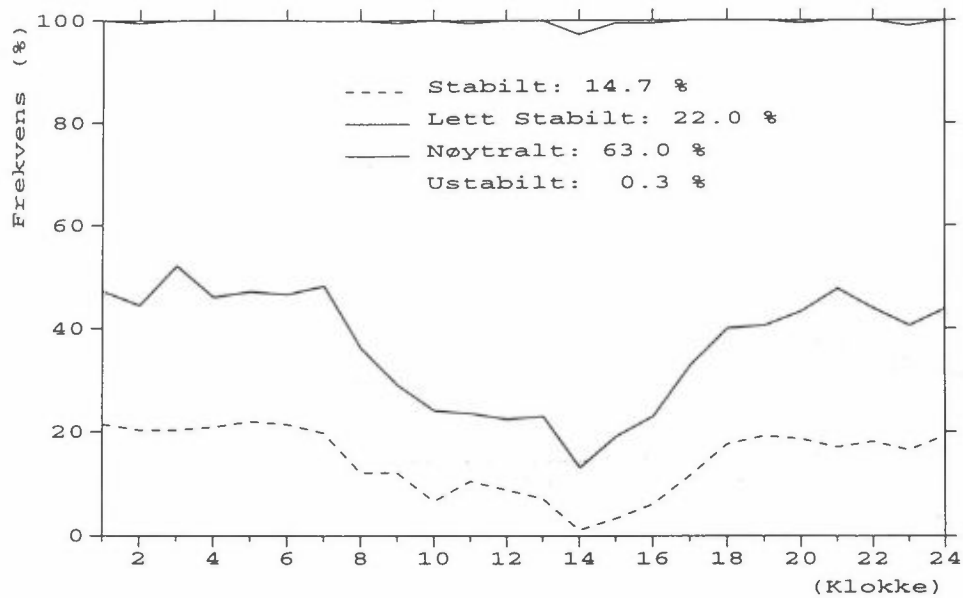
Stabilitet målt ved temperaturdifferansen mellom 10 m og 2 m o.b. (ΔT) er et mål for termisk turbulens og er avgjørende for den vertikale spredningen og fortynningen av luftforurensninger. Fire stabilitetsklasser defineres på følgende måte:

Ustabil sjiktning	:	$\Delta T < -0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Nøytral sjiktning	:	$-0,5 \leq \Delta T < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$
Lett stabil sjiktning	:	$0 \leq \Delta T < 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Stabil sjiktning	:	$0,5 \leq \Delta T \text{ } ^\circ\text{C}$

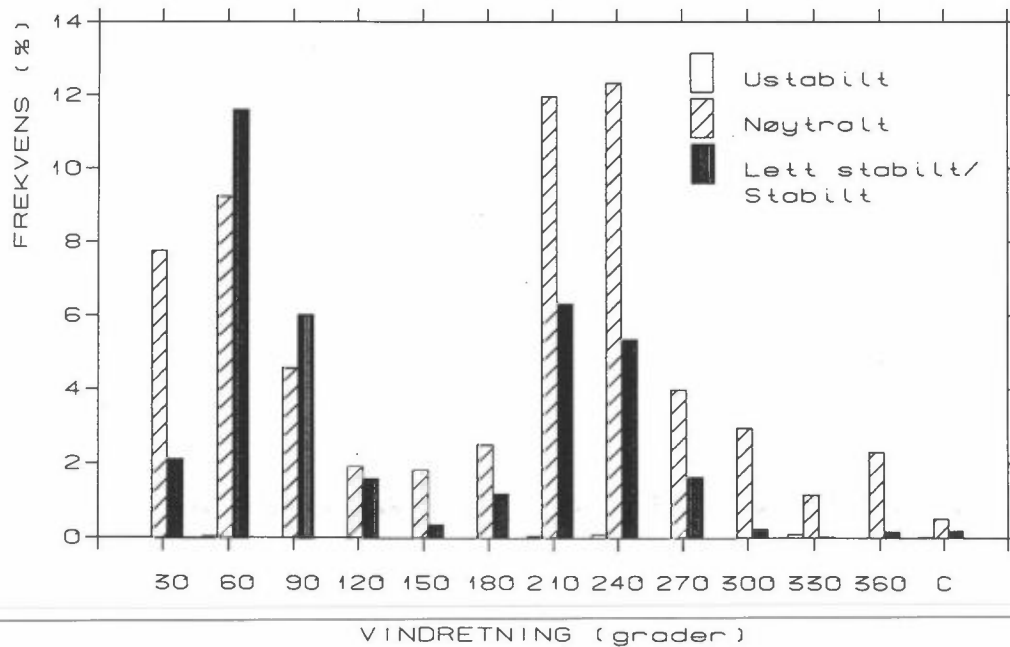
Vanligvis avtar temperaturen litt med høyden, og det er da nøytral sjiktning. Nøytral sjiktning er det oftest ved overskyet vær med eller uten nedbør og i perioder med sterk vind. Ved sterk solinnstråling oppvarmes bakken mye, og temperaturen avtar raskt med høyden (ustabilt). Både nøytral og særlig ustabil sjiktning gir god spredning av luftforurensende utslipp. Ved sterk utstråling (vanligvis om natta og om vinteren) avkjøles bakken sterkt, og temperaturen øker med høyden (lett stabil eller stabil sjiktning, dvs. inversjon). Ved slike forhold undertrykkes spredningen av forurensninger. Stabil sjiktning er særlig ugunstig for kilder nær bakken, mens ustabil sjiktning er mest ugunstig for skorsteinsutslipp, da disse kan slå ned på bakken nær utslippet. Utslipp fra høye skorsteiner når ikke bakken før på store avstander ved stabil sjiktning.

Forekomsten av fire stabilitetsklasser over døgnet ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995 er vist i figur 39. Stabil og lett stabil sjiktning forekom oftest om natta på grunn av utstråling og avkjøling av lufta nær bakken. Nøytral sjiktning inntreffer ved høyere vindstyrke og i overskyet vær og forekom i 63% av tiden.

Forekomst av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) sjiktning fordelt på vindretning i tolv sektorer er vist i figur 40. Figuren viser at stabile situasjoner med dårligere spredningsforhold forekom oftest ved vind fra 60°, 90°, 210°- og 240°-sekorene, dvs. i hovedvindretningene.



Figur 39: Variasjon over døgnet av fire stabilitetsklasser basert på målinger av temperaturforskjellen mellom 10 m og 2 m høyde i målemasta ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995.

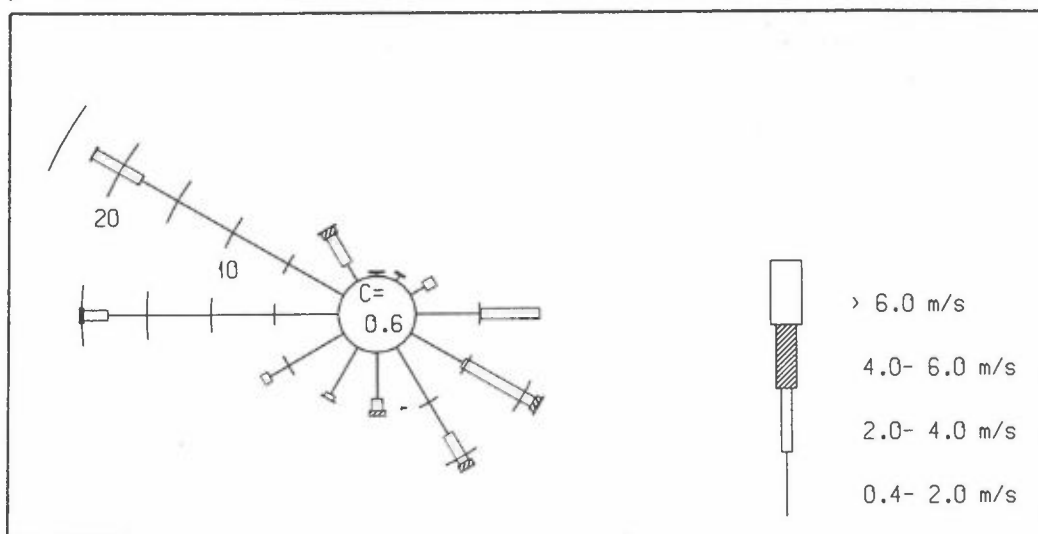


Figur 40: Frekvens av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil + stabil) sjiktning fordelt på vindretning i tolv sektorer ved Nordahl Bruns gate i Oslo i perioden oktober 1994-mars 1995.

7.2 Drammen (Marienlyst)

7.2.1 Vindretning

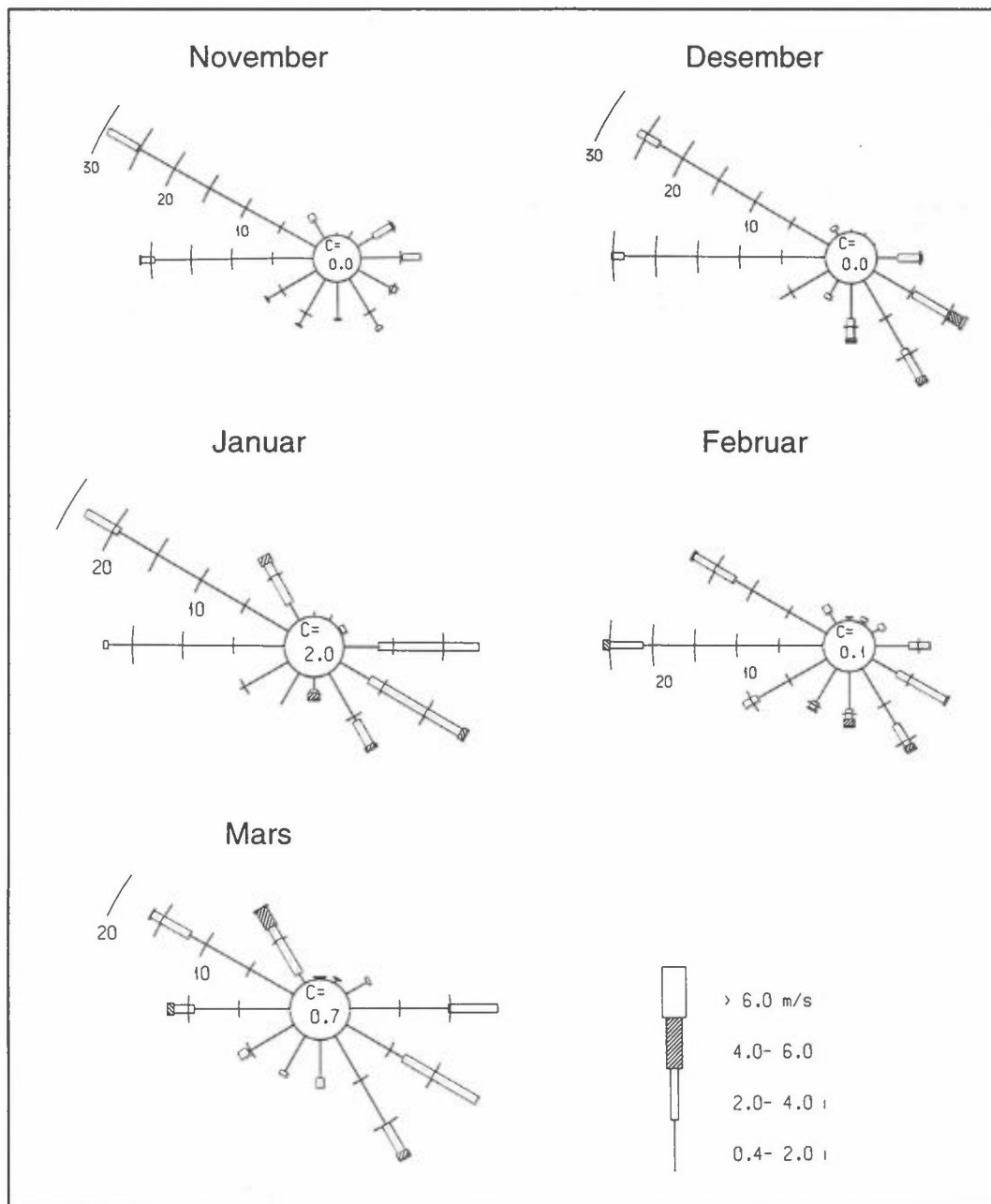
Vindroser fra Marienlyst for hele perioden november 1994-mars 1995 og for hver enkelt måned er vist i henholdsvis figur 41 og figur 42. Vindrosene viser hvor stor prosent av tiden det blåste fra tolv 30-graders sektorer. For hver retning er det også angitt hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var innenfor fire definerte klasser. Tallet C viser hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var lavere enn eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.



Figur 41: Vindrose for perioden november 1994-mars 1995 fra Marienlyst i Drammen. Vindrosen viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30°-sektorer. Tallet C i midten av vindrosen viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

Ved Marienlyst blåste det oftest fra vest-nordvest og vest, dvs. nedover dalen langs Drammenselva. Vind over 4 m/s forekom bare i 2,6% av tiden, som oftest fra sørøstlig kant, dvs. fra Drammensfjorden.

Marienlyst, Drammen



Figur 42: Vindroser for hver måned i perioden november 1994-mars 1995 fra Marienlyst i Drammen. Vindrosene viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30°-sektorer. Tallet C i midten av vindrosene viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

7.2.2 Vindstyrke og vindkast (gust)

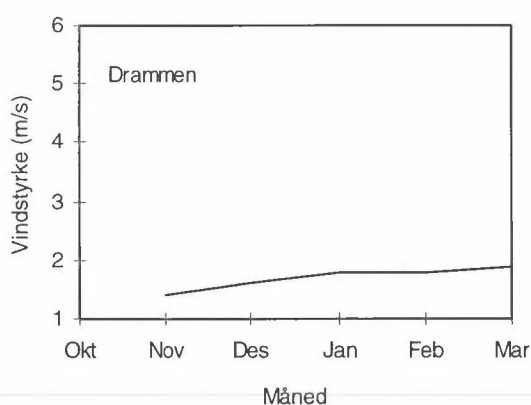
Tabell 24 gir middelvindstyrke, høyeste timemidlede vindstyrke og kraftigste vindkast ved Marienlyst i Drammen for hver måned i perioden november 1994-mars 1995. Høyeste timemidlede vindstyrke var 6,5 m/s i mars, mens det sterkeste vindkastet var 15,9 m/s både i desember og mars.

Tabell 24: Statistikk over vindstyrker ved Marienlyst i Drammen for hver måned i perioden november 1994-mars 1995.

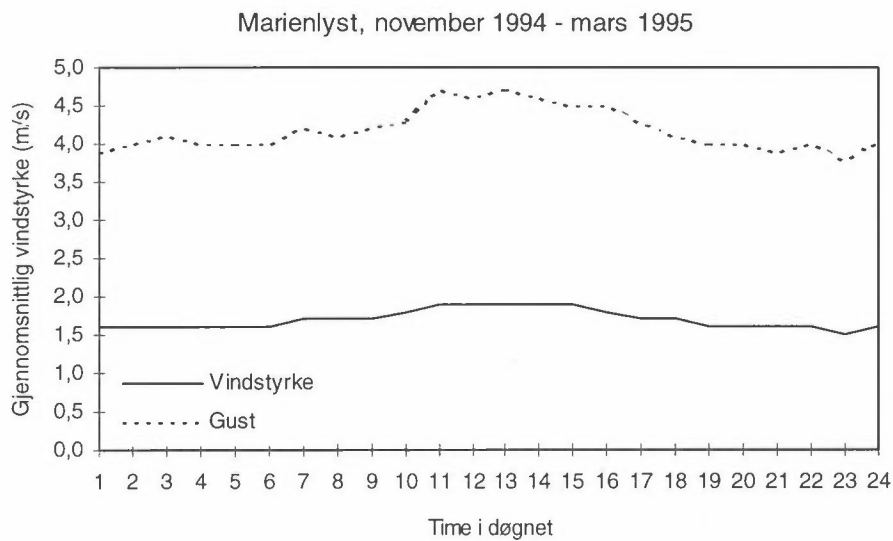
Måned	Midlere vindstyrke (m/s)	Maksimum vindstyrke (m/s)	Tid	Maksimum vindkast (m/s)	Tid
November 1994	1,4	4,0*	23 kl 21	12,6	28 kl 14
Desember 1994	1,6	6,3	08 kl 17	15,9	08 kl 17
Januar 1995	1,8	5,6	14 kl 14	12,9	02 kl 05
Februar 1995	1,8	5,3	04 kl 10	12,9	02 kl 08
Mars 1995	1,9	6,5	26 kl 23	15,9	26 kl 24

*også 28 kl 14

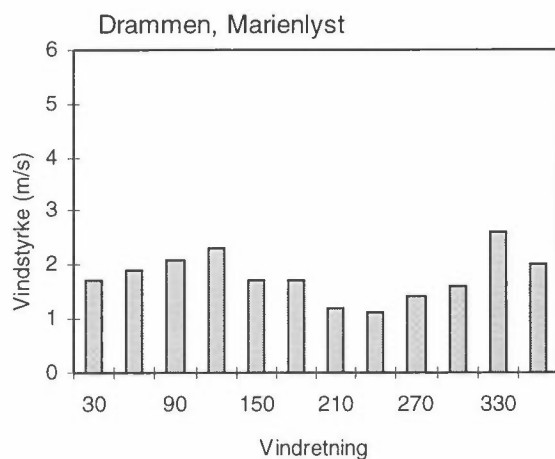
Figur 43 viser at middelvindstyrken var lavest i november 1994 og høyest i mars 1995. Figur 44 viser at middelvindstyrken i gjennomsnitt for hele perioden varierte lite over døgnet. Det sterkeste vindkastet var i gjennomsnitt mer enn dobbelt så sterkt som middelvindstyrken hele døgnet. I gjennomsnitt blåste det sterkest ved vind fra nord-nordvest, mens vind fra vest-sørvest var svakest, se figur 45. Figur 46 viser en kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrkene, dvs. hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var over gitte nivåer. Halvparten av tiden var vindstyrken over ca. 1,5 m/s, mens det blåste over 5 m/s i knapt 0,5% av tiden.



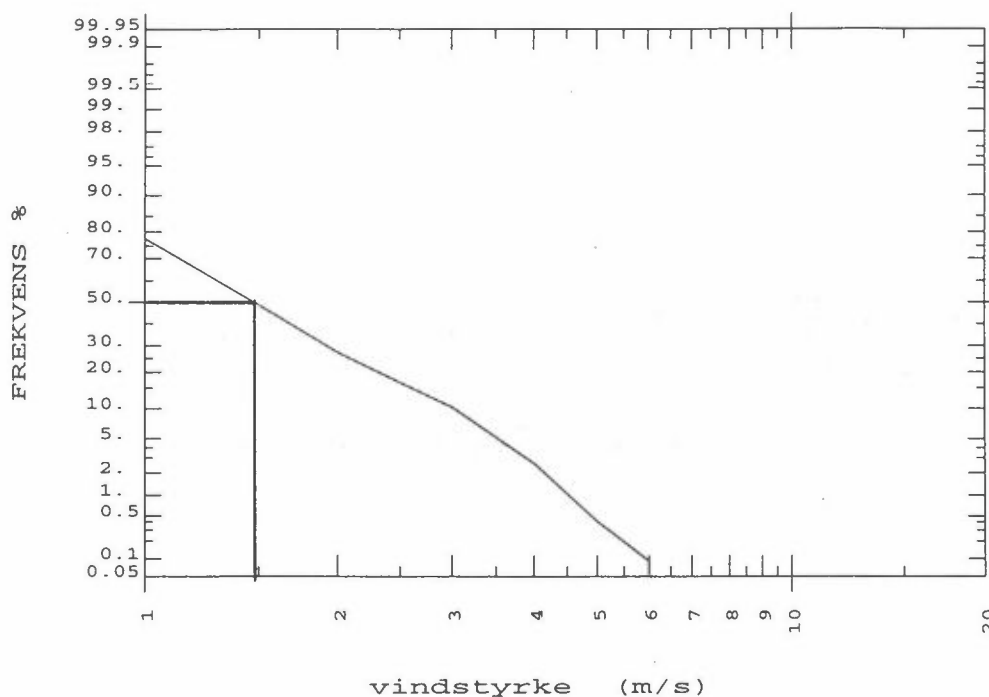
Figur 43: Midlere vindstyrke for hver måned i perioden november 1994-mars 1995 ved Marienlyst i Drammen (m/s).



Figur 44: Variasjon av vindstyrke og vindkast (gust) over "middeldøgnet" i perioden november 1994-mars 1995 ved Marienlyst i Drammen (m/s).



Figur 45: Midlere vindstyrke fordelt på vindretning i tolv 30-graders sektorer ved Marienlyst i Drammen i perioden november 1994-mars 1995 (m/s).



Figur 46: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrker ved Marienlyst i Drammen i perioden november 1994-mars 1995.

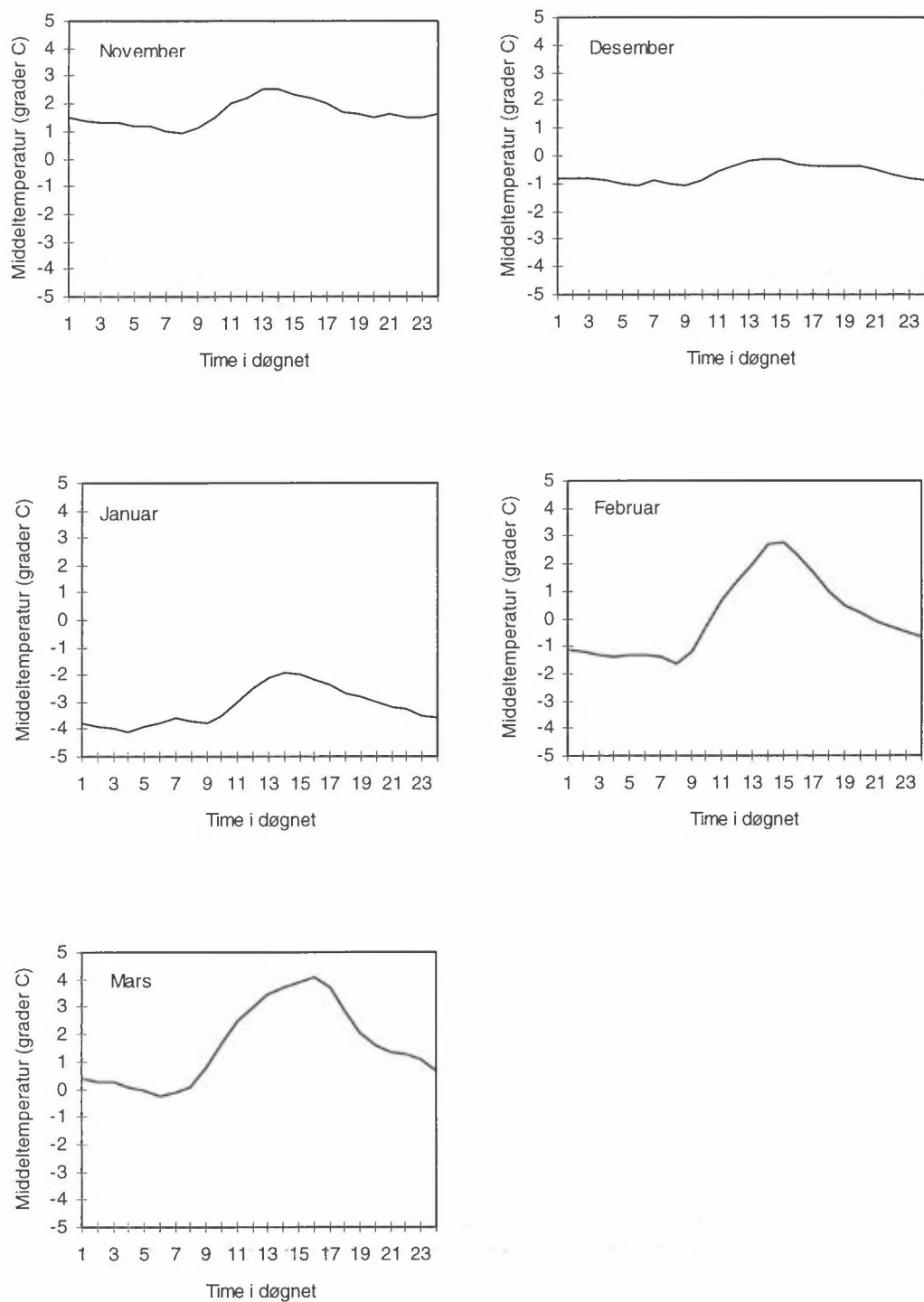
7.2.3 Temperatur

Temperaturstatistikk fra Marienlyst i Drammen i perioden november 1994-mars 1995 er gitt i tabell 25. I alle månedene var det mildere vær enn normalt (1961-1990). Særlig mild var desember 1994 og februar 1995.

Tabell 25: Temperaturstatistikk fra Marienlyst i Drammen for hver måned i perioden november 1994-mars 1995 (°C).

Måned	Middel-temperatur	Normal-temperatur	Maksimum		Minimum	
			Temperatur	Tid	Temperatur	Tid
November 1994	1,6	0,2	12,8	23 kl 21	-7,6	18 kl 24
Desember 1994	-0,7	-4,1	7,5	10 kl 17	-9,4	15 kl 10
Januar 1995	-3,2	-5,6	6,3	14 kl 19	-16,8	04 kl 09
Februar 1995	0,0	-5,1	9,5	06 kl 14	-10,9	11 kl 08
Mars 1995	1,6	-0,1	13,9	23 kl 16	-9,9	05 kl 08

Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned er vist i figur 47. Temperaturvariasjonen var minst i desember da sola sto lavest.

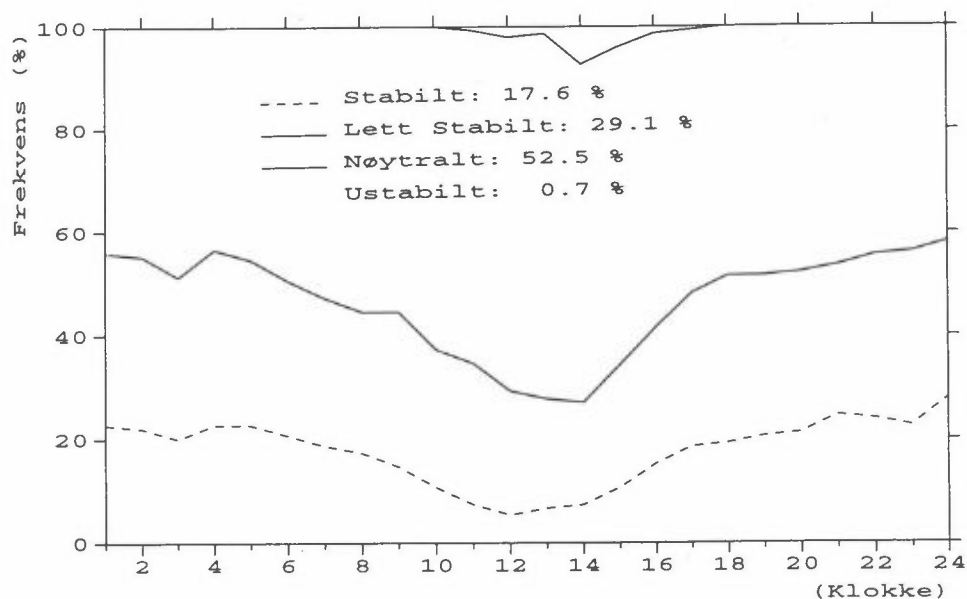


Figur 47: Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned i perioden november 1994-mars 1995 ved Marienlyst i Drammen ($^{\circ}\text{C}$).

7.2.4 Atmosfærisk stabilitet

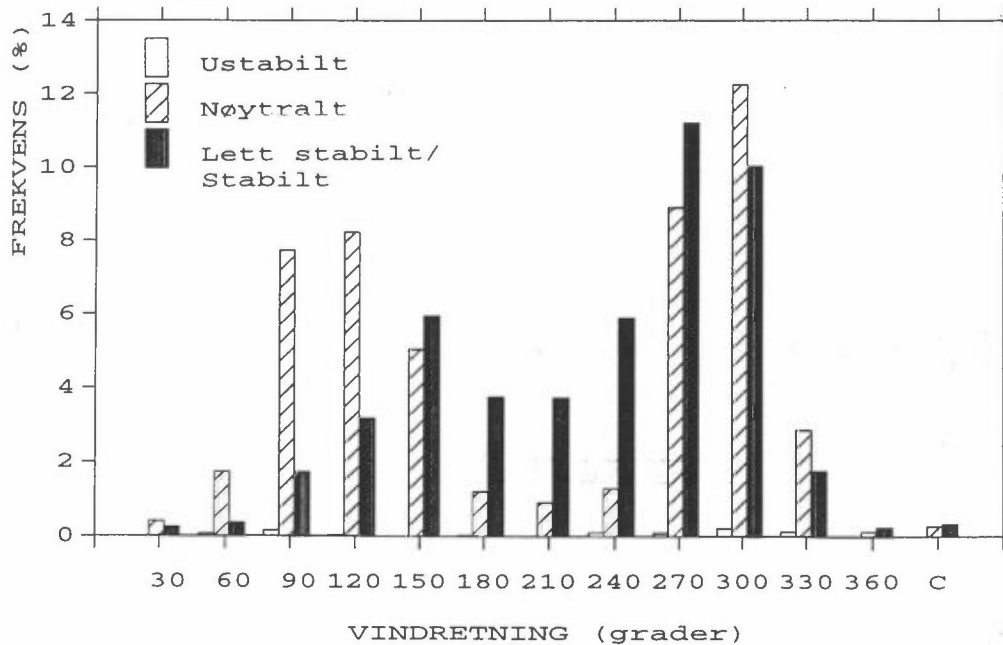
For beskrivelse av atmosfærisk stabilitet henvises det til kapittel 7.1.4.

Forekomsten av fire stabilitetsklasser over døgnet ved Marienlyst i Drammen i perioden november 1994-mars 1995 er vist i figur 48. Stabil og lett stabil sjiktning forekom oftest om natta på grunn av utstråling og avkjøling av lufta nær bakken. Nøytral sjiktning inntreffer ved høyere vindstyrke og i overskyet vær og forekom i vel halvparten av tiden.



Figur 48: Variasjon over døgnet av fire stabilitetsklasser basert på målinger av temperaturforskjellen mellom 10 m o.b. og 2 m o.b. ved Marienlyst i Drammen i perioden november 1994-mars 1995.

Forekomst av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) sjiktning fordelt på vindretning i tolv sektorer er vist i figur 49. Figuren viser at stabile situasjoner med dårligere spredningsforhold forekom oftest ved vind fra vest og vest-nordvest, dvs: nedover dalen langs Drammenselva. Ved vind oppover langs elva var det som oftest nøytral sjiktning og gode spredningsforhold.



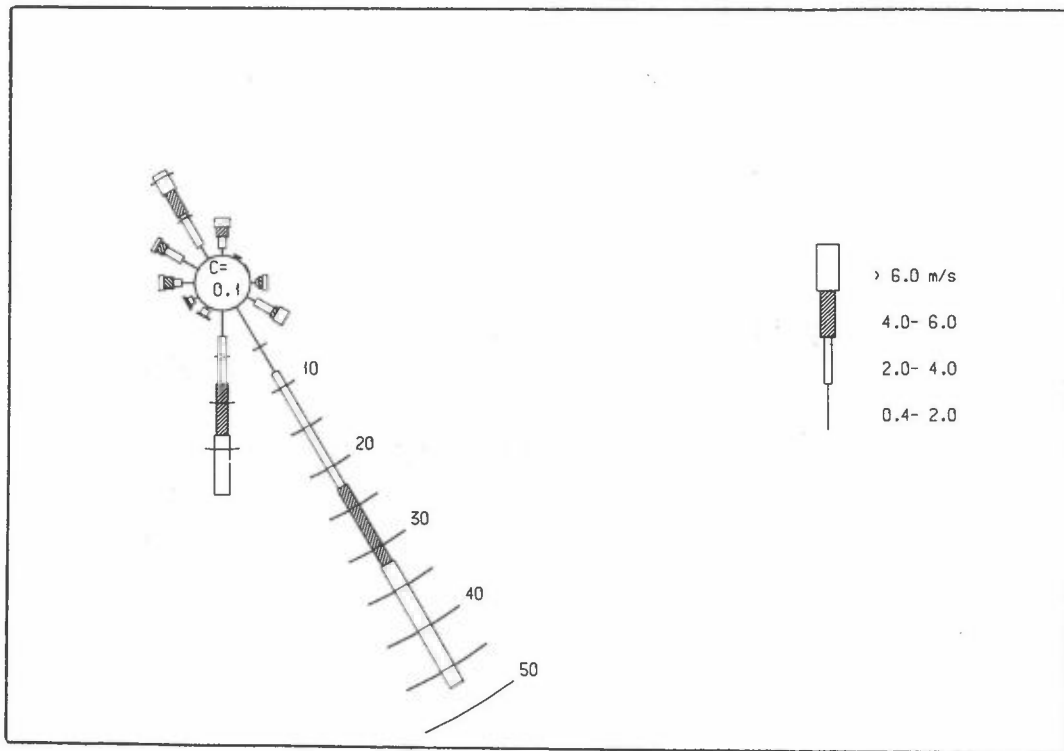
Figur 49: Frekvens av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) sjiktning fordelt på vindretning i tolv sektorer ved Marienlyst i Drammen i perioden november 1994-mars 1995.

7.3 Bergen (Florida)

7.3.1 Vindretning

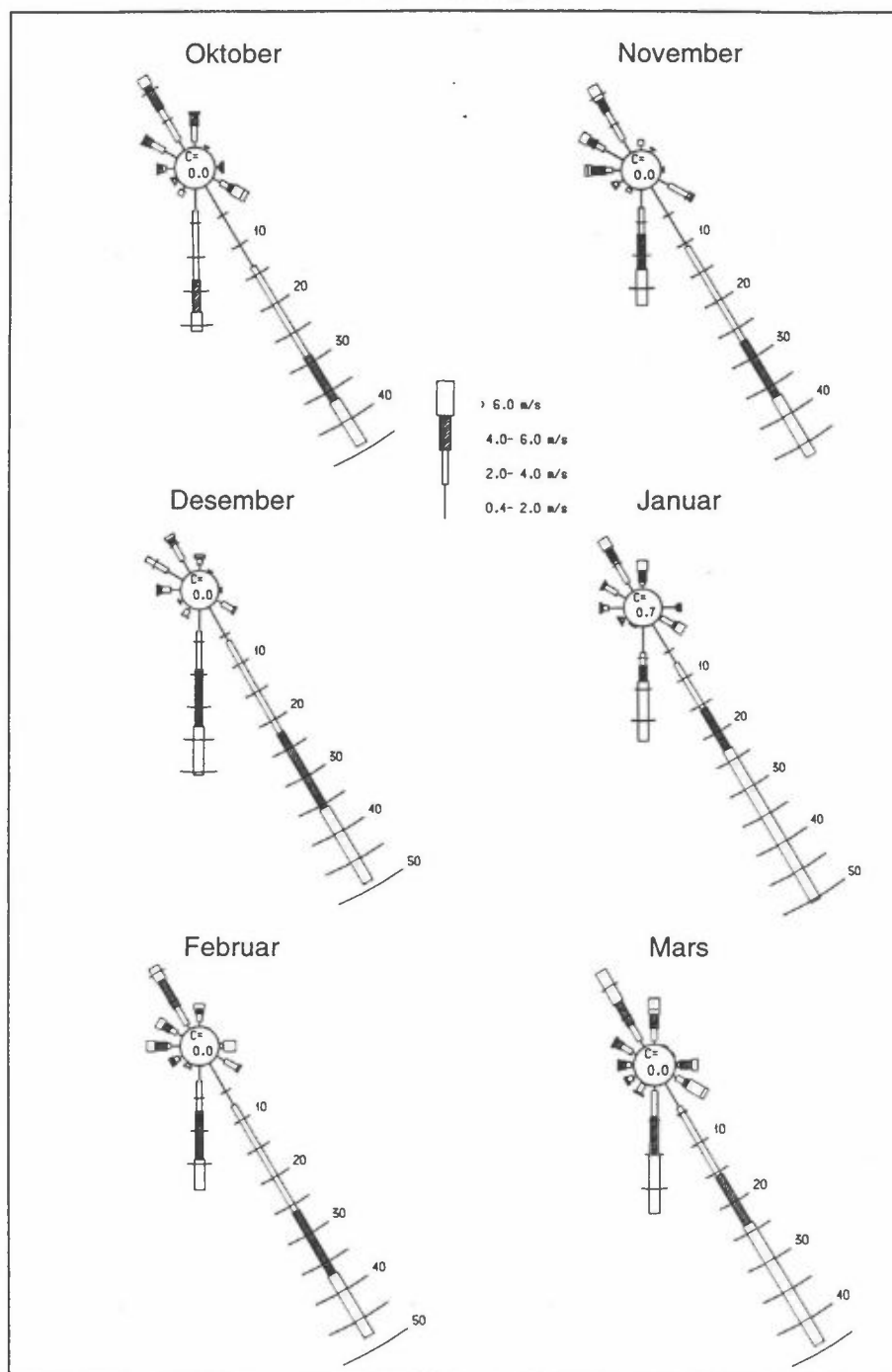
Vindrosene fra Florida for hele perioden oktober 1994-mars 1995 og for hver enkelt måned er vist i henholdsvis figur 50 og figur 51. Vindrosene viser hvor stor prosent av tiden det blåste fra tolv 30-graders sektorer. For hver retning er det også angitt hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var innenfor fire definerte klasser. Tallet C i midten av vindrosene viser hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var lavere enn eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

Ved Florida 30 m o.b. blåste det oftest fra sør-sørøst og sør, i alt nesten 2/3 av tiden fra disse retningene, dvs. ned mot Byfjorden. Denne fordelingen varierte lite fra måned til måned. Vind over 4 m/s forekom i rundt 50% av tiden, som oftest i hovedvindretningene fra sør-sørøst og sør.



Figur 50: Vindrose for perioden oktober 1994-mars 1995 fra Florida i Bergen. Vindrosen viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30°-sektorer. Tallet C i midten av vindrosen viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

Florida, Bergen



Figur 51: Vindroser for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 fra Florida i Bergen. Vindrosene viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30°-sektorer. Tallet C i midten av vindrosene viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

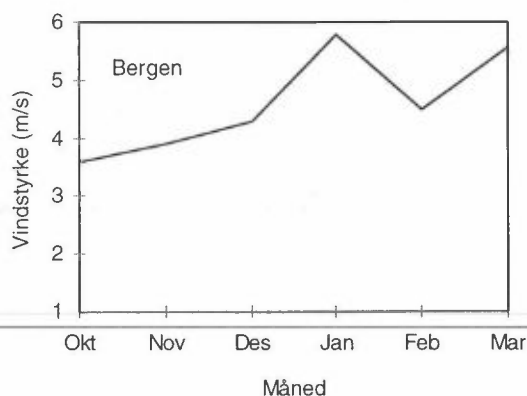
7.3.2 Vindstyrke og vindkast (gust)

Tabell 26 gir middelvindstyrke, høyeste timemidlede vindstyrke og kraftigste vindkast ved Florida i Bergen for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995. Høyeste timemidlede vindstyrke var 20,8 m/s, mens det sterkeste vindkastet var hele 37,4 m/s, begge i desember. Vindstyrken er vanligvis langt høyere i Bergen enn i Oslo, Drammen og Trondheim.

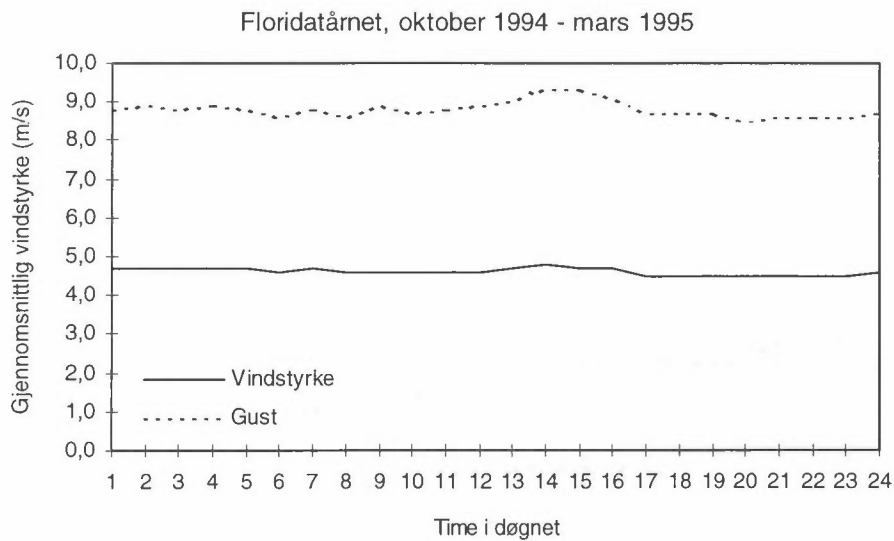
Tabell 26: Statistikk over vindstyrker ved Florida i Bergen for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995.

Måned	Midlere vindstyrke (m/s)	Maksimum vindstyrke (m/s)	Tid	Maksimum vindkast (m/s)	Tid
Oktober 1994	3,6	9,8	24 kl 02	18,3	24 kl 02
November 1994	3,9	11,5	13 kl 21	22,2	13 kl 21
Desember 1994	4,3	20,8	08 kl 15	37,4	08 kl 14
Januar 1995	5,8	19,1	20 kl 05	33,8	20 kl 05
Februar 1995	4,5	17,9	12 kl 04	25,2	12 kl 04
Mars 1995	5,6	13,6	16 kl 24	26,1	27 kl 16

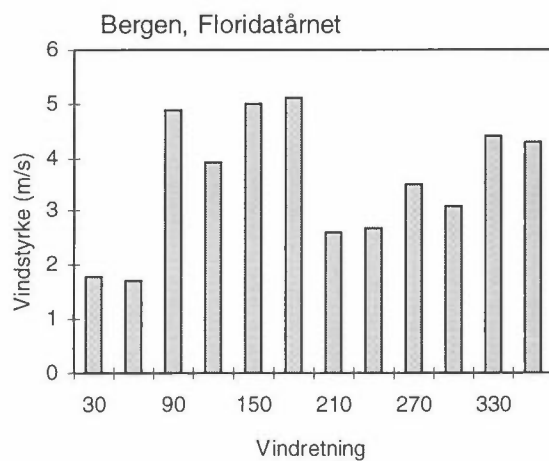
Figur 52 viser at middelvindstyrken var lavest i oktober 1994 og høyest i januar 1995. Figur 53 viser at middelvindstyrken i gjennomsnitt for hele perioden varierte lite over døgnet. Det sterkeste vindkastet var i gjennomsnitt knapt dobbelt så sterkt som middelvindstyrken hele døgnet. I gjennomsnitt blåste det sterkest i hovedvindretningene fra sør-sørøst og sør, mens vind fra øst-nordøst og nord-nordøst var svakest, se figur 54. Figur 55 viser en kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrkene, dvs. hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var over gitte nivåer. Halvparten av tiden var vindstyrken over 4 m/s, mens det blåste over 10 m/s i ca. 5% av tiden. Frekvensen var høye vindstyrker var betydelig høyere i Bergen enn i de andre byene.



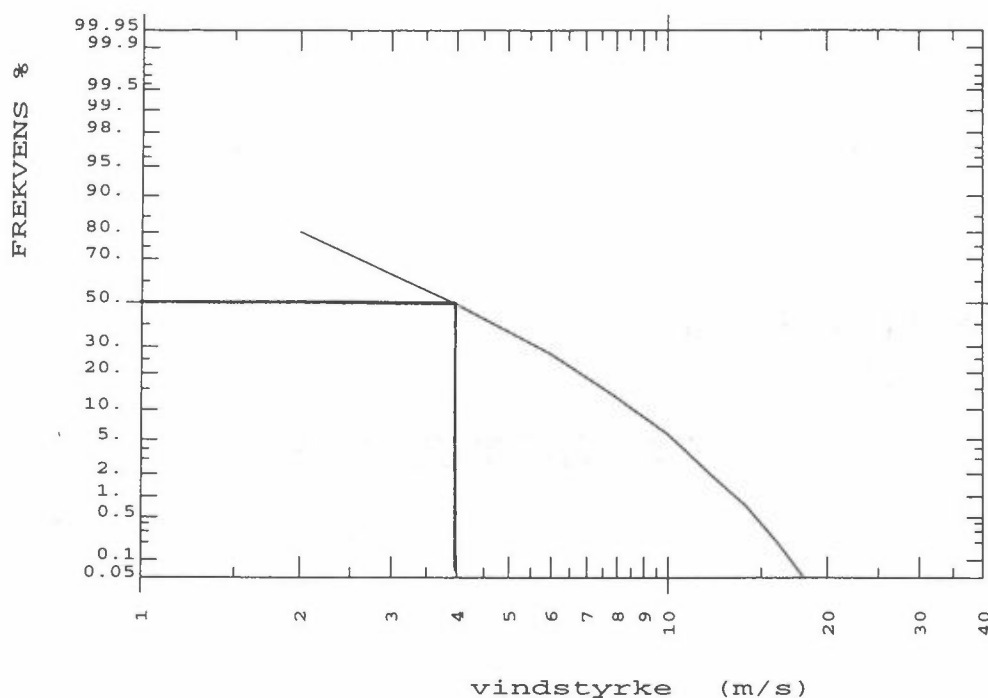
Figur 52: Midlere vindstyrke for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Florida i Bergen (m/s).



Figur 53: Variasjon av vindstyrke og vindkast (gust) over "middeldøgnet" i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Florida i Bergen (m/s).



Figur 54: Midlere vindstyrke fordelt på vindretning i tolv 30-graders sektorer ved Florida i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995 (m/s).



Figur 55: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrker ved Florida i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995.

7.3.3 Temperatur

Temperaturstatistikk fra Florida i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995 er gitt i tabell 27. Det var kaldere enn normalt (1961-1990) i oktober 1994 og mars 1995 og litt varmere enn normalt de andre månedene. Avvikene fra normaltemperaturen var gjennomgående mindre enn i de andre byene.

Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned er vist i figur 56. Temperaturvariasjonen var minst i desember da sola sto lavest. Målingene 2 m o.b. (Florida marken) viste litt større døgnlig variasjon enn målingene 30 m o.b. (Florida tårnet) på grunn av solinnstrålingen om dagen (minst effekt i desember) og bakkeutstrålingen om natten.

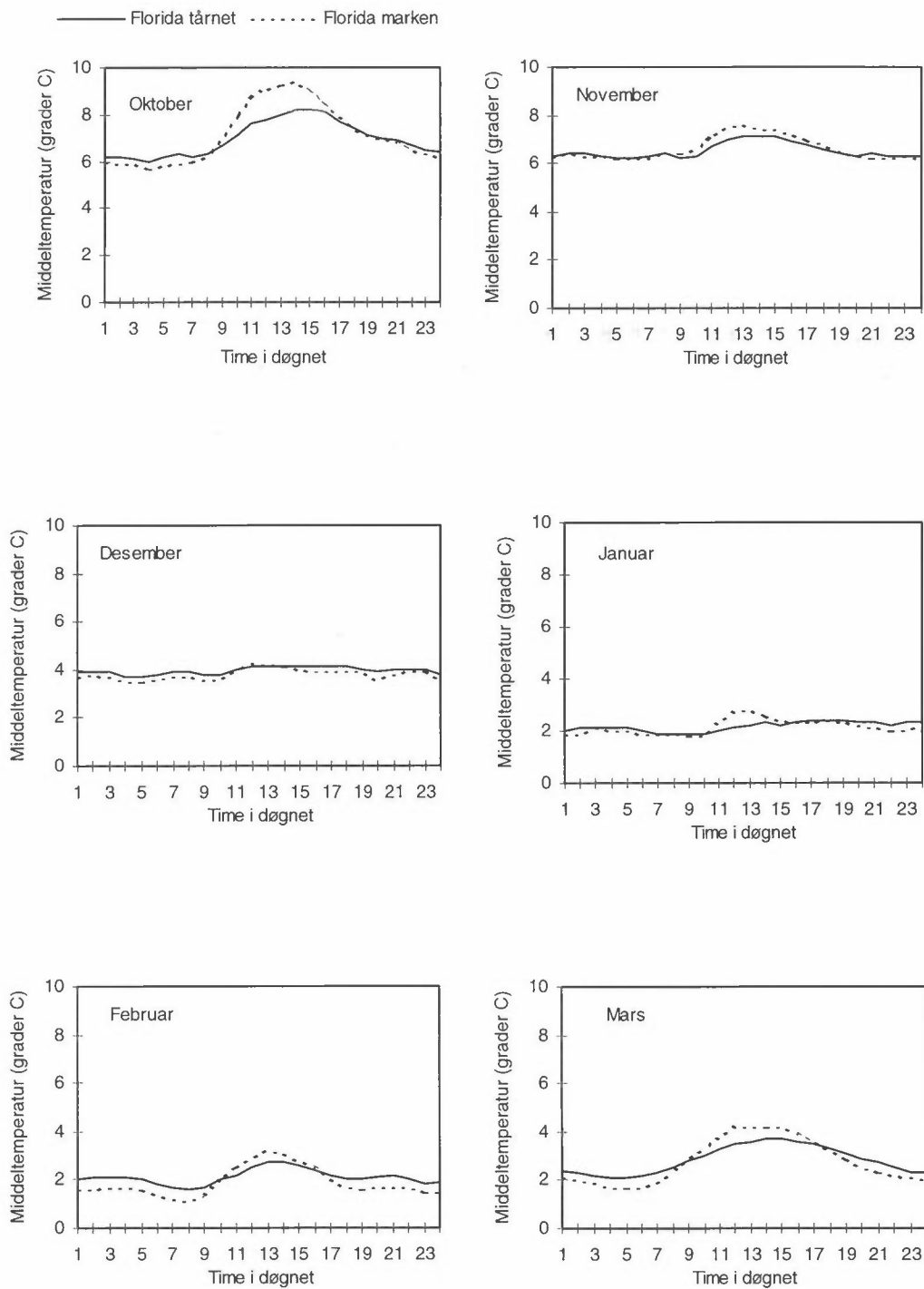
Tabell 27: Temperaturstatistikk fra Florida i Bergen for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 (°C).

Bergen, Florida tårnet

Måned	Middel-temperatur	Normal-temperatur	Maksimum		Minimum	
			Temperatur	Tid	Temperatur	Tid
Oktober 1994	6,9	8,7	14,5	23 kl 13	-1,3	18 kl 06
November 1994	6,5	4,7	15,6	04 kl 13	0,4	18 kl 21
Desember 1994	3,9	2,6	11,0	03 kl 23	-1,9	14 kl 10
Januar 1995	2,1	1,5	10,4	17 kl 22	-6,8	29 kl 06
Februar 1995	2,1	1,6	7,7	14 kl 04	-5,0	10 kl 08
Mars 1995	2,8	3,3	8,3	11 kl 13	-3,9	27 kl 22

Bergen, Florida marken

Måned	Middel-temperatur	Normal-temperatur	Maksimum		Minimum	
			Temperatur	Tid	Temperatur	Tid
Oktober 1994	7,1	8,7	15,2	23 kl 12	-3,0	18 kl 05
November 1994	6,6	4,7	16,3	04 kl 12	-1,1	18 kl 23
Desember 1994	3,8	2,6	11,4	03 kl 23	-3,0	22 kl 06
Januar 1995	2,1	1,5	10,5	17 kl 22	-8,6	29 kl 08
Februar 1995	1,8	1,6	7,4	06 kl 04	-5,9	10 kl 08
Mars 1995	2,7	3,3	8,7	11 kl 15	-4,9	04 kl 07



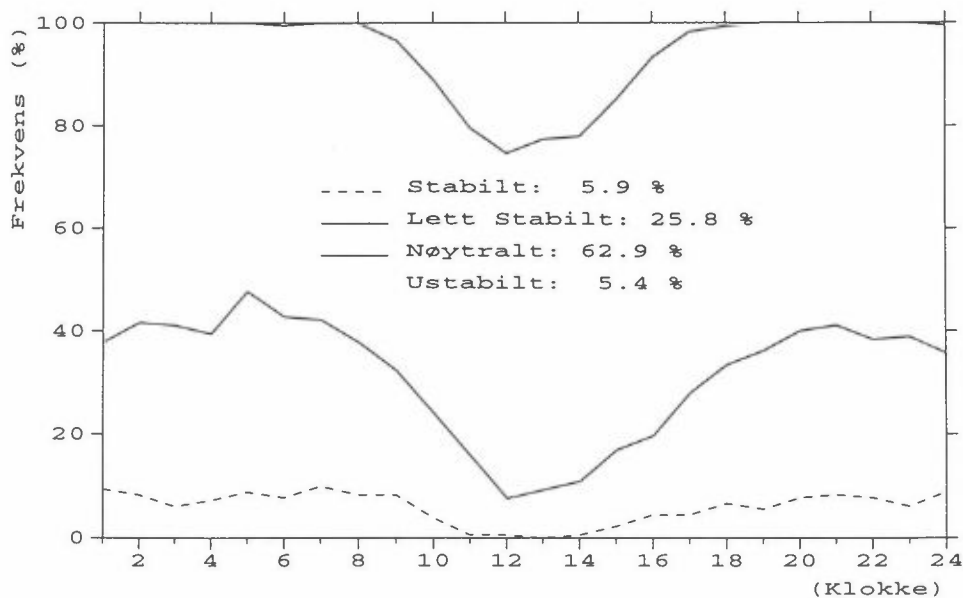
Figur 56: Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Florida i Bergen ($^{\circ}\text{C}$).

7.3.4 Atmosfærisk stabilitet

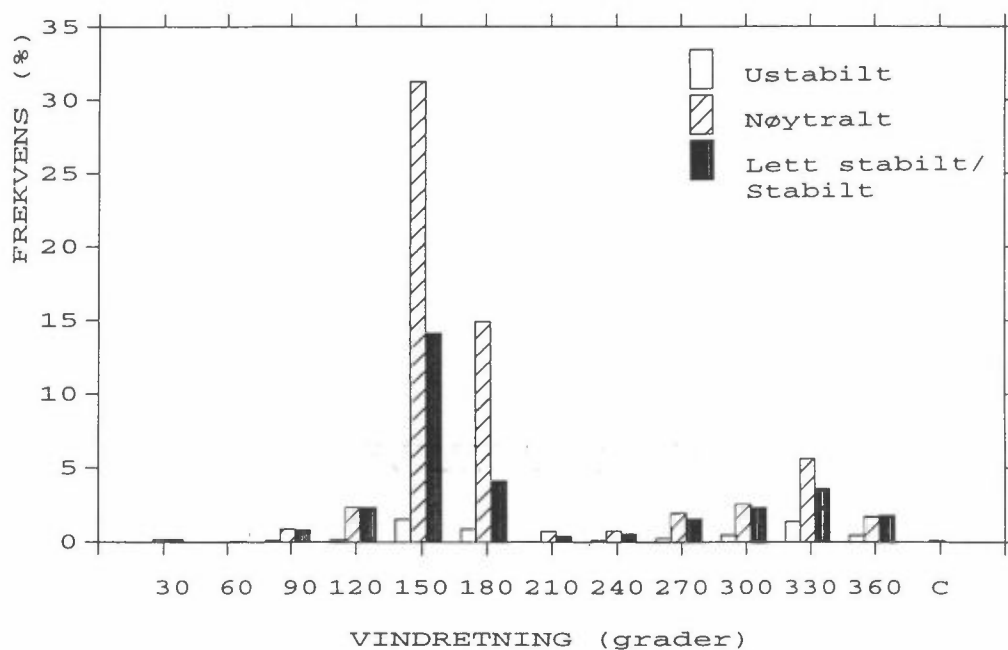
For beskrivelse av atmosfærisk stabilitet henvises det til kapittel 7.1.4. I Bergen er imidlertid grensene for de enkelte klassene satt til -1°C , 0°C og 1°C i stedet for $-0,5^{\circ}\text{C}$, 0°C og $0,5^{\circ}\text{C}$. Dette skyldes at temperaturforskjellen er målt mellom 30 m o.b. og 2 m o.b. i Bergen, mens det er målt mellom 10 m o.b. og 2 m o.b. i de andre byene.

Forekomsten av fire stabilitetsklasser over døgnet ved Florida i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995 er vist i figur 57. Stabil og lett stabil sjiktning forekom oftest om natta på grunn av utstråling og avkjøling av lufta nær bakken. Nøytral sjiktning inntreffer ved høyere vindstyrke og i overskyet vær. Nøytral og ustabil sjiktning forekom i vel 2/3 av tiden.

Forekomst av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) sjiktning fordelt på vindretning i tolv sektorer er vist i figur 58. Figuren viser at alle stabilitetsklassene forekom oftest i de dominerende vindsektorene omkring 150° og 180° .



Figur 57: Variasjon over døgnet av fire stabilitetsklasser basert på målinger av temperaturforskjellen mellom 30 m o.b. og 2 m o.b. ved Florida i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995.



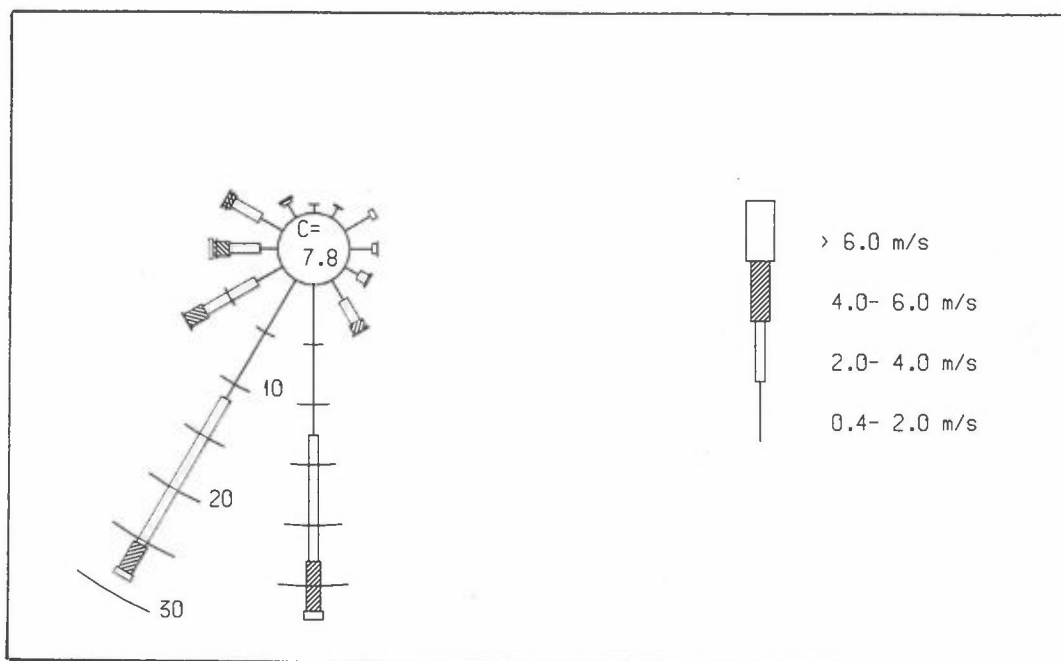
Figur 58: Frekvens av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) sjiktning fordelt på vindretning i tolv sektorer ved Florida i Bergen i perioden oktober 1994-mars 1995.

7.4 Trondheim (Erkebispegården)

7.4.1 Vindretning

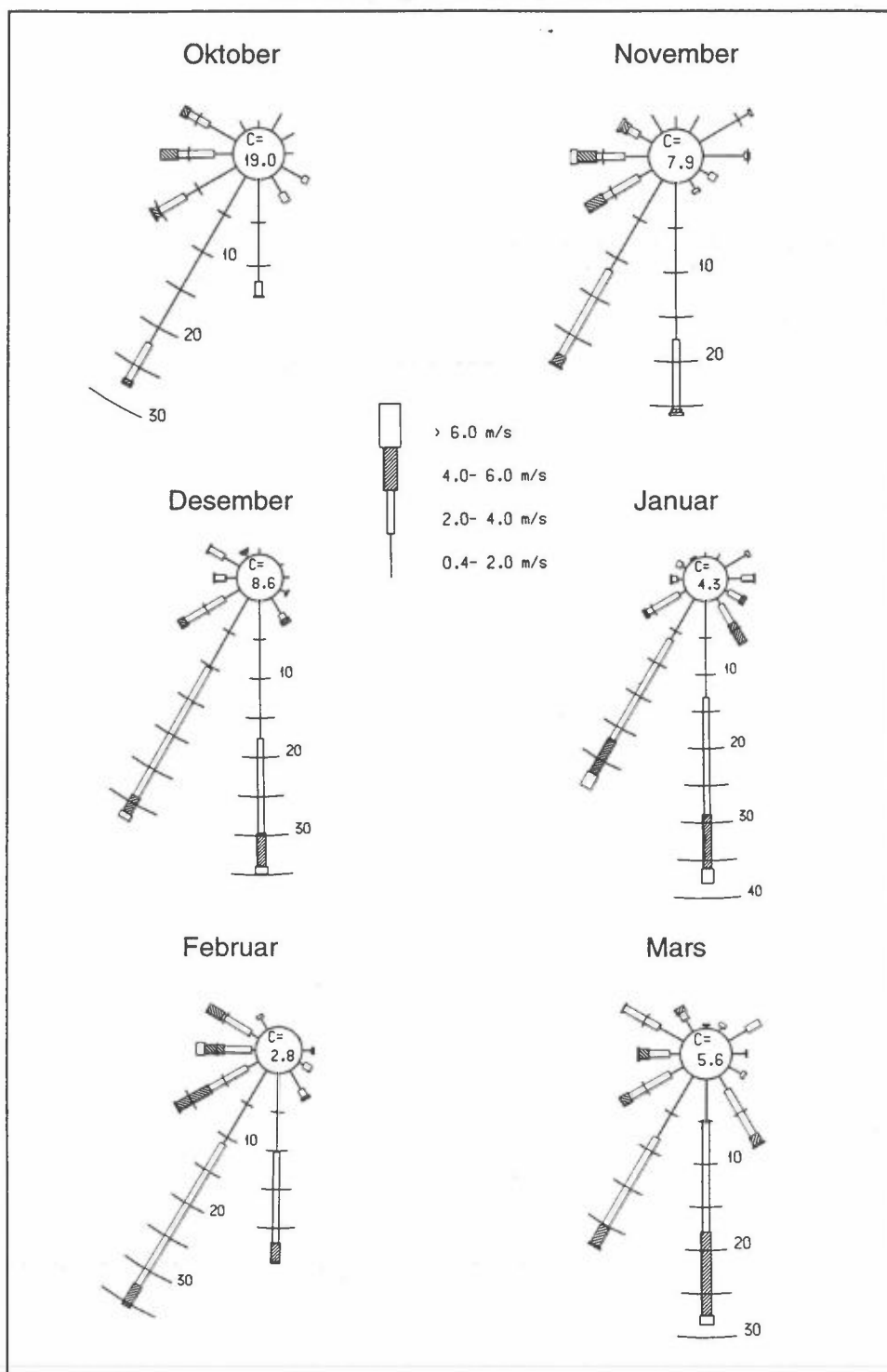
Vindrosene fra Erkebispegården for hele perioden oktober 1994-mars 1995 og for hver enkelt måned er vist i henholdsvis figur 59 og figur 60. Vindrosene viser hvor stor prosent av tiden det blåste fra tolv 30-graders sektorer. For hver retning er det også angitt hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var innenfor fire definerte klasser. Tallet C i midten av vindrosene viser hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var lavere enn eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

Ved Erkebispegården blåste det oftest fra sør og sør-sørvest, til sammen 56,2% av tiden fra disse to retningene. I desember 1994 og januar 1995 var det vind fra disse retningene i mer enn 2/3 av tiden. Vind over 4 m/s forekom i vel 13% av tiden, som oftest i hovedvindretningene fra sør og sør-sørvest.



Figur 59: Vindrose for perioden oktober 1994-mars 1995 fra Erkebispegården i Trondheim. Vindrosen viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30° -sektorer. Tallet C i midten av vindrosen viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik $0,4$ m/s, eller vindstille.

Erkebispegården, Trondheim



Figur 60: Vindrosor for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 fra Erkebispegården i Trondheim. Vindrosene viser prosent av tiden det blåste fra tolv 30°-sektorer. Tallet C i midten av vindrosene viser hvor stor del av tiden det var vindstyrke lavere eller lik 0,4 m/s, eller vindstille.

7.4.2 Vindstyrke og vindkast (gust)

Tabell 28 gir middelvindstyrke, høyeste timemidlede vindstyrke og kraftigste vindkast ved Erkebispegården i Trondheim for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995. Høyeste timemidlede vindstyrke var 10,0 m/s i januar 1995 og februar 1995, mens det både i desember 1994, januar 1995 og februar 1995 var et sterkeste vindkast på 20,6 m/s.

Tabell 28: Statistikk over vindstyrker ved Erkebispegården i Trondheim for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995.

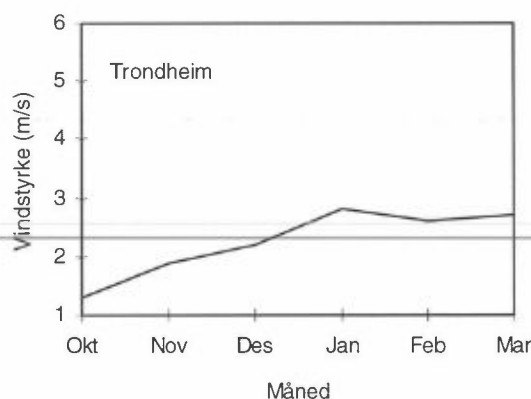
Måned	Midlere vindstyrke (m/s)	Maksimum vindstyrke (m/s)	Tid	Maksimum vindkast (m/s)	Tid
Oktober 1994	1,3	6,9	14 kl 03	16,7	12 kl 18
November 1994	1,9	6,4*	28 kl 20	20,3**	13 kl 21
Desember 1994	2,2	8,9	07 kl 22	20,6	07 kl 23
Januar 1995	2,8	10,0	05 kl 22	20,6	31 kl 16
Februar 1995	2,6	7,6	06 kl 08	20,6	06 kl 08
Mars 1995	2,7	7,6	11 kl 19	15,2***	15 kl 11

* også 28 kl 21

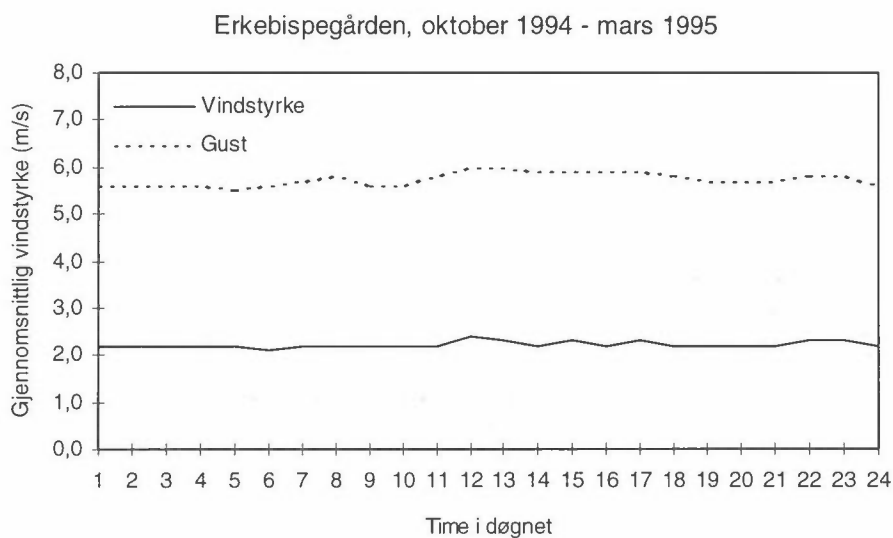
** også 28 kl 12

*** også 20 kl 24

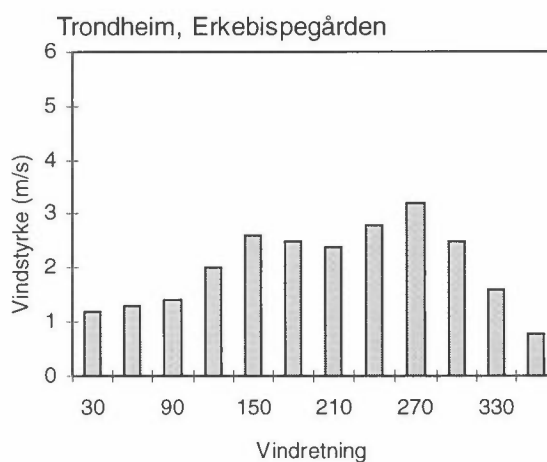
Figur 61 viser at middelvindstyrken var lavest i oktober 1994 og høyest i januar 1995. Figur 62 viser at middelvindstyrken i gjennomsnitt for hele perioden varierte lite over døgnet. Det sterkeste vindkastet var i gjennomsnitt mer enn dobbelt så sterkt som middelvindstyrken hele døgnet. I gjennomsnitt blåste det sterkest fra vest og svakest fra nord, se figur 63. Figur 64 viser en kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrkene, dvs. hvor stor del av tiden i prosent vindstyrken var over gitte nivåer. Halvparten av tiden var vindstyrken over 2 m/s, mens det blåste over 5 m/s i ca. 4% av tiden.



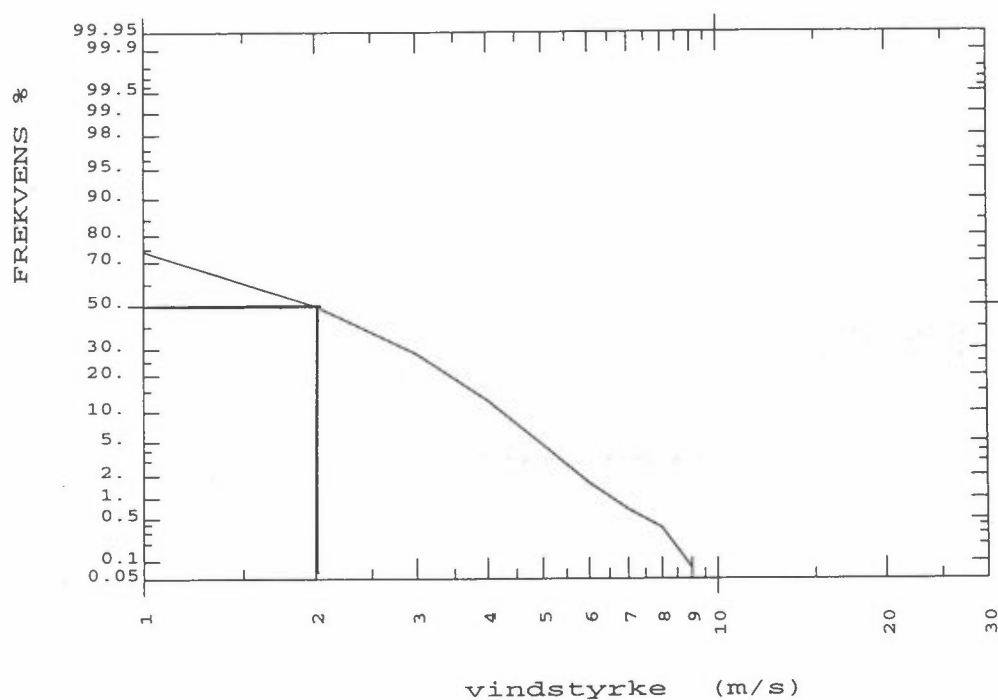
Figur 61: Midlere vindstyrke for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Erkebispegården i Trondheim (m/s).



Figur 62: Variasjon av vindstyrke og vindkast (gust) over "middeldøgnet" i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Erkebispegården i Trondheim (m/s).



Figur 63: Midlere vindstyrke fordelt på vindretning i tolv 30-graders sektorer ved Erkebispegården i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995 (m/s).



Figur 64: Kumulativ frekvensfordeling av timemiddelvindstyrker ved Erkebispegården i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995.

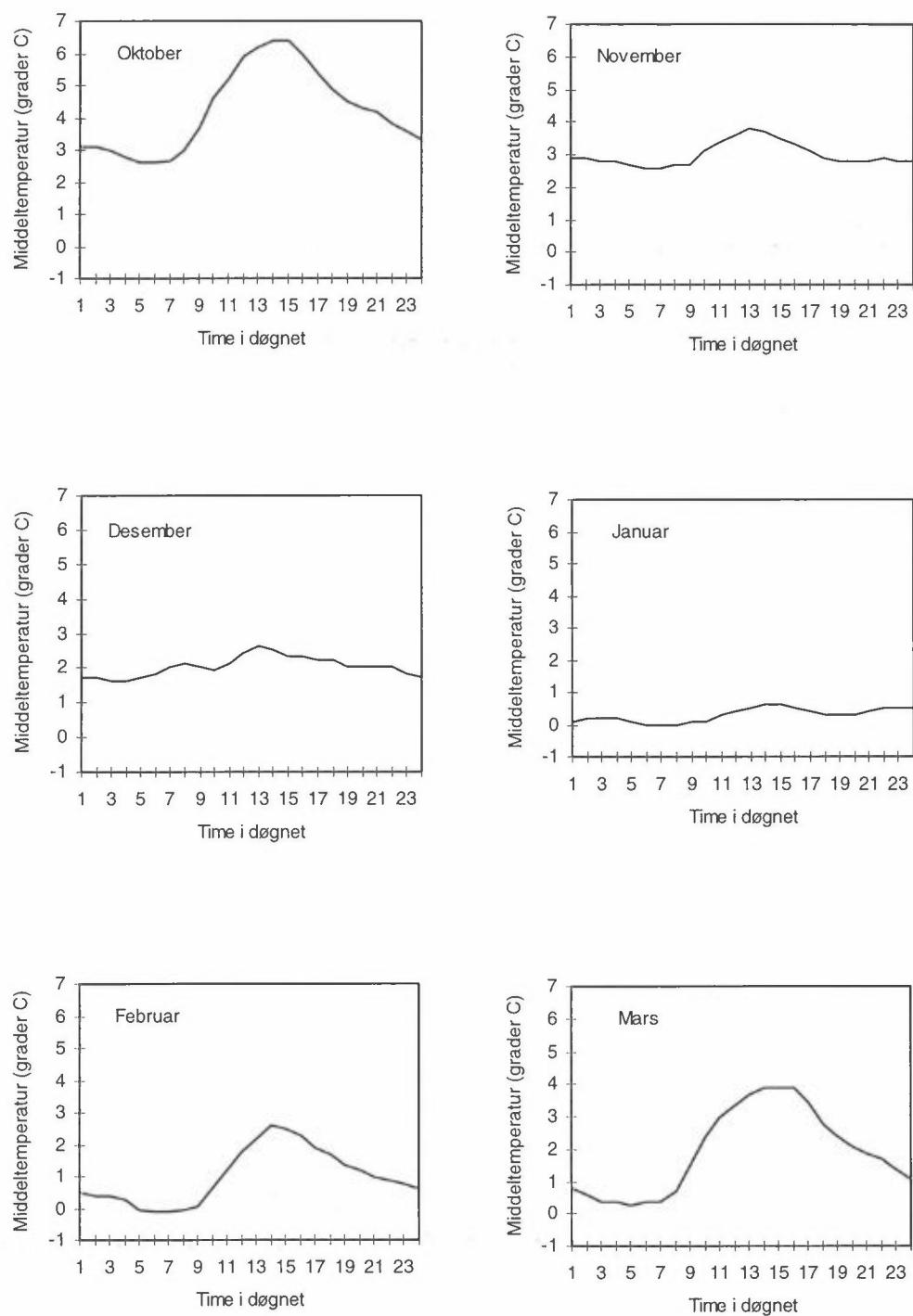
7.4.3 Temperatur

Temperaturstatistikk fra Erkebispegården i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995 er gitt i tabell 29. Det var kaldere enn normalt (1961-1990) i oktober 1994 og varmere enn normalt de øvrige månedene.

Tabell 29: Temperaturstatistikk fra Erkebispegården i Trondheim for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 (°C).

Måned	Middel-temperatur	Normal-temperatur	Maksimum		Minimum	
			Temperatur	Tid	Temperatur	Tid
Oktober 1994	4,2	6,2	13,5	07 kl 13	- 6,4	19 kl 06
November 1994	2,9	1,0	10,3	04 kl 18	- 7,3	13 kl 06
Desember 1994	2,0	-1,3	7,7	18 kl 17	- 5,2	29 kl 01
Januar 1995	0,2	-2,8	9,3	16 kl 19	-10,0	02 kl 09
Februar 1995	1,0	-2,1	7,7	16 kl 15	- 9,2	12 kl 01
Mars 1995	1,9	0,5	11,6	13 kl 13	- 9,7	05 kl 06

Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned er vist i figur 65. Temperaturvariasjonen var minst i desember og januar da sola sto lavest.

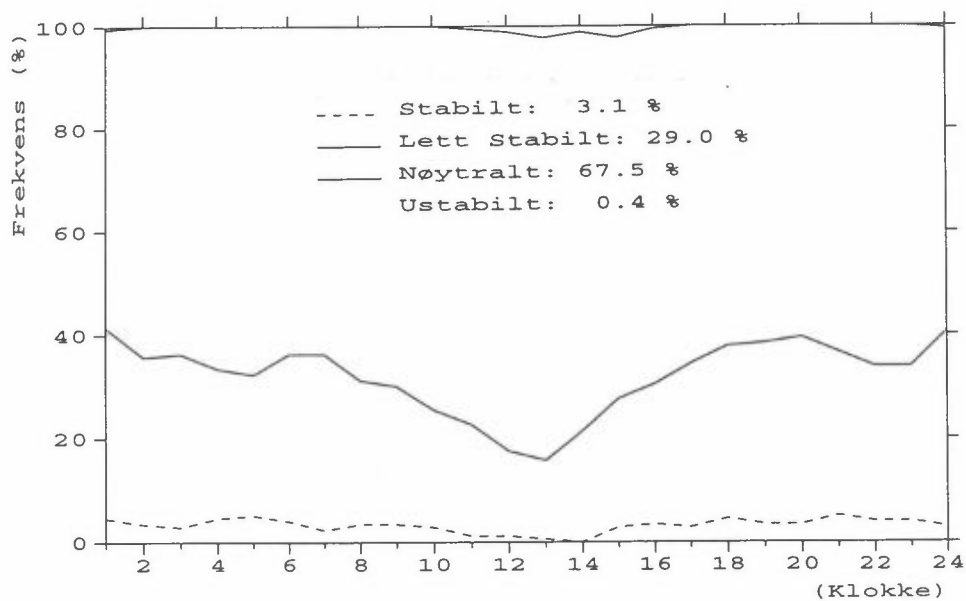


Figur 65: Midlere temperaturvariasjon over døgnet for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995 ved Erkebispegården i Trondheim ($^{\circ}\text{C}$).

7.4.4 Atmosfærisk stabilitet

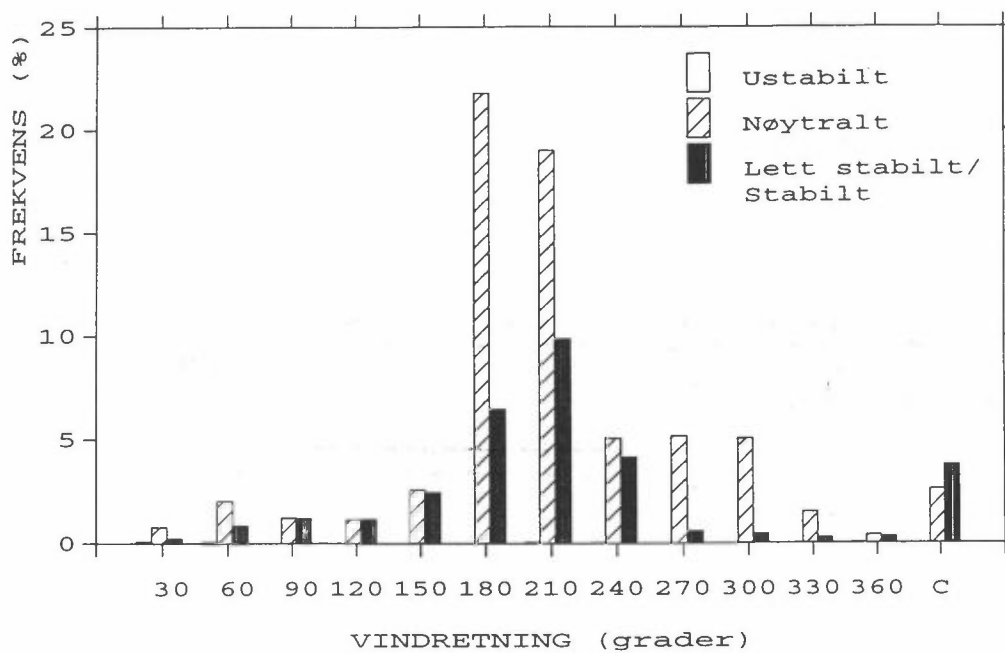
For beskrivelse av atmosfærisk stabilitet henvises det til kapittel 7.1.4.

Forekomsten av fire stabilitetsklasser over døgnet ved Erkebispegården i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995 er vist i figur 66. Stabil og lett stabil sjiktning forekom oftest om natta på grunn av utstråling og avkjøling av lufta nær bakken. Nøytral sjiktning inntreffer ved høyere vindstyrke og i overskyet vær. Nøytral og ustabil sjiktning forekom i vel 2/3 av tiden.



Figur 66: Variasjon over døgnet av fire stabilitetsklasser basert på målinger av temperaturforskjellen mellom 10 m o.b. og 2 m o.b. ved Erkebispegården i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995.

Forekomst av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) sjiktning fordelt på vindretning i tolv sektorer er vist i figur 67. Figuren viser at både nøytral og stabil sjiktning forekom oftest i hovedvindretningene fra sør og sør-sørvest.



Figur 67: Frekvens av ustabil, nøytral og stabil (lett stabil og stabil) siktning fordelt på vindretning i tolv sektorer ved Erkebispegården i Trondheim i perioden oktober 1994-mars 1995.

8. Referanser

Torp, C. og Bekkestad, T. (1995) Måling av nitrogenoksider og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo, vinteren 1994/95. Kjeller (NILU OR 52/95).

