



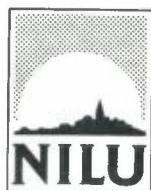
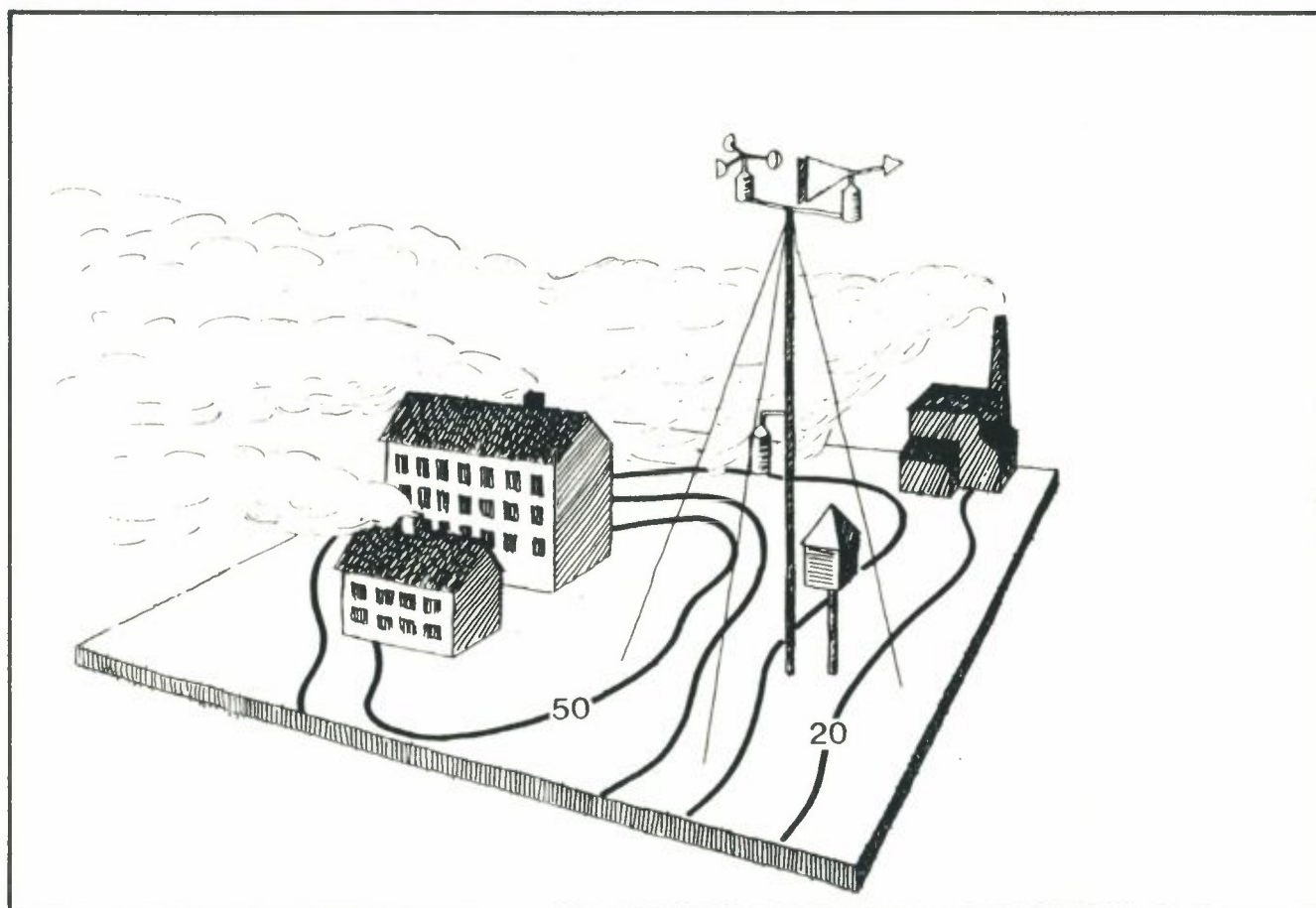
Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport nr.: 342/88

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon: NILU

METODEUTVIKLING I BYER OG TETTSTEDER Sodarmålinger i Oslo, vinteren 1986/87



Norsk institutt for luftforskning

POSTBOKS 64 - N-2001 LILLESTRØM

NILU TR : 16/88
REFERANSE: O-8545
DATO : SEPTEMBER 1988
ISBN : 82-7247-999-0

SODARMÅLINGER I OSLO,
VINTEREN 1986/87

D.A. Tønnesen

Utført på oppdrag fra
Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 64, 2001 LILLESTRØM
NORGE

SAMMENDRAG

Målingene med SODAR i Oslo ble utført som en del av prosjektet "Metodeutvikling for undersøkelse av luftforurensninger i byer og tettsteder". Undersøkelsen er utført på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn. På grunn av behovet for målinger nær Oslo sentrum måtte instrumentet plasseres på et sted som ikke var det best egnede for denne typen instrument. Denne rapporten oppsummerer erfaringene ved bruk av instrumentet på et slikt sted, og gir også en analyse av de innsamlete data. Erfaringene fra måleperioden fra 19. september 1986 til 28. april 1987 gir grunnlag for følgende konklusjoner:

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

Datamaterialet tyder på et internt grensesjikt i omtrent 100 m høyde. Sjiktet ser ut til å forekomme oftere om natta enn om dagen. Det er også tegn til et grensesjikt i 200 m høyde. Ruhets-elementer på bakken ser ut til å ha sterk påvirkning på luftbevegelsen opp til ca. 100 m høyde.

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

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

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

INNHOLD

	Side
SAMMENDRAG	1
1 INNLEDNING	5
2 INSTRUMENTBESKRIVELSE OG DATAINNSAMLING	5
3 INSTRUMENTPLASSERING	5
4 DATATILGJENGELIGHET	6
5 OMRREGNING AV HORISONTALE STANDARDAVVIK	9
6 RESULTATER	10
6.1 Horisontal vindkomponent	10
6.2 Vertikalhastighet	17
6.3 Sjiktning	19
6.4 Turbulens	23
7 DISKUSJON	30
VEDLEGG A: Vindretningsfordeling for de 7 laveste nivåene ..	33

SODARMÅLINGER I OSLO, VINTEREN 1986/87

1 INNLEDNING

Målingene er utført som en del av prosjektet "Metodeutvikling for undersøkelse i byer og tettsteder", som er utført på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn. Instrumentet ble plassert i Oslo sentrum for å gi informasjon om vind, turbulens, vertikalbevegelse og sjiktninger i dette området. Målinger med SODAR representerer et nytt felt for NILU, og anvendelsen i Oslo var også et ledd i kompetanseoppbygging ved NILU for bruk av dette instrumentet.

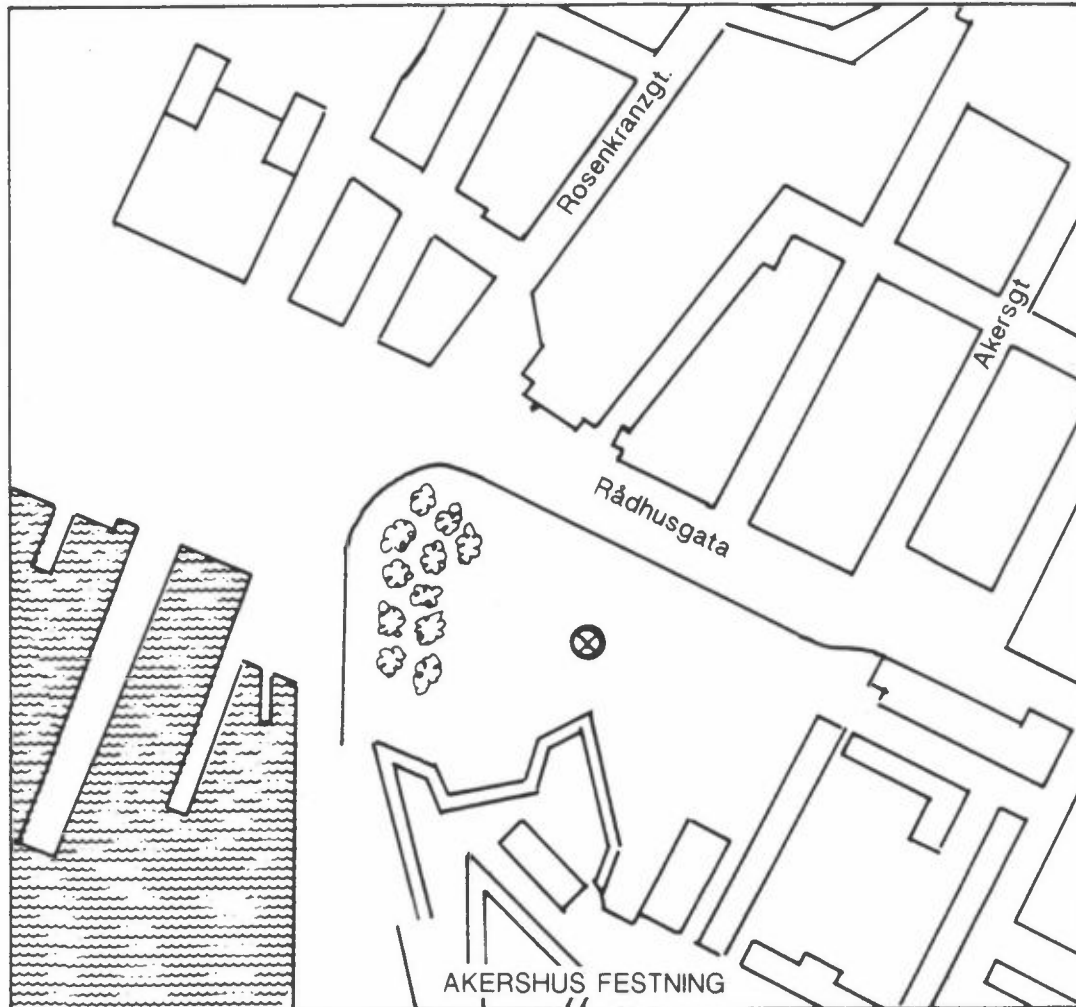
2 INSTRUMENTBESKRIVELSE OG DATAINNSAMLING

Virkemåten til en SODAR (sonic detecting and ranging) er, kort beskrevet, at det sendes ut høyfrekvente lydsignaler langs tre faste akser. Retursignalet (ekkoet) blir så fanget i mikrofon og analysert. Dopplereffekten på retursignalene gir grunnlag for å beregne hastigheten av de reflekterende luftpartiklene. Midlingstiden til instrumentet ble satt til 1 time. For hver time ble middelveidene av vindhastigheten langs de faste horisontale aksene (135° og 225°) lagret. I tillegg ble vertikalhastighet, ekkostyrke, samt antall retursignaler og standardavvik for vindkomponentene lagret. Det ble målt i faste nivåer med innbyrdes avstand 25 m fra 50 m over bakken til 1000 m over bakken. Instrumentets datalager ble tømt og dataene overført til NILU hver uke. Her ble dataene kontrollert, og målingene basert på færre retursignaler enn 8% av de utsendte signalene ble forkastet.

3 INSTRUMENTPLASSERING

Instrumentets plassering er vist på figur 1. Mot nord gikk en sterkt trafikkert gate (Rådhusgata) med høye bygninger på nordsiden av gata. Avstanden fra SODAR'en til bygningsfasadene var ca. 80 m. Murene til Akershus festning lå omtrent 20 m mot sør, med en høyde på 5 m over

bakken, 60 m mot vest sto en treklynge, og mot øst var avstanden til de nærmeste bygningene ca. 110 m. Området med fri sikt rundt instrumentet var således mindre enn spesifikasjonene tilsier (minimum 200 m). Instrumentets antenner ble orientert mot kompassretningene 135° og 225° , da det var minst hindringer i disse retningene.



Figur 1: Plassering av SODAR-instrumentet.

4 DATATILGJENGELIGHET

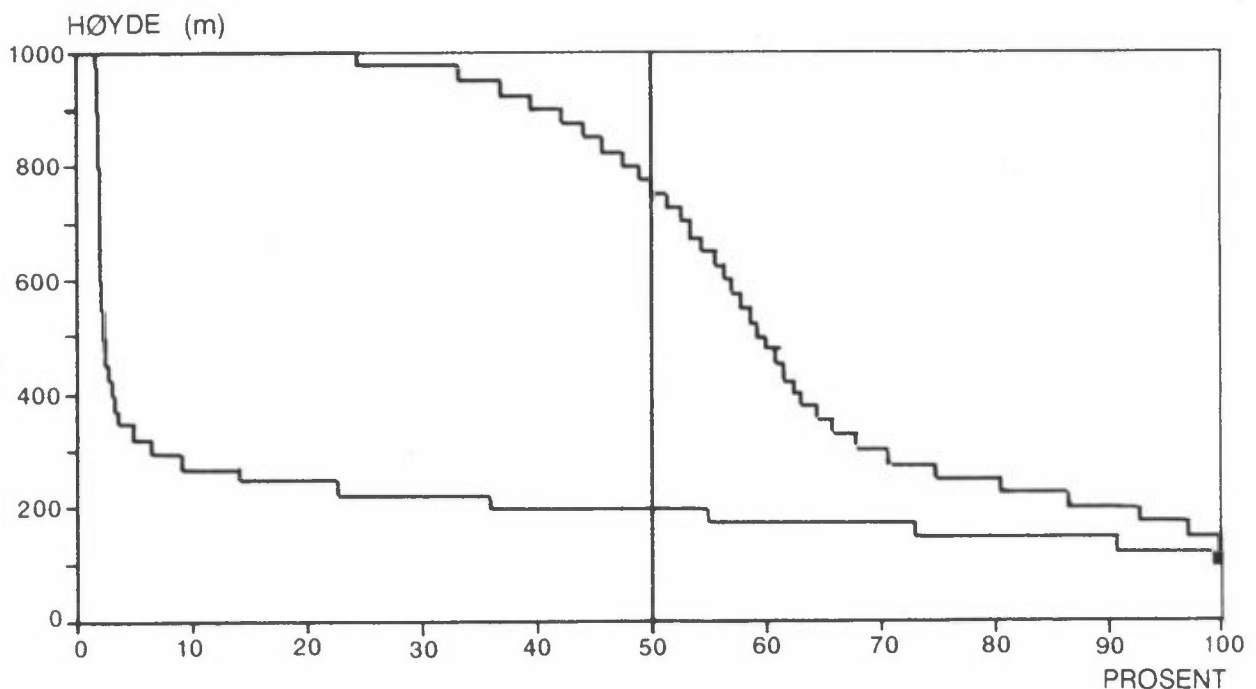
Figur 2 viser datatilgjengeligheten i måleperioden. Det er bare ett vesentlig avbrudd i måleperioden. Den samlede tilgangen er på 93%, dvs. at en eller annen form for registrering ble utført i 93% av tiden fra 19. september 1986 til 28. april 1987.

I en kortere periode i januar ble det forsøkt å operere instrumentet med midlingstid på 10 minutter. Dette medførte en sterk nedgang av tilgjengelig datamengde, og denne operasjonsmåten ble derfor ikke benyttet mer.



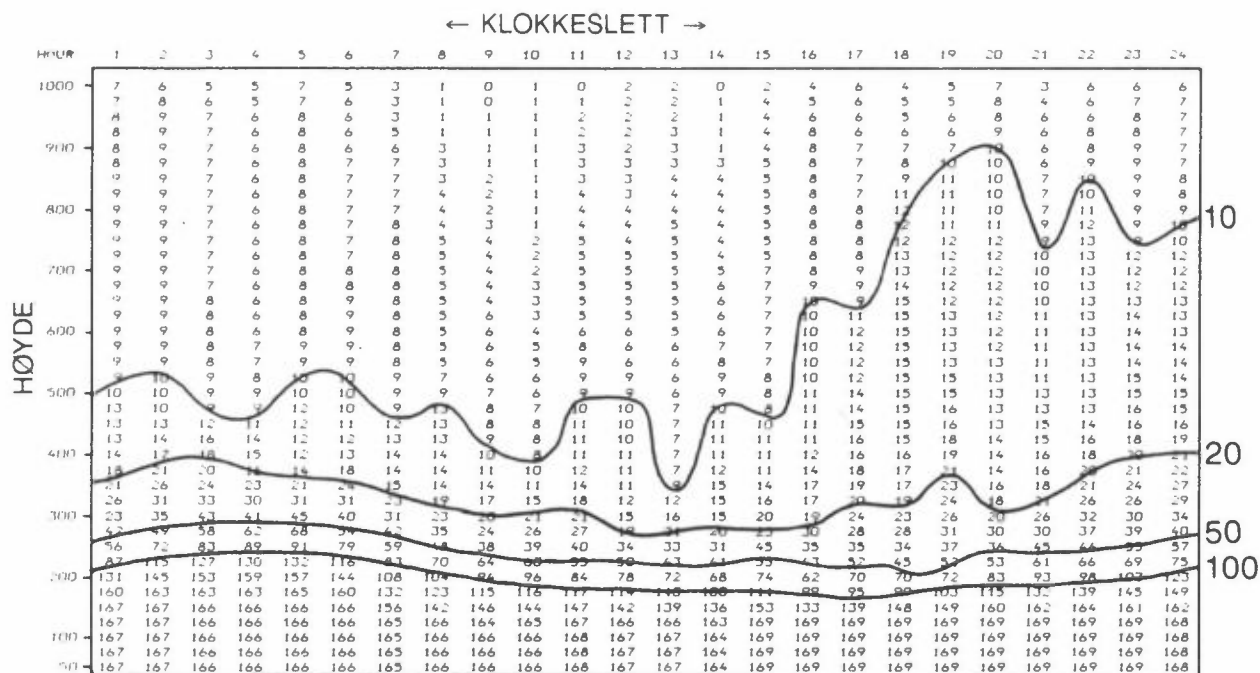
Figur 2: Datatilgang i løpet av måleperioden.

Under ideelle forhold, både når det gjelder instrumentplassering og atmosfærisk tilstand, skulle hvert "skudd" med SODAR'en gi verdier for luftbevegelse og ekkostyrke for hvert nivå fra 50 m til 1000 m. Figur 3 viser reduksjonen i datatilgang med økende høyde. Den øverste kurven viser kumulativ fordeling av det høyeste nivået med en eller annen form for informasjon. Det er inkludert signaler som senere ble forkastet på grunn av for få retursignal i forhold til utsendte signal. Den nederste kurven viser kumulativ fordeling av det høyeste nivået tilhørende ett komplett sett av målinger for alle lavere nivåer med minst en av de 4 målte parameterene (3 vindkomponenter og ekkostyrke). Hver kurve viser prosent av den totale tilgjengelige datamengden.



Figur 3: Datatilgjengelighet med høyde over bakken. Kumulativ fordeling som prosent av total mengde registrerte data.

Svekkelsen av datatilgangen med høyden vist på figur 3 har en markert døgnlig variasjon. Dette er vist på figur 4. Den "vertikale rekkevidden" av instrumentet er høyere om natta enn om dagen. Dette kan være et resultat av en lavere inversjonshøyde om dagen, eller av at signallene "drukner" mer om dagen på grunn av sterkere støy i byen.



Figur 4: Døgnlig variasjonsmønster for den vertikale rekkevidden av SODAR fra oktober 1986 til mars 1987. Tallene representerer antall godtatte målinger for minst en av 4 parametrene.

På grunn av retningsforskjellen for antennene varierer tilgjengeligheten med høyden for hver av de målte parameterene. Dette er vist i tabell 1. Utregning av en horisontal vindvektor krever at det foreligger målinger av begge de horisontale vindkomponentene. Antallet beregnede horisontale vindvektorer er også vist i tabell 1.

Tabell 1: Totalt antall godtatte timesmiddelverdier av u, v, og w-komponentene og ekkostyrken samt totalt antall beregnede horisontale vindvektorer \vec{v} for gitt høydeintervall.

Høydeintervall	u	v	w	ekko	\vec{v}
925-1000	429	96	24	4	96
825- 900	563	111	30	7	111
725- 800	646	151	30	7	151
625- 700	720	175	40	6	175
525- 600	781	193	57	6	193
425- 500	911	280	134	6	280
325- 400	1318	491	472	65	491
225- 300	3541	2424	3239	998	2424
125- 200	12286	11452	12650	8662	11452
50- 100	12096	12096	12089	11996	12096

5 OMRREGNING AV HORISONTALE STANDARDAVVIK

Under innsamling av data ble standardavvikene for de beregnede timesmiddelverdiene av vind langs de faste aksene lagret. Standardavvikene, langs og på tvers av vindvektoren er beregnet med grunnlag i standardavvikene langs de faste aksene ved å projisere standardavvikene langs de faste aksene inn i et vindretningsbestemt koordinatsystem. Bidraget fra hver faste akse er veid med antall retursignaler for aksene. De anvendte formler er vist nedenfor:

$$\sigma_u^2 = \frac{M \cdot (\sigma_y \cos\theta)^2 + N(\sigma_x \sin\theta)^2}{M + N}$$

$$\sigma_v^2 = \frac{M \cdot (\sigma_y \sin\theta)^2 + N(\sigma_x \cos\theta)^2}{M + N}$$

σ_u er standardavviket langs vindvektoren.

σ_v er standardavviket på tvers av vindvektoren.

M er antallet retursignaler langs y-aksen.

N er antallet retursignaler langs x-aksen.

σ_y er standardavviket for M signaler langs y-aksen.

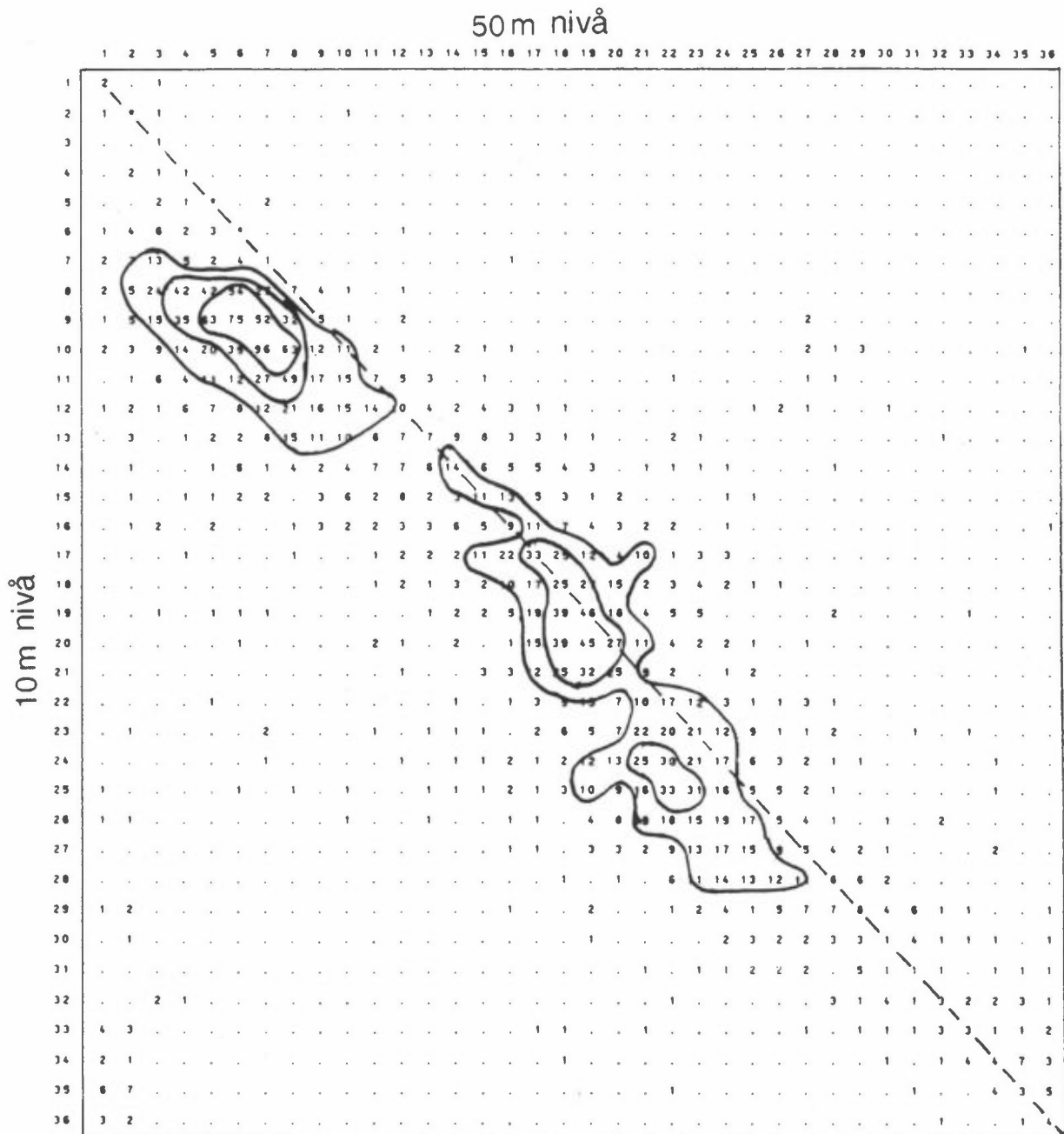
σ_x er standardavviket for N signaler langs x-aksen.

θ er vinkelen fra y-aksen til vindvektoren.

6 RESULTATER

6.1 HORISONTAL VINDKOMPONENT

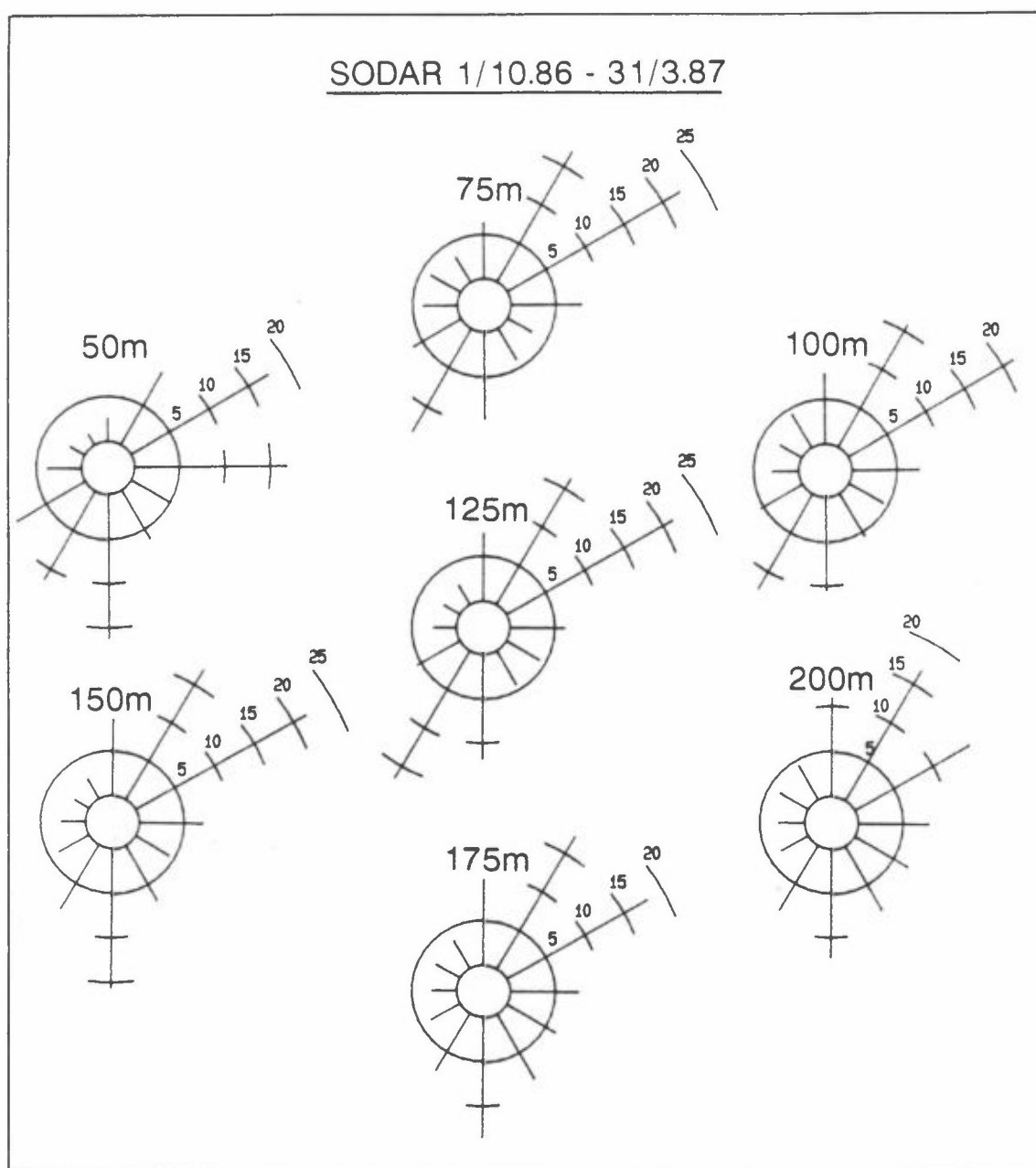
Observasjonene fra SODAR er sammenlignet med observasjonene gjort i en 10 m høy mast på samme sted. Figur 5 viser samtidige observasjoner av vindretning fra 50 m nivå målt med SODAR og fra 10 m nivå målt i mast for perioden oktober 1986 til mars 1987.



Figur 5: Samtidige observasjoner av vindretning fra 50 m nivå (SODAR) og 10 m nivå (mast) for perioden oktober 1986 til mars 1987.

Den observerte endring i vindretning med høyden er motsatt av den forventede endring i Ekman-laget. Dette skyldes antagelig kanalisering av luftstrømmen på grunn av den omgivende bygningsmassen.

Frekvensfordelingen vindretning for 12 sektorer er beregnet for hvert av de 7 nederste nivåene av SODAR-målinger. Dette er vist i tabell 2, samt i figur 6.



Figur 6: Vindroser for de 7 nederste nivåene målt med SODAR for perioden oktober 1986 til mars 1987.

Tabell 2: Frekvensfordeling av vindretning for perioden oktober 1986 til mars 1987.

H	D	360	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
200		11.0	16.7	14.6	7.8	6.8	8.3	12.2	8.4	3.4	2.9	3.6	4.3
175		9.5	17.1	17.9	7.5	6.2	8.3	13.4	7.4	3.6	2.7	3.0	3.5
150		8.5	16.9	21.5	7.0	4.3	7.0	15.6	8.3	3.8	2.7	1.8	2.5
125		7.5	16.3	21.2	6.0	4.2	4.3	11.8	16.5	5.4	2.5	2.0	2.4
100		7.8	15.7	21.3	7.4	4.4	5.5	10.5	12.1	5.3	2.9	2.8	4.3
75		6.3	16.8	22.2	7.8	3.0	4.0	9.8	13.2	6.1	3.8	3.8	3.2
50		2.5	9.2	17.5	16.8	4.9	6.2	16.2	11.3	8.7	3.7	1.8	1.3

Frekvens av vindstyrke innenfor gitte grenser er vist i tabell 3 for de 7 nederste nivåene.

Tabell 3: Frekvens av vindstyrke innenfor gitte grenser for perioden oktober 1986 til mars 1987. Enhet: %.

H	Vindstyrkeklasser (m/s)							Maks	Middel
	0-0,5	0,6-1	1,1-2	2,1-4	4,1-6	6,1-8	>8		
200	5.1	9.6	19.6	31.6	15.0	8.4	10.8	19.6	3.9
175	9.1	11.4	22.0	30.4	13.0	7.1	7.1	21.2	3.3
150	7.9	10.6	20.9	33.3	15.1	6.5	5.8	20.2	3.2
125	16.3	16.3	22.4	29.5	9.2	3.3	2.8	22.6	2.4
100	26.1	18.5	24.2	21.7	6.5	1.7	1.3	13.1	1.8
75	20.1	18.2	25.0	26.6	7.2	2.1	0.9	12.9	1.9
50	4.5	11.9	28.0	44.4	9.5	1.6	0.1	12.2	2.4

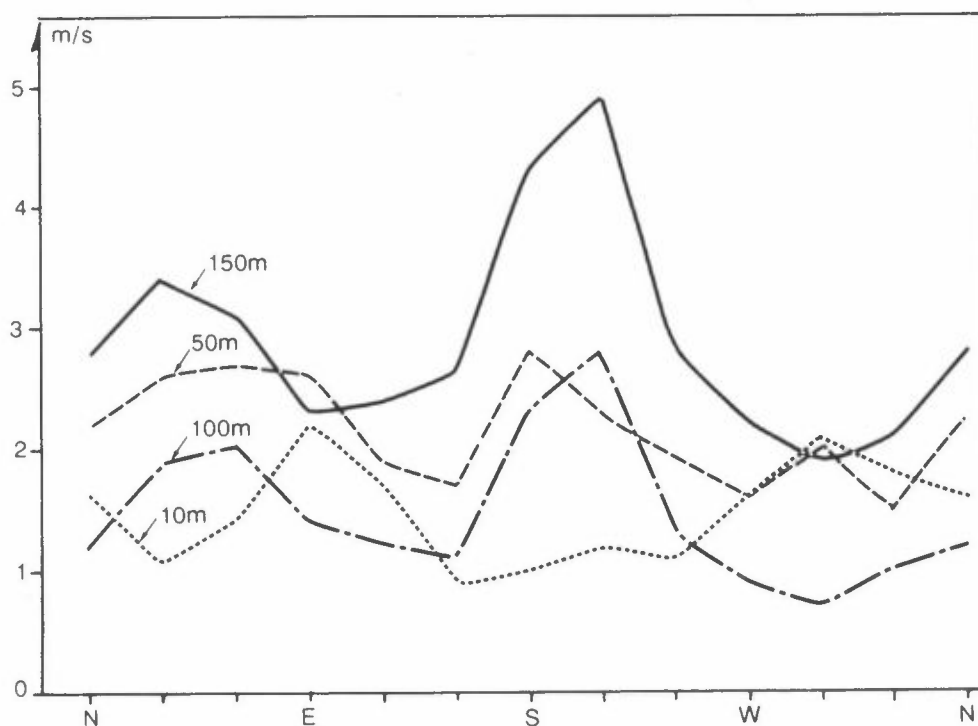
Tabell 4 viser øvre og nedre kvartil, median, middel og maksimalverdi av vindstyrke for de tilfeller der det foreligger samtidige målinger av vind i de 7 nederste nivåene.

Tabell 4: Nedre kvartil, median, øvre kvartil, middelværdi og maksimalverdi av vindstyrke for samtidige målinger i de 7 nederste nivåene for perioden oktober 1986 til mars 1987 (Enhet: m/s).

H	25%	50%	75%	Middel	Maks
200	1,5	2,8	5,0	3,9	19,6
175	1,2	2,5	4,4	3,4	18,5
150	1,3	2,7	4,3	3,3	16,8
125	0,9	2,0	3,4	2,5	14,7
100	0,5	1,3	2,6	1,9	12,5
75	0,6	1,4	2,6	1,9	10,1
50	1,3	2,2	3,2	2,4	8,1

Tallene i tabell 3 og tabell 4 gir indikasjoner på at vindprofilet opptil minst 100 m høyde er påvirket av ruhetselementer på bakken. I 100 m nivå finner vi en sone med lavere vindhastighet.

Figur 7 viser midlere vindstyrke for 12 vindretningssektorer i 3 nivåer fra SODAR-målingene, og fra bakkenivå (10 m mast).



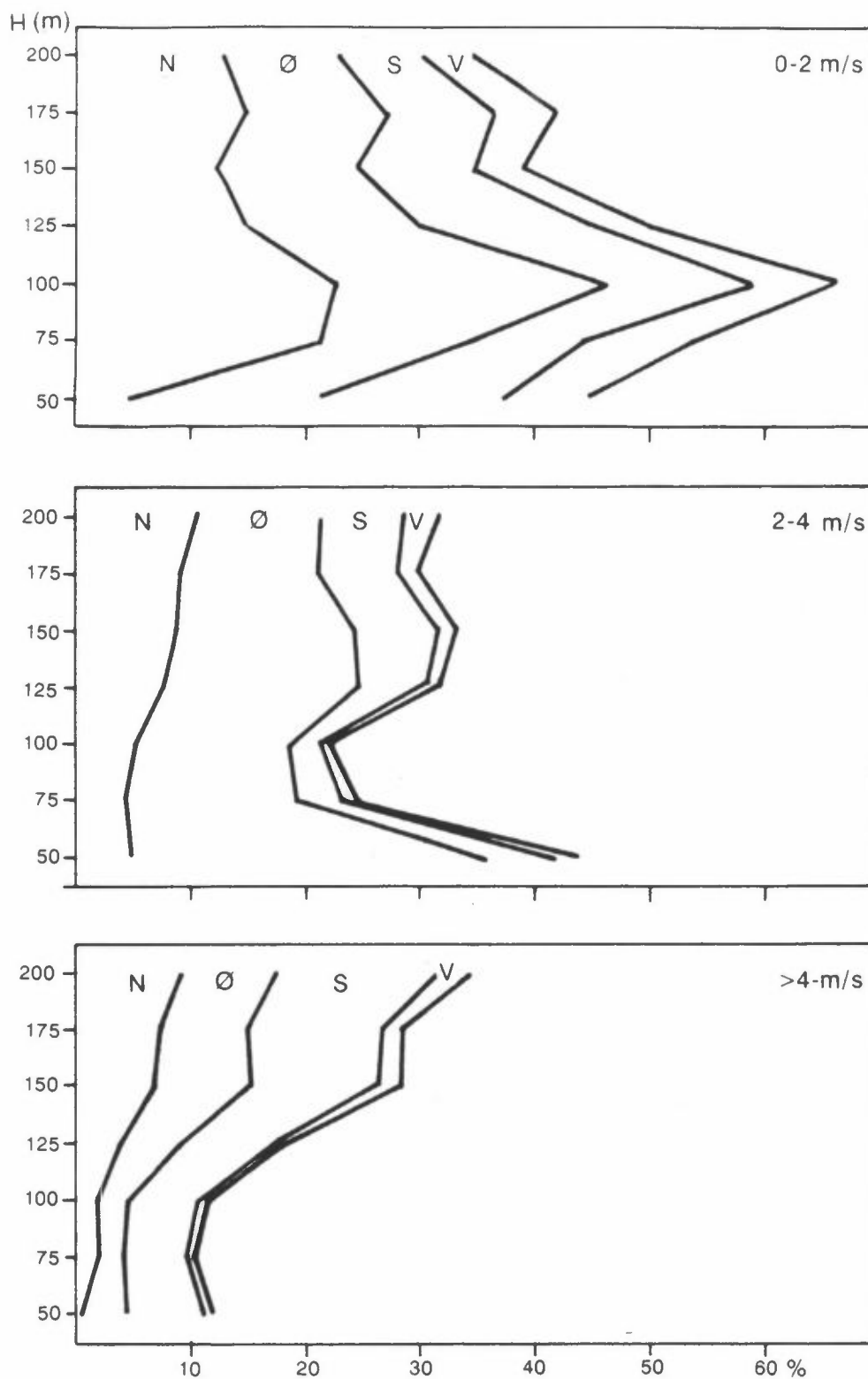
Figur 7: Midlere vindstyrke for 12 vindretningssektorer i 4 høyder.

Figuren viser at midlere vindstyrke i nivåene 150 m og 100 m varierer med vindretningen på samme måte. Styrkevariasjonen for 50 m nivået viser likhetstrekk med 10 m nivået. Dette tyder på at de svakere vindstyrkene i 100 m ikke er resultat av støy på målingene.

Figur 8 viser hyppighet av vind fordelt på 3 vindstyrkeklasser og 4 retningssektorer for hvert nivå fra 50 m til 200 m plottet som bånd inneholdende forekomsten av vindretning i gitt sektor.

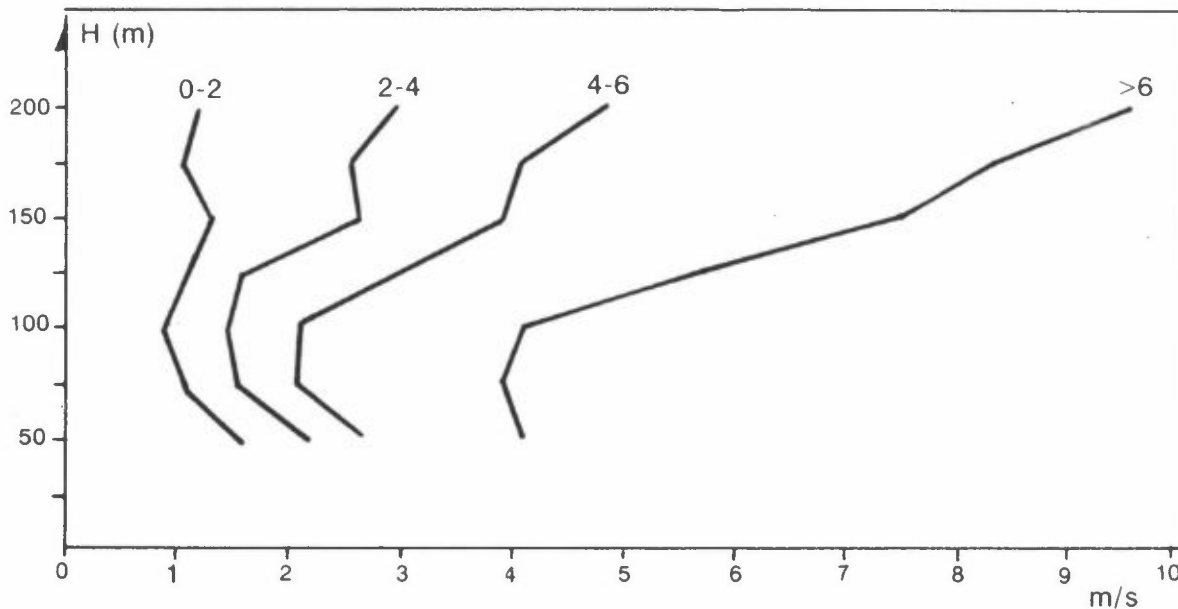
Figuren viser hvordan forekomst av vindstyrker over 4 m/s øker med høyden. Dessuten viser figuren at svake vindstyrker (<2 m/s) forekommer hyppigst i sektorene mellom nord og øst for 75 m og 100 m nivå, og at vindstyrker mellom 2 og 4 m/s forekommer oftest i den østlige sektoren i 50 m nivå. Total forekomst av vind med styrke under 2 m/s i 100 m høyde er ca. 66%, fordelt på 22% fra nord, 24% fra øst, 12% fra sør og 8% fra vest. Total forekomst av vind med styrke mellom 2 m/s og 4 m/s i 50 m høyde er ca. 43%, fordelt på 5% fra nord, 30% fra øst, 6% fra sør og 2% fra vest.

En tolkning av denne frekvensfordelingen er at kaldluftstrømmen nedover Groruddalen gir en østlig luftstrøm i 50 m høyde, og at i 100 m er denne luftstrømmen svakere og mer likt fordelt på nordlig og østlig sektor.



Figur 8: Kumulativ forekomst av vindstyrker og vindretninger fordelt på 3 vindstyrkeklasser og 4 vindretningssektorer plottet som funksjon av høyden fra 50 m til 200 m (se tekst).

Figur 9 viser midlere vindstyrke for nivåene under 200 m for 4 vindstyrkeklasser i 200 m høyde.

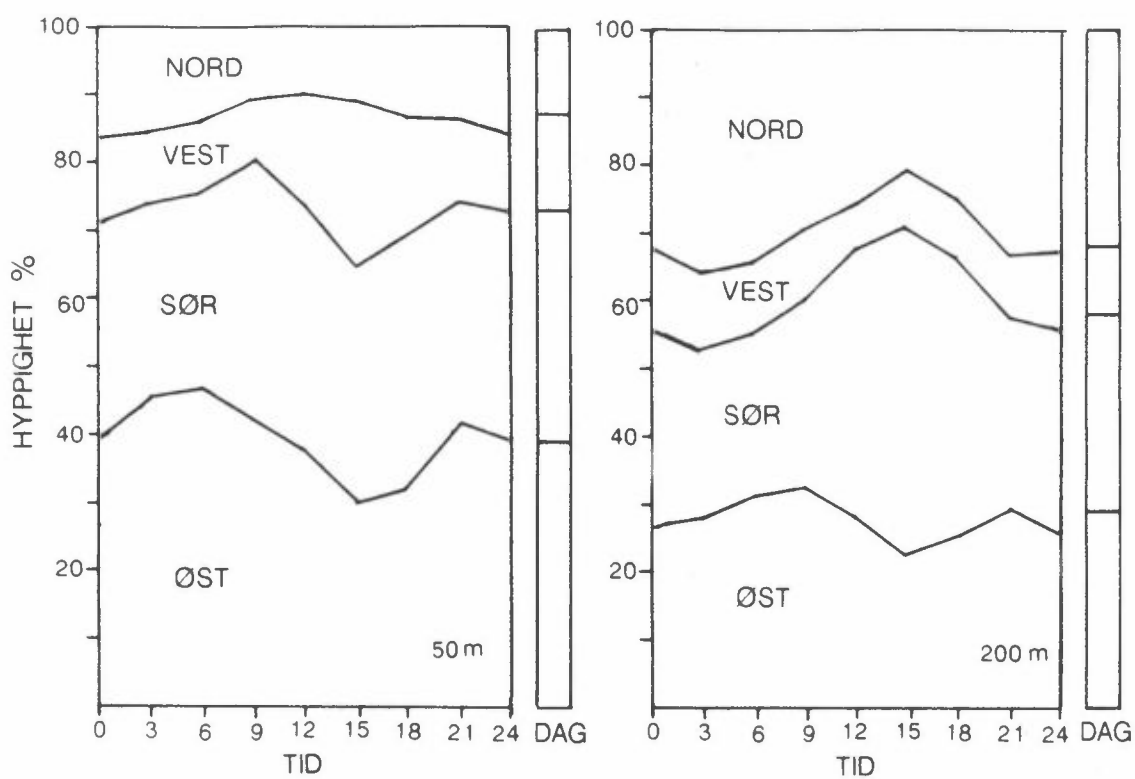


Figur 9: Vindstyrkevariasjon med høyden for 4 klasser av vindstyrke i 200 m høyde.

Figuren viser at når vindstyrken i 200 m høyde er svakere enn 6 m/s, har vindstyrken et minimum fra ca. 75 m til ca. 100 m høyde.

I figur 10 er den døgnlige variasjonen av vindretning vist for 50 m høyde og 200 m høyde. Figuren viser fordeling av fire vindretningsklasser over åtte trettimersperioder vinteren 1986/87. Forekomsten av vestlig vind i 50 m nivå øker fra kl 0900 til kl 1500, og avtar deretter. Mellom kl 0900 og kl 1500 er forekomsten av vind fra øst lavest. I 200 m nivå, som ikke er påvirket av kanalisering på samme måte som vinden i 50 m nivå, ses den samme tidsvariasjonen mellom vind fra sør og vind fra nord.

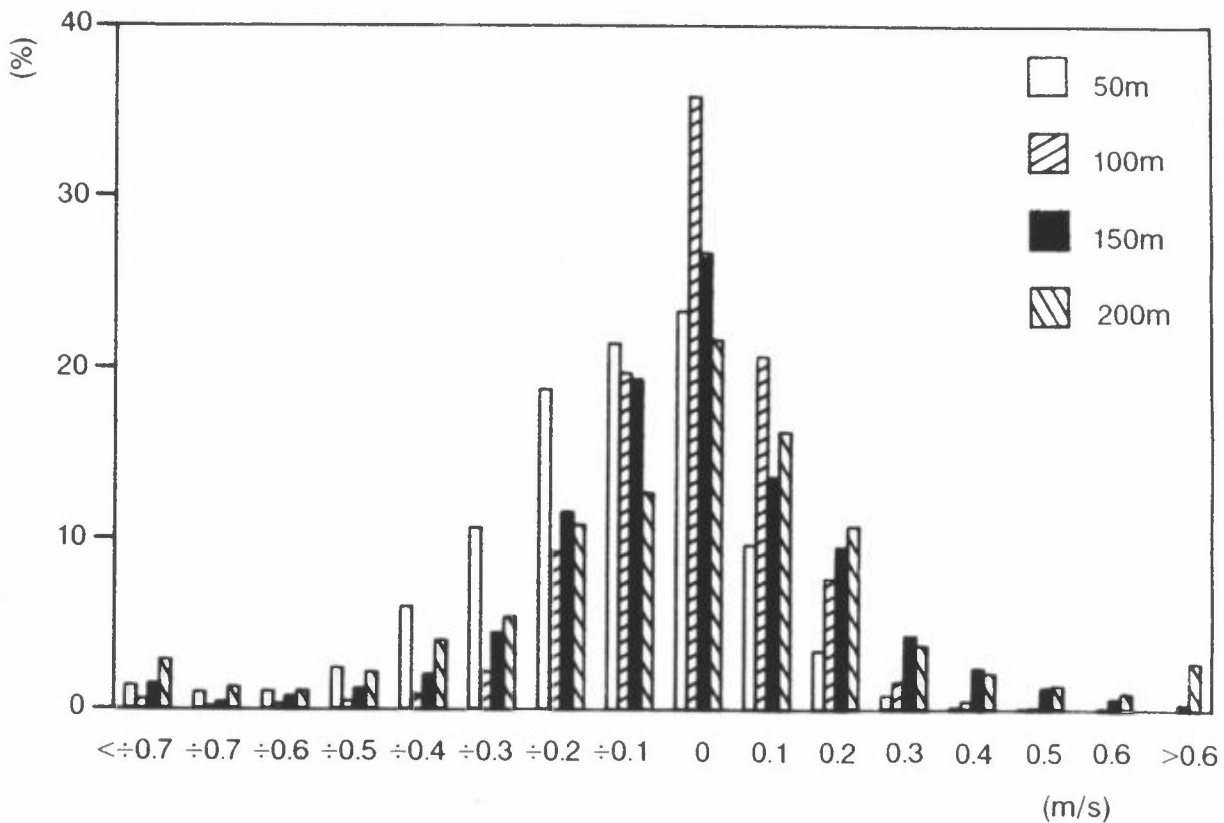
Tabeller for døgnlig variasjon er vist i vedlegg A.



Figur 10: Døgnlig variasjon av vindretning i 50 m høyde og 200 m høyde vist som forekomst i fire vindretningssektorer over åtte tretimersperioder. Enhet: %.

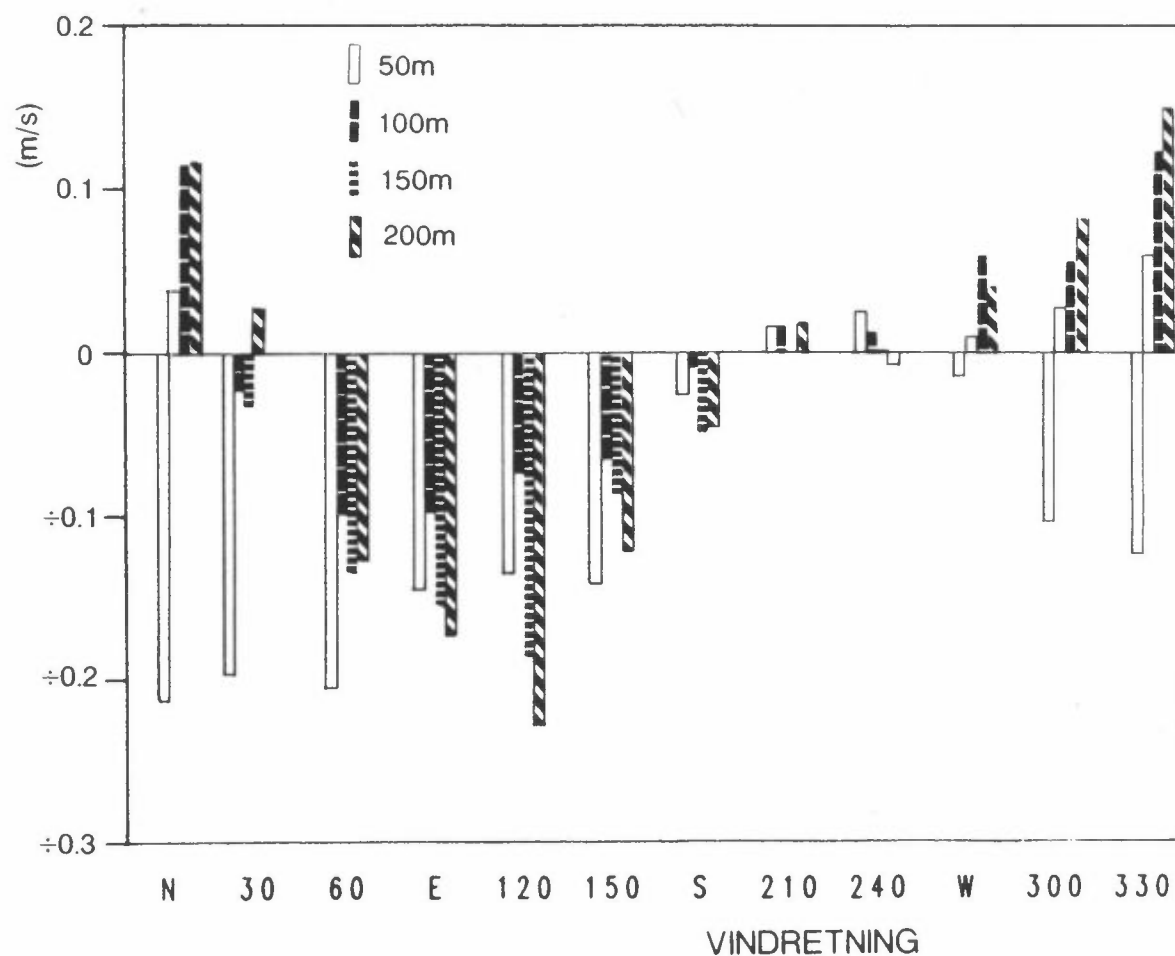
6.2 VERTIKALHASTIGHET

Figur 11 viser frekvensfordelingen av vertikalhastighet for nivåene 50 m, 100 m, 150 m og 200 m.



Figur 11: Frekvensfordeling av vertikalhastighet i 4 nivåer fordelt på 16 hastighetsklasser.

Den hyppigste forekomsten av svak vertikalbevegelse (klasse 0) finner vi i 100 m nivået. Frekvensen av store vertikalhastigheter øker med høyden. For 50 m nivået, og delvis for 150 m nivået ligger frekvensfordelingen med tyngdepunktet på negativ vertikal hastighet. Figur 12 viser midlere vertikalhastighet for 12 vindretningssektorer. Av figuren framgår det at fra nordøstlig til sørlig vindretning er det generelt nedsynkende bevegelse, og med nordvestlig og vestlig vindretning er det generelt oppstigende bevegelse.

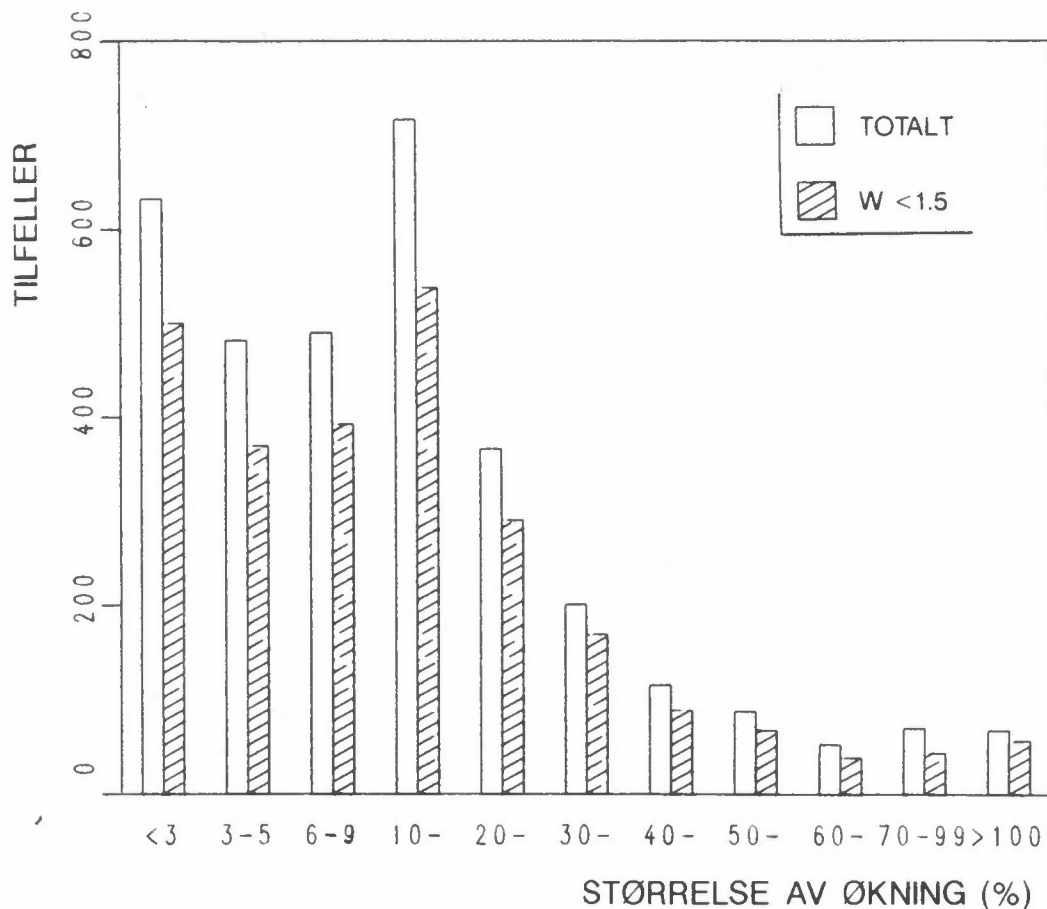


Figur 12: Midlere vertikalhastighet for 12 vindretningssektorer.

6.3 SJIKTNING

Gjennom parameteren for ekkostyrke inneholder SODAR-dataene informasjon om atmosfærens temperaturvariasjon med høyden. I en ren og tørr atmosfære med nær adiabatisk temperaturfordeling vil ekkostyrken avta jevnt med høyden. Lag med skydråper eller med høyt partikkelinnhold og inversjoner eller sjikt med sterk stabil sjiktning vil få ekkostyrken til å øke fra den nederste delen av sjiktet. I sjikt med inversjoner burde også luftens vertikale hastighet være mindre enn utenfor inversjonen.

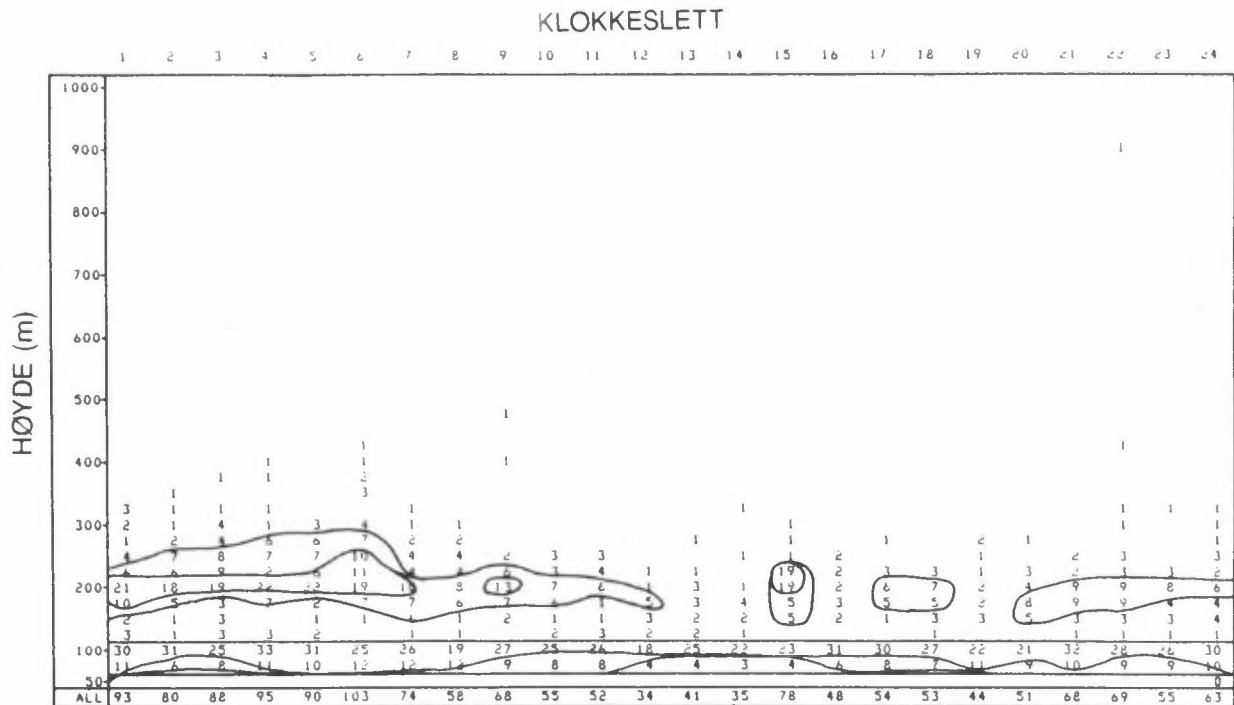
Tilfeller med økning i ekkostyrken med høyden er plukket ut av dataene. Figur 13 viser fordelingen av disse tilfellene for forskjellige relative økninger av ekkostyrke. Tilfeller der en i tillegg til økningen hadde en vertikalhastighet mindre enn 1.5 m/s er også vist.



Figur 13: Fordeling av relativ styrke i ekko-økning for alle tilfeller og for tilfeller med vertikalhastighet mindre enn 1.5 m/s.

For å bruke SODAR-dataene for å finne mulige inversjoner ble tilfellene med svakest relativ økning av ekkostyrke fjernet. Grensen ble satt til 5% økning. I tillegg ble det bare tatt med tilfeller der den vertikale hastigheten var mindre enn 1.5 m/s.

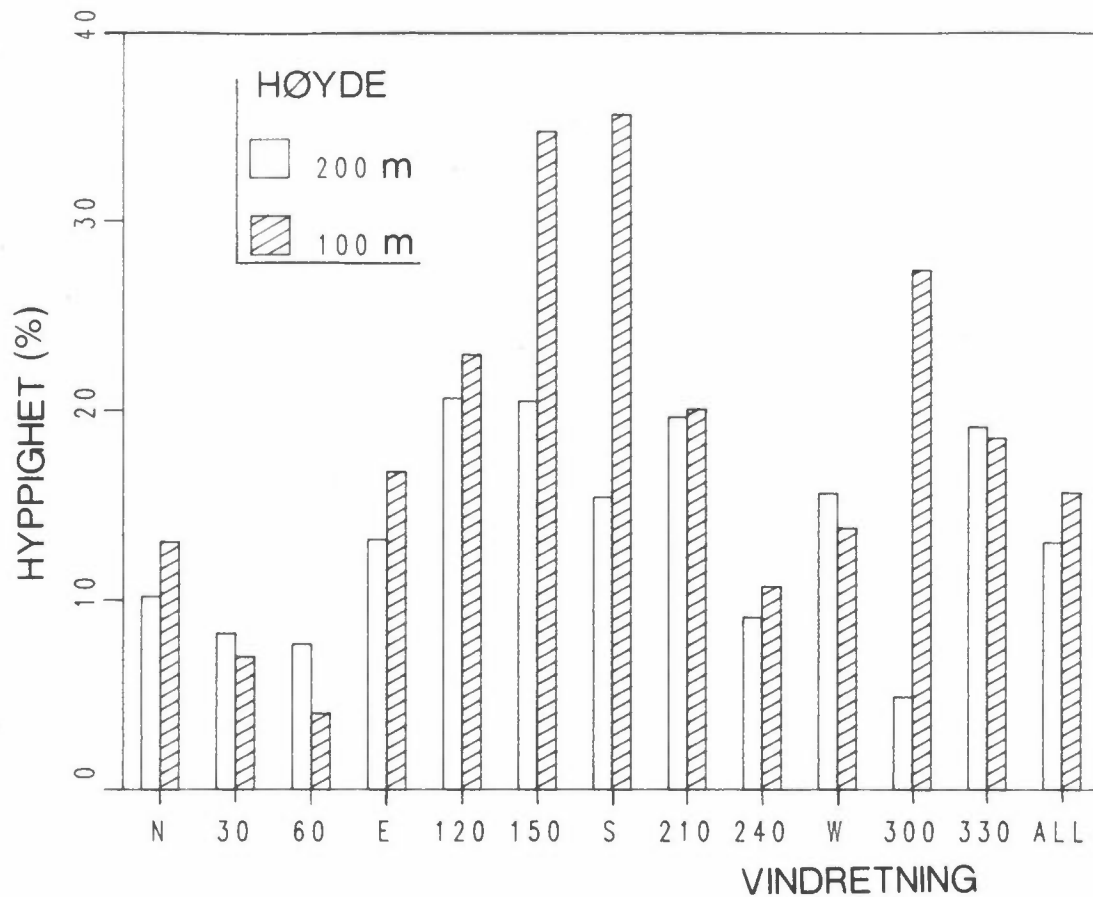
Resultatet er vist i figur 14, som gir antallet tilfeller fordelt på høyde og klokkeslett.



Figur 14: Antall tilfeller med minst 5% økning av ekkostyrke fra nivået under og vertikalhastighet mindre enn 0,15 m/s fordelt på høyde og klokkeslett.

To nivåer skiller seg ut med markert flere tilfeller av mulige inversjoner, 100 m og 200 m nivå. I begge disse nivåene er antall tilfeller større om natta enn om dagen.

I figur 15 er hyppigheten av de mulige inversjonene i 100 m og i 200 m fordelt over 12 vindretningssektorer og vist som prosent av antallet mulige inversjoner i nivået totalt.



Figur 15: Hyppighet av ekko-økning i 200 m og i 100 m fordelt på 12 vindretningssektorer.

Av figuren fremgår at i 100 m nivå var det oftest under sørøstlig vindretning det forekom tilfeller med ekko-økning. For 200 m nivå var fordelingen over vindretninger mer uniform.

Den observerte sjiktningen i 100 m nivå kan være et resultat av ruhetselementer på bakken. Støy fra faste gjenstander og trafikk vil antagelig ha større effekt for 100 m nivået enn for 200 m nivået.

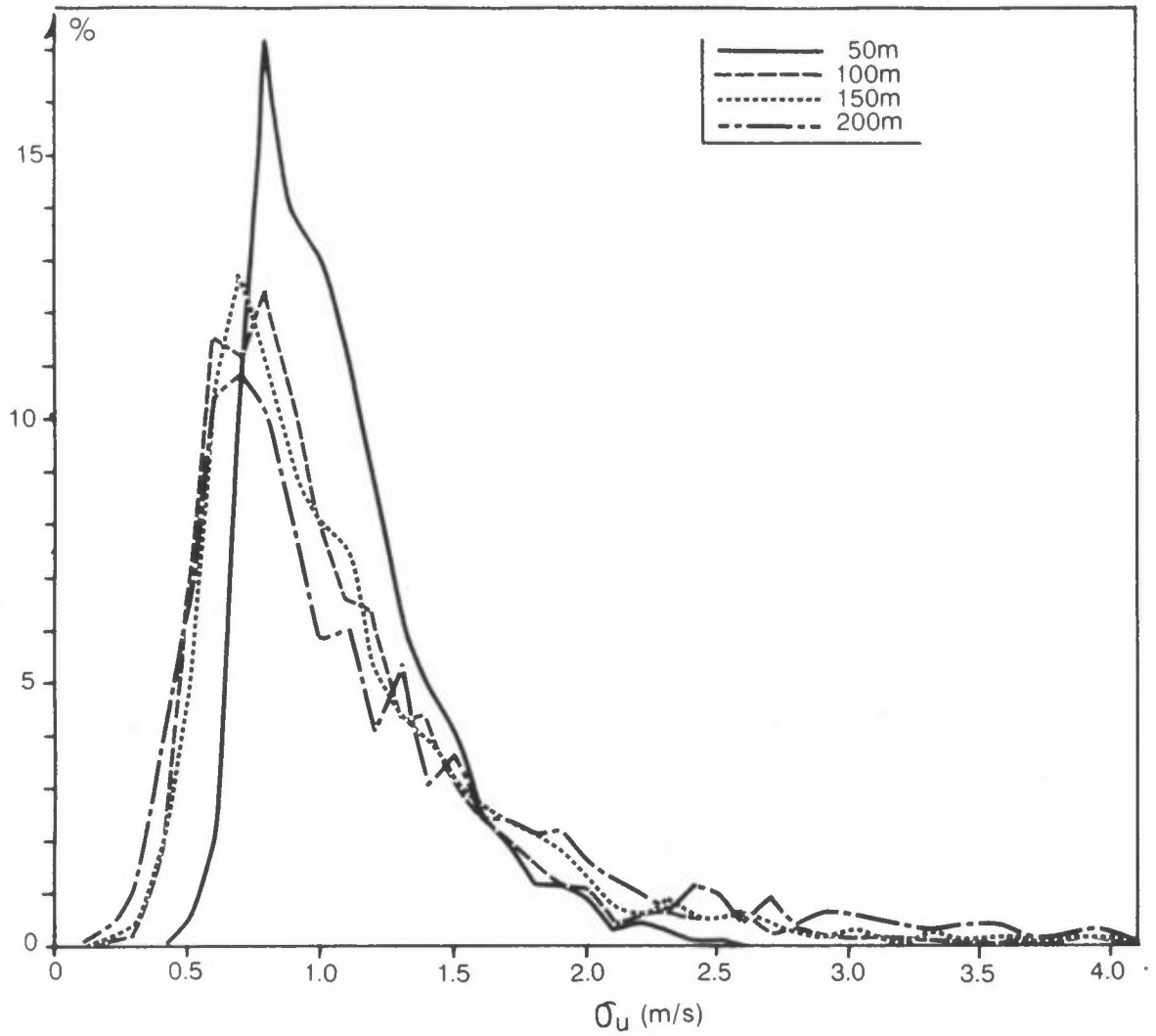
6.4 TURBULENS

Målingene med SODAR av individuelle retursignaler over innsamlings-tiden på en time gir timesmiddelverdier av tre vindkomponenter og ekkostyrke. For vindkomponentene regner SODAR'en også ut standardavviket for retursignalene som utgjør middelverdien. Standardavvikene kan brukes som et kombinert mål på meandering av vindvektoren og turbulensen. Standardavviket langs vindvektoren, σ_u , og på tvers av vindvektoren, σ_v , er beregnet fra standardavvikene langs de faste aksene (kapittel 4). Standardavviket av vertikalhastigheten, σ_w , kan brukes uten omregning.

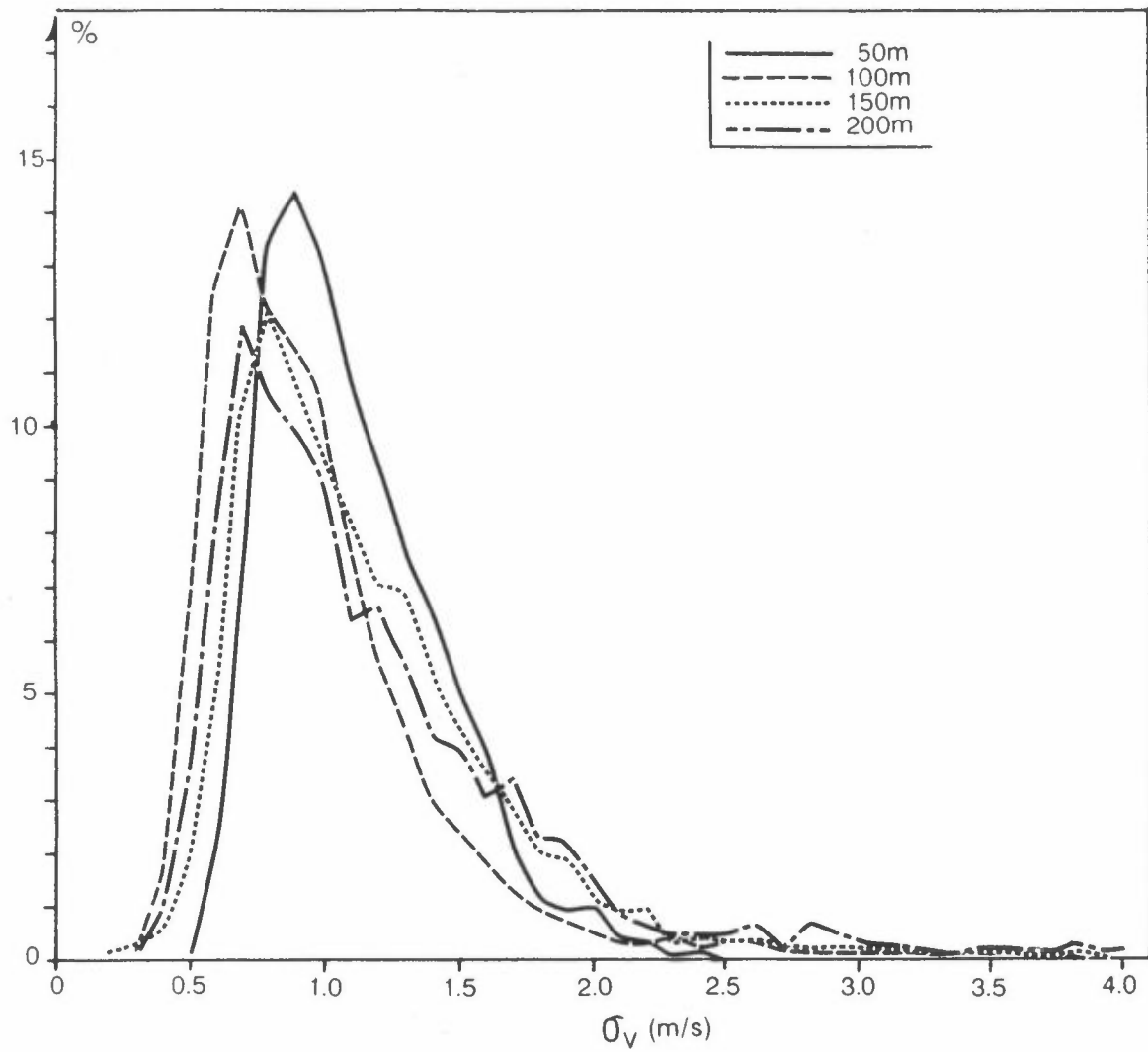
Frekvensfordelingene av σ_u , σ_v og σ_w er vist i figur 16, 17 og 18 for fire forskjellige nivåer. Figurene viser at det er færre lave sigma-verdier i 50 m nivået enn i de andre nivåene. Dette skyldes antagelig ruhetselementer på bakken. Det er også færre høye sigmaverdier i 50 m nivået enn i de andre nivåene, antagelig fordi det også er færre tilfeller med høye vindstyrker. Dette er vist i figur 19, der frekvensfordelingen av relativ turbulens, (σ_u/u) , (σ_v/u) , (σ_w/u) er vist for 50 m og 200 m nivå.

Den kumulative fordeling av σ_u , σ_v og σ_w er vist i figur 20, framstilt i et skjema for lognormalfordeling. Avviket fra lognormalfordelingen ser ut til å være størst for de største sigmaverdiene.

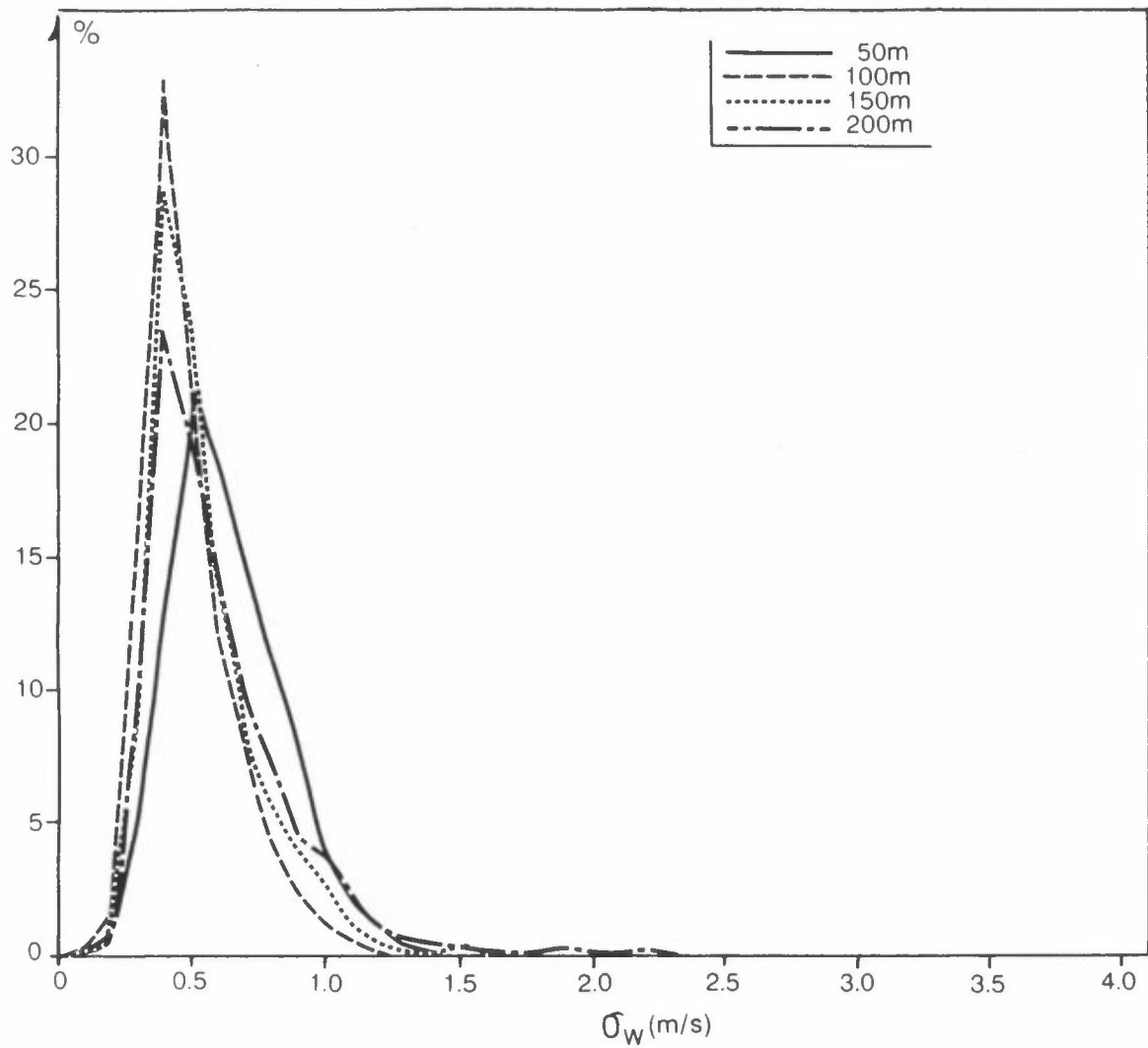
Standardavviket av vertikalhastighet i 100 m nivå er fordelt over færre verdier, og er mindre i gjennomsnitt, enn i de øvrige nivåene. I 100 m nivået var det også størst forekomst av små vertikalhastigheter.



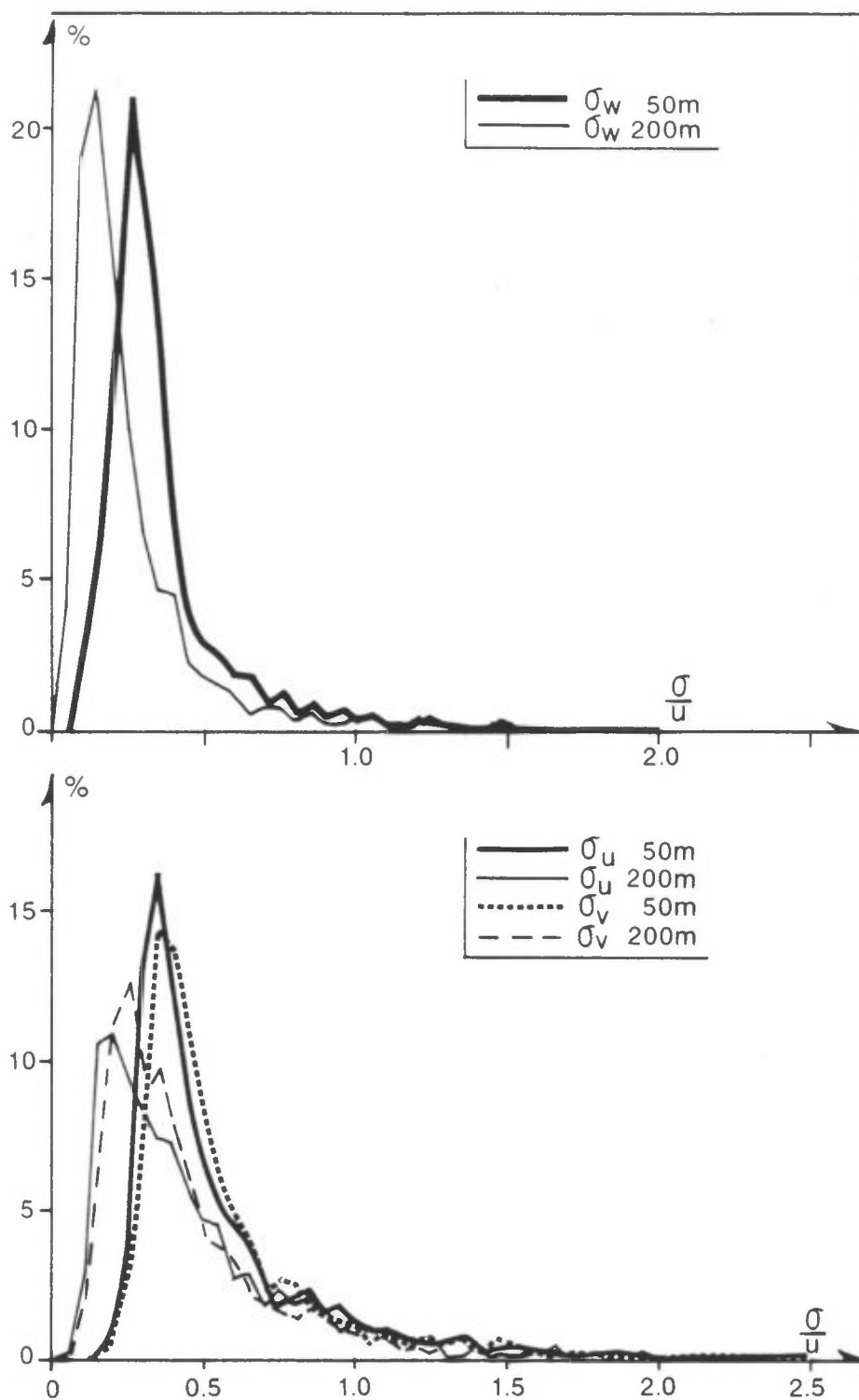
Figur 16: Frekvensfordeling av standardavvik langs horisontal vindvektor (σ_U) for 4 nivåer som prosent av totalt antall observasjoner i nivået.



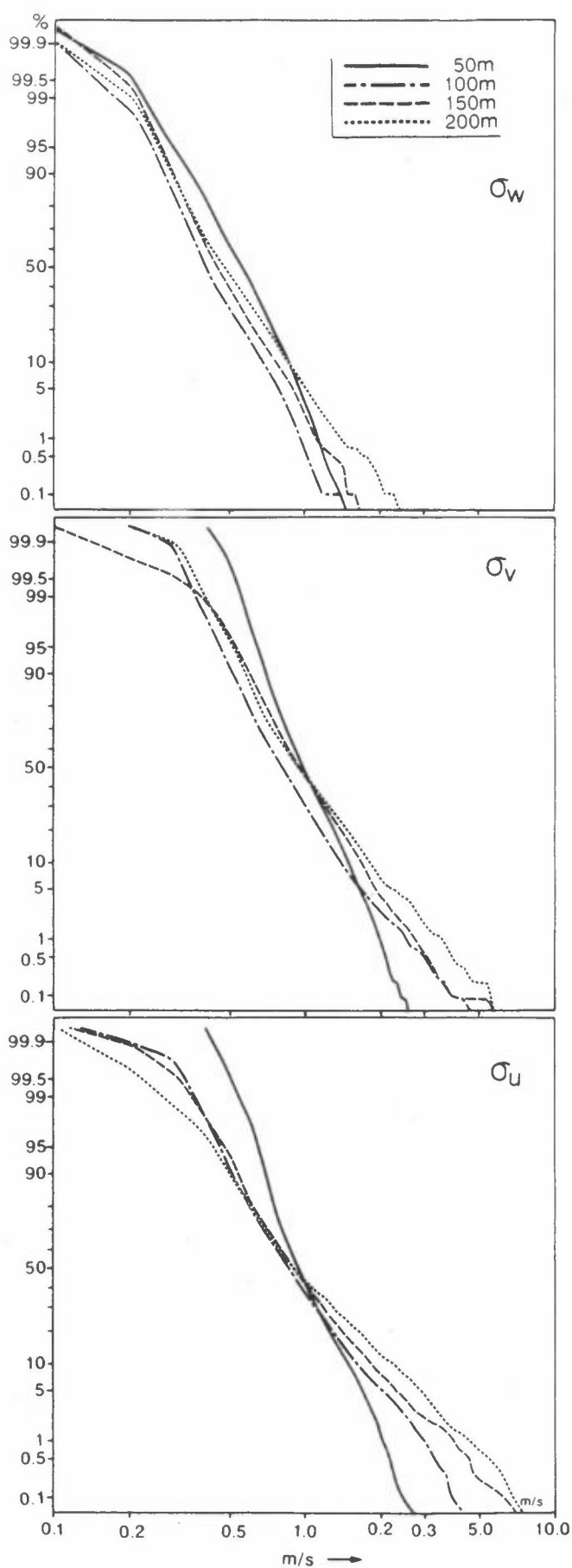
Figur 17: Frekvensfordeling av standardavvik på tvers av horisontal vindvektor (σ_V) for 4 nivåer som prosent av totalt antall observasjoner i nivået.



Figur 18: Frekvensfordeling av standardavvik av vertikalhastigheten (σ_w) for 4 nivåer som prosent av totalt antall observasjoner i nivået.

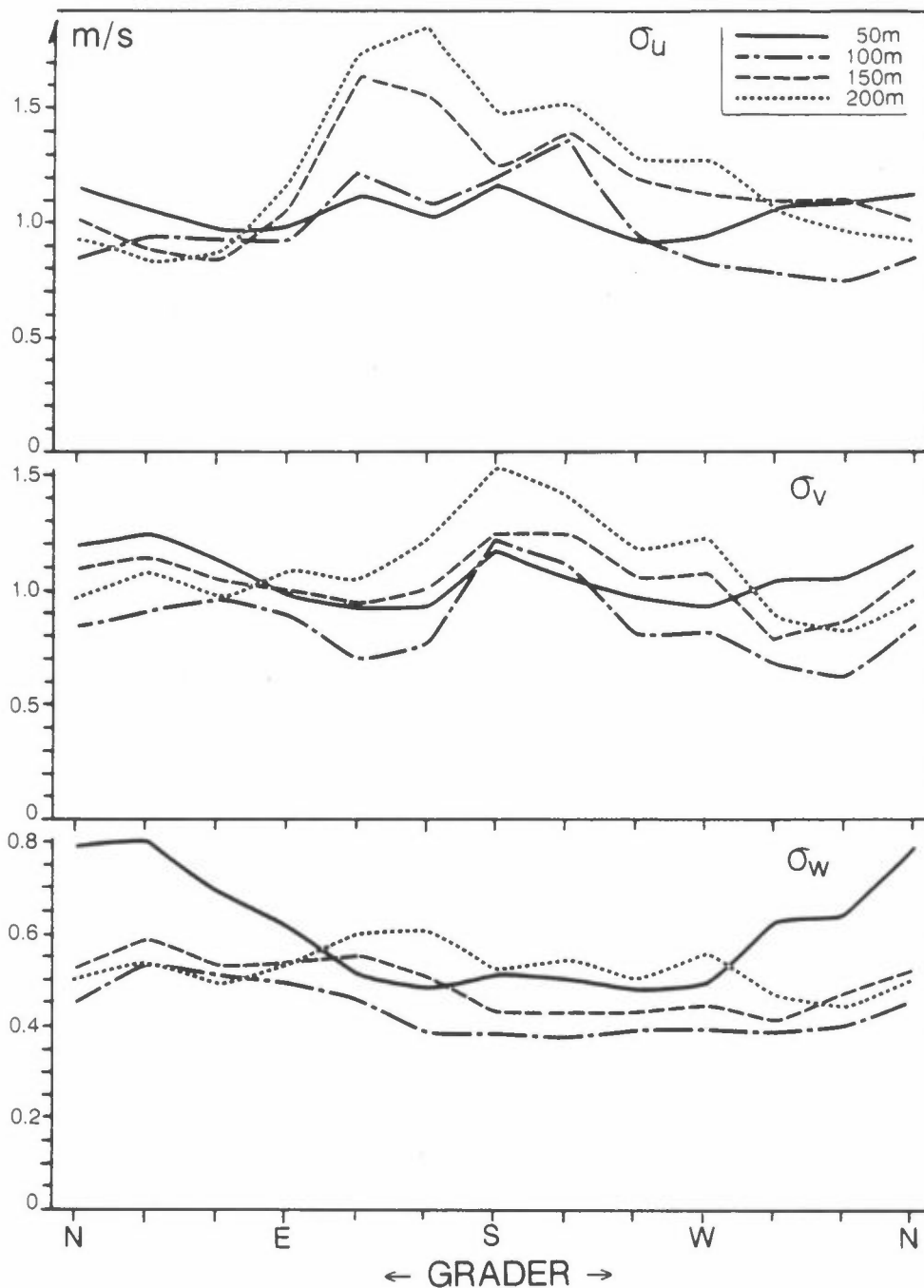


Figur 19: Frekvensfordeling av relativt standardavvik σ_u/u , σ_v/u og σ_w/u for 50 m nivå og 200 m nivå som prosent av totalt antall observasjoner.



Figur 20: Kumulativ frekvensfordeling av σ_v , σ_u og σ_w for 4 nivåer.

Figur 21 viser retningsavhengigheten av sigmaverdiene, framstilt som middelerverdier for 12 vindretningssektorer.



Figur 21: Gjennomsnittlig standardavvik av horisontal og vertikal bevegelse for 12 vindretningssektorer og 4 høyder.

De horisontale sigmaverdiene varierer mindre med vindretningen i 50 m enn i de andre nivåene. σ_w varierer mer med vindretningen i 50 m enn i de andre nivåene, og er størst i middelerdi for nordlig vindretning. Middelerdiene av σ_v er størst for sørlig vindretning.

Figur 22 viser retningsavhengigheten til de relative standardavvikene (σ_u/u), (σ_v/u) og (σ_w/u).

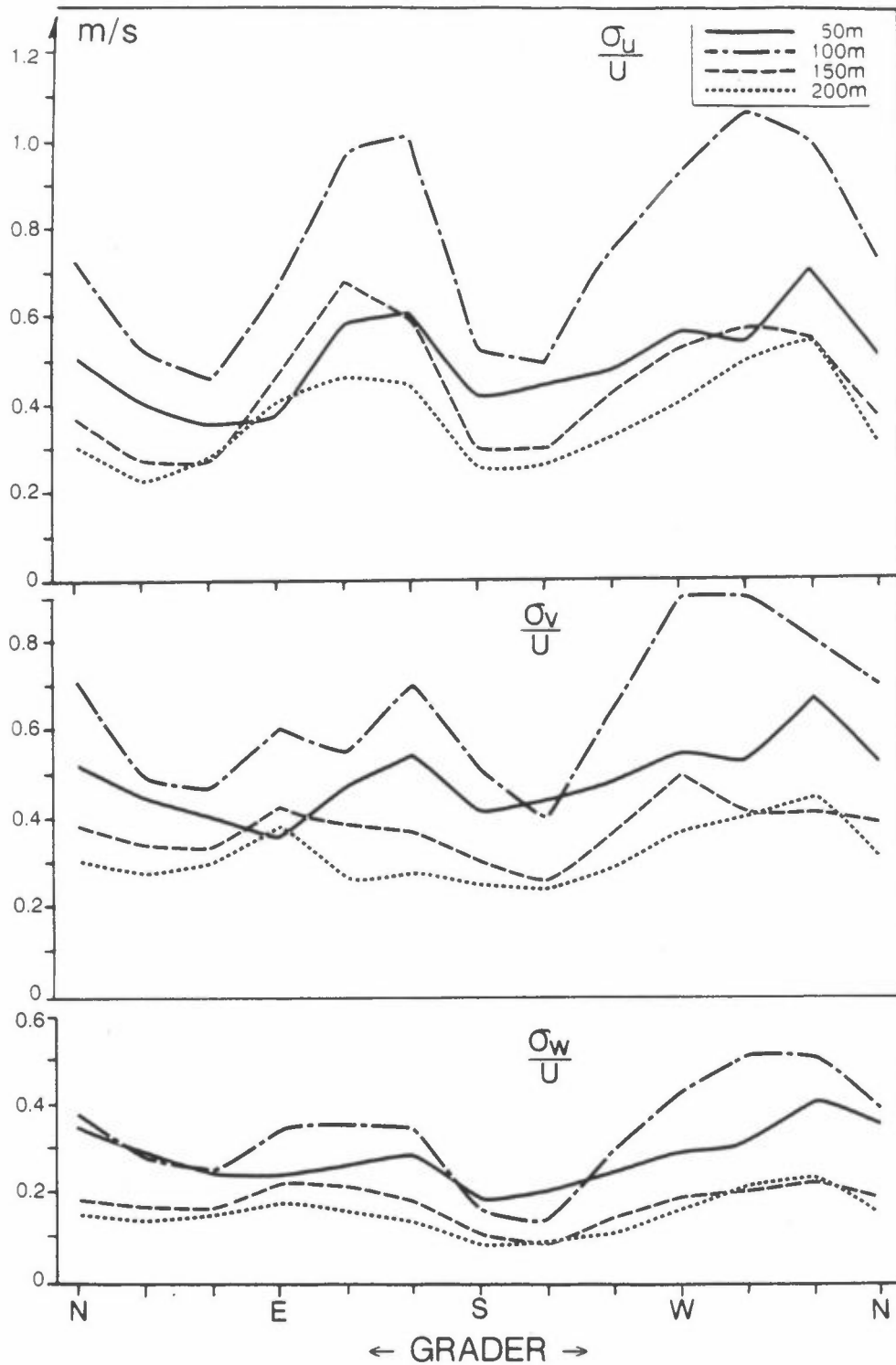
De største verdiene finner vi i 100 m nivå, hvor vi også har den svakeste midlere vindstyrken. Over 100 m nivå avtar de relative standardavvikene med høyden. For alle nivåer er de gjennomsnittlige relative standardavvikene størst for vindretninger fra sørøst og nordvest.

7 DISKUSJON

Målingene ble gjennomført på et sted som var lite egnet for SODAR-instrumentet. Byområdet er en kilde til støy og uønskede refleksjoner av lydsignalene. Til tross for dette har instrumentet gitt svært detaljerte opplysninger om luftbevegelsen fra 50 m til 200 m over bakken.

Hovedvindretningene er fra sør-sørvest og nordøst. For den sør-sørvestlige vinden er retningsendringen med høyden relativt liten, mens den nordøstlige vinden dreier mot nord med høyden. Dette må skyldes at vinden er påvirket av kanalisering i nivåene nærmest bakken.

Det er observert et internt grensesjikt over byen i ca. 100 m høyde. Luftbevegelsen ser ut til å være lite påvirket av forholdene på bakken over dette sjiktet. Under sjiktet er vertikalbevegelsen mer preget av nedsynkende bevegelse enn over sjiktet. Målingene tyder på at vind fra sørøst og fra nordvest fører til sterkere turbulens enn ved andre vindretninger.



Figur 22: Gjennomsnittlig relativ standardavvik av vindkomponentene (σ_U/u , σ_V/u , σ_W/u) for 12 vindretningssektorer

VEDLEGG A

Vindretningsfordeling for de 7 nederste nivåene.

Tabell A1-A7 viser vindretningsfordeling målt med SODAR i perioden oktober 1986 til mars 1987. Fordelingen er vist for 12 vindretningssektorer og åtte tretimersperioder, samt for døgnet totalt.

Tabell A1: Vindretningsfordeling i 50 m nivå vinteren 1986/87.
Enhet: %.

KL:	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-1	DAY
30.	10.04	10.29	8.18	7.10	7.69	7.98	9.82	12.19	9.16
60.	20.71	22.27	18.87	13.15	11.85	14.31	19.22	19.42	17.47
90.	18.83	17.86	18.03	20.25	15.38	14.11	15.54	14.67	16.82
120.	6.07	6.09	4.82	3.97	2.49	3.48	6.95	4.96	4.85
150.	5.86	5.04	8.60	6.05	5.41	4.70	6.13	7.85	6.20
180.	12.55	15.55	18.45	15.03	14.55	20.04	17.59	15.50	16.17
210.	9.83	8.82	12.37	15.03	14.97	12.07	7.98	9.30	11.29
240.	4.60	5.67	3.98	11.48	18.71	12.68	5.73	6.61	8.69
270.	5.65	2.31	2.94	3.55	3.12	3.27	5.52	3.10	3.69
300.	.84	1.68	1.05	1.88	2.91	2.04	1.84	2.27	1.82
330.	1.46	.63	1.26	.63	1.66	2.25	1.64	.83	1.30
360.	3.56	3.78	1.47	1.88	1.25	3.07	2.04	3.31	2.54

Tabell A2: Vindretningsfordeling i 75 m nivå vinteren 1986/87.
Enhet: %.

KL:	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-1	DAY
30.	18.83	19.75	13.63	12.53	13.10	15.95	20.45	20.25	16.82
60.	23.22	23.32	28.30	20.88	18.71	18.61	22.09	22.31	22.16
90.	7.32	9.45	9.64	10.44	6.86	6.75	5.73	6.20	7.79
120.	4.18	3.15	3.14	3.34	2.08	2.25	3.27	2.89	3.04
150.	3.35	2.94	6.92	5.22	2.70	4.70	2.45	3.51	3.97
180.	5.44	6.93	11.32	11.06	14.14	12.07	9.20	8.26	9.81
210.	9.62	10.08	9.43	16.70	18.09	16.77	12.88	12.19	13.24
240.	5.44	4.83	4.19	8.98	8.94	5.73	5.93	4.55	6.07
270.	2.51	2.73	4.19	2.71	3.74	4.70	4.91	4.55	3.76
300.	4.18	3.36	2.52	2.71	4.16	4.09	4.70	4.96	3.84
330.	3.56	3.36	1.47	2.92	3.33	4.50	4.29	2.27	3.22
360.	12.34	10.08	5.24	2.51	4.16	3.89	4.09	8.06	6.28

Tabell A3: Vindretningsfordeling i 100 m nivå vinteren 1986/87.
Enhet: %.

KL:	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-1	DAY
30.	19.46	17.02	15.51	10.46	11.25	12.68	18.85	20.45	15.71
60.	21.34	24.16	25.37	23.01	18.12	17.59	19.88	21.07	21.30
90.	6.49	8.82	7.76	8.79	6.67	6.34	6.97	7.23	7.38
120.	5.65	3.57	4.40	3.14	4.58	4.29	4.92	4.55	4.39
150.	3.77	4.41	8.39	7.74	6.04	5.93	4.30	3.72	5.53
180.	7.11	8.82	11.53	12.34	13.75	12.27	9.63	8.88	10.55
210.	10.04	11.13	8.18	14.23	17.08	13.29	11.07	11.36	12.05
240.	4.18	3.36	5.66	8.16	6.25	5.73	4.30	4.55	5.27
270.	3.56	2.10	3.35	2.51	3.75	3.07	2.66	2.07	2.88
300.	2.30	1.89	1.47	2.30	3.54	4.70	3.28	3.10	2.83
330.	4.81	4.41	3.35	3.14	3.54	5.93	4.92	3.93	4.26
360.	11.30	10.29	5.03	4.18	5.42	8.18	9.22	9.09	7.84

Tabell A4: Vindretningsfordeling i 125 m nivå vinteren 1986/87.
Enhet: %.

KL:	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-1	DAY
30.	18.83	15.47	15.91	13.20	12.16	16.70	19.75	17.39	16.26
60.	21.76	25.85	25.00	21.03	19.04	16.92	18.93	21.12	21.19
90.	5.65	6.36	8.41	7.83	6.19	4.50	5.14	4.14	5.99
120.	2.72	4.24	4.55	4.70	4.36	3.64	4.32	4.76	4.15
150.	4.81	3.60	3.86	4.03	6.19	3.21	3.70	5.18	4.31
180.	10.25	9.96	12.95	13.20	9.86	12.42	12.14	13.66	11.81
210.	10.04	11.23	14.09	22.60	24.08	20.34	16.67	13.87	16.50
240.	5.65	5.93	5.00	4.92	4.82	5.78	5.56	5.18	5.37
270.	3.35	3.18	2.27	2.01	2.98	2.57	2.26	1.45	2.51
300.	2.51	.85	1.82	1.79	1.83	2.14	1.85	2.90	1.97
330.	2.51	2.12	1.36	1.79	3.21	2.78	2.67	2.69	2.40
360.	11.92	11.23	4.77	2.91	5.28	8.99	7.00	7.66	7.55

Tabell A5: Vindretningsfordeling i 150 m nivå vinteren 1986/87.
Enhet: %.

KL:	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-1	DAY
30.	19.11	16.67	18.29	12.19	13.56	18.27	18.66	16.92	16.94
60.	20.17	23.33	24.57	22.81	23.73	19.50	17.94	20.88	21.48
90.	6.16	8.44	10.86	9.38	6.10	4.64	6.22	5.05	7.04
120.	2.12	3.78	4.29	6.56	5.76	4.64	5.74	3.08	4.32
150.	4.46	6.00	8.00	9.38	7.12	7.12	8.13	7.25	7.04
180.	14.23	12.22	15.14	19.06	20.00	19.50	13.40	14.95	15.64
210.	7.22	5.78	4.29	10.62	11.53	8.98	9.57	9.45	8.27
240.	4.67	3.33	3.71	1.88	4.41	2.79	3.59	5.05	3.76
270.	2.76	3.78	3.71	1.56	.68	3.10	3.59	1.98	2.73
300.	3.61	2.00	.86	1.88	1.36	1.24	1.44	1.54	1.82
330.	2.12	2.00	1.14	1.25	1.36	2.79	3.59	4.62	2.47
360.	13.38	12.67	5.14	3.44	4.41	7.43	8.13	9.23	8.50

Tabell A6: Vindretningsfordeling i 175 m nivå vinteren 1986/87.
Enhet: %.

KL:	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-1	DAY
30.	18.38	19.07	19.54	15.97	15.26	14.09	17.81	14.40	17.07
60.	15.54	20.05	18.77	15.97	21.05	14.09	18.75	18.77	17.87
90.	6.35	7.82	12.26	7.98	5.79	6.36	6.56	7.20	7.49
120.	4.81	4.40	6.90	8.82	7.37	5.91	6.56	6.68	6.16
150.	5.03	5.62	12.26	11.34	10.53	9.09	10.31	6.94	8.25
180.	11.38	9.78	10.34	18.07	18.95	22.27	12.19	11.83	13.37
210.	7.88	6.85	3.45	10.50	12.11	7.27	6.25	6.94	7.41
240.	4.81	3.67	3.07	2.10	2.63	2.27	2.19	5.91	3.62
270.	3.50	2.69	1.92	.84	1.05	2.73	3.44	3.86	2.74
300.	3.50	4.89	3.07	3.36	.00	2.27	1.88	2.83	2.98
330.	4.81	3.42	2.30	2.10	1.58	3.64	2.81	5.40	3.54
360.	14.00	11.74	6.13	2.94	3.68	10.00	11.25	9.25	9.50

Tabell A7: Vindretningsfordeling i 200 m nivå vinteren 1986/87.
Enhet: %.

KL:	2-4	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-1	DAY
30.	17.41	15.90	18.23	15.50	14.77	12.24	17.39	18.25	16.75
60.	14.68	17.34	13.81	11.63	11.36	14.29	15.22	13.50	14.57
90.	6.97	8.67	9.39	9.30	10.23	6.12	5.98	6.93	7.76
120.	6.72	5.49	9.39	7.75	2.27	5.10	8.15	7.30	6.76
150.	6.47	5.78	9.39	11.63	10.23	8.16	10.33	9.85	8.28
180.	11.44	10.69	9.94	14.73	20.45	18.37	8.70	12.77	12.16
210.	7.46	6.07	8.84	12.40	18.18	13.27	8.70	5.47	8.40
240.	3.23	4.62	2.21	.00	4.55	2.04	3.26	4.74	3.41
270.	2.49	1.73	3.87	3.10	2.27	4.08	4.35	3.28	2.94
300.	4.48	4.91	3.87	3.10	.00	3.06	1.63	3.28	3.58
330.	4.98	5.49	3.31	2.33	.00	3.06	3.80	5.84	4.35
360.	13.68	13.29	7.73	8.53	5.68	10.20	12.50	8.76	11.05

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

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORTNR. TR 16/88	ISBN-82-7247-999-0	
DATO SEPTEMBER 1988	ANSV. SIGN. <i>J. Schjoldager</i>	ANT. SIDER 38	PRIS Kr 60,-
TITTEL SODAR målinger i Oslo, vinteren 1986/87		PROSJEKTLEDER	
		NILU PROSJEKT NR. O-8545	
FORFATTER(E) D.A. Tønnesen		TILGJENGELIGHET	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn (SFT) Postboks 8100 Dep 0032 Oslo 1			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Meteorol.data Atmos.grenselag Tettsteder			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Vindfeltet over sentrum i Oslo ble målt ved hjelp av vet akustisk instrument (SODAR). De innsamlede data gir god informasjon om luftbevegelsen opp til 200 m høyde over bakken. Over 200 m høyde er informasjonsmengden liten. Hyppige sjiktninger ble funnet i 100 m og 200 m høyde. Bygnings- og gatestruktur influerer luftbevegelsen opp til 100 m over bakken.			

TITLE SODAR measurements in Oslo, winter 1986/87
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines) The airflow over central Oslo was measured using an accoustic sounder (SODAR). The collected data give good information on air-movement up to 200 m above ground. Above 200 m the information is scarce. Frequent stratification layers where found 100 m and 200 m above ground. The lineout of streets and buildings influence air-movement up to approximately 100 m above ground.

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