

# Havforskning fra Miljøstyrelsen

Nr. 2 1991

## Danmarks vindklima fra 1870 til nutiden



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

## **Om Hav-90 forskningsprogrammet**

### **Hav-90 forskningsprogrammet skal**

- bidrage til at evaluere effekterne af den iværksatte Vandmiljøplan.**
- styrke beslutningsgrundlaget for de forholdsregler, der skal tages i fremtiden for at imødegå stigende eutrofiering – og dermed beskytte havmiljøet omkring Danmark.**

Denne rapport er én af de ca 45 rapporter, der udsendes som et resultat af Hav-90 forskningsprogrammet. Med Miljøstyrelsen som ansvarlig for programmets gennemførsel, er der sat ca 50 Hav-90 projekter i gang ved 15-20 institutioner.

I forbindelse med Folketingets vedtagelse af Vandmiljøplanen i 1987, blev det aktuelt at få en bedre forståelse af de fysiske og kemiske processer samt de biologiske effekter i de danske havområder. Herudover var der behov for en undersøgelse af, hvilken påvirkning der sker i havområderne ved tilførsel af forurenende stoffer fra atmosfæren og de tilstødende udenlandske farvande. På baggrund heraf fandt vi det hensigtsmæssigt at udvikle modeller til beskrivelse af vand- og stoftransporten samt selve stofomsætningen i de danske farvande.

Med henblik på at skabe en større viden indenfor dette område/de danske havområder besluttede Folketinget – i forbindelse med Vandmiljøplanens vedtagelse – at afsætte 85 mio.kr. til et forskningsprogram, der skulle løbe over en 5-årig periode fra 1988 til udgangen af 1992.

I 1987 nedsatte Miljøministeren derfor et rådgivende ekspertorgan, der skulle bistå Miljøstyrelsen, dels ved planlægning af den fremtidige havmiljøforskning, og dels ved at sikre en såvel faglige som økonomiske afvejning af denne forskning. Forskningen blev delt i 4 hovedområder, og der blev nedsat 4 koordinationsgrupper, som hermed har fået faglig ansvar for hvert sit område:

- Stofomsætningen og -transporten i kystvandene, herunder belastningernes effekt på samme**
- Stofomsætningen i de frie vandmasser**
- Sedimentets rolle i stofomsætningen**
- Meterologiske processers betydning for eutrofieringsforholdene**

Rapporterne udsendes i serien: «Havforskning fra Miljøstyrelsen».

Miljøstyrelsens Vandkvalitetskontor har været sekretariat for Hav-90 forskningsprogrammet, og har sammen med koordinationsgrupperne stået for redaktionen af denne rapportserie.

# **Havforskning fra Miljøstyrelsen**

**Nr. 2 1991**

## **Danmarks vindklima fra 1870 til nutiden**

Leif Kristensen  
Forskningscenter Risø

Knud Frydendahl  
Danmarks Meteorologiske Institut

Miljøministeriet  
**Miljøstyrelsen**



# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>1 Indledning</b>	<b>9</b>
<b>2 Observationsmaterialet</b>	<b>9</b>
<b>3 Dataene</b>	<b>16</b>
3.1 Månedshistogrammerne . . . . .	17
3.2 DMI's database . . . . .	19
<b>4 Analyser</b>	<b>21</b>
4.1 En sammenligning . . . . .	21
4.2 Regionsgennemsnit . . . . .	23
<b>5 Slutning</b>	<b>33</b>
<b>A Stationerne</b>	<b>37</b>
A.1 Bovbjerg, 56°31'N 08°07'E . . . . .	38
A.2 Christiansø, 55°19'N 15°11'E . . . . .	39
A.3 Fjaltring, 56°28'N 08°08'E . . . . .	39
A.4 Fornæs, 56°27'N 10°58'E . . . . .	40
A.5 Gedser, 54°34'N 11°58'E . . . . .	40
A.6 Hammershus Fyr, 55°17'N 14°47'E . . . . .	41
A.7 Hanstholm, 57°07'N 08°36'E . . . . .	42
A.8 Hesselø, 56°12'N 11°43'E . . . . .	43
A.9 Hirsholmene, 57°29'N 10°38'E . . . . .	43
A.10 Hirtshals, 57°35'N 09°57'E . . . . .	44
A.11 Højden Fyr, 57°45'N 10°34'E . . . . .	45
A.12 Kandestederne, 57°39'N 10°24'E . . . . .	46
A.13 Møn, 54°57'N 12°33'E . . . . .	46
A.14 Møn SE fyrskib, 54°48'N 12°47'E . . . . .	47
A.15 Nakkehoved, 56°07'N 12°21'E . . . . .	47
A.16 Omø, 55°10'N 11°08'E . . . . .	48
A.17 Romsø, 55°31'N 10°48'E . . . . .	48
A.18 Rubjerg Knude, 57°27'N 09°47'E . . . . .	49
A.19 Røsnæs, 55°45'N 10°52'E . . . . .	50
A.20 Skagen, 57°44'N 10°38'E . . . . .	50
A.21 Spøsbyjerg, 55°59'N 11°51'E . . . . .	51
A.22 Stevns, 55°17'N 12°27'E . . . . .	52
A.23 Thyborøn, 56°42'N 08°13'E . . . . .	52
A.24 Tylstrup, 57°11'N 09°57'E . . . . .	53
A.25 Vesborg, 55°46'N 10°33'E . . . . .	54
A.26 Vestervig I, 56°46'N 08°19'E . . . . .	54
A.27 Vestervig II, 56°46'N 08°19'E . . . . .	55
A.28 Vesterø Havn, Læsø, 57°18'N 10°56'E . . . . .	55
A.29 Åholm, 57°16'N 10°04'E . . . . .	55
<b>Litteraturliste</b>	<b>57</b>



# Forord

I september 1988 indgik Miljøstyrelsen og Forskningscenter Risø i et samarbejde, således at Risø påtog sig ansvaret for bearbejdelsen og analysen af data fra Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) med henblik på at studere „Danmarks Vindklima fra 1870 til nutiden“, projekt Hav90/4-03. Den klimatologiske ekspertise på DMI blev inddraget ved et samarbejde mellem DMI og Risø.

Ifølge samarbejdssamtalen mellem Miljøstyrelsen og Risø skulle arbejdet have været afsluttet og rapporteret med udgangen af marts 1990, men på grund af uforudsete vanskeligheder med det tilgrundliggende datamateriale, var data først færdigbearbejdet i august 1990. Der er tilsvarende sket en forsinkelse på 9 måneder med rapporteringen.

Vi vil ved denne lejlighed takke specielt Miljøstyrelsen for dens opbakning og dens prisværdige initiativer til at samle de videnskabelige grupper, som har udført opgaver under projektet Hav90. Endvidere takker vi vores kolleger Morten Frederiksen og Lars Landberg for deres hjælp til at udnytte vindstatistikprogrammet WASP og Niels Gylling Mortensen for hans store indsats med hjælp til opsætningen af denne rapport.



# Sammendrag

Ved hjælp af digitaliserede månedshistogrammer af vindretninger- og styrker fra omkring 1870 til omkring 1970 og vejr- og klimadata fra Danmarks Meteorologiske Instituts database er der fremstillet „aflusede“ månedshistogrammer, der uden huller dækker perioden fra omkring 1870 til udgangen af 1988 for 15 kystnære stationer. Stationerne er placeret således, at de vindklimatologisk dækker Nordsøen, Skagerak, Kattegat, Storebælt og Østersøen. Ved fortolkning af vindstyrkerne 0 – 12 til fysiske enheder har vi anvendt CMM IV skalaen i stedet for den officielle WMO 1100 skala, idet denne tilsyneladende giver for hyppige både store og små vindhastigheder. Der er for hver station gjort nøje rede for observationstider og for hvilke data, der er anvendt til erstatning af manglende data. Der er foretaget analyser, som viser, at vindstyrkerne er observeret med en nøjagtighed, der svarer til omkring  $2 \text{ m s}^{-1}$  for de fleste datas vedkommende. Data viser, at den årlige middelvindretning havde anomalier i 1937 og 1960, hvilket kan bekræftes af uafhængige undersøgelser. Endvidere synes data at vise, at hyppigheden af vindstyrker større end 9, svarende til storm, er faldet fra omkring 2% af tiden i 1880 til omkring 0.5% hundrede år senere.



# 1 Indledning

Det marine miljø og dermed livsbetingelserne i Kattegat og de øvrige indre danske farvande synes at være under ændring. Som et bidrag til diskussionen, om denne ændring skyldes en stigende nitrificering fra landbrugets gødskning, eller om den kan begrundes med, at der er et faldende antal store storme, således at hyppigheden af langvarige ildsvind er stigende, har vi undersøgt Danmarks vindklima over en periode på omkring 125 år ved hjælp af vindobservationer fra 15 danske fyrtårne. Det skulle således være muligt at vurdere, hvor ofte og hvor i denne periode der har forekommet vindhastigheder over f.eks.  $20 \text{ m s}^{-1}$ , og dermed at bedømme, om der har været tale om en signifikant ændring af det danske vindklima og en deraf følgende ændring af miljøet i de indre danske farvande. Vindobservationerne indeholder også information om vindretninger, og det er muligt, at det materiale, vi bringer, også kan bidrage til at undersøgelsen af strømmen af tungt næringsrigt vand fra Nordsøen via Skagerak ind i Kattegat, den såkaldte „Jyllandsstrøm“.

I det følgende vil vi beskrive observationsmaterialet, forklare, hvorledes vi har forbehandlet det, og i hvilket format, det vil blive præsenteret for potentielle brugere. Vi vil slutte med, uden at foregrise resultatet af alle mulige undersøgelser, i hvilket vort materiale vil indgå, at forsøge at drage vore egne konklusioner vedrørende Danmarks vindklima fra omkring 1870 til 1988.

# 2 Observationsmaterialet

## *Fyrstationerne*

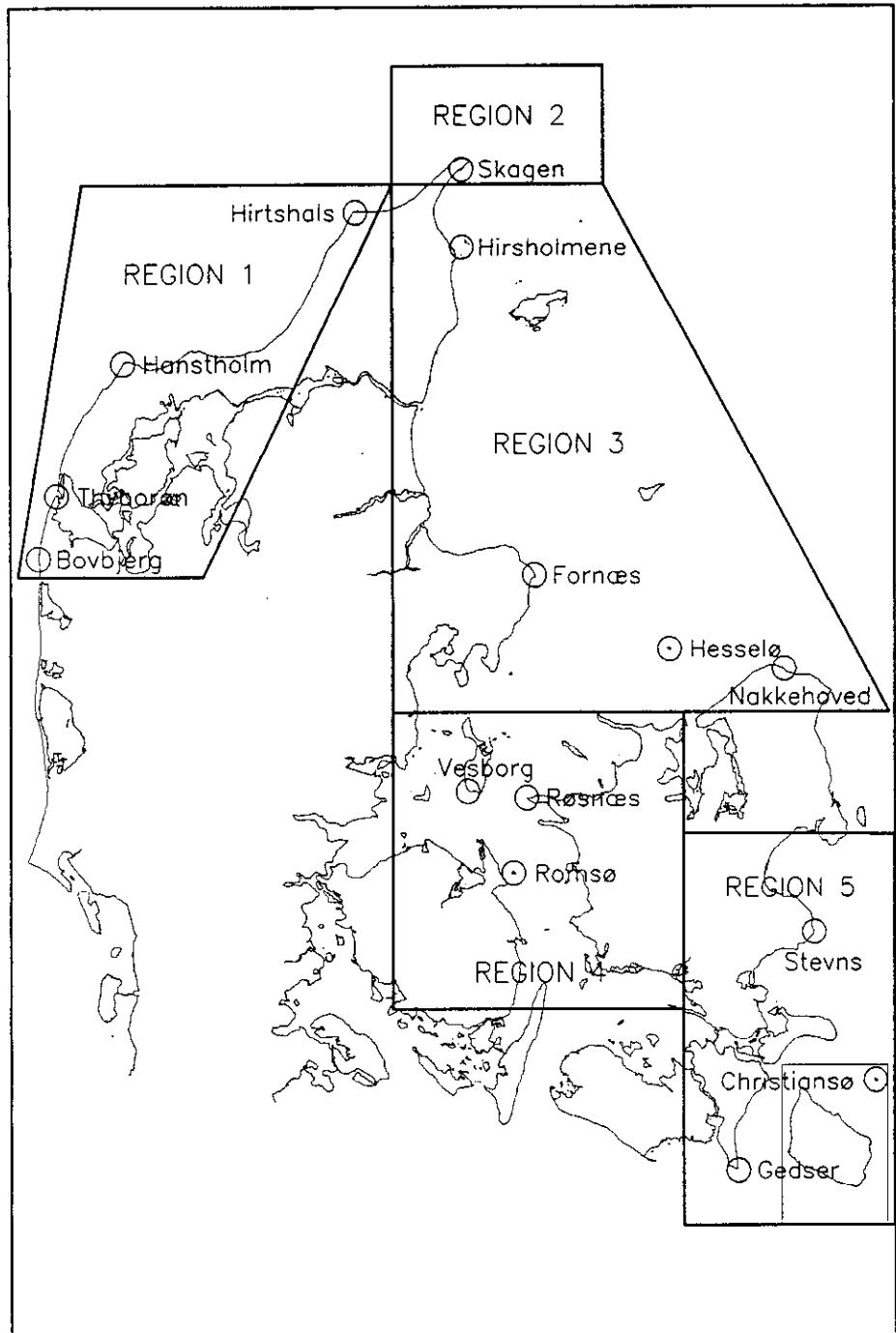
Figur 1 viser positionerne af de 15 fyrtårne, vi har data fra. Bevæger vi os omtrentligt fra vest mod nord og øst, vil vi lade Bovbjerg, Thyborøn, Hanstholm og Hirtshals repræsentere Nordsøen og Skagerak, som vi vil kalde region 1. Skagen eller region 2, beskriver forholdene på overgangen mellem Skagerak og Kattegat, mens Hirsholmene, Fornæs, Hesselø og Nakkehoved under fællesnavnet region 3 karakteriserer Kattegat. Region 4, som består af Vesborg, Røsnæs og Romsø, beskriver Storebæltområdet. Endelig bruger vi Stevns, Gedser og Christiansø til at repræsentere Østersøen under navnet region 5. Ud over disse hovedstationer har vi brugt observationer fra andre stationer for at „lappe huller“ i data fra de 15 hovedstationer. Disse hjælpestationer er Lyngvig, Vestervig, Fjaltring, Tylstrup, Rubjerg Knude og Kandestederne i region 1, Læsø, Anholt, Anholt Knob og Spodsbjerg i region 3, Omø i region 4 og 5 og Møn og Hammershus Fyr i region 5.

## *Visuelle og instrumentelle observationer*

Indtil omkring slutningen af 1950’erne var vindobservationerne visuelle og bestod af en subjektiv vurdering af vindens styrke og retning. Derefter kom der efterhånden anemometre på stationerne. Hovedparten af datamaterialet består altså af visuelle observationer.

## *Direktør Hoffmeyer*

Det forholder sig sådan, at da Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) i 1872 begyndte sin virksomhed, mente den daværende direktør, Niels H. C. Hoffmeyer, at observatorerne ikke kunne skelne pålideligt mellem ret mange vindstyrker. Derfor besluttede man (i lighed med mange andre meteorologiske tjenester), at der skulle observeres efter en



*Figur 1. Positionerne af de 15 observationssteder. De 5 regioner er markeret.*

skala, der gik fra 0 (windstille) til 6 (orkan).

#### Vindstyrke

Imidlertid benyttede marinen og fyrvæsenet på dette tidspunkt en skala fra 0 til 12, den såkaldte „søskala“, og fyrstationerne (bortset fra Thyborøn indtil 1911 og sandsynligvis Nakkehoved indtil 1878) bibeholdt den ved de observationer, som blev indsendt til DMI. Det er så heldigt, at alle observationsinstruktionerne er bevaret, så vi nøjagtigt ved, hvad der er krævet af observatoren. De væsentlige instrukser er fra 1872, hvor vindstyrkerne 11 og 12 er slæt sammen under navnet *Orkan*, 1908 og 1911.

Tabel 1. Angivelse af vindens styrke 1872 og 1908

Styrke	Beskrivelse
0	Stille
1	Laber Kuling
2	Laber Bramsejls-Kuling
3	Bramsejls-Kuling
4	Merssejls-Kuling
5	Rebet Merssejls-Kuling
6	Torebet Merssejls-Kuling
7	Trerebet Merssejls-Kuling
8	Klosrebet Merssejls-Kuling
9	Undersejlskuling
10	Storm
11	Orkanagtig Storm
12	Orkan

Tabel 2. Angivelse af vindens styrke fra 1911

Styrke	Betegnelse	Bemærkninger
0	Vindstille	Røg stiger lige op, eller gaar fra een Skorsten i een, fra en anden Skorsten i en anden Retning. Vandet i en Sø er spejlblankt.
1	Let Brise	Røgen fra flere Skorstene gaar alle i samme Retning. En Vimpel rører sig næppe.
2	Svag Kuling	Bladene paa fritstaaende Træer bevæger sig. En vimpel løftes, et Flag hænger slapt ned. En Vindmølle kan næsten ikke gaa.
3	Moderat Kuling	Kviste bevæger sig. En Vimpel strækkes, et Flag løftes. En Vindmølle kan arbejde.
4	Frisk Kuling	Grene bevæger sig. Et Flag strækkes. En Vindmølle arbejder udmærket.
5	Stiv Kuling	Store Grenne paa Træerne bevæger sig. Støvet fyger paa en tør Vej.
6	Meget stiv Kuling	Mindre Træer og store Grenne bevæger sig stærkt. Trættende at gå mod Vinden.
7	Haard Kuling	Selv store Træstammer bevæger sig, nogle Blade blæser af, svage Kviste knækkes.
8	Stormende Kuling	Træstammer bevæger sig livligt, mindre Grenne knækkes. Man standses af og til, naar man gaar mod Vinden.
9	Storm	Træstammer bevæges stærkt. Selv store Grenne kan knækkes. Man standses ofte, naar man gaar mod Vinden. Besværligt at staa stille.
10	Haard Storm	Træstammer svajer og kan knækkes. Daarlige Tage og enkelte Tagsten blæser ned. Man kan ikke staa uden af og til at maatte flytte Benene.
11	Orkanagtig Storm	Talrige ødelæggende Virkninger. Gode Tage blæser itu, Skorstene blæser ned. Træer rives op med Rode. For at staa maa man holde sig fast eller uafbrudt bevæge benene.
12	Orkan	Voldsomme ødelæggende Virkninger.

Instruktionerne fra 1911 indførtes samtidig med, at landstationerne gik over til den 12-delte skala. Således observerede alle danske meteorologiske stationer fra dette tidspunkt vind efter den samme skala. Som det ses er betegnelserne (navnene) på de forskellige vindstyrker ændret fra de tidligere klare og tydige betegnelser til nogle udflydende og svævende betegnelser, bestående af et eller andet ord for vind: brise, kuling, storm i forbindelse med et graduerende tillægsord som svag, moderat, frisk, stiv, hård ja, man danner endog graduerende tillægsord af nogle af de stærkere vindbetegnelser: stormende og orkanagtig. Senere indføres ovenikøbet dobbelte muligheder: Brise eller vind samt kuling eller blæst, og da betegnelserne af og til ændres, vil det efter 1911 være nødvendigt at benytte talbetegnelserne for vindens styrke for at undgå misforståelser.

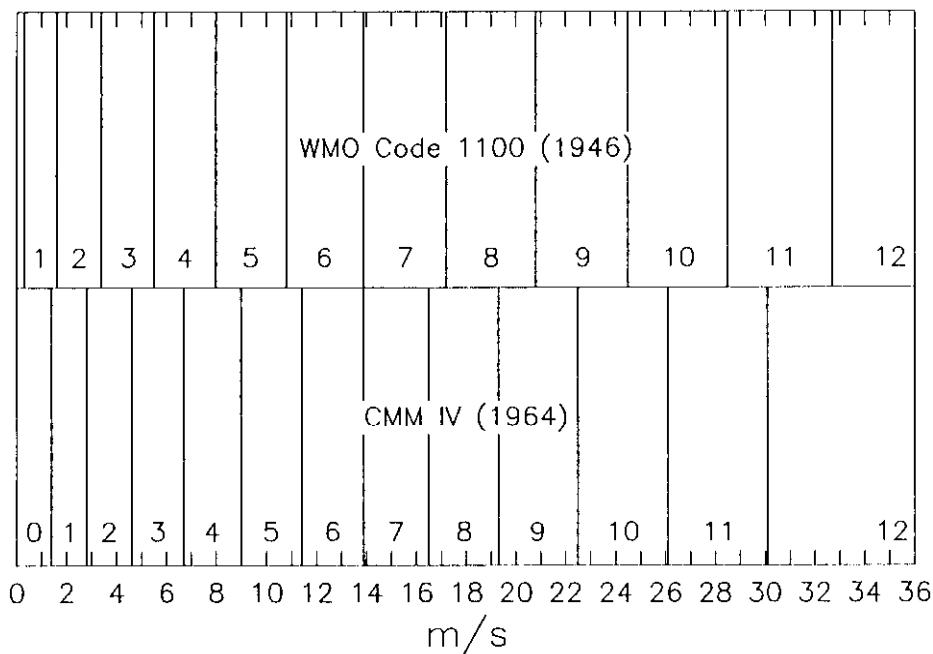
Vigtigere for observationerne end navnene er måske, at der blev indført kendetegn såsom vindens virkninger på blade, kviste, grene, træer, flag etc. til bestemmelse af vindstyrken. Det havde man hidtil ikke haft på fyrene. Dette kunne måske give anledning til en ændring i observationerne før og efter denne dato, men dette ser ikke umiddelbart ud til at være tilfældet. Disse kendetegn er i store træk ens op igennem tiderne fra 1911 til idag, så man kan sige, at man for de enkelte vindstyrker har ment det samme gennem årene. En af stationerne (Thyborøn) har dog observeret efter landskalaen (der går fra 0-6) før 1911, og dette giver visse vanskeligheder med bearbejdelsen af data. Sandsynligvis er der i perioden fra 1872 til 1878 også på Nakkehoved observeret efter denne landskala.

#### *Fortolkning af vindstyrker*

Af hensyn til den generelle anvendelighed af dataene vil det være nødvendigt at for tolke vindstyrker i fysiske enheder, dvs. som vindhastigheder i  $m\ s^{-1}$ . Endvidere består en del af vort datamateriale af observationer fra årene efter Anden Verdenskrig, hvor der har været anvendt anemometre. For at bringe disse nye observationer i fysiske enheder ( $knob$  eller  $m\ s^{-1}$ ) på samme form som de gamle vindstyrkeobservationer vil vi i dette studium være nødt til at tage stilling til, hvilken „oversættelse“, vi skal bruge ved fortolkningen af vindstyrker.

For det første må man gøre sig klart, at en vindstyrke ikke svarer til en bestemt vindhastighed, men til et vindhastighedsinterval. Undertiden anvender man dog en direkte oversættelse til en vindhastighed, men så er det underforstået, at man refererer til midten af et vindhastighedsinterval. Der har i tidens løb været mange forslag til fortolkning af vindstyrker og de har alle det tilfælles, at vindhastighedsintervallerne ikke er ækvidistante, men tværtimod vokser med stigende vindstyrker.

Kaufeld (1981) har en udmaerket diskussion for tolkningen af vindstyrke- eller Beaufortskalet, som den også kaldes efter den engelske admiral Francis Beaufort, der i 1805 konstruerede en vindstyrkeskala, delvis baseret på skibets sejlføring. Kaufeld (1981) nævner, at der eksisterer mindst 30 fortolkninger af vindstyrke til fysiske enheder ( $knob$ ,  $m\ s^{-1}$ ). Den officielle WMO skala, også kaldet WMO Code 1100, som blev vedtaget i 1946, er i virkeligheden, som Kaufeld (1981) skriver, baseret på en skala, der blev opstillet i 1906. I 1964 blev det ved et møde i „Commission for Maritime Meteorology“ under WMO, på grundlag af observationer af bølgers opvoksen og endelige størrelse, konstateret (WMO, 1970), at WMO skalaen over vindstyrke 8 angiver for store vindhastigheder. Derimod fandt man, at vindstyrker under 5 efter samme skala blev vurderet 10 til 20% for lavt i forhold til vindfeltsanalyser over



Figur 2. WMO skalaen og CMM IV skalaen.

oceaner. Følgelig blev det foreslået at anvende en ny skala, den såkaldte CMM IV skala. De to skalaer er sammenlignet grafisk i figur 2 og fremgår af nedenstående tabel. WMO er en konservativ institution, så man holder stadig officielt fast ved den gamle WMO skala, men anbefaler at bruge CMM IV skalaen i videnskabelige undersøgelser. Vi vil derfor i det følgende holde os til den.

Tabel 3. WMO skalaen og CMM IV skalaen

Vindstyrke Beaufort	WMO 1100 Nedre grænse	CMM IV Nedre grænse
0	0.0 m s <sup>-1</sup>	0.0 m s <sup>-1</sup>
1	0.3 m s <sup>-1</sup>	1.4 m s <sup>-1</sup>
2	1.6 m s <sup>-1</sup>	2.8 m s <sup>-1</sup>
3	3.4 m s <sup>-1</sup>	4.6 m s <sup>-1</sup>
4	5.5 m s <sup>-1</sup>	6.7 m s <sup>-1</sup>
5	8.0 m s <sup>-1</sup>	9.0 m s <sup>-1</sup>
6	10.8 m s <sup>-1</sup>	11.4 m s <sup>-1</sup>
7	13.9 m s <sup>-1</sup>	13.9 m s <sup>-1</sup>
8	17.2 m s <sup>-1</sup>	16.5 m s <sup>-1</sup>
9	20.8 m s <sup>-1</sup>	19.3 m s <sup>-1</sup>
10	24.5 m s <sup>-1</sup>	22.5 m s <sup>-1</sup>
11	28.5 m s <sup>-1</sup>	26.1 m s <sup>-1</sup>
12	32.7 m s <sup>-1</sup>	30.1 m s <sup>-1</sup>

Af hensyn til de ældste data fra Thyborøn og Nakkehoved angiver vi her en fortolkning (Hartby, 1981) af den såkaldte landskala, der går fra 0 til 6. Vi gør opmærksom på, at denne skala kan være urealistisk på samme måde som WMO 1100 skalaen.

#### Vindretning

Vindretningen (dvs. den retning vinden kommer fra) er, når det drejer sig om *klimatologiske* observationer, blevet observeret efter de 16 retninger: N, NNE, NE, ENE, E (øst), ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W (vest),

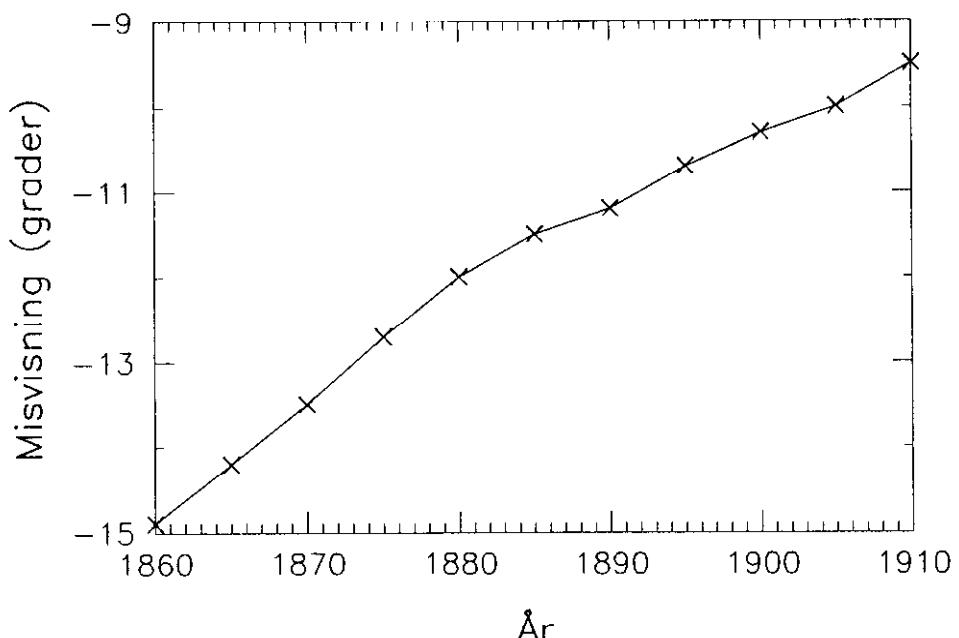
Tabel 4. Landskalaen

Styrke	Betegnelse	Nedre grænse	Bemærkninger
0	Stille	$0 \text{ m s}^{-1}$	Røg stiger lige i Vejret.
1	Svag	$2 \text{ m s}^{-1}$	Mærkeligt for Følelsen; en Vimpel bevæges svagt.
2	Frisk	$6 \text{ m s}^{-1}$	Strækker en Vimpel ud, bevæger Træernes Blade.
3	Stiv	$10 \text{ m s}^{-1}$	Bevæger Træernes Grene.
4	Haard	$15 \text{ m s}^{-1}$	Bevæger større Grene og smaa Stammer.
5	Storm	$20 \text{ m s}^{-1}$	Bevæger hele Træer.
6	Orkan	$30 \text{ m s}^{-1}$	Ødelæggende Virkninger.

WNW, NW og NNW, hver dækkende en *centreret* sektor på  $22.5^\circ$  eller to kompasstreger. Vindretninger til *vejrtjenestebrug*, som det har været nødvendigt at anvende fra nogle stationer siden omkring begyndelsen af 1950'erne, er blevet angivet i centrerede  $10^\circ$ -sektorer, 01 fra  $5^\circ$  til  $15^\circ$ , 36 fra  $355^\circ$  til  $5^\circ$  (00 vindstille).

#### *Misvisning*

Indtil udgangen af 1907 blev vinden angivet i forhold til *magnetisk* nord, dvs. efter kompasset, som man gjorde til søs. Der er derfor indtil 1908, hvor man begyndte måle i forhold til *geografisk* nord ved hjælp af kendemærker på land, tale om en misvisning, som man i nogle undersøgelser vil være nødt til at tage hensyn til.



Figur 3. Misvisningen fra 1860.

Figur 3 viser, at misvisningen, som regnes med fortegn med uret fra geografisk nord, ved DMI's oprettelse var ca.  $-13^\circ$ , altså numerisk mere end en kompasstreg.

#### *Fyrlister*

Alle stationerne startede med at udføre klimatologiske observationer, der blev indsendt månedsvis på en dertil indrettet liste med fortryk (figur 4). (Nogle af stationerne er senere overgået til at være vejrtjenestestationer, der indberettede observationerne telegrafisk, umiddelbart efter at de var udført.)

Måned Januar Aar 1888

Station: Hesselø fyr

Datum	Klok- ko- slet	Vindens Retning	Styrke Sjøs   Land	Skyerne drive fra	Vejrige	Stremmen kommer fra	Isforholdene	Bemærkninger
25.	4 Mg.	Vest	3		2			
	8	SØ	3		10			
	2	NØR	4		2			
	8	"	3		2			
	Mn.	Vest	2		4			
26.	4 Mg.	ØST	1		8			
	8	NØR	3		9-10			
	2	SØØ	3		3			
	8	"	6		4			
	Mn.	NØØ	4		5			
27.	4 Mg.	"	2		1			
	8	NØR	3		5			
	2	"	2		5			
	8	NØØ	1		5			
	Mn.	NØØ	2		1			
28.	4 Mg.	"	5		4			
	8	"	4		4			
	2	SØØ	4		1			
	8	"	4		1			
	Mn.	"	3		4			
29.	4 Mg.	ØSTØ	4		5			
	8	"	5		5			
	2	"	3		5			
	8	"	3		4			
	Mn.	Øst	2		5			
30.	4 Mg.	"	1		5			
	8	"	1		5			
	2	SØØ	1		1			
	8	SØØ	1		1			
	Mn.	"	3		1			
31.	4 Mg.	"	4		5			
	8	"	4		4			
	2	"	3		5			
	8	"	1		2			
	Mn.	Vest	2		5			

Afsendt den 2 - 1 - 1888



Figur 4. Håndskrevet fyrliste, stammende fra Hesselø fra januar 1888.

### Visuelle versus instrumentelle observationer

Det er principielt uheldigt, at vort datamateriale er sammensat af observationer af to forskellige typer kilder, nemlig visuelle observationer indtil omkring midten af 1950'erne og instrumentaflæsninger siden. Problemet med de visuelle observationer er naturligvis, at de ikke har den objektivitet, man normalt vil tilskrive instrumentobservationer. For eksempel er der ingen tvil om, at forskellige personer vil bedømme vindstyrker forskelligt. Der vil hos nogle, afhængigt af temperament, være en tendens til at overdrive store vindstyrker. Når dette er konstateret, skal vi bemærke, at fordelene ved visuelle observationer er, at de ikke

er så positionsafhængige som instrumentobservationer, idet de tager et *integreteret* hensyn til hele vindsituacionen. Anemometre måler ifølge sagens natur vinden i et punkt, og alt afhængigt af med hvilken omhu instrumentet er placeret, kan målingen være mere eller mindre repræsentativ for vindhastigheden i hele området; forholdsvis små „opstrøms-objekter“ som huse og træer 100 m væk vil, uden korrektion, korrumper målingen. Da vindhastigheden endvidere, selv under ideelle (horisontalt homogene) forhold, vil afhænge af højden må anemometerhøjden altid specificeres. Selvom de visuelle vindstyrker ved omsætning til vindhastigheder må refereres til en standardhøjde, repræsenterer de i sig selv luftens friktion med havoverfladen og dermed hvor hurtigt, bølger bliver dannet, og hvor store, de bliver. Endelig er det ved instrumentmålinger afgørende nødvendigt at specificere en midlingstid på for eksempel 10 minutter for signalet, da en tilfældig øjebliksmåling ikke giver nogen mening. Den visuelle vurdering af vindstyrken og vindretningen behøver ikke, når den er samvittighedsfuldt udført, en præcis specifikation af nogen midlingstid.

#### *Dataoversigt*

Vi slutter dette kapitel med en kort, grafisk beskrivelse af de enkelte fyrestationer og den tilhørende observationspraksis. I tillæg A har vi givet en mere detaljeret beskrivelse af de enkelte stationer med bl.a. oplysninger om, hvilke data der er brugt til at erstatte manglende data. Figur 5 viser et „stangdiagram“, hvoraf det fremgår, hvornår de enkelte stationer har fortaget observationer. Endvidere er angivet

- Antal daglige observationer (d.o.).
- Stop af månedshistogrammer. (Markeret med tyk lodret streg.)
- Omtrentlig angivelse af tidsrum, hvor der er benyttet erstatningsdata.
- Omtrentligt tidspunkt for overgang fra visuelle observationer til anemometerobservationer. (Markeret med [ ].)

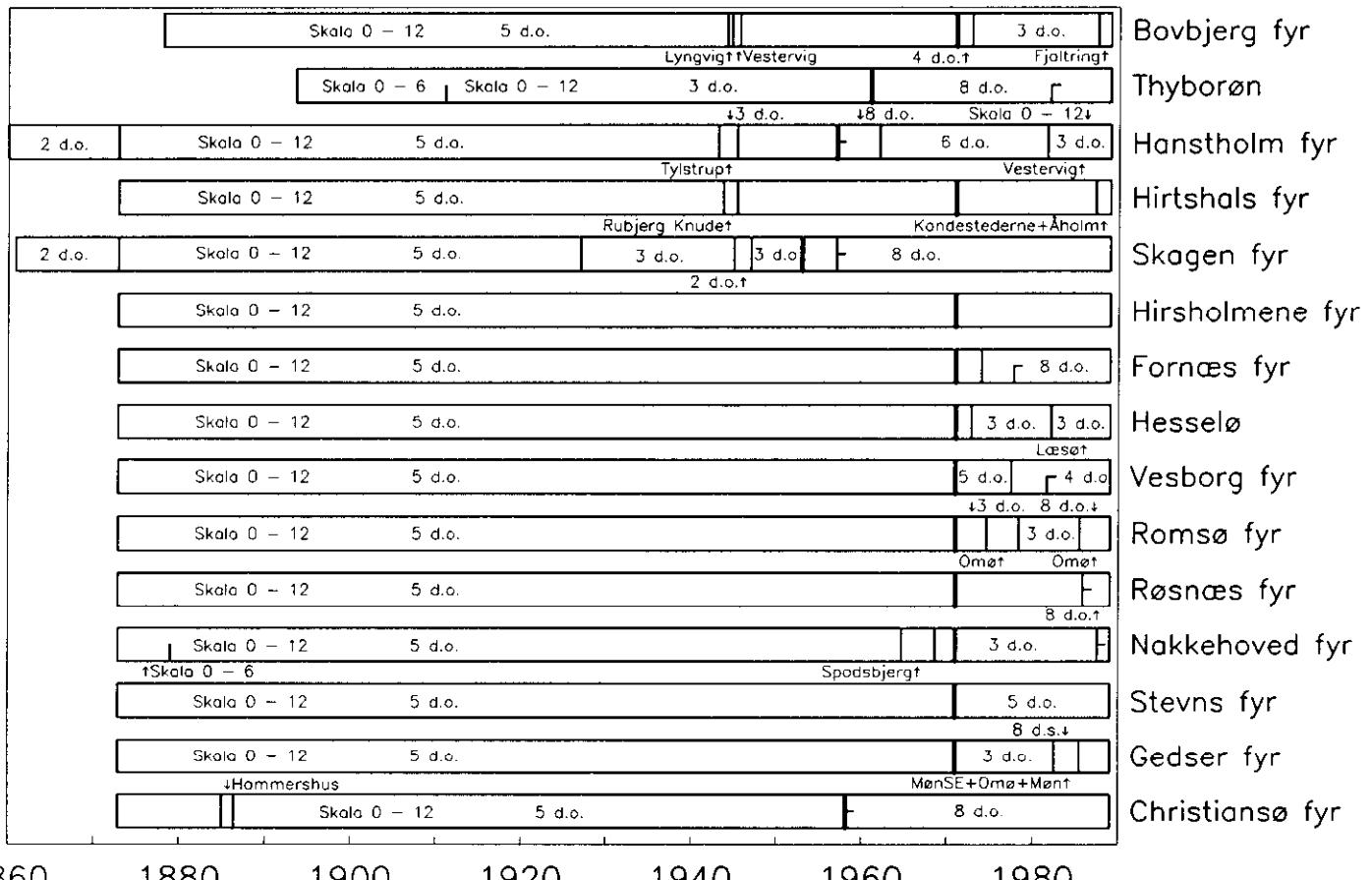
## 3 Dataene

#### *Månedshistogrammer*

Det grundlæggende datamateriale er månedshistogrammer fra 13 fyrestationer af vindretninger og vindstyrker frem til 1960. Disse histogrammer, som figur 6 viser et eksempel på, blev produceret løbende fra fyrlisterne og i 1960’erne digitaliseret og overført til magnetbånd. Håndskrevne månedshistogrammer for perioden 1961 til 1972 er i forbindelse med dette projekt blevet digitaliseret sammen med månedshistogrammer fra Skagen, fra 1860 til 1972, og fra Thyborøn, fra 1893 til 1972, således at det samlede antal stationer nu er kommet op på 15.

#### *Database*

Data fra DMI’s database fra 1961 til udgangen af 1988 har været anvendt til at producere månedshistogrammer helt frem til udgangen af 1988. Data fra denne database består af klimadata, fra 1971 til 1988, og vejrtjeneste- eller synopdata, fra 1961 til 1988. Generelt set har klimadataene været af bedre kvalitet end synopdataene, som derfor kun har været anvendt, når klimadata har manglet. Som man kan se, er der et vist tidmæssigt overlap i data fra 1961 til 1988. Det fremgår af diskussionen i underafsnit 3.2, hvorledes valget af data til de endelige histogrammer er foretaget.



Figur 5. Grafisk repræsentation af observationsmaterialet.

### 3.1 Månedshistogrammerne

#### Manuel fremstilling

Som det fremgår af figur 6 består originalhistogrammerne af to tabeller. Den øverste er resultatet af en manuel aflæsning af en fyrliste. I denne tabel er der 9 rækker og 13 kolonner. De 9 rækker repræsenterer de 8 centrerede, 45° retningssektorer, N, NE, E, SE, S, SW, W, NW, samt en række, den sidste, vindstille. Kolonnerne, fra 0 til 12, svarer til de 13 vindstyrker fra 0 til 12. Indtil 1973 blev tabellen rutinemæssigt produceret fra de indkommende fyrlister ved at udfylde den med hele og halve kryds på følgende måde: Hvis fyrlisten sagde „stille“, var der ingen veldefineret retning, og et kryds blev sat i kolonne 0 i den nederst række. Hvis vindstyrken var større end 0, blev der, hvis retningen var en af de ovennævnte 45° sektorer, anbragt et kryds i den tilsvarende række og kolonne, ellers blev krydset delt med et halvt kryds til hver af de to naborækker, som den angivne retning ligger imellem.

Den nederste tabel i figur 6 fremkommer ved at tælle kryds i hvert felt i den øverste. Der er nogle ekstra kolonner og rækker, som er fremkommet ved udregning og nedskrivning af nogle sumkontroller, dels antallet af observationer (som f.eks. i måneder med 31 dage skal være 155) og dels antallet af observationer vægtet med vindstyrken. *Hverken på dette tidspunkt eller senere er der foretaget nogen korrektion for misvisningen, der som omtalt eksisterede i fyrlistedataene indtil 1908.*

#### Digitalform

Månedshistogrammerne blev i 1960'erne digitaliseret på hulkort i det gamle BCD format på en sådan måde, at der blev brugt fem hulkort til hvert histogram. De første data, vi behandlede, var data af denne art, dvs.

Station: Hørsholm  
Styrkeskala: 0-11

1888 Januar

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NØ	7	8	2	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Ø	4	5	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
SØ	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S	6	5	2	1	3	4	3	3	3	3	3	3	3
SV	1	2	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1
V	5	7	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
NV	8	3	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Ø	5												

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Sum	Pct.	M
N		0.5	1											1.5	1	1.7
		1	3											4		
NØ	4	4	4	3.5	0.5	0.5								17	11	1.6
	4	9	12	14	2.5	3								44.5		
Ø	11.5	6	1.5	1.5	1.5	0.5								22.5	15	1.0
	11.5	12	4.5	6	7.5	3								44.5		
SØ	3.5	1	1.5											6	4	1.7
	3.5	2	4.5											10		
S	7.5	3.5	13	1	3	3								51	20	2.9
	7.5	7.0	3.9	4	15	18								90.5		
SV	3.5	1.5	8.5	2										15.5	10	2.6
	3.5	3	2.5	8										40		
V	1	10	17.5	4.5	1	1.5								95.5	23	3.0
	1	20	5.5	18	5	9								105.5		
NV	2	3	5	6.5	1.5	1								10	12	3.4
	2	6	15	26	9	7								65		
Ø	7													7	5	
Sum	7	33	30	52	19	6	7	1						155	12	2.6
	93	60	156	76	30	42	7							404		

Figur 6. Månedshistogram.

hulkortbilleder, bekvemt indspillet på digitale magnetbånd. Da dataene først var indspillet på Risøs VAX8700, var det nemt at oversætte dem til ASCII-karakterer, og da det ikke længere var nødvendigt at overholde hulkortenes pladsøkonomi, blev de omformet til et mere bekvemt format med ni linier per histogram. I hvert månedshistogram blev antallet af kolonner nu 15. Første kolonne indeholdt i hver linie årstallet, anden kolonne måneden (et af tallene 1 til 12), mens tredje kolonne angav retningen fra 1 til 8, svarende til sektorerne N til NW regnet med uret eller 0 (i sidst række), svarende til vindstille. I hver af de første 8

rækker var der derefter 12 kolonner med et felt til antal af observationer med given retning og vindstyrke. I den niende række var der blot en kolonne mere med antallet af observationer af vindstille. Da antallet af observationer med en vindstyrke på 1 eller derover kunne være halvtalligt, og da det er bekvemt at arbejde med heltaal, blev alle observationsantal multipliceret med 10. Dataene fra hver af de 15 stationer bestod af en file, hvor histogrammerne stod kronologisk.

#### Datakontrol

Der blev nu foretaget en række kontroller af histogrammernes indhold. For eksempel skal antallet af observationer i hvert histogram svare til det angivne antal daglige observationer (som regel 5). Ligeledes er det klart, at summen af observationerne i en kolonne i et histogram skal svare til et heltaal, dvs. være deleligt med 10. Vi fandt mange fejl (omkring 20% af histogrammerne var fejlbehæftede), men heldigvis havde vi også de håndskrevne histogrammer til vores rådighed, så det var muligt at rette op på de fleste fejl. I nogle tilfælde var det nødvendigt at gå tilbage til de originale fyrlister.

## 3.2 DMI's database

Der eksisterer ikke manuelt producerede månedshistogrammer fra siden 1972, og vi har derfor, for at dække tidsrummet frem til udgangen af 1988, anvendt klima- og synopdata fra DMI's database. Disse data består af kronologiske observationer med angivelse af dato og tidspunkt. Vi har besluttet, at alt materialet skal præsenteres ensartet som månedshistogrammer, da de fleste og ældste data er på den form. Derfor er der på grundlag af data fra databasen blevet konstrueret månedshistogrammer.

Som omtalt, begyndte nogle stationer fra omkring midten af 1950'erne at anvende anemometre til såvel klima- som synopobservationer. Det er ikke muligt at fastlægge præcis på dato, hvornår hvilke stationer begyndte at anvende anemometre i stedet for visuelle observationer.

Vi har altså i klimadataene observationer af vindens størrelse af fire typer:

1. Visuelle observationer rapporteret i vindstyrker.
2. Visuelle observationer rapporteret i fysiske enheder (knob eller  $m s^{-1}$  efter WMO skalaen (midtværdien)).
3. Instrumentobservationer rapporteret i fysiske enheder.
4. Instrumentobservationer rapporteret i vindstyrker efter WMO skalaen.

Observationer af den sidste type er et problem, idet den oprindelige observation er blevet oversat efter et skema, som vi ikke tror på. Hvis der er blevet målt med anemometer og for eksempel rapporteret vindstyrke 9 efter WMO skalaen, så ville det, hvad man let kan se på figur 2, kunne svare til både vindstyrke 9 og vindstyrke 10 i CMM IV skalaen. Efter midten af 1950'erne har mange stationer fået anemometre og hvor vi har haft mistanke om, at de klimatologiske observationer var af type 4, har vi anvendt synopdataene, som er observationer i hele knob, dvs. fysiske enheder.

Imidlertid er der nogle særlige problemer med synopdata i perioden fra 1974 til 1985. Det opdagede vi ved at producere simple årshistogrammer af vindhastigheder. I databasen er vindhastighederne nemlig angivet i

$\text{dm s}^{-1}$ , og i den nævnte periode var der en fejl i oversættelsen fra knob, som viste sig ved, at der var vindhastigheder, som ikke svarede til hele knob. De håndskrevne synopbilag er i næsten alle disse tilfælde fundet frem og digitaliseret (for DMI's regning).

Når vi har anvendt synopdata fra databasen, har vi haft det ekstra problem, at vindretningen til vejrtjenesten som nævnt er blevet rapporteret i  $10^\circ$  centrerede sektorer. Vi har omsat disse sektorer efter følgende tabel:

*Tabel 5. Omsætningstabel mellem vindretningssektorer*

$10^\circ$ sektorer	$45^\circ$ sektorer
$350^\circ + 360^\circ + 010^\circ$	$1 \times N$
$020^\circ$	$\frac{1}{2} \times N + \frac{1}{2} \times NE$
$030^\circ + 040^\circ + 050^\circ + 060^\circ$	$1 \times NE$
$070^\circ$	$\frac{1}{2} \times NE + \frac{1}{2} \times E$
$080^\circ + 090^\circ + 100^\circ$	$1 \times E$
$110^\circ$	$\frac{1}{2} \times E + \frac{1}{2} \times SE$
$120^\circ + 130^\circ + 140^\circ + 150^\circ$	$1 \times SE$
$160^\circ$	$\frac{1}{2} \times SE + \frac{1}{2} \times S$
$170^\circ + 180^\circ + 190^\circ$	$1 \times S$
$200^\circ$	$\frac{1}{2} \times S + \frac{1}{2} \times SW$
$210^\circ + 220^\circ + 230^\circ + 240^\circ$	$1 \times SW$
$250^\circ$	$\frac{1}{2} \times SW + \frac{1}{2} \times W$
$260^\circ + 270^\circ + 280^\circ$	$1 \times W$
$290^\circ$	$\frac{1}{2} \times W + \frac{1}{2} \times NW$
$300^\circ + 310^\circ + 320^\circ + 330^\circ$	$1 \times NW$
$340^\circ$	$\frac{1}{2} \times NW + \frac{1}{2} \times N$

De beregnede månedshistogrammer er blevet føjet til de „historiske“ månedshistogrammer. Da antallet af daglige observationer på den enkelte station ikke altid har været fem, er de endelige histogrammer normaliseret til promiller, således at summen af alle elementerne bliver 1000. På denne måde er det blevet muligt direkte ved direkte uvægtet midling at producere regionshistogrammer, dvs. middelhistogrammer fra regionerne (se figur 1). Det faktiske antal af månedsobservationer multipliceret med 10 er skrevet i det enkelte histograms sidst linie efter angivelsen af observationer af vindstille. Figur 7 viser et eksempel på et fædigbehandlet månedshistogram.

1888	1	1	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1888	1	2	26	29	26	23	3	3	0	0	0	0	0
1888	1	3	74	39	10	10	10	3	0	0	0	0	0
1888	1	4	23	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0
1888	1	5	48	23	84	6	19	19	0	0	0	0	0
1888	1	6	23	10	55	13	0	0	0	0	0	0	0
1888	1	7	6	65	113	29	6	10	0	0	0	0	0
1888	1	8	13	19	32	42	0	10	6	0	0	0	0
1888	1	0	45			1550							

*Figur 7. Digitaliseret månedshistogram, som det fremtræder i den endelige version.*

## 4 Analyser

De 15 stationers månedshistogrammer findes nu både som filer på Risøs VAX8700 som på disketter i DOS format. Det skulle således muligt at foretage statistiske undersøgelser vedrørende vindklimaet i Danmark. Således skulle det være for eksempel være simpelt at undersøge, hvorledes den årlige middelvindretning varierer år for år, hvis denne beregnes ved hjælp af middelværdierne af cosinus og sinus til retningerne, der svarer til vindsektorernes centrale værdier uden hensyn til vindhastighedens størrelse. Ligeledes kan der forholdsvis let foretages en undersøgelse af, hvor ofte en bestemt vindstyrke overskrides i et givet år. Vi kan direkte fortolke disse resultater i fysiske enheder ved at anvende CMM IV Beaufort omsætningstabellen i tabel 3.

### Weibull fordelingen

Hvis man derimod ønsker at bestemme hyppigheder af vindhastigheder, som ikke falder sammen med Beaufortskalets grænser mellem forskellige vindstyrker eller hvis man ønsker at bestemme hvilken vindhastighed, der overskrides med en given sandsynlighed, må man antage en analytisk form for sandsynlighedsfordelingen. Der er naturligvis mange muligheder, men vi vil, på grundlag af erfaringerne med analyse af vindhastighedsanalyser i forbindelse med udarbejdelse af *Vindatlas for Danmark* (Petersen *et al.*, 1980) og *European Wind Atlas* (Troen og Petersen, 1989), foreslå anvendelse af den såkaldte Weibull fordeling. Sandsynlighedstætheden er i dette tilfælde givet ved

$$p(U) = \frac{k}{A} \left( \frac{U}{A} \right)^{k-1} \exp \left( - \left( \frac{U}{A} \right)^k \right), \quad (1)$$

hvor  $U$  er vindhastigheden og de to parametre  $A$  og  $k$  henholdsvis en skalahastighed og en dimensionsløs formparameter. Disse parametre kan bestemmes ved lineær fitning til den akkumulerede sandsynlighed, altså sandsynligheden

$$P(> U) = \exp \left( - \left( \frac{U}{A} \right)^k \right) \quad (2)$$

for, at vindhastigheden  $U$  overskrides. I praksis har vi bestemt  $A$  og  $k$  for en given periode og givne retninger ved at tage alle de pågældende vindstyrkehistogrammer og ved hjælp af CMM IV-tabellen bestemme hyppigheden  $\sim P(> U_B)$  af overskridelsen af de nedre vindstyrkegrænser  $U_B$  og fitte  $\ln(-\ln(P(> U_B)))$  lineært til  $\ln(U_B)$ .

I det følgende skal vi demonstrere denne teknik til at sammenligne data fra tre tætliggende stationer, Hirtshals, Skagen og Hirsholmene. Derefter vil vi benytte data fra alle stationerne til, uden at oversætte vindstyrker til vindhastigheder, at undersøge, om der er sket en vindklimaændring i de sidste 100 år.

### 4.1 En sammenligning

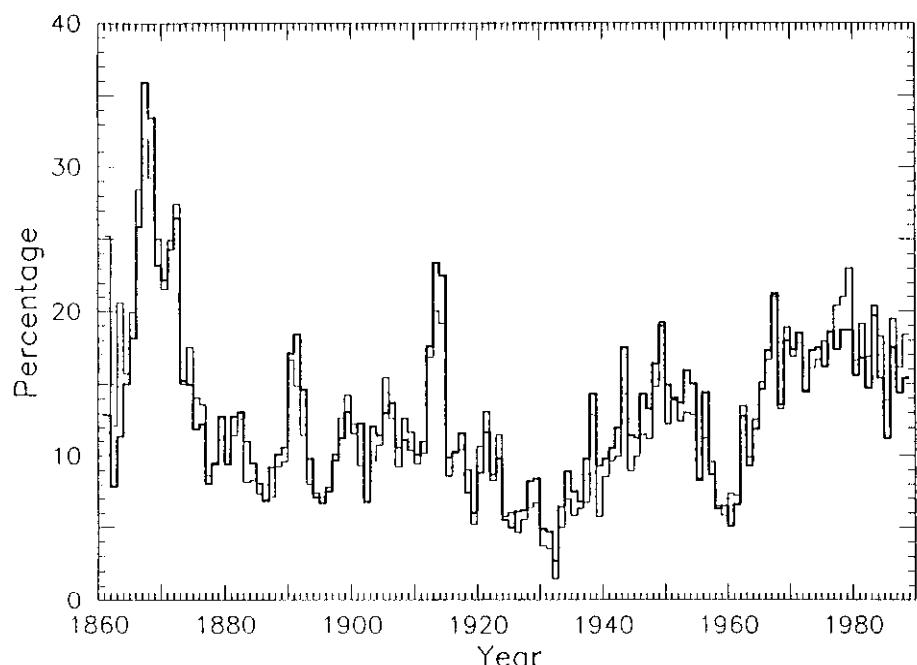
Månedshistogrammerne fra Skagen blev midlet år for år, således at der for hvert år blev fremstillet et vindstyrke-vindretningshistogram med otte retninger og 13 vindstyrker, idet vindstilleobservationerne blev fordelt ligeligt mellem de otte retninger.

Derefter blev for hvert år  $A$  og  $k$  bestemt i de otte retninger i overensstemmelse med ovenfor skitserede fitning. Med disse Weibull parametre var

det nu muligt ved hjælp af formlen (2) at fremstille årshistogrammer i fysiske enheder ( $\text{m s}^{-1}$ ).

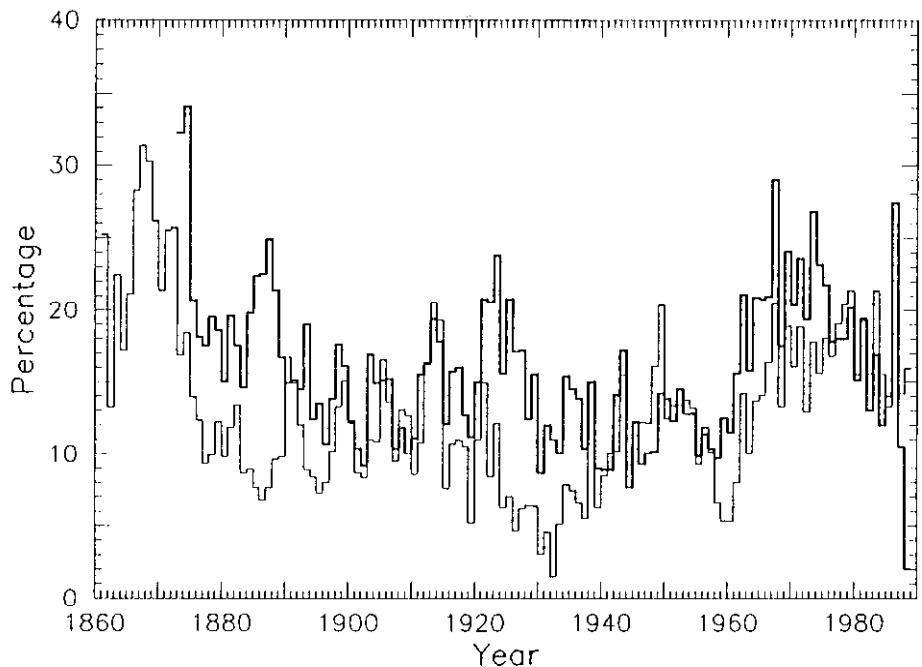
Herefter anvendte vi PC-programmet WASP (*Wind Atlas Analysis and Application Program*) (Troen og Petersen, 1989), til at beregne årshistogrammerne i Hirtshals og på Hirsholmene. Der blev ved disse beregninger taget hensyn til terræn og ruhed ved at antage, at vindstyrkeobservationerne svarer til en observationshøjde på 100 m. Derved er der naturligvis indført en formel fejl, idet CMM IV fortolkningen forudsætter observationshøjden 10 m. Vi har imidlertid valgt de 100 m for bedre at tage hensyn til det omkringliggende landskab ud til større afstande, end de, der svarer til en observationshøjde på 10 m. Man skal jo huske på, at vindstyrkeobservationer ifølge deres natur ikke er punktmålinger, men tværtimod tager vindforholdene i et større område i betragtning.

Med de med WASP beregnede årshistogrammer var det muligt at beregne hyppigheden af overskridelse af vindstyrke 6 ( $11.4 \text{ m s}^{-1}$ ) og sammenligne dem med de hyppigheder, som fremgår direkte af observationerne. Figurerne 8, 9 og 10 viser resultaterne af beregningerne. Der er summeret over alle retninger.

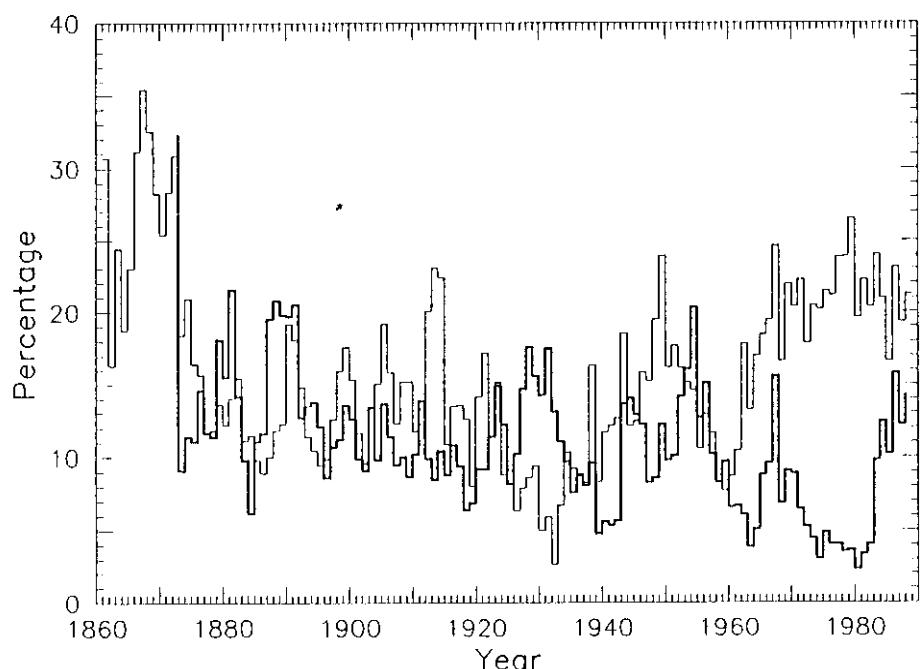


Figur 8. Hyppigheden af overskridelser af vindstyrke 6 på Skagen. Tyk linie: Data. Tynd linie: WASP-beregninger.

Som det fremgår af figur 8, er det muligt med WASP at „rekonstruere“ hyppighederne for observationer over vindstyrke 6 inden for typisk 2%. Dersom vi antager en bestemt Weibull fordeling, hvor  $A$  og  $k$  typisk er henholdsvis  $8 \text{ m s}^{-1}$  og 2 over åbent vand (Jensen og Troen, 1989), svarer de 2% til en afvigelse mellem WASP forudsigelsen og den til den observerede vindstyrke hørende vindhastighed på mindre end  $1 \text{ m s}^{-1}$ . Vi opfatter denne afvigelse som et mål for WASP's nøjagtighed. Hvis man sammenligner de tilsvarende hyppigheder for Hirtshals og Hirsholmene, ser man afvigelser i tilsvarende hyppigheder på typisk 5%, med undtagelse af hyppighederne for Hirsholmene i perioden fra omkring



Figur 9. Hyppigheden af overskridelser af vindstyrke 6 på Hirtshals. Tyk linie: Data. Tynd linie: WAPP-beregninger.



Figur 10. Hyppigheden af overskridelser af vindstyrke 6 på Hirsholmene. Tyk linie: Data. Tynd linie: WAPP-beregninger.

1970 til 1985, hvor afvigelserne snarere er omkring 15%. Det svarer til hastighedsafvigelser på henholdsvis 2 og 5 m s<sup>-1</sup>. Vi regner derfor med, at pålideligheden ved vindstyrkeobservationer ligger omkring 2 m s<sup>-1</sup>, idet der åbenlyst er noget galt med observationerne på Hirsholmene fra perioden 1970 til 1985.

## 4.2 Regionsgennemsnit

For hver af de fem regioner, som er specifiseret i afsnit 2, er der beregnet gennemsnitlige månedshistogrammer. Med disse månedshistogrammer

har vi, år for år, bestemt middel vindretningen samt, midlet over alle retninger, hyppigheden af overskridelser af henholdsvis vindstyrke 6 ( $11.4 \text{ m s}^{-1}$ ) og vindstyrke 9 ( $19.3 \text{ m s}^{-1}$ ). De tilsvarende middel vindretninger og hyppigheder er blevet beregnet for de enkelte stationer og sammenlignet med regionsresultaterne. På det grundlag vurderede vi, om data fra en bestemt station skulle indgå i gennemsnitsberegninger, omfattende regioner eller hele landet. (Siden der kun indgår en station i region 2, nemlig Skagen, var vi naturligvis udelukket fra at eliminere data fra Skagen med denne metode). Vi beregnede nye månedshistogrammer for regionerne på grundlag af perioderne angivet i tabel 6.

*Tabel 6. Data anvendt i årsmiddelværdier*

Region 1:			
Bovbjerg	1. januar	1905 - 31. december	1988
Thyborøn	1. januar	1935 - 31. december	1988
Hanstholm	1. januar	1860 - 31. december	1988
Hirtshals	1. december	1872 - 31. december	1988
Region 2:			
Skagen	1. december	1860 - 31. december	1988
Region 3:			
Hirsholmene	1. december	1872 - 31. december	1988
Fornæs	1. januar	1892 - 31. december	1988
Nakkehoved	1. januar	1879 - 31. december	1988
Hesselø	1. december	1872 - 31. december	1988
Region 4:			
Røsnæs	1. december	1872 - 31. december	1988
Romsø	1. december	1872 - 31. december	1988
Vesborg	1. december	1872 - 31. december	1988
Region 5:			
Stevns	1. december	1872 - 31. december	1988
Gedser	1. december	1872 - 31. december	1915 og
	1. januar	1929 - 31. december	1988
Christiansø	1. december	1872 - 31. december	1975

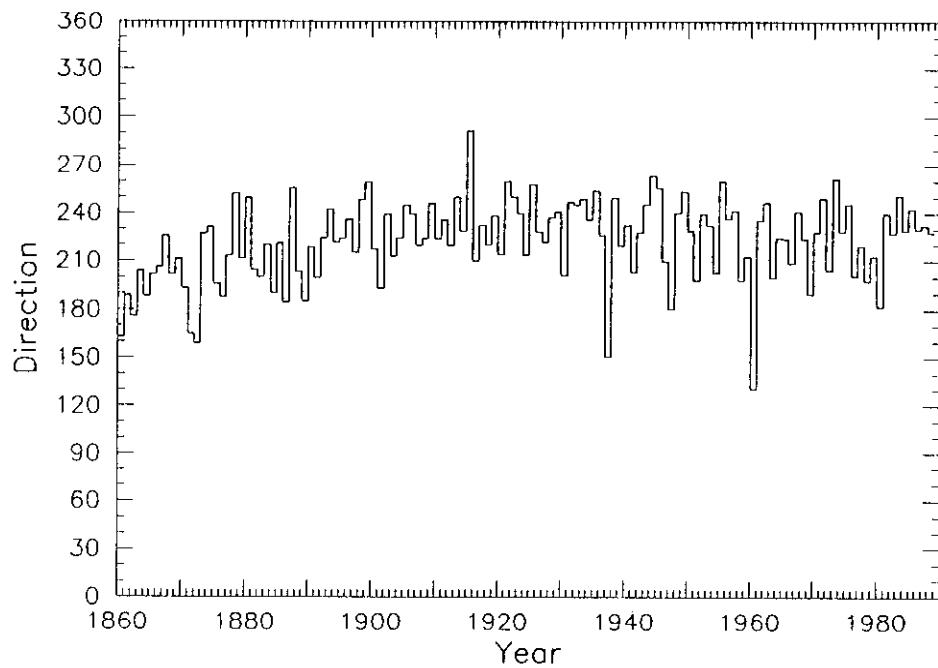
#### *Gennemsnitsvindretninger*

Alle gennemsnitsretningerne er korrigteret for misvisningen indtil udgangen af 1907, idet retningsobservationer, som omtalt i underafsnit 3.1, indtil dette tidspunkt refererede til magnetisk nord. De er vist i figurerne 11, 12, 13, 14 og 15.

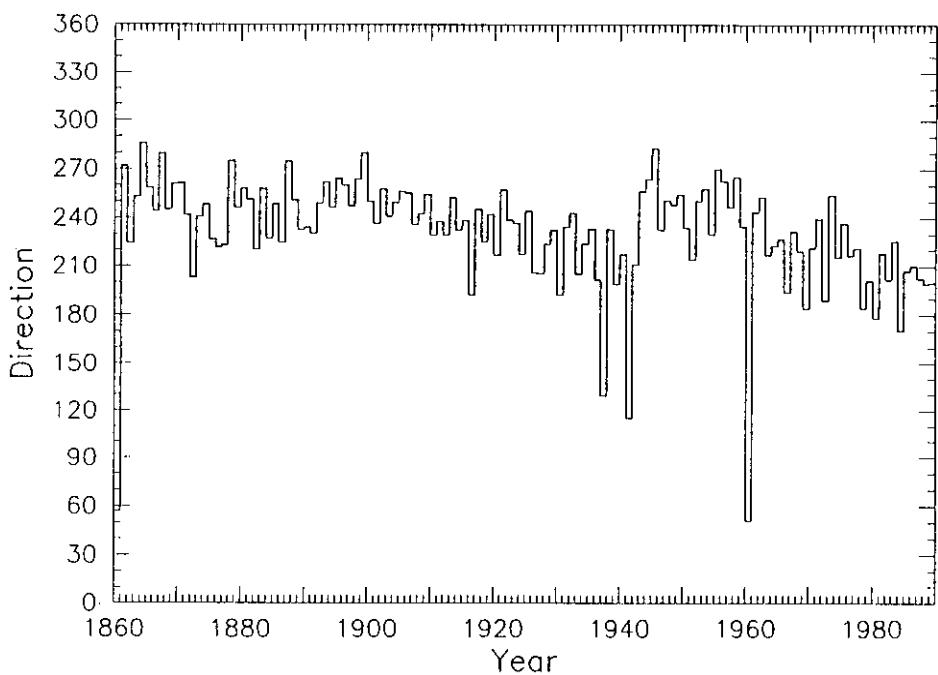
Vi ser, at gennemsnitsvindretningen for alle stationerne overvejende er SW, men at der tilsyneladende er overensstemmelse om, at to år, 1937 og 1960, skiller sig ud ved, at den årlige middelværdi er SE. Dette er i overensstemmelse med andre observationer. En nærmere undersøgelse har vist, at disse år har været karakteriseret ved klimamæssige ekstremer. For eksempel var middeltemperaturen meget over det normale fra april til oktober 1937, i oktober hele  $4^{\circ}$  over normalen, og også perioderne marts til juni og september til december 1960 var karakteriseret ved at være varmere end normalt. Noget specielt, som adskiller de to år, er, at oktober måned i 1960 havde normal middeltemperatur og lidt mere end normal nedbør, mens nedbøren i 1937 var ekstremt lav og middeltemperaturen rekordhøj. Det er også almindeligt kendt, at 1937 var det bedste år i dette århundrede for tysk hvidvin.

Overskridelseshyppighederne er vist i figurerne 16, 17, 18, 19 og 20 vedrørende vindstyrke 6 og figurerne 21, 22, 23, 24 og 25 vedrørende

#### *Overskridelseshyppigheder*



*Figur 11. De årlige gennemsnits vindretninger i region 1.*



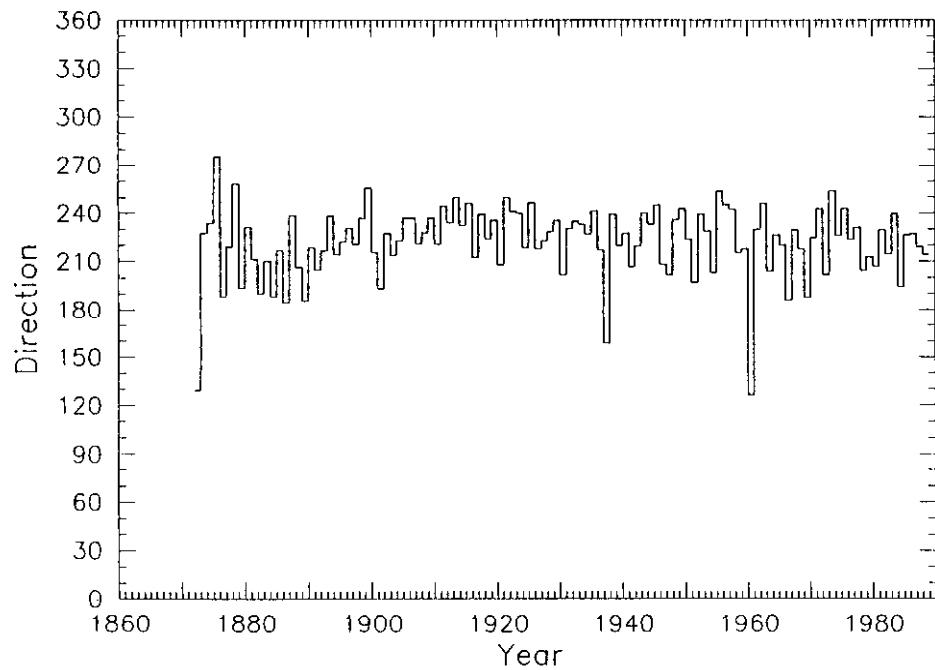
*Figur 12. De årlige gennemsnits vindretninger i region 2.*

vindstyrke 9.

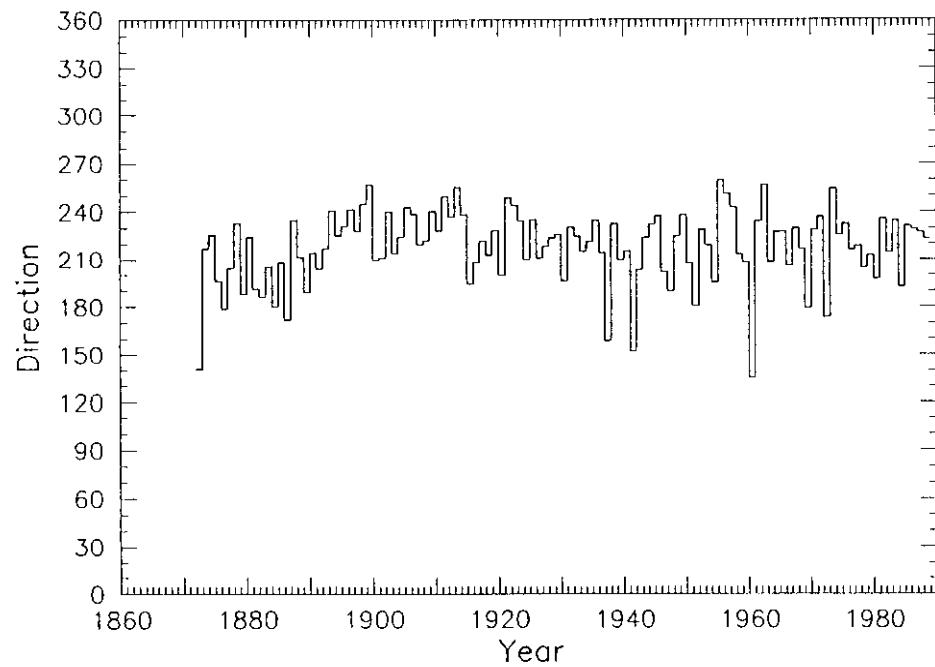
Med undtagelse af hyppighederne fra region 3 synes data at vise, at der her været færre overskridelser af vindstyrke 6 fra 1900 til 1940. Alle regionerne synes derimod at vise en generel faldende tendens af hyppighederne af overskridelse af vindstyrke 9 fra omkring 1880. Der har altså tilsyneladende været et faldende antal store storme per år de sidste 100 år.

*Landsgennemsnittet*

Konklusionerne vedrørende gennemsnitsretningerne og overskridelseshyppighederne bekræfter de tilsvarende plot for gennemsnittene for hele

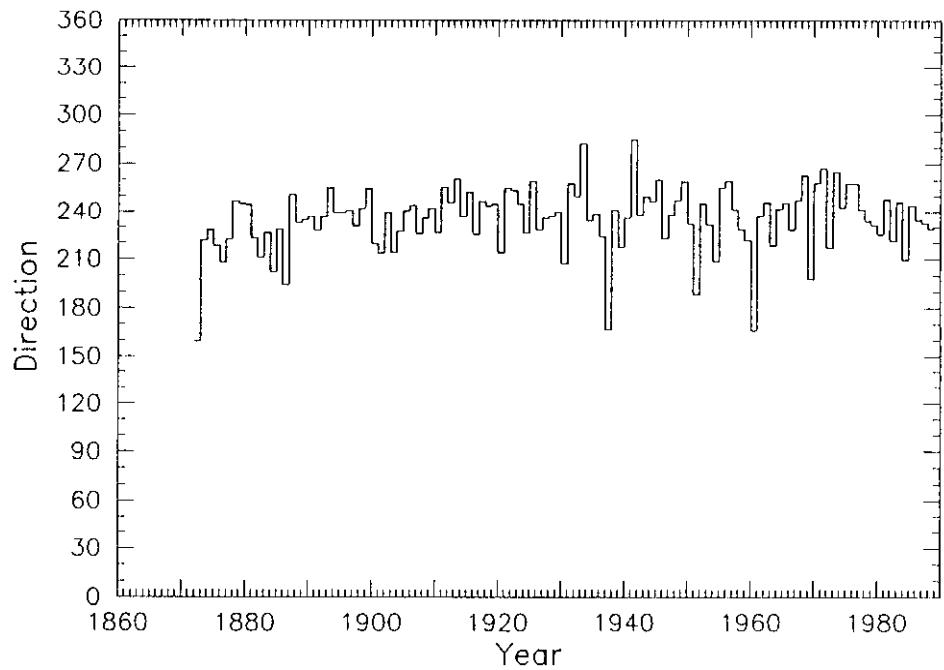


*Figur 13. De årlige gennemsnitsvindretninger i region 3.*

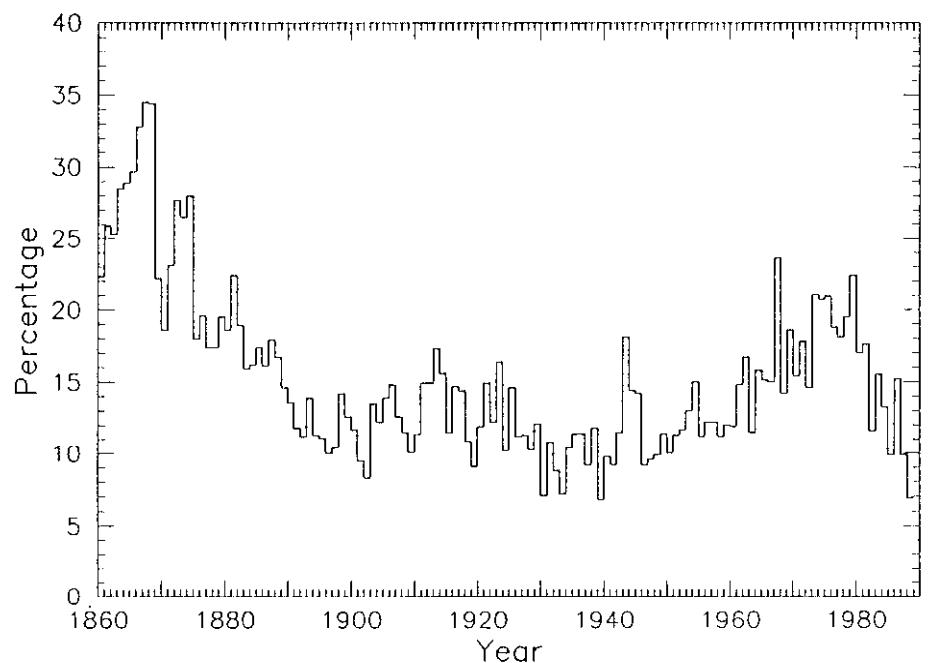


*Figur 14. De årlige gennemsnitsvindretninger i region 4.*

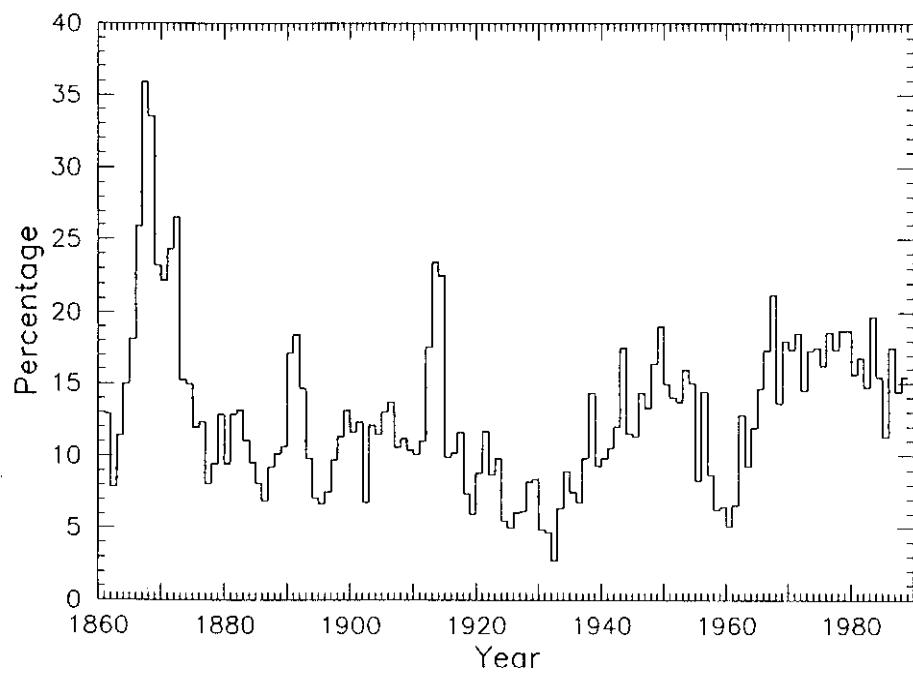
landet, dvs. gennemsnittet af alle 15 stationer, som er vist i figurerne 26, 27 og 28. For at få et indtryk af spredningen af data er årsmiddelværdierne fra de enkelte stationer markeret med små cirkler.



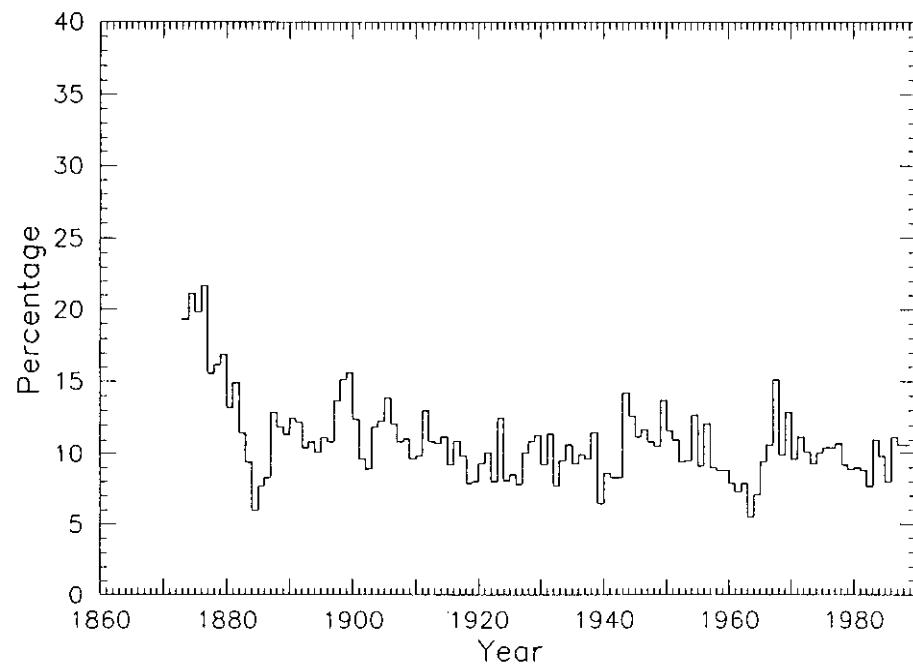
*Figur 15. De årlige gennemsnitsvindretninger i region 5.*



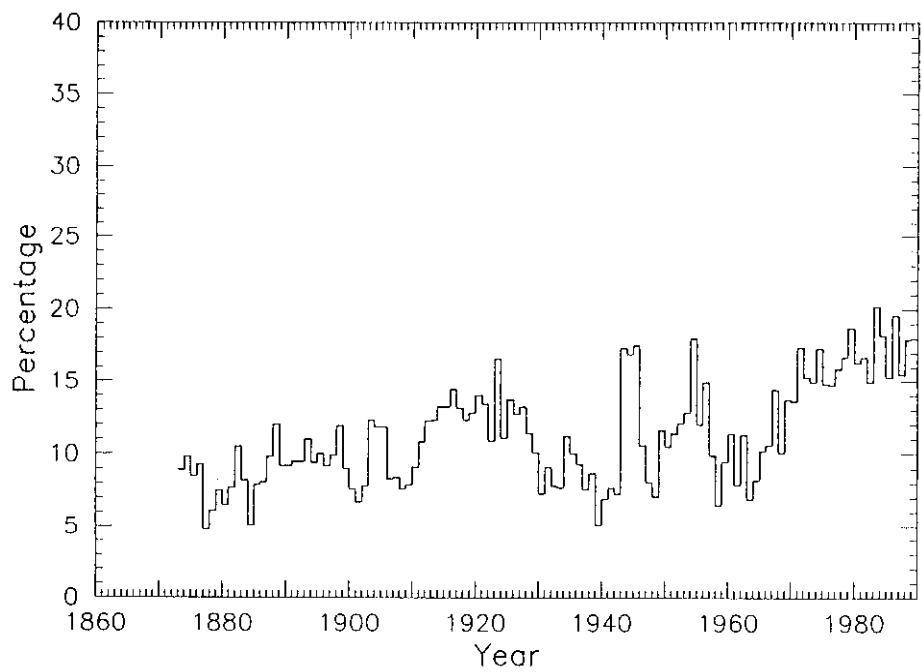
*Figur 16. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 6 i region 1.*



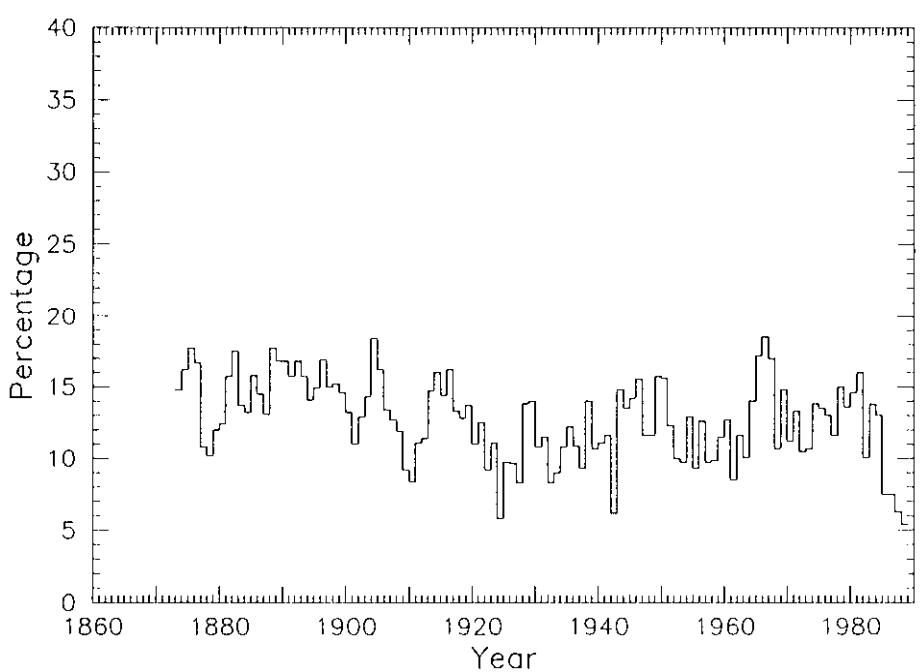
*Figur 17. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 6 i region 2.*



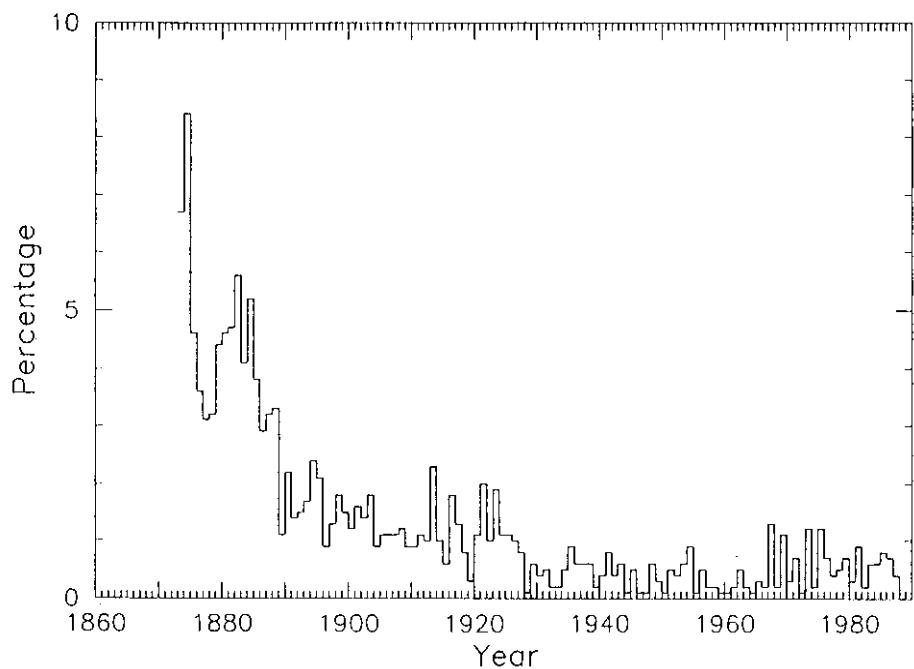
*Figur 18. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 6 i region 3.*



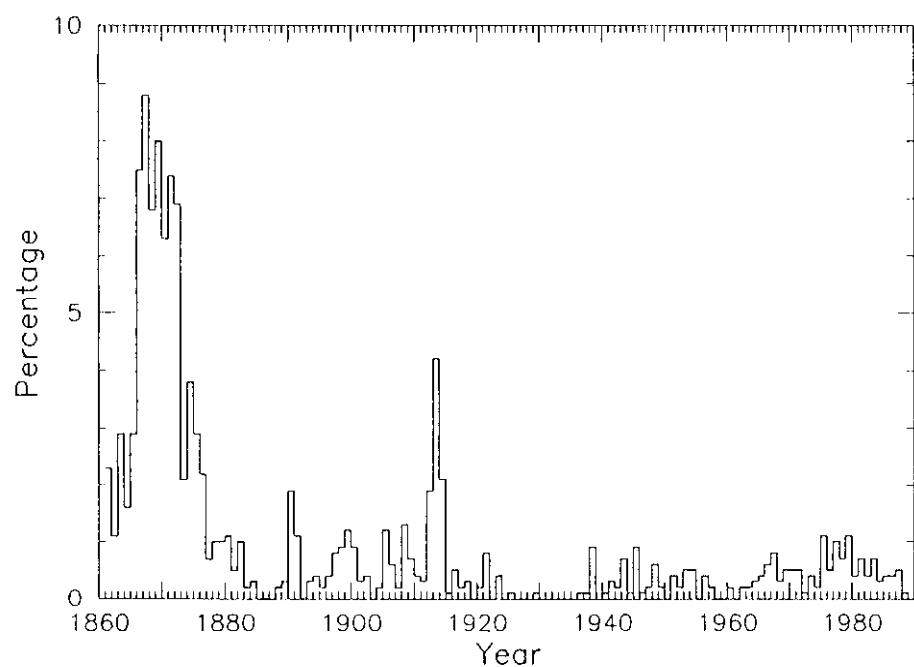
Figur 19. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 6 i region 4.



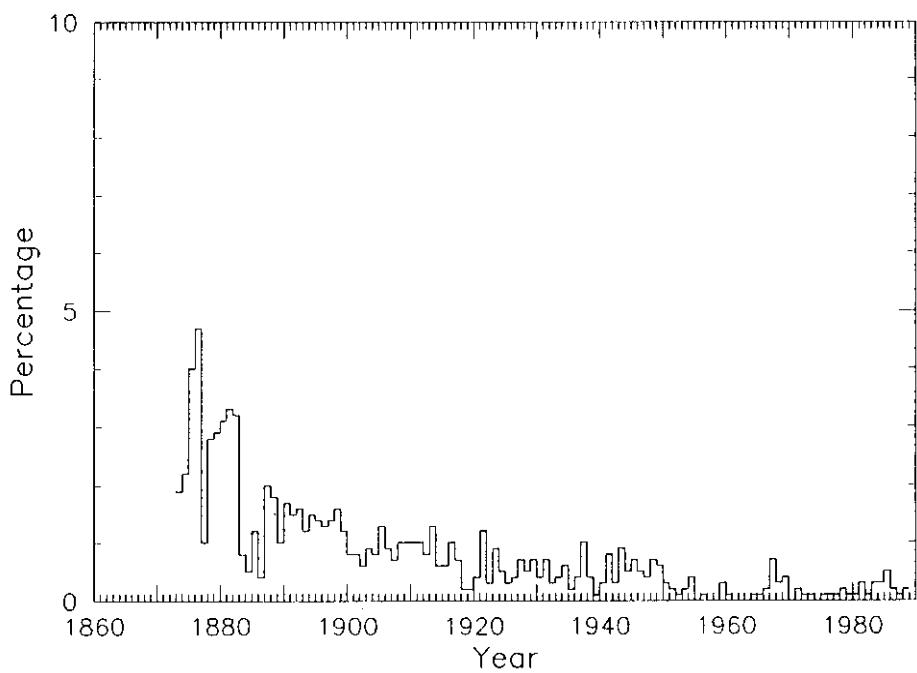
Figur 20. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 6 i region 5.



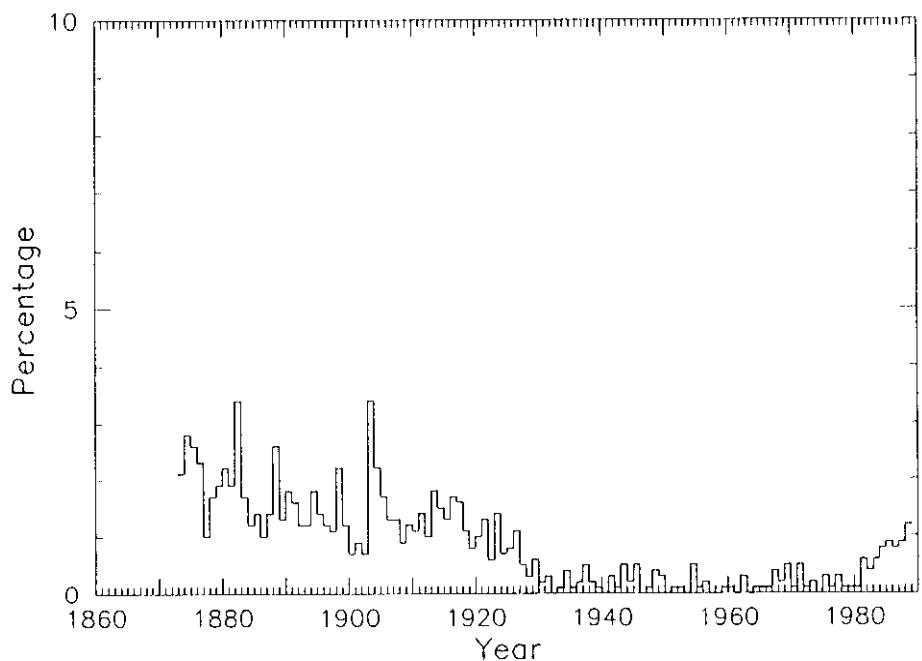
Figur 21. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 9 i region 1.



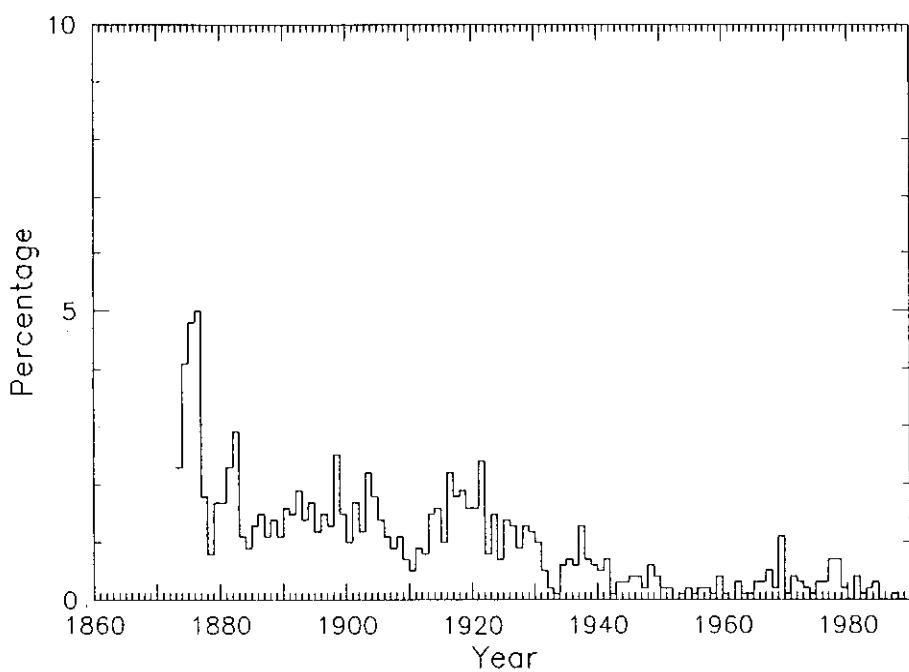
Figur 22. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 9 i region 2.



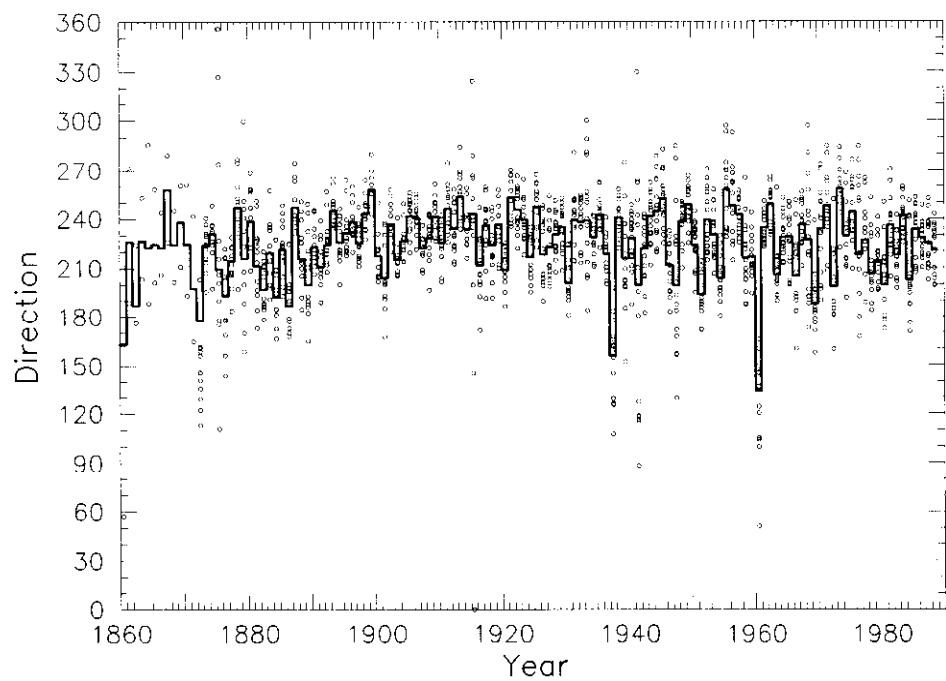
Figur 23. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 9 i region 3.



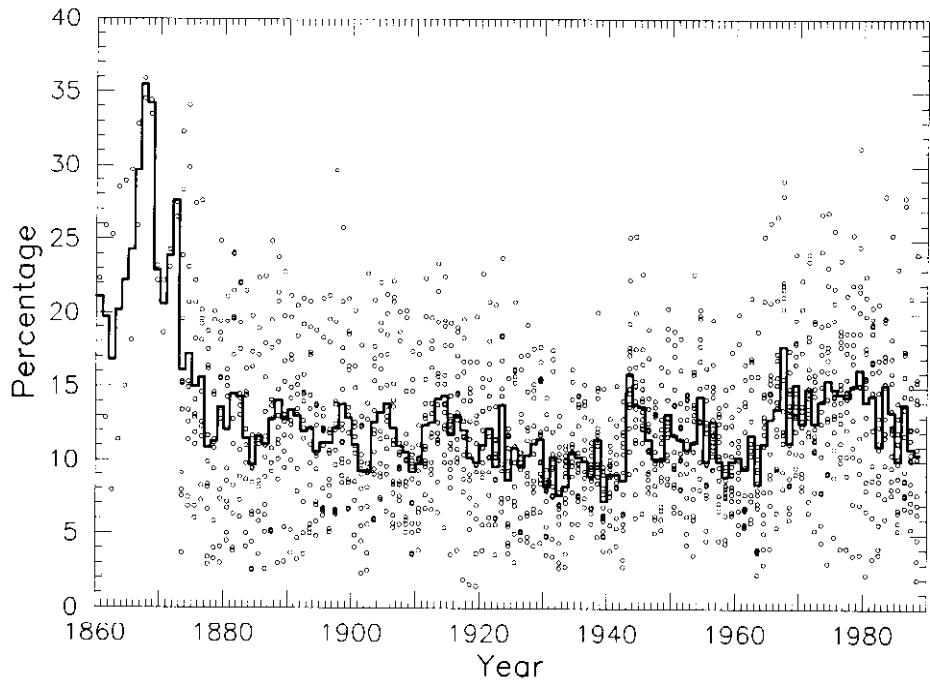
Figur 24. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 9 i region 4.



*Figur 25. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 9 i region 5.*



*Figur 26. De årlige gennemsnitsvindretninger i for hele landet (tyk linie) og for alle de 15 stationer (små cirkler).*

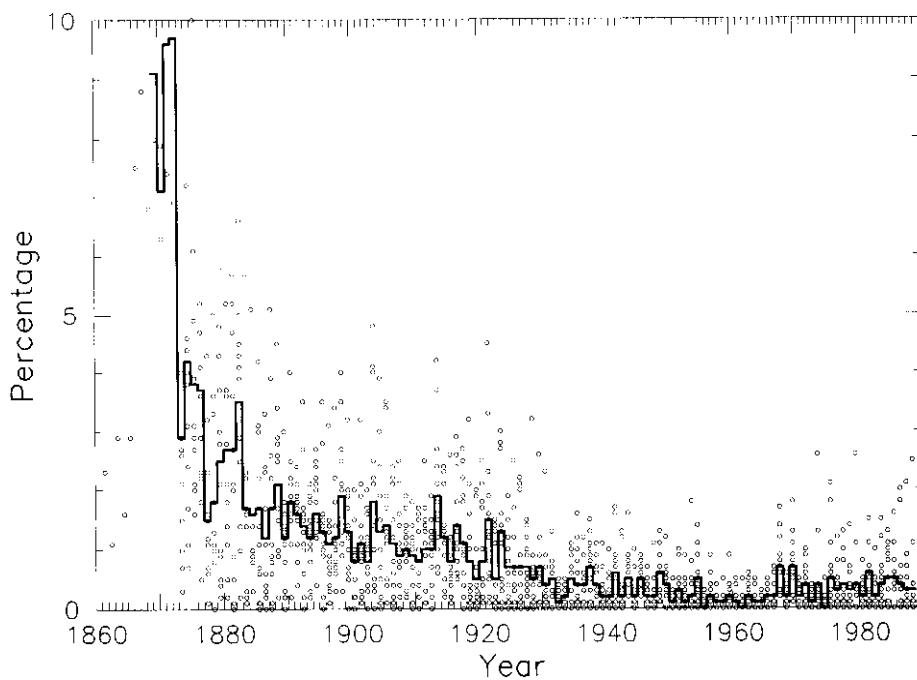


Figur 27. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 6 for hele landet (tyk linie) og for alle de 15 stationer (små cirkler).

## 5 Slutning

Med udgangspunkt i digitaliserede månedshistogrammer af vindretning- og styrke fra 15 danske kystnære observationsposter, hovedsageligt fyrestationer, fra en periode, der strækker sig fra før 1870 til omkring 1970, samt i data fra Danmarks Meteorologiske Instituts database og håndskrevne synopbilag, har vi etableret „aflusede“ månedshistogrammer, som dækker hele perioden frem til udgangen af 1988. Dette resulterer nu 15 filer med alle månedshistogrammerne skrevet i et læsbart, ikke-binært (ASCII), dokumenteret format. Geografisk dækker de 15 stationer de danske farvande Nordsøen (Region 1), Skagerak/Kattegat (Region 2 = Skagen), Kattegat (Region 3), Storebælt (Region 4) og Østersøen (Region 5). Figur 1 illustrerer disse forhold. Den tidslige oplosning i materialet er 1 måned. Hvis en undersøgelse kræver en bedre tidsoplosning, er det muligt at få de enkelte observationer ved at aflæse DMI's originale håndskrevne fyrlister (se Fig. 4). Da disse ikke er blevet digitaliseret, kan en sådan aflæsning kræve uacceptable mandskabsresourcer, med mindre de interessante perioder er blevet begrænset. Til en sådan begrænsning kan de foreliggende digitaliserede månedshistogrammer være til nytte.

Der har naturligvis været huller i datamaterialet, og vi har lappet alle huller ved hjælp af data fra stationer i den samme region, idet vi har lagt vægt på så vidt muligt at anvende uafhængige data, dvs. undgå, at den samme erstatning bliver anvendt for flere stationer for det samme tidsrum. Det fremgår af figur 5 og tillæg A, som indeholder deltaljeret information om de enkelte stationer, bl.a. hvor der optræder erstatningsdata.



Figur 28. Hyppigheder af overskridelse af vindstyrke 9 for hele landet (tyk linie) og for alle de 15 stationer (små cirkler).

Som det fremgår af diskussionen i underafsnit 3.2 var der undertiden problemer med fortolkning af vindstyrker fra DMI's database. Det hænger sammen med, at der er stor uoverensstemmelse mellem WMO 1100 og CMM IV vindstyrkeskalaerne. Vi har, baseret på litteraturstudier og egne undersøgelser, konkluderet, at den sidste er mest i overensstemmelse med observationer af vindforholdene. Da instrumentobservationer undertiden er blevet rapporteret som Beaufort vindstyrker efter WMO 1100, har det været nødvendigt i disse tilfælde at gå helt tilbage til de håndskrevne synopbilag.

Vindretninger har generelt givet færre problemer, men det skal dog nævnes, at de indtil begyndelsen af 1908 blev rapporteret i forhold til magnetisk nord. Endvidere er vindretninger fra databasens synopdata givet i  $10^\circ$  sektorer; disse observationer er som omtalt i underafsnit 3.2 omsat til  $45^\circ$  sektorer.

Vi har i underafsnit 4.1 anvendt PC-programmet WASP til at forudsige noget om vindstyrkeforholdene i Hirtshals og Hirsholmene på grundlag af observationerne på Skagen. Ved at sammenligne med de faktiske observationer konkluderede vi, at vindhastigheder, som beregnes på grundlag af månedshistogrammerne formentlig er korrekte indenfor  $2 \text{ m s}^{-1}$ , men at der forekommer perioder på de fleste stationer, hvor nøjagtigheden af observationerne formentlig var betydeligt ringere (afvigelser måske så store som  $5 \text{ m s}^{-1}$ ).

Årsgennemsnittet af vindretninger og hyppigheder af overskridelser af vindstyrkerne 6 ( $11.4 \text{ m s}^{-1}$ ) og 9 ( $19.3 \text{ m s}^{-1}$ ) er beregnet for hver af de 5 regioner. Figurerne 11 – 25 viser resultaterne.

Hvis vi først ser på retningerne, synes der at være overensstemmelse mellem regionerne om, at gennemsnitsvindretningen er SW inden for omkring  $30$  til  $40^\circ$ . Der er to markante undtagelser, nemlig årene 1937 og 1960, hvor vindretningen i middel er nærmere SE. Da dette bekræftes

af andre, uafhængige informationer, tror vi, at vindretninger stort set er observeret korrekt inden for en sektor ( $45^\circ$ ) på alle stationerne.

Der synes ligeledes at være overensstemmelse mellem hyppighederne for overskridelser af de to vindstyrker. Vi konkluderer på grundlag af figurerne 21 – 25, at hyppigheden af storme med vindstyrker større end 9 er faldet fra omkring 2% af tiden i 1880 til omkring 0.5% 100 år senere. Muligvis er der en svag stigning fra omkring 1965. Figurerne 27 og 28 viser meget store hyppigheder af vindstyrker over 6 og 9 i perioden frem til omkring 1875. Da det tilgrundliggende datamateriale for denne periode er spinkelt (Skagen og Hanstholm), bør disse hyppigheder ikke tillægges for stor vægt.

Vi slutter med at gøre opmærksom på særlige forhold, der bør tages i betragtning ved anvendelse af de 15 sæt månedshistogrammer:

1. Der er som hovedregel 5 observationer i døgnet, men der forekommer perioder, hvor der kan være 2, 3, 6 eller 8 observationer i døgnet. Det fremgår af tillæg A, hvornår der er observeret på de enkelte stationer. Histogrammerne er imidlertid normaliseret til 1000 observationer per måned.
2. Der bør tages hensyn til, at der er mulighed for en diskontinuitet når visuelle observationer afløses af instrumentobservationer.
3. Huller i observationsmaterialet er udfyldt med data fra andre stationer, hvilket der ligeledes er gjort rede for i tillæg A.
4. Vindretning er observeret med reference til magnetisk nord indtil udgangen af 1907.
5. Vindstyrker er i begyndelsen i Thyborøn og på Nakkehoved observeret efter den såkaldte landskala, der går fra 0 til 6.



# A Stationerne

Alle stationerne ligger nær ved kysten og vindstyrkeobservationerne vil derfor være stærkt influeret af vindforholdene over vand. Imidlertid afhænger vindstyrken også af, om der er fralandsvind eller pålandsvind. For eksempel, hvis den synoptiske situation er den samme over hele landet med en stærk vestlig højdevind (geostrofisk vind), så vil vindstyrken normalt være større på vestkysten end på østkysten af Jylland. Endvidere vil det ved en eventuel omsætning fra vindstyrker til vindhastigheder, som er repræsentative for et lidt større område, være nødvendigt at tage hensyn til det omkringliggende landskabs karakter. Derfor kan det være nyttigt at karakterisere en station ved ruhederne i de 8 vindretningssektorer.

Vi har valgt at gøre det ved hjælp af den ruhedsklassificering, som er foreslæbt af Petersen *et al.* (1980):

Ruhedsklasse	
0	Vandområder
1	Åbne landområder uden væsentlig beplantning eller bebyggelse
2	Landbrugsområder med spredt bebyggelse og hegner med en gennemsnitsafstand på mindst 1000 m
3	Samlede bebyggelser, skove og landbrugsområder med mange hegner

For hver vindretningssektor vil vi angive ruhedsklassen, afstanden i kilometer til de nærmeste eventuelle skift i ruhedsklasse samt ruhedsklassen fjerne fra denne afstand.

For de fleste stationer er der klimatologiske observationer fem gange i døgnet på tidspunkterne 04, 08, 14, 20 og 24 i dansk normaltid (DNT). Det gælder imidlertid ikke generelt og især ikke efter midten af 1950'erne. Derfor er der under hver station angivet observationstidspunkter for hver periode.

Derudover er der givet eventuelle oplysninger om, hvilke data der er brugt til at erstatter manglende data, i et vist omfang oplysninger om observatorernes identitet og tjenestetid, dvs. hvornår de tiltrådte og fratrådte, hvilket eventuelt kan bruges til at forklare en pludselig ændring i observationerne.

Endelig har vi angivet, så godt vi kunne, tidspunkterne for indførelse af anemometre. Det har været muligt ved i observationerne at undersøge, hvilke hastigheder, der optræder. Det forholder sig jo sådan, at når der er skønnet vindstyrker, vil der kun forekomme hastigheder svarende til midten af vindstyrkeintervallerne (efter WMO 1100 tabellen), mens måling kan resultere i mange forskellige vindhastigheder. Langt de fleste observationer, vi har benyttet, har været klimaobservationer, men hvor vi har været nødt til at anvende synopdata, er dette også bemærket.

Vi angiver i tabellerne år og måned med talkoden  $\text{år} \times 100 + \text{måned}$ , så for eksempel oktober 1904 bliver til 190410.

## A.1 Bovbjerg, 56°31'N 08°07'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	∞	∞	0.30	0.20	0.30
Ruhedsklasse (fjern)	1	1	1	1	1	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187803-194408				X				X				X
194409-194508								X		X		
194509-197012				X				X				X
197101-197210				X				X				X
197211-198706			X					X		X		
198707-198812	X			X			X			X		
	X			X			X			X		

Periode	Erstatninger
194403-194408	Digitaliserede månedshistogrammer fra Lyngvig
194409-194508	Digitaliserede månedshistogrammer fra Vestervig
198309-198311	Klimadata fra Vestervig fra database
198707-198812	Synopdata fra automatstation i Fjaltring

Periode	Observatører
188009-188508	H. Henrichsen
188509-189208	Kaj Agerskov
189209-192101	Assistent A. Hansen
192102-193211	Fyrmester S. Beldring
193212-193310	Fyrmester O. Riis Jensen
193311-194403	Fyrpersonalet
194508-	Fyrmester H.M. Lauritzen
195203-	Fyrmester K. Hermansen
197706-198309	Knud Lauridsen
198312-198706	Anton Larsen
198707-198902	Ingen observationer
198903-	Overfyrpasser Claus Jensen

187803-198706      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

198707-198812      Vindhastighed målt. Synopdata.

## A.2 Christiansø, 55°19'N 15°11'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.30	0.40	0.38	0.40	0.20	0.23	0.25	0.33
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-195802		x		x				x				x
195803-198812	x	x		x			x	x		x	x	

Periode	Erstatninger
188501-188605	Digitaliserede månedshistogrammer fra Hammershus

Periode	Observatorer
187310-187807	P. Mortensen
187808-188004	Busch
188005-188411	Fyrpersonalet
188412-189608	Albrechsen
189609-189807	C. Fjerdingstad
189808-192708	Leth
192709-193909	R. Vilandt
193910-	J.P. Jakobsen

- 187212-195612 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.  
 195701-195802 Vindhastighed formentlig målt og omsat efter WMO 1100, som vi ellers ikke anvender.  
 195803-198812 Vindhastighed målt. Anemometer udskiftet og muligvis flyttet 11. december 1975. Synopdata.

## A.3 Fjaltring, 56°28'N 08°08'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	1.60	∞	∞	∞	∞	0.10	0.10	0.10
Ruhedsklasse (fjern)	2	1	1	1	1	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198707-198812	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Periode	Observatorer
198707-198812	Automatstation

#### A.4 Fornæs, 56°27'N 10°58'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.20	0.10	0.05	0.10	0.30	1.00	$\infty$	$\infty$
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	2	2

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-197312				x					x			x
197401-198812	x			x			x		x		x	

Periode	Observatorer
1878 -	?
1891 -	?
190307-192009	A. Kidde
192010-192012	J.P. Jensen
192101-192603	K. Agerskov
192604-192604	J.P. Jensen
192605-193308	J.N.B. Høeg
193309-193310	P. Buhl
193311-194504	J.A. Lendal
194505-194509	H. Holm Hansen
194510-195810	Fyrmeester O. Jacobsen
1962 -	?
1963 -	?
1970 -	?

187212-197709 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

197401-198812 Synopdata.

197710-198812 Vindhastighed målt.

#### A.5 Gedser, 54°34'N 11°58'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	2.60	0.90	0.60	0.70	0.20	0.20	0.40	3.90
Ruhedsklasse (fjern)	3	0	0	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-197012				x				x	x			x
197101-198206		x						x	x			
198207-198505	x			x			x		x	x		
198506-198812		x						x	x			

Periode	Erstatninger											
	Synopdata fra Møn SE, Omø og Møn efter prioritet											

Periode	Observatorer
1878 -	?
188810-191208	Chr. Lindgaard
191209-192110	J.P. Nielsen
192111-193209	C. Madsen
193210-193602	G.N. Petersen
193603-193908	N.M. Jessen
193909-194504	G.N. Greve
194505-194606	S.S. Poulsen
194607-195703	F.K. Weber-Hansen
195704-198206	R.H. Jensen
198207-198505	Ingen observationer
198506-	Overfyrpasser Erik Jørgensen

- 187212-198206      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.  
 196305-198206      Anemometer muligvis benyttet.  
 198207-198505      Vindhastighed målt (Møn SE, Omø, Møn).  
 198506-198812      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

## A.6 Hammershus Fyr, 55°17'N 14°47'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.50	1.30	0.80	0.38	0.75	0.63	0.53	0.50
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	3	0	3	0	0	0
Afst. til skift (km)	∞	∞	2.00	0.55	∞	∞	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	3	3	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
188501-188605		x		x				x	x			x

Periode	Observatorer
188501-188605	Fyrmeester J. Beldring

### A.7 Hanstholm, 57°07'N 08°36'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.50	0.80	0.50	0.20	0.10	0.10	0.90	0.80
Ruhedsklasse (fjern)	2	3	3	2	2	2	0	0
Afst. til skift (km)	1.20	∞	∞	∞	∞	1.40	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	3	3	2	2	2	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
186001-187211	Solopgang Solnedgang + undertiden midnat											
187212-194301		x		x				x	x			x
194302-194505		x						x	x			
194506-195612		x		x				x	x			x
195701-196112	x			x			x	x	x	x		
196201-198108	x			x			x	x	x	x		
198109-198812		x					x	x				

Periode	Erstatninger
194302-194505	Klimadata fra Tylstrup
198109-198812	Klimadata fra Vestervig

Periode	Observatorer
1878 -	?
1880 -	?
188311-190303	Chr. Heering
190304-192009	H. Rold
192010-194904	E. Holm Hansen
194905-195103	U. Høyer
195104-198108	Fyrpersonalet
198109-	Ingen observationer

186001-195612 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

195701-198108 Vindhastighed målt. Synopdata.

198109-198812 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12. (Vestervig)

## A.8 Hesselø, 56°12'N 11°43'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.20	0.20	0.30	0.50	0.40	0.60	0.80	0.40
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-197210				x				x	x			x
197211-198812			x					x	x			

Periode	Erstatninger
198202-198812	Klimadata fra Læsø (Vesterøhavn)

Periode	Observatorer
196311-196902	Ulla Jensen
196903-196911	Lise Larsen
196912-198202	Grethe Jensen
198203-	Ingen (pålidelige) observationer

187212-198202 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.  
 198203-198812 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12. (Læsø)

## A.9 Hirsholmene, 57°29'N 10°38'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	0.20	0.10	0.20	0.20	0.30	0.10	0.20	0.40
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Den nærmeste afstand til Jylland er ca. 5 km i retningen SW.

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-198710		x		x				x	x			x
198711-198812		x		x				x	x			x

Periode	Observatorer
1883 -	?
1886 -	?
1895 -	?
1921 -	?
1926 -	?
1933 -	?
1937 -	?
1945 -	?
1947 -	?
195303-195707	H. Wilster
195708-196109	L. Kær
196110-	Piberfelt

187212-198812 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

### A.10 Hirtshals, 57°35'N 09°57'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	0.20	0.20	0.10	0.50	1.00	0.20	0.20	0.20
Ruhedsklasse (fjern)	0	3	3	3	1	2	0	0
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	∞	∞	0.90	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	3	3	3	1	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-197304				x				x				x
197305-198007								x		x		
198008-198008	x			x			x			x		
198009-198102		x						x	x			
198103-198105	x			x			x			x		
198106-198109		x						x	x			
198110-198207	x			x			x			x		
198208-198704		x						x	x			
198705-198812	x			x			x			x		

Periode	Erstatninger
194310-194505	Klimadata fra Rubjerg Knude
198008-198008	Synopdata fra Skagen
198103-198105	Synopdata fra Skagen
198110-198207	Synopdata fra Skagen
198705-198812	Synopdata fra Kandestederne og Åholm efter prioritet

Periode	Observatorer
195304-198004	H. Holm Hansen
198005-198109	Kaj J. Kristensen
198110-198207	Ingen observationer
198208-	Holger Eskildsen

- 187212-196308      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.  
 196309-198109      Vindhastighed tilsyneladende målt, men rapporteret efter ukendt vindstyrkeskala. Data brugt ukritisk her.  
 198110-198704      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12 med undtagelse af de perioder, hvor målte data fra Skagen er anvendt.  
 198705-198812      Vindhastighed målt. Synopdata.

### A.11 Højden Fyr, 57°45'N 10°34'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.08	1.50	5.30	3.00	1.30	$\infty$	0.24	0.50
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	3	3	2	0	0
Afst. til skift (km)	$\infty$	$\infty$	$\infty$	3.50	4.10	$\infty$	$\infty$	$\infty$
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	2	0	0

Ca. 4.6 km W for Skagen Fyr.

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
194308-194406		x					x		x			
194407-194407							x		x			
194408-194412		x					x		x			
194501-194612							x		x			
194701-194812		x					x		x			
194901-195212	x						x					
195301-195703	x			x			x			x		
	x			x			x		x			

### A.12 Kandestederne, 57°39'N 10°24'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	1.30	8.00	3.00	2.00	6.00	4.00	1.30	0.88
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	3	3	3	0	0	0
(km)	∞	∞	5.00	5.00	∞	∞	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	3	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198705-198812	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Periode	Observatorer											
	Automatstation											

### A.13 Møn, 54°57'N 12°33'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	3	3
Afst. til skift (km)	0.88	0.25	0.05	0.05	0.05	0.25	0.20	0.20
Ruhedsklasse (fjern)	3	0	0	0	0	0	2	2

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198207-198505		x		x				x	x			x
		x						x	x			x

### A.14 Møn SE fyrskib, 54°48'N 12°47'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	0	0	0	0	0	0	0	0
Afst. til skift (km)	$\infty$							
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Afstanden til Møns sydøstpunkt er ca. 22.8 km i retningen NW.

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198207-198505	x			x			x			x		

### A.15 Nakkehoved, 56°07'N 12°21'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	3	3	3	3	3	3	3	3
Afst. til skift (km)	0.10	0.20	0.50	$\infty$	0.80	1.10	$\infty$	0.20
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	3	2	1	3	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-196408		x		x				x				x
196409-198706		x						x		x		
198707-198812	x						x			x		

Periode	Erstatninger
187602-187603	Månedshistogrammer fra Hesselø
196409-196808	Klimadata fra Spodsbjerg
197210-197210	Klimadata fra Spodsbjerg
197310-197310	Klimadata fra Spodsbjerg
197510-197510	Klimadata fra Spodsbjerg
197808-197808	Klimadata fra Spodsbjerg
198309-198309	Klimadata fra Spodsbjerg
198707-198812	Automatiske observationer. Huller fyldt ud med synopdata (kl. 7 og 13) og klimadata (kl. 21) fra Spodsbjerg

Periode	Observatører
1878 -	?
1895 -	?
1914 -	?
192704-	?
1932 -	?
1956 -	?
196808-197807	Inger Pickering
197809-197912	Gerda Larsen,
198001-198206	Dan Stig Laursen
198207-198309	N.E. Larsen
198310-198312	Valdemar Larsen
198401-	Cai Berg Langholz

- 187212-187812      Vindstyrke skønnet formentlig efter skala 0 – 6.  
 187901-198706      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.  
 198707-198812      Vindhastighed målt. Synopdata.  
 195809                Installation af anemometer. Data direkte til DMI's vejrtjeneste og  
                         er ikke benyttet her 198708.

### A.16 Omø, 55°10'N 11°08'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	3	3	2	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	0.10	0.05	0.03	1.80	0.01	0.01	0.01	0.10
Ruhedsklasse (fjern)	0	1	1	0	0	0	0	0
Afst. til skift (km)	$\infty$	0.18	1.90	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
197408-198812	x			x			x			x		
	x			x			x			x		

### A.17 Romø, 55°31'N 10°48'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	2	1
Afst. til skift (km)	0.20	0.10	0.05	0.10	0.10	0.40	1.20	0.90
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Afstanden til Fyn er 3.3 km i retningen W.

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-197012				x				x				x
197101-197407		x						x	x			
197408-197804	x			x			x			x		
197805-198506		x						x	x			
198507-198812	x			x			x			x		

Periode	Erstatninger
197408-197804	Synopdata fra Omø
198507-198812	Synopdata fra Omø

I perioden 197403-198506 mangler der originaldata i følgende enkeltmåneder: 197403, 197806, 197812, 197903, 197907, 197911, 197912, 198001, 198002, 198003, 198003, 198101, 198103, 198111, 198112, 198201, 198207, 198301, 198308, 198411 og 198503. Her er der anvendt synopdata fra Omø med 8 observationer per dag. Data fra Omø er omsat forkert fra knob til  $\text{dm s}^{-1}$  (jfr. side 20), men der er ikke i dette tilfælde foretaget nogen korrektion.

Periode	Observatorer
1879 -	?
188511-191107	F. Andersen
191110-191609	Würtz
191610-192106	J. Hansen
192107-193403	E.E Winther
193404-	?
1937 -	?
197203-197205	Lilly Aggerbjerg Knudsen
197206-	Fyrpasser K. Knudsen
	Hans Ahrenberg
197804-198506	Kirsten Hansen
198507-198812	Ingen observationer

187212-198506 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

198507-198812 Vindhastighed målt. Synopdata.

### A.18 Rubjerg Knude, 57°27'N 09°47'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.90	2.00	2.50	2.00	$\infty$	1.00	0.38	0.50
Ruhedsklasse (fjern)	0	1	1	1	2	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
194310-194505				x				x	x			x

### A.19 Røsnæs, 55°45'N 10°52'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	0.01	0.02	0.10	0.10	0.05	0.05	0.02	0.01
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Der er 13 m høje skrænter mod nord, syd og vest.

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187112-198510		x		x				x	x			x
198511-198812	x			x				x	x		x	x

187212-198510 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

198511-198812 Vindhastighed målt. Synopdata.

### A.20 Skagen, 57°44'N 10°38'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	1	1	1	1	2	1	2
Afst. til skift (km)	1.20	1.40	0.10	0.10	0.10	0.60	1.70	2.40
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	3	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
186012-187211	Solopgang Solnedgang + undertiden midnat											
187212-192612		x		x					x			x
192701-194305		x					x		x			
194306-194307							x		x			
194308-194406		x					x		x			
194407-194407							x		x			
194408-194412		x					x		x			
194501-194612							x		x			
194701-194812		x					x		x			
194901-195212	x						x		x			
195301-198812	x			x			x		x		x	
	x			x			x		x		x	

Periode	Erstatninger
194307-195703	Synopdata fra Højden fyr, ca. 6.5 km vest for Skagen fyr
195507-195508	Synopdata fra Læsø Nord fyrskib

- 192701-198812      Synopdata.  
 186012-195612      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.  
 195701-198812      Vindhastighed målt. I 1976 blev anemometer flyttet til en klittop nord for fyrtårnet. 198010 nyt anemometer.

## A.21 Spodsbjerg, 55°59'N 11°51'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	0.08	0.13	0.45	0.23	0.04	0.04	0.18	0.08
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	3	3	3	3	0	0
Afst. til skift (km)	∞	∞	1.10	2.38	3.70	0.75	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	1	1	0	0	0	0
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	3.80	∞	∞	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	1	3	0	0	0	0
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	4.50	∞	∞	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	1	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
196409-198812		x						x	x			

### A.22 Stevns, 55°17'N 12°27'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	0.50	0.10	0.05	0.10	0.50	∞	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	2	2	2

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-198710		x		x				x	x			x
198711-198812		x		x				x	x			x

Periode	Observatorer
1882 -	?
1916 -	?
1920 -	?
1927 -	?
1948 -	?

187212-198812      Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12. 198802 anemometer installeret og derfor mulighed for omsætning fra vindhastighed til vindstyrke efter WMO 1100; der er ikke foretaget nogen korrektion.

### A.23 Thyborøn, 56°42'N 08°13'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	2	2	3	3	3
Afst. til skift (km)	0.23	0.08	0.05	0.20	1.00	1.60	0.70	0.50
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	1	0	0
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	∞	∞	2.80	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
189308-196012									x			x
								x				
196101-196112	x			x			x	x		x		
196201-198812	x			x			x	x		x	x	
	x			x			x					

Der har manglet enkelte, isolerede observationer i perioden 1980 til og med 1984. Disse observationer er erstattet med observationer fra Bovbjerg. Det drejer sig kun om i alt 31 observationer.

Periode	Observatorer
189307-193403	Anders Hviid
193407-194205	Buus
194206-194512	F. Andersen
194601-195204	Havnefoged P.J. Nielsen
195205-	Havnefoged Jens Metz Hansen

- 189308-191012 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 6.  
 191101-198112 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.  
 196101-198812 Synopdata.  
 198201-198812 Vindhastighed målt. 197401 anemometer installeret 30 m over terræn, 32.3 m over havet. 198502 anemometer flyttet, men højden uændret. Anemometer tilsyneladende først brugt til synopobservationer fra 198201.

Da observationerne før og efter 1911 er baseret på helt forskellige vindstyrkeskalaer, har vi delt månedshistogrammerne tilsvarende i to filer.

#### A.24 Tylstrup, 57°11'N 09°57'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	3	3	3	3	3	3	3	3
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	3	3	3	3	3	3	3	3

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198109-198812		x						x	x			

## A.25 Vesborg, 55°46'N 10°33'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	1	1	1	1	1	1	1	1
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	0.10	0.10	0.10	0.10	0.60
Ruhedsklasse (fjern)	1	1	1	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
187212-197706		x		x				x	x			x
197707-198812	x			x			x			x		

Periode	Observatorer
1892 -	?
1911 -	?
1914 -	?
1921 -	?
1936 -	?
1948 -	?

187212-198108 Vindstyrke skønnet efter skala 0 – 12.

197701-198812 Synopdata.

198109-198812 Vindhastighed målt.

## A.26 Vestervig I, 56°46'N 08°19'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	3	3	3	3	3	3	3	3
Afst. til skift (km)	0.50	0.30	0.50	0.38	0.30	0.10	0.05	0.68
Ruhedsklasse (fjern)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	3.80	∞	∞	∞	∞	0.68	1.40	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	2	2	2	2	3	0	2
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	∞	∞	1.30	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	2	2	2	2	0	0	2

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
194409-194508		x						x	x			

Periode	Observatorer
194409-194508	Bendixen

### A.27 Vestervig II, 56°46'N 08°19'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	3	3	3	3	3	3	3	3
Afst. til skift (km)	0.25	0.30	0.13	0.45	0.65	0.38	0.93	0.33
Ruhedsklasse (fjern)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	3.80	∞	∞	∞	∞	0.88	1.60	1.03
Ruhedsklasse (fjern)	0	2	2	2	2	3	0	0
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	∞	∞	1.55	∞	∞
Ruhedsklasse (fjern)	0	2	2	2	2	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198109-198812		x						x	x			

Periode	Observatorer
198109-198812	G. Kristiansen

### A.28 Vesterø Havn, Læsø, 57°18'N 10°56'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	3	3	3	3	3	3	3	3
Afst. til skift (km)	0.55	1.50	9.00	9.00	6.00	3.00	0.75	0.50
Ruhedsklasse (fjern)	0	0	0	0	0	0	0	0

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198202-198812		x						x	x			

Periode	Observatorer
198105-	Ingrid Olsen, Kirketjener

### A.29 Åholm, 57°16'N 10°04'E

Sektor	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ruhedsklasse (nær)	2	2	2	2	2	2	2	2
Afst. til skift (km)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	6.00	∞
Ruhedsklasse (fjern) (km)	2	2	2	2	2	2	3	2
Ruhedsklasse (fjern)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	8.00	∞
Ruhedsklasse (fjern)	2	2	2	2	2	2	2	2

Periode	Observationstider											
	01 13	02 14	03 15	04 16	05 17	06 18	07 19	08 20	09 21	10 22	11 23	12 24
198705-198812	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Periode	Observatorer
198707-198812	Automatstation

## Litteraturliste

- Hartby, S.: 1981, „Gamle og nye vindstyrkebetegnelser“, *Vejret* 3, nr. 3, 16 – 23.
- Jensen, N.O. og Troen, I.: 1989, *Mean Wind Statistics from 70 m above the Great Belt*, Risø-M-2827, 35 pp.
- Kaufeld, L.: 1981, „The Development of a New Beaufort Equivalent Scale“, *Meteorol. Rdsch.* 34, 17-23.
- Petersen, E.L., Troen, I. og Frandsen, S.: 1980, *Vindatlas for Danmark*, Forskningscenter Risø og Energiministeriets og Elværkernes Vindkraftprogram, 149 pp.
- Troen, I. og Petersen, E.L.: 1989, *European Wind Atlas*, Forskningscenter Risø (published for the Commission of the European Communities Directorate-General for Science, Research and Development, Brussels, Belgium), 656 pp.
- WMO: 1970, *The Beaufort Scale of Wind Force*, WMO Commission for Maritime Meteorology, Marine Sciences Affairs Report NO. 3, 22 pp.

REGISTERINGSBLAD

**Udgiver:** Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

**Serietitel, nr.:** Havforskning fra Miljøstyrelsen, 2

**Udgivelsesår:** 1991

**Titel:**

Danmarks vindklima fra 1870 til nutiden

**Undertitel:**

**Forfatter(e):**

Kristensen, Leif; Frydendahl, Knud

**Udførende institution(er):**

Forskningscenter Risø; Danmarks Meteorologiske Institut

**Resumé:**

Digitaliserede månedshistogrammer fra Danmarks Meteorologiske Institut af vindretninger og -styrker på 15 kystnære stationer spredt over hele Danmark er blevet "afluset". Histogrammerne dækker perioden fra omkring 1870 til udgangen af 1988. Windstyrkerne er observeret med en nøjagtighed på omkring 2 m/s. Data viser, at hyppigheden af vindstyrker større end 9 er faldet fra omkring 2% af tiden i 1880 til omkring 0.5% 100 år senere.

**Emneord:**

vindstyrke; vind; meteorologi; klima; tidsvariationer;  
målestationer

**ISBN:** 87-503-9192-5

**ISSN:**

**Pris (inkl. moms):** 65 kr.

**Format:**

**Sideantal:** 68

**Md./år for redaktionens afslutning:** december 1990

**Oplag:** 600

**Andre oplysninger:**

Rapport fra koordinationsgruppen for meteorologiske processers betydning for eutrofieringsforholdene

**Tryk:** P. J. Schmidt A/S, Vojens

**Havforskning fra Miljøstyrelsen**

Rapporter fra Hav-90 forskningsprogrammet:

- Nr. 1: Analyse af iltsænkning i Kattegat, Bælthavet og V. Østersø  
Nr. 2: Danmarks vindklima fra 1870 til nutiden

# Danmarks vindklima fra 1870 til nutiden

Digitaliserede månedshistogrammer fra Danmarks Meteorologiske Institut af vindretninger og -styrker på 15 kystnære stationer spredt over hele Danmark er blevet »afluset«. Histogrammerne dækker perioden fra omkring 1870 til udgangen af 1988. Vindstyrkerne er observeret med en nøjagtighed på omkring 2 m/s. Data viser, at hyppigheden af vindstyrker større end 9 er faldet fra omkring 2% af tiden i 1880 til omkring 0.5% 100 år senere.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**  
Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

**Pris kr. 65,- inkl. 22% moms**

ISBN 87-503-9192-5