

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

**GARDERMOEN
VINDKOMPONENTER LANGS RULLEBANEN**

**KNUT HARSTVEIT
RAPPORT NR. 32/96 KLIMA**



DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3
TELEFON: 22 96 30 00

ISBN 0805-9918

RAPPORT NR.

32/96 KLIMA

DATO

27.11.96

TITTEL

GARDERMOEN
Vindkomponenter langs rullebanen

UTARBEIDET AV

Knut Harstveit

OPPDRAAGSGIVER

Oslo Hovedflyplass A/S

OPPDRAAGSNR.

SAMMENDRAG

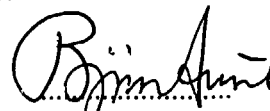
Observasjoner kl. 00 og 06 GMT av vindfart på Gardermoen er multiplisert med $\cos(\text{dd}-17^\circ)$ for å beregne vindkomponenten langs rullebanen. dd er vindretningen og 17° er banens avvik fra kompassets nord-retning. Nordlige og sørlige komponenter er hver for seg Weibulltilpasset.

Sannsynligheten for forekomst av slike komponenter over og under grenseverdier mellom 1 og 25 knop er gitt. Det er således 55% sannsynlighet for at vindkomponenten langs rullebanen er inntil 3 knop, 25 % sannsynlighet for at overstiger 3 knop og kommer fra nord, og tilsvarende 20 % fra sør. Dersom grenseverdien settes til 7 knop er tallene 85, 7.5 og 7.5%.

UNDERSKRIFT



Knut Harstveit
SAKSBEHANDLER



Bjørn Aune
FAGSJEF

SAMMENDRAG

Observasjoner kl. 00 og 06 GMT av vindfart på Gardermoen er multiplisert med $\cos(dd-17^\circ)$ for å beregne vindkomponenten langs rullebanen. dd er vindretningen og 17° er banens avvik fra kompassets nord-retning. Nordlige og sørlige komponenter er hver for seg Weibultilpasset. Sannsynligheten for forekomst av slike komponenter over og under grenseverdier mellom 1 og 25 knop er gitt i tabellen under.

U_G	$p\{U(N)\}>U_G$	$p\{U(S)\}>U_G$	$1-p_N-p_S$
1.00	0.458	0.313	0.229
2.00	0.339	0.250	0.411
3.00	0.251	0.197	0.552
4.00	0.185	0.155	0.660
5.00	0.137	0.121	0.742
6.00	0.101	0.094	0.805
7.00	0.074	0.073	0.853
8.00	0.055	0.056	0.889
9.00	0.040	0.044	0.916
10.00	0.030	0.033	0.937
11.00	0.022	0.026	0.953
12.00	0.016	0.020	0.964
13.00	0.012	0.015	0.973
14.00	0.009	0.012	0.980
15.00	0.006	0.009	0.985
16.00	0.005	0.007	0.989
17.00	0.003	0.005	0.991
18.00	0.003	0.004	0.994
19.00	0.002	0.003	0.995
20.00	0.001	0.002	0.996
21.00	0.001	0.002	0.997
22.00	0.001	0.001	0.998
23.00	0.001	0.001	0.999
24.00	0.000	0.001	0.999
25.00	0.000	0.001	0.999

1. Innledning

Bakgrunnen for denne rapporten er en henvendelse fra Oslo Hovedflyplass som ønsker å vite hvilke baner som kommer til å bli benyttet ved evt. nattflygning på Gardermoen. I den forbindelse ønsker man tall for den nattlige frekvensen av vindkomponenter over en fastsatt styrke fra sør og nord, langs baneretningen.

Man ønsker å dele observasjonene i tre deler, slik at alle observasjoner med komponent over en viss grense fra nord, over en viss grense fra sør, samt alle tilfelle med absoluttverdier av komponenten under den aktuelle grensen blir beregnet. DNMI er bedt om å gjøre beregningene for to forskjellige grenseverdier, 3 og 7 knop.

2. Datagrunnlag, metodikk og resultater

Det foreligger data fra Gardermoen fra 1957-96. Vi har her konsentrert oss om den nå benyttede normalperiode, 1961-90. Det ligger observasjon av vindhastighet og vindretning 4 ganger pr. døgn i vår database, dvs. kl 00, 06, 12 og 18 GMT. Disse er avlest med nøyaktighet på 1 knop, utfra en grafisk vindregistrering. Avlesningen er gjort av meteorologisk personell ved flyplassen. Avlesningene er gjort i forbindelse med utsending av værdata for varslingsformål. Det finnes også timevise avlesninger fra Gardermoen, men bearbeidelse av disse tar lenger tid. På grunn av den lange observasjonsperioden vil slik tidsoppløsning neppe bedre nøyaktigheten i sluttresultatet. Vi har da kommet fram til at perioden 1961 - 90 og observasjonene kl. 00 og 06 GMT skal benyttes i analysen. Disse observasjonene er presentert i form av frekvenstabell og vindrose i Appendiks A.3.

Observasjonene er kjørt ut fra vår database og alle enkeltobservasjoner av vindfart er multiplisert med faktoren $\cos(\text{dd}-17^\circ)$, der $\text{dd}-17^\circ$ er vinkelen mellom banen og vindretning i et 0-360° - system med positive x,y akser mot nord og øst. Positivt tall gir komponent langs banen fra nordlig kant, negativt tall gir komponent langs banen fra sørlig kant. Ved ren optelling for verdier over og under en fastsatt grenseverdi tilkommer det alltid en usikkerhet på grunn av tilfeldigheter i materialet og inndeling i grupper som kan kunstig plassere en del tilfelle like over eller under en grense. For å bedre dette, vil vi forsøke å tilpasse observasjonene til en Weibulfordeling. Weibulfordelingen gir sannsynligheten, $p(U_G)$ for forekomst av vindhastighet over grenseverdien, U_G , se lign. 1. Dersom en slik tilpasning er gyldig, kan vi også meget enkelt beregne prosentvise fordelinger for andre grensetilfelle enn dem det spørres etter.

$$p\{U > U_G\} = (1 - e^{-\left(\frac{U_G}{\beta}\right)^\alpha}) \quad \text{lign.1}$$

Tilpasning til denne fordelingen gjøres ved å inndele materialet i passende bokser og tegne opp et histogram. Sannsynlighetstetthetsfunksjonen, $W=W(U_G)$, gitt ved

$$W\{\alpha; \beta\} = \alpha \beta^{-\alpha} U_G^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{U_G}{\beta}\right)^\alpha} \quad \text{lign.2,}$$

kan beregnes for fortløpende boksgrenser. Det kan vises at optimal tilpasning av kurven er gitt når

$$T = \sum_i \left| P_i \ln\left(\frac{F_i}{P_i}\right) \right| \quad \text{lign.3}$$

er minst mulig. Her er P_i sannsynlig forekomst (forventet frekvens) i intervall i , mens F_i er aktuell frekvens. Som vi ser, har **forholdstallet** mellom P_i og F_i stor betydning. Ln-transformasjonen sikrer at det er vilkårlig om avviket går opp eller ned og at det legges stor vekt på å unngå en fordeling som gir store enkeltavvik. Metoden kalles for «maximum likeness» metode, og har den fordel at den ikke krever uavhengige observasjoner.

Det er ikke hensiktsmessig å benytte for små intervaller. Det skjer lett rariteter ved vind omkring 0 og 1 knop, bl.a på grunn av instrumentelle egenskaper. Dessuten vil boksinnndelingen både i knop og retning gi kunstige plasseringer av $U \cdot \cos(\text{dd}-17)$ når intervallene blir for små. Vi har derfor valgt en intervallbredde på 4 knop.

I materialet var det 3221 tilfelle med hastighet 0 knop. For å få en korrekt Weibultilpasning for sørlig og nordlig komponent var det nødvendig å fordele disse til hver av gruppene. Dette er gjort ved å si at fordelingen for stille skal deles etter samme forhold som tilfelle med 0.0 - 0.99 knop er fordelt. Dette gir 2023 tilfelle fordelt til N og 1198 tilfelle fordelt til sør. Hver av disse er da tillagt gruppene for 0 - 4 knop.

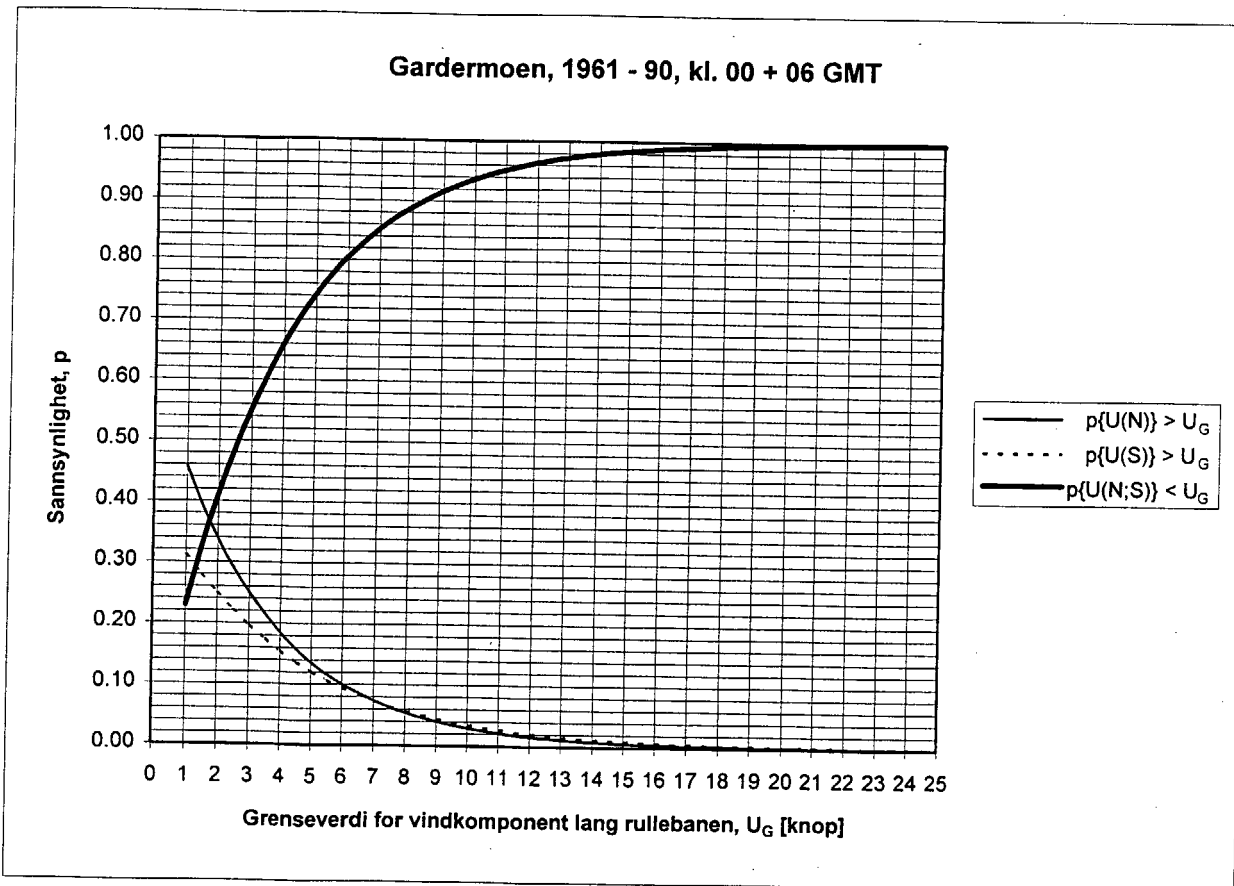
Appendiks A gir en figurlig framstilling av optimaliseringen. Figur A.1 og A.2 viser at Weibultilpasningen er god og at metoden derfor kan brukes til å besvare spørsmålet omkring sannsynlighet for forekomst av vind over eller under visse grenser langs rullebanen. Fordelingene må multipliseres med konstantleddet $N_{U(N)} / N_U = 13417/21762 = 0.6165$ og $N_{U(S)} / N_U = 8345/21762 = 0.3835$ hhv. for å relateres til totalfrekvensen. De ferdige ligningene 4 og 5 angir fordelingen for nordlig og sørlig komponent, mens ligning 5 angir den resterende gruppe, dvs. alle tilfelle der vinden ikke har komponent over grenseverdien langs rullebanen.

$$p\{U(N) > U_G\} = 0.6165(1 - e^{-\left[\frac{U}{3.33}\right]^{1.01}}) \quad \text{lign.4}$$

$$p\{U(S) > U_G\} = 0.3835(1 - e^{-\left[\frac{U}{4.382}\right]^{1.08}}) \quad \text{lign.5}$$

$$p\{U < U_G\} = 1 - p\{U(N)\} - p\{U(S)\} \quad \text{lign.6}$$

Ligningene er framstilt i Figur 1. Fordelingene bør ikke brukes til å skille tilfellene under 1 knop på grunn av de ovennevnte usikkerheter.



Figur 1

Fordeling av tre forskjellige tilfelle av betingelser for vindkomponent langs rullebanen på Gardermoen kl. 00 og 06 GMT.

Figuren og ligningene er også gitt i Tabell 1.

Tabell 1.

Fordeling av tre forskjellige tilfelle av betingelser for vindkomponent langs rullebanen på Gardermoen kl. 00 og 06 GMT. Vindhastighetene er gitt i knop og $U(N)$ står for nordlig komponent og $U(S)$ sørlig komponent.

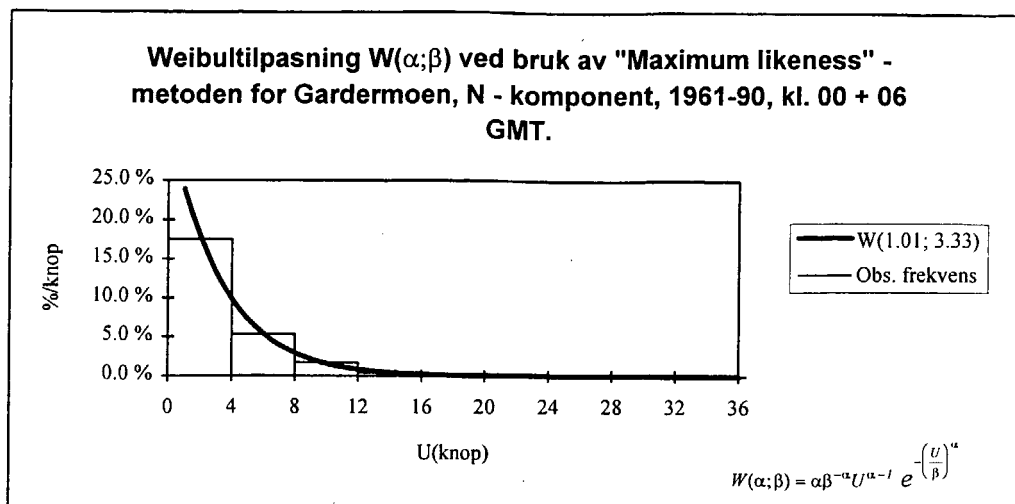
U_G	$p\{U(N)\} > U_G$	$p\{U(S)\} > U_G$	$1-p_N-p_S$
1.00	0.458	0.313	0.229
2.00	0.339	0.250	0.411
3.00	0.251	0.197	0.552
4.00	0.185	0.155	0.660
5.00	0.137	0.121	0.742
6.00	0.101	0.094	0.805
7.00	0.074	0.073	0.853
8.00	0.055	0.056	0.889
9.00	0.040	0.044	0.916
10.00	0.030	0.033	0.937
11.00	0.022	0.026	0.953
12.00	0.016	0.020	0.964
13.00	0.012	0.015	0.973
14.00	0.009	0.012	0.980
15.00	0.006	0.009	0.985
16.00	0.005	0.007	0.989
17.00	0.003	0.005	0.991
18.00	0.003	0.004	0.994
19.00	0.002	0.003	0.995
20.00	0.001	0.002	0.996
21.00	0.001	0.002	0.997
22.00	0.001	0.001	0.998
23.00	0.001	0.001	0.999
24.00	0.000	0.001	0.999
25.00	0.000	0.001	0.999

For å se på hvor stort avviket mellom modellert frekvens og direkte opptelling for grensene på 3 og 7 knop er, har vi i Tabell 2 gitt en slik sammenstilling. Tabellen viser at avvikene ligger innenfor 1 prosentpoeng. Det må presiseres at ingen av tallene er «fasit», men at de små avvikene indikerer at vi ikke gjør noen særlig feil uansett hvilken metode vi benytter. Vi anbefaler derfor at de modellerte tallene legges til grunn, både pga enkel transformasjon til andre grenseverdier og antagelsen om at det ligger vel så stor usikkerhet i en enkelt opptelling som i en modell basert på flere opptellingsbokser.

Tabell 2.

Modellert og opptelt forekomst av tilfelle med vindkomponenter over og under angitte grenser langs rullebanen (017-197°) på Gardermoen.

Gruppe	Gardermoen 1961-90 kl.00 og 06 GMT	Modellert frekvens U(G) =		Opptelt frekvens U(G) =	
		3.00 knop	7.00 knop	3.00 knop	7.00 knop
1	Nordlig komponent, $U_{\text{NORD}} > U(G)$	25.1 %	7.4 %	25.9 %	7.9 %
2	$U \cdot \cos(\text{dd}-17) < U(G) $	55.2 %	85.3 %	54.9 %	84.1 %
3	Sørlig komponent, $U_{\text{SØR}} > U(G)$	19.7 %	7.3 %	19.3 %	8.1 %
ALLE		100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %



Boksbredde: 4.0 knop					
Boks (knop)	Input	$F_i = \langle Pr_i \rangle$	$P_i = Pr_i(\alpha, \chi)$	$ P_i \ln(F_i/P_i) $	
0.00 - 4.00	9395	70.023 %	69.983 %	0.040 %	
4.00 - 8.00	2845	21.204 %	21.156 %	0.048 %	
8.00 - 12.00	921	6.864 %	6.262 %	0.575 %	
12.00 - 16.00	214	1.595 %	1.840 %	0.263 %	
16.00 - 20.00	38	0.283 %	0.538 %	0.345 %	
20.00 - 24.00	4	0.030 %	0.157 %	0.260 %	
24.00 - 28.00	0	0.000 %	0.046 %	0.000 %	
28.00 - 32.00	0	0.000 %	0.013 %	0.000 %	
32.00 - 36.00	0	0.000 %	0.004 %	0.000 %	
36.00 - 40.00	0	0.000 %	0.001 %	0.000 %	
Sum observasjoner	13417				

Parameter	Symbol	Verdi
Testsum	$\sum_i P_i \ln(F_i/P_i) :$	0.015
Testsum	$ \sum_i \{ \} :$	0.015
Formfaktor	$\alpha :$	1.01
Skala-faktor	$\beta = \chi^{-1/\alpha} :$	3.330
χ -parameter	$\chi :$	0.297

"Maximum likeness" metoden optimaliserer en kurve mot et histogram.

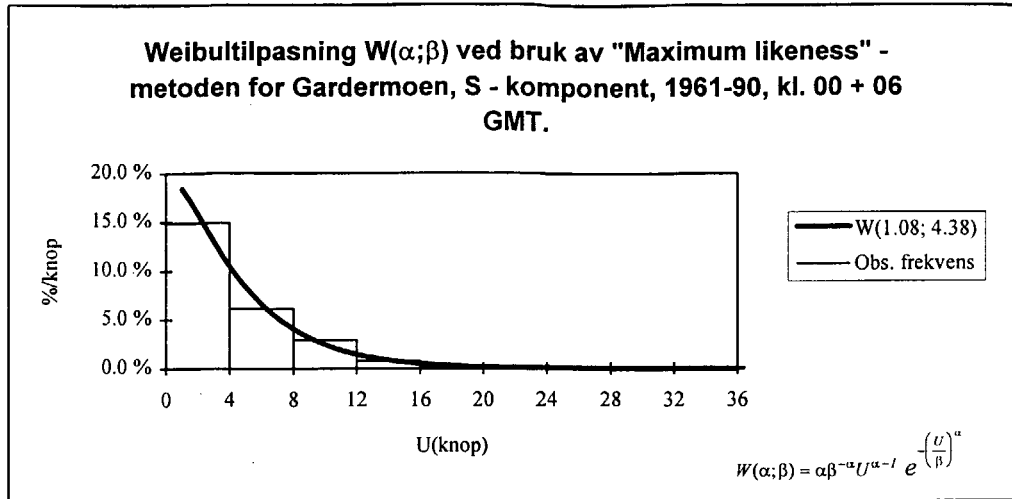
F_i er akkumulert frekvens.

P_i er akkumulert sannsynlighet ved Weibulfordeling med parametrene α og β .

$|P_i \ln(F_i/P_i)|$ er en hjelpeparameter til bruk ved optimaliseringen. Denne summeres over alle intervaller. Absoluttverdien av summen minimaliseres ved problemløseren i EXCEL, og α , $\beta(\alpha, \chi)$ og χ er de tilsvarende parametre.

Figur A.1.

Weibulltilpasning av et histogram over antall vindobservasjoner i bokser på 4 knop for N-komponent langs rullebanen på Gardermoen.



Boksbredde: 4.0 knop					
Boks (knop)	Input	$F_i = \langle Pr_i \rangle$	$P_i = Pr_i(\alpha, \chi)$	$ P_i \ln(F_i/P_i) $	
0.00 - 4.00	4974	59.605 %	59.594 %	0.011 %	
4.00 - 8.00	2043	24.482 %	25.682 %	1.230 %	
8.00 - 12.00	973	11.660 %	9.585 %	1.878 %	
12.00 - 16.00	264	3.164 %	3.397 %	0.241 %	
16.00 - 20.00	72	0.863 %	1.165 %	0.349 %	
20.00 - 24.00	15	0.180 %	0.390 %	0.301 %	
24.00 - 28.00	4	0.048 %	0.128 %	0.125 %	
28.00 - 32.00	0	0.000 %	0.041 %	0.000 %	
32.00 - 36.00	0	0.000 %	0.013 %	0.000 %	
36.00 - 40.00	0	0.000 %	0.004 %	0.000 %	
Sum observasjoner	8345				

Parameter	Symbol	Verdi
Testsum	$\sum_i P_i \ln(F_i/P_i) :$	0.041
Testsum	$ \sum_i \{ \} :$	0.041
Formfaktor	$\alpha :$	1.08
Skala-faktor	$\beta = \chi^{-1/\alpha} :$	4.382
χ -parameter	$\chi :$	0.203

"Maximum likeness" metoden optimaliserer en kurve mot et histogram.

F_i er akkumulert frekvens.

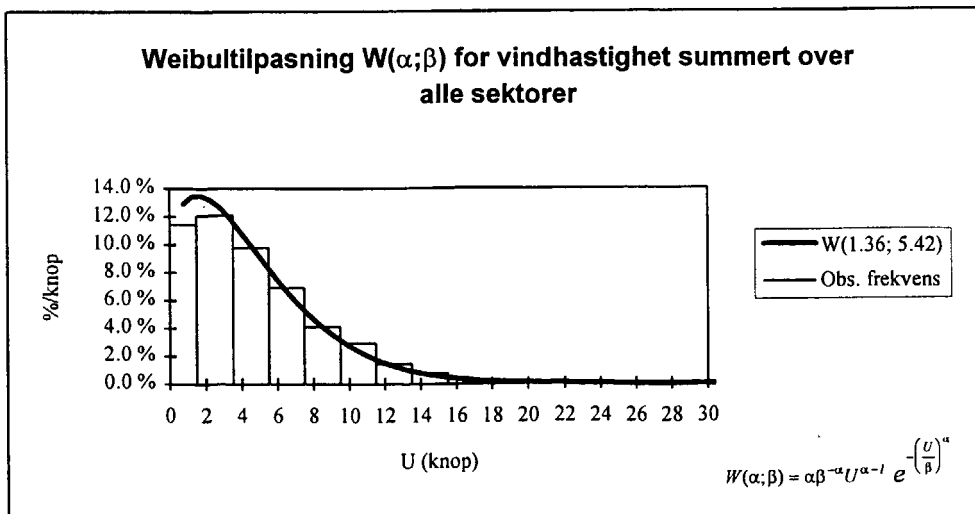
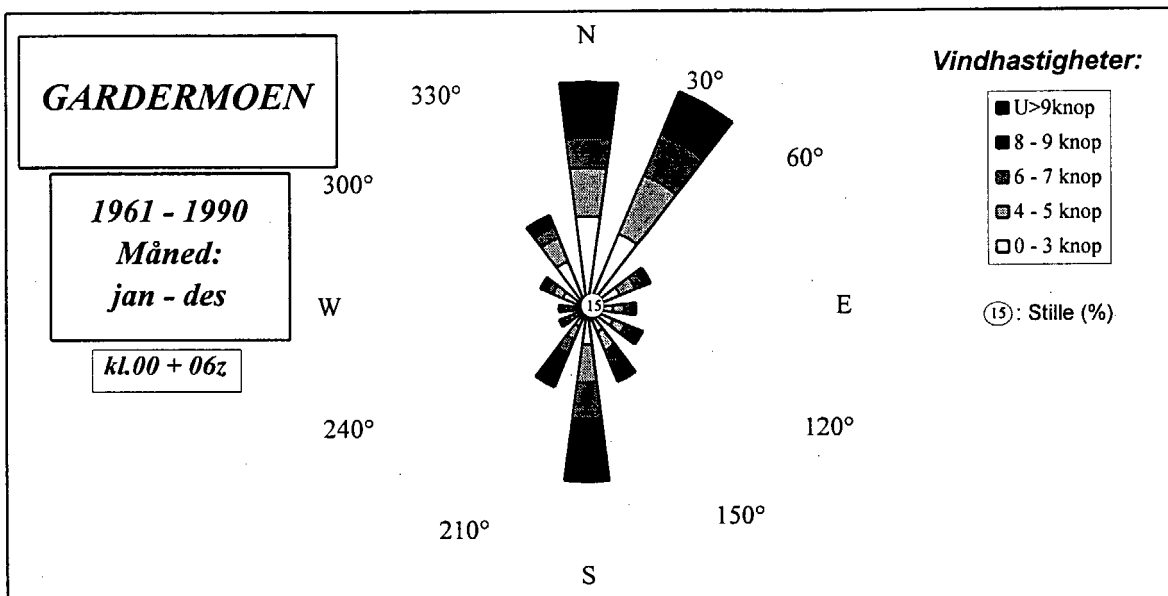
P_i er akkumulert sannsynlighet ved Weibullfordeling med parametrene α og β .

$|P_i \ln(F_i/P_i)|$ er en hjelpeparameter til bruk ved optimaliseringen. Denne summeres over alle intervaller. Absoluttverdien av summen minimaliseres ved problemløseren i EXCEL, og α , $\beta(\alpha, \chi)$ og χ er de tilsvarende parametre.

Figur A.2.

Weibulltilpasning av et histogram over antall vindobservasjoner i bokser på 4 knop for S-komponent langs rullebanen på Gardermoen.

Frekvenstabell:		Gardermoen		År:		1961 til 1990											
N = 21761		kl. 00 + 06z		Måned:		jan til des											
Sekt. °	0 til 1 knop	2+3 knop	4+5 knop	6+7 knop	8+9 knop	10+11 knop	12+13 knop	14+15 knop	16+17 knop	18+19 knop	>19 knop	% sum	U knop	Std knop	Weibul-parametre		
															α	β	
360	1.5	5.1	3.5	2.2	1.6	1.3	0.6	0.3	0.1	0.1	0.0	16.3	5.20	3.65	1.50	5.97	
30	1.2	4.6	4.5	3.2	1.8	0.9	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	16.9	5.07	3.05	1.84	5.90	
60	0.7	1.8	1.2	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0				4.8	3.80	2.46	1.37	3.89	
90	0.5	1.3	0.8	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0				3.5	3.92	2.65	1.55	4.48	
120	0.6	1.4	1.0	0.6	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0		4.3	4.41	3.14	1.44	4.93	
150	0.4	1.4	1.5	1.1	0.6	0.4	0.2	0.1	0.0		0.0	5.7	5.36	3.29	1.76	6.27	
180	0.6	2.0	2.7	2.6	1.6	1.4	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	12.5	6.75	4.04	1.83	7.78	
210	0.4	1.0	1.0	1.1	0.9	0.8	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	6.1	7.07	4.23	1.76	8.28	
240	0.4	0.7	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2	4.55	3.45	1.34	5.00	
270	0.3	0.7	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.1	4.86	3.94	1.23	5.19	
300	0.6	1.3	0.8	0.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	4.31	3.34	1.26	4.57	
330	0.9	2.7	1.8	0.8	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	4.12	3.00	1.45	4.59	
Skift												0.0					
Stille	14:8											14.8					
Sum	22.9	24.2	19.5	13.8	8.2	5.9	2.9	1.6	0.6	0.3	0.2	100.0	4.45	3.79	1.36	5.42	



Figur A.3
 Frekvenstabell, vindrose og Weibulltilpassing av alle vindobservasjoner på Gardermoen, 1961-90, kl. 00 - 06 GMT.