

DNMI

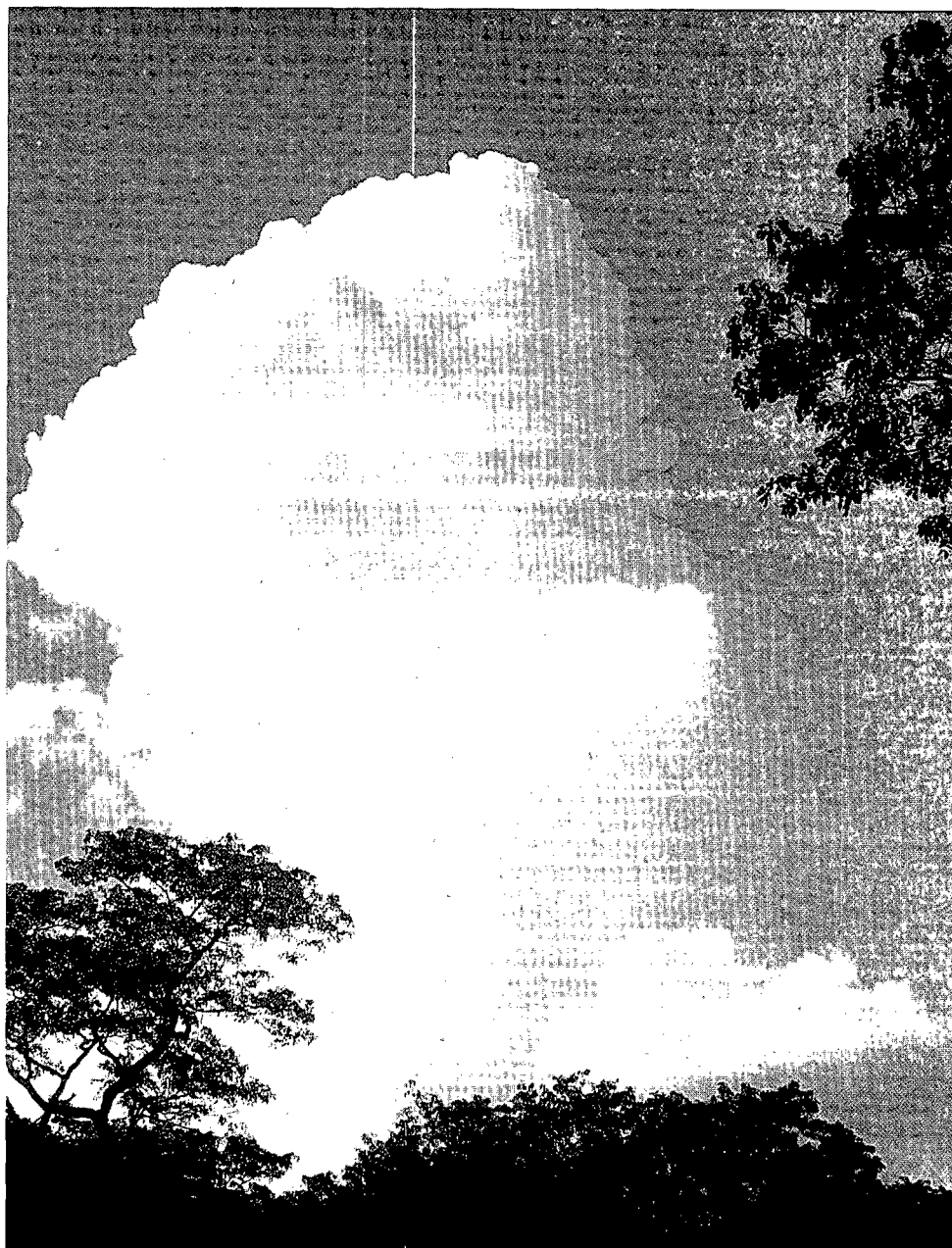
DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

**EKSTREMVINDANALYSE FOR KYSTSTREKNINGEN
ROGALAND - FINNMARK**

KNUT HARSTVEIT
LARS ANDRESEN

RAPPORT NR. 07/94 KLIMA



DNMI-RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

07/94 KLIMA

DATO

01.03.94

TITTEL

EKSTREMVINDANALYSE FOR KYSTSTREKNINGEN ROGALAND - FINNMARK

UTARBEIDET AV

Knut Harstveit
Lars Andresen

OPPDRAGSGIVER

Norges Byggstandardiseringsråd - NBR

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler ekstremvindanalyse av 3-5 s vindkast på 70 stasjoner på strekningen Rogaland - Finnmark. Det er foretatt Gumbelanalyse på 31 stasjoner med datarekker fra 10 til 45 år, og sammenligning med referansestasjon for de øvrige 39 stasjonene.

38 av stasjonene er flyplasser, 16 er fyrstasjoner og 1 er værskip. Øvrige 15 stasjoner er ikke benyttet ved regionaliseringen pga. ulike terrengforhold rundt stasjonene. 6 av flyplassene ligger utsatt til for sterke terrenginduserte vindkast og må betraktes som singulære punkter. Verdiene fra fyrstasjonene er redusert til havnivå og omregnet til flyplassruhet. Alle verdier gjelder 10 m over bakken. Det må tas forbehold om endrede punktverdier etter hvert som arbeidet med metodikk, mulige korreksjoner og utvidete datarekker fortsetter. En antar likevel at man har fått et tilstrekkelig bilde til å angi hva som tidligere er omtalt som "ytre kyststrøk". Det er gitt en liste over kommuner med 50 - årsverdier på 45 og 50 m/s, dvs, der grunnverdiene i Norsk standard, NS 3479 etter kurve B er overskredet.

UNDERSKRIFT

Knut Harstveit
.....

Knut Harstveit

SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune
.....

Bjørn Aune

FAGSJEF

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	1
1. INNLEDNING	2
2. DATAGRUNNLAG	3
2.1 Flyplasser	3
2.2 Fyr- og havstasjoner	7
2.3 Andre stasjoner	9
2.4 Datainnsamling	9
3. BEREGNING AV PUNKTVERDIER	17
3.1 Ekstremvinddata, lang rekke. Teori og metode	17
3.2 Ekstremvindanalyse, stasjoner med kort rekke	21
3.3 Ekstremvinddata. Punktresultater	22
4. REGIONALISERING	25
4.1 Oversikt over kystfylkene fra Rogaland til Finnmark	25
4.2 Singulærverdier. Nedslag bak bratt terreng	26
4.3 Spesifikasjon av kommuner med oppjusterte vindlaster	30
5. KVALITETSSIKRING	36
5.1 Datainnsamling	36
5.2 Datautplukk og analyse	36
6. REFERANSELISTE	38
APPENDIKS A	40
Kastfaktorer, turbulensintensitet og overflateruhet	40
APPENDIKS B	44
Høydekorreksjoner	44
APPENDIKS C	46
Om akselerasjon og reduksjon av fyrverdier	46
APPENDIKS D	48
Lange datarekker. Gumbelplot	48
APPENDIKS E	77
Korte datarekker	77

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler ekstremvindanalyse av 3-5 s vindkast på 70 stasjoner på strekningen Rogaland - Finnmark. Årsekstremer er avlest på 31 stasjoner med datarekker fra 10 til 45 år og en Fisher-Tippet, Type I (Gumbel) ekstremverdianalyse er utført. Analysen er utført ved å optimalisere mot datarekken ved hjelp av sannsynlighetsmaksimeringsmetoden, momentmetoden og minste kvadraters metode. Sannsynlighetsmaksimeringsmetoden ble brukt for å beregne ekstremverdiene fordi denne falt noe bedre ut i en chi-kvadrattest enn de 2 øvrige. For øvrig har ikke metodikkstudier vært et tema i denne del av prosjektet.

For de øvrige 39 stasjonene er det gjort en sammenligning med en nærliggende referansestasjon. På de fleste av disse stasjonene er det utført en forenklet og foreløpig analyse hvor de 5 høyeste stormtoppene i 2-5 sektorer er sammenlignet. En har i denne rapporten prioritert å få flest mulig punktverdier med, framfor raffineringer av enkelte punktverdier.

38 av de 70 stasjonene er flyplasser, 16 er fyrstasjoner og 1 er værskip. Øvrige 15 stasjoner er ikke benyttet ved regionaliseringen på grunn av ulike og vanskelig definerbare ruhetsforhold rundt stasjonene. 6 av flyplassverdiene ligger utsatt til for sterke vindkast og representerer singulære punkter.

Verdiene fra fyrstasjonene er redusert fra anemometerets høyde over den omkringliggende frie havflaten til 10 m over denne og omregnet til flyplassruhet. Alle flyplassmålinger med høydeavvik fra 10 m nivå på mer enn 2 m er korrigert til 10 m over bakken. Det er god overensstemmelse mellom data som stammer direkte fra flyplassene og de omregnede fyrverdiene.

Området langs ytre del av kysten fra Bremanger til Vadsø har fått beregnet ekstremverdi av 3-5 s vindkast med 50 års returperiode til 45 - 50 m/s. Disse grunnverdiene gjelder 10 m over bakken på et flatt og åpent område i kommunen. Denne sonen spesifiserer det som i Norsk standard, NS3479 er benevnt som "ytre kyststrøk". Sonen går noe innenfor midlere kystlinje for Møre og Romsdal, samt Lofoten til Vadsø. Sør for Florø er det vesentlig lavere ekstremverdier enn nord for Florø.

Det er gitt en liste over kommuner der grunnverdiene overstiger 40 m/s. Avrundet til nærmeste 5 m/s blir dette 2 mulige grunnverdier, 45 og 50 m/s. Disse grunnverdiene må i en del tilfelle korrigeres for terrengeffekter, f.eks. slik dette var anbefalt for Møre og Romsdal (1). Bemerk at 45 m/s gir en lastøkning på 27% i forhold til 40 m/s. Tilsvarende gir 50 m/s 56 % lastøkning.

Det må tas forbehold om endrede punktverdier etter hvert som arbeidet med metodikk, mulige korreksjoner og utvidete datarekker fortsetter. En antar likevel at man har fått et tilstrekkelig bilde til å angi hva som tidligere er omtalt som "ytre kyststrøk".

1. INNLEDNING

Under NBR's vindprosjekt ble det våren 1993 presentert en del ekstremverdier av vindkast for Møre og Romsdal og tilgrensende områder (1). Ekstremverdiene ble gitt med 50 - års returperiode beregnet ut fra måleserier i området. Ut fra disse punktverdiene ble det foretatt regionaliseringer. Samtidig ble det utført en mer detaljert undersøkelse i Fræna kommune, der et vindkart ble tegnet ut fra skadeopplysninger fra orkanen 01.01.92, og lange måleserier fra nærliggende flyplasser (2). Det ble klart at en del utsatte kommuner har stor risiko for ekstreme vindkast som overstiger anbefalte verdier i Norsk Standard NS 3479, kurve B (3). Slike områder er i standarden bare nevnt som "utsatte strøk, f.eks. ytre kyststrøk".

Januar og februar 1993 forekom det 2 orkaner med omfattende skader på strekningen Lofoten - Finnmark. På denne bakgrunn ble det ytret et ønske om snarest mulig, og helst innen utgangen av 1993, å lage en oversikt over ekstreme vindforhold langs hele kyststrekningen fra Rogaland til Finnmark.

En fant det mulig å tilfredsstille dette ønsket ved en hurtig-analyse av alle tilgjengelige data. Det var da viktig å få med en del sentrale datapunkter (data fra en del småflyplasser) som hittil har foreligget på grafisk form. Sommeren 1993 ble benyttet til avlesning av en del slike data.

Tidsrommet september 1993 - januar 1994 ble benyttet til ytterligere å fylle igjen noen huller i det avleste datanettet. Dessuten ble data analysert og regionalisert. Det hele har foregått med høyt tempo slik at mye av arbeidet med metodisk optimalisering og kvalitetskontroll av data gjenstår. Derved er det helt nødvendig å betrakte resultatene som foreløpige. Dette gjelder både punktverdier og også en del middelveidier over større områder. En antar likevel at det totale bildet i denne rapporten neppe er vesentlig forskjellig fra de virkelige forhold.

Rapporten er utarbeidet av DNMI for NBR's vindprosjekt, aktivitet 3 under Fase 2 og skal avhjelpe det øyeblikkelige behov for å bestemme vindhastighet for dimensjonering i kyststrøkene.

2. DATAGRUNNLAG

Vi har inndelt stasjonstypene i denne rapporten i 3 typer: Flyplasser, fyr/havstasjoner og andre stasjoner. I regionaliseringen har vi lagt vekt på å bruke stasjoner med mest mulig ensartede forhold rundt målepunktene. Vi har derfor bare benyttet flyplasstasjoner og fyr/havstasjoner til dette. Andre stasjoner har vært til hjelp ved diskusjon av særegne fenomener, feks. sterk nedslagsvind (Bu i Hardanger, Sunndalsøra, Mosjøen-Mosal). Videre er bare målestasjoner i kystfylkene fra Rogaland til Finnmark behandlet i denne rapporten.

2.1 Flyplasser

I Norge er det i perioden 1970 - 1980 utbygget en rekke kortbaneflyplasser i Norge. Sammen med tidligere utbyggede steder har vi da fått etablert et tett rutenett med flyplasser som alle har måleutstyr for vind. Utstyret er plassert av hensyn til operative flybevegelser på flyplassen. Vindmålingene faller innenfor 3 kategorier:

- a) En del større flyplasser har kontinuerlige vindregistreringer og har hatt dette i en periode på 20 - 40 år.
- b) Svært mange av kortbaneflyplassene har vindregistrering det meste av tiden, men kan være utkoplet i lavtrafikkperioder.
- c) Noen få steder har bare vindindikatorer og derav noterte verdier i perioder med vakthold på plassen.

I henhold til WMO (World Meteorological Organization) skal vindmålinger gjøres 10 m over bakken. Dette er da stort sett gjort på steder der værstasjonen på flyplassen inngår i den ordinære synoptiske innhentingen av vørelementopplysninger. Dette gjelder steder sortert under gruppe a) (Sola, Flesland, Vigra, Ørland, Værnes, Bodø, Andøya, Bardufoss, Tromsø-Langnes, Alta, Banak, Kirkenes). Disse stasjonene har da også omfattende lagring av informasjoner over DNMI's ordinære databasesystem.

Stasjoner som ikke er tradisjonelle værstasjoner, mens som likevel kan sorteres under gruppe a) er Molde-Årø og Kris-

tiansund-Kvernberget, i det begge har kontinuerlige registreringer. Det skal gjøres fullstendige ekstremanalyser (se kap. 3.1) av alle stasjonene i denne gruppen. I dette arbeidet mangler nå Tromsø-Langnes, Bardufoss og Banak. Forenklet informasjon over kortere serier av vindkast gir imidlertid foreløpige analyse-resultater for de sistnevnte stasjonene.

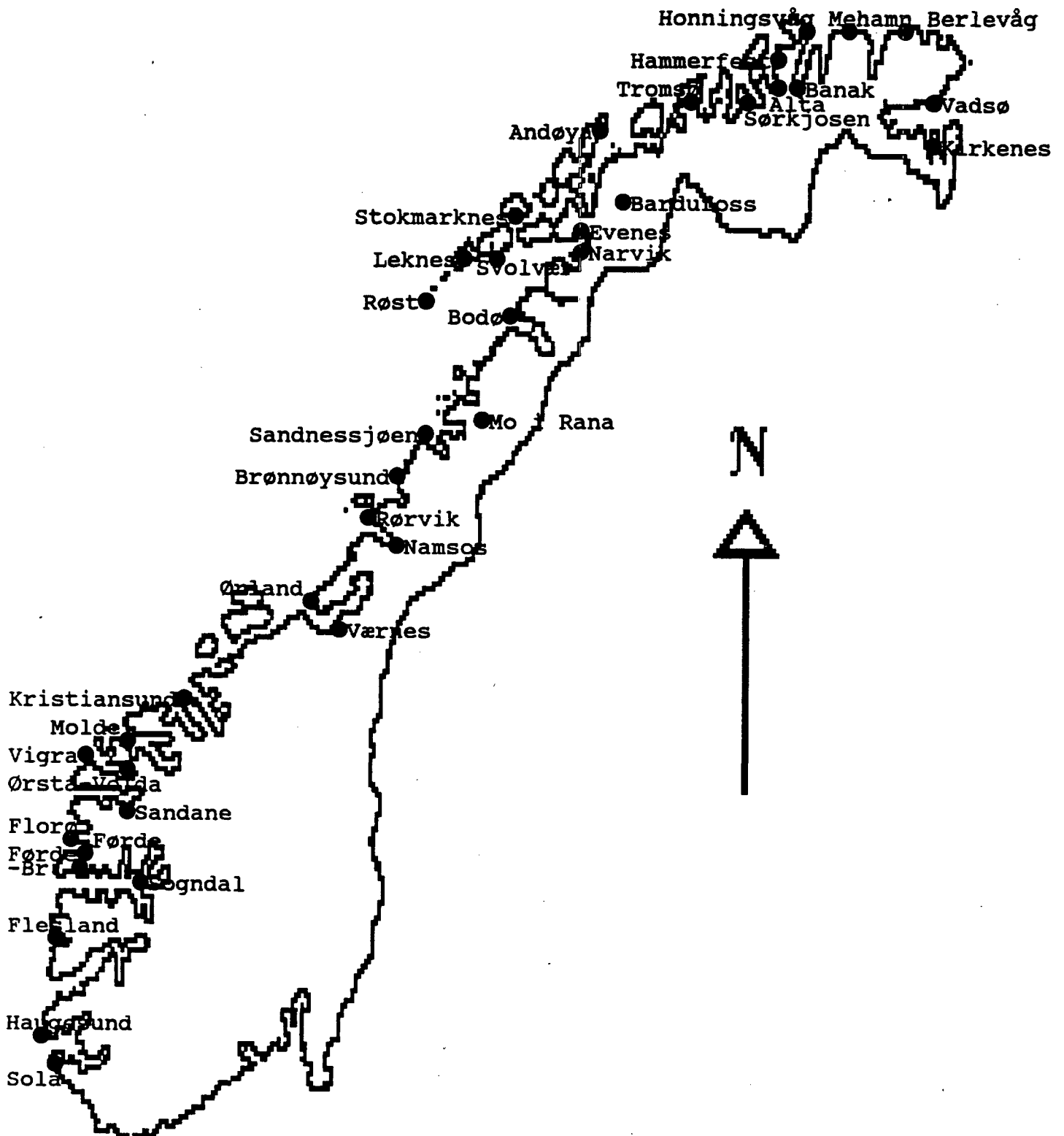
Gruppe b) omfatter de typiske kortbaneplassene. Disse har vindmålerutstyr mer tilpasset flyene som trafikkerer plassene, anemometerhøyden er 6-11 m og kontinuiteten i måleserien kan være vekslende. Dette gjelder Haugesund lufthavn, Sandane lufthavn, Sogndal lufthavn, Førde (sentrum og Bringelandsåsen), Florø, Ørsta-Volda, Namsos, Rørvik, Brønnøysund, Mosjøen, Mo i Rana, Narvik, Røst, Værøy, Leknes, Svolvær, Evenes, Stokmarknes-Skagen, Sørkjosen, Hammerfest, Honningsvåg, Mehamn, Berlevåg og Vadsø lufthavn. Ingen av disse stedene gir informasjon som kjøres inn på DNMI's ordinære database. Likevel er verdifull informasjon registrert grafisk, og egner seg godt for analyse sammen med en stasjon med lang og fullstendig datarekke. Med unntak av Værøy og Mosjøen har en gjort mer eller mindre foreløpige analyser av vinddata fra disse flyplassene.

Det eksisterer også en del mindre flyplasser med vindmålinger, men med manglende eller meget mangelfulle registreringer (gruppe c). Dette gjelder bl.a. Hasvik og Båtsfjord. Disse flyplassene er ikke analysert i denne omgang. En vet ikke pr. i dag om data fra disse stedene er anvendbare.

Alle flyplasser som hittil er analysert er vist på Figur 2.1. Data fra plassene finnes i Tabell 2.1.

Overflateruhet

I utgangspunktet er den typiske overflateruhet på flyplassene antatt til 0.05 m. Dette er i overensstemmelse med konseptet i forslag til ny europeisk standard (4). Egentlig kreves et stort område rundt flyplassene med homogent terreng. Mange steder vil omgivende terreng være sjøflater, vegetasjonsfrie snøflater, spredt eller tett bebyggelse, skog, eller bratt fjellterreng. Terrenget varierer også med kompassretningen. Det er derfor grunn til å tro at den reelle overflateruhet varierer en del i forhold til antatt verdi på 0.05 m.



Figur 2.1 Kart over flyplasstasjonene i denne analysen.

Overflateruhet måles som kjent ikke på flyplassene. Men utfra forholdet mellom vindkast og middelvind kan en komme fram til rimelige estimater for dette. I Appendiks A har vi argumentert for at typisk flyplassruhet medfører en kastfaktor på 1.5. Med kastfaktor menes største verdi av 3-5 sekunders vindkast dividert på middelvinden. Videre diskusjon av kastfaktor er gitt i Appendiks A.

Vi har gjort kastfaktorberegninger for 36 av de 38 flyplassene som er med i analysen, Tabell 2.2. Gjennomsnittlig verdi var 1.56. Enkelte av stasjonene er influert av nærliggende bratt terreng. Dersom disse tas bort, blir faktoren 1.51. Vi merker oss ellers at flyplasser nær sjøen kan ha noe lavere kastfaktor (Røst, Ørland, Rørvik). Det samme gjelder flyplassene i Finnmark, der ekstremvinden stort sett blåser over en vegetasjonsfri snøflate. Med disse kommentarene synes det å være god sammenheng mellom teoretisk forventet og faktisk målt kastfaktor.

Flyplassene nær bratt terreng har gjennomgående høy kastfaktor. Denne ville vært enda mer markert dersom man hadde betraktet sektoren som gir ekstreme vindkast alene. Den høyeste middelvinden finnes i en sektor som ikke gir spesielt sterke vindkast på f.eks. Sandane, Sandnessjøen og Sørkjosen. På Andøya, Banak og Honningsvåg har vi derimot en kombinasjon av sterk middelvind og høye vindkast. Selve stasjonen er der plassert litt utenfor området med maksimal turbulensintensitet fra fjellene.

Høydekorreksjoner.

Alle data er normalisert til 10 m over terreng. Ved anemometerhøyder som avviker mer enn ± 1 fra dette, er det utført høydekorreksjoner etter metodikken skissert i appendiks B. Dette gjelder 10 av flyplassene, der anemometerhøyden er 6 eller 7 m. Alle høydekorreksjoner og ruhetskorreksjoner er gjort etter at ekstremverdiregningene er utført.

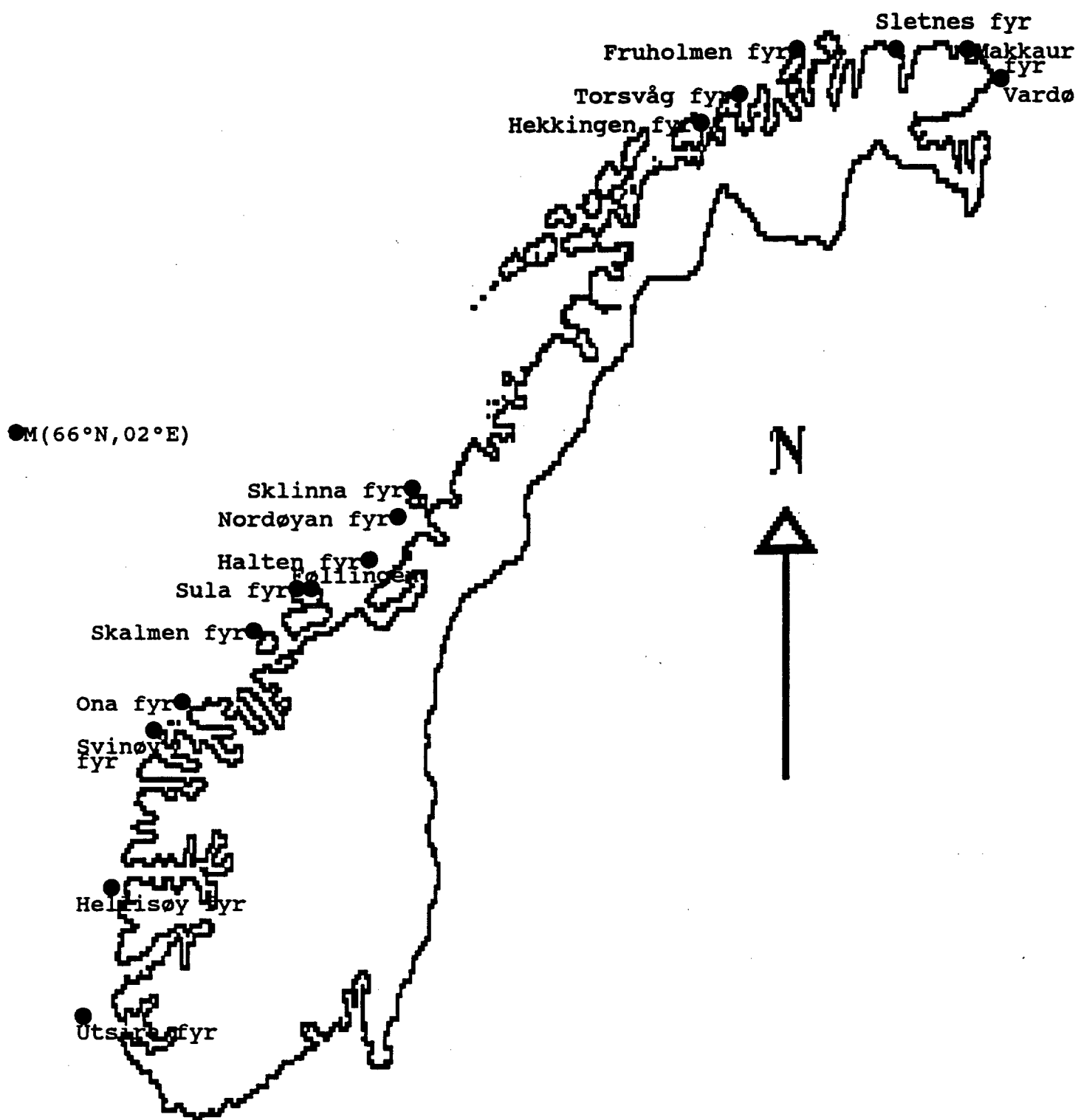
2.2 Fyr- og havstasjoner

Ekstremt sterk vind over åpen sjø føler en ruhet på $z_0 = 0.01 - 0.001$ m. I hht. (4) benyttes $z_0 = 0.01$ m, mens det i en del sammenhenger er argumentert for $z_0 = 0.003$ m (11).

$z_0 = 0.01$ m omregnet til kastfaktor gir 1.37, mens $z_0 = 0.003$ m gir 1.31 (Appendiks A). 1.35 benyttes derfor som en typisk verdi for ekstremt sterk vind på havet. Fra de målte kastfaktorer (se feks. Tabell 2.3) på 10 fyrstasjoner har vi et gjennomsnitt på 1.36 og variasjoner mellom 1.26 og 1.41, altså er det god sammenheng mellom teori og målinger.

Vi måler ikke direkte vinden ute på havet fordi dette er meget upraktisk og til dels vanskelig. Dette med unntak av noen skipsmålinger, bøyeverdier og målinger på plattformer. I denne rapporten benyttes kun data fra posisjon M (Mike: 66°N , 2°E) eller Polarfront (værskipets navn). Dette er en posisjon med lang rekke (1949-1993) og samtidig lett tilgjengelige data. Siden hovedhensikten med denne rapporten er å dekke kyststrekningen fra Rogaland til Finnmark har vi ikke prioritert de øvrige havstasjonene. Dette vil bli gjort i neste prosjektfase. Det samme gjelder Arktiske stasjoner.

På Polarfront har målehøyden over fritt hav vært 15 m. Vi må anta at forstyrrelser fra båten påvirker målingene, men kan ikke si noe om hvilken vei dette går. I ekstremt sterk vind vil anemometeret en del av tiden inneha en skråstilling i forhold til vindfeltet, dette medfører en lavere måleverdi av ekstremvindhastigheten enn det som virkelig er tilfelle. Sannsynligvis er denne effekten svært liten. En korreksjon fra 15 til 10 m medfører dog bare 4 % svekning i vindkastene ved ekstremt sterk vind (bruk av lign. B.5, Appendiks B). Vi foretar ikke denne korreksjonen pga. usikkerheten omkring målingene skissert over.



Figur 2.2 Kart over fyr- og havstasjoner i denne analysen.

Langs kysten eksisterer det data for en del fyrstasjoner. Figur 2.2 viser analyserte fyrstasjoner med anemometer. Det er svært få fyrstasjoner som nå ikke er analysert, men en del har foreløpige verdier.

Typisk for fyrstasjonene er en 10 meters anemometermast på tilnærmet høyeste punkt, 10 - 50 moh., på toppen av en liten øy eller holme med få hundre meters utstrekning. Det er i regelen fritt hav mot ekstremvindretningen. I appendiks C er det argumentert for at det er fornuftig å anta at anemometeret har plassering $h+H$, der h er høyden over bakken og H er høyden av mastas fotpunkt over sjøen. Dermed kan en foreta en enkel høydereduksjon etter lign. B.5 (Appendiks B). I Tabell 2.3 vises hvorledes korreksjonene slår ut på fyrstasjonene.

Ved en slik reduksjon vil en trolig i de fleste tilfelle ha korrigerert noe for lite (feks. vind over en terrengrygg), i enkelte tilfelle noe for mye (feks. flat, ruglete øy). I følge Appendiks C er disse avvikene relativt små hva gjelder vindkast. I neste prosjektfase blir omgivelsene for hver enkelte stasjon nøyere diskutert.

2.3 Andre stasjoner

Det er også tatt med informasjon fra en del andre stasjonstyper i Tabell 2.1. Dette er dels data analysert under Møre og Romsdal - arbeidet (1). Dels er det data analysert under andre prosjekter/andre formål. Disse stasjonene har varierende terrengforhold rundt målestedet og brukes ikke i regionaliseringen. Stasjonene er Vatsfjord, Digernessundet, Askøy bru, Bu i Hardanger, Bergen-Frederiksberg, Luster-Ornes, Vetlefjord-Langeteig, Sunndalsøra, Høgholmen, Åfarnes, Øra (Åndalsnes), Mosjøen-Mosal, Røst (Havly) og Tromsø (værvarslinga).

2.4 Datainnsamling

I denne omgang tar vi bare med en kort oversikt over datainnsamlingen.

Data som er benyttet i denne rapporten er i hovedsak samlet inn ved grafisk registrering på stasjoner i DNMI's stasjonsnett.

Papirarkene er deretter sendt DNMI for arkivering. Enkelte utvalgte data ligger inne i databasen. Dette gjelder vindretning og middelvindstyrke kl. 07, 13 og 19 samt 01 for en del stasjoner. Dessuten finnes høyeste middelvindstyrke siden siste observasjon, gitt i Beaufort. Fra 1982 finnes største middelvind- og vindkastfart siden siste observasjon i knop. Retningsangivelse for maksimalverdiene mangler. For kortbaneflyplassene er data ikke lagret i databasen.

Ut fra papirregistreringene er det plukket ut et utvalg med data. Data fra databasen har vært til hjelp for raskere å komme fram til årsmaksima av vindhastigheten. Arbeidet med utplukk av data er meget omfattende. Dette er utført av studenter og skoleelever, samt fast kontorpersonale og pensjonerte værvarslingsmeteorologer (Knut Strand og Alv Sunde). De sistnevnte har også vært med på analysen av en del punktverdier på Vestlandet.

Tabell 2.1

Oversikt over alle stasjoner som er benyttet i ekstremvindanalysen.

DNMI stnr.	Stasjon	HOH	Type	Antall år	Beregnet 50-års vindkast m/s	Data avlest og	Ferdig analysert	Beregnet fra målte vindkast (Fg) eller middelevind og malt/antatt kastfaktor (Gf)	Anemometer og stasjonsopplysninger	Ref. stasjon
	Rogaland									
4730	Utsira fyr	55	Fyr	31 år	53	<1992	<1992	Fg	Høyde (m) (korrigert i parantes)	
4456	Sola	8	Flyplass	36 år	41	<1992	<1992	Fg		
4726	Haugesund lufthavn, Karmøy	24	Flyplass	4 år*	42	1993	1994	Fg		Utsira, Sola
	Vatsford	0	Annet	4 år*	40	<1992	<1992	Gf	Vindtunnel + fullskala	Utsira
	Hordaland									
5253	Helliøy fyr	23	Fyr	30 år	48	<1992	<1992	Fg		
5050	Flealand	48	Flyplass	34 år	41	<1992	<1992	Fg		
5054	Bergen - Florida	39	Annet	12 år	41	<1992	<1992	Fg	byflate	
	Digermessundet (Stord)	38	Annet	3 år*	43	<1992	<1992	Fg	skogsflate	Utsira
	Askøy bru	14	Annet	2 år*	39 ¹	<1992	<1992	Fg	korrr. til 10 m	Helliøy
	Bu i Hardanger	122	Annet	4 år*	49 ¹	<1992	<1992	Fg	korrr. til 10 m	Utsira, Helliøy
	Sogn og fjordane									
5570	Sogndal lufthavn	497	Flyplass	5 år*	36 ¹	1992	1992	Fg	7(10)	Helliøy
5700	Førde lufthavn (Br.ås.)	324	Flyplass	3 år*	35	1993	1993	Fg	10	Helliøy
5716	Førde lufthavn (gml.)	2	Flyplass	5 år*	32	1993	1993	Fg	10	Helliøy
5772	Flore lufthavn	2	Flyplass	5 år*	40	1992	1992	Fg	11	Helliøy
5810	Sandane lufthavn	60	Flyplass	5 år*	46 ¹	1991	1992	Fg	7(10)	Helliøy
5500	Luster-Ornes	4	Annet	5 år*	36	1992	1992	Fg	10	Helliøy
5587	Vetlefjord-Langeteig	42	Annet	10 år*	37	1992	1992	Fg	10	Helliøy

*Beregning mot referansestasjon

Tabell 2.1

Oversikt over alle stasjoner som er benyttet i ekstremvindanalysen.

DNMI stnr.	Stasjon	HOH	Type	Antall år	Beregnet 50-års vindkast m/s	Data avlest og tilrette-lagt	Ferdig analysert	Beregnet fra målte vindkast (Fg) eller middelvind og målt/antatt kastfaktor (Gf)	Anemometer og stasjonsopplysninger	Ref. stasjon
	Møre og Romsdal									
5980	Svinøy fyr	38	Fyr	18 år	59	1992	1992	Fg	10	
6248	Ona fyr	20	Fyr	30 år	57	<1992	<1992	Gf=1.35***	13	
6530	Skalmen fyr	13	Fyr	5 år*	60	1992	1992	Fg	11	Ørland
6595	Sula fyr	35	Fyr	35 år	59	1992	1992	Gf=1.26**	13	
	Føllingen	7	Fyr	1 år*	49	1993	1993	Fg	11	Sula fyr
5968	Ørsta-Volda lufthavn	74	Flyplass	5 år*	40 ¹	1992	1992	Fg	7(10)	
6099	Vigra	22	Flyplass	34 år	48	<1992	1992	Fg	11	
6227	Molde - Årø	3	Flyplass	19 år	48 ¹	1992	1992	Fg	7(10)	tidalkorr.
6433	Kristiansund lufthavn	62	Flyplass	21 år	49	1992	1992	Fg	10	tidalkorr.
6143	Romsdal - Alnes	62	Annet	5 år*	43	<1992	1992	Fg	10	Ørland
6342	Sunnalsøra	6	Annet	3 år*	57	1992	1992	Fg	13	Ørland
	Høgstolmen (Freisfjorden)	ca 25	Annet	1 år*	53	<1992	<1992	Gf=1.3***	10	Ona
	Åfarnes	<10	Annet	1 år*	44	<1992	1992	Gf=1.35***	10	Ona, Vigra
	Øra (Andalanes)	ca. 5	Annet	1 år*	46	<1992	1992	Fg	10	Ona
	Trøndelag									
7185	Halten fyr	18	Fyr	5 år*	63	1992	1992	Fg	11	Ørland
7541	Nordøyen fyr	33	Fyr	30 år	56	<1992	<1992	Gf=1.35***	10	U
6910	Værnes	12	Flyplass	28 år	43	<1992	<1992	Fg	10	
7155	Ørland	9	Flyplass	29 år	49	<1992	<1992	Fg	10	
7258	Namsos lufthavn	2	Flyplass	19 år	43	1993	1993	Fg	11	
7522	Rørvik lufthavn	4	Flyplass	5 år*	47	1993	1993	Fg	9	Ørland

Tabell 2.1

Oversikt over alle stasjoner som er benyttet i ekstremvindanalysen.

DNMI stasjon	Stasjon	HOH	Type	Antall år	Beregnet 50-års vindkast m/s	Data avlest og tilrette- lagt	Ferdig analysert	Beregnet fra målte vindkast (Fg) eller middelvind og målt/antatt kastfaktor (Gf)	Anemometer og stasjonsopplysninger	
	Nordland									
7555	Skinna fyr	23	Fyr	6 år*	54	1993	1993	Fg	11	Ørland
7633	Brennøysund lufthavn	9	Flyplass	17 år	44	<1992	<1992	Fg	11	
7675	Sandnessjøen lufthavn	17	Flyplass	6 år*	54	1993	1993	Fg	11	
7960	Mo i Rana lufthavn	70	Flyplass	6 år*	37	1994	1994	Fg	11	Bodø
8229	Bodø	11	Flyplass	40 år	44	<1992	1993	Fg	11	
8470	Narvik lufthavn	30	Flyplass	6 år*	44	1993	1993	Fg	10	Bodø
8497	Evenes lufthavn	26	Flyplass	6 år*	43	1993/94	1994	Fg	10	Bodø
8545	Svolvær lufthavn	9	Flyplass	6 år*	48 ¹	1993	1993	Fg	7(10)	Bodø
8556	Leknes lufthavn	26	Flyplass	21 år	51	1993	1993	Fg	10	Bodø
8589	Røst lufthavn	4	Flyplass	5 år*	49 ¹	1993	1993	Fg	6(10)	Bodø
8660	Stokmarknes lufthavn	3	Flyplass	6 år*	49	1993	1993	Fg	9	Bodø
8711	Andøya	10	Flyplass	30 år	59	<1992	1993	Fg	10	
7719	Mosjøen - Mossal	4	Annet	21 år	56	<1992	<1992	Fg	17	
8591	Røst	10	Annet	11 år	53	<1992	<1992	Fg	10	U
	Troms									
8869	Hekkingen fyr	47	Fyr	1 år*	63	1993	1993	Gf=1.35***	8	U
9080	Torsvåg fyr	21	Fyr	35 år	55	<1992	1993	Gf=1.5****	10	
8935	Bardufooss	76	Flyplass	29 år	36	<1992	<1992	Fg	11	
9049	Tromsø - Langnes	8	Flyplass	12 år	46	<1992	<1992	Fg	10	U
9174	Sørkjosen lufthavn	6	Flyplass	6 år*	48 ¹	1993	1993	Fg	7(10)	Andøya, Fruholmen
9045	Tromsø	100	Annet	27 år	40	<1992	<1992	Fg	12	

*Beregning mot referansestasjon

Tabell 2.1
Oversikt over alle stasjoner som er benyttet i ekstremvindanalysen.

DNMI stnr.	Stasjon	HOH	Type	Antall år	Beregnet 50-års vindkast m/s	Data avlest og tilrettelagt	Ferdig analysert	Beregnet fra målte vindkast (Fg) eller middelvind og målt/antatt kastfaktor (Gf)	Anemometer og stasjonsopplysninger	Ref. stasjon
	Finnmark									
9450	Fruholmen fyr	13	Fyr	24 år	58	1993	1993	Gf=1.41**	11	
9640	Sletnes fyr	8	Fyr	36 år	47	<1992	<1992	Gf=1.35***	8	
9840	Makkaur fyr	9	Fyr	4 år*	50	1994	1994	Gf=1.35***	9	Fruholmen
9855	Vardø	14	Fyr	23 år	46	<1992	1993	Gf=1.37**	8	
9314	Alta lufthavn	3	Flyplass	26 år	39	<1992	<1992	Fg	10	
9428	Hammerfest lufthavn	81	Flyplass	6 år*	47	1993	1993	Fg	10	Fruholmen
9468	Honningsvåg lufthavn	14	Flyplass	6 år*	65	1993/94	1994	Fg	10	Fruholmen
9535	Banak	5	Flyplass	11 år	53	1993	1993	Fg	10	U
9631	Mehamn lufthavn	13	Flyplass	5 år*	53 ¹	1993	1993	Fg	7(10)	Fruholmen
9809	Berlevåg lufthavn	13	Flyplass	3 år*	51 ¹	1993	1993	Fg	7(10)	Fruholmen
9879	Vadsø lufthavn	39	Flyplass	6 år*	46 ¹	1993/94	1994	Fg	7(10)	Fruholmen
9937	Kirkenes lufthavn	89	Flyplass	24 år	43	<1992	<1992	Fg	11	
	Havområdene									
	Mite	0	Båt	45 år	52	<1992	1993	Gf=1.35***	15*****	Datatrekke: 1949-93
	¹ Korrigeret til 10 m over bakken									
**	3-5a vindkast målt i kort periode gir beregnet kastfaktor som benyttes på lang periode av middelvind									
***	3-5a vindkast er ellers antatt lik 1.35 på åpent hav og ordinære fyrstasjoner, 1.3 ved sterkt akselerert vind									
****	Kastfaktor antatt lik 1.5. Meget usikker, både jevn vind fra havet og kasevind fra øst bidrar til ekstremene									
*****	Ukorrigeret. Forskyrrelser fra båt uviss									
U	Kun et meget forenklet datasett foreligger pr. 01.03.94.									
	ALLE VERDIER ER FORELØBIGE OG KAN BLI ENDRET VED ANALYSEN I 1994/95									

Tabell 2.2

Kastfaktorer på flyplasstasjoner.

Stnr*	Flyplass	Gf	Kommentar
4456	Sola	1.47	
4726	Haugesund	1.35	
5050	Flesland	1.69	
5570	Sogndal	1.60	
5700	Førde (B)	1.60	
5716	Førde (S)	1.92	Tettsted
5772	Florø	1.52	
5810	Sandane	1.84	Bratt terreng
5968	Ørsta-Volda	2.65	Bratt terreng, men regionalt skjermet
6099	Vigra	1.49	
6227	Molde	1.52	
6433	Kristiansund	1.56	
6910	Værnes	1.51	
7155	Ørland	1.39	
7258	Namsos	1.57	
7522	Rørvik	1.39	
7633	Brønnøysund	1.55	
7675	Sandnessjøen	1.77	Bratt terreng
7960	Mo i Rana	1.57	
8229	Bodø	1.35	
8497	Evenes	1.64	
8556	Leknes	1.50	
8589	Røst	1.26	Nærliggende sjøflate
8660	Stokmarknes	1.61	
8711	Andøya	1.59	Bratt terreng
8935	Bardufoss	1.70	Omkringliggende skog
9049	Tromsø-Langnes	1.43	
9174	Sørkjosen	1.66	Bratt terreng
9314	Alta	1.41	
9428	Hammerfest	1.39	
9468	Honningsvåg	1.63	Bratt terreng
9535	Banak	1.60	Bratt terreng
9631	Mehamn	1.31	Vegetasjonsfri, jevn snøflate
9809	Berlevåg	1.35	Vegetasjonsfri, jevn snøflate
9879	Vadsø	1.32	Vegetasjonsfri, jevn snøflate
9937	Kirkenes	1.41	
	Snitt I	1.56	Alle stasjoner
	Snitt II	1.51	Stasjoner som ikke er markant influert av bratt terreng
	Snitt III	1.50	Stasjoner uten spesielle kommentarer
Kastfaktoren er gitt som 50-årsverdien av beregnet vindkast (3-5s) dividert på tilsvarende beregnet verdi av 10 min middelvind. Dersom sistnevnte ikke er beregnet er kastfaktoren gitt som forholdet mellom summen av de 5 høyeste episodemaksima av de 2 parameterne, uavhengig av tidspunkt.			
Kastfaktorer er beregnet for 36 av de 38 flyplassene som er behandlet i denne rapporten			
*DNMI - stasjonsnummer			

Tabell 2.3

Ekstremvindforhold på fyrstasjoner på strekningen Rogaland - Finnmark.

Fyrstasjoner på strekningen Rogaland - Finnmark										
Korreksjon til havnivå										
Korreksjon til flyplassterreng (ruhetskorraksjon)										
								Høyde- korreksjon	Ruhetskorr. Zo=0.05m	
	H	h	H+h	U(50)	Ug(50)	Gf = Ug(50)/U(50)		Ug(hav)= Ug(korr)	Ug(flypl.)= Ug(hav)*0.95	
Utsira	55	11	66	39.5	52.9	1.34	* Målt Gf		44	42
Hellisøy	23	13	36	33.7	47.5	1.41	* Målt Gf		42	40
Svinøy	38	10	48	44.0	60.3	1.37	* Målt Gf		52	49
Ona	20	13	33	42.1	56.8	1.35			51	48
Skalmen	13	11	24	44.9	59.7	1.33	* Målt Gf		55	52
Sula	35	13	48	46.8	59.0	1.26	* Målt Gf		51	48
Føllingen	7	11	18	34.7	48.7	1.40	* Målt Gf	ukorr.	49	46
Halten	18	11	29	45.7	63.0	1.38	* Målt Gf		57	54
Nordøyan	33	10	43	41.4	55.9	1.35			48	46
Sklinna	23	11	34	39.8	54.1	1.36	* Målt Gf		48	46
Torsvåg	21	10	31	36.4	54.6	1.50			49	46
Hekkingen	47	8	55	46.7	63.0	1.35			53	51
Fruholmen	13	11	24	41.5	58.4	1.41	* Målt Gf		54	51
Sletnes	8	8	16	35.1	47.4	1.35		ukorr.	47	45
Makkaur	9	9	18	37.3	50.3	1.35		ukorr.	50	48
Vardø	14	8	22	33.5	45.9	1.37	* Målt Gf	ukorr.	46	44
Snitt	23.6	11	34.1	40.2	54.8	1.36	*:1.36		49.7	47.2
Symbolforklaringer:										
H Høyde av anemometermastens fot over havet										
h Anemometermastens høyde										
U(50) Ekstremverdi av 10 min middelvind med 50 års returperiode										
Ug(50) Ekstremverdi av 3-5 s vindkast med 50 års returperiode										
Gf Kastfaktor										

3. BEREGNING AV PUNKTVERDIER

3.1 Ekstremvinddata, lang rekke. Teori og metode

For hvert vindår er det lest av den høyeste verdien av middelvind og vindkast (hvis registrert) innenfor hver av 8 sektorer (N, NØ, Ø, SØ, S, SV, V, og NV). Den høyeste av disse gir det årlige maksimum. Rekken med årlige maksima danner grunnlaget for ekstremvindanalyse. Vindåret er definert som 1.09. - 31.08, dette for å unngå at vedvarende episoder gjennom slutten av desember/begynnelsen av januar skal gi avhengigheter i datarekken. For en del stasjoner er det også lest sesongverdier av disse parameterne (september-april og mai-august).

I denne rapporten er sektoranalysen bare benyttet når stasjonen er brukt som referansestasjon. Avleste årsmaksimasett er gitt i Appendiks D, mens det bare er gitt eksempel på avlest sektorverdisett. Sesongavlesninger/analyser er heller ikke tatt med i denne rapporten. På en del stasjoner har det vært foretatt skifte av instrumenter, mindre flyttinger etc. Bare for Utsira fyr og Hellisøy fyr er det foretatt homogenitetsanalyser og justering for manglende homogenitet. Dette ble gjort i forbindelse med arbeider tilbake til 1984-1986. Datarekker ble sammenlignet med nærliggende stasjoner (Flesland, Sola), og enkelte korreksjoner ble gjort. For øvrige stasjoner blir slike vurderinger/analyser/justeringer foretatt i en senere del av prosjektet.

Vi er interessert i ekstrem situasjoner, dvs situasjoner som i gjennomsnitt bare forekommer en gang hvert T_m 'te år. $T_m(x)$ kalles da den midlere returperiode for fenomenet. Sannsynligheten for at en vindhastighet, U skal bli oversteget i et vilkårlig år er da

$$P(u > U) = \frac{1}{T_m(U)} \quad \text{lign. (1)}$$

Siden vi er interessert i så sjeldne begivenheter, vil det ikke være mulig å fastsette $U(T_m)$ ved hjelp av målinger alene. Problemet kan tilnærmes ved å anta at datarekken følger en bestemt funksjon. Sannsynligheten for forekomst av en bestemt verdi er da

gitt ved fordelingsfunksjonen, eller sannsynlighetstetthetsfunksjonen.

Flere forskjellige fordelingsfunksjoner er benyttet. Davenport (6) oppgir at den mest benyttede fordeling er Fisher-Tippet, Type I, eller Gumbel-fordelingen (se feks (7)). I den senere tid er det flere som har benyttet andre fordelinger (8). Inntil metodestudiet i neste prosjektfase er avsluttet holder vi oss her til Gumbel-fordelingen. Den kumulative tetthetsfunksjonen er gitt ved

$$P(u > U) = 1 - P(u \leq U) = 1 - F(u) = 1 - e^{-e^{-\alpha(u-\mu)}} \quad \text{lign. (2)}$$

Parametrene α og μ er fordelingsparametre som bestemmes ved å optimalisere fordelingen mot datarekken. Dette kan gjøres ved flere metoder. Lieblein (9) benyttet en metode der dataene ble gruppert og fordelingen tilpasset datagruppene. Metodikken gir god tilpasning og små skjjevheter, men er tungvint i bruk.

Tre metoder kan enkelt kjøres på regneanlegg. Momentmetoden, der fordelings middelværdi og standardavvik (1.te og 2.dre ordens moment) og minste kvadraters metode er mye benyttet. Sannsynlighetmaksimeringsmetoden beregner det α, μ - sett som gir maksimal sannsynlighet for forekomst av aktuell datarekke i forhold til fordelingen. Sannsynlighetmaksimeringsmetoden beregnes ved å maksimere produktet av sannsynlighetstetthetene under hvert datapunkt. Vi har her benyttet et ferdig dataprogram utviklet ved NHL for beregning av α, μ ut fra de 3 skisserte metodene. Programmet er valgt fordi det også inneholder ferdige plot av resultatene. En nærmere beskrivelse av metodene med referanser er gitt i (10).

Vi har kjørt ut en serie Gumbelanalyser ved hjelp av dataprogrammet (10). Serien består av 18 stasjoner (flyplasser og fyrstasjoner) med lang rekke av 3-5 s vindkast og 8 stasjoner med lang rekke med middelvind. De 8 stasjonene med middelvind dekker stasjoner der vindkast ikke er registrert, evt. er registrert i en kort periode.

Tabell 3.1

Sammenligning av godheten av 3 parameterestimeringsmetoder for Gumbel fordeling.

STASJON	år	CHI-KVADRATTEST			
		MOM	MKV	MAX	BEST
3-5 s vindkast:					
ALTA	26	0.55	0.52	0.33	MAX
ANDØYA	30	5.09	5.14	5.41	MOM
BANAK	11	0.33	0.26	0.04	MAX
BARDUFOSS	29	3.05	3.14	3.28	MOM
BODØ	40	6.70	6.69	6.20	MAX
FLESLAND	34	1.63	1.64	0.97	MAX
HELLISØY	30	3.76	4.03	1.97	MAX
KIRKENES	24	0.60	0.54	0.33	MAX
KRISTIANSUND LFTH	22	0.66	0.74	0.90	MOM
LEKNES	21	6.79	6.71	6.94	MKV
MOLDE	20	1.99	1.99	1.74	MAX
NAMSOS	19	2.99	3.65	6.80	MOM
SOLA	36	5.69	5.73	4.59	MAX
TROMSØ-LANGNES	12	0.06	0.03	0.01	MAX
UTSIRA	31	2.69	2.15	8.92	MKV
VIGRA	34	8.77	8.26	7.91	MAX
VÆRNES	28	1.53	1.52	2.69	MKV
ØRLANDET	29	0.03	0.01	0.08	MKV
10 min middelvind:					
FRUHOLMEN FYR	24	3.60	3.93	2.94	MAX
MIKE (POLARFRONT)	45	9.54	9.50	9.66	MKV
NORDØYAN FYR	38	4.39	4.44	4.91	MOM
ONA FYR	30	2.17	2.13	2.16	MKV
SLETNES FYR	36	6.27	6.28	6.22	MAX
SULA FYR	35	7.07	6.34	11.61	MKV
SVINØY FYR	18	0.82	0.75	0.66	MAX
TORSVÅG FYR	35	4.29	4.33	4.11	MAX
Minus-tegn angir ikke godkjent på 5% nivå					
ANTALL MED BEST TILPASNING					
MOM:			5		
MKV:			7		
MAX			14		
MOM (MKV ikke med)			11		
MAX (MKV ikke med)			15		
MKV (MOM ikke med)			12		
MAX (MOM ikke med)			14		
MOM:	Momentmetoden				
MKV:	Minste kvadraters metode				
MAX :	Sannsynlighetsmaksimering				

For å sammenligne de 3 optimaliseringsmetodene har vi listet opp resultater fra en chi-kvadrattest, beregnet i data-programmet (10). Tabell 3.1 angir verdier av testparameteren, D , som her er summen av k klasseverdier, D_i . D_i er kvadratavviket mellom prediktert og observert antall observasjoner i klasse nr. i , normert med prediktert antall. Ved 20-24 årsekstremer ligger k på 4, ved 25-29 på 5, også videre. Fordelingen er signifikant på 5% nivået dersom $D \leq c(5\%)$, der $c(5\%)$ er gitt i lign. (3). Testen er kun brukbar ved datarekker på minst 20 år. En kortere rekke gir ikke-signifikante resultater i alle tilfelle, og resultatene, spesielt fra rekker på 10-15 år må betraktes som meget foreløpige.

$$c(5\%) \approx \frac{[1.645 + \sqrt{2(k-3)-1}]^2}{2} \quad \text{lign. (3)}$$

Tabell 3.1 gir en del interessante resultater. For det første ser Gumbelfordelingen ut til å passe meget godt. For datarekker over 25 år gir 14 av 17 stasjoner signifikante resultater på 5 % nivå, uansett optimaliseringsteknikk. Bare Vigra, Utsira og Sula fyr gir avvik.

Tabell 3.1 viser at sannsynlighetsmaksimeringsmetoden gir lavest kvadratavvik i de fleste tilfellene. Metoden velges derfor som estimeringsmetode. Plot av alle de 26 stasjonene fra Tabell 3.1 er gitt som Figur D.1 - D.26 i Appendiks D. Plottene viser den samme gode tilpasningen som Tabell 3.1 indikerer. Avvikene sees igjen på Sula og Utsira fyr. Avvikene kan ha med akselerasjonseffekter på fyrøyene å gjøre, idet begge akselererer vind i "neststerkeste" sektor mer enn vind i ekstremvindsektoren i området generelt. Derved forrykkes den vanlige fordelingen. Vi benytter likevel resultatet i regionaliseringen, i det usikkerheten omkring punktverdiene neppe endrer hovedessensen i regionaliseringen. Problemet må studeres nærmere i NBR's vindprosjekt.

Ellers må nevnes at datarekken fra Mike gjelder observasjoner til faste tidspunkter hver 3. time. I (11) er benyttet en kortere rekke, men med døgnmaksima av 10 min middelvind. Ved å gjøre samme analysen for denne rekken finner vi en omregningsfaktor på 1.07 fra 3-timers verdien til 10 min verdien, returperiode 50 år.

Alle datarekker som ligger til grunn for Tabell 3.1 og Figur D1 - D26 er gitt som Tabell D.1 og D.2, Appendiks D.

3.2 Ekstremvindanalyse, stasjoner med kort rekke

En del stasjoner har kort (<10 år) eller ufullstendig datarekke. For disse stasjonene har en lest av høyeste middelvind og vindkastverdi innenfor 8 sektorer for alle episoder med sterk vind. Dette er for de fleste stasjoner gjort for perioden 1987-93, for enkelte stasjoner er deler av perioden brukt, for andre er tidligere perioder benyttet. Stort sett er bare månedene september-april lest av.

Det er mulig å analysere stormtoppene selvstendig. Dette er ikke gjort fordi skjevheter i vær-situasjonene i forhold til en lang rekke da vil slå ut. En har i stedet lest av samme periode for en nærliggende fyrstasjon eller flyplasstasjon fra gruppe a).

Stort sett er nærmeste fullanalyserte stasjon benyttet som referansestasjon. I enkelte tilfelle er 2 stasjoner benyttet og midlere verdi utregnet. Vi har i denne omgang ikke gått nærmere inn på objektive kriterier for valg av referansestasjon, dette er et tema for neste prosjektfase.

Sektor(gruppe) mot sektor(gruppe) er sammenlignet, og det er tatt hensyn til evt. vridninger av vindfeltet fra referansestasjonen til stasjonen med kort rekke. Det er stilt krav om uavhengig sortering av stormtoppene, minimum 2 dager mellom stormtopper samt betingelse om drift på begge stasjoner. Middel av de 5 høyeste vindkastverdier på de 2 stasjonene divideres på hverandre og vi får et forholdstall. Dette er gjort for hver sektor (sektorgruppe). Det er gjort tilsvarende for 10 min middelvind. Dersom vindkast ikke eksisterer er middelvind mot middelvind og vindkast mot middelvind benyttet.

Disse forholdstallene multipliseres med forholdstallet mellom tilsvarende sektor (gruppe) og sektoruavhengig verdi på referansestasjonen, da målt i en lang periode. Deretter multipliseres med referansestasjonens ekstremverdi. Til slutt er ekstremverdiene i vilkårlig sektor beregnet ved å anta uavhengighet mellom sektorene (sektorgruppene). I appendiks E er gitt eksempler på avleste data og analyse, samt en mer fullstendig gjennomgang av metodikken.

Metodikken er foreløpig. Det vil senere i prosjektet bli sett på muligheter for å benytte en fordelingsfunksjon av stormtoppene før kobling mot lang rekke på referansestasjonen.

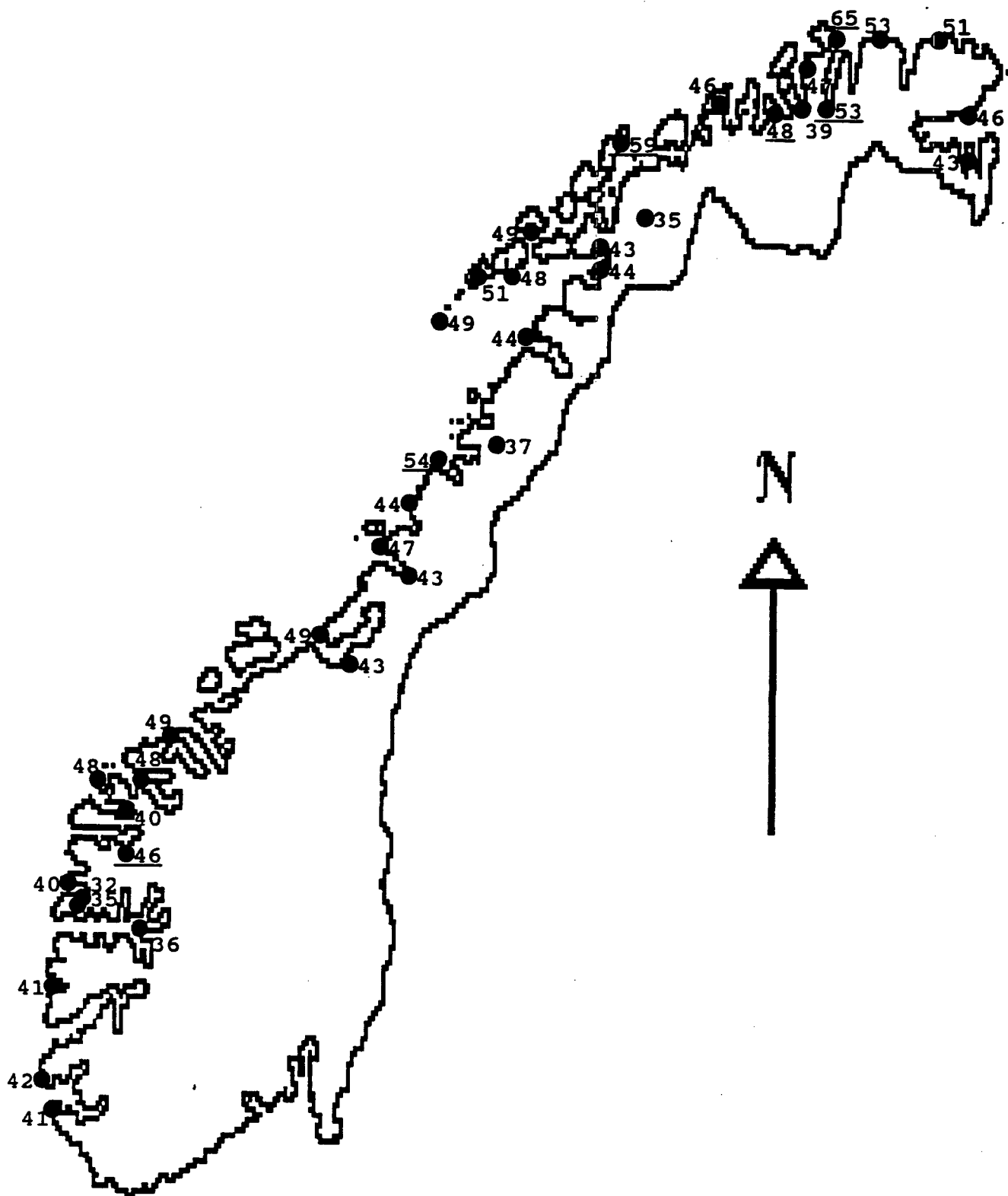
Enkelte stasjoner kan ved nøyere gjennomgang vise seg å være tilstrekkelig fullstendige til en selvstendig ekstremvindanalyse, dette vil vi gå nøyere inn på i en senere del av prosjektet.

3.3 Ekstremvinddata. Punktresultater

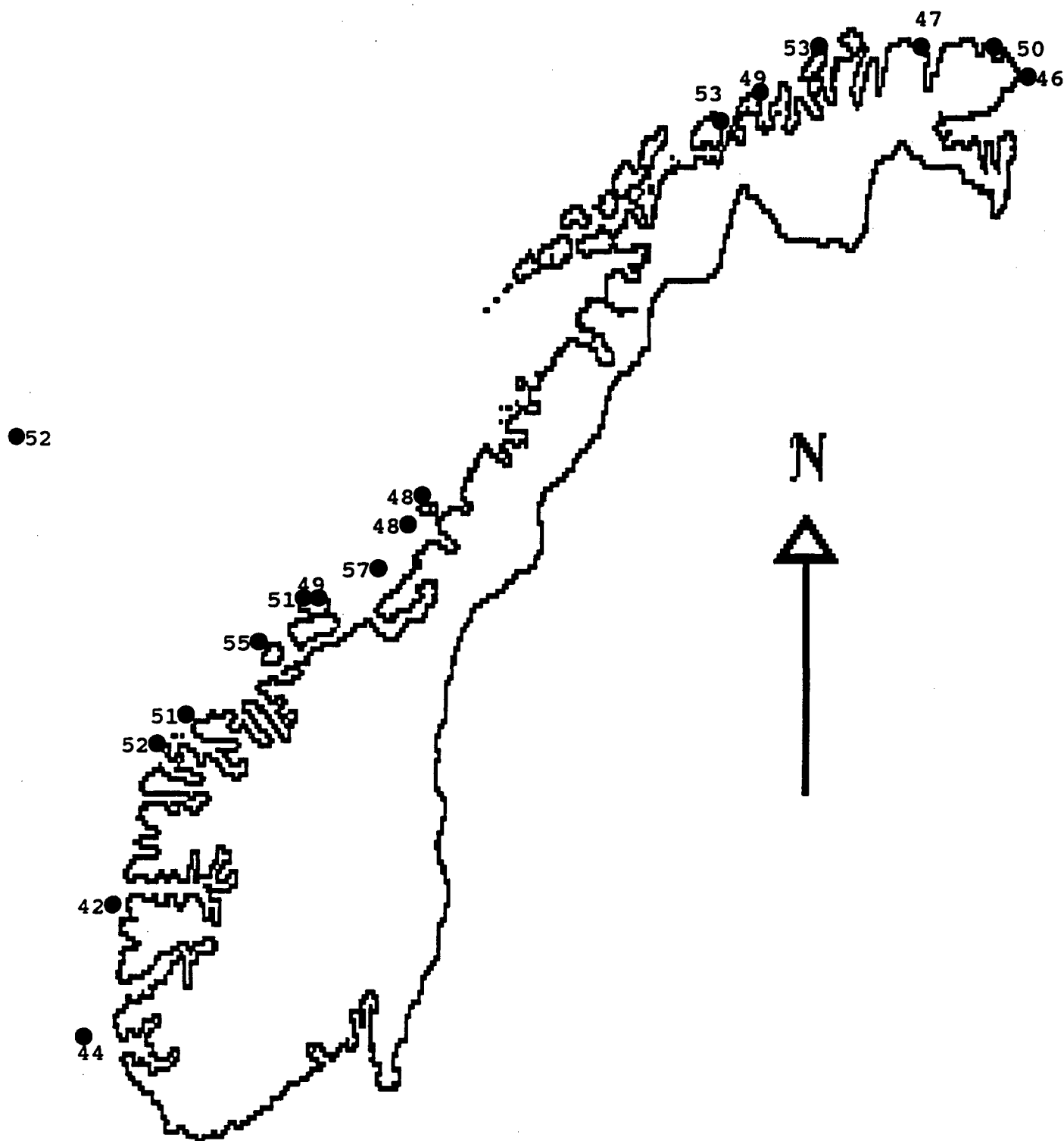
Tabell 2.1 viser data fra samtlige analyserte stasjoner. I denne tabellen er stasjonsnummer, navn, høyde over havet og anemometerhøyde gitt. Videre er stasjonstypen notert, og det går også fram om stasjonene er analysert før 1992, 1992, 1993 eller 1994. Enkelte stasjoner som skal analyseres i 1994/95 er også tatt med. Noen stasjoner er spesielt ufullstendig behandlet, disse er notert med U. Det er også angitt hvorvidt beregningene bygger på vindkast eller på middelvind og antatt, evt. korttidsmålt, kastfaktor.

Tabell 2.1 inneholder beregnet verdi av 3-5 s vindkast. For flyplasstasjoner med anemometerhøydeavvik $> |2\text{m}|$ er verdien korrigert i hht. til Appendiks B, og den korrigerte verdien gitt.

Figur 3.1 viser et kart over ekstremverdiene av 3-5 s vindkast på flyplassene. Stasjonsnavnene finnes på Figur 2.1. På Figur 3.2 viser tilsvarende alle fyrverdiene, men disse er nå redusert til 10 m over havet ifølge kap. 2.2. Dette kartet illustrerer da hvorledes ekstremverdiene er i de nære havstrøk.



Figur 3.1 Kart over 50-års verdier av 3-5s vindkast på flyplasser fra Rogaland til Finnmark. Understreking gjelder verdier som skyldes nedslag bak bratt terreng.



Figur 3.2

Verdier av 3-5 s vindkast med 50 års returperiode på fyr- og havstasjoner. Fyrverdiene på strekningen Utsira - Fruholmen er redusert til 10 m o. åpent hav.

4. REGIONALISERING

4.1 Oversikt over kystfylkene fra Rogaland til Finnmark

Tabell 2.3 viser omregningen fra målepunktene på fyrstasjonene til verdier 10 m over havflaten og videre til flyplassterreng. Som vi ser ligger de omregnede fyrverdiene på 41 m/s på Vestlandet sør for Florø, mens de ligger på 48-50 m/s fra Stad til Fruholmen. Fra Sletnes til Vardø er verdiene litt lavere, 44-48 m/s. En må her bemerke at sistnevnte gjelder ordinært flyplassterreng. I store deler av Finnmark er ruheten lavere pga. vegetasjonsfrie, jevne snøflater. Korrigering til flyplassterreng med ruhet 0.05 m er derfor litt kunstig og er bare tatt med for sammenligningens skyld. Ved praktisk bruk holdes flyplassruhet lik havruhet (0.01 m) for denne delen av Finnmarkskysten.

Tabell 4.1 viser en sammenligning mellom omregnede fyrverdier og data fra flyplasser i ytre strøk. Tabellen viser at det er god sammenheng langs hele kyststrekningen.

Figur 4.1 viser et kart med punktverdier og soneinndelinger. Punktverdiene er de samme som på Figur 3.1 og 3.2, bortsett fra at de høydereduserte fyrverdiene er omregnet til flyplassruhet. Dette gjøres ved å multiplisere med 0.95 (Appendiks A). Figur 4.1 viser endel interessante trekk.

a) Det er meget god overenstemmelse mellom omregnede fyrverdier og målte flyplassverdier, slik også Tabell 4.1 viser. Dette gir stor tillit til resultatet. Også havverdien fra posisjon M passer godt inn.

a) Det går et klart skille omkring Stad. Etter diskusjon med erfarne varslingsmeteorologer fra Vervarslinga på Vestlandet har vi kommet til at dette skille er skarpest omkring Frøysjøen i Bremanger kommune. Verdier sør for dette området går trolig ikke stort høyere enn 40 m/s, dvs på nivå med kurve B, NS 3479. Dog er datagrunnlaget på kysten av Sogn og Fjordane noe tynt.

b) Kysten nord for Stad utmerker seg ved verdier på 45 - 50 m/s,

med unntak av strekningen Brønnøysund - Evenes. Sandnessjøen er her et spesialtilfelle. Den høye verdien skyldes nedslag av østlig til sørlig vind over Sju søstre. Betraktes SV til V - sektor alene, får vi 45 m/s, en verdi som passer godt inn med verdiene fra Bodø og Brønnøysund.

4.2 Singulærverdier. Nedslag bak bratt terreng

Enkelte flyplasser har noe høyere verdier enn omgivelsene. Foruten Sandnessjøen gjelder dette Sandane lufthavn (46 m/s mot 40 m/s), Andøya (59 m/s mot 50 m/s), Sørkjosen (48 m/s mot 40 m/s), Banak (53 m/s mot 40 m/s) og ikke minst, Honningsvåg (64 m/s mot 50 m/s). Stasjoner som ikke er flyplasser (Bu i Hardanger (49 mot 40 m/s, Sunndalsøra (57 m/s mot 40 m/s) og Mosjøen - Mosal (56 m/s mot 40 m/s utfyller et slikt bilde.

Sandane lufthavn (12) gir høye vindkast ved sektor S til V etter passasje av en bratt fjellrygg, kastfaktor ca. 2.0. Sandnessjøen gir sterk vind ved sektor øst til sør etter passasje over den bratte fjellryggen med de Sju søstre, kastfaktor ca. 2.0. Andøya gir høye vindkast, men også til dels høy middelvind, etter passasje av vestlig vind over fjellrekken på øya. Kastfaktor ca. 1.6. Middelvinden har tatt seg opp pga. avstanden til fjellrekka. Sørkjosen har sterk sørøstlig utfallsvind som er relativt jevn, men har også sterke vindkast ved nordvestlige felt etter passasje av bratt terreng. Kastfaktor hhv. 1.5 og 1.8. Banak er kjent for høy turbulens og virvelvinder med sterke kast ved vind fra vest til nordvest. Vinden på selve flyplassen er imidlertid noe utjevnet (men høy til å være i Finnmark), kastfaktor 1.60.

Honningsvåg har fått den høyeste verdien av 50-års vindkast. Den er høyere enn alle ureduserte fyrverdier. Det ser ut til at hele middelvindfeltet over Nordkappmassivet dras ned ved vestlig høydevind. Kastfaktor er 1.6. Bratte fjellskrenter vest for flyplassen har en form som trolig drar feltet ned i form av en ganske stor spiralvirvel. Den 2.1.93 blåste det langt mer enn det som var mulig å måle. Estimerte verdier basert på kastfaktor og registreringens form er 120 knop (62 m/s) i kastene og middelvind på 75 knop (39 m/s).

Sandnessjøen er tidligere omtalt som en stasjon der østlig utfallsvind omformes over Sju søstre og gir sterk turbulens og

meget høye vindkast, observert 60 m/s den 22.01.85. Kastfaktor 2.1 ved sektor Ø-S. Ved sektor SV-V er vinden jevn, kastfaktor 1.5, og 50 - årsvinden 45 m/s.

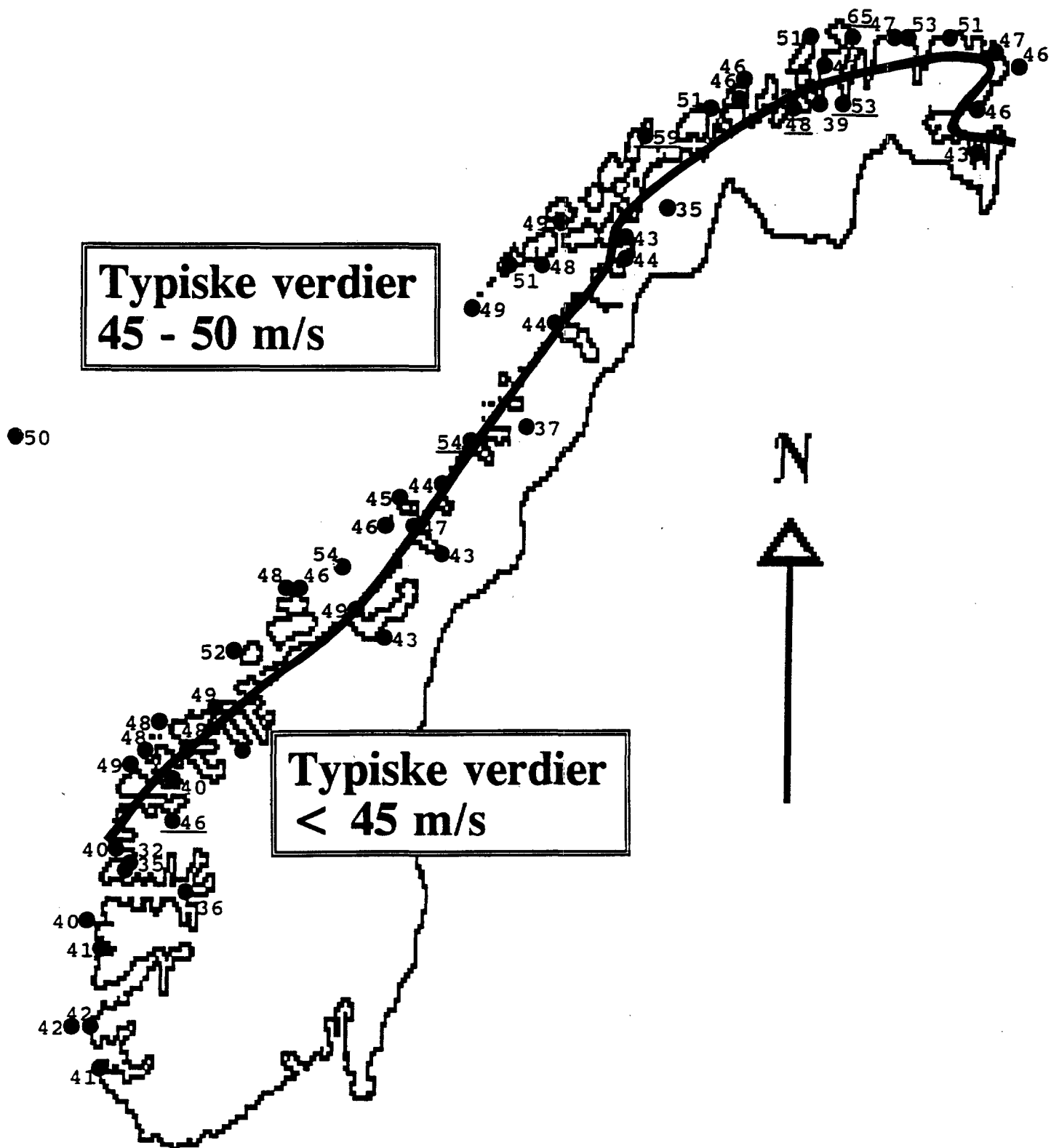
Som vi ser kan sterk vind bak bratt terreng gi punktverdier som overstiger soneverdiene med 20 - 50 %. I fjellterreng er derfor de lokale variasjonene like store eller større enn de regionale forskjellene. Dette betyr at det ikke er mulig å detaljkartlegge ekstremvindforholdene. Konklusjonen i (1) var den samme for Møre og Romsdal. I fjellterreng er en derfor avhengig av et sett med topografiske korreksjoner i tillegg til soneverdien. Vi viser her til det som er gjort i (1). Problemet blir tatt opp igjen i neste prosjektfase.

Tabell 4.1

Ekstremvindforhold langs ytre kyststrøk.

Sammenligning av flyplassmålinger og omregnede fyrmålinger.

	Ug(flypl) = 0.95*Ug(flypl.)	
	Ug(flypl.)	Ug(hav)
Sola	41	
Karmøy	42	
Flesland	41	
Florø	40	
Snitt Sola - Florø	41	43
Snitt Utsira-Hellisøy korr. til 10 m ov. fri havfl. (fra Tabell 2.3)	41	43
Vigra	48	
Molde-Årø	48	
Kristiansund	49	
Ørland	48	
Rørвик	47	
Snitt Vigra - Rørвик	48	50
Snitt Svinøy-Nordøyen korr. til 10 m ov. fri havfl. (fra Tabell 2.3)	49	52
Brønnøysund	44	
Bodø	44	
Narvik	44	
Evenes	43	
Snitt Brønnøysund - Evenes	44	46
Svolvær	48	
Leknes	51	
Røst	49	
Stokmarknes	49	
Tromsø-Langnes	46	
Hammerfest	47	
Snitt Svolvær - Hammerfest	48	50
Snitt Sklinna-Fruholmen korr. til 10 m ov. fri havfl. (fra Tabell 2.3)	49	51
Mehamn	53	
Berlevåg	51	
Vadsø	46	
Kirkenes	43	
Snitt Mehamn - Kirkenes	48	**
Snitt Sletnes-Vardø korr. til 10 m ov. fri havfl. (fra Tabell 2.3)		** 48
** Ingen korreksjon foretatt fordi lav ruhet ved snødekket , vegetasjonsfri og jevn overflate svarer omtrent til forhold på havet		
Flyplassene Sandnessjøen, Andøya og Honningsvåg som alle ligger i ytre strøk er likevel ikke tatt med, da disse har akselerert vind pga. bratt oppstrøms fjellterreng		



Figur 4.1

Kart over 50-års verdier av 3-5 s vindkast for flyplassterreng, evt. omregnet fra fyrstasjoner, samt regionaliserte soner. Singulærpunkter er understreket.

4.3 Spesifikasjon av kommuner med oppjusterte vindlaster

Ved å følge Figur 4.1 har vi kommet fram til en liste over kommuner der ekstremverdien av 3-5 s vindkast med 50-års returperiode overstiger 40 m/s. Verdien er avrundet til nærmeste 5 m/s og representerer grunnverdien i kommunen. Med grunnverdien menes verdien gyldig for et flatt område uten vegetasjon, tilnærmet flyplassforhold, 10 m over bakken. For praktisk bruk kan det være nødvendig med terrengkorreksjoner. Det vises til (1) og (3) der dette forholdet er nærmere behandlet.

Ved fastsetting av kommuneverdiene (Tabell 4.2) er det lagt mest vekt på de tungt befolkede områdene i hver kommune. Vi har ikke gått inn på detaljerte forskjeller, slik at ytre fyrøyer kan ha fått litt lav verdi og indre skogsområder litt for høy verdi. Det vises ellers til korreksjonsfaktorene i (1), der det er mulig å korrigere for skjerming (0.9) og eksponering (nedslag bak bratt terreng (1.1 - 1.3), kanalsoner (1.1)).

Tabell 4.2

Kommuner i ytre kyststrøk med særlig høye verdier av ekstreme vindkast.

LISTE OVER KOMMUNER MED ekstremverdier av 3-5 s vindkast			
med 50 års returperiode større enn 40 m/s (referert til 10 m høyde over bakken)			
Verdien er en referanseverdi gyldig for et typisk flyplassområde i kommunen.			
Lokale terrengeffekter er ikke med i tabellen (akselerert vind som følge av nedslag bak bratt terreng eller gjennom kanalsoner i terrenget, skjerming).			
	kmnr.	Kommune	u(50år)
Sogn og Fjordane			
	1401	Flora	45
	1438	Bremanger (øst for 5° 00')	45
	1438	Bremanger (vest for 5° 00')	50
	1439	Vågsøy (øst for 5° 10')	45
	1439	Vågsøy (vest for 5° 10')	50
	1441	Selje	50
	1443	Eid	45
Møre og Romsdal			
	1502	Molde	45
	1503	Kristiansund	50
	1504	Ålesund	45
	1511	Vanylven	50
	1514	Sande	50
	1515	Herøy	50
	1516	Ulstein	45
	1517	Hareid	45
	1519	Volda	45
	1520	Ørsta	45
	1523	Ørskog	45
	1528	Sykkylven	45
	1529	Skodje	45
	1531	Sula	45
	1532	Giske	50
	1534	Haram (øst for 6° 30')	45
	1534	Haram (vest for 6° 30')	50
	1535	Vestnes	45
	1545	Midsund	45
	1546	Sandøy	50
	1547	Aukra	45

Tabell 4.2

Kommuner i ytre kyststrøk med særlig høye verdier av ekstreme vindkast.

	kmnr.	Kommune	u(50år)
Møre og Romsdal			
forts.	1548	Fræna	45
	1551	Eide	45
	1554	Averøy (sør for 62° 59')	45
	1554	Averøy (nord for 62° 59')	50
	1556	Frei	45
	1557	Gjemnes	45
	1560	Tingvoll	45
	1569	Aure	45
	1571	Halsa	45
	1572	Tustna	50
	1573	Smøla (øst for 8° 00')	45
	1573	Smøla (vest for 8° 00')	50
Sør-Trøndelag			
	1612	Hemne	45
	1613	Snillfjord	45
	1617	Hitra (øst for 8° 30' og sør for 63° 32')	45
	1617	Hitra (vest for 8° 30' og nord for 63° 32')	50
	1620	Frøya	50
	1621	Ørland	50
	1622	Agdenes (vest for 9° 45')	45
	1624	Rissa (Stjørnefjorden)	45
	1627	Bjugn (vest for 9° 40' og nord for 63° 50')	50
	1627	Bjugn (øst for 9° 40' og sør for 63° 50')	45
	1630	Åfjord (vest for 10° 05')	50
	1630	Åfjord (øst for 10° 05')	45
	1632	Roan (vest for 10° 15')	50
	1632	Roan (øst for 10° 15')	45
	1633	Osen (vest for 10° 30')	50
	1633	Osen (øst for 10° 30')	45
Nord-Trøndelag			
	1703	Namsos (nord for 64° 25')	45
	1725	Namdalseid (nord for 64° 25')	45

Tabell 4.2

Kommuner i ytre kyststrøk med særlig høye verdier av ekstreme vindkast.

	kmnr.	Kommune	u(50år)
Nord-Trøndelag			
forts.	1748	Fosnes	45
	1749	Flatanger (unntatt nes og holmer)	45
	1749	Flatanger (områder utenfor midlere fastlandslinje)	50
	1750	Vikna (øst for 11° 10')	45
	1750	Vikna (vest for 11° 10')	50
	1751	Nærøy	45
	1755	Leka	45
Nordland			
	1804	Bodø (vest for 14° 20')	50
	1804	Bodø (øst for 14° 20')	45
	1805	Narvik	45
	1811	Bindal	45
	1812	Sømna (vest for 12° 00')	50
	1812	Sømna (øst for 12° 00')	45
	1813	Brønnøy (vest for 12° 05')	50
	1813	Brønnøy (unntatt indre Velfjorden)	45
	1815	Vega (øya Vega: øst for 11° 55')	45
	1815	Vega (kommunen for øvrig)	50
	1816	Vevelstad	45
	1818	Herøy	50
	1820	Alstahaug	50
	1822	Leirfjord	45
	1824	Vefsn (Vefsnfjorden - Mosjøen)	45
	1827	Dønna (vest for 12° 35')	50
	1827	Dønna (øst for 12° 35')	45
	1828	Nesna	45
	1833	Rana	45
	1834	Lurøy (vest for 12° 50')	50
	1834	Lurøy (øst for 12° 50')	45
	1835	Træna	50
	1836	Rødøy (vest for 13° 10')	50
	1836	Rødøy (øst for 13° 10')	45
	1837	Meløy (vest for 13° 20'), samt Støtt	50
	1837	Meløy (øst for 13° 20')	45
	1838	Gildeskål, unntatt Fleinvær, Fugløyvær	45
	1838	Gildeskål: Fleinvær, Fugløyvær	50

Tabell 4.2

Kommuner i ytre kyststrøk med særlig høye verdier av ekstreme vindkast.

	kmnr.	Kommune	u(50år)
Nordland, forts.			
	1848	Steigen	45
	1849	Hamarøy	45
	1850	Tysfjord	45
	1851	Lødingen	45
	1852	Tjeldsund	45
	1853	Evenes	45
	1854	Ballangen	45
	1856	Røst	50
	1857	Værøy	50
	1859	Flakstad	50
	1860	Vestvågøy	50
	1865	Vågan	50
	1866	Hadsel	50
	1867	Bø	50
	1868	Øksnes	50
	1870	Sortland	45
	1871	Andøy (sør for 69° 10')	45
	1871	Andøy (nord for 69° 10')	50
	1874	Moskenes	50
Troms			
	1901	Harstad	45
	1902	Tromsø (vest for 18° 56' og nord for 69° 45')	45
	1911	Kvæfjord	45
	1915	Bjarkøy	45
	1927	Tranøy (vest for 17° 10')	45
	1928	Torsken	50
	1929	Berg	50
	1931	Lenvik (nord for 69° 30')	50
	1936	Karlsøy	50
	1938	Lyngen (nord for 69° 45')	45
	1941	Skjervøy	45
	1942	Nordreisa (nord for 69° 30')	45
	1943	Kvænangen (nord for 69° 55')	45

Tabell 4.2

Kommuner i ytre kyststrøk med særlig høye verdier av ekstreme vindkast.

	kmnr.	Kommune	u(50år)
Finnmark			
	2001	Hammerfest	45
	2001	Hammerfest (Sørøya, Seiland)	50
	2002	Vardø	45
	2003	Vadsø	45
	2012	Alta (nord for 70° 10')	45
	2014	Loppa	50
	2015	Hasvik	50
	2017	Kvalsund	45
	2018	Måsøy	50
	2019	Nordkapp	50
	2020	Porsanger	45
	2022	Lebesby (sør for 70° 40')	45
	2022	Lebesby (nord for 70° 40')	50
	2023	Gamvik (sør for 70° 40')	45
	2023	Gamvik (nord for 70° 40')	50
	2024	Berlevåg	50
	2028	Båtsfjord	45

5. KVALITETSSIKRING

5.1 Datainnsamling

Vindinstrumentene gjennomgår kontroll og vedlikehold ved instrumentavdelingen før utsetting.

Vinddata fra flyplasstasjonene blir overvåket av flygeledere i forbindelse med avvikling av flytrafikken og av observatører, DNMI- eller lufthavnpersonell, i forbindelse med utsendelse av meteorologiske flyplassmeldinger (METAR), 1-2 ganger hver time.

Vinddata fra fyrstasjonene blir overvåket flere ganger pr. døgn. Trenede observatører avslører uregelmessigheter i den grad disse kan sees ved å sammenligne vindstyrken ute på havet.

Det er ellers foretatt en rekke rutinekontroller på stasjonene, med 1 til ca. 5 års mellomrom. Alle opplysninger vedrørende instrumentflyttinger, service eller skifte av instrumenter og endringer i omgivelsene på stasjonen skal være loggført i inspeksjonsberetningene.

Data som legges inn i EDB-lageret får en ekstra kontroll ved Klimaavdelingen før arkivering.

Av kapasitetshensyn er det ikke foretatt rutinemessig kalibrering av vindmålere som står ute på stasjonene. Når observatøren oppdager feil på utstyret, meldes dette til DNMI's instrumentavdeling, som sender nytt utstyr.

5.2 Datautplukk og analyse

Data er plukket ut av skoleungdom, studenter og i noen grad, fast ansatt kontorpersonale ved DNMI. Enkelte meteorologer og forskere har periodevis deltatt. 2 pensjonerte meteorologer, A. Sunde og K. Strand har tatt ut data fra flyplasser på Vestlandet og vært med i analysen, etter mønster av (12).

Arbeidet som skoleungdommene utfører, er organisert slik at enkelte studenter med lang erfaring har fungert som veiledere for

mer uerfarne avlesere. Avleserne er instruert i å tolke vind-diagrammer og hvorledes mulige feil ser ut. Arbeidet med diagrammer er tidkrevende. Imidlertid har det den fordel at feil i mange tilfelle er lette å oppdage pga. unormal oppførsel på diagrammet. Ved tvil/tydelig feil gjøres alltid en markering slik at etterprøving er lett å gjøre.

Etter avlesning tastes data inn på regneark. Rapportforfatterne har så analysert dataene. I denne omgang har vi konsentrert oss om de sterkeste stormtoppene. Disse har gått gjennom en ekstra sjekk.

Etter at beregningene er gjennomført holdes resultatet opp mot resultater fra nærliggende stasjoner og den lokale topografi. Dersom resultatet av en eller annen grunn ikke ser tilfredstillende ut, blir prosedyren gått gjennom på nytt.

Rapporten er under sin utvikling flere ganger presentert for vindlastutvalget under Lastkomiteen. Verdifulle kommentarer er mottatt og innbakt i rapporten.

5.3 Gjenstående arbeid

Det gjenstår en del arbeid vedrørende kvalitet av data. Homogenitetsanalyser er bare foretatt av data fra Utsira og Hellisøy fyr. Slike analyser vil bli utført under neste prosjektfase. Dette gjelder også metodikkstudier. Det vil bli gått igjennom en del litteratur og kjøring med forskjellig type metodikk vil bli prøvet. Dette vil medføre at endel punktverdier kan bli noe endret. Også middelveidier på en del strekninger kan bli endret. Det er imidlertid grunn til å tro at helhetsbildet gitt i denne rapporten blir uendret.

6. REFERANSELISTE

- (1) **Andresen, L. og Harstveit, K.:**
Ekstremvindanalyse for Møre og Romsdal
 DNMI/KLIMA 07/93
 Oslo 1993
- (2) **Andresen, L. og Harstveit, K.:**
Fræna kommune. Kartlegging av ekstreme vindhastigheter
 DNMI/KLIMA 06/93
 Oslo 1993
- (3) **Norges Byggstandardiseringsråd**
 NS3479
Prosjektering av bygningskonstruksjoner. Dimensjonerende laster
 Norges Standardiseringsforbund,
 4 utg, Oslo, 1990
- (4) **Eurocode 1:**
Basis of Design and Actions on Structures. Part 2.3: Wind Loads
 CEN/TC250/SC1/1993/N118B
 Draft. Dec. 1993
- (5) **Panofsky, H.A., and Dutton, J.A.:**
Atmospheric Turbulence. Models and Methods for Engineering Applications
 p.159-160
 John Wiley & Sons, New York 1984
- (6) **Davenport, A.G.:**
The interaction of Wind and Structures
 Engineering Meteorology, chpt.12.
 Edited by Plate, E.
 Elsevier, Amsterdam, 1982.
- (7) **Gumbel, E.J.:**
Statistics of Extremes
 Columbia University Press, New York, 1958.
- (8) **Cook, N.J.:**
Towards better estimation of extreme winds
 Journal of Wind engineering and Industrial Aerodynamics, 9 (1982) 295-323.
- (9) **Lieblein, J:**
Efficient Methods of Extreme-Value Methodology
 National Bureau of Standards, NBSIR 74-602,
 Washington, 1974.

- (10) **Mathiesen, M.:**
Extpar: A Computer Program for Statistical Analysis of Extreme Values. Version 6.03
NHL: Report No. STF60 A92124
SINTEF NHL, Trondheim 1993
- (11) **DNV, NTH, DNMI og NHL:**
Environmental Conditions of the Norwegian Continental Shelf
Oljedirektoratet, Stavanger 1976
- (12) **Strand, K., Sunde, A., og Harstveit, K.:**
Sandane lufthavn. Vindforhold.
DNMI/KLIMA 18/93
Oslo 1993
- (13) **Harstveit, K.:**
Askøy bro.
Vindmålinger på Storebuneset 01.12.87 - 29.02.88
Oppdragsrapport for Statens vegvesen.
DNMI/KLIMA 12/88
Oslo 1988
- (14) **Harstveit, K.:**
Hardangerbrua. Sluttrapport for vindmålinger
DNMI/KLIMA 32/93 KLIMA
Oslo 1993
- (15) **Alm, L.K. og Nygård, T.N.:**
Numerical estimation of spatial variations of extreme winds at Sula
IFE/KR/F-93/167
Institutt for energiteknikk, Kjeller 1993

APPENDIKS A**Kastfaktorer, turbulensintensitet og overflateruhet**

Vindmålestasjonene omfatter vanligvis registrering av 10 min middelvind og kontinuerlig registrering av "øyeblikksvinden". På grunn av anemometerets distanseskala og registratorens innebyggede treghet, regner en i praksis med at denne "øyeblikksvinden" har en tidsskala på 3-5 s på stasjoner med anemografatype Fuess 90z, og ca. 3s på Vaisala utstyr, som er de 2 mest brukte anemografene på de norske stasjonene. I neste prosjektfase vil en gå nøyere inn på evt. forskjeller som følge av forskjellig utstyr. Vi regner her med at forskjellen er liten i forhold til andre usikkerheter. Vi benytter da 10 min middelvind og 3 s vindkast som måleparametre.

Maksimalt vindkast kan beregnes fra longitudinal turbulensintensitet, I_u . I_u er definert som standardavviket, σ_u , av øyeblikksmålinger, u_i , dividert på middelvinden over 10 minutter, u_{10min} :

$$I_u = \frac{\sigma_u}{u_{10min}} \quad \text{lign. (A.1)}$$

Turbulensintensiteten er knyttet til kastfaktoren ved formelen:

$$I_u = \frac{GF_{3s} - 1}{2.6} \quad \text{lign. (A.2)}$$

hvor GF_{3s} er kastfaktoren for 3 s vindkast, definert som sterkeste vindkast med 3 sekunders varighet i løpet av tiden T, $u_{3s}(10min)$, dividert på middelvinden u_T , T=10 min.

$$GF_{3s} = \frac{u_{3s}(10min)}{u_{10min}} \quad \text{lign. (A.3)}$$

Lign. A.2 er funnet å stemme ved målinger av vindkast og longitudinal turbulensintensitet på Askøy (13) og senere bekreftet ved målinger på Hurum (Stikkvannskollen, Nilsåsen), Bu

i Hardanger (14) og Vealøs, innenfor alle sektorer som ikke har forstyrrelser av masteskygge. På disse stasjonene er det samlet inn data hvert sekund og for hvert 10 min. er det beregnet (bl.a.) midlere vindretning og -fart, kastfaktorer med 1, 3, 5 og 60 s varighet og longitudinal turbulensintensitet, I_u .

I_u kan kobles til det logaritmiske vindprofil gjennom lign. A.4, hentet fra Panofsky and Dutton (5):

$$I_u = \frac{\kappa A}{\ln \frac{z}{z_0}} \quad \text{lign. (A.4)}$$

Her er κ von Karman's konstant (0.41) og A en empirisk konstant. I (5) er A angitt til 2.39 ± 0.03 på grunnlag av en del målinger i flatt terreng. z er høyden over bakken og z_0 ruheten. Dette gir $\kappa A = 0.98$ i lign. A.4.

Bruk av lign. A.2 og A.4 gir da lign. A.5.

$$GF_{3s} = 1 + \frac{2.55}{\ln \frac{z}{z_0}} \quad \text{lign. (A.5)}$$

Lign. A.5 gir nå sammenhengen mellom ruhet og kastfaktor ved høyden z .

For fritt hav og sterk vind benyttes overflateruhet, $z_0 = 0.01 - 0.001$ m. I Den nye europeiske vindlastnormen (4) benyttes 0.01 m, mens det feks. i (11) benyttes 0.006 m. Dette svarer til $GF_{3s} = 1.37$ ($z_0 = 0.01$ m), 1.34 ($z_0 = 0.006$ m), 1.28 ($z_0 = 0.001$ m). Vi finner det derfor naturlig å benytte 1.35 som kastfaktor for ekstremt sterk vind på havet.

I (4) benyttes ved flatt, åpent terreng/flyplassterreng $z_0 = 0.05$ m, som svarer til $GF_{3s} = 1.48$. Ved skog og småhusbebyggelse settes $z_0 = 0.3$ m ($GF_{3s} = 1.73$) og ved storbyer er $z_0 = 1$ m ($GF_{3s} = 1.92$, $z = 16$ m). Det er derfor naturlig å bruke $GF_{3s} = 1.35, 1.5, 1.75$ og 2.0 for de 4 overflatetyperne.

For ruhetskorreksjoner av 10 min middelvind benyttes logaritmisk vindprofil. Dette gir etter ((4), seksjon 6.8) en overgangsfaktor fra flyplass til hav på 1.17, fra flyplass til småhusbebyggelse /skog ($z_0=0.3$ m): 0.77 og til storbyer: 0.67, der sistnevnte er regnet ned til 16 m høyde, de øvrige til 10 m.

Med 1.5 som kastfaktor for flyplasser og 1.35 for hav, 10 m høyde, og 1.17 som overgangsfaktor fra flyplass til hav (10 min middelvind), får vi

$$U_{10\text{min}}(\text{hav}) = 1.17 \cdot U_{10\text{min}}(\text{Flypl}) \Rightarrow$$

$$\frac{U_{3s}(\text{max, hav})}{1.35} = 1.17 \cdot \frac{U_{3s}(\text{max, flypl})}{1.5} \Rightarrow$$

$$U_{3s}(\text{max, flypl}) = 0.95 \cdot U_{3s}(\text{max, hav}) \quad \text{Lign. (A.6)}$$

Dersom omgivelsene til en målestasjon varierer med retningen (dd), vil ruheten, og følgelig kastfaktoren, være retningsavhengig. Vanligvis definerer vi da en sektoravhengig kastfaktor.

I stedet for å definere en kastfaktor knyttet til middelvind og vindkast innenfor et og samme 10 min intervall, kan vi ut fra en rekke forskjellige stormepisoder plukke ut de høyeste verdier (feks. de 5 høyeste) av 10 min middelvind og 3 s vindkast uavhengig av hverandre. Vi kan også beregne ekstremverdier med 50 års returperiode for hver av disse parametrene. Kastfaktoren kan så defineres til slutt:

$$GF_{3s,50\text{år}}(dd) = \frac{u_{3s,50\text{år}}(dd)}{u_{10\text{min},50\text{år}}(dd)} \quad \text{Lign. (A.7)}$$

Fra Askøy (13) og Bu i Hardanger (14) har vi gjort en del

målinger og utført midlinger: Ved vestlig sektor på Bu har vi beregnet kastfaktor for alle 10 min intervall med middelvind over 20 m/s. Dette gir et middel på 1.34, mens middel av de 5 høyeste hver for seg og dividert, gir 1.43. For østlig sektor er tilsvarende tall 1.38 og 1.43. På Askøy har vi tilsvarende ved middelvind over 6 m/s beregnet 1.39 ved sørvestlig-vestlig sektor mot 1.45 som middel av 5 høyeste hver for seg og dividert. Ved sørsørvestlig sektor er tilsvarende tall 1.37 mot 1.48, og ved sektor nordøst-sørøst: 1.51 mot 1.52. Som gjennomsnitt på disse forsøkene har vi 1.40 mot 1.46. Det er altså en tendens til noe høyere kastfaktor ved uavhengig sortering og divisjon av en gruppe høye kastverdier med en gruppe høye middelverdier. Forskjellene er ikke store.

Siden vi er interessert i 50-års verdier av 3 s vindkast, har vi funnet det mest riktig å benytte den uavhengige metoden for beregning av kastfaktorer i denne undersøkelsen. Vi benytter heretter betegnelsen GF_{3s} om denne størrelsen. Dette vil påvirke lign. A.1-A.5, men ikke mye, slik at det neppe er grunnlag for å fravike konklusjonene i dette kapittel.

APPENDIKS B**Høydekorreksjoner**

For å få en enhetlig sammenstilling av 50-års vinden, er resultater basert på anemometerhøyder med større avvik enn ± 1 m, korrigert i forhold standard målehøyde, 10 m over bakken.

Høydekorreksjonen for middelvind er basert på vindprofilformelen:

$$\frac{u(10m)}{u(z)} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad \text{lign. (B.1)}$$

der z er anemometerhøyden over bakken og $n=0.13$ og 0.17 for hhv. fyrstasjoner og flyplasstasjoner. Disse eksponentene kommer fram ved å benytte $z_1=10$ m og $z_2=30$ m i det logaritmiske vindprofil.

Høydekorreksjonen for vindkast er basert på at det inverse forhold mellom turbulensintensitetene, I_u , i de samme nivåer, følger samme profil:

$$\frac{I_u(z)}{I_u(10m)} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad \text{lign. (B.2)}$$

Siden kastfaktoren, GF_{3s} , er en lineær funksjon av I_u : $GF_{3s}=1+2.6 \cdot I_u$, følger herav at:

$$\frac{GF_{3s}(z)-1}{GF_{3s}(10m)-1} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad \text{lign. (B.3)}$$

Det kan innvendes at turbulensintensiteten kanskje har et skarpere profil enn middelvinden i noen avstand fra bakken. Dette vil ikke slå mye ut på korreksjonene og effekten tas ikke hensyn til her. Ligning (B.3) kan benyttes fra ca. 2 til ca. 50/100 m dersom omgivelsene er noenlunde homogene.

For fyrstasjoner og flyplasstasjoner er $GF_{3s}(10)=1.35$ og 1.5 hhv. (Appendiks A). Disse verdiene er alene bestemt av den lokale ruhet i underlaget og kan være forskjellig fra den reelle kastfaktor der også effekter fra terreng i noen avstand fra målestedet spiller inn, feks. nærliggende fjell. (Dette gjelder også variasjoner i stabilitetsforhold i den grad dette spiller noen rolle ved ekstremvind). Ved hjelp av en middelvind, $u_m(z, 10 \text{ m})$, som følger vindprofilet i lign. B.1, kan nå kastfaktoren i høyde z , $GF_{3s}(z)$, og korrigert vindkast til 10 m over

bakken, $u_{3s}(10 \text{ m})$, bestemmes ved $GF_{3s}(10 \text{ m})$, z og n :

$$GF_{3s}(z) = 1 + [GF_{3s}(10m) - 1] \cdot \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad \text{lign. (B.4)}$$

$$u_{3s}(10m) = u_{3s}(z) \cdot \frac{GF_{3s}(10m)}{GF_{3s}(10m) - 1 + \left(\frac{z}{10}\right)^n} \quad \text{lign. (B.5)}$$

For enkelte flyplasser er anemometerhøyden 7 m, og beregnet vindkast med 50 års returperiode må opp med en faktor 1.04. For en fyrstasjon med anemometerhøyde på f.eks. 30 m over omkringliggende, fri havflate (se Appendiks C), må beregnet vindkast ned med en faktor 0.90. Tilsvarende verdier for middelvind er 1.06 og 0.87.

APPENDIKS C

Om akselerasjon og reduksjon av fyrverdier

Fyrstasjonene er typisk små holmer, 10 - 50 m høye, med et anemometer plassert på en 10 m mast nær toppen av holmen. Av fyrene benyttet i denne undersøkelsen ligger Utsira, Hellisøy, Svinøy, Ona, Skalmen, Sula, Halten, Nordøyen, Sklinna, Hekkingen og Fruholmen fyr alle på slike småholmer med tilnærmet fritt hav mot ekstremvindens retning. Torsvåg fyr er i en særstilling i det ekstremt sterke kast fra bratte fjellpartier i sørøst bidrar til ekstremvindforholdene. Fra sørvest-vest er det derimot åpent og fra denne sektoren forventes omtrent samme forhold som øvrige fyrøyer. Sletnes, Makkaur og Vardø ligger alle langs land ved ekstremvindens retning. Dog er det snødekket og forholdsvis jevnt landskap nær stasjonene. Disse 3 stasjonene antas derfor måle vinden i mastens høyde over bakken lik vinden i samme høyde over fritt terreng/hav.

Når vinden fra havet blåser inn mot en liten holme skjer følgende:

Middelvindfeltet presses sammen over toppen av øya, slik at vinden akselereres. Dersom typisk holmehøyde, H , er 30 m, og lengdeskala på stigningen langs ekstremvindsektor, L , 200 m, er stigningen, $\phi=0.15$. Forholdene betraktes som 2-dimensjonale. I følge (4) er typisk akselerasjon da

$$c_t = 1+2 \cdot s(h) \cdot \phi = 1+2 \cdot 0.8 \cdot 0.15 = 1.24 \quad \text{lign. (C.1)}$$

hvor $s(h)$ varierer med høyden over bakken, 0.8 for $h=10\text{m}$.

Dersom vi i første ordens forenkling sier at vinden som treffer anemometeret svarer til vinden i samme høyde over sjøen, har vi formelen for høydekorreksjon (appendiks B):

$$\frac{u(H+h)}{u(z)} = \frac{u(40\text{m})}{u(10\text{m})} = \left(\frac{40}{10}\right)^{0.13} = 1.20 \quad \text{lign. (C.2)}$$

1.20 og 1.24 er tall av noenlunde samme størrelse. Ved relativt bratte rygger med langakse normalt på ekstremvindretningen, slik som f.eks Sula fyr, kan akselerasjonen være større enn lign. C.2 skulle tilsi. Andre fyrstasjoner vil ha bremsing i forhold til dette, feks ved ett flatt, ruglete parti i nærheten av måleren.

På Sula fyr har det vært en sammenligning. Her er anemometerhøyden ved sammenligningen 11m, mastens fotpunkt 36 moh, avstand til åpen sjø ved ekstremvindretning (sørvest-vest) 300 m. Dog er stigningen, ϕ lokalt på vests-krenten lokalt >0.30 . Dette gir $1.19 < c_f < 1.48$. 1.19 er c_f verdien ved $\phi=0.12$, mens 1.48 er verdien ved $\phi>0.30$. I begge tilfelle er regnet 2-dimensjonal rygg/klippe. Siden Sula er et tilnærmet \cos^2 fjell (3-dimensjonal symmetrisk ås med en lang og en kort akse, der snittene gjennom toppunktet følger en cosinus-kurve), vil noe av strømforsterkningen søke ut på sidene og forsterkningen er derfor < 1.48 .

Ved sammenligning med nærliggende stasjon (Føllingen) fant Alm og Nygård (15) at middelvinden på Sula var 1.2 til 1.4 ganger middelvinden på Føllingen når vinden lå i sektor sørvest til nordvest. Føllingen ligger 7 moh på en mer ruglete overflate og har neppe akselerasjon i forhold til havflaten. Lign. C.2 med $H+h=47$ m gir $U(47)/U(10) = 1.22$ som forsterkningsfaktor på Sula i forhold til vinden 10 m over havet.

Dette indikerer at det er vinden på Sula er akselerert noe mer enn det anemometerets høyde over fri havflate skulle tilsi, trolig ca. 10 % mer.

Fra data gitt av Nygård ble det beregnet en omregningsfaktor på 1.23 fra de sterkeste kastene på Sula til de sterkeste kastene på Føllingen, innenfor sørvestlig og vestlig sektor. Tilsvarende høydereduksjon ved bruk av lign. B.5 (Appendiks B) gir 1.17. Dette illustrerer at akselerasjonen på Sula i mindre grad gjør seg gjeldende for vindkast enn for middelvind, i overensstemmelse med akselerasjonens utjevning av vindprofilen over øya.

Konklusjonen er nå: Siden Sula er en holme med forhold godt tilrettelagt for akselerasjoner, antar vi at vi ikke gjør store feil dersom vi på fyrholmene generelt ser bort fra slike effekter for vindkast. Vi foretar da kun korrigeringsfaktor for anemometerets sanne høyde over havet, $H+h$, der H er høyden over havet av mastepunktet og h er høyden av målemasta.

APPENDIKS D

Lange datarekker. Gumbelplot

Tabell D.1

Årsekstremer av 3-5 s vindkast på 18 stasjoner
i Norge. Enhet m/s.

ALTA 67/68 - 92/93

33.4 28.3 22.6 25.7 32.4 26.7 22.1 30.8 34.4 23.6
28.3 27.8 28.8 24.2 26.2 28.8 25.7 26.7 29.8 25.2
25.7 32.9 28.8 28.8 30.3 33.4

ANDØYA 62/63 - 92/93

44.8 39.1 31.9 33.4 34.5 40.1 35.0 35.5 34.5 36.5
44.8 40.1 56.6 42.2 40.6 43.7 46.3 46.3 40.1 35.0
43.7 56.6 34.5 51.4 30.9 36.0 51.4 36.0 36.0 38.6
51.4

BANAK 82/83 - 92/93

38.6 41.6 32.4 35.0 30.8 25.7 40.1 31.9 31.9 37.0
42.2

BARDUFOSS 53/54 - 71/72 + 81/82 - 92/93

23.0 28.1 25.3 24.0 34.0 24.4 27.5 24.9 24.0 27.6
24.8 21.0 23.7 23.7 20.3 26.8 29.0 26.2 20.6 21.6
20.6 28.8 18.5 22.6 30.3 25.2 24.7 24.2 36.5

BODØ 53/54 - 92/93

33.4 32.4 45.8 30.9 36.5 39.1 31.9 38.1 35.0 34.0
35.5 33.4 31.4 30.9 34.0 28.8 28.8 34.5 35.0 37.6
34.5 32.9 39.1 34.0 34.0 30.9 30.4 31.4 36.0 31.4
35.5 28.8 34.0 29.8 28.3 38.6 29.8 28.8 37.0 38.6

FLESLAND 57/58 - 92/93 (-75/76 - 76/77)

31.4 30.9 29.3 28.3 37.0 29.3 33.4 37.0 25.2 34.0
35.0 32.4 34.5 26.8 25.2 28.3 28.3 26.2 35.0 30.9
29.3 32.4 32.9 27.3 32.9 25.2 29.8 25.7 31.9 27.8
27.8 24.7 31.4 30.9

HELLISØY 62/63 - 91/92

34.0 34.5 41.2 33.4 42.2 31.5 34.0 31.0 33.0 29.0
31.0 32.0 29.0 33.0 38.5 33.0 35.5 38.0 36.5 40.6
36.0 36.0 37.6 37.0 34.5 41.2 41.2 36.0 37.0 42.2

KIRKENES 69/70 - 92/93

23.0 27.5 35.0 29.0 32.5 34.5 30.0 28.0 26.0 24.0
25.0 28.0 34.5 28.5 31.5 28.0 39.5 33.0 28.5 35.0
27.8 30.9 32.9 41.7

KRISTIANSUND LUFTHAVN 70/71 - 91/92

23.7 30.3 32.9 30.9 33.4 38.1 25.7 28.8 35.5 46.3
40.1 34.5 34.5 36.0 29.8 30.9 32.4 29.3 41.2 32.4
32.9 49.9

Tabell D.1, forts.

LEKNES 72/73 - 92/93

29.8	30.9	31.9	32.4	33.4	33.4	36.5	37.0	38.1	38.1
38.6	39.1	39.1	39.6	39.6	40.1	40.1	41.1	41.2	41.2
44.2									

MOLDE LUFTHAVN 72/73 - 91/92

35.5	26.8	33.4	34.5	24.7	27.3	34.0	38.6	29.8	25.2
28.8	35.0	21.6	27.3	35.0	24.7	40.6	28.3	28.3	54.0

NAMSOS LUFTHAVN 74/75 - 92/93

29.8	37.0	28.8	29.8	29.8	29.8	36.0	38.1	35.0	29.8
30.4	29.8	29.3	28.8	31.9	32.9	35.0	48.9	37.6	

SOLA 57/58 - 92/93

42.7	29.3	30.4	30.4	35.0	27.8	28.3	32.4	29.3	31.4
34.5	30.9	39.6	29.3	32.4	30.4	30.9	29.8	31.9	26.8
35.0	29.8	32.4	36.5	42.2	29.3	33.4	27.3	37.0	31.4
26.2	30.9	32.4	30.4	28.3	30.4				

TROMSØ - LANGNES 81/82 - 92/93

27.8	31.9	25.7	30.9	38.1	22.6	32.9	31.4	29.8	28.8
29.3	38.1								

UTSIRA 62/63 - 92/93

39.1	44.0	43.5	38.0	41.0	41.5	37.2	45.5	37.5	39.8
44.0	43.6	46.2	43.6	43.1	36.1	35.5	39.1	39.1	42.2
38.1	38.6	30.9	40.1	36.0	42.7	40.6	38.6	38.6	39.1
40.6									

VIGRA 59/60 - 92/93

27.6	35.0	30.0	29.0	35.2	33.2	25.8	35.0	32.4	31.4
36.0	30.3	35.5	37.0	32.4	31.4	34.4	28.8	26.2	31.9
36.0	38.0	32.9	42.1	37.5	28.8	34.5	35.0	31.9	42.2
37.0	31.9	55.0	36.0						

VÆRNES 65/66 - 92/93

32.9	33.4	36.0	39.1	36.0	34.0	31.9	37.0	34.0	32.4
41.2	32.4	34.0	27.3	32.4	33.4	32.9	31.4	31.4	31.4
31.4	34.5	32.4	32.9	29.3	29.8	37.0	35.5		

ØRLANDET 64/65 - 92/93

26.2	33.4	34.5	35.0	35.0	35.0	31.4	38.6	38.6	34.0
33.4	36.0	28.8	40.1	34.0	42.7	42.7	37.0	33.4	37.0
30.9	31.4	31.4	30.4	36.5	31.4	31.4	48.4	40.1	

Tabell D.2

Årsekstremer av 10 min middelvind på 7 stasjoner i Norge. Stasjonene har ikke lang rekke med 3-5 s vindkast. Enhet m/s.

FRUHOLMEN 1969/70 - 92/93

27.8 29.3 35.0 31.9 28.3 36.0 31.4 31.4 37.0 37.0
27.3 28.3 27.8 29.8 37.0 28.8 30.4 26.2 31.9 26.8
26.2 25.2 31.9 36.0

NORDØYAN 1955/56 - 92/93

30.4 32.2 31.9 37.0 35.0 32.9 33.4 29.8 32.2 33.4
37.6 31.9 37.6 39.1 32.9 32.7 33.4 30.1 30.9 27.8
33.7 30.9 31.9 28.3 29.3 29.1 32.4 31.1 31.9 33.2
34.0 32.9 28.8 36.0 32.4 36.0 41.2 35.0

ONA 1963/64 - 92/93

31.7 31.7 25.0 30.8 29.2 30.0 28.3 26.7 32.5 32.4
30.0 29.8 32.9 27.2 27.8 37.5 38.6 37.5 31.4 28.8
30.3 27.8 29.8 31.4 26.8 36.5 32.4 27.8 43.7 36.0

SLETNES FYR 1957/58 - 92/93

23.0 30.0 23.0 23.0 26.0 34.0 30.0 26.0 26.7 26.7
25.0 26.7 22.5 24.2 27.5 23.3 26.7 25.8 27.5 22.5
26.7 22.5 21.7 23.3 27.5 22.6 28.8 29.8 30.3 22.6
26.7 25.7 30.8 28.3 24.7 35.0

SULA 1957/58 - 91/92

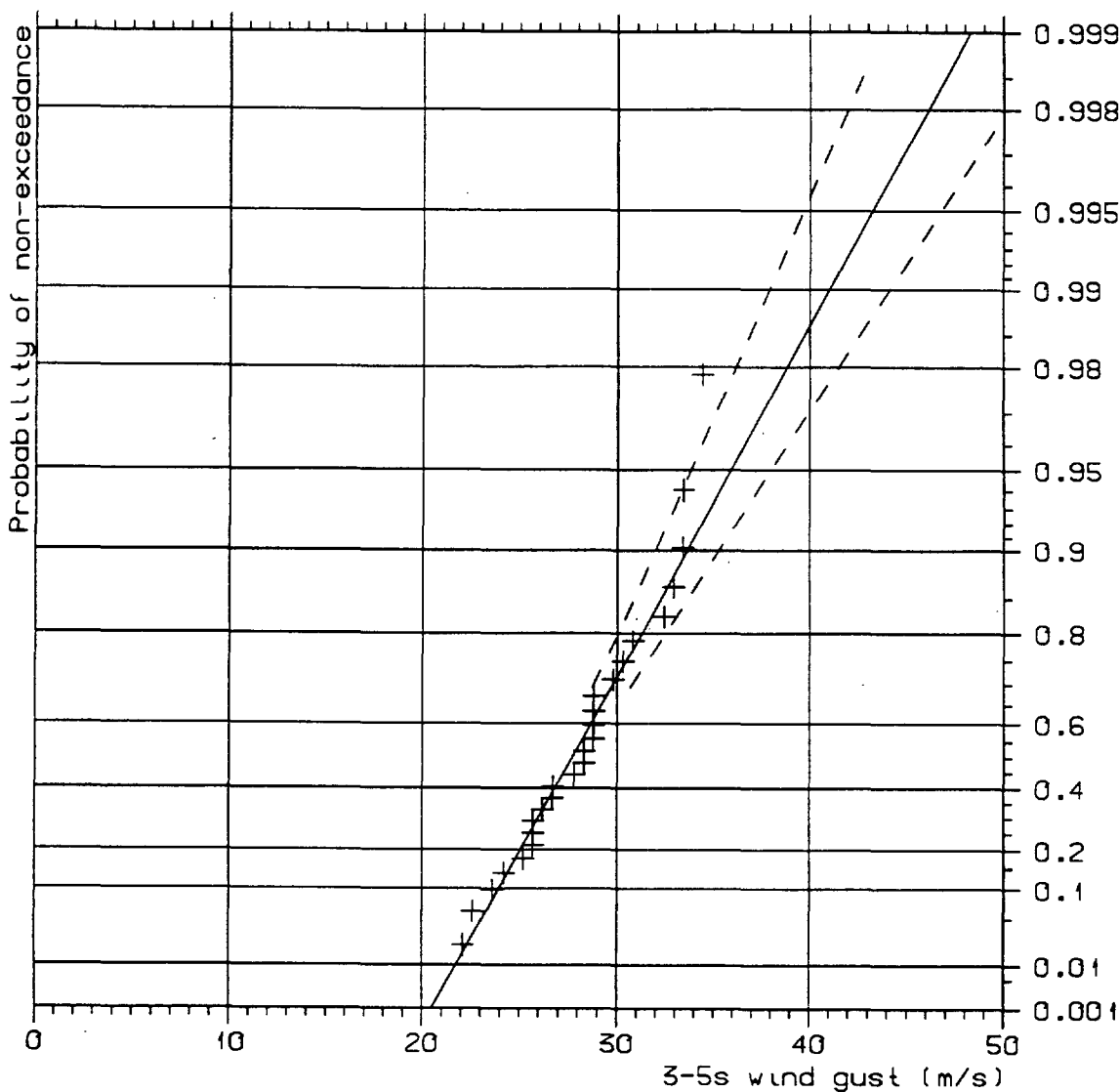
35.0 35.5 26.8 33.4 31.4 33.4 36.0 32.9 23.1 30.9
31.9 36.0 32.4 29.8 35.0 37.0 34.0 35.0 32.5 32.9
26.8 31.9 33.4 30.9 30.9 33.4 35.0 36.0 30.4 34.0
29.8 37.0 38.8 24.7 39.1

SVINØY 1974/75 - 91/92

30.3 33.4 28.3 34.5 33.4 37.0 30.3 29.3 32.4 35.0
28.8 34.5 35.0 29.3 36.0 37.0 32.9 43.7

TORSVÅG FYR 1958/59 - 92/93

31.4 27.8 25.7 23.7 25.7 25.2 26.2 24.2 27.3 34.0
26.2 30.4 28.3 26.8 28.3 32.4 27.3 25.7 27.3 27.8
25.2 25.2 30.9 23.7 27.8 27.8 24.7 26.8 24.2 26.8
24.2 34.0 39.1 30.9 36.0



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:
 Scale 3.144
 Location 26.552

Estimated using:
 Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	29.4
10.	33.6
50.	38.8
100.	41.0

Sampling period for maxima:
 365 days

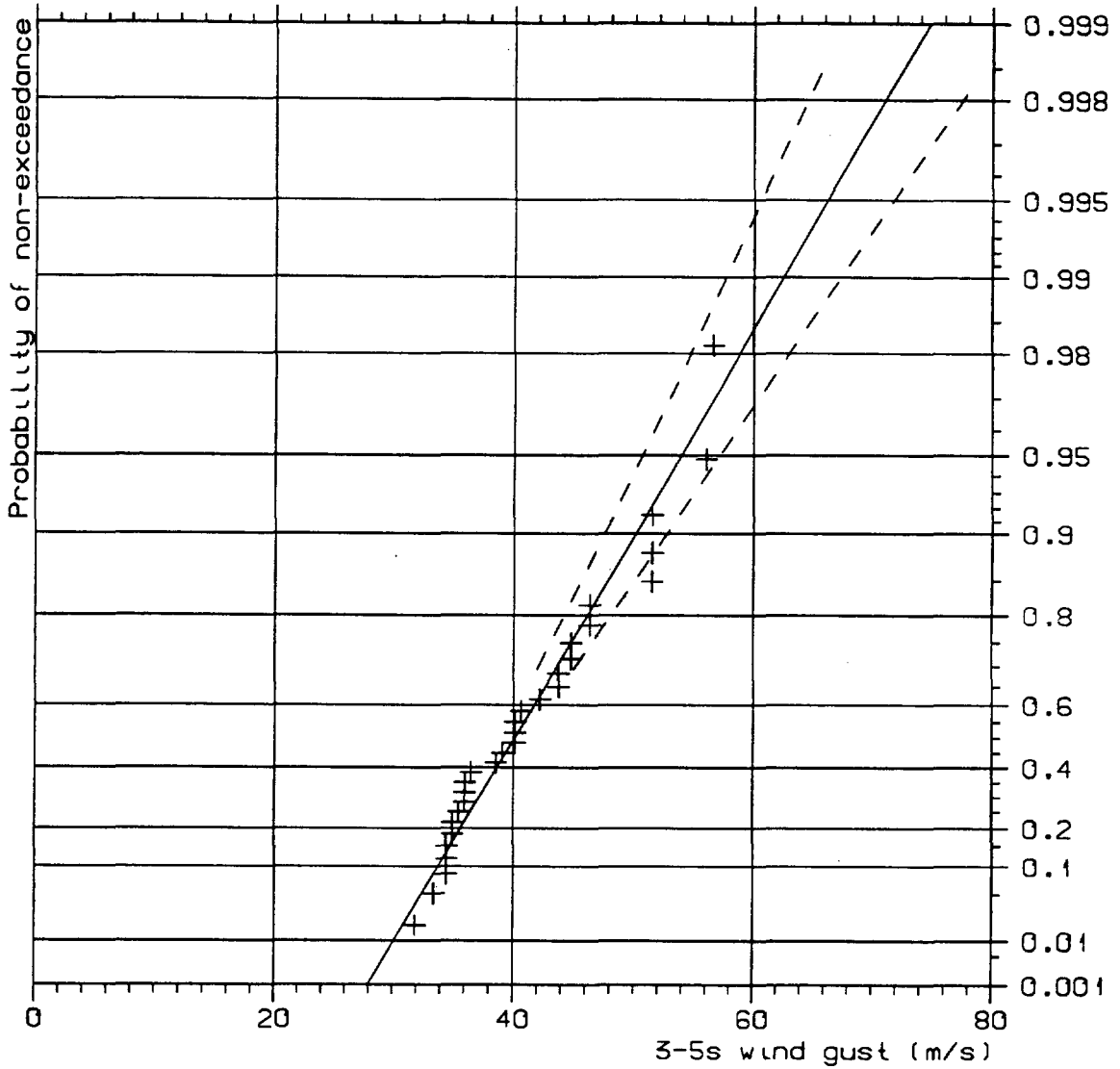
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 28.13
 Std. deviation 3.34
 Skewness 0.14

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 26
 68 % Conf. Limit : - - -

ALTA 1967/68 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.1
---	---------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale	5.291
Location	38.178

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	43.0
10.	50.1
50.	58.8
100.	62.5

Sampling period for maxima:
365 days

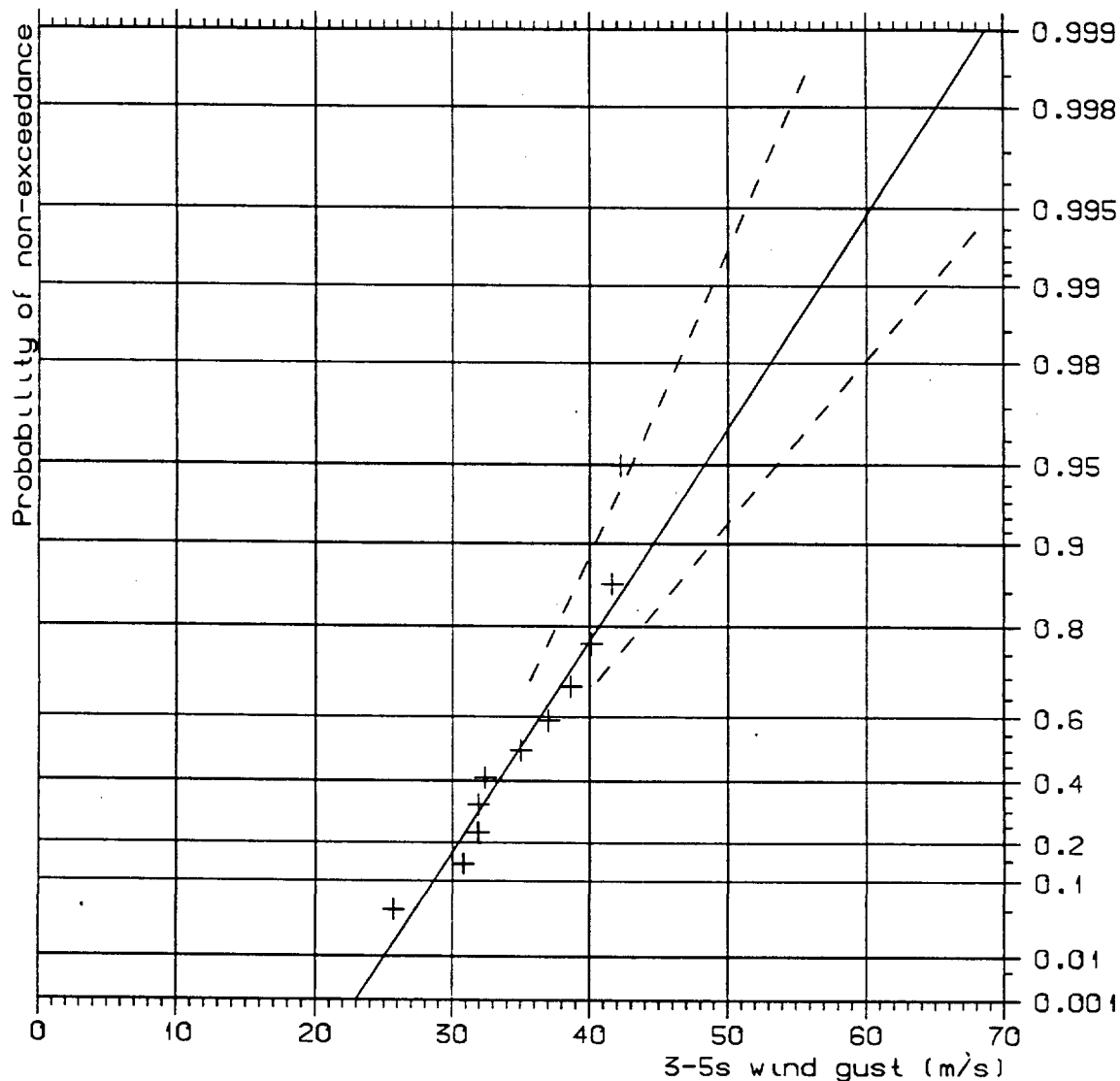
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	41.21
Std. deviation	6.76
Skewness	0.76

GENERAL INFORMATION:

No. of data	:	30
68 % Conf. limit	:	- - -

ANDØYA 1962/63 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMA AVDELINGEN	FIGURE D.2
--	---------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:
 Scale 5.172
 Location 32.925

Estimated using:
 Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	37.6
10.	44.6
50.	53.1
100.	56.7

Sampling period for maxima:
 365 days

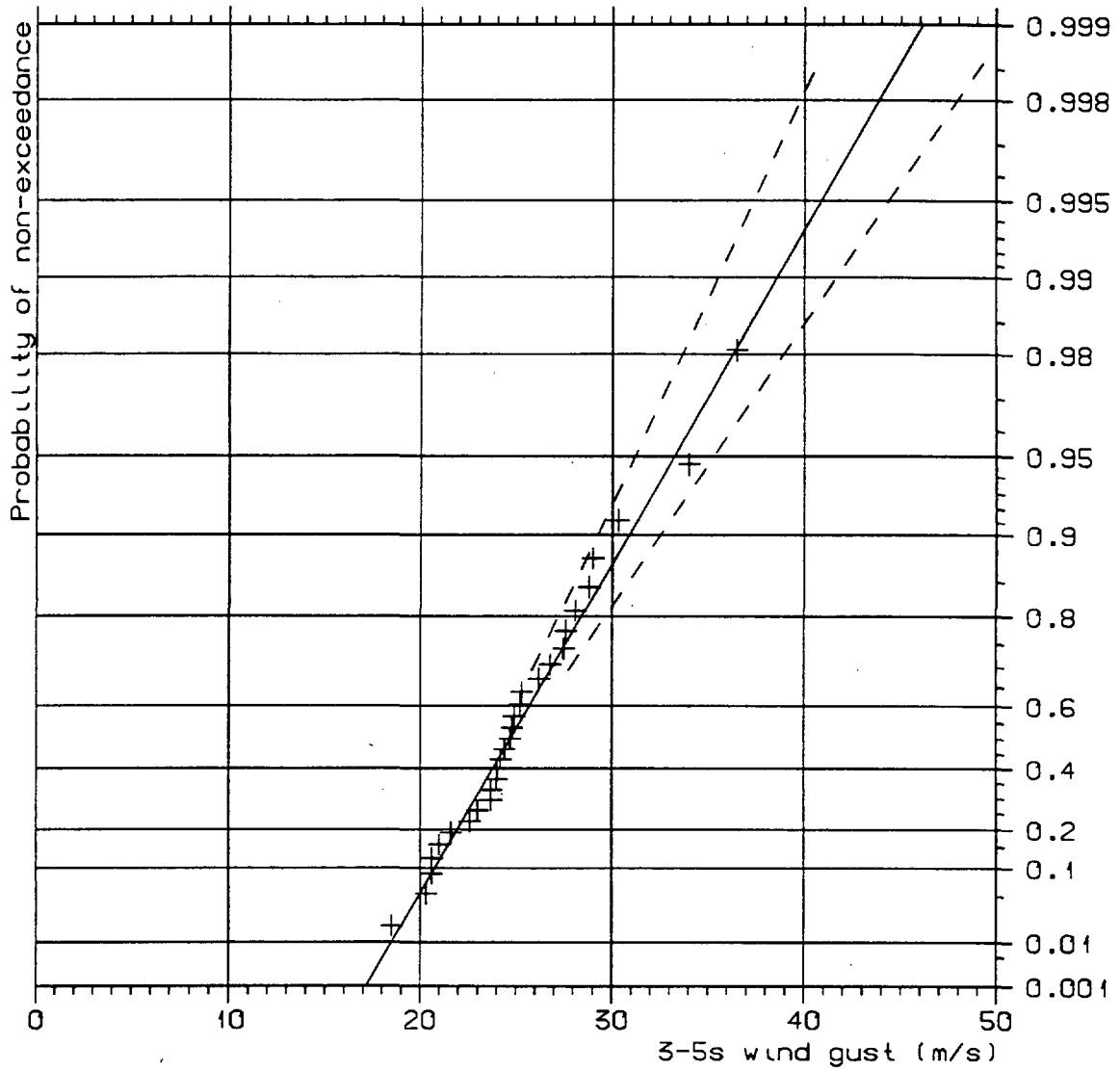
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 35.20
 Std. deviation 4.94
 Skewness -0.20

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 11
 68 % Conf. limit : - - -

BANAK 1982/83 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.3
--	---------------



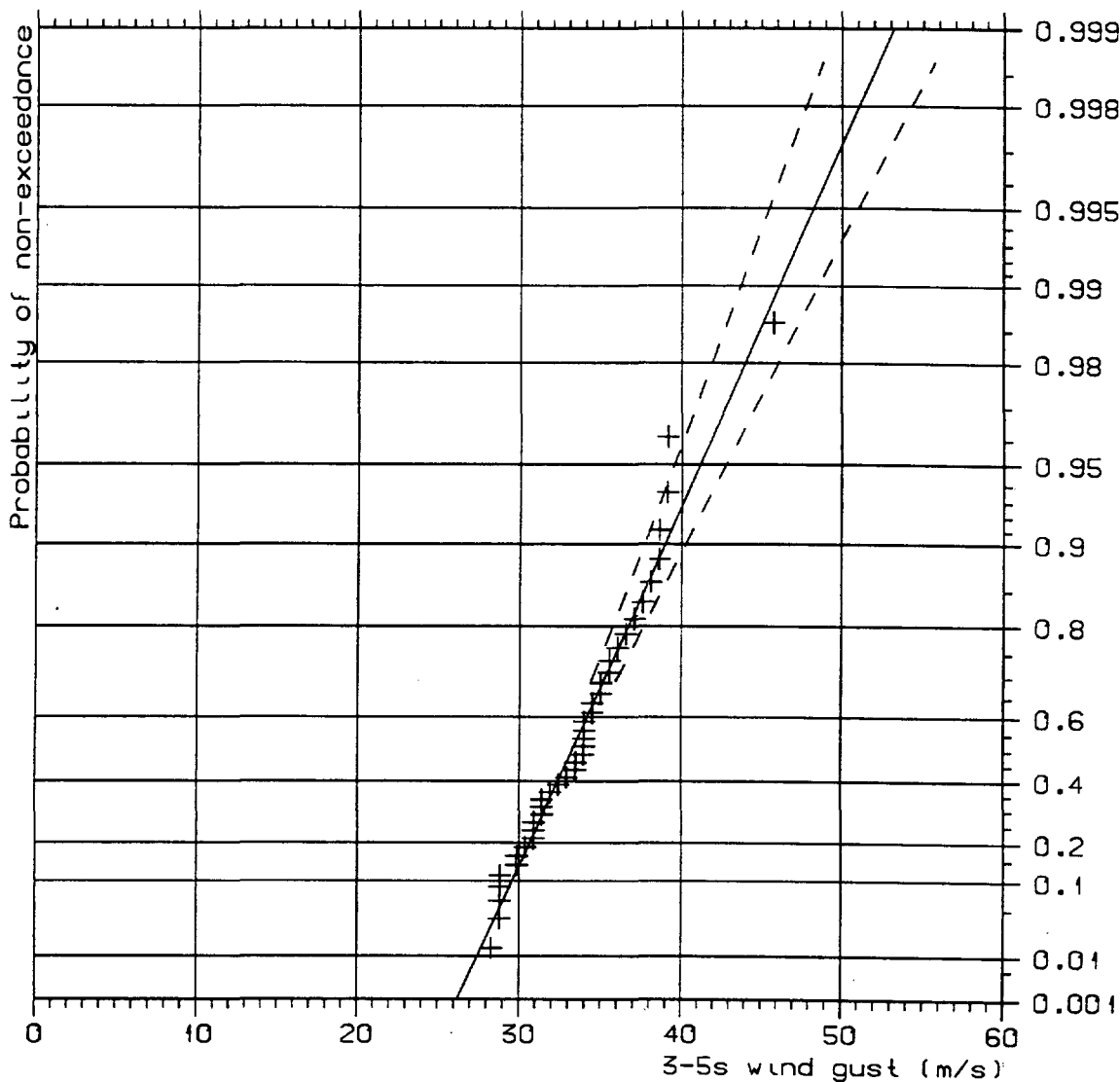
<u>MODEL DISTRIBUTION:</u>	
GUMBEL parameters:	
Scale	3.277
Location	23.502
Estimated using:	
Max. Likelihood Method	

<u>ESTIMATED EXTREMES:</u>	
RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	26.5
10.	30.9
50.	36.3
100.	38.6
Sampling period for maxima:	
365 days	

<u>OBSERVED DISTRIBUTION:</u>	
Mean value	25.24
Std. deviation	3.91
Skewness	0.91

<u>GENERAL INFORMATION:</u>	
No. of data	: 29
68 % Conf. limit	: - - -

BARDUFOSS 1953/54 - 1992/93 Yearly extremes -(72/73-80/81) DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.4
---	----------------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:
 Scale 3.050
 Location 32.100

Estimated using:
 Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	34.9
10.	39.0
50.	44.0
100.	46.1

Sampling period for maxima:
 365 days

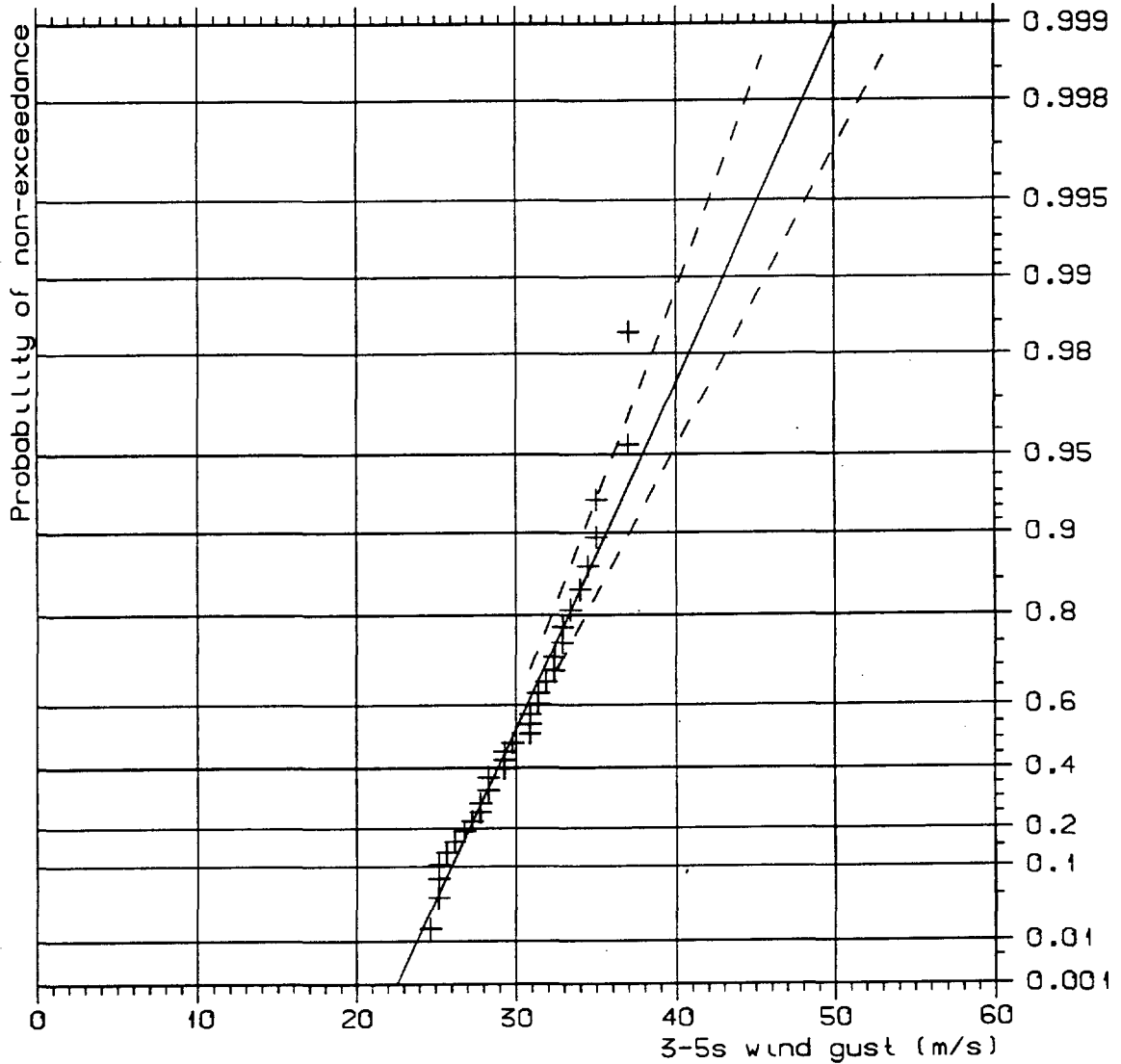
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	33.76
Std. deviation	3.65
Skewness	0.80

GENERAL INFORMATION:

No. of data	: 40
68 % Conf. Limit	: - - -

B000 1953/54 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.5
---	---------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale	3.126
Location	28.613

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	31.4
10.	35.6
50.	40.8
100.	43.0

Sampling period for maxima:
365 days

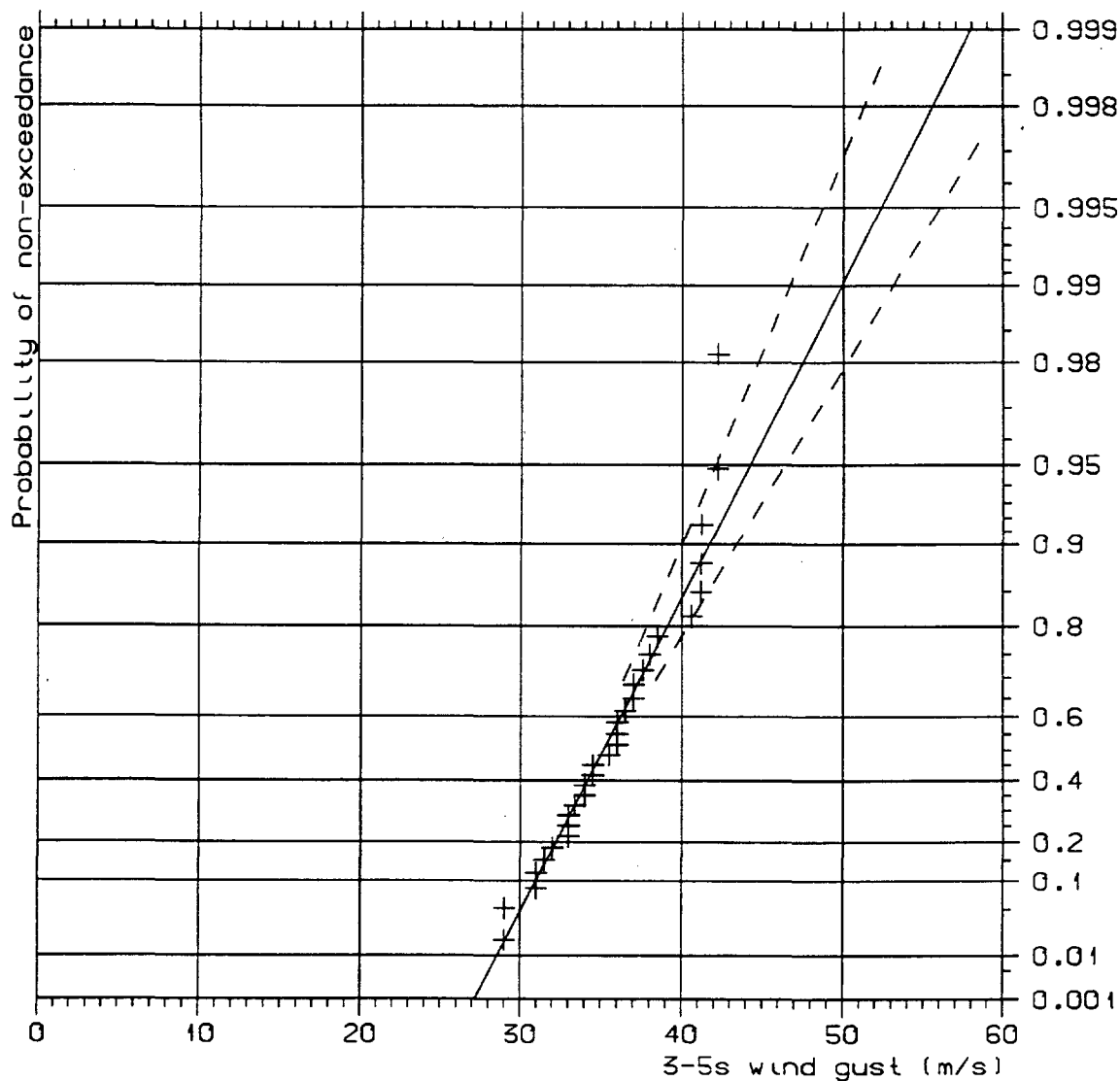
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	30.25
Std. deviation	3.43
Skewness	0.16

GENERAL INFORMATION:

No. of data	:	34
68 % Conf. limit	:	- - -

FLESLAND 1957/58 - 1992/93 Yearly extremes -(75/76-76/77) DNMI - KLIMAÄVDELINGEN	FIGURE D.6
--	---------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 3.485

Location 33.883

Estimated using:

Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	37.0
10.	41.7
50.	47.5
100.	49.9

Sampling period for maxima:
365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 35.66

Std. deviation 3.75

Skewness 0.16

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 30

68 % Conf. limit : - - -

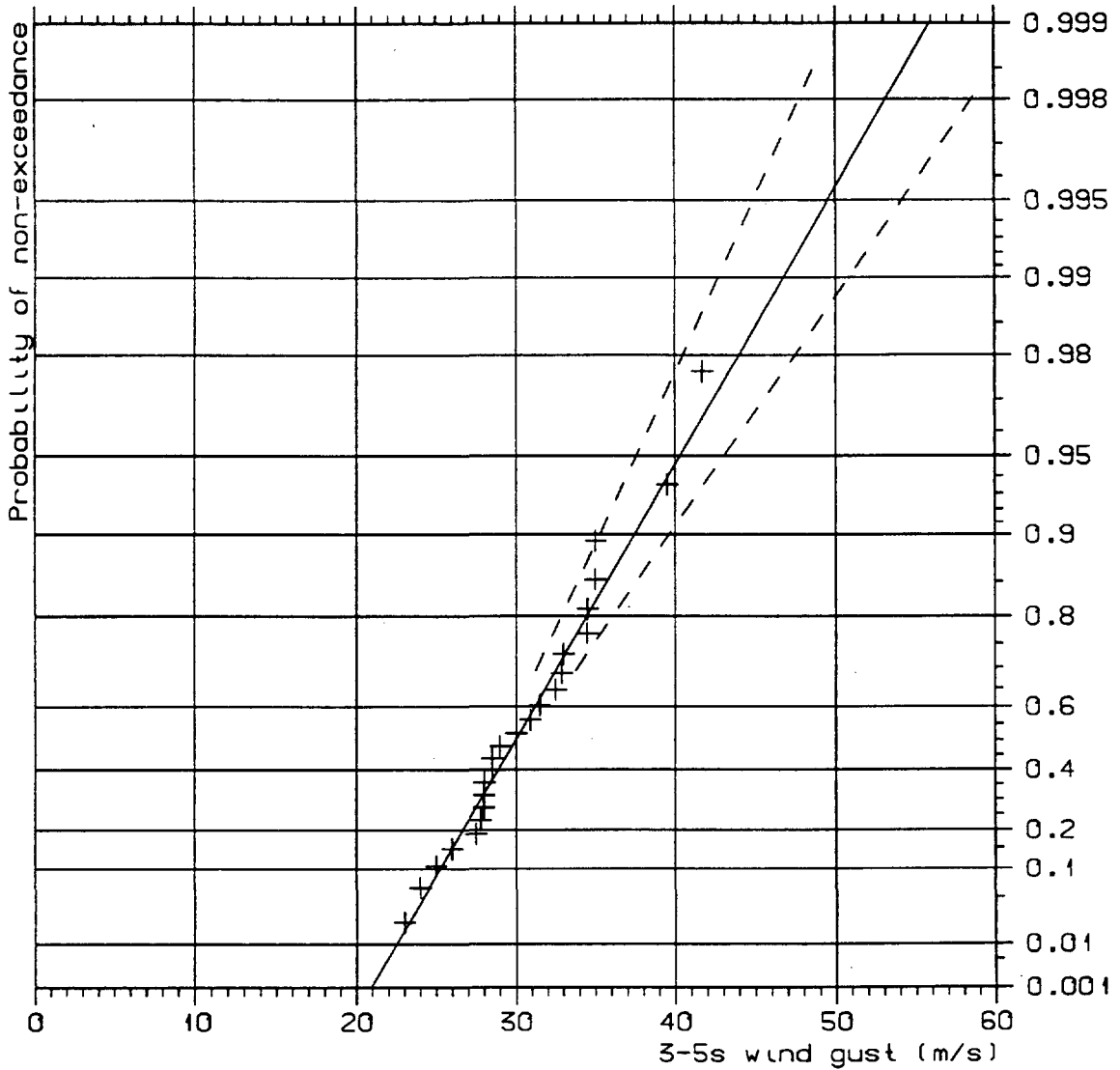
HELLISØY 1962/63 - 1992/93

Yearly extremes

DNMI - KLIMAAVDELINGEN

FIGURE

D.7



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale	3.958
Location	28.545

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	32.1
10.	37.5
50.	44.0
100.	46.8

Sampling period for maxima:
365 days

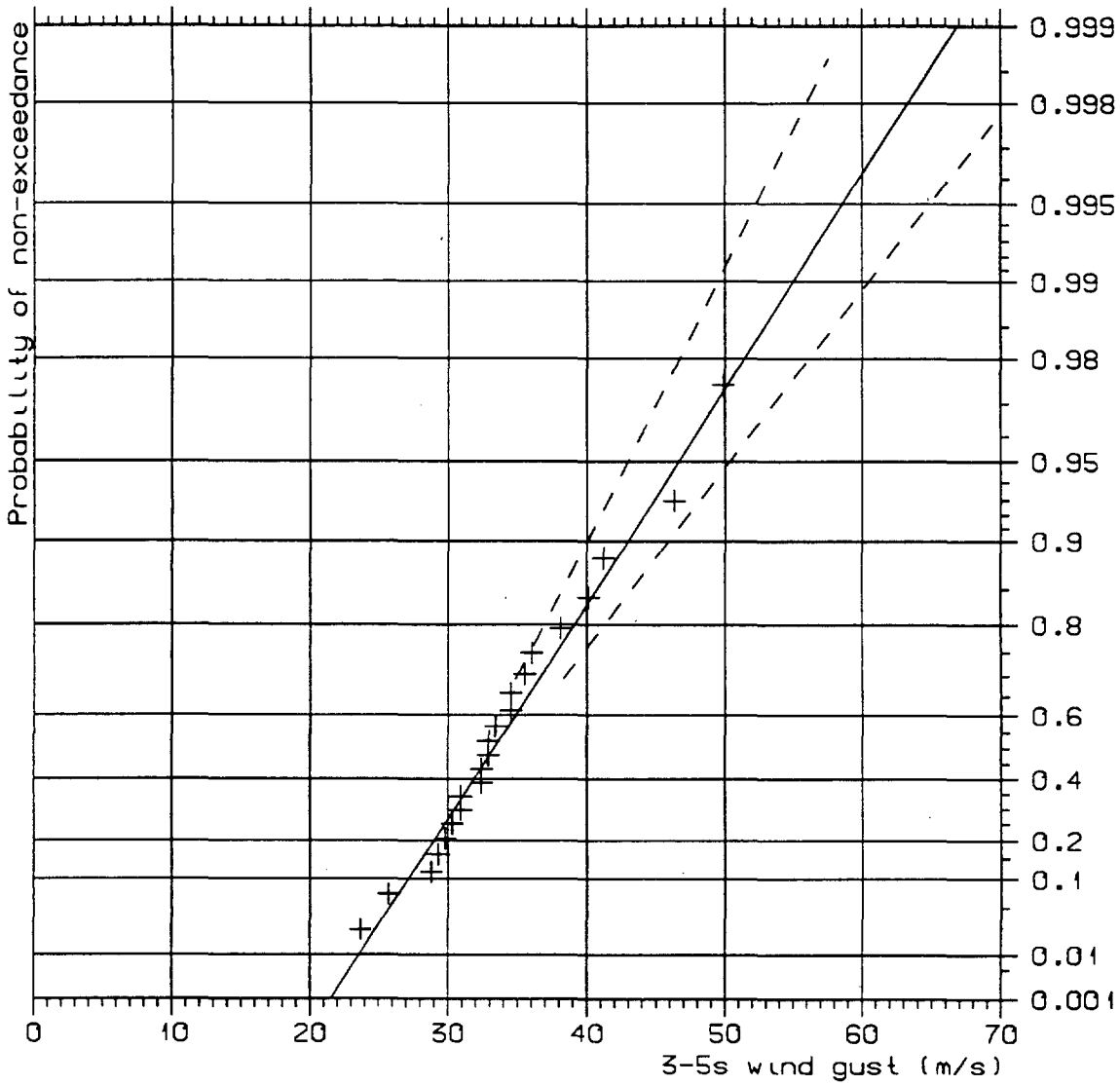
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	30.60
Std. deviation	4.52
Skewness	0.57

GENERAL INFORMATION:

No. of data	: 24
68 % Conf. limit	: - - -

KIRKENES 1969/70 - 1992/93 Yearly extremes -(75/76-76/77) DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.8
--	----------------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale	5.125
Location	31.428

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	36.1
10.	43.0
50.	51.4
100.	55.0

Sampling period for maxima:
365 days

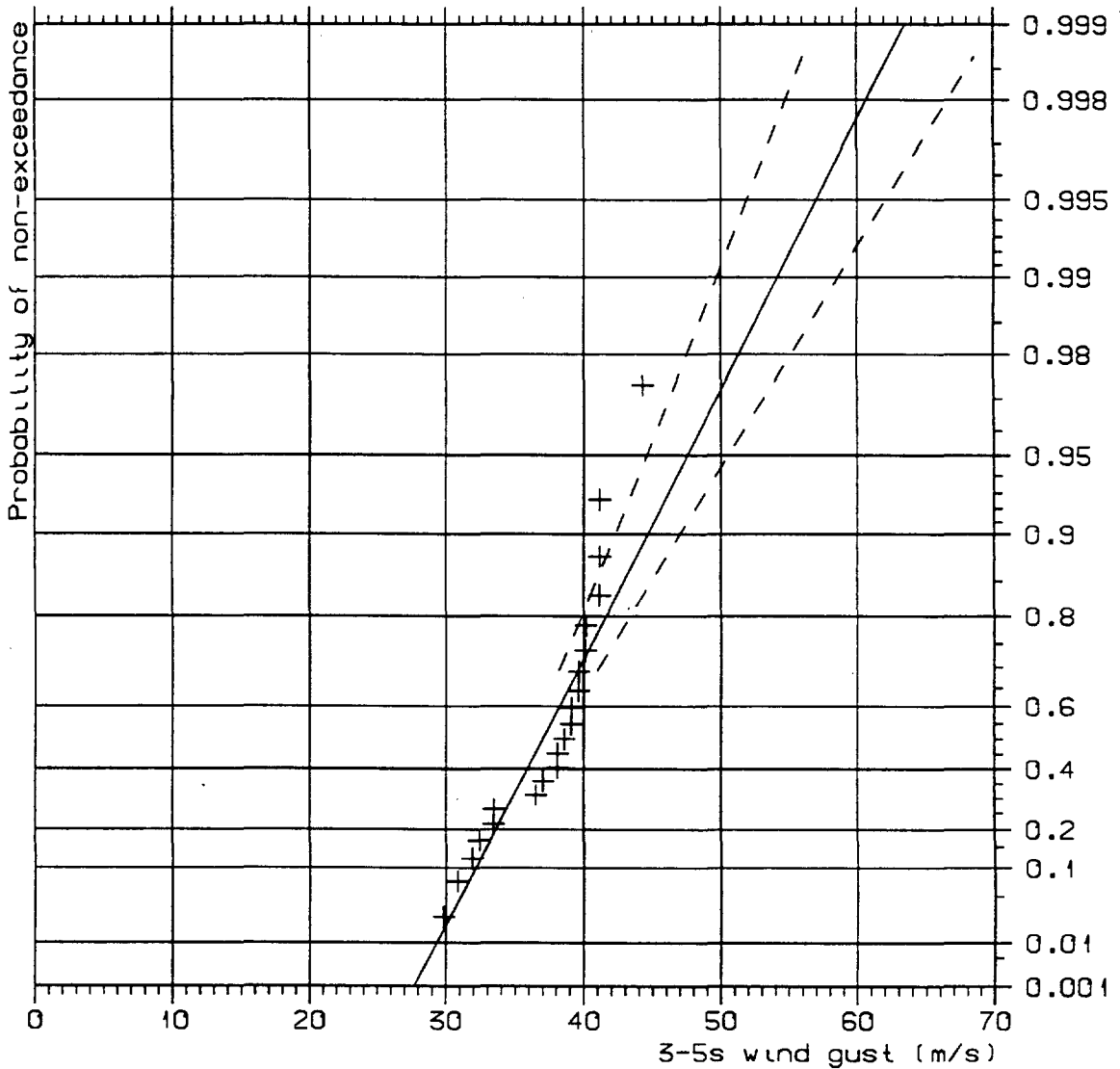
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	34.07
Std. deviation	6.03
Skewness	0.89

GENERAL INFORMATION:

No. of data	:	22
68 % Conf. limit	:	- - -

KRISTIANSUND LUFTHAVN 1970/71 Yearly extremes - 1991/92 DNMI - KLIMAARBEIDEN	FIGURE D.9
--	----------------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:
 Scale 4.052
 Location 35.526

Estimated using:
 Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	39.2
10.	44.6
50.	51.3
100.	54.2

Sampling period for maxima:
 365 days

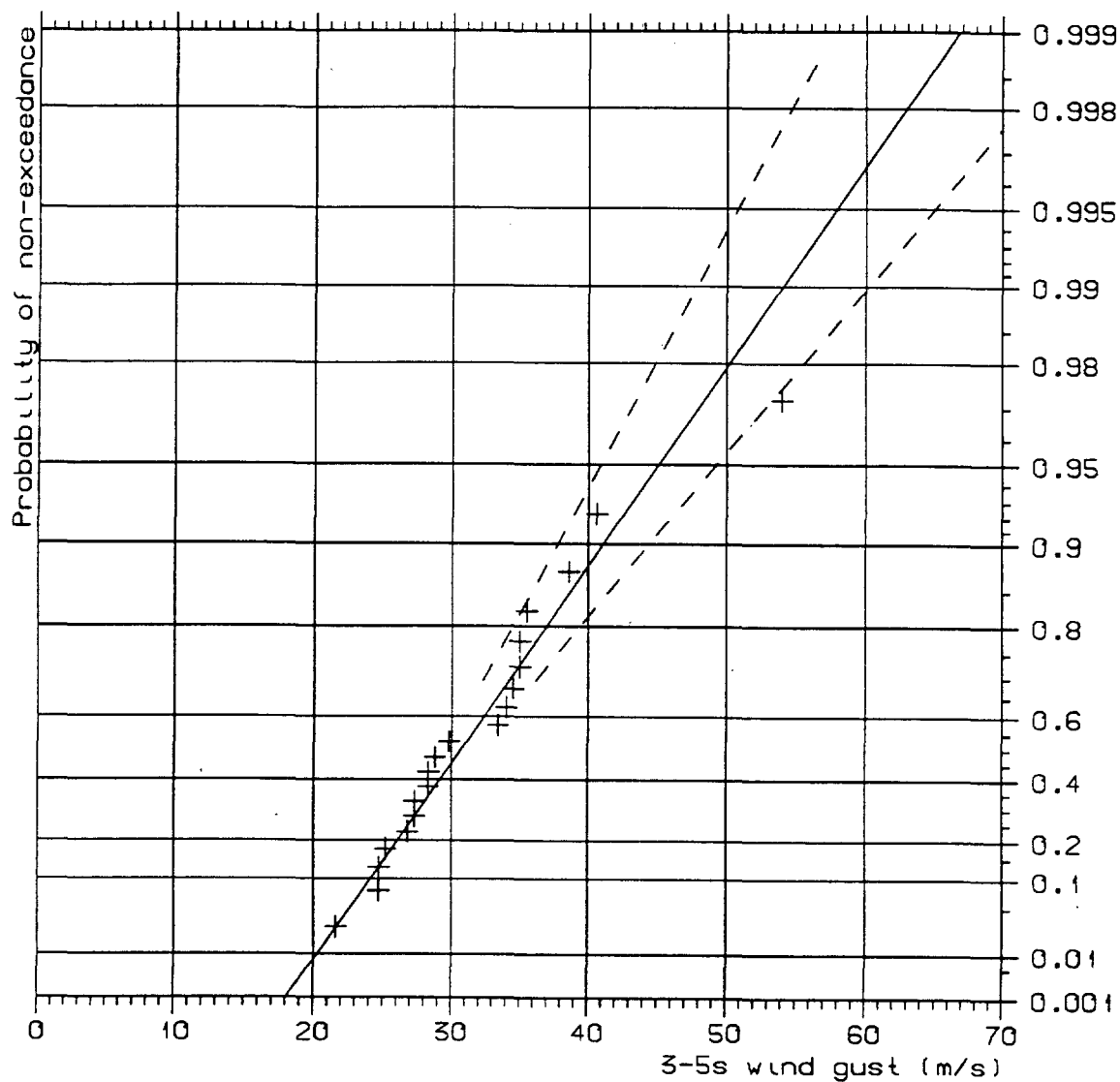
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	37.41
Std. deviation	3.84
Skewness	-0.49

GENERAL INFORMATION:

No. of data	: 21
68 % Conf. Limit	: - - -

LEKNES 1972/73 - 1992/93 Yearly Extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.10
---	----------------

MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 5.513

Location 28.693

Estimated using:

Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	33.7
10.	41.1
50.	50.2
100.	54.0

Sampling period for maxima:
365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 31.67

Std. deviation 7.13

Skewness 1.38

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 20

68 % Conf. limit : - - -

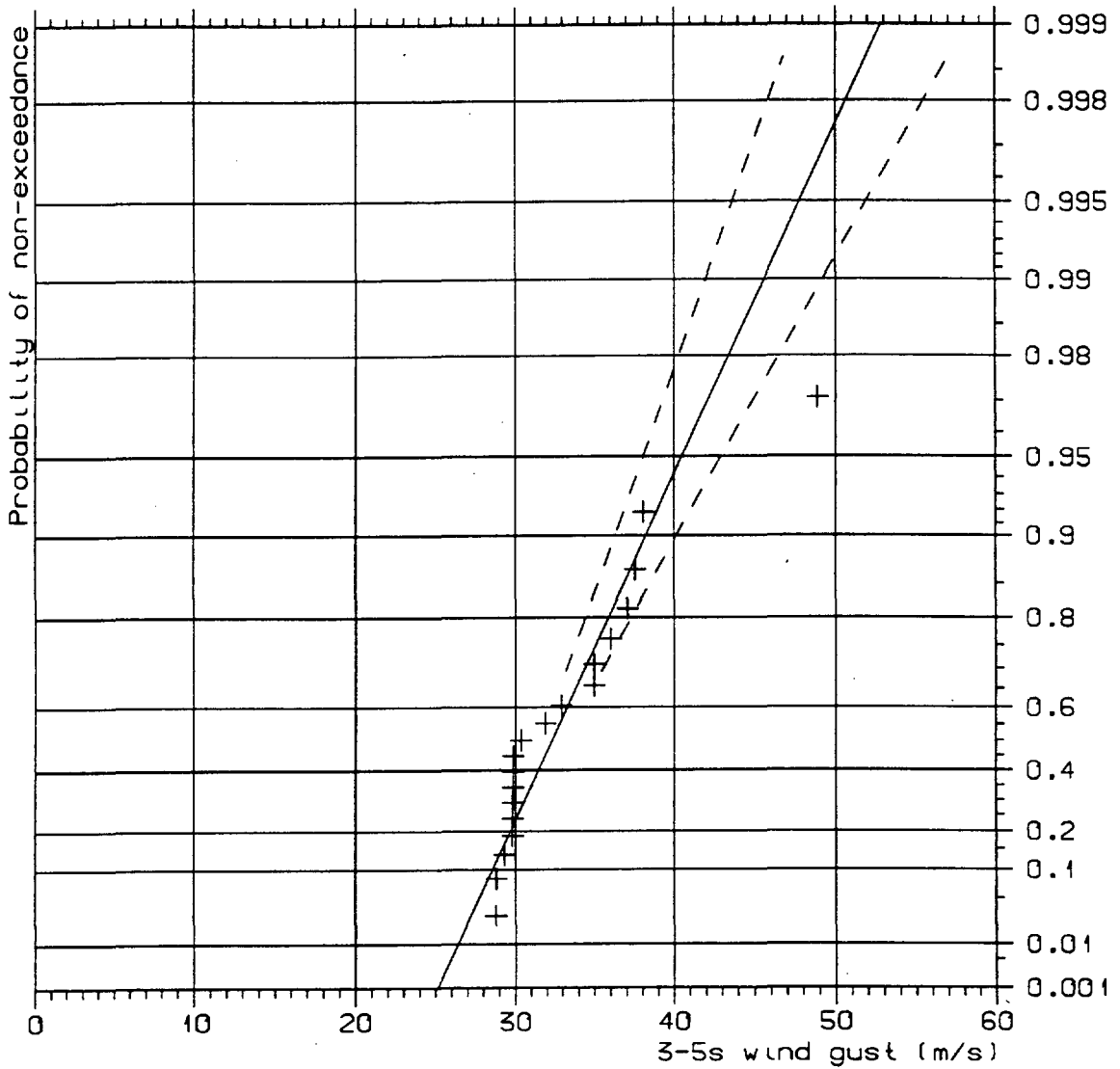
MOLDE 1972/73 - 1991/92

Yearly extremes

DNMI - KLIMAAVDELINGEN

FIGURE

D.11



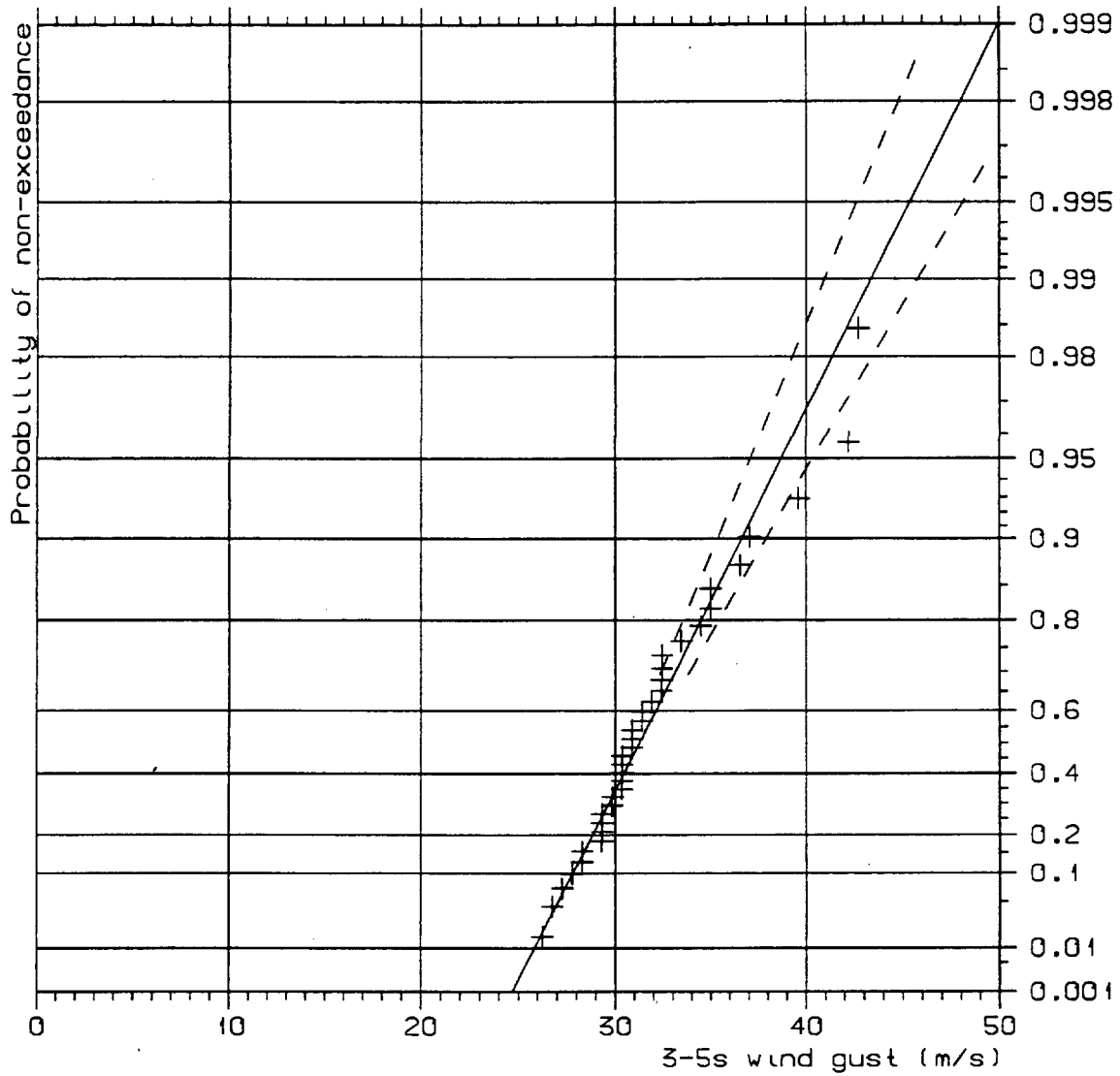
<u>MODEL DISTRIBUTION:</u>	
GUMBEL parameters:	
Scale	3.132
Location	31.181
Estimated using:	
Max. Likelihood Method	

<u>ESTIMATED EXTREMES:</u>	
RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	34.0
10.	38.2
50.	43.4
100.	45.6
Sampling period for maxima:	
365 days	

<u>OBSERVED DISTRIBUTION:</u>	
Mean value	33.09
Std. deviation	4.86
Skewness	1.75

<u>GENERAL INFORMATION:</u>	
No. of data	: 19
68 % Conf. limit	: - - -

NAMSOS 1974/75 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.12
---	----------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 2.857

Location 30.200

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	32.8
10.	36.6
50.	41.3
100.	43.3

Sampling period for maxima:
365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 31.84

Std. deviation 3.85

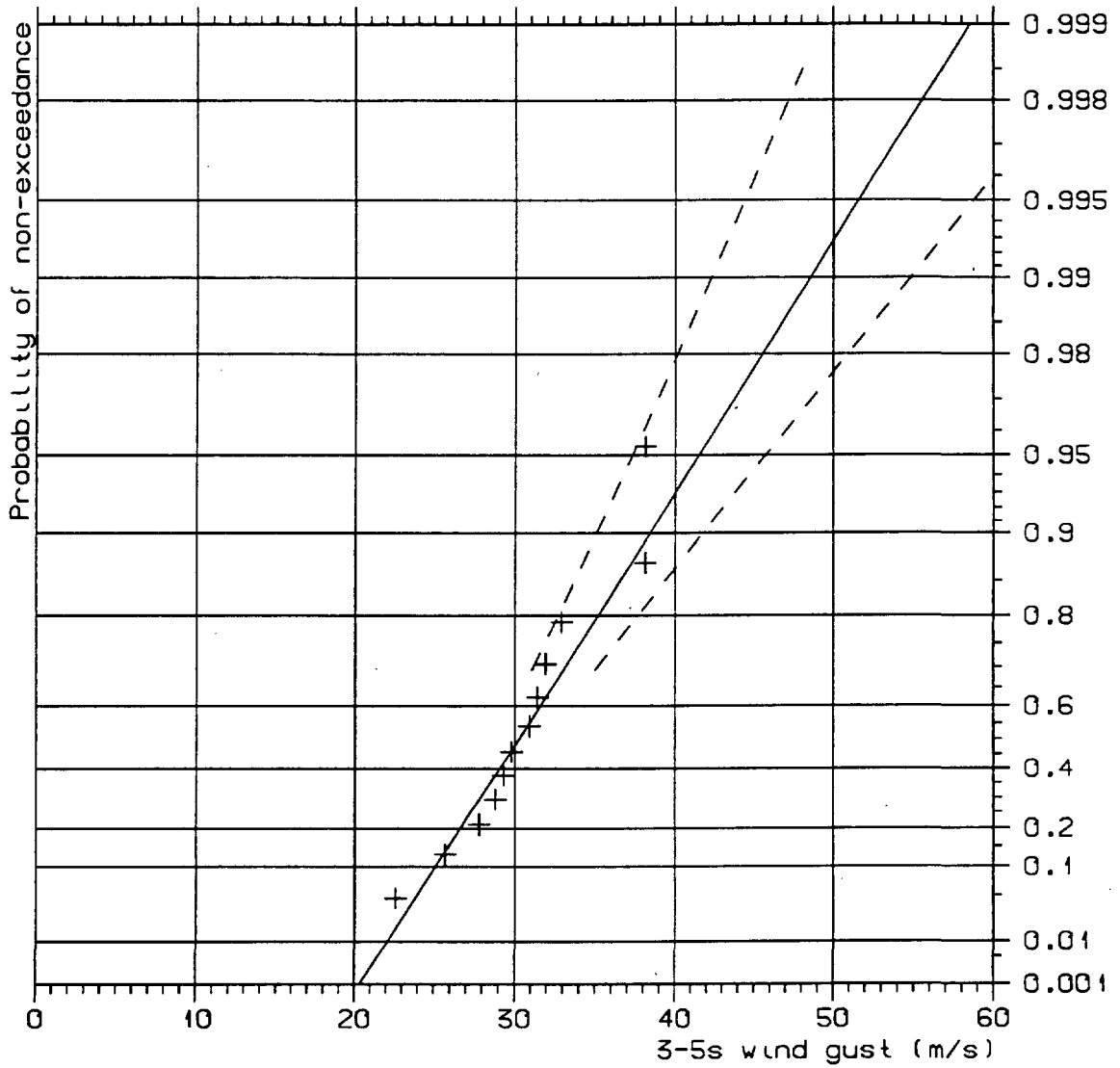
Skewness 1.23

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 36

68 % Conf. limit : - - -

SOLA 1957/58 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.13
---	-----------------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:
 Scale 4.322
 Location 28.677

Estimated using:
 Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	32.6
10.	38.4
50.	45.5
100.	48.6

Sampling period for maxima:
 365 days

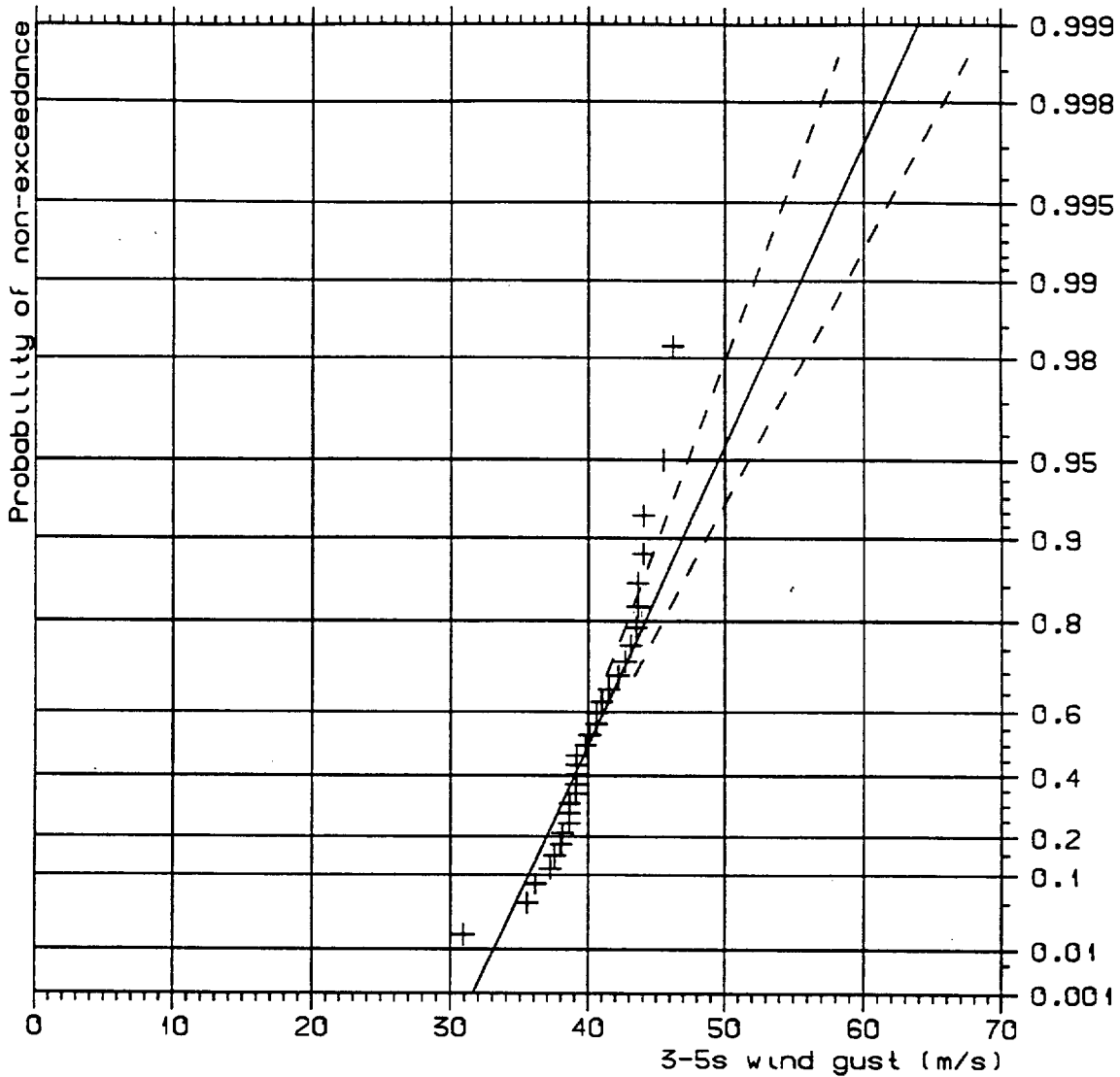
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 30.61
 Std. deviation 4.30
 Skewness 0.20

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 12
 68 % Conf. Limit : - - -

TROMSØ - LANGNES 1981/82 - Yearly extremes 1992/93 DNMI - KLIMAABDELINGEN	FIGURE D.14
---	----------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 3.657

Location 38.677

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	42.0
10.	46.9
50.	52.9
100.	55.5

Sampling period for maxima:
365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 40.22

Std. deviation 3.18

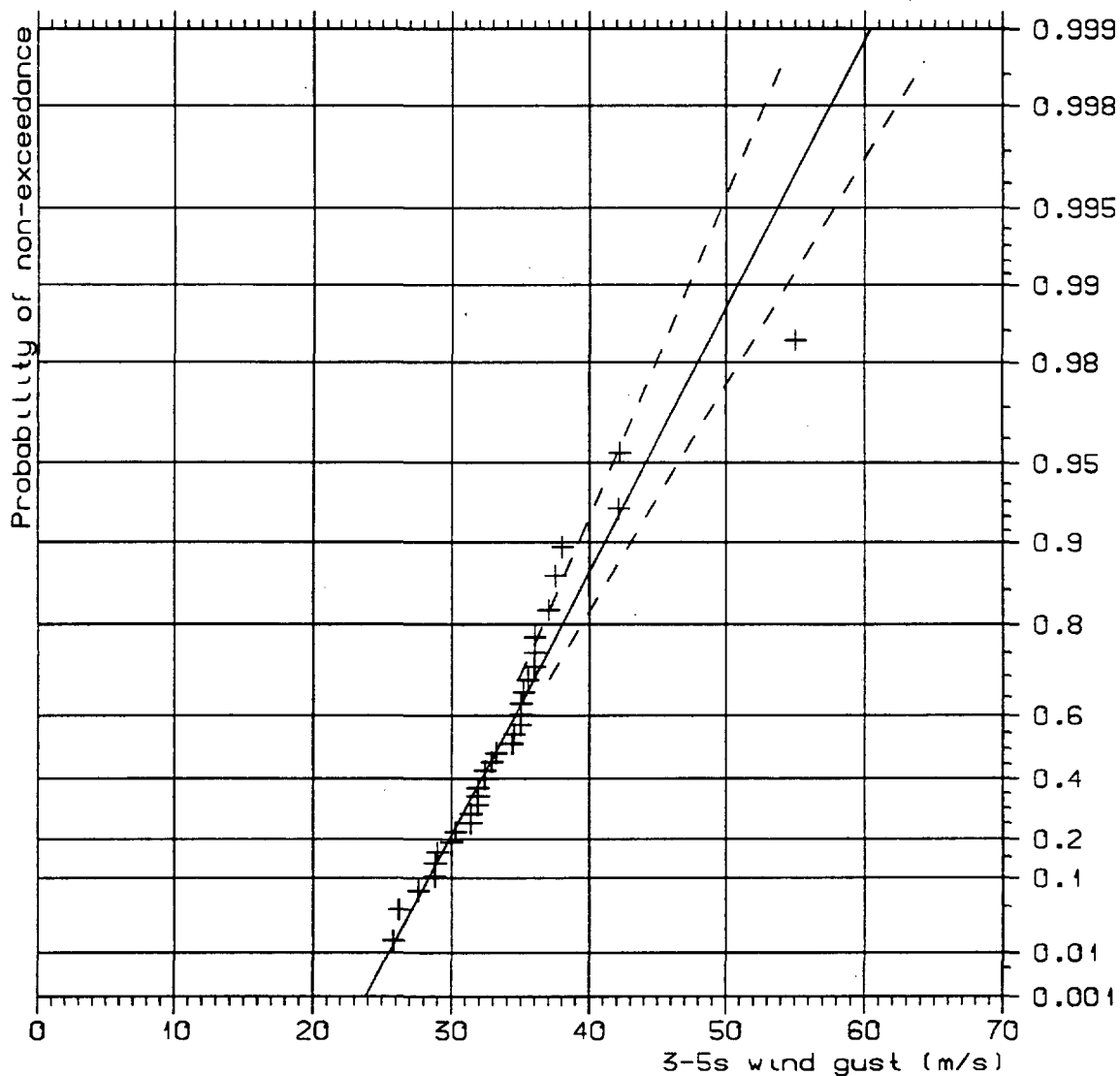
Skewness -0.44

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 31

68 % Conf. Limit : - - -

UTSIRA 1962/63 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.15
---	----------------



<u>MODEL DISTRIBUTION:</u>	
GUMBEL parameters:	
Scale	4.141
Location	31.809
Estimated using:	
Max. Likelihood Method	

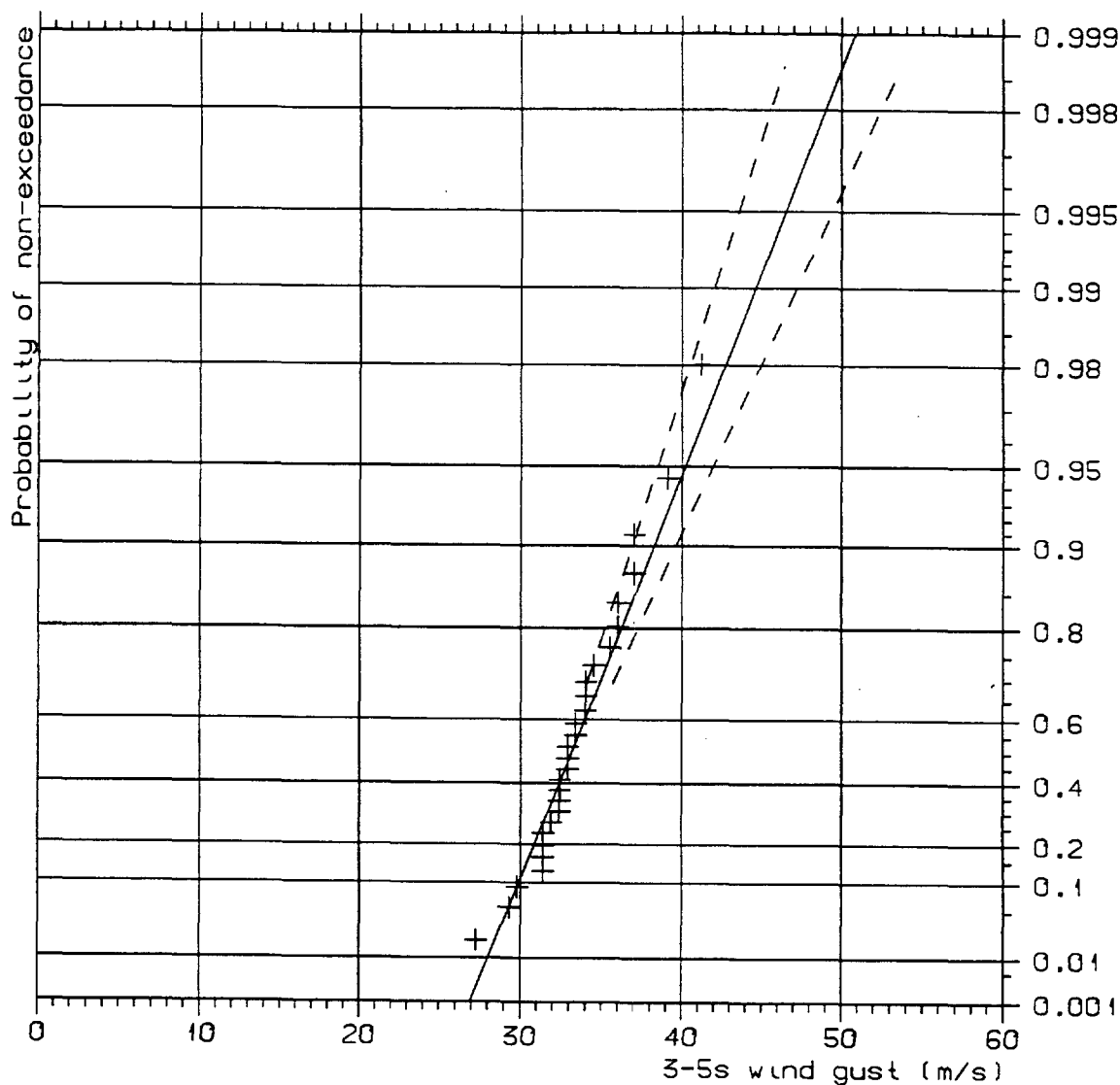
<u>ESTIMATED EXTREMES:</u>	
RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	35.5
10.	41.1
50.	48.0
100.	50.9
Sampling period for maxima:	
365 days	

<u>OBSERVED DISTRIBUTION:</u>	
Mean value	34.04
Std. deviation	5.29
Skewness	1.70

<u>GENERAL INFORMATION:</u>	
No. of data	: 34
68 % Conf. limit	: - - -

VIGRA 1959/60 - 1992/93
Yearly extremes
DNMI - KLIMAAVDELINGEN

FIGURE
D.16



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 2.709

Location 32.160

Estimated using:

Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	34.6
10.	38.3
50.	42.7
100.	44.6

Sampling period for maxima:
365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 33.47

Std. deviation 2.86

Skewness 0.56

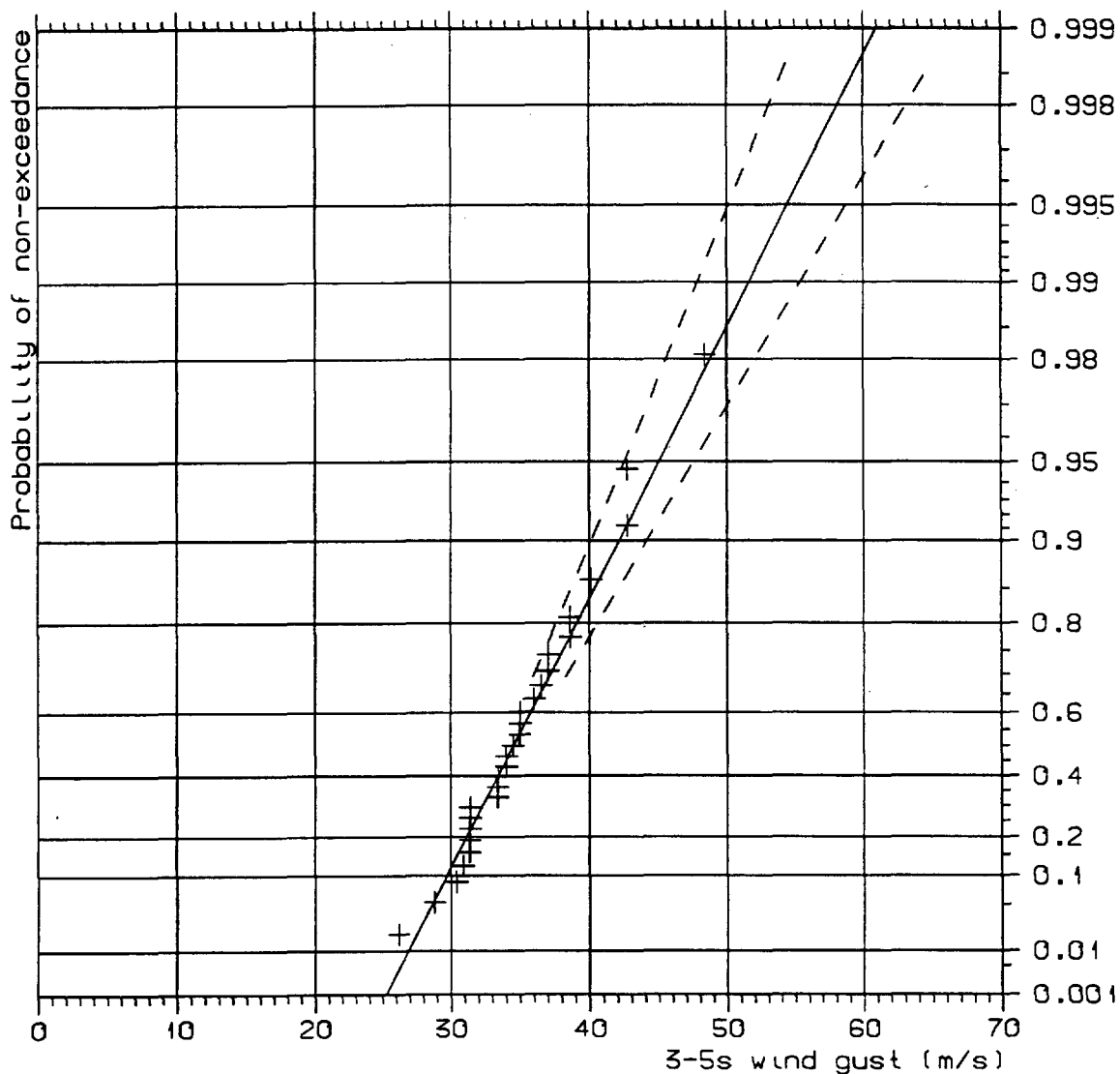
GENERAL INFORMATION:

No. of data : 28

68 % Conf. limit : - - -

VÆRNES 1965/65 - 1992/93
Yearly extremes
DNMI - KLIMAAVDELINGEN

FIGURE
D.17



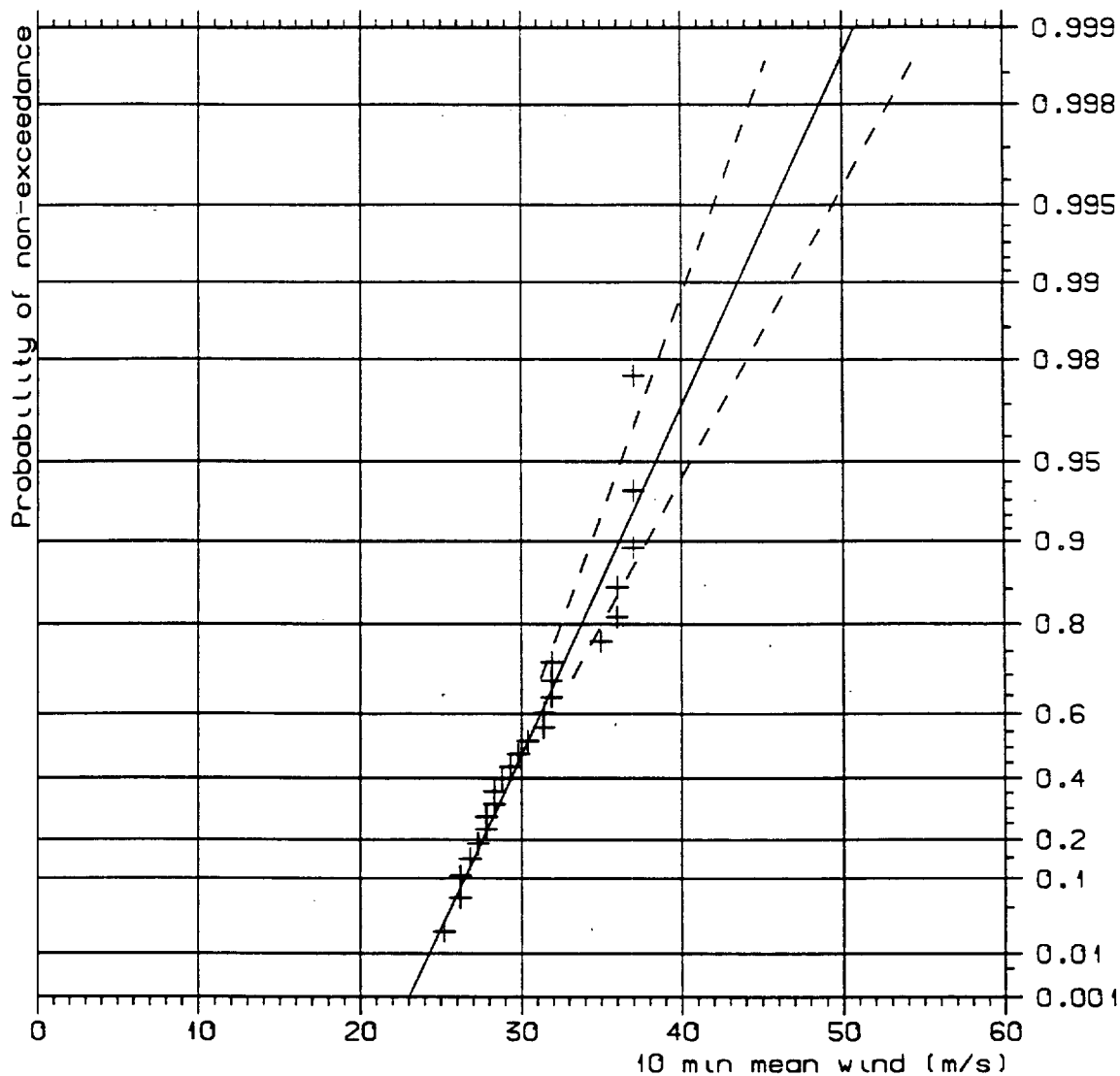
<u>MODEL DISTRIBUTION:</u>	
GUMBEL parameters:	
Scale	4.034
Location	33.059
Estimated using:	
Max. Likelihood Method	

<u>ESTIMATED EXTREMES:</u>	
RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	36.7
10.	42.1
50.	48.8
100.	51.6
Sampling period for maxima:	
365 days	

<u>OBSERVED DISTRIBUTION:</u>	
Mean value	35.13
Std. deviation	4.61
Skewness	0.75

<u>GENERAL INFORMATION:</u>	
No. of data	: 29
68 % Conf. limit	: - - -

ØRLANDET 1964/65 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.18
---	-----------------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale	3.141
Location	29.080

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	31.9
10.	36.1
50.	41.3
100.	43.5

Sampling period for maxima:
365 days

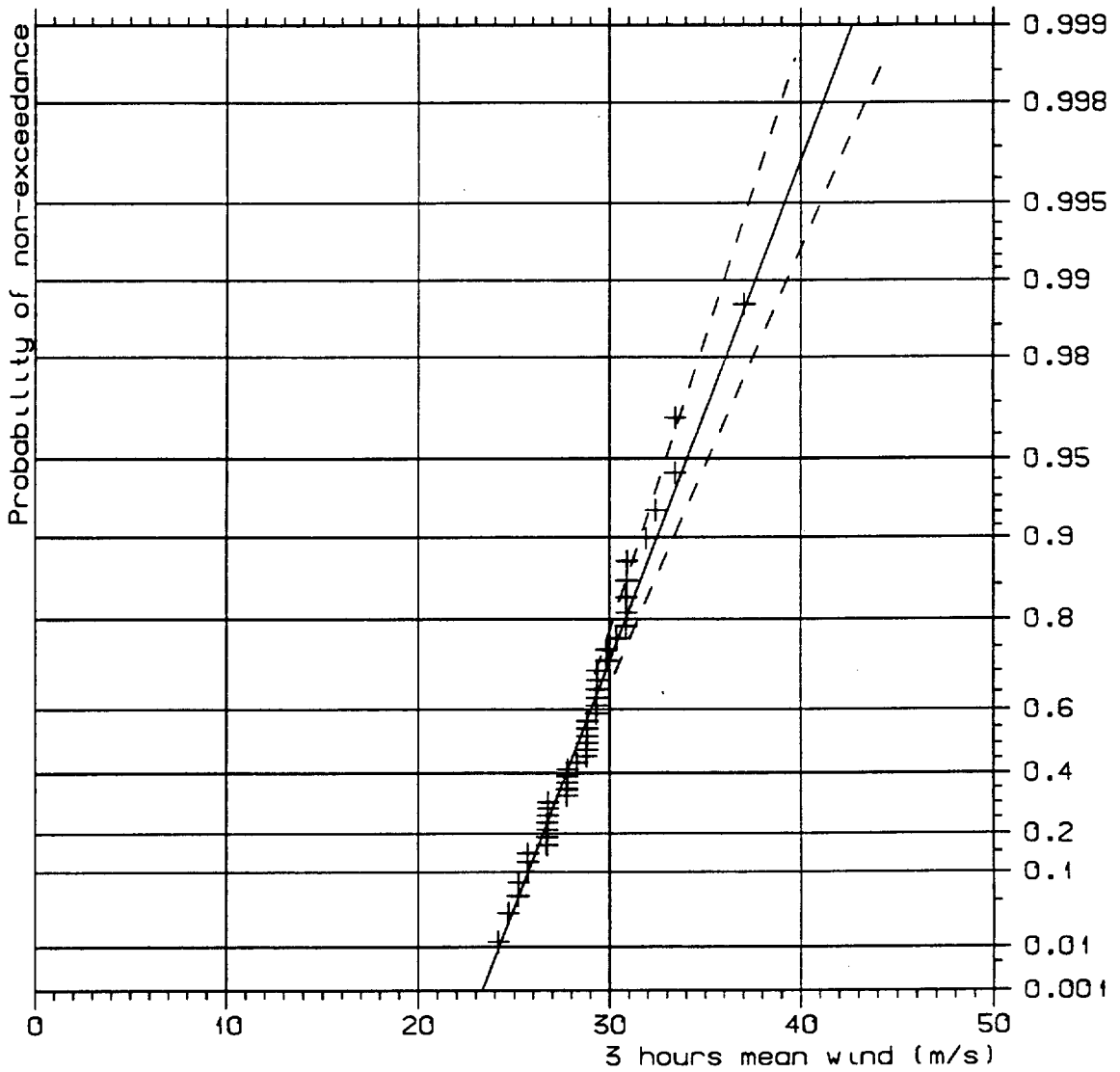
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	30.78
Std. deviation	3.71
Skewness	0.42

GENERAL INFORMATION:

No. of data	: 24
68 % Conf. limit	: - - -

FRUHOLMEN 1969/70 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.19
--	----------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale	2.189
Location	27.555

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	29.5
10.	32.5
50.	36.1
100.	37.6

Sampling period for maxima:
365 days

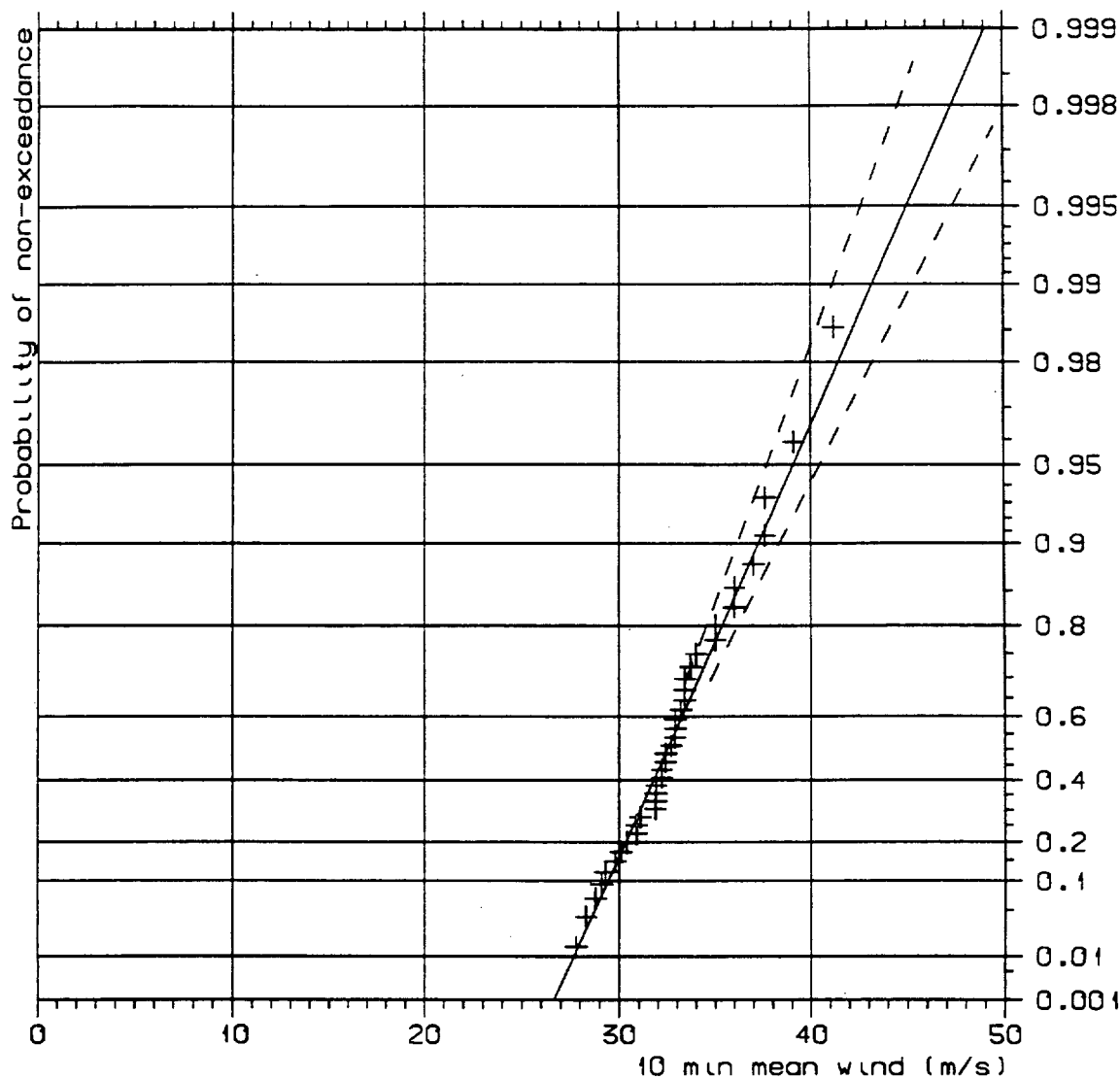
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	28.72
Std. deviation	2.53
Skewness	0.74

GENERAL INFORMATION:

No. of data	: 45
68 % Conf. limit	: - - -

MIKE 1949-93 Yearly extremes DNMI - KLIMA-AVDELINGEN	FIGURE D.20
--	----------------



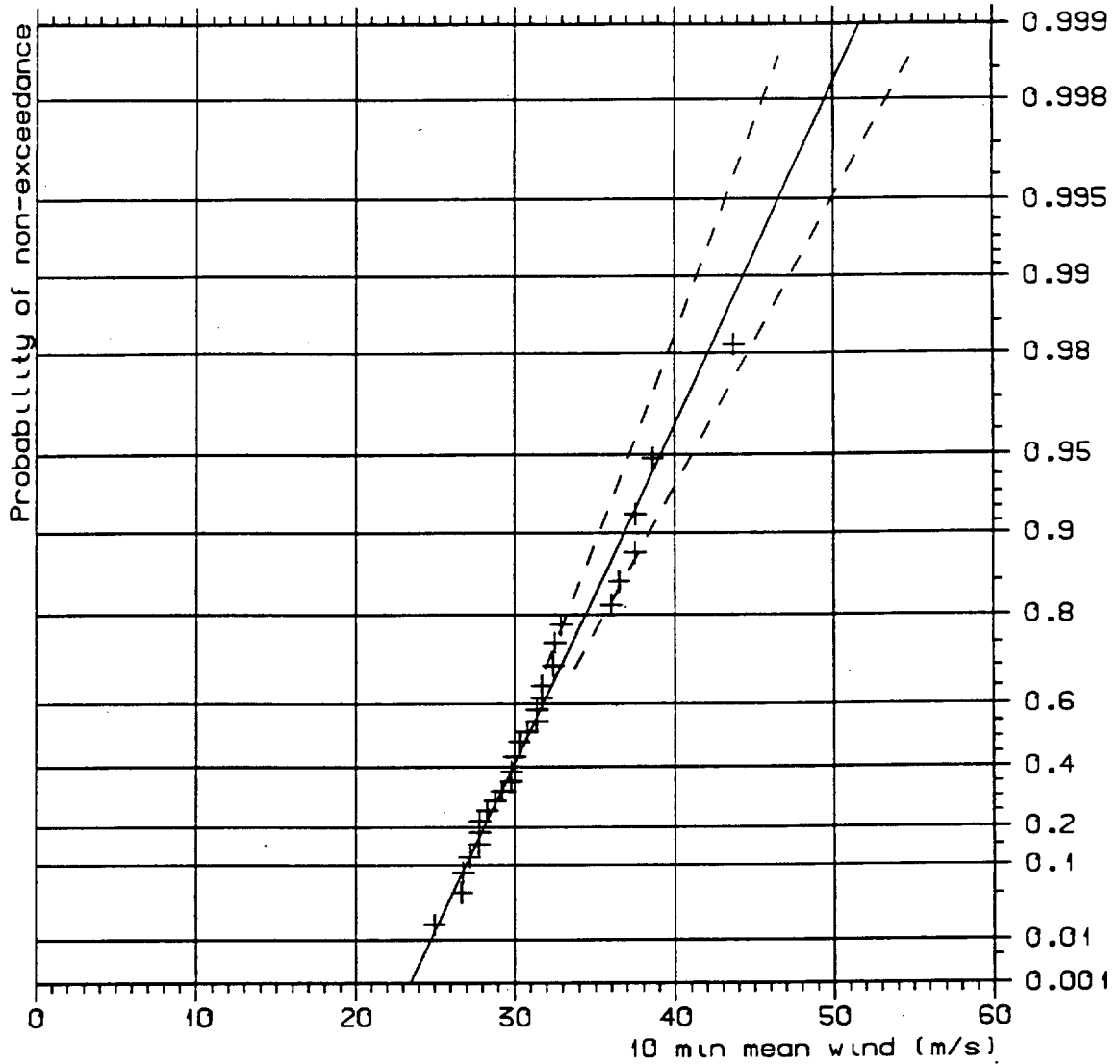
<u>MODEL DISTRIBUTION:</u>	
GUMBEL parameters:	
Scale	2.535
Location	31.555
Estimated using: Max. Likelihood Method	

<u>ESTIMATED EXTREMES:</u>	
RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	33.8
10.	37.3
50.	41.4
100.	43.2
Sampling period for maxima: 365 days	

<u>OBSERVED DISTRIBUTION:</u>	
Mean value	32.90
Std. deviation	2.95
Skewness	0.69

<u>GENERAL INFORMATION:</u>	
No. of data	: 38
68 % Conf. Limit	: - - -

NORDØYAN 1955/56 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.21
---	----------------



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:
 Scale 3.192
 Location 29.630

Estimated using:
 Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	32.5
10.	36.8
50.	42.1
100.	44.3

Sampling period for maxima:
 365 days

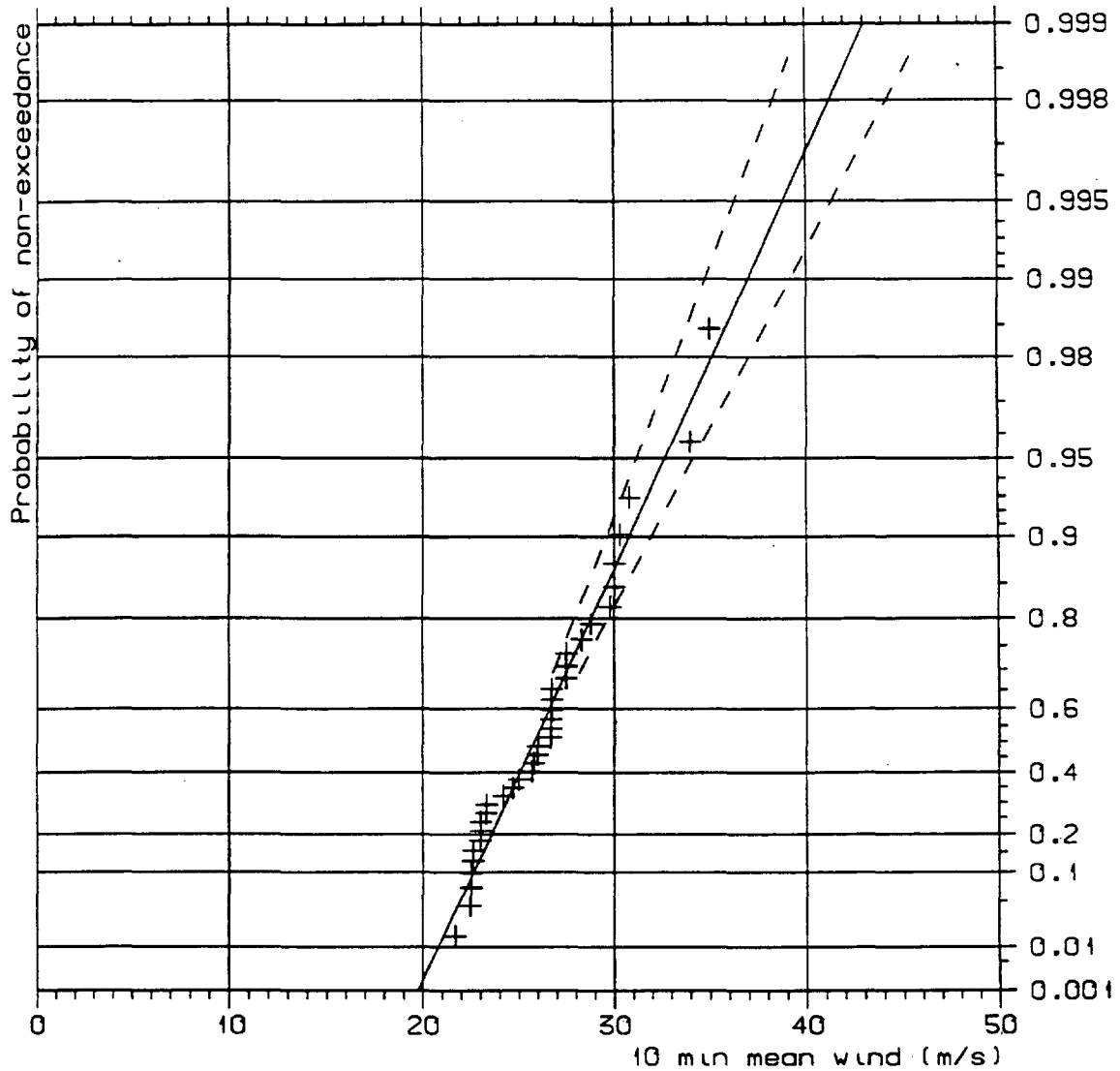
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	31.41
Std. deviation	4.09
Skewness	1.05

GENERAL INFORMATION:

No. of data	: 30
68 % Conf. Limit	: - - -

ONA 1963/64 - 1992/93 Yearly extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.22
--	----------------

MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 2.638

Location 24.841

Estimated using:

Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	27.2
10.	30.8
50.	35.1
100.	37.0

Sampling period for maxima:
365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 26.31

Std. deviation 3.24

Skewness 0.73

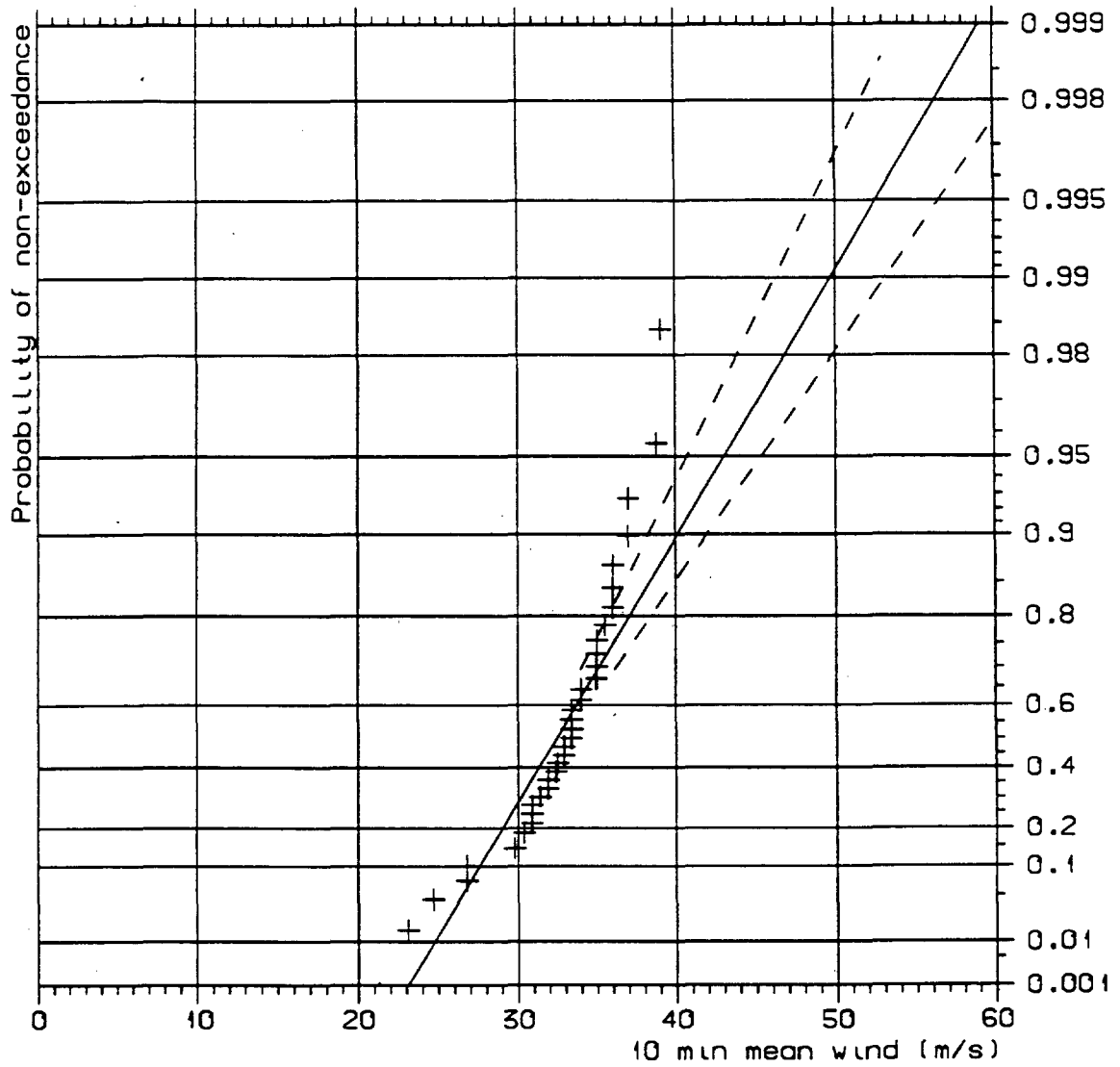
GENERAL INFORMATION:

No. of data : 36

68 % Conf. limit : - - -

SLETNES FYR 1957/58 - 1992/93
Yearly Extremes
DNMI - KLIMAÅVDELINGEN

FIGURE
D.23



MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale	4.071
Location	30.967

Estimated using:
Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	34.6
10.	40.1
50.	46.8
100.	49.7

Sampling period for maxima:
365 days

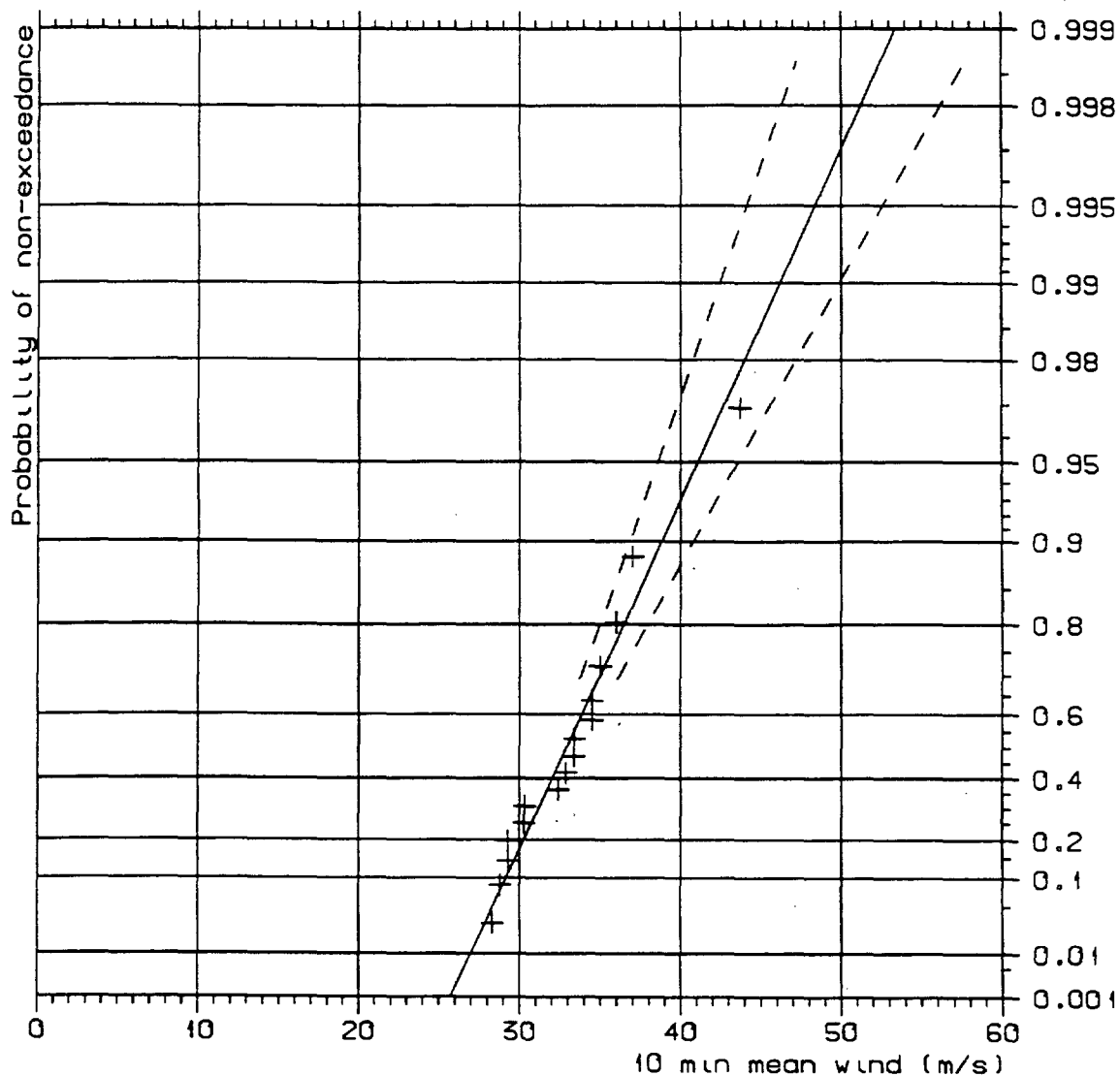
OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value	32.77
Std. deviation	3.56
Skewness	-0.73

GENERAL INFORMATION:

No. of data	:	35
68 % Conf. Limit	:	- - -

SULA 1957/58 - 1991/92 Yearly Extremes DNMI - KLIMAAVDELINGEN	FIGURE D.24
---	----------------

MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 3.132

Location 31.767

Estimated using:

Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	34.6
10.	38.8
50.	44.0
100.	46.2

Sampling period for maxima:

365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 33.40

Std. deviation 3.71

Skewness 0.86

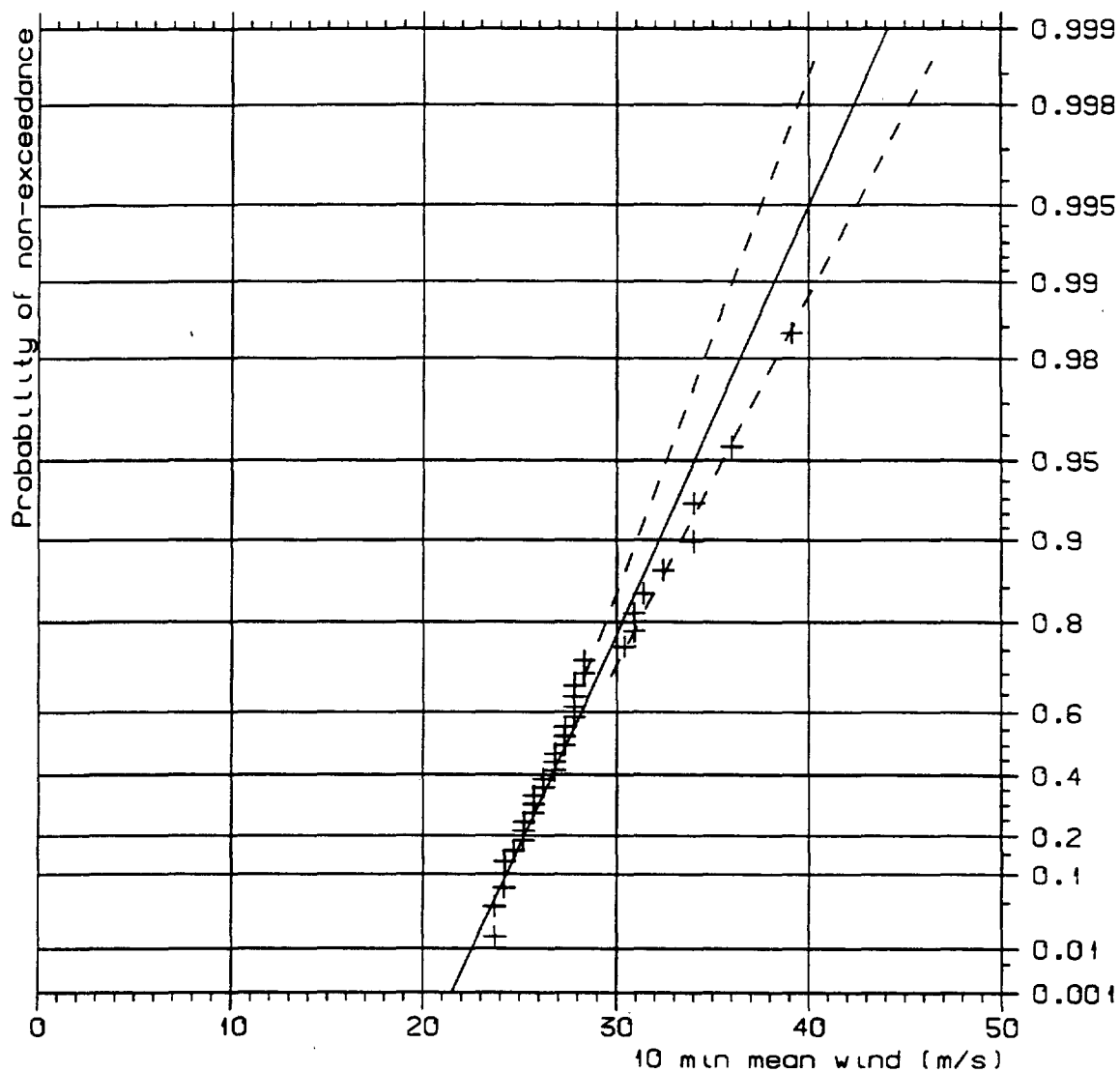
GENERAL INFORMATION:

No. of data : 18

68 % Conf. limit : - - -

SVINØY FYR 1974/75 - 1991/92
Yearly Extremes
DNMI - KLIMAAVDELINGEN

FIGURE
D.25

MODEL DISTRIBUTION:

GUMBEL parameters:

Scale 2.560

Location 26.444

Estimated using:

Max. Likelihood Method

ESTIMATED EXTREMES:

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- m/s -
3.0	28.8
10.	32.2
50.	36.4
100.	38.2

Sampling period for maxima:
365 days

OBSERVED DISTRIBUTION:

Mean value 27.97
Std. deviation 3.61
Skewness 1.25

GENERAL INFORMATION:

No. of data : 35
68 % Conf. Limit : - - -

TORSVÅG FYR 1958/59 - 1992/93
Yearly Extremes
DNMI - KLIMAAVDELINGEN

FIGURE
D.26

APPENDIKS E

Korte datarekker

Data fra en stasjon med kort rekke (1 - 10 år), kalt beregningsstasjon, b er innsamlet og avlest. De fleste stasjonene har en rekke på 4-6 år. Det er avlest data på noe forskjellig måte, men hovedessensen er denne:

I et visst antall sektorer, enten bestemt ved 8 kompassretninger, eller 2 - 8 retninger avgrenset ved naturlige skiller i omgivelsene, er det lest av vinddata fra alle stormtopper. Høyeste verdi av 10 min. middelvind og 3-5 s vindkast er notert. Deretter er alle stormene sortert etter styrke innenfor hver enkelt sektor, uavhengig sortert på middelvind og vindkast. Flere sektorer kan nå være slått sammen til sektorgrupper.

På en nærliggende referansestasjon, r er det lest av data fra samme periode. Referansestasjonen skal være godt eksponert mot alle retninger, eller i alle fall mot de retninger som bidrar til ekstremvindforhold generelt i området. Data fra referansestasjonen blir sortert på samme måte som for den aktuelle beregningsstasjonen, men uavhengig av denne. Alle episoder som ikke har data fra begge stasjonene blir automatisk strøket også på den stasjonen som da måtte ha data.

I regelen er det de samme sektorer som betraktes på de 2 stasjonene, og grupperingene gjøres på samme måte. Men det kan også være at særskilte topografiske forhold dreier vindfeltet på beregningsstasjonen. Det må da en nøyere analyse til for å finne ut hvilke sektorgrupper som hører sammen på de 2 stasjonene.

I den forenklete analysen beregnes middel av de 5 høyeste verdier av 3-5 s vindkast på begge stasjoner innenfor hver sektor (-gruppe), s . Alle episoder skal imidlertid være adskilt med minst 2 døgn slik at ikke avhengighet i data skal bli for stor. Tilsvarende gjøres for 10 min middel. Deretter dannes det overføringskoeffisienter, $k_{rb}(s)$ mellom referansestasjonen og beregningsstasjonen ved å dividere middelverdiene på hverandre. Dersom feks. referansestasjonen ikke har vindkastmålinger, benyttes overføring fra 10 min middelvind på referansestasjonen til vindkast på beregningsstasjonen.

$$k_{rb}(s) = \frac{U_b(s)}{U_r(s)} \quad \text{lign. (E.1)}$$

En referanstasjon har alltid en lang rekke, helst 30 år med data. Sola flyplass, Utsira fyr, Hellisøy fyr, Svinøy fyr, Vigra flyplass, Ona fyr, Sula fyr, Ørland flystasjon, Bodø flystasjon, Andøya flystasjon og Fruholmen fyr er foreløpig brukt som referansestasjoner. Kirkenes lufthavn og Sletnes fyr vil trolig bli oppgradert til referansestasjoner når disse blir ferdig avlest.

Referansestasjonen har utfra lang rekke fått beregnet 50 - årsverdi av 3-5 s vindkast og (Fruholmen unntatt) 10 min middelvind, U_{50r} . Årsekstremene for hver av de 8 hovedsektorene er også avlest. For en slik sektor, eller for en gruppe av sektorer der dette er hensiktsmessig ved sammenligningen, er det dannet et middel av de 5 høyeste årsekstremene. Uavhengig av dette, men på tilsvarende måte, er midler dannet av totalekstremene. Deretter er det dannet overføringstall fra totalekstrem til sektor(-gruppe)ekstrem ved å dividere disse midler på hverandre.

$$U_{50r}(s) = s_r(s) \cdot U_{50r} \quad \text{lign. (E.2)}$$

Ved nå å anta at forholdstallet mellom stasjonene i hver sektor er det samme for kort rekke som for lange rekke, har vi:

$$U_{50b}(s) = U_{50r}(s) \cdot k_{rb}(s) = s_r(s) \cdot k_{rb}(s) \cdot U_{50r} \quad \text{lign. (E.3)}$$

Til slutt går man gjennom en prosedyre for å beregne sektor-uavhengig 50-års verdi på beregningsstasjonen, U_{50b} ved

$$U_{50b} = f(U_{50b}(s_1), U_{50b}(s_2), \dots) \quad \text{lign. (E.4)}$$

For å finne U_{50b} benyttes en iterasjonsteknikk der man gjetter på 50-årsverdien ($p=0.02$). Hver sektor (-gruppe) får da sin del-sannsynlighet. Ved å anta uavhengighet (ved korrelerte sektorer er dette en konservativ antagelse) summeres delsannsynlighetene og summen skal være 0.02.

Tabell F.1 og F.2 viser eksempler på sammenligning av data fra en beregningsstasjon (Rørvik; Berlevåg) med en referansestasjon (Ørland; Fruholmen). I begge tilfelle er det benyttet 4 sektor-grupper i denne analysen.

Tabell F.1

Sammenligning av vindforholdene på Rørvik lufthavn og Ørland. Presentasjon av de 5 sterkeste vindkast [knop] i 4 sektorer i vintersesongen september-april, for tidsrommet 2/89-4/92. Resultat av ekstremverdiberegninger, alle retninger medregnet.

7522 Rørvik lufthavn

	NV-N	NØ-Ø	SØ-S	SV-V
1	60	40	53	76
2	54	40	49	71
3	50	39	49	63
4	49	38	46	62
5	45	36	45	60
v5	51.6	38.6	48.4	66.4

7155 Ørland III

	NV-N	NØ-Ø	SØ-S	SV-V
1	56	38	49	94
2	50	37	48	67
3	50	35	48	65
4	49	35	48	63
5	47	32	48	61
v5	50.4	35.4	48.2	70.0
Sektorandel (1964-92):	0.79	0.58	0.77	1.00

Forholdet mellom sektormidlene på de to stasjonene, Rørvik/Ørland.

	NV-N	NØ-Ø	SØ-S	SV-V
v5	1.02	1.09	1.00	0.95

Resultat av ekstremverdiberegninger, alle retninger medregnet.

7155 Ørland (basert på ekstremanalyse for tidsrommet 1964-93): 48.8 m/s

7522 Rørvik lufthavn (basert på sektoranalyse), anemometerhøyde 9 m: 47.0 m/s

Tabell F.2

Sammenligning av vindforholdene på Berlevåg lufthavn (vindkast) og Fruholmen fyr (10 min middelvind). Presentasjon av de 5 sterkeste vindverdier [knop] i 4 sektorer i vintersesongen september-april, for 21 måneder av tidsrommet 9/87-2/93. Resultat av ekstremverdiberegninger, alle retninger medregnet.

9809 Berlevåg lufthavn

	N-NØ	Ø-S	SV	V-NV
1	60	61	60	80
2	56	60	58	76
3	56	60	58	75
4	52	59	58	71
5	52	57	57	67
v5	55.2	59.4	58.2	73.8

9450 Fruholmen fyr

	N-NØ	Ø-S	SV	V-NV
1	59	49	61	73
2	58	45	53	62
3	53	45	52	62
4	52	44	52	60
5	47	43	46	60
v5	53.8	45.2	52.8	63.4
Sektorandel (1969-93):	0.88	0.79	0.78	0.99

Forholdet mellom sektormidlene på de to stasjonene, Berlevåg/Fruholmen.

	N-NØ	Ø-S	SV	V-NV
v5	1.03	1.31	1.10	1.16

Resultat av ekstremverdiberegninger, alle retninger medregnet.

9450 Fruholmen (10 min middelvind basert på ekstremanalyse for tidsrommet 1969-93):	41.4 m/s
9809 Berlevåg lufthavn (3-5 s vindkast basert på sektoranalyse), anemometerhøyde 7 m:	49.1 m/s
9809 Berlevåg lufthavn (3-5 s vindkast korrigert til anemometerhøyde 10 m):	51.1 m/s