

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# klima

**HARDANGERBRUA  
SLUTTRAPPORT FOR VINDMÅLINGER**

KNUT HARSTVEIT

**RAPPORT NR.32/93 KLIMA**



1

2

3

4

5

6

7

# DNMI-RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

32/93 KLIMA

DATO

03.10.94

## TITTEL

**HARDANGERBRUA  
SLUTTRAPPORT FOR VINDMÅLINGER**

## UTARBEIDET AV

**Knut Harstveit**

## OPPDRAGSGIVER

**Statens Vegvesen - Hordaland**

## OPPDRAGSNR.

## SAMMENDRAG

Rapporten beskriver målinger fra en vindmålestasjon på Buneset i Hardanger. Masten er 45 m høy og det måles i tre nivåer.

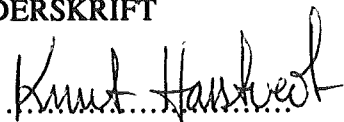
I rapporten er det gitt frekvenstabeller over målte vindhastigheter. Det er også gitt verdier av målte turbulensintensiteter, vindprofiler langs målemasten, samt temperaturprofiler.

En har sammenlignet data fra måleperioden mellom Bu, Utsira og Hellisøy fyr. Ved å benytte langtidsstatistikk fra de to fyrstasjonene har en beregnet ekstremverdier med returperioder fra 2 til 100 år for Bu-stasjonen.

Det er gitt en vurdering av representativiteten for måleserien i tid og rom.

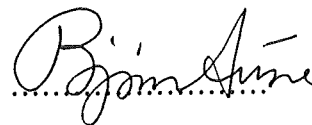
Rapporten utfyller DNMI 31/90, og resultatene fra denne er oppdatert.

## UNDERSKRIFT



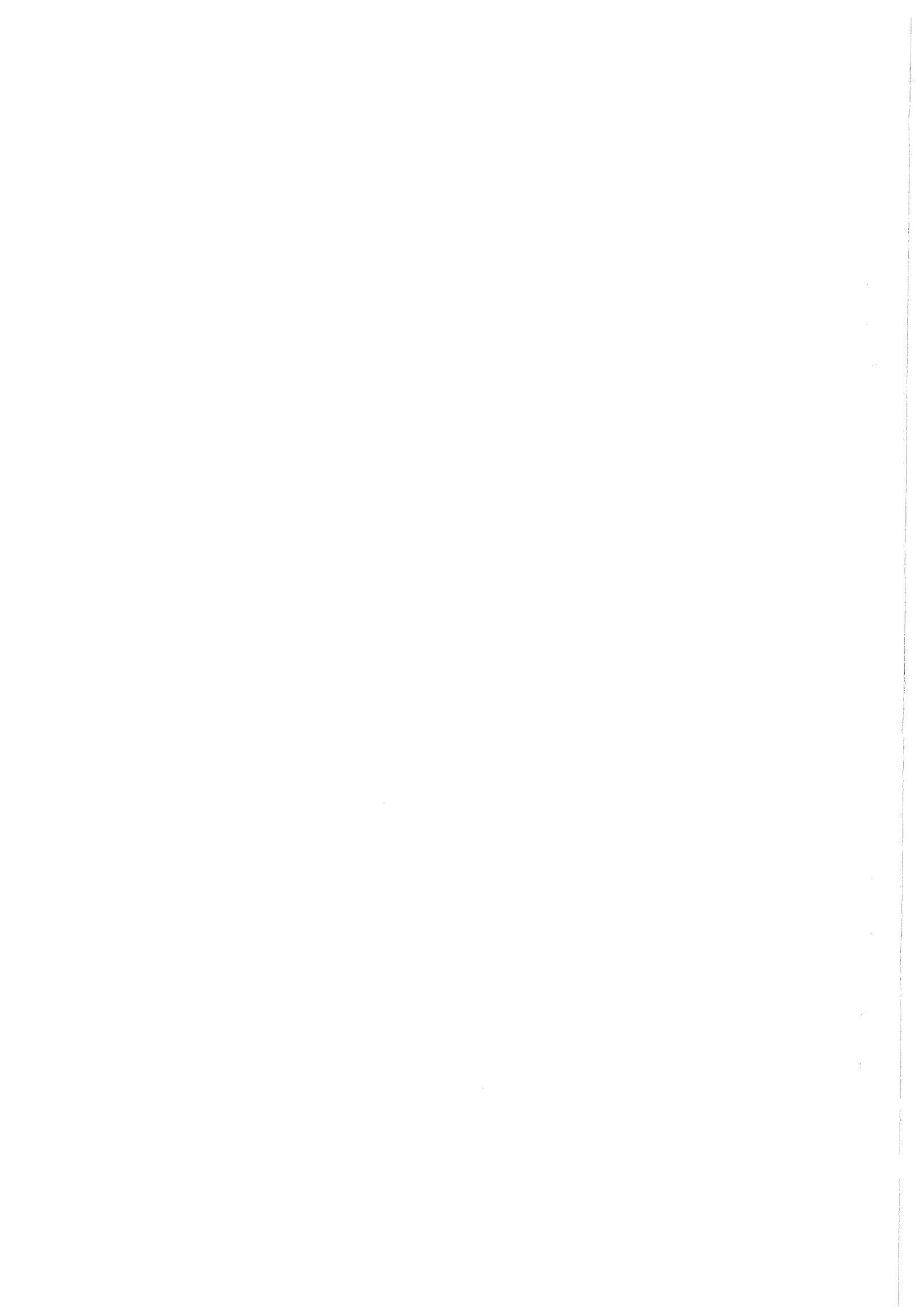
**Knut Harstveit**

SAKSBEHANDLER



**Bjørn Aune**

FAGSJEF



## S A M M E N D R A G

Vi har foretatt målinger av middelvind, gustfaktorer, turbulensintensiteter og lufttemperatur i en 45 m høy mast på Buneset ved Eidfjorden i Hardanger. Det ble målt i 10, 30 og 45 meter mastehøyde. Masten står på et 120 m høyt platå som stikker ut i fjorden i form av et nes. Området rundt masten er skogbevokst.

Frekvensverdier av registrert 10 min. middelvind i 45 m nivå på Bu i Hardanger, fordelt i intervaller på 3 m/s og 30° for perioden 11.11.88 - 31.12.92 er gitt i tabellen nedenfor. Vi ser at vinden er kanalisert i fjordens hovedretninger.

DD	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27	27-30	≥30	SUM	MID	STD
360	.7	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	.	.	.8	1.47	1.55
30	1.3	.5	.6	.3	.1	.04	.00	.	.	.	.	2.9	4.82	4.04
60	6.9	4.7	2.5	2.0	1.2	.5	.1	.01	.00	.	.	17.8	5.44	4.19
90	10.2	14.4	1.6	.8	.6	.3	.1	.02	.00	.	.	28.0	4.11	2.79
120	1.9	.7	.2	.1	.1	.02	.01	.00	.00	.	.	3.0	3.33	3.21
150	.7	.1	.1	.04	.01	.00	.	.	.	.	.	1.0	2.42	2.87
180	.7	.2	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	.	1.0	2.49	2.28
210	2.0	4.3	5.1	1.8	.6	.2	.1	.03	.00	.00	.	14.1	6.64	3.52
240	6.0	6.9	3.2	2.4	1.6	.8	.4	.2	.1	.02	.01	21.5	6.39	4.89
270	2.7	.9	.4	.2	.1	.03	.00	.00	.	.	.	4.3	3.41	3.22
300	1.0	.4	.4	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	1.9	3.78	3.20
330	.6	.1	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	.	.8	2.25	2.44
0	2.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.9	.00	.00
SUM	37.8	33.2	14.1	7.8	4.2	1.9	.6	.2	.1	.02	.01	100.0	4.97	4.01

I 45 m nivå var høyeste målte verdi av 10 min. middelvind fra vest 34.4 m/s og fra øst 26.3 m/s. Høyeste 3 sek. vindkast var tilsvarende 50.2 og 38.7 m/s.

En sammenligning med langtidsstatistikk for nærliggende stasjoner viser at denne måleperioden hadde atypisk mye og sterk vestlig vind og noe for lite sterk østlig vind.

Vinden er sterkt bremsert av skogen i 10 m nivå, vindhastigheten i 45 m nivå er 40 - 70 % høyere enn i 10 m nivå for de hyppigste vindretningene.

Typiske verdier av longitudinal turbulensintensitet i 45 m nivå ved sterk vind i fjordens retninger er 0.14 - 0.18, men verdier på over 0.20 kan forekomme. I 10 m nivå er vinden vesentlig mer turbulent, typiske verdier er 0.30.

Beregninger av friksjonshastigheter viser at forholdene over Buneset er inhomogene, noe som særlig skyldes at vinden blåser fra fjorden og innover et skogdekket platå. Det har da dannet seg et lokalt grenselag i de nederste 10 - 20 m, og over dette nivået er det typiske blandingslag. Effekten av skogen synes å nå opp over mastetoppen (45 m).

Ekstremverdier av middelvind og vindkast (m/s) med 2, 10, 50 og 100 års returperiode for Bu i Hardanger er gitt i tabellen nedenfor. Verdiene er framkommet ved sammenligning av en 4 års måleserie på Bu med data fra fyrstasjonene Hellisøy og Utsira og koblet til lange rekker ved hjelp av data fra fyrstasjonene.

T	t	ØST	VEST	VILKÅRLIG
2 År	10 min	26.3	29.0	30
	1 min	31.0	34.2	35
	3 s	38.1	40.0	41
10 År	10 min	34.4	33.2	35
	1 min	40.6	38.5	41
	3 s	49.2	47.8	50
50 År	10 min	38.9	36.5	40
	1 min	45.9	41.2	46
	3 s	55.6	54.0	57
100 År	10 min	41.8	38.6	42
	1 min	49.3	44.0	50
	3 s	59.4	57.5	60

Ekstremverdiene for Bu (45m) er høyere enn på Utsira (10m). Dette var ikke ventet på forhånd. Årsaken til den sterke vinden skyldes topografiske effekter fra fjellene omkring og forsterkning over og rundt Buneset.

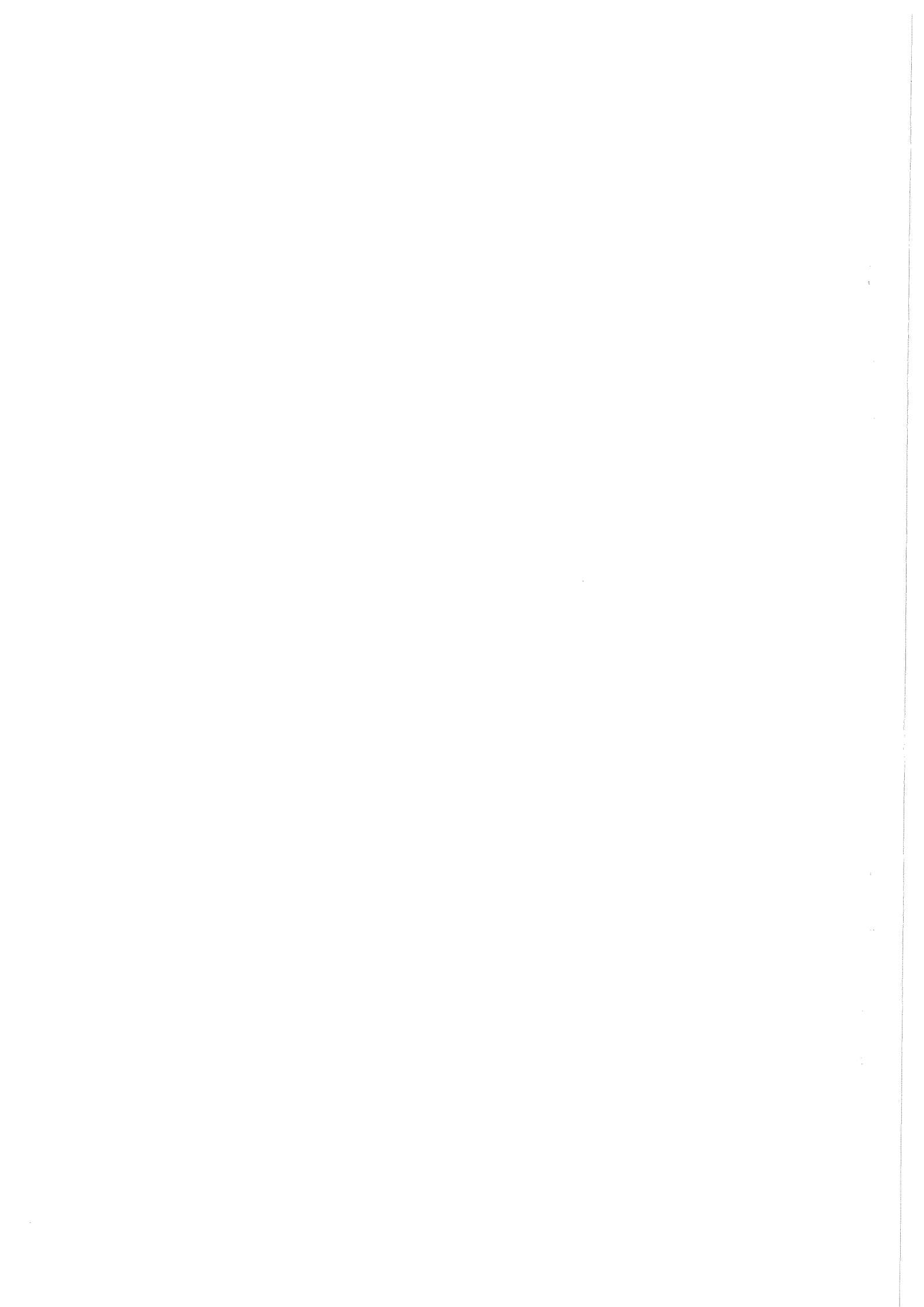
Vindtunnelforsøk har vist at forholdene 50 m over bakken ved masta er omtrent de samme som 50 m over sjøen på sørlige del av brutraseen, mens verdiene lenger nord langs traseen er noe lavere. Det anbefales at ekstremverdiene fra 45 m mastehøyde benyttes som ekstremverdier for hele bruspenet.

For vind langs brua kan verdiene for 10 min middelvind i tabellen multipliseres med 0.65. Turbulensintensiteten er da 0.20, 3-5 s vindkast 1.50 ganger 10 min. middelvind og 1 min middelvind 1.25 ganger 10 min middelvind. For profiler over brutårnene kan potensloven, vist under, benyttes, der n-eksponenten er 0.20, 0.17 og 0.13 for 10 min., 1 min. og 3-5 s vindkast og tilsvarende for turbulensintensitet med  $n=-0.20$ .

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^n$$

## INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING . . . . .	2
2. STED OG TOPOGRAFI . . . . .	3
3. DATAINNSAMLING. . . . .	8
3.1. Stasjonsbeskrivelse . . . . .	8
3.2. Måleprosedyre . . . . .	8
3.3. Datalagring . . . . .	9
3.4. Datakvalitet og regularitet . . . . .	9
4. GENERELL VINDSTATISTIKK . . . . .	10
4.1. Middelvindstatistikk . . . . .	10
4.2. Turbulensforhold . . . . .	13
4.3. Sammenhengen mellom kastfaktor og turbulensintensitet . . . . .	15
4.4. Stabilitetsforhold. . . . .	18
4.5. Strømningsmodell ved sterk sørvestlig til vestlig vind . . . . .	20
5. SAMMENLIGNING MED VÆRSTASJONSDATA FRA BU I EIDFJORD . . . . .	22
6. EKSTREMVINDSTATISTIKK . . . . .	30
6.1. Sammenligning med andre stasjoner ved sterk vind . . . . .	30
6.2. Beregning av ekstremverdier . . . . .	39
6.3. Vurdering av måleperiodens representativitet . . . . .	43
6.4. Ekstremvindforhold på tvers av planlagt bru . . . . .	44
6.5. Ekstremvindforhold på langs av planlagt bru . . . . .	44
7. REFERANSELISTE . . . . .	46
APPENDIKS A . . . . .	47



## 1. INNLEDNING

DNMI er engasjert av Vegdirektoratet for å foreta vindmålinger på Bu i Hardanger i forbindelse med planlegging av bru over Hardangerfjorden. Denne brua er tenkt å erstatte ferjetrafikken over Bruravik - Brimnes i indre del av Hardangerfjorden. Brua er planlagt som hengebru med et spenn på 1250 m, en fri høyde over fjorden på 50 m, og 2 brutårn på 180 m høyde. Den vil med dette bli Norges desidert lengste hengebru.

Det er viktig i slike store prosjekter når klimaforhold er av avgjørende betydning for dimensjonering eller besluttsomhet, at alle målinger kommer i gang i god tid før anleggstiden skal starte. Ved vindmålingsoppstart i 1988 var anleggstart beregnet til 1995 dersom endelig byggesignal ble gitt. DNMI vil med dette gi Vegdirektoratet honnør for å bringe vindmålingene inn i bildet på et så tidlig tidspunkt som det er gjort i dette tilfellet. Dette har gitt mulighet for å få et godt datagrunnlag for videre planleggingsarbeid.

Denne rapporten er en sluttrapport for vindmåleprosjektet. Sammen med DNMI-rapport KLIMA 31/90 (1) utgjør den en samlet rapportering fra prosjektet. Rapportene overlapper hverandre en del, slik at sluttrapporten også kan leses selvstendig. De presenterte resultatene er samtidig en oppdatering av resultatene fra (1).

Denne rapporten inneholder måleresultater fra hele måleperioden 11.11.88 til 31.12.92. Vi har valgt å presentere resultater og bearbeiding av data framfor å utgi tykke datarapporter. Involverte kan imidlertid få utlevert grunnlagsdata fra DNMI ved henvendelser. Andre interesserte vil kunne få slike data i samråd med oppdragsgiver. Data vil fortrinnsvis bli utlevert på datadisketter.

Rapporten tar for seg vindklimabeskrivelse for måleperioden på Buneset. Det presenteres frekvenstabeller som inndeles etter hastighet og retningsintervaller, samt en årstidinnndeling. Det blir også foretatt en evaluering av måleperiodens representativitet. Det er også utført en sammenligning med vind på kysten og utarbeidelse av ekstremvindforhold på stedet. Dessuten er det foretatt en sammenligning med data fra værstasjonen Bu i Eidfjord lenger inne på Buneset.

## 2. STED OG TOPOGRAFI

Området ligger i indre Hardanger i Hordaland fylke, vest for Hardangervidda. Denne delen av Hordaland består vesentlig av fjell og vidder, 1000 - 1500 moh. Bare enkelte daler og fjorder skjærer seg ned i dette landskapet. Den mest markante nedskjæringen er Hardangerfjorden med sine fjordarmer, se Fig. 2.1.

Hardangerfjorden er grovt sett rettet nordøst - sørvest. Vi kan dele den i to hoveddeler, ytre del utenfor Utne og indre del, innenfor Utne.

Ved inngangen til indre del av fjorden, forgrener fjorden seg i en en smal arm mot nordøst, Granvinfjorden, gjør en krøll rundt fjellet Oksen, og forgrener seg i Eidfjorden og Sørfjorden.

Sørfjorden løper i sørsørvestlig retning mot Odda. Eidfjorden er i ytre del rettet nordøst - sørvest. I indre del er den rettet øst - vest. I knekkpunktet, på Bu, er fjorden på sitt smaleste, se Fig.2.2. Dette er naturlig nok stedet der brua er planlagt.

Ca. 4 km øst for Bu deler fjorden seg og en fjordarm, Osafjorden, løper inn mot nordøst.

Fjordsidene ved Eidfjorden er meget bratte og går opp i 1000 -1500 m høyde. De nederste 600 m er stort sett bevokst med lauvskog, men partier med furuskog, plantet granskog og noe dyrket mark finnes i blant, vesentlig i de nederste nivåene.

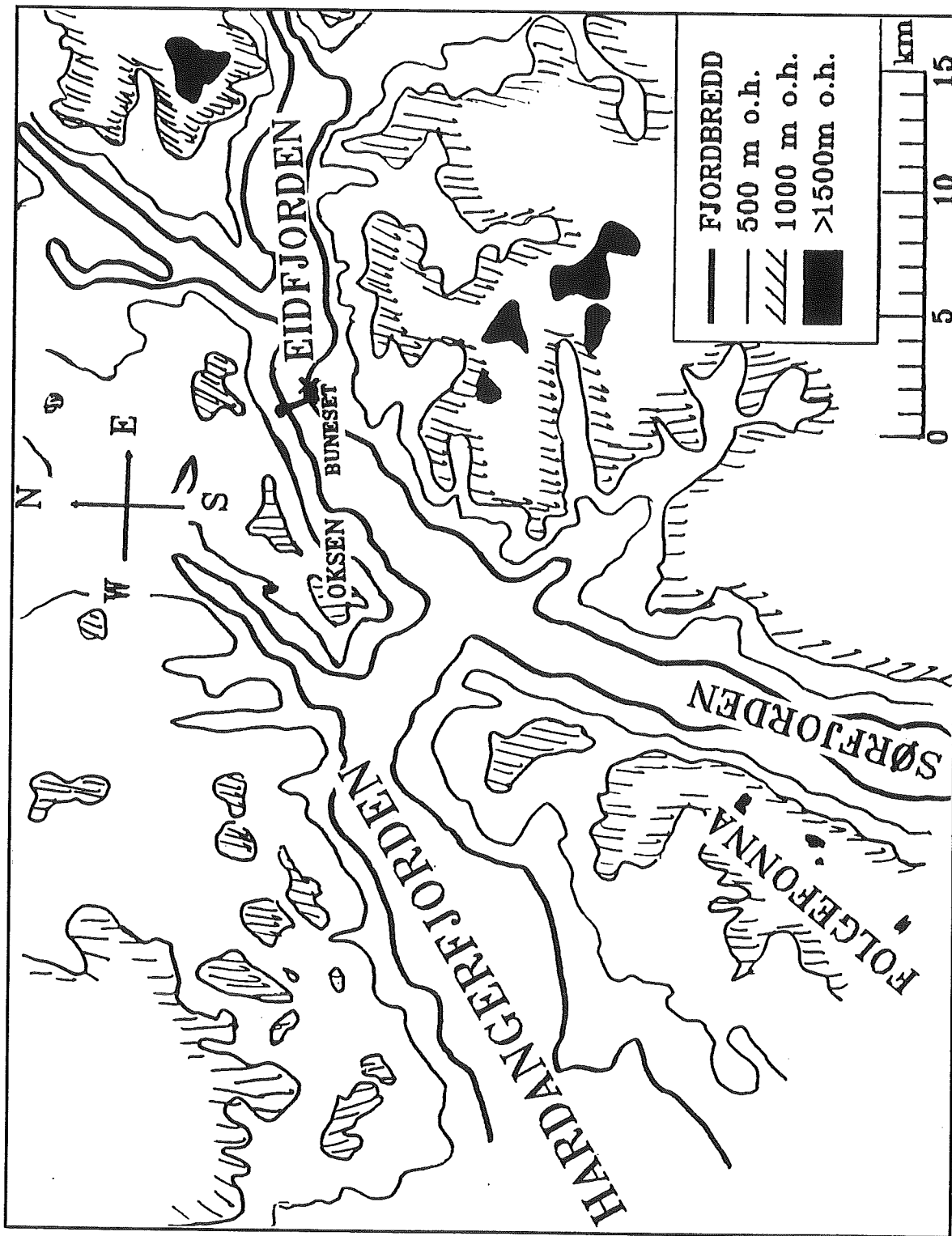
Selve Buneset, (Fig.2.2 - 2.3) er et platå på 110 - 130 m o.h. som stikker ut på sørsiden av Eidfjorden. Neset strekker seg ca. 2 km i øst - vest retning langs fjorden og er 500 - 800 m bredt. Kanten fra 120 m o.h. og ned mot fjorden er meget bratt. Fjellsiden stiger raskt opp i 1000 m o.h. (Bunuten) fra sørsiden av platået. Midt på platået er det en liten rygg på 140 m o.h..

Platået og skråningen ned mot fjorden er bevokst med furuskog, men tre - høyden er lav, 5 - 10 m. Helt innerst på platået, mest i stigningen fra 120 til 300m, finnes et felt med plantet gran. Ellers er deler av platået, særlig på vest- og sørsiden, dyrket mark. Det er spredt bosetning på neset, med 10 - 15 gårdsbruk. Husene er stort sett samlet på en øst - vest linje

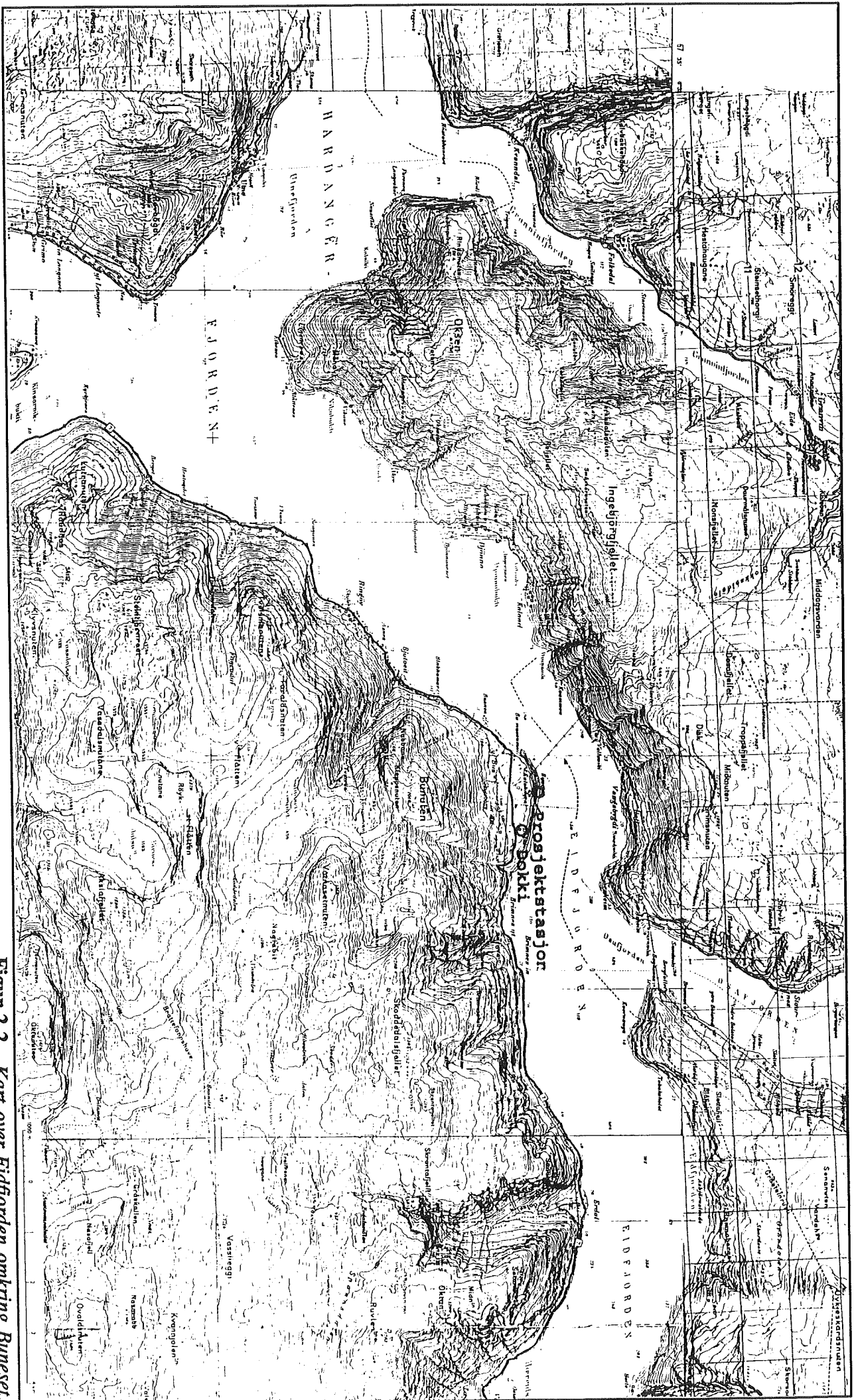
langt inne på platået.

Målemasten er plassert 123 m o.h., helt ytterst på platået, se Fig. 2.1 - 2.3. Masten er 45 m høy og er montert på en lokal forhøyning i terrenget. Rundt masten er det furuskog, 5 - 10 m høy. På grunn av forhøyningen når trærne bare 2 - 5 m opp langs masten.

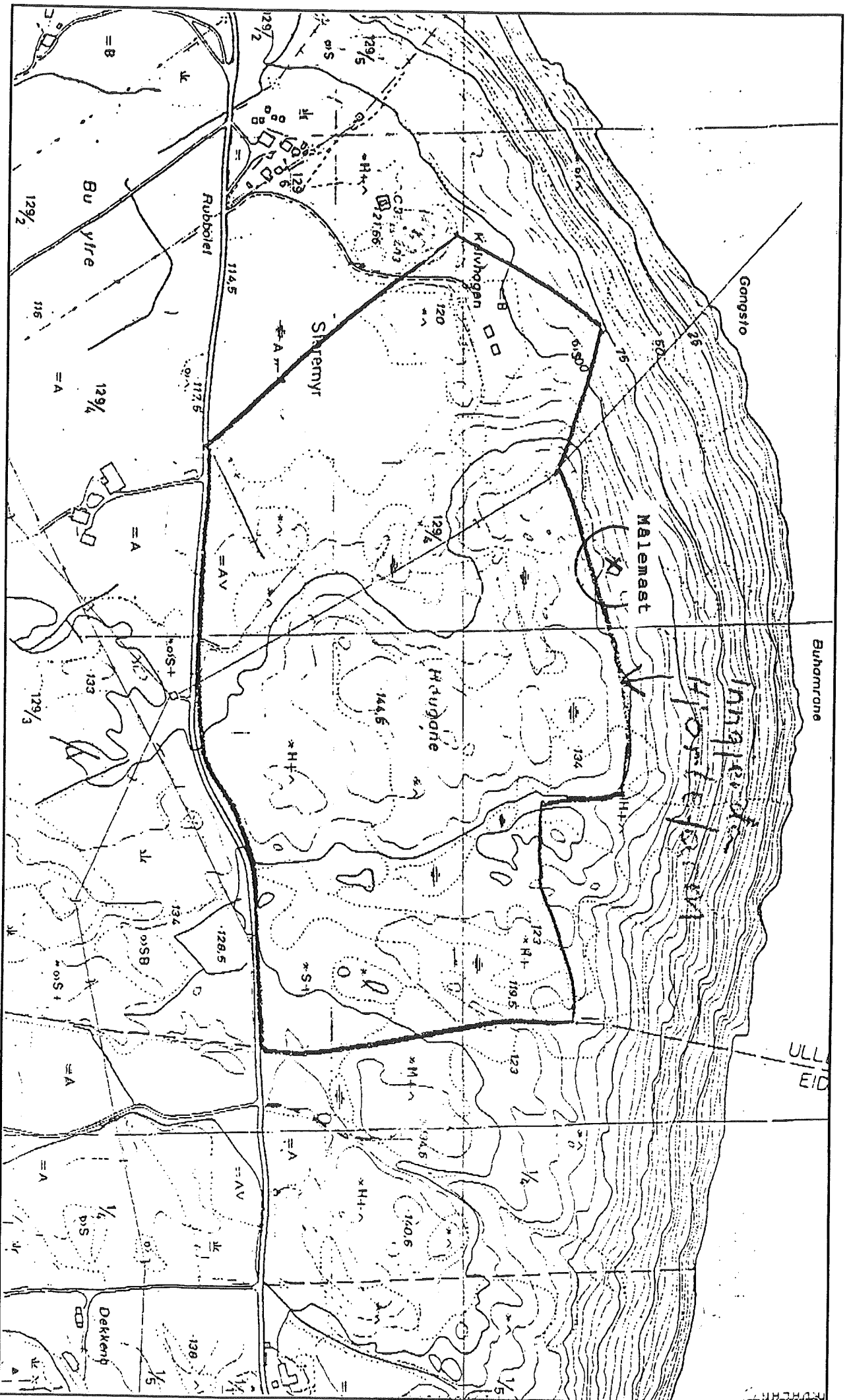
Værstasjonen Bu i Eidfjord ligger på gården Dokki (Fig. 2.2), 900 m østsørøst for masten på Buneset. Mastefoten ligger på 121 moh. og er plassert på en liten kolle, ca. 4 m høy, på en lysning i et ellers skogkledd område, med typisk trehøyde 5-10m. Vindmåleren ligger da ca. 5 m over de fleste tretoppene.



Figur 2.1. Oversiktskart over topografien i indre del av Hardangerfjorden.



Figur 2.2. Kart over Eidfjorden omkring Buneset.



Figur 2.3. Lokalkart over Buneset. Mallesøkk 1:5000

### 3. DATAINNSAMLING.

#### 3.1. Stasjonsbeskrivelse

Det måles i tre nivåer i en 45 m høy fagverksmast. Målenivåene er 10, 30 og 45 m mastehøyde. I hvert av de tre nivåene er det plassert et Vaisala skålkorsanemometer for måling av vindhastighet og en Friedrichs vindfløy for måling av vindretning. Dessuten er det i 10 og 45 m plassert en temperatursensor. Alle sensorer er laboratoriekalibrert og kalibreringskurver er innlagt på feltstasjonen. Derved kommer de meteorologiske parameterne direkte ut i meteorologiske enheter. Detaljert stasjonsbeskrivelse finnes i (1), den er nær den samme som for Askøy, gitt som appendiks i (2). Foruten forskjellene i mastehøyde, er det enkelte rent tekniske forbedringer innlagt i feltstasjonen. Disse forbedringene går mer på driftssikkerhetsforhold, slik at all matematikk og måleprosedyre er den samme.

#### 3.2. Måleprosedyre

Alle sensorer avses med en frekvens på 1 Hz. Etter 10 minutter beregnes i alt 27 vindparametre (9 fra hvert nivå) og 2 temperaturparametre (midlere lufttemperatur i nivå 10 og 45 m).

Vindparameterne er som følger: 10 min. middelvindhastighet,  $U(10\text{min})$ ; vektormidlet vindretning,  $DD(10\text{min})$ ; longitudinal,  $I_u$  og transversal,  $I_v$ , turbulensintensitet; og gustfaktorene  $GF(\tau)$  med  $\tau = 1, 3, 5$  og  $60$  sek..

$GF(\tau)$  er definert som høyeste glidende middel over  $\tau$  sekunder,  $u_{\max}(\tau)$ , dividert på  $U(10\text{min})$ .  $GF(1\text{s})$  er da høyeste målte sekundverdi dividert på  $U(10\text{min})$ .

Turbulensverdien er definert som standardavviket,  $\sigma$  på langs (longitudinal),  $\sigma_u$ , eller på tvers (transversal),  $\sigma_v$  av midlere vindretning, dividert på  $U(10\text{min})$ .

En mer detaljert oversikt med definisjoner av parameterne er gitt i (1).

Data for de siste 128 10-minutters periodene (ca. 21 timer) er alltid lagret på stasjonen. Denne ringes automatisk opp 4 ganger pr. døgn, og data overføres til mottakersentralen på Blindern. I tillegg kan man ringe manuelt når man måtte ønske det.

### 3.3. Datalagring

Dataene på mottaker - PC gjennomgår en kort, rutinemessig omstrukturering før de lagres på permanente filer. Slike filer dekker 1/2 måned og består av ca. 2000 linjer hver på 200 tegn. Hver linje svarer da til en 10 min. observasjon og har 29 parameterverdier.

### 3.4. Datakvalitet og regularitet

Datastrømmen fra Hardanger har meget god regularitet i perioden 11.11.88 - 31.12.92, med regularitet på 95 %. De manglende data skyldes små, sporadiske kommunikasjonsbrudd av forskjellige årsaker. Etter 31.12.92 har det vært stopp i datatilgangen på grunn av en feil ved innsamlingsstasjonen. En har foreløpig ikke rettet denne feilen.

Vanlige feil på slike vindstasjoner er slitte lagre på vindhastighetssensorene. Dette går ut over starthastigheten, og forskyver frekvensen av svak vind over på antall tilfelle med vindstille. Slitasje på en rotordel i vindretningsfølerne er også mulige feil etter noen få år. Måling i tre nivåer er en effektiv kontroll på sensorfeil. Kontrollen har vist at feil på hastighetssensorene har vært ubetydelige. Videre at vindretningsføleren i 30 m nivå har vært feil i deler av 1991 samt 1992. Dette har ikke hatt betydning for prosjektet.

## 4. GENERELL VINDSTATISTIKK

## 4.1. Middelvindstatistikk

Tabell 4.1.

Antall verdier av registrert 10 min. middelvind i 45 m nivå, Bu i Hardanger, fordelt på intervaller på 3 m/s og 10°. Tabellen dekker hele perioden 11.11.88 - 31.12.92.

DD	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27	27-30	30-33	33-36	SUM	MID	STD
10	516	76	26	3	.	.	.	.	.	.	.	.	621	1.73	1.87
20	602	112	123	37	5	.	.	.	.	.	.	.	879	2.82	2.98
30	870	250	324	163	55	17	.	.	.	.	.	.	1679	4.32	3.87
40	1307	570	845	494	176	65	7	.	.	.	.	.	3464	5.57	4.15
50	2285	1064	1673	1360	604	212	40	2	.	.	.	.	7240	6.54	4.42
60	4228	2082	1842	1538	955	418	95	12	4	.	.	.	11174	6.09	4.62
70	7811	6571	1599	1162	831	355	40	11	2	.	.	.	18382	4.60	3.60
80	9883	16054	1843	924	773	352	52	3	.	.	.	.	29884	4.28	2.82
90	7227	10162	1057	529	303	120	44	24	7	.	.	.	19473	4.00	2.64
100	3992	3526	446	266	161	84	42	7	.	.	.	.	8524	3.81	3.00
110	2057	918	246	124	76	39	11	6	4	.	.	.	3481	3.55	3.35
120	1172	313	127	66	24	6	1	.	.	.	.	.	1709	2.96	2.86
130	740	149	118	87	14	.	.	.	.	.	.	.	1108	3.22	3.24
140	615	108	76	71	21	5	.	.	.	.	.	.	896	3.20	3.52
150	464	61	25	12	3	1	.	.	.	.	.	.	566	2.02	2.32
160	460	45	6	2	.	.	.	.	.	.	.	.	513	1.52	1.45
170	469	55	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	536	1.63	1.40
180	459	87	14	6	.	.	.	.	.	.	.	.	566	1.89	1.75
190	622	270	136	35	3	.	.	.	.	.	.	.	1066	3.24	2.61
200	873	1060	1067	261	20	4	.	.	.	.	.	.	3285	5.19	2.86
210	1285	2791	3954	1200	293	95	37	1	.	.	.	.	9656	6.50	3.09
220	1969	5004	5440	2275	947	398	174	68	10	2	.	.	16287	7.02	3.79
230	3303	6373	3667	2340	1373	763	409	204	96	30	7	2	18567	7.14	4.92
240	4771	5344	1949	1567	1187	649	282	151	67	17	6	3	15993	6.26	5.02
250	4352	2480	986	958	683	291	61	8	2	.	.	.	9821	5.17	4.34
260	2744	1043	443	367	197	58	9	1	.	.	.	.	4862	4.07	3.70
270	1732	498	165	48	13	4	1	.	.	.	.	.	2461	2.70	2.36
280	1142	337	123	20	3	.	.	.	.	.	.	.	1625	2.55	2.22
290	845	302	205	28	4	.	.	.	.	.	.	.	1384	3.04	2.62
300	651	318	297	86	19	2	.	.	.	.	.	.	1373	4.05	3.24
310	553	236	240	118	26	3	.	.	.	.	.	.	1176	4.32	3.59
320	485	137	100	35	4	.	.	.	.	.	.	.	761	2.97	2.96
330	414	69	24	4	.	.	.	.	.	.	.	.	511	1.85	1.94
340	365	52	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	421	1.42	1.30
350	448	39	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	493	1.29	1.24
360	447	35	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	487	1.31	1.32
0	6013	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6013	.00	.00
SUM	72160	68591	29211	16188	8773	3941	1305	498	192	49	13	5	206937	4.97	4.01

Tabell 4.1 viser en opptelling av alle registreringer av 10 min. middelvind i 45 m nivå. Tabellen viser antall tilfelle plassert i bokser på 10° og 3 m/s. Tabellen viser at landskapet styrer vinden. Hovedretningene er nordøst - øst (40 - 110°) og sørvest (210 - 260°).

Tabell 4.2 viser frekvensfordelingen av samme parameter, gitt i bokser på 30° og 3 m/s. Årstidsvariasjon er vist ved å inndele materialet i en vinterdel (september - april) og en sommerdel (mai - august), Tabell 4.3 - 4.4.

Forskjellen mellom vintersesongen og sommersesongen ligger mest i at det er en del flere tilfelle med sterk vind om vinteren. Om sommeren er det flere tilfelle med svak til moderat sørvestlig vind (0 - 10 m/s). Sistnevnte skyldes nok soloppvarming av fjellene omkring indre del av fjorden. For øvrig viser tabellene at det er mer vind fra nordøst - øst enn fra sørvest - vest i de fire vintersesongene. Likeledes viser de at det var mer sterk vind fra sørvest - vest enn fra nordøst - øst i samme tidsrom. I kap.6.3 vises det at det var mer sterk vind fra sørvest - vest på Utsira i måleperioden enn tilfelle var i en lang periode. Tilsvarende var det mindre sterk vind fra øst. En må derfor påregne at et gjennomsnittså i Bu vil inneholde mer sterk vind fra nordøst - øst og mindre sterk vind fra sørvest - vest enn det Tabell 4.1 - 4.3 viser.

Det store innslaget av svak til moderat vind fra øst både sommer og vinter skyldes dels at sørlig vind langs kysten og over fjellene omkring fjorden setter opp et svakt østlig vinddrag ved Bu. Denne situasjonen er typisk når et regnværsområde legger seg innover landsdelen. Dels bidrar utstrømning av kald luft fra indre fjordbasseng til den høye frekvensen.

Sterk vind på stasjonen blir drøftet senere i dette kapittel.

#### Tabell 4.2.

*Frekvensverdier av registrert 10 min. middelvind i 45 m nivå, Bu i Hardanger, fordelt på intervaller på 3 m/s og 30°. Tabellen dekker hele perioden 11.11.88 - 31.12.92.*

DD	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27	27-30	≥30	SUM	MID	STD
360	.7	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	.	.	.8	1.47	1.55
30	1.3	.5	.6	.3	.1	.04	.00	.	.	.	.	2.9	4.82	4.04
60	6.9	4.7	2.5	2.0	1.2	.5	.1	.01	.00	.	.	17.8	5.44	4.19
90	10.2	14.4	1.6	.8	.6	.3	.1	.02	.00	.	.	28.0	4.11	2.79
120	1.9	.7	.2	.1	.1	.02	.01	.00	.00	.	.	3.0	3.33	3.21
150	.7	.1	.1	.04	.01	.00	.	.	.	.	.	1.0	2.42	2.87
180	.7	.2	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	.	1.0	2.49	2.28
210	2.0	4.3	5.1	1.8	.6	.2	.1	.03	.00	.00	.	14.1	6.64	3.52
240	6.0	6.9	3.2	2.4	1.6	.8	.4	.2	.1	.02	.01	21.5	6.39	4.89
270	2.7	.9	.4	.2	.1	.03	.00	.00	.	.	.	4.3	3.41	3.22
300	1.0	.4	.4	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	1.9	3.78	3.20
330	.6	.1	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	.	.8	2.25	2.44
0	2.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.9	.00	.00
SUM	37.8	33.2	14.1	7.8	4.2	1.9	.6	.2	.1	.02	.01	100.0	4.97	4.01

Tabell 4.3.

Frekvensverdier av registrert 10 min. middelvind i 45 m nivå, Bu i Hardanger, fordelt på intervaller på 3 m/s og 30°. Vinterverdier (september - april). Periode 11.11.88 - 31.12.92

DD	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27	27-30	≥30	SUM	MID	STD
360	.7	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	.	.	.8	1.57	1.70
30	1.3	.5	.7	.4	.2	.1	.01	.	.	.	.	3.1	5.35	4.21
60	7.0	5.2	2.8	2.4	1.5	.7	.1	.02	.00	.	.	19.8	5.84	4.39
90	10.8	15.3	1.8	1.1	.8	.4	.1	.02	.01	.	.	30.3	4.29	3.05
120	2.1	.8	.3	.2	.1	.03	.01	.00	.00	.	.	3.5	3.62	3.48
150	.8	.1	.1	.1	.01	.00	.	.	.	.	.	1.1	2.61	3.03
180	.8	.2	.04	.01	.	.	.	.	.	.	.	1.0	2.02	1.85
210	2.0	2.9	3.3	2.0	.8	.4	.2	.05	.01	.00	.	11.6	7.13	4.18
240	5.2	4.8	3.0	2.5	1.9	1.1	.5	.3	.1	.03	.01	19.4	7.31	5.50
270	2.3	.9	.3	.2	.1	.03	.01	.00	.	.	.	3.8	3.55	3.37
300	.9	.4	.3	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	1.7	3.52	3.15
330	.6	.1	.05	.01	.00	.	.	.	.	.	.	.8	2.10	2.21
0	3.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.1	.00	.00
SUM	37.5	31.2	12.8	9.0	5.5	2.6	0.9	.4	.1	.04	.01	100.0	5.27	4.40

Tabell 4.4.

Frekvensverdier av registrert 10 min. middelvind i 45 m nivå, Bu i Hardanger, fordelt på intervaller på 3 m/s og 30°. Sommerverdier (mai - august). Periode 1989, 1990, 1991 og 1992.

DD	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27	27-30	≥30	SUM	MID	STD
360	.7	.1	.00	.00	.	.	.	.	.	.	.	.8	1.27	1.19
30	1.5	.4	.4	.1	.02	.00	.	.	.	.	.	2.4	3.45	3.20
60	6.8	3.6	1.7	1.1	.4	.05	.	.	.	.	.	13.7	4.26	3.25
90	9.0	12.5	1.1	.3	.1	.03	.00	.	.	.	.	23.2	3.63	1.87
120	1.6	.4	.1	.01	.00	.	.	.	.	.	.	2.1	2.37	1.82
150	.6	.1	.01	.01	.01	.00	.	.	.	.	.	.7	1.82	2.14
180	.6	.3	.2	.04	.00	.	.	.	.	.	.	1.1	3.34	2.70
210	2.0	7.1	8.6	1.5	.1	.02	.00	.	.	.	.	19.3	6.04	2.34
240	7.7	11.0	3.6	2.0	.8	.3	.1	.00	.	.	.	25.5	4.97	3.30
270	3.5	1.0	.5	.2	.1	.04	.	.	.	.	.	5.3	3.21	2.97
300	1.1	.5	.6	.2	.03	.	.	.	.	.	.	2.4	4.14	3.23
330	.6	.1	.1	.04	.00	.	.	.	.	.	.	.9	2.51	2.79
0	2.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.6	.00	.00
SUM	38.4	37.0	16.9	5.5	1.7	.4	.1	.01				100.0	4.34	2.99

## 4.2. Turbulensforhold

Longitudinal ( $I_u$ ) og transversal ( $I_v$ ) turbulensintensitet, kastfaktor ( $G_f$ ) og forholdet mellom  $I_u$  og  $G_f$  er oppdatert i følge den lengre registreringsperioden. Forholdene avviker svært lite fra det som kom fram i (1). Enkelte sektorer med få data er nå bedre dekket. Oppdaterte tabeller er gitt i Appendiks A.

Overflateruheten,  $Z_0$  er beregnet utfra vindprofiler og turbulensforhold i Appendiks (Tabell A9 - A11). Friksjonshastigheten er gitt i Tabell A8. Som tabellene viser, er friksjonshastigheten ikke konstant med høyden, og  $Z_0$  beregnet på forskjellig måte gir forskjellig resultat. Årsaken er at overflaten ikke er plan, og at nytt grenselag ikke har manifestert seg over hele profilet.  $Z_0$  - verdiene er derfor bare av teoretisk interesse.

Profiler av vindhastighet er gitt i ((1), Fig.4.4). Det større antall data gir nå mulighet for sikrere bestemmelser, men framkomne resultater viser ingen forandring. Diskusjonen kan finnes i ((1), kap. 4.2). Oppdaterte profiler finnes tabulert i Appendiks A.

Forholdene endres ikke for  $U(45m) > 20$  m/s for de sektorer som da inneholder nok data, og resultater fra bearbeidelsen tas ikke med.

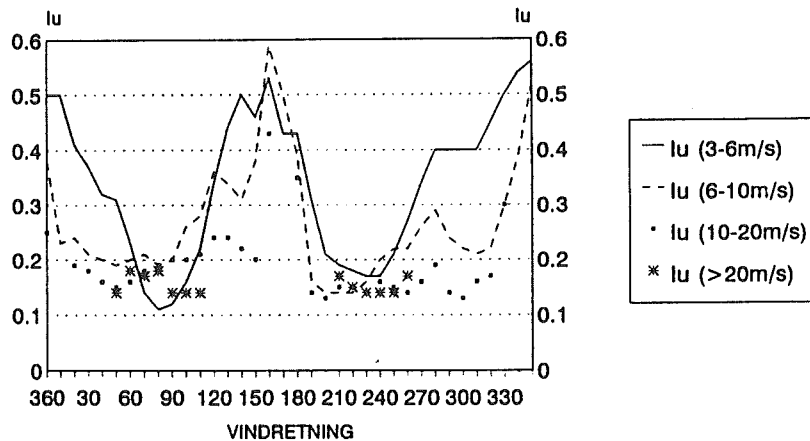
Det større datagrunnlaget gir mulighet for noe mer studier av hvorledes turbulensintensiteten endres med vindhastighet.

Figur 4.1 viser at turbulensintensiteten er høyest når vinden blåser i 2 vide sektorer omkring nord og sørsørøst, dvs. på tvers av Eidfjorden. Dette er som ventet, idet vind på tvers av en fjord vil være mer ujevn enn vind langs fjorden.

Ved vind langs fjorden ligger  $I_u(45m)$  typisk på 0.10 - 0.20, og 0.13-0.18 ved meget sterk vind. Ved meget sterk vind fra sørvest ligger den på 0.13, fra nordøst på 0.14 - 0.19.

Turbulensintensiteten går generelt ganske mye ned når vinden øker, men over 10 m/s stagnerer nedgangen.

**BU i Hardanger**  
 Longitudinal turbulensintensitet ( $I_u$ )  
 Nivå 45 m.



**Figur 4.1**

*Longitudinal turbulensintensitet,  $I_u$  (45m) på Bu i Hardanger. Periode: 11.11.88 - 15.12.92.*

Vind fra øst ( $070-110^\circ$ ) har et noe spesielt mønster. Ved svak vind i deler av denne sektor ( $080-090^\circ$ ) er turbulensen svært lav. Tabell A12 (Appendiks A) viser at det er svært mange tilfelle med  $I_u \leq 0.10$  og faktisk også  $\leq 0.05$ . Det er forholdsvis langt færre slike tilfelle ved svak sørvestlig vind. Dette skyldes nok både det store antallet med jevn kaldluftdrenering som dominerer ved svak vind og et stort antall med svak og jevn østlig vind ved sørlig vind i høyden. Ved noe sterkere vind (6-10 m/s) er tilfellene med lav turbulensintensitet betydelig redusert.

Vind fra øst har ved meget sterk vind ( $> 20$  m/s) noe mindre turbulens enn ved middels sterk vind (10-20 m/s),  $I_u(45m)$  er hhv. 0.14 og 0.20 i snitt. Slik forskjell finnes ikke ved nordøst vind ( $I_u(45m)=0.18$ ), (heller ikke ved sørvestlig vind). Samtidig har tyngdepunktet flyttet seg fra nordøst ( $050-090^\circ$ ) til en mer lik fordeling av nordøst ( $060-070^\circ$ ) og østsørøst ( $090-110^\circ$ ) (Tabell 4.1). Ved 10-20 m/s finnes det både tilfelle med jevn og med turbulent østlig vind, mens sterk østlig vind sjelden er svært turbulent.

Årsaken må være et noe annerledes strømningsmønster. Ved sterk og jevn østlig vind har

vinden trolig slått ned lenger inne i Eidfjorden slik at den er gått over i en mindre turbulent fase ute ved Bu. Dette er vanskelig å påvise uten mer kjennskap til vinden i forskjellige punkter i området.

Vi summerer opp at ved meget sterk vind fra øst (090-110°) ligger  $I_u$  typisk på 0.14, fra nordøst (060-070°) på 0.18 og fra sørvest (220-240°) på 0.14 i 45 m høyde over bakken ute på Buneset.

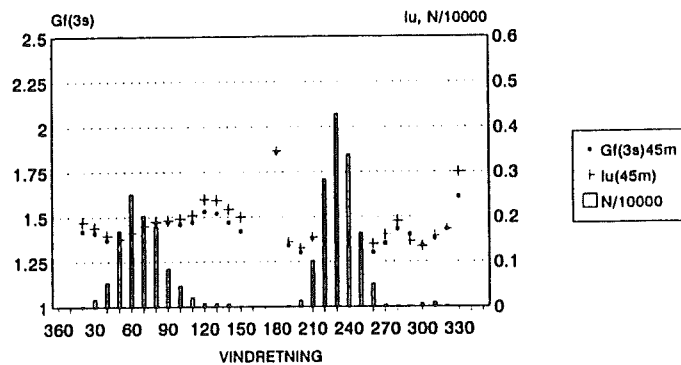
#### 4.3. Sammenhengen mellom kastfaktor og turbulensintensitet

Fig. 4.2 og 4.3 viser kastfaktor ( $U_r/U_{10min}$ ),  $\tau=3s$  og 1min, samt longitudinal turbulensintensitet på samme diagram ved sterk vind. Figurene er gitt for alle 3 nivåer (10, 30 og 45m). Kastfaktorene følger turbulensintensiteten nærmest perfekt. Unntakene er sporadiske sektorer med lite data der tilfeldige variasjoner, feks. trender i 10 min. perioden, spiller en stor rolle. Til unntaket hører også 10 m nivå ved 1 min kastfaktor.

Dette betyr at kastfaktor og longitudinal turbulensintensitet begge kan brukes som et mål på vindens ujevnheter, eller grad av turbulens. Typisk 3s kastfaktor ved  $I_u=0.14$  er 1.35, ved 0.18: 1.45, og ved 0.30: 1.75.

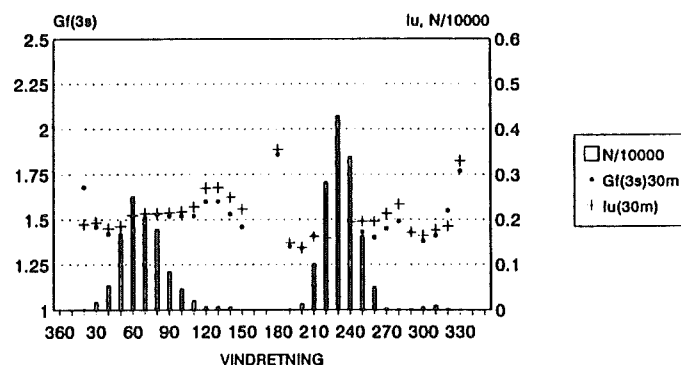
### BU i Hardanger

Sammenheng mellom longitudinal turbulensintensitet,  $I_u$  og kastfaktor,  $Gf(3s)$  i 45 m høyde



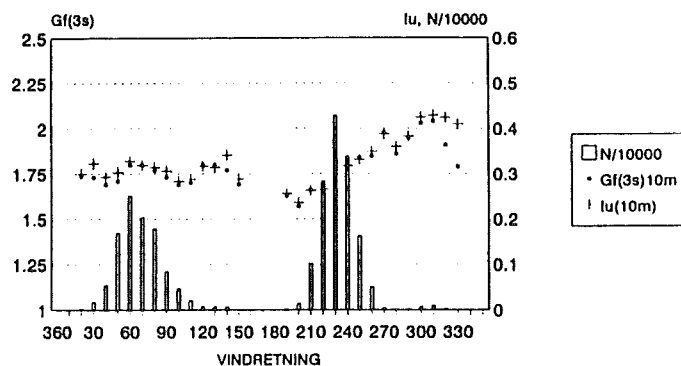
### BU i Hardanger

Sammenheng mellom longitudinal turbulensintensitet,  $I_u$  og kastfaktor,  $Gf(3s)$  i 30 m høyde



### BU i Hardanger

Sammenheng mellom longitudinal turbulensintensitet,  $I_u$  og kastfaktor,  $Gf(3s)$  i 10 m høyde

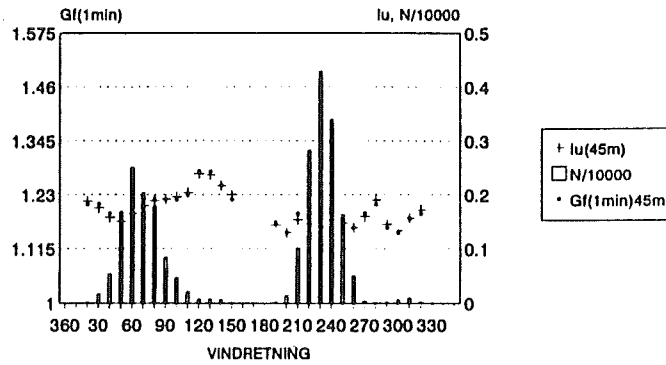


Figur 4.2.

Turbulensintensitet og 3s kastfaktor på Bu som funksjon av vindretning i 3 nivåer ved  $U(45m) > 10.0$  m/s. Periode 11.11.88 - 15.12.92.

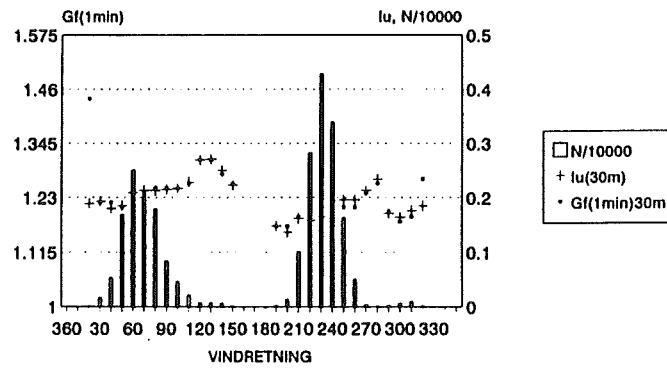
## BU i Hardanger

Sammenheng mellom longitudinal turbulensintensitet,  $I_u$   
og kastfaktor,  $G_f(1min)$  i 45 m høyde



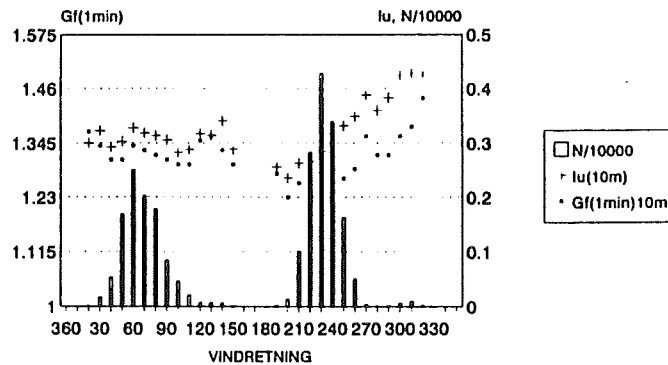
## BU i Hardanger

Sammenheng mellom longitudinal turbulensintensitet,  $I_u$   
og kastfaktor,  $G_f(1min)$  i 30 m høyde



## BU i Hardanger

Sammenheng mellom longitudinal turbulensintensitet,  $I_u$   
og kastfaktor,  $G_f(1min)$  i 10 m høyde



Figur 4.3.

Turbulensintensitet og 1min kastfaktor på Bu som funksjon av vindretning i 3 nivåer ved  $U(45m) > 10.0$  m/s. Periode 11.11.88 - 15.12.92.

Formelen

$$I_U = \frac{Gf(\tau) - 1}{k} \quad \text{lign. (1)}$$

passer godt med de innsamlede data. En full oversikt over beregnede k-verdier ved sterk vind er gitt i Appendiks A (Tabell A7) for  $\tau=1s, 3s, 5s$  og 1min, ved alle retninger og nivåer. For  $\tau=3s$  varier k mellom 2.0 og 2.75 for sektorer med mer enn 10 tilfelle. For sektorer med mer enn 1000 tilfelle er middelveidien 2.40. For  $\tau=1min$  er tilsvarende verdier for de 2 øverste nivåer: Variasjon 1.03 til 1.23 ( $N > 10$ ). Middelveidi:  $k=1.13$  ( $N > 1000$ ). Dette er litt lavere verdier enn det som tidligere er funnet på Askøy (2.58, 1.21 (2)). Avviket skyldes trolig inhomogene overflateforhold. Avviket er likevel lite og bekrefter at vinduroen er tilnærmet normalfordelt.

Unntaket for  $\tau=1$  min og  $Z=10m$  er interessant. Generelt ligger k da på 0.8 - 1.0, hvilket betyr at kastfaktoren er lavere enn det turbulensintensiteten tilsier.  $I_U$  er målt som standardavvik av 1 s verdier dividert på 10 min middelvind. Minuttvariasjonene i vinden er her ekstra små i forhold til de hurtige variasjonene. Årsaken er nok inhomogeniteten i underlaget. Turbulens i 10 m nivået skapes ved strømming innover det skogkledde platået og kortperiodisk turbulens dominerer ekstra sterkt. Særlig ser vi av Fig. 4.3 at turbulensintensiteten har økt sterkt i 10 m nivå i vestlig sektor i forhold til 45 m nivå, mens økningen er mindre i østlig sektor.  $Gf$  (1min) greier i mindre grad å fange opp denne økningen.

#### 4.4. Stabilitetsforhold.

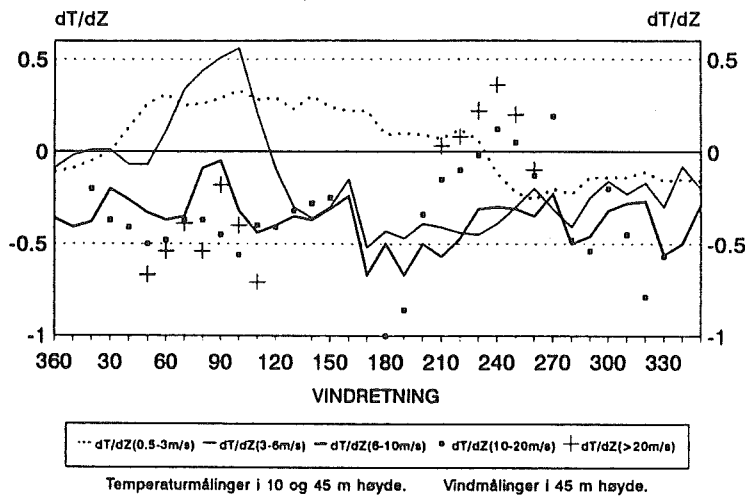
Det er her tatt med hvorledes stabiliteten varierer med vindhastigheten innenfor de forskjellige sektorene. Figur 4.4 viser gjennomsnittet for hver dekadegrad i de 4 hastighetsgruppene, mens detaljert fordeling på turbulensintensitetsintervaller kan finnes i Appendiks A.

Figur 4.4 viser at forholdene generelt er statisk stabile. Dette utsagn må imidlertid brukes med forsiktighet. Temperaturmålingene er gjort i 10 og 45 m høyde, dvs. at en forskjell på  $0.1^\circ C$  gir en temperaturgradient på  $0.3^\circ C/100m$ . Dette er også oppløsningen i målingene. Oppløsningsusikkerhet forsvinner imidlertid ved det store antall målinger i hovedsektorene, men dersom kalibreringsfeil finnes, vil figuren bevege seg langs Y-aksen.

Uansett mulige kalibreringsfeil, kan figuren brukes til å sammenligne stabilitetsforholdene mellom vindretninger og vindhastigheter.

## BU i Hardanger

### Temperaturgradient, $dT/dZ$ ( $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ )



**Figur 4.4.**

*Temperaturgradient i Bumasten, Bu i Hardanger. Periode 11.11.88 - 15.12.92*

Figuren viser at de mest stabile forhold finnes ved svak vind. I østlig sektor viser figuren temperaturøkning med høyden innenfor sektor 030 - 230° ved vindhastighet 0.5-3 m/s. Dette er da svakt sig av luft nedover fjellsiden sør for stasjonen eller utover fjorden fra øst.

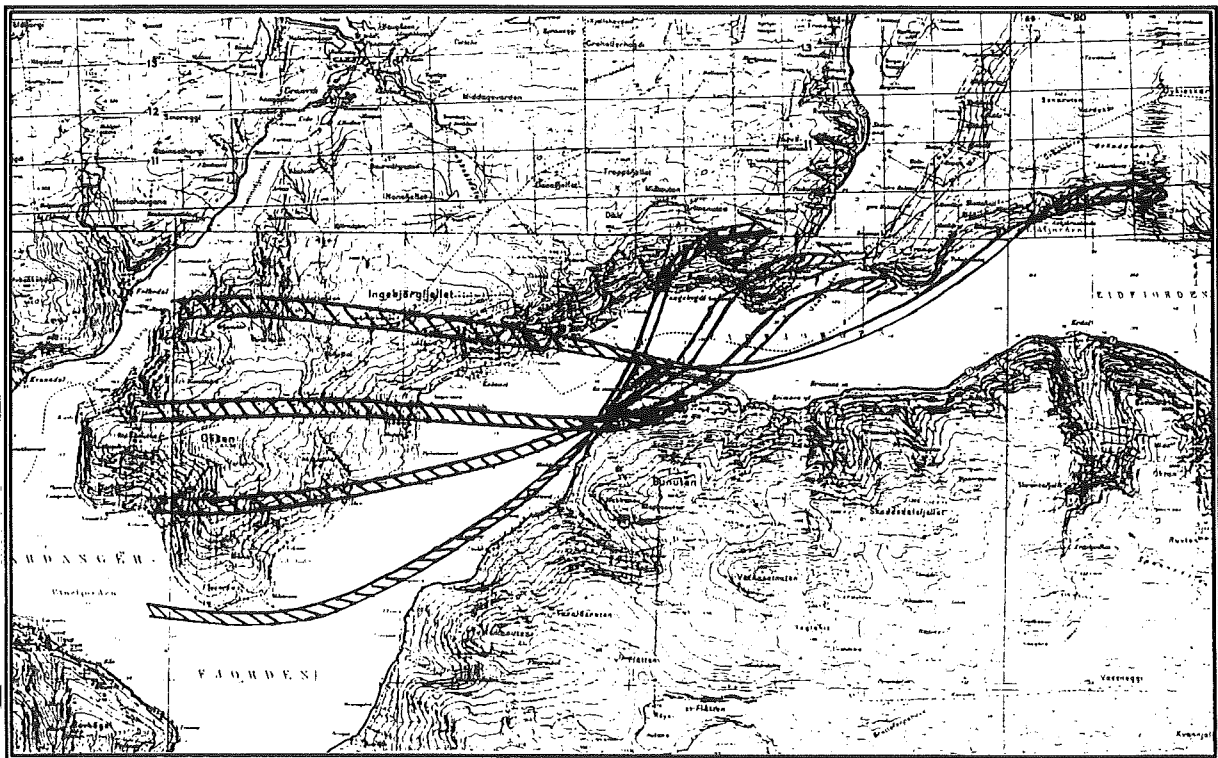
Ved vindhastighet 3-6 m/s er det bare en smal sektor omkring øst (060-110°) som har inversjon. Til gjengjeld er inversjonen ganske sterk omkring (070-100°). Det meget store antall med svak østlig vind, 3-6 m/s, (Tabell 4.1) viser altså temperaturøkning med høyden, samtidig som turbulensintensiteten er lav (Fig. 4.1). Dette indikerer en jevn utstrømning av kald luft i fjordens nedre lag.

Ved økende vindhastighet blir østlig vind mindre stabil og nærmer seg en temperaturgradient på  $-0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . Men nå får sørvestlig til vestlig vind temperaturøkning med høyden. Økningen er særlig markert for vindhastigheter over 20 m/s. Tabell A16 og A17 (Appendiks A) viser dessuten store variasjoner med mange tilfeller med temperaturøkning på over  $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ .

#### 4.5. Strømningsmodell ved sterk sørvestlig til vestlig vind

Temperaturøkningen med høyden ved sterk sørvestlig til vestlig vind kan forklares ved at vinden blåser over og rundt fjellet Oksen. Vindfeltet separeres i den bratte skråningen på sørøstsiden av fjellet. Det settes opp et undertrykk som drar inn luft fra fjorden, dels er dette luft som har strømmet rundt Oksen. Resultatet blir en korketrekkevirlvel som drar sterk vind ned fra fjellet mot Buneset (Fig. 4.5).

Fra ca. 300 moh oppstrøms fjellet er det vanligvis skyluft ved sørvestlig - vestlig vind og temperaturgradienten er fuktigadiabatisk. Vinden i nivå 1000 moh. og høyere har derfor høy potensiell temperatur. Det er denne luften som dras ned mot Buneset. I nederste nivå ved masta kommer luften i større grad fra fjorden og har ikke gjennomgått tilsvarende oppvarmingsprosess.



**Figur 4.5**

*Typisk strømningsbilde ved Bu i en vær-situasjon med sørvestlig til vestlig vind.*

Da en korketrekkevirlvel er en effektiv mekanisme for vertikal vindtransport, forklarer modellen også hvorfor middelvinden lett passerer 20 m/s selv om det bare blåser vestlig

kuling på kysten, samt de høye vindkastene på 50 m/s som 2 ganger er registrert på stasjonen. Forsterkningen over og rundt Buneset hører også med her, men kan alene vanskelig forklare den sterke vinden. Korketrekkevirkelen kan nemlig også forklare hvorledes den sterke vinden blåser øst for Bu. Virvelen drar den vertikalt oppover langs nordsiden av Eidfjorden øst for Vallavik.

Vindretningen på værstasjonen Bu i Eidjord øst for prosjektstasjonen er sørlig til sørsørvestlig og meget turbulent ved vestlig vind i høyden (kap. 5). Dette passer meget godt med antagelsen av en korketrekkevirkel som vil dra luft nedover fjellsiden på sørsiden av Eidfjorden mellom Bu og Brimnes.

## 5. SAMMENLIGNING MED VÆRSTASJONSDATA FRA BU I EIDFJORD

Tabell 5.1 og 5.2 gir sammenligning mellom data fra værstasjonen på Bu (Bu i Eidfjord, beliggende på gården Dokki) og data fra prosjektstasjonen på Buneset (Bu i Hardanger).

Tabell 5.1.

Timevise observasjoner av 10 min. middelvind, jan-april og sep-des, 1989 på Bu ved svak vind.

Horizontal akse: Værstasjonen : Bu i Eidfjord (10m)

Vertikal akse : Prosjektstasjonen : Bu i Hardanger (10m)

Krav: 0.5 m/s < U (Bu i Hardanger, 10m) < 4 m/s

MID og STD gjelder middel og standardavvik for værstasjonen innenfor hver 10° på prosjektstasjonen\*.

	360	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	0	SUM	MID	STD	
360	.	.	1	1	.	1	1	2	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	84	71	
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
20	1	1	.	.	2	.	2	.	2	.	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	81	54	
30	2	3	1	.	2	2	1	3	1	1	2	2	1	1	1	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27	75	60	
40	2	3	3	2	1	1	.	3	1	5	2	1	1	.	1	.	1	1	2	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	34	75	67	
50	2	2	3	3	2	2	2	2	2	.	2	2	1	1	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	35	64	66	
60	2	5	2	4	2	4	6	10	3	3	4	2	3	5	3	1	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	63	78	46	
70	1	6	10	10	6	9	12	8	12	5	9	4	3	8	.	3	1	3	1	.	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	118	72	44		
80	2	2	9	13	11	15	23	27	23	18	15	13	15	7	6	1	6	1	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	211	78	31		
90	3	4	4	10	12	30	46	51	52	36	29	17	20	16	7	5	3	4	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	353	81	32		
100	4	1	1	14	13	37	75	85	71	46	31	18	21	19	5	4	8	4	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	468	79	27			
110	2	1	1	9	4	20	52	55	49	39	21	17	20	24	8	6	1	3	1	.	1	.	.	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	344	87	34			
120	.	.	1	3	2	6	19	23	26	18	17	6	7	8	8	.	4	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	151	88	31		
130	1	.	.	.	.	11	5	7	9	3	3	6	7	5	2	3	1	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	68	96	53		
140	.	1	.	2	2	8	4	5	6	5	4	4	3	3	3	1	2	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	56	91	41		
150	1	.	.	.	.	1	1	5	2	6	3	4	10	2	3	1	3	3	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	48	122	50		
160	1	.	.	1	.	2	.	4	2	2	5	2	2	2	1	2	3	1	1	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	35	128	67		
170	.	.	.	.	.	1	2	.	.	4	2	1	2	2	2	1	5	.	3	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29	134	44		
180	1	.	1	1	.	2	2	4	10	3	2	3	.	2	.	1	3	1	5	1	2	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	46	122	69			
190	2	.	.	.	.	1	4	2	6	3	1	2	1	4	3	1	10	7	1	1	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	56	154	64		
200	.	.	.	1	.	2	1	4	2	3	2	5	5	4	4	3	3	5	4	12	4	5	1	2	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	70	146	48		
210	1	.	.	1	.	3	.	4	3	4	2	6	5	10	.	2	6	7	19	11	6	4	1	3	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	102	157	56			
220	1	.	.	1	.	3	1	5	2	3	4	6	2	1	4	1	2	10	18	23	22	16	5	1	1	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	135	173	52		
230	.	.	.	.	.	2	4	5	.	7	10	4	5	3	4	3	2	11	27	9	24	24	11	5	2	4	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	168	173	51		
240	.	.	.	.	.	2	1	3	5	5	4	5	8	6	6	3	2	6	12	13	20	22	12	9	3	3	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	153	174	52		
250	1	.	.	.	.	1	1	2	4	2	7	7	3	3	1	.	5	5	7	4	10	16	7	5	5	5	.	.	1	.	1	.	.	.	.	103	177	54			
260	.	.	.	.	.	1	4	1	6	8	1	1	4	3	1	1	.	1	4	1	5	5	1	1	1	1	.	.	1	1	.	1	.	.	.	59	154	71			
270	.	.	.	.	.	1	1	4	2	2	3	2	2	.	.	.	1	1	5	1	2	2	2	4	2	2	.	.	1	1	.	1	.	.	.	43	170	78			
280	.	.	.	.	.	2	1	3	.	3	3	2	2	2	2	.	.	.	1	1	1	1	1	2	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	29	136	66			
290	1	.	1	.	.	2	1	2	4	1	1	1	2	1	.	1	.	1	2	.	2	1	2	.	2	.	.	1	.	2	2	.	.	.	.	32	163	96			
300	1	1	.	.	.	1	.	2	1	2	.	2	.	.	.	1	.	1	.	1	.	2	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18	167	99			
310	.	.	.	.	.	1	1	1	2	1	1	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	4	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	177	90			
320	.	.	.	.	.	1	1	1	.	3	2	2	1	1	1	.	.	1	1	2	3	1	2	3	1	2	1	.	.	1	.	.	.	.	.	28	172	82			
330	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	2	3	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	144	50		
340	.	.	1	.	.	1	1	.	1	1	.	2	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	107	65			
350	.	1	.	.	.	1	1	1	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	143	102			
0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00			
SUM	32	31	39	76	59	175	273	334	307	249	198	151	159	144	79	47	67	85	137	81	110	111	53	45	25	20	6	1	5	8	10	4	3	4	9	19	1	3157			

\* Ved beregning av MID og STD er tilfelle som passerer 360° fratrukket 360° dersom de naturlig hører til østlig sektor.

Tabell 5.2.

Timevise observasjoner av 10 min. middelvind, jan-april og sep-des, 1989 på Bu ved sterk vind.

Horisontal akse: Værstasjonen : Bu i Eidfjord (10m)  
 Vertikal akse : Prosjektstasjonen : Bu i Hardanger (10m)  
 Krav: U (Bu i Hardanger, 10m) > 4 m/s

MID og STD gjelder middel og standardavvik for værstasjonen innenfor hver 10° på prosjektstasjonen<sup>\*</sup>.

	360	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	0	SUM	MID	STD		
360	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
20	2	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	14	13	
30	4	1	6	2	.	1	1	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	20	26	40		
40	4	6	13	5	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	34	23	30		
50	6	6	14	13	4	.	2	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	54	24	29		
60	4	6	19	20	7	2	4	1	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	69	29	23			
70	2	3	20	33	12	3	11	4	3	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	95	38	21		
80	.	1	14	31	26	15	3	.	1	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	96	39	17		
90	1	.	6	17	21	23	19	9	7	4	1	2	3	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	115	55	26			
100	.	.	1	5	6	17	29	35	16	6	5	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	123	66	18		
110	1	.	1	1	1	2	18	14	23	19	5	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	88	76	19		
120	.	.	.	.	.	3	4	2	6	4	2	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24	81	22		
130	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	110	17		
140	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	.	2	.	1	.	1	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	121	53			
150	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	125	07		
160	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	210	170		
170	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00	
180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	210	14		
190	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	158	38		
200	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	51	181	09	
210	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10	71	56	21	10	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	174	187	14			
220	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	2	2	48	79	62	43	12	2	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	256	195	15			
230	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	8	41	58	66	43	16	5	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	243	206	15			
240	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	4	13	32	30	30	14	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	129	207	22			
250	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	9	15	16	13	6	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	62	218	14			
260	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	5	7	4	3	3	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	28	215	20			
270	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	4	2	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	221	14			
280	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	1	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	234	19			
290	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	220	14			
300	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	220	14			
310	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	198	32			
320	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	250	00			
330	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00		
340	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00		
350	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00		
0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00		
SUM	24	23	96	128	78	69	93	65	57	46	20	7	13	5	1	3	4	31	165	200	192	181	114	52	27	6	3	0	0	1	0	0	0	2	2	9	0	1717				

\* Ved beregning av MID og STD er tilfelle som passerer 360° fratrukket 360° dersom de naturlig hører til østlig sektor.

Med svak vind menes middelvind,  $U < 4.0$  m/s i 10 m nivå på Buneset, med sterk vind menes middelvind,  $U > 4.0$  m/s samme sted.

Det er intet som tyder på at prosjektstasjonen er ute av kalibrering, da alle hovedretninger og alle minima stemmer meget godt med fjorformasjonen.

Værstasjonen har retning som er dreiet 0 - 60° mot klokken i forhold til prosjektstasjonen. Imidlertid er avviket forskjellig for de forskjellige vindregimer. Ved sterk nordøstvind eksisterer en smal linje, 020 - 040°, som kan tilskrives tilbakestrømning fra Osafjorden. Dette er en indikasjon på at det heller ikke på værstasjonen er retningskalibreringsfeil.

Prosjektstasjonen (10 m høyde) har retningskonsentrasjoner omkring 070 - 110° ved svak vind og 050 - 110° ved sterk vind, med flatest maksimum ved sterk vind. Dessuten er der en markert konsentrasjon på 210 - 240° for alle hastigheter (Tabell 5.1 og 5.2).

Værstasjonen (10 m høyde) har retningskonsentrasjoner omkring 050 - 130° (svak vind) og 020 - 080° (sterk vind), samt omkring 170 - 210° (svak vind) og 180 - 220° ved sterk vind. (Tabell 5.1 og 5.2).

### Terrengføringer

Tabell 5.1 og 5.2 viser at både værstasjonen og prosjektstasjonen har tydelige terrengføringer av vinden. Grovt sett er føringene noe mer markert på prosjektstasjonen.

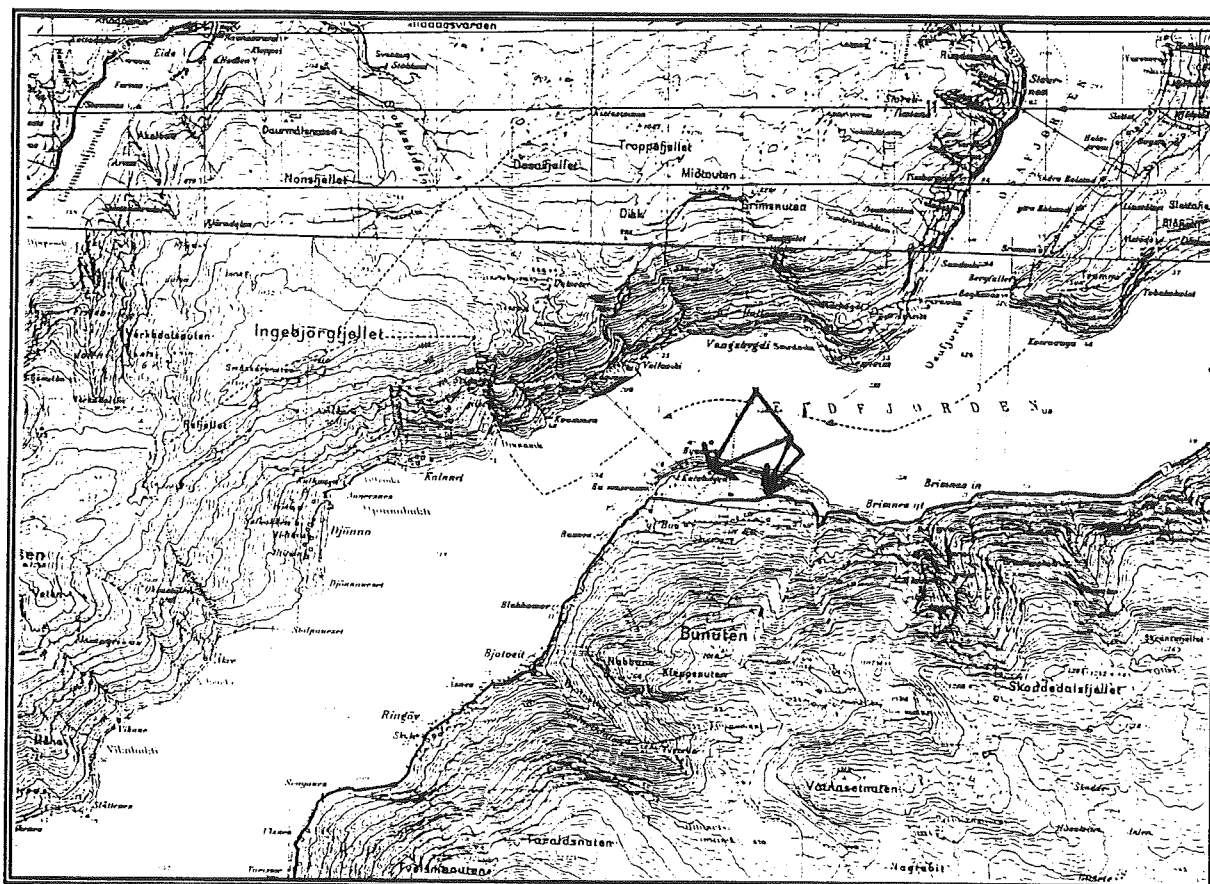
Østlige vinder på Bu har et noe spesielt mønster:

Svak østlig vind er skarpt ført på Buneset til rent østlig vind (080 - 110°), mens retningen på Dokki kan være nordnordøst til sørøst (050 - 130°). Svak østlig vind er hyppig på Bu. En rask oversikt over en del vær-situasjoner tyder på at svak østlig vind eksisterer i 2 typiske regimer. Situasjoner med svake trykkfelt og sterk utstråling synes å gi slik vind som en ren drenasjevind ut fjorden.

Svak østlig vind oppstår også i situasjoner med sterk sørlig vind i høyden. Denne vindretningen gir dårlig vekstvilkår for kraftige virvler i fjorden. Østlig vind ved Bu viser at det må være lokalt høyere trykk i indre Eidfjord enn vest for Bu. Dette kan skyldes at suget er større på lufta ute i fjordbassenget vest for Bu enn i de mer trange farvann øst for Bu.

Vinden er i begge tilfelle relativt jevn og svak. Det ser ut til at begge regimer gir østlig vind både på Dokki og ute på Buneset, dvs. vinden følger fjordretningen fra øst. Dog er kanaliseringen skarpest ved Buneset.

Sterk vind omkring nordøst til østnordøst (030 - 080°) på Buneset er skarpt ført til nordnordøst (020 - 040°) på Dokki. Det er også en markert føring til rent østlig vind (090 - 110°) på Buneset ved sterk vind, men da er vinden på Dokki nordøst til øst (050 - 100°). Konklusjonen er at sterk østlig til nordøstlig vind ved Bu er dreiet mer opp mot nordøst på værstasjonen enn ute på Buneset. Kontinuitetshensyn tilsier da at vinden tvinges oppover fjellsiden mot Bunuten (Figur 5.1).



**Figur 5.1**

*Samtidig vindretningssektor på prosjektstasjonen ute på Buneset og værstasjonen Bu i Eidfjord når vindretningen på Buneset er i sektor 030 - 080°.*

Tabell 5.3 gir en oversikt over hvorledes sterk østlig vind fordeler seg på Utsira, og hvorledes det i slike tilfelle blåser på Bu. Vi har der oppført alle tilfelle på Dokki når vinden på Utsira var hhv. 050 - 110° og 120 - 150° og  $U(\text{Utsira}) \geq 5B$  for 1988 - 1992, kl. 07, 13 og 19 hhv. Dette ble 65 og 184 tilfelle. Tabell 5.3 viser at selv om det er noe større sjanse for sørøstlig vind på Dokki når vindretningen på Utsira er sørøstlig, så er hovedinntrykket at vindretningen er styrt nordøst både ved nordøstlig til østlig og sørøstlig vind på Utsira.

Tabell 5.3.

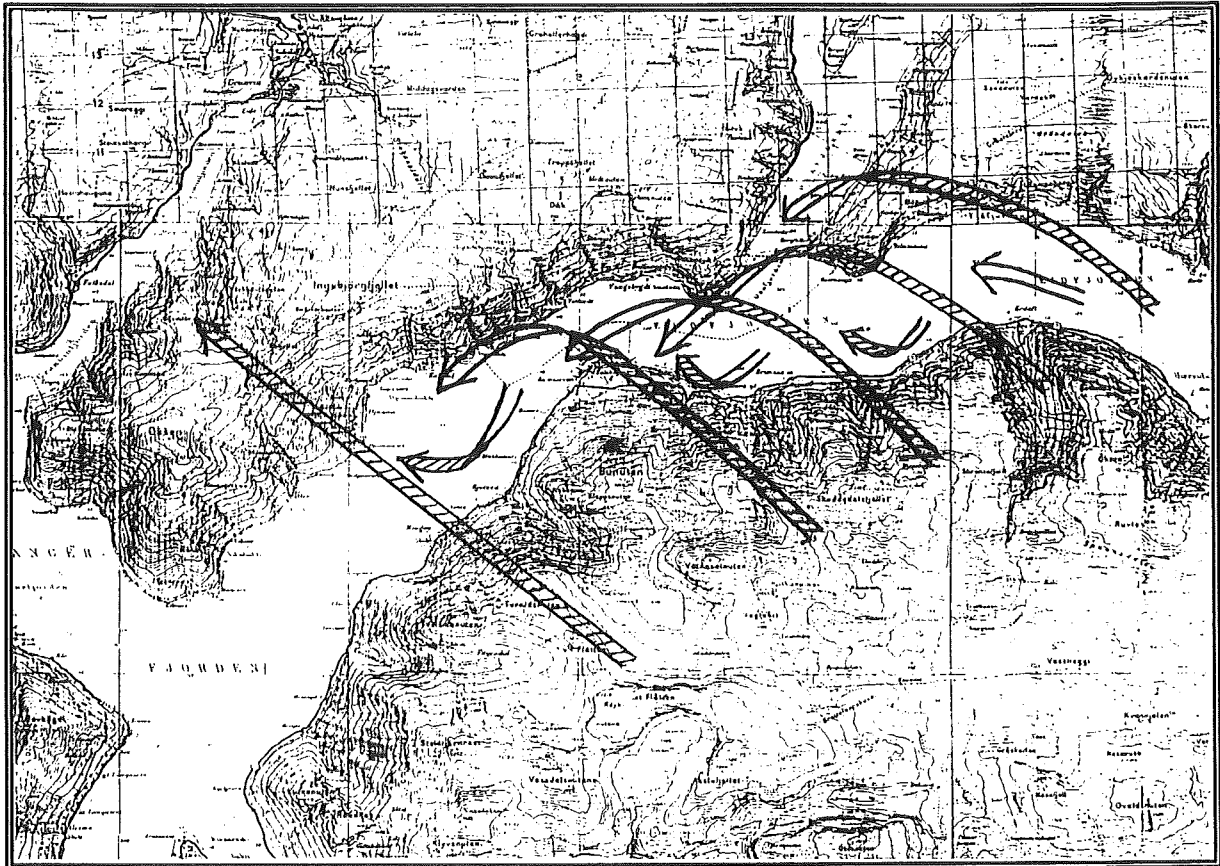
Vindretningsfordeling på Eidfjord - Bu (Dokki) når vindretningen på Utsira er nordøstlig til østlig (050 - 110°) og sørøstlig (120 - 150°) hhv. og vindstyrken på Utsira er frisk bris eller høyere ( $\geq 5$  B).

SEKTOR DOKKI	ANTALL TILF., DOKKI		REL. FREKV., DOKKI	
	VED UTSIRA 050-110°	VED UTSIRA 120-150°	VED UTSIRA 050-110°	VED UTSIRA 120-150°
350-010°	1	3	1.5	1.6
020-040°	12	28	18.5	15.2
050-070°	20	47	30.8	25.5
080-100°	11	29	16.9	15.8
110-130°	9	22	13.8	12.0
140-160°	6	29	9.2	15.8
170-190°	2	4	3.1	2.2
200-220°	0	2	0.0	1.1
230-250°	0	6	0.0	3.3
260-280°	1	0	1.5	0.0
290-310°	0	0	0.0	0.0
320-340°	0	2	0.0	1.1
STILLE	3	12	4.6	6.5

Tabell 5.3 viser at det er langt flere tilfelle med sørøstlig sterk vind enn østlig + nordøstlig sterk vind på kysten, mens vi tidligere har sett (Tabell 4.1 og 5.2) at nordøstlig til østlig vind dominerer på Bu. Dersom vi antar at vinden over fjellet ved Bu har omtrent samme retning som på Utsira, har vi en rimelig grei forklaring på vindmønsteret ved Bu: Sørøstlig vind akselereres på lesida av Langfjella (3). Lokalt oppstår det lett spiralvirvler ved vind på skrå utover de bratte partiene sør og øst for Bu. Vinden vries ned på nordsiden av fjorden, tildels i Osafjorden, og strømmer tilbake som en nordøstvind på bakken, se Figur 5.2. Ute på Buneset er denne delvis kanalisert som en østlig vind. Mønsteret er imidlertid ikke helt fastlåst, idet uregelmessigheter i fjellformasjonene og forskjellige typer luftstrømning i høyden (vindhastighet, vindretning, statisk stabilitet) kan generere forskjellige typer virvler og/eller fjellbølger som kan komplisere bildet. Dette gir flere muligheter., feks. sørøstlig

strømning på skrå nedover fjellsiden sør for Bu.

Noe av den nordøstlige sterkvinden (030-060° på Buneset) strømmer som en nordlig vind på værstasjonen (Tabell 5.2), hvilket i sterk grad indikerer rotasjon og vertikal stigning.



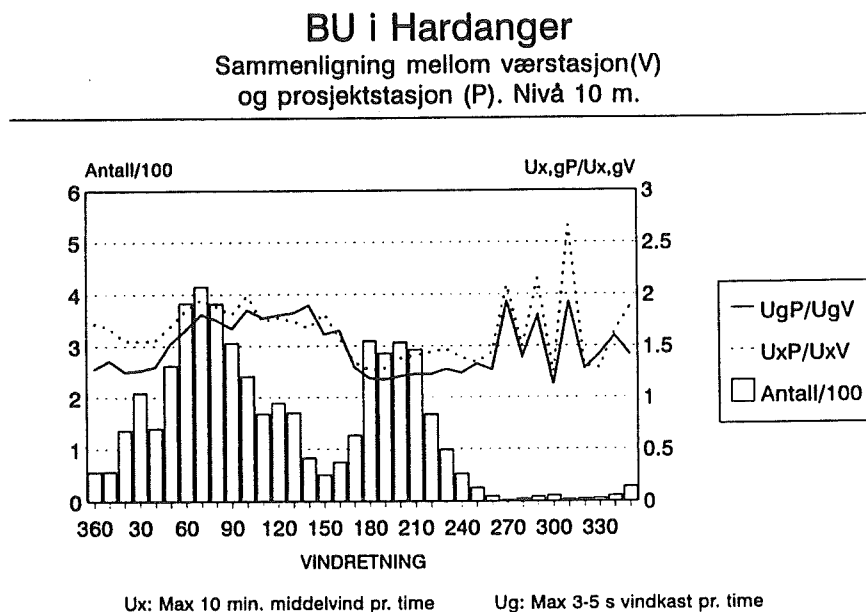
**Figur 5.2**

*Karakteristisk strømningsmønster ved Bu ved sørøstlig høydevind.*

Sørvestlig vind er mer sørlig på værstasjonen enn ute på Buneset. Dette betyr at det er rettet en fralandskomponent fra værstasjonen og ut mot fjorden. Denne må komme nedover fjellsiden ved Bunuten. Dette passer bra med antagelsen om en korketrekkevirkning fra Oksen mot Buneset, der luften stiger på nordsiden av fjorden og har nedoverrettet vertikalkomponent ved Buneset (Figur 4.5).

Solgangsvind blåser fra sørvest på stedet. Slik vind er imidlertid bare i liten grad med i denne sammenligningen som omfatter månedene september - april.

Figur 5.3 gir en sammenligning av vindhastighetene på de 2 stasjonene (10 m nivå). Figuren er plottet med vindretningen på Dokki som x-akse. Antall observasjoner for hver 10. grad er gitt som søyler, mens den heltrukne linjen ~~kurvene~~ gir forholdet mellom maks. kast hver hele time på de 2 stasjonene. Tilsvarende gir den strekede kurven forholdet mellom maks. 10 min. middelvind hver hele time på de 2 stasjonene. Figuren viser jevne kurver der datagrunnlaget er stort (350 - 240°) og mer hakkete kurver der det er lite (250 - 340°). Den hakkete kurvedelen bør leses med varsomhet på grunn av de få data som ligger til grunn. Kurvene er dannet ved å summere alle data på hver stasjon først og deretter dividere. Dette gir størst innflytelse av store vindhastigheter og kan tolkes som typiske forhold ved moderat til sterk vind.



**Figur 5.3**

*Sammenligning av vindhastigheten på de 2 stasjonene Bu i Hardanger og Bu i Eidfjord fordelt på retning. Sammenligningen gjelder 10 m nivå og vindretningen er referert til værstasjonen Bu i Eidfjord. Data er hentet fra 01.01. - 30.04. og 01.09. - 31.12. 1989. Hastighetskrav er  $U(10min, værstasjon) > 4.0$  m/s.*

Figuren viser at

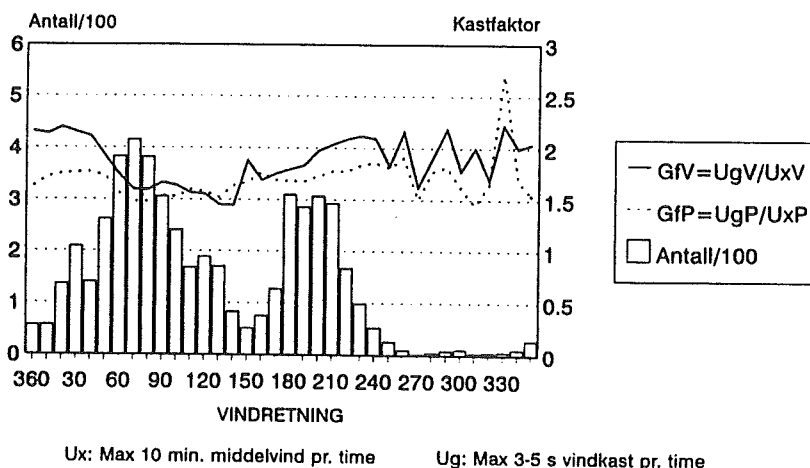
- det er sterkest vind på prosjektstasjonen
- det er større prosentforskjell mellom middelvindhastigheten enn mellom maksimal kashastighet (prosjektstasjonen har ca. 50% høyere vindkasthastighet og 60% høyere middelvindhastighet)
- det er størst forskjell ved sektor 060 - 160° (mens 250 - 340°

er usikker)

-det er minst forskjell ved sektor 180 - 220° (20 og 30%) og (for kast) ved 020 - 030° (25%).

### BU i Hardanger

Sammenligning mellom værstasjon(V)  
og prosjektstasjon (P). Nivå 10 m.



**Figur 5.4**

*Sammenligning av kastfaktorene på de 2 stasjonene Bu i Hardanger og Bu i Eidfjord fordelt på retning. Sammenligningen gjelder 10 m nivå og vindretningen er referert til værstasjonen Bu i Eidfjord. Data er hentet fra 01.01. - 30.04. og 01.09. - 31.12. 1989. Hastighetskrav er  $U(10min, værstasjon) > 4.0$  m/s.*

Figur 5.4 viser at kastfaktorene gjennomgående er størst på Dokki, typisk 1.8 mot 1.6. Legg merke til sektor 20 - 30° som har kastfaktor på 2.1 - 2.2 på Dokki, men bare 1.7 - 1.8 på værstasjonen.

Mønsteret passer godt med det som kan forventes. Stasjonen ute på Buneset er ventelig utsatt for mer strømlinjeforsterkning over og rundt neset. Derved øker vindhastigheten, spesielt middelvinden, og kastfaktoren går ned.

**Konklusjon:** Det blåser mer ute på Buneset enn på gården Dokki i nivå 10m. Fra før har vi at vinden øker kraftig med høyden ute på neset. Vinden er mer kanalisert ute på neset, og den er jevnere enn på Dokki. Dette stemmer godt med den alminnelige oppfatning i området, nemlig at det blåser vesentlig mer ute på fjorden enn det værstasjonen på Dokki viser.

## 6. EKSTREMVINDSTATISTIKK

### 6.1. Sammenligning med andre stasjoner ved sterk vind

På Bu har vi observasjoner i vel 4 år. Disse data kan sammenlignes med data fra nærliggende stasjoner med god eksponering og lange datarekker, såkalte referansestasjoner. Det er to stasjoner som peker seg ut som aktuelle referansestasjoner, nemlig Utsira fyr og Hellisøy fyr.

Vi har foretatt en sammenligning mellom samtidige vindobservasjoner på de tre stasjonene:

Det viser seg at når vinden på Utsira og Hellisøy ligger i sektor 230 - 290°, vil vinden på Bu blåse innover fjorden fra sørvest eller vest. Begge referansestasjonene indikerer dette. Siden stasjonene ligger hhv. nord og sør for Bu, benyttes begge stasjonene i analysen og resultatene midles til slutt.

Når vinden blåser fra øst (050 - 150°) på kysten er Utsira langt bedre som referansestasjon enn Hellisøy. Hellisøy er for mye skjermet for rent østlig til nordøstlig vind (050 - 110°). Videre viser det seg at vind omkring 160 - 170° på Utsira ofte blåser fra 150° på Hellisøy pga. av fjorden innenfor. Slik vind er ustabil på Bu, og gir svakere vind enn på Utsira. Den bidrar ikke til ekstremene. Dersom vinden på Utsira er 140 - 150° derimot, blåser det sterkt på Bu. Vindretningen på Hellisøy synes også nå å ligge på 140 - 150°.

Ved østlig vind forkastes derfor Hellisøy som referansestasjon for Bu.

Det er aktuelt å dele østlig vind på Bu i to grupper. Vindretningen på Utsira bestemmer inndelingen. Når vinden på Utsira ligger på sørøst, 120 - 150° har vi gruppe 1), når den ligger på nordøst eller øst (050 - 110°) har vi gruppe 2). Vindretningen på Bu kan være nordøst, øst eller sørøst i begge disse gruppene, men vinden på Utsira er forholdsvis sterkere fra sørøst enn fra nordøst - øst.

Ved vind utenom disse sektorene på Utsira er vinden på Bu redusert og bidrar ikke til ekstreme vindlaster. Rett nok vil en orkan fra 160 - 170° kunne gi storm på Bu, og til-

svarende fra 210 - 220° og 300 - 320°. Noen få tilfelle som ligger helt på grensene er tatt med dersom vinden på Bu har vist seg spesielt sterk i forhold til referansestasjonene.

I Tabell 6.1 - 6.4 er middelvind fra sørvest - vest på Hellisøy og Utsira, fra sørøst, øst og øst - sørøst på Utsira stillet opp mot vind fra Bu. I Tabell 6.5 - 6.6 er middelvind og vindkast på Bu stillet opp mot hverandre. Tabellene angir sorterte verdier for ekstremepisoder, der episodene er definert etter følgende kriterier:

1. Det tas med omtrent så mange episoder at forholdet mellom sterkeste og svakeste vindmaksimum er 3/2.
2. To stormer skal være tydelig adskilt, vindhastigheten på Bu (45m) skal falle til under 10 m/s mellom to påfølgende episoder.
- 3a. Vindretningen på Hellisøy og Utsira skal være i sektor 225 - 295°.
- 3b. Vindretningen på Utsira skal være i sektor 115 - 155°.
- 3c. Vindretningen på Utsira skal være i sektor 045 - 115°.

Punkt 3a. omfatter alle tilfelle med sterk vind inn fjorden. Det spiller relativt liten rolle hvor i denne sektoren vind- retningen på kysten ligger, men vindhastigheten på Bu faller raskt ved dreining av kystvinden bort fra denne sektoren. Vindretningen på Bu vil typisk ligge i sektoren 210 - 240°.

Punkt 3b og 3c omfatter sterk fralandsvind. Det er utført en oppdelt analyse i denne sektor, fordi overføringen fra kysten til Bu varierer innenfor sektoren, og fordi eksponeringen av kyststasjonene varierer. Det er også gjort en samleanalyse der 3b og 3c er slått sammen.

Maksimal 10 min. middelvind fra hver av stormene som oppfyller kriteriene 1, 2 og 3a sorteres i fallende rekkefølge for hver av de tre stasjonene. I de samme episodene sorteres også maksimum vindkast med 1 minutts varighet og 3 sekunders varighet for Bu (45m). Sammenligning av et gitt antall episoder der denne rekkefølgen bestemmer hvilke stormer som skal være med, har den fordel at en del støy elimineres. Denne støyen framkommer dersom man hele tiden direkte sammenligner samme storm på de tre lokalitetene og skyldes tilfeldigheter og særegenheter i luftmassen ved hver enkelt storm.

Tabell 6.1 viser at det er 17 tilfelle med sørvestlig vind over 25 m/s på Bu. Tabellen illustrerer også at de samme stormene får noe forskjellig plass i rekkefølgen for de tre stasjonene.

Tabell 6.2 viser at det er 12 tilfelle med østlig vind over 20 m/s på Bu og 20 tilfelle over 18 m/s når vinden på Utsira er sørøstlig. Vind fra sørvest - vest og sørøst blir omtrent like sterk på Utsira i det lange løp (4). At dette ikke vises her skyldes at måleperioden ikke er representativ for en lengre tidsperiode. Tabell 6.1 og 6.2 viser at det i registreringsperioden var langt mer sterk sørvestlig til vestlig vind enn det var sørøstlig vind på Utsira. Tabell 6.1 og 6.2 indikerer derfor at det må ventes hyppigere tilfeller med sterk østlig vind på Bu enn det som hittil er registrert. Disse forhold blir nøyere diskutert i kap. 6.3.

Tabell 6.3 viser at det er mye sterkere vind på Bu enn på Utsira ved nordøstlig til østlig vind på kysten. Men et raskt overslag viser likevel at den sterkeste østlige vinden på Bu kommer når vinden på Utsira er sørøstlig.

Tabell 6.5 og 6.6 viser vindhastigheter fra Bu(45m) med midlingstider 10 minutter, 1 minutt og 3 sekunder, plukket ut etter kriterium 1, 2 og 3, og sortert i stigende orden for hver midlingstid. All østlig vind på Bu er imidlertid slått sammen i Tabell 6.6. Tabell 6.5 viser at det er registrert 2 tilfelle med vindkast på ca. 50 m/s ved vestlig vind på Bu. Det gjelder 5.3.90 (49.7 m/s) og 1.1.92 (50.2 m/s). Sistnevnte var under den velkjente orkanen på Nordvestlandet som altså også gav en del høye vindkast i Hordaland.

Tabell 6.5 og 6.6 viser at det i 20 stormer er notert vindkast over 33 m/s fra vest og i 20 stormer vindkast over 28 m/s fra øst. I totalt 24 stormer er det notert vindkast over 33 m/s.

**Tabell 6.1.**

*Sammenstilling av de 20 sterkeste episoder med sørvestlig til vestlig middelvind på Bu, Utsira og Hellisøy 11.11.88 - 31.07.92\*.*

	BU (45m)		UTSIRA		HELLISØY	
	DATO	U <sub>10min</sub>	DATO	U <sub>10min</sub>	DATO	U <sub>10min</sub>
1	15.01.89	34.37	17.01.90	31.9	01.01.92	30.8
2	29.01.89	33.21	20.12.91	29.3	17.01.90	25.7
3	01.01.92	31.68	22.12.88	27.2	20.12.91	25.7
4	16.01.89	29.23	11.03.90	26.2	15.01.89	24.7
5	20.02.90	28.16	01.01.92	26.2	24.09.91	24.7
6	05.03.90	28.09	15.01.89	25.7	23.12.91	24.7
7	30.12.88	27.45	19.09.90	25.7	29.01.89	24.4
8	23.12.91	27.15	29.01.89	25.2	22.12.88	24.2
9	24.03.90	26.37	24.03.90	25.2	05.03.90	24.2
10	02.01.92	26.33	19.01.90	24.7	22.02.92	24.2
11	22.12.88	26.15	20.02.90	24.7	09.10.90	23.1
12	08.01.89	26.05	05.03.90	24.2	18.02.90	22.6
13	20.02.90	25.96	19.02.90	24.2	12.03.92	22.6
14	09.10.90	25.47	05.02.89	23.6	20.02.90	22.1
15	05.03.90	25.18	20.01.90	23.6	05.02.89	21.6
16	13.12.91	25.10	02.01.92	23.1	19.09.90	21.6
17	15.01.90	25.04	12.03.92	23.1	13.12.91	21.6
18	07.03.90	24.90	18.04.92	23.1	03.01.92	21.6
19	17.01.90	24.84	16.01.89	22.6	19.02.90	21.1
20	28.01.89	24.75	16.01.90	22.6	24.03.90	21.1

\*Hellisøy nedlagt/endret pr.31.07.92, derfor er høsten 1992 ikke tatt med.

**Tabell 6.2.**

*Sammenstilling av de 20 sterkeste episoder på Bu (45m) og Utsira (m/s) når vinden på Utsira er sørøstlig, (120 - 150°), 11.11.88 - 31.12.92.*

	BU (45m)		UTSIRA	
	DATO	U <sub>10min</sub>	DATO	U <sub>10min</sub>
1	10.04.89	26.25	25.11.92	23.1
2	28.10.90	25.28	28.10.90	22.6
3	12.02.90	22.64	23.11.92	22.6
4	02.01.91	21.78	02.01.90	22.1
5	28.01.90	21.19	11.04.89	21.6
6	18.12.89	21.17	04.12.88	21.1
7	25.11.92	21.15	10.04.89	21.1
8	05.04.91	20.91	20.12.89	20.6
9	20.01.90	20.73	04.01.90	20.0
10	11.04.89	20.30	09.02.91	20.0
11	03.12.88	20.23	11.09.92	20.0
12	03.11.89	20.10	18.12.89	19.5
13	04.12.88	19.93	22.02.91	19.5
14	09.11.89	19.40	10.11.92	19.5
15	26.04.92	19.25	12.12.90	19.0
16	24.03.89	19.08	24.03.89	18.5
17	15.04.90	18.98	04.11.89	18.5
18	28.02.91	18.94	26.04.92	18.5
19	23.11.92	18.28	28.01.90	18.0
20	20.12.89	18.08	03.11.89	17.5

**Tabell 6.3.**

*Sammenstilling av de 10 sterkeste episoder på Bu (45m) og Utsira (m/s) når vinden på Utsira er østlig, (050 - 110°), 11.11.88 - 31.12.92.*

	BU (45m)		UTSIRA	
	DATO	U <sub>10min</sub>	DATO	U <sub>10min</sub>
1	25.02.89	25.09	27.10.92	21.6
2	24.11.90	24.52	25.01.90	20.0
3	25.01.90	23.60	05.02.89	19.0
4	08.12.90	20.07	24.11.90	18.5
5	09.01.91	19.71	17.12.89	17.5
6	17.12.89	19.49	09.11.89	15.4
7	02.11.92	18.00	17.11.92	15.4
8	09.11.89	17.64	26.02.89	14.9
9	26.02.89	17.64	02.11.92	14.9
10	05.04.89	17.48	06.04.89	13.9

**Tabell 6.4.**

*Sammenstilling av de 20 sterkeste episoder på Bu (45m) og Utsira (m/s) når vinden på Utsira er østlig eller sørøstlig, (050 - 150°), 11.11.88 - 31.12.92.*

	BU (45m)		UTSIRA	
	DATO	U <sub>10MIN</sub>	DATO	U <sub>10MIN</sub>
1	10.04.89	26.25	25.11.92	23.1
2	28.10.90	25.28	28.10.90	22.6
3	25.02.89	25.09	23.11.92	22.6
4	24.11.90	24.52	02.01.90	22.1
5	25.01.90	23.60	11.04.89	21.6
6	12.02.90	22.64	27.10.92	21.6
7	02.01.91	21.78	04.12.88	21.1
8	28.01.90	21.19	18.04.89	21.1
9	18.12.89	21.17	20.12.89	20.6
10	25.11.92	21.15	04.01.90	20.0
11	05.04.91	20.91	25.01.90	20.0
12	20.01.90	20.73	09.02.91	20.0
13	11.04.89	20.30	11.09.92	20.0
14	03.12.88	20.23	18.12.89	19.5
15	03.11.89	20.10	22.02.91	19.5
16	08.12.90	20.07	10.11.92	19.5
17	04.12.88	19.93	05.02.89	19.0
18	09.01.91	19.71	12.12.90	19.0
19	17.12.89	19.49	24.03.89	18.5
20	09.11.89	19.40	04.11.89	18.5

**Tabell 6.5.**

*Sammenstilling av de 20 sterkeste episoder med sørvestlig til vestlig middelvind og vindkast (m/s) på Bu 11.11.88 - 31.12.92.*

	BU I HARDANGER (45m)					
	DATO	U <sub>10min</sub>	DATO	U <sub>1min</sub>	DATO	U <sub>3s</sub>
1	15.01.89	34.37	15.01.89	38.49	01.01.92	50.22
2	29.01.89	33.21	01.02.92	37.38	05.03.90	49.67
3	01.01.92	31.68	29.01.89	36.89	15.01.89	42.92
4	16.01.89	29.23	05.03.90	35.34	29.91.89	41.50
5	20.02.90	28.16	16.01.89	34.20	29.12.91	39.59
6	05.03.90	28.09	20.02.90	32.82	22.12.88	38.79
7	30.12.88	27.45	29.12.91	32.68	23.12.91	38.22
8	23.12.91	27.15	17.01.90	32.04	30.12.88	37.70
9	24.03.90	26.37	24.03.90	31.64	16.01.89	37.41
10	02.01.92	26.33	30.12.88	31.57	20.02.90	36.73
11	22.12.88	26.15	22.12.88	31.34	17.01.90	36.49
12	08.01.89	26.05	23.12.91	31.04	24.03.90	35.94
13	20.02.90	25.96	09.10.90	30.85	05.02.89	35.34
14	09.10.90	25.47	08.01.89	30.74	08.01.89	35.17
15	05.03.90	25.18	20.02.90	30.11	07.03.90	34.49
16	13.12.91	25.10	05.03.90	29.90	04.01.92	34.34
17	15.01.90	25.04	19.03.90	29.40	09.10.90	33.74
18	07.03.90	24.90	28.01.89	28.71	05.03.90	33.31
19	17.01.90	24.84	13.12.91	28.50	23.02.92	33.14
20	28.01.89	24.75	02.01.92	28.44	13.12.91	33.09

**Tabell 6.6.**

*Sammenstilling av de 20 sterkeste episoder med østlig (030-150°) middelvind og vindkast (m/s) på Bu 11.11.88 - 31.12.92.*

BU I HARDANGER (45m)						
	DATO	U <sub>10min</sub>	DATO	U <sub>1min</sub>	DATO	U <sub>3s</sub>
1	10.04.89	26.25	28.10.90	30.55	24.11.90	38.74
2	28.10.90	25.28	10.04.89	29.66	28.10.90	36.40
3	25.02.89	25.09	24.11.90	29.29	02.01.91	36.37
4	24.11.90	24.52	25.02.89	28.85	11.04.89	34.50
5	25.01.90	23.60	25.01.90	28.11	25.02.89	32.06
6	12.02.90	22.64	02.01.91	27.47	18.02.89	31.97
7	02.01.91	21.78	25.02.89	26.60	25.01.90	31.06
8	25.02.89	21.33	09.11.89	25.41	25.02.89	30.93
9	28.01.90	21.19	12.02.90	25.03	25.11.92	30.76
10	17.12.89	21.17	18.02.90	24.83	21.10.89	30.71
11	25.11.92	21.15	04.12.88	24.71	04.12.88	30.65
12	05.04.91	20.91	28.01.90	24.42	05.11.89	30.51
13	11.04.89	20.30	25.11.92	24.19	31.01.90	30.38
14	03.12.88	20.23	17.12.89	23.84	12.02.90	29.88
15	03.11.89	20.10	05.07.90	23.56	17.12.89	29.23
16	08.12.90	20.07	17.12.89	23.27	28.01.90	28.93
17	04.12.88	19.93	05.04.91	23.21	09.11.89	28.80
18	18.02.89	19.86	08.12.90	23.03	05.04.91	28.65
19	09.01.91	19.71	03.11.89	22.98	03.11.89	28.51
20	17.12.89	19.49	03.12.88	22.88	28.02.91	28.33

## 6.2. Beregning av ekstremverdier.

Vi gjør nå et par forutsetninger. Alle data innenfor sørvest - vest respektivt øst - sørøst på Utsira benyttes. Innenfor hver enkelt av disse to sektorer gjelder:

Vi betrakter rekken med årsekstremer som lang rekke. Ut fra denne (1963 - 85) har vi på Utsira beregnet ekstrem vindhastighet med 2, 10, 50 og 100 års returperiode (5). Vi ønsker å oppnå tilsvarende ekstremer på Bu, men vi har ingen lang rekke å analysere. I stedet benytter vi da 4 - årsperioden på Bu og Utsira. Vi plukker de sterkeste episodene fra denne perioden (Tabell 6.1, 6.4). Episodene følger kravene skissert i kap. 6.1. Vi antar nå at

- 1) Episodemaksima er Gumbelfordelt.
- 2) Forholdet mellom middelerdiene i lang og kort ekstremrekke er identisk på begge stasjoner.
- 3) Relativt standardavvik av ekstremverdiobservasjonene er det samme for kort og lang rekke, men kan variere mellom stasjonene.

Under disse tre forutsetninger kan det vises ((1), Appendiks 1) at forholdet mellom ekstremvind tilordnet samme sannsynlighet for overskridelse i lang og kort rekke, er identisk på de to stasjonene. Ved å beregne slike sannsynligheter,  $p$  fra kort rekke på begge stasjonene kan vi altså få fram overføringskoeffisientene,  $kf(p)$

$$U(R)_a = \left[ \frac{u(p)_a}{u(p)_{Ref}} \right] \cdot U(R)_{Ref} = kf(R) \cdot U(R)_{Ref} \quad \text{lign. (6.1)}$$

Her er  $R = R(p)$  [år] returperioden,  $p$  sannsynligheten for overkridelse av  $U$  i lang rekke, og  $u$  i kort rekke.  $_{Ref}$  er referansestasjonen og  $_a$  den aktuelle prosjektstasjonen som bare har kort observasjonsperiode. Som vi ser er overføringskoeffisienten avhengig av returperioden.

Metoden er en videreføring fra kun å benytte midler av kort og lang rekke. Den tar nemlig hensyn til at spredningen kan være forskjellig på stasjonene. Dette er aktuelt på Bu fordi vi der har noen få episoder med meget sterk vind som det er nødvendig å ta spesielt hensyn til.

Forutsetningene om uavhengighet mellom episodene vil selvsagt ikke være oppfylt for korte rekker. Dette er imidlertid et generelt problem ved klimatologisk korrigerings og bidrar til økt

usikkerhet i resultatet. Med en datarekke på 4 år er dette problemet relativt lite.

Forutsetningen om konstant relativt standardavvik vil også ofte svikte. Men det vil da være en tendens til forskyvning på begge stasjoner. Det er ikke sikkert at dette får særlig store konsekvenser, ihvertfall ikke dersom avvikene ikke er for store. Metoden tar fortsatt vare på forskjellen i spredningen mellom stasjonene.

**Tabell 6.7.**

*Gumbelberegninger for lang og kort rekke på Hellisøy, Utsira og Bu ved sørvestlig til vestlig vind,  $U_{10\min}$ . Ekstremforhold med returperioder 2, 10, 50 og 100 år på Bu (lang rekke) er framkommet ved midling av resultater når Hellisøy og Utsira er benyttet som referansestasjon.*

p	T(år)*	1988 - 92			Ovf.koeff.		Lang rekke*		
		He	Ut	Bu	Bu/He	Bu/Ut	He	Ut	Bu
0.50	2	23.3	24.8	26.9	1.15	1.08	24.7	26	29.0
0.10	10	27.2	28.8	31.8	1.17	1.10	27.6	31	33.2
0.02	50	30.7	32.3	36.0	1.17	1.11	30.2	34	36.5
0.01	100	32.1	33.8	37.9	1.18	1.12	31.2	36	38.6

\*Returperiode, T (år) - gjelder lang rekke

**Tabell 6.8.**

*Gumbelberegninger for middelvind og vindkast på Bu ved sørvestlig til vestlig vind. Ekstremforhold med returperioder 2, 10, 50 og 100 år på Bu er framkommet ved å benytte estimatene for lang rekke når Utsira og Hellisøy er benyttet som referansestasjoner.*

BU		1988 - 92			Ovf.koeff.		Lang rekke*		
p	T(år)*	$10_{\min}$	$1_{\min}$	$3_s$	$\frac{1_{\min}}{10_{\min}}$	$\frac{3_s}{10_{\min}}$	$10_{\min}$	$1_{\min}$	$3_s$
0.50	2	26.9	31.7	37.2	1.18	1.38	29.0	34.2	40.0
0.10	10	31.8	36.8	45.7	1.16	1.44	33.2	38.5	47.8
0.02	50	36.0	41.3	53.2	1.15	1.48	36.5	41.2	54.0
0.01	100	37.9	43.2	56.4	1.14	1.49	38.6	44.0	57.5

\*Returperiode, T (år) - gjelder lang rekke

**Tabell 6.9.**

*Gumbelberegninger for lang og kort rekke på Utsira og Bu ved østlig eller sørøstlig vind,  $U_{10min}$  på Utsira.*

p	T(år)*	1988 - 92		ovf. koeff.	Lang rekke*	
		Ut	Bu	Bu/Ut	Ut	Bu
0.50	2	20.3	21.4	1.05	25	26.3
0.10	10	22.7	25.1	1.11	31	34.4
0.02	50	24.9	28.3	1.14	34	38.9
0.01	100	25.8	29.8	1.16	36	41.8

**Tabell 6.10.**

*Gumbelberegninger for middelvind og vindkast på Bu ved østlig vind. Ekstremforhold med returperioder 2, 10, 50 og 100 år på Bu er framkommet ved å benytte estimatene for lang rekke med Utsira som referansestasjon.*

BU		1988 - 92			Ovf.koeff.		Lang rekke*		
p	T(år)*	10 <sub>min</sub>	1 <sub>min</sub>	3 <sub>s</sub>	$\frac{1_{min}}{10_{min}}$	$\frac{3_s}{10_{min}}$	10 <sub>min</sub>	1 <sub>min</sub>	3 <sub>s</sub>
0.50	2	21.4	25.2	31.0	1.18	1.45	26.3	31.0	38.1
0.10	10	25.1	29.6	36.0	1.18	1.43	34.4	40.6	49.2
0.02	50	28.3	33.4	40.4	1.18	1.43	38.9	45.9	55.6
0.01	100	29.8	35.1	42.3	1.18	1.42	41.8	49.3	59.4

\*Returperiode, T (år) - gjelder lang rekke

Ved å sammenligne tabellene (6.7 - 6.10) over østlig og vestlig middelvind på Bu ser vi at ekstremvindforholdene er ganske like for de to retninger. Dette gjelder også mellom ekstremvindforholdene ved sørøst og vest til sørvest på Utsira.

#### Ekstremvind i vilkårlig sektor.

Vi ønsker nå å finne en ekstremverdi med en fastsatt returperiode som ikke er knyttet til noen bestemt vindretning. Vi velger en returperiode på 50 år som eksempel. Sannsynligheten for å overskride denne verdien er 0.02. Dersom 50 - årsverdiene fra øst og vest er like store,

og østlige og vestlige stormer er uavhengige, er det klart at sannsynligheten for å overskride denne verdien fra enten øst eller vest må være større enn 0.02, følgelig er verdien ikke lenger en 50 - årsverdi, kanskje snarere en 25 årsverdi ( $p=0.04$ ). I ((1), Appendiks 2) er det vist at under betingelsen om uavhengighet, kan vi nettopp benytte en summering av sannsynligheter slik dette eksempelet indikerer. Dvs. at dersom ekstremvinden fra de to retninger er identisk, svarer sektorbestemt 100 - årsvind til 50 - årsverdi fra vilkårlig sektor. Dersom ekstremvinden er svært ulik for de to sektorer, vil derimot den høyeste av de sektorbestemte ekstremvinder være tilnærmet lik ekstremvinden fra vilkårlig sektor.

For Bu må det kunne antas at uavhengighet mellom ekstremvind fra øst og vest er oppfylt. Dette fordi det oftest skal to forskjellige vær-situasjoner til for å gi ekstremene. Vi har derfor benyttet prosedyren med summering av sannsynligheter og resultatet er vist i Tabell 6.11.

**Tabell 6.11.**

*Ekstremverdier av middelvind og vindkast (m/s) med 2, 10, 50 og 100 års returperiode for Bu i Hardanger. Verdiene er framkommet ved sammenligning av en 4 års måleserie på Bu med data fra fyrstasjonene Hellisøy og Utsira og koblet til lange rekker ved hjelp av data fra fyrstasjonene.*

T	t	ØST	VEST	VILKÅRLIG
2 År	10 min	26.3	29.0	30
	1 min	31.0	34.2	35
	3 s	38.1	40.0	41
10 År	10 min	34.4	33.2	35
	1 min	40.6	38.5	41
	3 s	49.2	47.8	50
50 År	10 min	38.9	36.5	40
	1 min	45.9	41.2	46
	3 s	55.6	54.0	57
100 År	10 min	41.8	38.6	42
	1 min	49.3	44.0	50
	3 s	59.4	57.5	60

### 6.3. Vurdering av måleperiodens representativitet

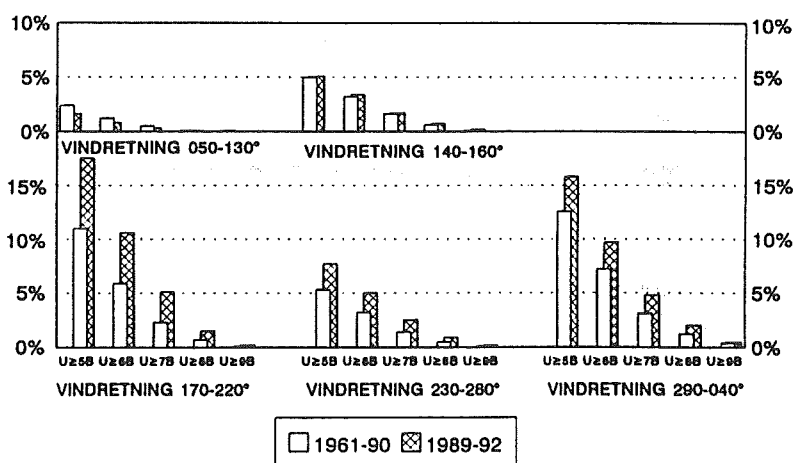
Fig. 6.1 viser akkumulerte frekvenser av moderat til sterk vind på Utsira. I figuren er det plottet verdier fra perioden 01.01.89 - 31.12.92 som tilnærmet svarer til måleperioden (11.11.88 - 15.12.92), mot en langtidsperiode (1961 - 90). I figuren er det benyttet grenseverdiene  $U \geq 5B$  ( $U \geq 8.0$  m/s),  $U \geq 6B$  ( $U \geq 10.8$  m/s),  $U \geq 7B$  ( $U \geq 13.9$  m/s),  $U \geq 8B$  ( $U \geq 17.2$  m/s) og  $U \geq 9B$  ( $U \geq 20.8$  m/s). Dette svarer til frisk bris eller mer, liten kuling eller mer, stiv kuling eller mer, sterk kuling eller mer, samt liten storm eller mer.

Fig. 6.1 viser at det har vært mer sterk vind på Utsira i måleperioden enn det som kan forventes som gjennomsnitt over en lengre periode. Dette gjelder både sørlig, sørvestlig til vestlig, samt nordvestlig til nordlig vind.

En vid sektor omkring øst ( $050 - 160^\circ$ ) skiller seg ut. Omkring sektor  $140 - 160^\circ$  har vært omtrent like mye sterk vind i måleperioden som i langtidsperioden. For mer rent østlig vind ( $050 - 130^\circ$ ) gjelder at det har vært mindre sterk vind enn tilfelle var i langtidsperioden.

## UTSIRA

### SAMMENLIGNING AV STERK VIND I PERIODEN 1989-92 MED PERIODEN 1961-90



**Figur 6.1**

*Akkumulerte frekvenser av sterk vind på Utsira for en lang og en kort periode.*

Dette har visse konsekvenser for måleresultatene fra Bu -masten. Overrepresentasjonen av sterk vind fra sørvest til vest fører til overrepresentasjon av sterk vind fra denne sektor på Bu. Underrepresentasjonen av sterk østlig vind på Utsira fører til underrepresentasjon av sterk østlig vind på Bu.

Det er ikke sikkert at svak østlig vind (0 - 6 m/s) er underrepresentert på Bu fordi slik vind også settes opp ved sørlig vind på kysten, og denne er overrepresentert i perioden. Men østlig svak vind i form av kaldluftsdrenering er nok underrepresentert.

#### 6.4. Ekstremvindforhold på tvers av planlagt bru

Tabell 6.11 gir 100 års verdien ved 45 m høyde på Buneset. Fra vindtunnelundersøkelsen (5) utført ved NTH, har vi at forholdene ved brutraseen 50 m over sjøen rett nord for Buneset, er omtrent de samme som målt i et punkt 50 m over bakken der målemasta er plassert i fullskala. Dette tilsier at forholdene på sørlige del av brua er dekket av dette målepunktet.

Forholdene på nordsiden er noe mer usikre, fordi vi der ikke har noe referansepunkt. Imidlertid er vindtunnelen bare kjørt ved 235° og 090° input vind. Vi har allerede sett at sterk vind ved Bu kan forekomme ved sørøstlig og ved vestlig vind. Dessuten er terrenget i modellen begrenset, viktige fjellformasjoner er ikke, eller bare delvis med. Resultatene må derfor tolkes med forsiktighet. Selv om vindtunnelen indikerer svekning av vindfeltet, spesielt ved vind fra øst, kan det være fornuftig å anta at verdiene på sørsiden av fjorden også gjelder på nordsiden.

Ut fra en oppstilling av alle målte vindhastigheter fordelt på retning og styrke, synes østlig vind å omfatte sektor 030 - 120°, mens vestlig sektor omfatter 210 - 270°. Utenom disse sektorgruppene er hastighetene lavere. De maksimale hastighetene forekommer i noe smalere sektorbelter enn angitt. Ved overføring til brubane og tårn vil det imidlertid være mulig med retningsavvik. Derfor velges å beholde full hastighet innenfor nevnte sektorer.

#### 6.5. Ekstremvindforhold på langs av planlagt bru

Vind på langs av brua kan studeres fra 2 synsvinkler. Det synes som om at vinden kan ha full hastighet på tvers av brua og med en vinkel på inntil ca. 45° mot brua. Dette fører til en komponent på  $U \sin 45 \approx 0.7 \cdot U$ . Dette gjelder både østlig og vestlig vind. Ut fra

registreringene ser vi at det også kan komme sterk vind innenfor sektor 140 - 150°. Slik vind kan ligge på 67% av ekstremt sterk vind fra øst, dvs. den kan bli 65% av ekstremvind uansett sektor, gitt i tabell 6.11. Den kan bli nesten like sterk som største komponent ved vind innenfor ekstremsektoren, se over. Siden vind på 140 - 150° blåser tilnærmet på langs av brua, er det små forskjeller på hvilken betraktningssmåte vi benytter. Overnevnte gjelder 10 min middelvind. Ved vind fra 140 - 150° har vi at turbulensintensiteten,  $I_u$ , ligger da på 0.20 og 3-5s vindkast 1.5 ganger middelvinden.

Angitte verdier gjelder i brunivå. Vindprofilene ved brutårnene er i vindtunnelen målt opp ved 090° og 235°. Ved 140 - 150° finnes ingen informasjon fra vindtunnelen. Ut fra målemasten ser vi at forholdet mellom 30 og 45 m målehøyde er 1.07 - 1.10 i denne sektor, hvilket gir  $n$ -eksponent på 0.20 i lign. 6.2. Det kan antas at dette profilet kan benyttes ved brutårnene siden vinden kommer fra området med målemasten ved nevnte vindretning. Vi benytter derfor profilet i lign. 6.2 med  $n=0.20$  over begge brutårn.

$$\frac{U_2}{U_1} = \left( \frac{Z_2}{Z_1} \right)^n \quad \text{lign. (6.2)}$$

Ved 1 min verdier erstattes  $n=0.20$  med  $n=0.17$ . Ved 3s verdier brukes tilsvarende 0.13. Årsaken er at vindkast alltid dempes mindre mot overflaten enn middelvinden.

Typiske verdier for turbulensintensitet ved sterk vind er 0.20 ved vind langs brua. Verdien gjelder i 50 m høyde. Som høydevariasjon kan settes

$$\frac{I_{u2}}{I_{u1}} = \left( \frac{Z_1}{Z_2} \right)^n \quad \text{lign. (6.3)}$$

med samme  $n$ -eksponenter som ved middelvindprofilet.

Bruk av komponentene  $U_{sin45} \approx 0.7 \cdot U$  ville gitt litt høyere vindhasighet i brunivå og litt lavere vind i topp av tårn fordi profilene har lavere  $n$ -eksponenter. Videre vil dette tilfellet ha litt lavere turbulensintensitet. Det synes da som om den rene langsvinden kan gi noe større belastning på tårnene, men forskjellene er små. Vi ser derfor bort fra tilfellet med komponentvind.

## 7. REFERANSELISTE

## (1) Harstveit, K.:

*Hardangerbrua.*  
*Vindmålinger 11.11.88 - 01.09.90.*  
Oppdragsrapport for Statens Vegvesen.  
DNMI/KLIMA 31/90  
Oslo 1990

## (2) Harstveit, K.:

*Askøy bro.*  
*Vindmålinger på Storebuneset 01.12.87 - 29.02.88.*  
Oppdragsrapport for Statens Vegvesen.  
DNMI/KLIMA 12/88  
Oslo 1988

## (3) Harstveit, K.:

*Luftmassetransport og vindfordeling over Sør-Norge ved sørøstlige vindfelt. En beskrivelse av effekter generert av norske fjell.*  
DNMI/KLIMA 7/87  
Oslo 1987

## (4) Andresen, L., Fikke, S.M., Harstveit, K. og Sunde, A.:

*Extreme Wind Conditions in Digernessundet, Stord.*  
DNMI/KLIMA 51/85  
Oslo 1985

## (5) Sætran, L.R. og Malvik, I.M.:

*Hardangerbrua -*  
*Vindteknisk undersøkelse av terrengmodell i vindtunnel.*  
HOG-rapport 1991:148(C)  
Institutt for Hydro- og gassdynamikk  
Norges Tekniske Høgskole

## **Appendiks A**

**Tabeller over vindparametre målt i masten på Buneset, Bu i Hardanger,  
11.11.88 - 15.12.92**

## Tabell A1

Forholdet mellom vindhastigheten i nivåene  
45/30, 45/10 og 30/10  
Vindretning i 45 m-nivå,  $U(45m) > 10.0m/s$

DD	UF12	UF13	UF23	N12	N13	N23
20	1.363	1.475	1.434	12	16	17
30	1.140	1.479	1.431	153	169	169
40	1.190	1.480	1.429	464	533	534
50	1.092	1.599	1.487	1655	1680	1680
60	1.116	1.701	1.520	2500	2472	2476
70	1.107	1.609	1.450	2018	2019	2022
80	1.079	1.461	1.357	1778	1779	1783
90	1.069	1.390	1.303	840	842	844
100	1.063	1.340	1.262	463	463	463
110	1.074	1.354	1.271	205	206	206
120	1.086	1.404	1.299	73	73	73
130	1.093	1.394	1.285	71	71	71
140	1.095	1.416	1.292	64	64	64
150	1.072	1.363	1.270	9	9	9
160	1.044	1.270	1.214	2	2	2
180	1.018	1.257	1.235	4	4	4
190	1.197	1.358	1.352	17	19	20
200	1.060	1.384	1.347	136	140	140
210	1.048	1.476	1.409	1017	1015	1015
220	1.064	1.544	1.451	2827	2826	2826
230	1.095	1.634	1.492	4297	4280	4287
240	1.144	1.772	1.548	3397	3373	3379
250	1.143	1.846	1.614	1638	1614	1617
260	1.127	1.891	1.674	506	502	505
270	1.119	2.000	1.783	40	39	39
280	1.051	1.847	1.816	13	13	13
290	1.157	1.934	1.842	17	19	20
300	1.289	2.206	2.094	54	67	68
310	1.437	2.101	2.033	70	98	98
320	1.621	1.753	1.781	13	21	21
330	1.007	1.366	1.357	1	1	1
360	1.069	3.285	2.498	1	3	1

## Tabell A2

Gf(1-60 s/10 min) / nivå (45,30,10 m over bakken)  
 Vindretning i 45 m-nivå, U(45m) > 10.0m/s

DD	1/45	1/30	1/10	3/45	3/30	3/10	5/45	5/30	5/10	60/45	60/30	60/10	N3s45m	N3s30m	N3s10m
20	1.47	1.73	1.87	1.42	1.68	1.74	1.39	1.65	1.68	1.21	1.44	1.37	16	18	18
30	1.45	1.50	1.83	1.41	1.46	1.73	1.38	1.42	1.67	1.21	1.22	1.34	169	157	157
40	1.41	1.46	1.77	1.37	1.42	1.69	1.35	1.39	1.63	1.19	1.22	1.31	533	521	521
50	1.39	1.45	1.81	1.36	1.41	1.71	1.33	1.38	1.65	1.18	1.21	1.31	1686	1675	1669
60	1.44	1.53	1.91	1.39	1.47	1.80	1.37	1.43	1.74	1.20	1.23	1.34	2493	2489	2467
70	1.49	1.57	1.90	1.44	1.51	1.80	1.41	1.48	1.74	1.21	1.24	1.33	2016	2012	2015
80	1.52	1.59	1.86	1.47	1.53	1.77	1.44	1.49	1.71	1.22	1.25	1.32	1777	1779	1780
90	1.52	1.58	1.81	1.47	1.52	1.73	1.44	1.49	1.67	1.22	1.25	1.31	842	837	837
100	1.51	1.58	1.78	1.46	1.52	1.69	1.43	1.49	1.64	1.22	1.25	1.30	463	464	464
110	1.52	1.57	1.79	1.47	1.52	1.70	1.43	1.49	1.65	1.23	1.26	1.30	206	207	207
120	1.58	1.66	1.89	1.53	1.60	1.80	1.50	1.56	1.74	1.28	1.31	1.35	73	74	74
130	1.58	1.66	1.89	1.52	1.60	1.80	1.49	1.57	1.75	1.28	1.31	1.36	71	72	72
140	1.52	1.60	1.87	1.47	1.53	1.77	1.43	1.49	1.71	1.25	1.28	1.33	64	64	64
150	1.46	1.53	1.76	1.42	1.46	1.69	1.39	1.43	1.64	1.22	1.26	1.30	9	9	9
160	1.99	1.82	1.95	1.89	1.75	1.85	1.83	1.71	1.80	1.50	1.45	1.47	2	2	2
180	1.90	1.94	2.07	1.86	1.86	1.99	1.82	1.81	1.92	1.53	1.50	1.53	4	4	4
190	1.38	1.40	1.70	1.34	1.35	1.63	1.32	1.33	1.58	1.17	1.17	1.28	20	21	20
200	1.34	1.38	1.65	1.30	1.34	1.57	1.28	1.32	1.51	1.15	1.17	1.23	140	141	140
210	1.42	1.45	1.76	1.38	1.41	1.66	1.35	1.38	1.61	1.19	1.19	1.26	1019	1017	1009
220	1.39	1.44	1.78	1.35	1.39	1.67	1.33	1.37	1.61	1.17	1.18	1.25	2824	2827	2824
230	1.37	1.44	1.82	1.33	1.39	1.71	1.31	1.36	1.65	1.17	1.19	1.25	4279	4300	4281
240	1.38	1.49	1.94	1.34	1.44	1.82	1.32	1.41	1.74	1.18	1.21	1.28	3390	3392	3378
250	1.36	1.48	1.96	1.32	1.43	1.84	1.30	1.40	1.75	1.17	1.21	1.27	1633	1640	1617
260	1.34	1.45	1.98	1.30	1.40	1.85	1.28	1.37	1.76	1.16	1.21	1.29	506	509	505
270	1.39	1.50	2.14	1.35	1.45	1.98	1.33	1.42	1.88	1.19	1.24	1.36	40	40	39
280	1.47	1.54	2.00	1.43	1.49	1.86	1.40	1.46	1.77	1.21	1.26	1.32	13	14	14
290	1.44	1.48	2.10	1.40	1.43	1.95	1.37	1.40	1.84	1.16	1.20	1.32	19	20	20
300	1.38	1.43	2.21	1.34	1.38	2.03	1.32	1.35	1.92	1.15	1.18	1.36	67	68	68
310	1.43	1.46	2.21	1.38	1.41	2.04	1.35	1.37	1.93	1.18	1.19	1.38	98	98	97
320	1.48	1.61	2.06	1.43	1.55	1.91	1.40	1.52	1.82	1.19	1.27	1.44	21	22	22
330	1.66	1.84	1.98	1.61	1.77	1.79	1.60	1.71	1.69	1.27	1.30	1.35	1	1	1
360	2.74	2.45	2.18	2.66	2.42	2.05	2.60	2.39	1.93	2.18	2.04	1.50	9	10	2

Tabell A3

Longitudinal turbulensintensitet  
i nivåene 45, 30 og 10 m over bakken  
Vindretning i 45 m-nivå,  $V(45m) > 10.0m/s$

DD	Iu(45)	Iu(30)	Iu(10)	N12	N13	N23
20	.188	.189	.300	16	17	17
30	.176	.193	.323	169	169	169
40	.158	.180	.293	533	533	529
50	.151	.185	.303	1686	1684	1666
60	.165	.209	.328	2506	2501	2448
70	.180	.213	.319	2028	2017	2004
80	.189	.213	.314	1784	1778	1773
90	.192	.215	.306	841	835	817
100	.196	.217	.283	463	462	446
110	.204	.228	.288	208	207	196
120	.239	.270	.317	74	73	55
130	.237	.271	.314	71	72	61
140	.217	.250	.341	64	64	57
150	.200	.223	.289	9	9	9
160	.240	.240	.270	1	1	1
180	.347	.355	.457	4	4	3
190	.144	.148	.256	20	21	18
200	.130	.137	.236	137	140	141
210	.154	.162	.263	1010	1016	1015
220	.146	.158	.266	2825	2818	2831
230	.141	.165	.285	4287	4288	4282
240	.154	.194	.318	3390	3397	3369
250	.148	.196	.332	1631	1633	1607
260	.139	.196	.349	506	509	501
270	.160	.213	.388	40	40	37
280	.190	.234	.360	13	14	14
290	.145	.171	.383	19	20	19
300	.134	.164	.425	65	68	58
310	.157	.176	.429	96	98	74
320	.172	.185	.424	21	21	18
330	.300	.330	.410	1	1	1
360	.450	.360	.455	4	6	2

Tabell A4

Transversal turbulensintensitet i nivåene 45,  
30 og 10 m over bakken  
Vindretning i 45 m-nivå,  $U(45m) > 10.0m/s$

DD	Iv(45)	Iv(30)	Iv(10)	N12	N13	N23
20	.149	.172	.257	16	18	17
30	.186	.193	.278	169	169	169
40	.169	.178	.255	533	535	535
50	.147	.168	.272	1686	1686	1670
60	.160	.196	.335	2506	2503	2420
70	.178	.210	.334	2027	2020	1866
80	.182	.202	.314	1785	1788	1623
90	.180	.194	.285	839	840	745
100	.172	.185	.245	462	462	437
110	.179	.195	.246	207	206	193
120	.202	.232	.299	74	74	55
130	.197	.230	.293	71	72	58
140	.178	.208	.360	64	64	55
150	.201	.224	.277	9	9	9
160	.375	.385	.405	2	2	2
180	.350	.373	.410	3	3	3
190	.149	.162	.249	20	21	20
200	.117	.124	.202	140	140	141
210	.147	.154	.229	1019	1018	1009
220	.134	.148	.229	2826	2827	2817
230	.124	.144	.240	4292	4302	4272
240	.131	.165	.269	3390	3400	3369
250	.128	.170	.289	1632	1640	1610
260	.120	.167	.301	505	507	502
270	.156	.201	.365	40	40	39
280	.188	.208	.253	13	13	14
290	.148	.174	.297	19	20	19
300	.141	.152	.252	67	68	62
310	.164	.159	.284	98	98	89
320	.196	.182	.297	21	21	21
330	.520	.520	.590	1	1	1
360	.234	.280	.280	5	8	1

Tabell A5

Covariansen mellom avvik langs og på tvers av  
vindretningen 45, 30 og 10 m over bakken  
Vindretning i 45 m-nivå,  $U(45m) > 10.0m/s$

DD	COV45	COV30	COV10	N12	N13	N23
20	-.007	-.009	-.022	16	18	17
30	-.008	-.009	-.019	169	157	169
40	-.006	-.004	-.009	533	520	536
50	-.001	.004	.005	1686	1675	1679
60	.002	.006	.004	2498	2497	2478
70	.002	.002	-.009	2019	2019	2026
80	.000	-.002	-.022	1779	1790	1797
90	-.002	-.003	-.025	842	845	848
100	-.006	-.006	-.020	463	463	464
110	-.006	-.006	-.013	206	207	206
120	-.006	-.005	.013	73	74	71
130	-.002	-.003	.012	71	72	70
140	.001	-.001	.014	64	64	64
150	.004	.004	.006	9	9	9
160	-.110	-.105	-.065	2	2	2
180	-.015	-.005	.050	4	4	4
190	-.002	-.003	.012	20	21	20
200	-.001	-.001	.003	140	141	139
210	-.002	-.002	.002	1016	1018	1018
220	-.002	-.002	-.001	2827	2827	2832
230	-.001	-.001	.000	4294	4303	4276
240	-.002	-.004	.000	3395	3403	3374
250	-.003	-.007	-.006	1636	1640	1615
260	-.002	-.005	-.007	505	509	504
270	-.001	-.003	.005	40	40	39
280	-.006	-.020	-.012	13	14	14
290	.004	.005	-.010	19	20	20
300	.001	-.001	-.007	67	68	68
310	.002	.001	-.006	98	98	96
320	.001	-.001	-.003	21	22	22
330	.040	.040	.050	1	1	1
360	-.018	-.043	-.065	8	9	2

Tabell A6

Eksponent i potensformelen ved bruk av nivåene  
 45/30, 45/10 og 30/10  
 Vindretning i 45 m-nivå,  $U(45m) > 10.0m/s$

DD	n12	n13	n23	N12	N13	N23
20	.083	.254	.310	12	16	17
30	.086	.257	.323	153	169	169
40	.101	.257	.319	464	533	534
50	.172	.307	.358	1655	1680	1680
60	.267	.348	.378	2500	2472	2476
70	.248	.313	.336	2018	2019	2022
80	.186	.251	.274	1778	1779	1783
90	.159	.218	.239	840	842	844
100	.150	.194	.210	463	463	463
110	.163	.200	.214	205	206	206
120	.202	.223	.231	73	73	73
130	.219	.219	.220	71	71	71
140	.222	.229	.232	64	64	64
150	.169	.203	.216	9	9	9
160	.106	.157	.176	2	2	2
180	.045	.152	.192	4	4	4
190	.052	.201	.271	17	19	20
200	.074	.214	.267	136	140	140
210	.116	.258	.310	1017	1015	1015
220	.153	.288	.338	2827	2826	2826
230	.223	.326	.363	4297	4280	4287
240	.330	.379	.397	3397	3373	3379
250	.329	.406	.435	1638	1614	1617
260	.293	.422	.468	506	502	505
270	.275	.458	.525	40	39	39
280	.121	.395	.496	13	13	13
290	.098	.424	.540	17	19	20
300	.125	.507	.653	54	67	68
310	.097	.473	.625	70	98	98
320	.032	.361	.492	13	21	21
330	.016	.207	.278	1	1	1
360	.165	.582	.440	1	3	1

Tabell A7

Koeffisienten i formelen :  $g(t,z)=1+k(t,z)I(z)$   
 GF(1-60 s/10 min) / nivå (45,30,10 m over bakken)  
 Vindretning i 45 m-nivå,  $U(45m) > 10.0m/s$

DD	1/45	1/30	1/10	3/45	3/30	3/10	5/45	5/30	5/10	60/45	60/30	60/10	N3s45m	N3s30m	N3s10m
20	2.51	2.67	2.56	2.26	2.45	2.16	2.10	2.24	1.97	1.09	1.17	0.94	16	18	18
30	2.61	2.63	2.59	2.36	2.39	2.29	2.22	2.23	2.09	1.18	1.16	1.04	169	157	157
40	2.66	2.58	2.62	2.40	2.32	2.31	2.24	2.16	2.12	1.23	1.17	1.03	533	521	519
50	2.69	2.52	2.65	2.42	2.24	2.34	2.25	2.08	2.14	1.21	1.11	1.00	1686	1675	1668
60	2.72	2.55	2.77	2.43	2.26	2.45	2.26	2.09	2.24	1.18	1.09	1.01	2493	2489	2454
70	2.77	2.70	2.81	2.48	2.41	2.50	2.31	2.23	2.29	1.18	1.13	1.02	2016	2012	2007
80	2.79	2.77	2.73	2.52	2.49	2.44	2.34	2.31	2.25	1.16	1.14	1.00	1777	1779	1775
90	2.73	2.70	2.61	2.45	2.42	2.33	2.28	2.25	2.15	1.15	1.13	0.98	842	837	836
100	2.64	2.67	2.67	2.38	2.39	2.37	2.22	2.23	2.19	1.13	1.12	1.00	463	464	463
110	2.57	2.54	2.64	2.30	2.29	2.35	2.14	2.14	2.17	1.10	1.11	0.98	206	207	207
120	2.48	2.47	2.26	2.24	2.22	2.02	2.11	2.07	1.86	1.15	1.14	0.86	73	74	74
130	2.48	2.47	2.54	2.22	2.24	2.27	2.08	2.10	2.11	1.17	1.15	0.99	71	72	72
140	2.44	2.41	2.42	2.17	2.14	2.13	2.00	1.99	1.96	1.15	1.11	0.91	64	64	64
150	2.32	2.35	2.62	2.12	2.04	2.39	1.95	1.91	2.20	1.09	1.12	1.00	9	9	9
160	2.47	2.07	2.21	2.28	1.87	1.94	2.09	1.80	1.83	1.21	1.08	1.07	2	2	2
180	2.91	2.82	2.58	2.77	2.60	2.36	2.64	2.48	2.25	1.61	1.45	1.27	4	4	3
190	2.62	2.67	2.57	2.34	2.38	2.30	2.20	2.20	2.13	1.16	1.07	0.97	20	21	19
200	2.60	2.69	2.75	2.32	2.40	2.38	2.16	2.22	2.16	1.15	1.15	0.94	137	141	140
210	2.70	2.78	2.87	2.43	2.50	2.51	2.26	2.32	2.28	1.18	1.16	0.95	1011	1017	1009
220	2.68	2.76	2.92	2.40	2.48	2.53	2.24	2.30	2.29	1.17	1.13	0.91	2816	2818	2824
230	2.63	2.65	2.87	2.34	2.37	2.49	2.18	2.20	2.25	1.16	1.10	0.87	4271	4286	4279
240	2.49	2.53	2.93	2.21	2.26	2.55	2.05	2.10	2.30	1.12	1.05	0.87	3386	3389	3378
250	2.47	2.44	2.89	2.18	2.16	2.50	2.02	2.00	2.24	1.11	1.03	0.81	1628	1635	1617
260	2.53	2.31	2.79	2.24	2.04	2.42	2.07	1.89	2.16	1.13	1.05	0.81	506	509	505
270	2.49	2.40	2.84	2.22	2.15	2.44	2.08	2.01	2.20	1.17	1.10	0.88	40	40	39
280	2.64	2.39	2.79	2.36	2.13	2.42	2.17	1.96	2.18	1.09	1.09	0.96	13	14	14
290	3.07	2.82	2.79	2.75	2.51	2.40	2.54	2.31	2.11	1.10	1.13	0.83	19	20	20
300	2.81	2.70	2.59	2.52	2.39	2.23	2.35	2.16	1.98	1.15	1.09	0.76	65	68	68
310	2.72	2.68	2.44	2.44	2.37	2.09	2.23	2.17	1.87	1.13	1.10	0.79	96	98	97
320	2.83	2.77	2.14	2.52	2.47	1.84	2.31	2.29	1.64	1.06	1.12	0.84	21	22	22
330	2.20	2.55	2.39	2.03	2.33	1.93	2.00	2.15	1.68	0.90	0.91	0.85	1	1	1
360	2.10	2.02	2.67	1.99	1.95	2.37	1.92	1.85	2.13	1.43	1.28	1.19	9	10	2

Tabell A8

Friksjonshastigheten,  $U^*$ , bestemt ut fra  
nivåene 45/30, 45/10 og 30/10  
Vindretning i 45 m-nivå,  $U(45m) > 10.0m/s$

DD	U*12	U*13	U*23	N12	N13	N23
20	.339	.991	1.184	12	16	17
30	.405	1.045	1.296	153	169	169
40	.474	1.067	1.305	464	533	534
50	.834	1.255	1.415	1655	1680	1680
60	1.326	1.442	1.483	2500	2472	2476
70	1.240	1.326	1.356	2018	2019	2022
80	.962	1.130	1.189	1778	1779	1783
90	.844	1.022	1.086	840	842	844
100	.806	.937	.985	463	463	463
110	.873	.969	1.006	205	206	206
120	.957	.940	.930	73	73	73
130	.968	.869	.832	71	71	71
140	1.017	.935	.905	64	64	64
150	.806	.871	.896	9	9	9
160	.425	.582	.640	2	2	2
180	.195	.593	.740	4	4	4
190	.219	.770	.950	17	19	20
200	.332	.842	1.033	136	140	140
210	.568	1.080	1.269	1017	1015	1015
220	.799	1.269	1.443	2827	2826	2826
230	1.261	1.525	1.621	4297	4280	4287
240	1.814	1.709	1.667	3397	3373	3379
250	1.652	1.648	1.644	1638	1614	1617
260	1.404	1.608	1.674	506	502	505
270	1.292	1.664	1.797	40	39	39
280	.547	1.359	1.655	13	13	13
290	.396	1.380	1.676	17	19	20
300	.498	1.645	2.073	54	67	68
310	.366	1.548	2.022	70	98	98
320	.058	1.243	1.686	13	21	21
330	.071	.780	1.041	1	1	1
360	.698	.283	1.388	1	3	1

Tabell A9

Ruhetsparameteren, ZoA, bestemt ut fra nivåene  
 45/30, 45/10 og 30/10  
 Vindretning i 45 m-nivå, U(45m) > 10.0m/s

DD	Zo12	Zo13	Zo23	N12	N13	N23
20	-1.000	.220	3.099	12	16	17
30	.034	.180	.452	153	169	169
40	.068	.200	.423	464	533	534
50	.416	.518	.751	1655	1680	1680
60	1.178	.914	.960	2500	2472	2476
70	.872	.519	.504	2018	2019	2022
80	.155	.043	.044	1778	1779	1783
90	.041	.024	.028	840	842	844
100	.059	.002	.002	463	463	463
110	.129	-1.000	-1.000	205	206	206
120	.377	.039	.030	73	73	73
130	.340	-1.000	-1.000	71	71	71
140	.495	.080	.051	64	64	64
150	.263	-1.000	-1.000	9	9	9
160	-1.000	-1.000	-1.000	2	2	2
180	-1.000	-1.000	-1.000	4	4	4
190	-1.000	-1.000	.224	17	19	20
200	-1.000	.023	.664	136	140	140
210	-1.000	.039	.170	1017	1015	1015
220	.009	.073	.331	2827	2826	2826
230	.274	.478	.744	4297	4280	4287
240	1.767	1.339	1.276	3397	3373	3379
250	1.780	1.658	1.656	1638	1614	1617
260	1.342	1.797	1.945	506	502	505
270	1.234	2.176	2.441	40	39	39
280	.092	1.436	2.008	13	13	13
290	.087	1.729	2.447	17	19	20
300	.241	2.642	3.404	54	67	68
310	.326	2.239	3.113	70	98	98
320	-1.000	1.201	2.173	13	21	21
330	-1.000	-1.000	-1.000	1	1	1
360	-1.000	-1.000	1.709	1	3	1

Tabell A10

Ruhetsparameteren, ZoB, bestemt av longitudinal  
turbulensintensitet i nivåene 45, 30 og 10 m  
Vindretning i 45 m-nivå, U(45m) > 10.0m/s

DD	Zo45	Zo30	Zo10	N12	N13	N23
20	.254	.222	.355	16	17	17
30	.273	.247	.473	169	169	169
40	.182	.224	.360	533	533	529
50	.176	.270	.397	1686	1684	1666
60	.233	.363	.490	2506	2501	2448
70	.333	.392	.458	2028	2017	2004
80	.362	.376	.440	1784	1778	1773
90	.414	.406	.414	841	835	817
100	.482	.439	.332	463	462	446
110	.557	.535	.356	208	207	196
120	.965	.909	.470	74	73	55
130	.849	.861	.440	71	72	61
140	.580	.641	.560	64	64	57
150	.687	.569	.363	9	9	9
160	.669	.446	.237	1	1	1
180	2.847	2.004	1.124	4	4	3
190	.224	.162	.248	20	21	18
200	.053	.045	.166	137	140	141
210	.190	.156	.248	1010	1016	1015
220	.133	.118	.245	2825	2818	2831
230	.114	.127	.307	4287	4288	4282
240	.158	.231	.430	3390	3397	3369
250	.156	.264	.493	1631	1633	1607
260	.141	.296	.578	506	509	501
270	.255	.424	.758	40	40	37
280	.436	.612	.643	13	14	14
290	.126	.144	.730	19	20	19
300	.099	.146	.949	65	68	58
310	.193	.225	.972	96	98	74
320	.286	.261	.937	21	21	18
330	1.553	1.406	.851	1	1	1
360	3.383	.947	1.094	4	6	2

Tabell A11

Ruhetsparameteren, ZoC, bestemt av gustfaktor og gustintensitet  
Vindretning i 45 m-nivå, U(45m) > 10.0m/s

DD	1/45	1/30	1/10	3/45	3/30	3/10	5/45	5/30	5/10	60/45	60/30	60/10	N3s45m	N3s30m	N3s10m
20	0.11	0.94	0.35	0.10	0.98	0.29	0.08	1.00	0.27	0.22	1.45	0.44	16	18	18
30	0.11	0.12	0.28	0.11	0.11	0.25	0.11	0.11	0.22	0.31	0.27	0.32	169	157	157
40	0.08	0.13	0.24	0.07	0.12	0.21	0.07	0.12	0.19	0.26	0.32	0.30	533	521	521
50	0.07	0.10	0.27	0.06	0.09	0.24	0.06	0.09	0.22	0.24	0.25	0.29	1686	1675	1669
60	0.12	0.17	0.38	0.11	0.15	0.34	0.10	0.14	0.30	0.30	0.34	0.34	2493	2489	2467
70	0.20	0.25	0.37	0.18	0.23	0.34	0.17	0.22	0.31	0.42	0.43	0.35	2016	2012	2015
80	0.25	0.28	0.32	0.23	0.26	0.29	0.22	0.24	0.27	0.43	0.43	0.30	1777	1779	1780
90	0.28	0.27	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23	0.47	0.44	0.29	842	837	837
100	0.25	0.27	0.24	0.24	0.25	0.22	0.23	0.25	0.20	0.49	0.46	0.26	463	464	464
110	0.26	0.26	0.25	0.23	0.25	0.23	0.22	0.24	0.21	0.53	0.48	0.25	206	207	207
120	0.40	0.44	0.38	0.39	0.41	0.36	0.38	0.38	0.33	0.92	0.85	0.39	73	74	74
130	0.36	0.38	0.35	0.32	0.37	0.33	0.31	0.37	0.31	0.85	0.87	0.43	71	72	72
140	0.23	0.26	0.33	0.20	0.22	0.30	0.17	0.20	0.28	0.54	0.54	0.33	64	64	64
150	0.26	0.24	0.24	0.24	0.19	0.23	0.21	0.17	0.22	0.59	0.61	0.30	9	9	9
160	2.44	0.86	0.46	2.17	0.89	0.42	2.03	0.85	0.42	4.30	2.30	0.78	2	2	2
180	1.63	1.24	0.62	1.81	1.20	0.62	1.86	1.21	0.61	4.69	2.86	1.04	4	4	4
190	0.15	0.15	0.18	0.13	0.11	0.17	0.12	0.10	0.16	0.20	0.19	0.29	20	21	20
200	0.04	0.08	0.13	0.03	0.08	0.11	0.03	0.08	0.09	0.11	0.15	0.11	140	141	140
210	0.14	0.13	0.22	0.14	0.12	0.18	0.14	0.12	0.16	0.30	0.23	0.17	1019	1017	1009
220	0.10	0.09	0.22	0.09	0.09	0.18	0.09	0.08	0.16	0.22	0.17	0.14	2824	2827	2824
230	0.07	0.08	0.26	0.07	0.08	0.22	0.06	0.07	0.19	0.19	0.17	0.14	4279	4300	4281
240	0.07	0.12	0.40	0.06	0.11	0.34	0.06	0.10	0.29	0.23	0.24	0.20	3390	3392	3378
250	0.05	0.11	0.44	0.05	0.10	0.36	0.05	0.10	0.31	0.19	0.24	0.18	1633	1640	1617
260	0.05	0.09	0.46	0.04	0.08	0.39	0.04	0.07	0.33	0.15	0.24	0.22	506	509	505
270	0.08	0.13	0.70	0.06	0.13	0.59	0.06	0.12	0.52	0.25	0.37	0.45	40	40	39
280	0.11	0.21	0.51	0.12	0.23	0.42	0.13	0.22	0.34	0.36	0.63	0.26	13	14	14
290	0.17	0.13	0.66	0.16	0.13	0.55	0.15	0.12	0.45	0.19	0.24	0.29	19	20	20
300	0.06	0.07	0.83	0.06	0.06	0.69	0.06	0.05	0.59	0.09	0.11	0.43	67	68	68
310	0.18	0.11	0.82	0.14	0.09	0.69	0.12	0.08	0.60	0.22	0.17	0.47	98	98	97
320	0.23	0.60	0.59	0.22	0.62	0.49	0.19	0.63	0.45	0.33	0.95	0.71	21	22	22
330	0.43	0.77	0.43	0.43	0.75	0.27	0.51	0.68	0.20	0.49	0.52	0.31	1	1	1
360	-1.00	1.43	0.75	-1.00	1.56	0.66	-1.00	1.59	0.56	-1.00	2.78	0.93	9	10	2

Tabell A12

Bu i Hardanger 11.11.88 - 31.12.92.

Iu (45m) (%) när 3.0 m/s ≤ U(45m) ≤ 6.0 m/s

	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	≥63	SUM	MID	STD
360	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	4	.	1	4	1	2	3	4	.	2	.	7	30	50	16
10	.	.	.	.	.	.	2	2	4	6	6	5	2	1	5	2	3	1	3	4	.	17	63	50	24
20	.	.	.	1	4	1	12	3	6	9	6	10	6	8	6	3	2	1	2	4	.	20	104	41	20
30	.	.	3	7	9	22	23	8	13	19	18	10	16	10	16	7	11	10	5	3	8	23	243	37	21
40	.	.	8	20	37	60	68	29	41	45	36	28	29	21	23	4	19	14	16	5	5	45	553	32	18
50	.	5	17	46	83	76	129	58	84	87	67	64	80	45	34	16	29	16	20	13	17	54	1040	31	17
60	.	56	174	239	258	210	223	112	145	113	110	81	87	57	27	27	27	17	25	16	14	44	2062	23	15
70	17	764	1455	1262	911	607	499	194	208	125	111	92	69	42	34	23	24	18	9	14	12	62	6552	14	11
80	89	2760	4650	3368	1999	1145	860	227	230	156	106	88	58	41	36	24	19	17	20	10	9	67	15978	11	08
90	23	1118	2627	2393	1539	879	649	178	178	121	84	62	56	32	30	17	20	14	14	8	8	50	10099	12	09
100	2	131	621	772	677	416	334	87	100	66	58	44	41	28	15	5	10	13	7	9	7	54	3497	16	12
110	.	8	64	138	161	117	128	31	47	23	24	16	22	10	19	7	8	6	6	5	6	44	890	22	17
120	.	.	5	14	29	35	40	11	14	12	7	14	13	12	6	7	14	10	5	8	5	39	297	34	22
130	.	.	.	1	3	10	13	5	4	7	10	8	12	3	4	3	7	7	2	5	5	30	139	44	23
140	.	.	1	.	1	5	4	3	2	7	6	5	5	3	7	1	4	3	3	1	4	32	93	50	25
150	.	.	.	1	.	.	3	4	4	3	6	2	5	1	.	2	1	1	1	2	.	12	48	46	25
160	.	.	.	.	.	.	1	2	1	.	2	2	3	1	2	1	5	1	2	2	1	12	38	53	21
170	.	.	.	1	1	6	2	.	3	4	1	5	3	1	4	.	2	1	3	1	2	9	49	43	24
180	.	.	.	1	10	4	10	1	5	.	3	3	4	5	2	.	2	3	4	1	.	21	79	43	27
190	.	.	1	15	29	33	33	17	26	12	9	10	9	8	3	4	8	6	3	3	2	26	257	31	21
200	.	1	19	146	232	200	138	47	55	50	29	20	28	9	9	6	10	7	6	8	3	21	1044	21	14
210	.	5	85	488	662	463	409	122	142	108	55	46	39	28	25	12	10	10	10	7	7	34	2769	19	11
220	.	35	301	854	1168	830	662	230	197	167	116	89	73	47	27	16	22	18	18	14	9	61	4952	18	11
230	1	270	689	1138	1192	901	760	244	278	166	136	116	114	61	43	23	33	20	18	14	13	90	6320	17	12
240	4	312	770	899	925	603	558	186	222	179	124	98	89	65	44	26	32	25	25	21	16	79	5302	17	13
250	1	102	311	366	379	251	239	89	96	105	81	67	65	48	40	17	25	21	16	14	17	90	2440	21	17
260	.	19	55	98	101	108	117	46	67	58	61	45	56	27	23	10	15	15	13	10	19	50	1017	27	18
270	.	.	2	21	34	34	45	25	39	37	30	25	27	20	24	11	17	12	8	8	5	45	469	34	20
280	.	.	2	2	8	14	33	18	21	23	15	24	30	16	10	7	7	12	8	12	9	45	316	40	20
290	.	.	.	7	3	8	32	11	19	23	18	9	35	16	13	5	11	10	11	7	8	41	287	40	20
300	.	.	1	5	7	12	20	11	21	25	17	19	31	21	20	8	8	10	5	12	6	45	304	40	19
310	.	.	.	4	8	14	11	10	18	18	22	20	17	8	5	2	6	6	10	6	5	32	222	40	21
320	.	.	.	.	2	5	8	5	7	9	7	5	10	8	6	6	5	5	8	10	5	16	132	45	20
330	.	.	.	.	.	2	4	2	2	4	2	2	2	3	3	4	5	1	3	4	1	15	62	50	22
340	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	3	2	2	2	2	1	3	3	3	1	2	13	41	54	20
350	.	.	.	.	.	1	.	.	1	3	1	.	1	1	1	2	3	.	.	.	1	12	27	56	23
SUM	137	5586	11861	12307	10472	7072	6069	2018	2303	1793	1391	1136	1140	713	569	311	430	338	312	264	231	1357	67815	17	14

Tabell A13

Bu i Hardanger 11.11.88 - 31.12.92.  
Iu (<45m) (%) når 6.0 m/s ≤ U(<45m) ≤ 10.0 m/s

	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	≥63	SUM	MID	STD	
360	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	38	22	
10	.	.	.	.	.	3	8	7	8	1	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	29	23	06	
20	.	.	1	3	9	20	33	17	26	16	9	5	3	1	1	2	1	.	.	1	.	.	149	24	09	
30	.	1	5	24	47	67	95	36	38	22	8	19	8	6	3	2	1	1	.	.	.	3	386	21	09	
40	.	1	17	80	187	200	235	84	78	58	46	22	15	5	7	3	4	2	3	.	1	2	1050	20	08	
50	.	2	60	219	414	384	458	170	140	123	77	47	43	15	15	8	1	3	3	2	1	9	2195	19	09	
60	.	3	79	264	379	404	368	194	221	144	99	68	51	23	13	8	10	3	2	5	3	7	2348	20	09	
70	.	10	93	221	252	259	325	146	198	129	106	76	53	37	14	10	15	3	8	2	.	7	1964	21	10	
80	6	93	255	307	260	219	287	113	174	130	88	67	57	30	16	10	8	10	8	5	3	14	2158	19	11	
90	1	36	164	180	106	101	163	78	108	88	64	34	31	25	11	8	8	7	4	6	3	14	1240	20	12	
100	.	7	19	36	54	54	87	35	43	41	26	30	25	15	14	5	6	8	6	8	3	15	537	26	15	
110	.	1	.	14	33	36	40	20	26	23	18	12	16	15	5	9	8	3	3	4	4	8	298	28	14	
120	.	.	1	4	6	13	10	4	13	9	15	10	15	6	6	6	10	3	5	1	1	12	150	36	18	
130	.	.	.	.	2	6	17	13	13	22	11	16	5	8	8	4	4	8	3	.	2	6	148	34	14	
140	.	.	.	2	6	6	12	15	11	13	6	7	10	3	3	5	2	.	1	.	2	5	109	31	15	
150	.	.	.	.	2	1	4	2	4	1	3	1	2	2	1	4	.	1	.	.	.	4	32	38	22	
160	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	.	1	.	.	1	1	1	.	.	.	2	6	59	25	25	
170	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	.	3	12	50	25	
180	.	.	.	.	1	1	.	1	.	.	2	1	3	.	1	.	1	.	3	.	1	15	39	17	17	
190	.	.	.	24	67	34	8	5	2	2	.	1	4	2	1	1	.	.	.	.	.	.	151	16	07	
200	1	43	312	475	205	79	24	12	15	7	5	5	5	6	1	2	2	3	2	1	1	4	1205	14	07	
210	.	199	1276	1618	761	364	95	73	45	27	18	12	11	6	4	2	2	3	2	3	2	3	13	4534	14	06
220	11	368	1762	1993	1078	618	190	163	102	52	35	21	9	8	1	3	4	2	2	2	5	15	6442	14	06	
230	32	352	985	1066	754	610	212	190	137	59	43	36	20	12	10	7	10	2	3	3	3	15	4558	16	08	
240	29	68	231	393	429	466	203	191	139	103	73	54	14	16	9	6	8	10	2	3	8	2455	20	09		
250	1	24	119	207	208	238	89	113	102	61	51	44	18	13	3	11	7	4	3	1	16	1333	22	11		
260	1	14	53	89	84	97	47	46	32	20	17	20	8	8	3	4	5	1	.	4	10	563	22	13		
270	.	4	11	21	28	31	11	21	11	12	6	5	10	2	1	2	1	1	1	1	1	8	188	26	16	
280	.	.	3	17	8	27	10	14	8	6	4	10	4	2	.	6	2	1	3	1	5	131	29	16		
290	.	5	13	27	35	36	19	18	15	8	6	15	4	2	3	.	2	1	.	2	6	217	24	13		
300	.	9	38	46	50	44	24	37	20	15	13	10	6	5	2	4	1	1	1	.	2	327	22	10		
310	.	3	37	52	44	58	12	16	18	11	6	8	1	3	1	1	2	3	2	1	3	281	21	11		
320	.	3	11	19	15	23	8	4	8	7	4	4	5	1	1	3	.	.	.	.	.	116	22	10		
330	.	.	2	3	2	2	1	2	2	3	3	3	2	.	.	.	1	.	.	.	1	27	30	18		
340	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	4	39	11	11	
350	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	5	52	21	21
SUM	7	229	1786	6231	7851	5509	4843	1886	2006	1479	971	705	589	311	201	127	130	100	78	58	48	222	35367	18	10	

Tabell A14

Bu i Hardanger 11.11.88 - 31.12.92.  
 Iu (<45m) (%) når 10.0 m/s ≤ U(45m) ≤ 20.0 m/s

	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	>59	SUM	MID	STD	
360	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	25	00
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
20	.	.	.	.	.	6	7	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16	19	03
30	.	.	1	16	39	34	44	12	17	4	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	171	18	05	
40	.	.	13	76	175	102	99	23	24	16	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	533	16	05	
50	.	3	69	378	448	362	240	71	58	25	18	8	5	1	3	1	.	.	.	.	.	1690	15	05	
60	.	1	86	352	575	567	493	151	129	70	29	17	13	1	2	.	.	.	.	.	.	2486	16	06	
70	.	3	44	178	387	451	480	160	152	64	43	28	14	7	.	.	2	.	1	.	.	2014	18	06	
80	.	.	7	74	297	422	507	177	123	94	32	20	17	4	.	.	.	1	1	.	1	1777	19	06	
90	.	.	2	27	116	197	217	81	71	40	13	13	13	2	2	1	.	1	.	1	1	798	20	06	
100	.	.	.	15	78	111	105	39	39	24	19	7	4	3	1	1	1	2	.	1	.	450	20	07	
110	.	.	1	4	33	35	49	15	22	12	12	7	2	4	.	.	.	.	.	.	.	196	21	07	
120	.	.	1	.	6	9	16	11	7	10	4	5	2	.	.	.	.	3	.	.	.	74	24	09	
130	.	.	.	.	4	8	16	7	16	11	3	2	1	1	1	1	.	.	.	.	.	71	24	07	
140	.	.	.	.	5	9	18	15	7	5	3	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	64	22	06	
150	.	.	.	1	3	1	1	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	9	20	10	
160	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	43	26
170	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4	35	14
190	.	.	.	8	5	3	1	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20	14	07
200	.	.	6	47	50	21	10	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	138	13	03	
210	.	.	20	156	383	220	120	28	29	26	6	9	6	2	2	1	.	.	.	.	1	1009	15	06	
220	.	1	73	602	984	521	321	90	59	39	12	8	4	1	3	.	3	.	.	.	.	2721	15	05	
230	.	4	196	961	1256	722	445	86	93	48	15	12	7	1	1	.	1	1	1	.	.	3850	14	05	
240	.	.	39	520	926	751	512	139	84	51	17	10	4	4	1	3	1	1	1	.	3	3067	16	05	
250	.	.	85	355	442	352	220	48	59	23	14	8	4	.	.	3	.	.	.	.	2	1615	15	06	
260	.	4	50	150	112	78	70	7	17	8	4	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	503	14	05	
270	.	.	1	10	8	8	8	.	3	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	40	16	06	
280	.	.	.	1	3	1	4	2	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	19	07	
290	.	.	1	4	6	3	3	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	14	05	
300	.	.	9	13	23	8	9	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	65	13	05	
310	.	.	.	22	25	22	18	2	2	2	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	96	16	05	
320	.	.	1	3	5	4	3	2	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21	17	06	
330	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	30	00	
340	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00	
350	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00	
SUM	0	16	705	3973	6394	5028	4037	1173	1022	574	255	163	100	33	16	11	9	4	4	2	10	23534	16	06	

Tabell A15

Bu i Hardanger 11.11.88 - 31.12.92.  
 Iu (45m) (%) när 20.0 m/s ≤ U(45m)

	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	>29	SUM	MID	STD
360	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
50	.	.	.	1	.	2	.	.	.	.	.	3	14	04
60	.	.	1	3	9	12	2	.	.	.	.	27	18	03
70	.	.	.	2	1	4	8	2	.	.	.	17	17	03
80	.	.	.	.	1	3	3	1	1	.	.	9	18	04
90	.	.	.	8	23	10	4	.	.	.	.	45	14	03
100	.	.	.	.	12	5	.	.	.	.	.	17	14	02
110	.	.	.	.	9	3	.	.	.	.	.	12	14	01
120	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
130	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
140	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
150	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
160	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
170	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
190	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
200	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
210	.	.	.	.	3	3	2	.	1	.	.	9	17	04
220	.	.	1	15	50	31	10	3	4	.	.	114	15	04
230	.	.	7	111	171	102	45	7	2	2	.	447	14	03
240	.	.	4	60	149	78	35	3	.	.	.	329	14	03
250	.	.	.	3	11	5	1	.	.	.	.	20	14	02
260	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	.	3	17	03
270	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
280	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
290	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
300	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
310	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
320	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
330	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
340	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
350	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	00	00
SUM	0	0	13	200	434	255	122	18	8	2	0	1052	14	03

Tabell A16

Bu i Hardanger 11.11.88 - 31.12.92.  
Stabilitet (°C/100m) når 10.0 m/s ≤ U(45m) ≤ 20.0 m/s

	-2.8	-2.5	-2.2	-1.9	-1.6	-1.3	-1.0	-.7	-.4	-.1	.1	.4	.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	>2.6	SUM	MID	STD	
360	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1.43	.00
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
20	.	.	.	.	.	.	1	2	4	2	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.	14	-.20	.68	
30	.	.	.	.	.	.	4	35	39	31	36	5	3	.	.	.	.	.	.	.	153	-.37	.44	
40	.	.	.	.	.	4	31	98	153	107	88	14	12	4	.	.	.	.	.	1	512	-.41	.49	
50	.	.	.	2	7	44	156	407	443	261	267	41	25	9	6	3	2	.	.	.	1673	-.50	.52	
60	.	1	2	12	31	58	174	452	696	518	410	55	24	3	6	5	1	1	1	.	2450	-.48	.51	
70	.	3	3	10	24	32	53	202	576	559	463	43	13	7	4	.	2	.	.	.	1994	-.37	.47	
80	.	1	4	16	27	21	31	107	561	556	378	33	18	.	5	.	.	.	.	.	1758	-.37	.45	
90	.	.	1	4	9	15	25	101	273	223	118	10	5	2	3	.	.	.	.	.	789	-.45	.43	
100	.	.	1	2	7	17	22	51	199	109	38	1	.	1	1	.	.	.	.	.	449	-.56	.40	
110	.	.	.	.	1	.	4	14	76	67	29	1	1	.	.	1	.	.	.	.	194	-.40	.34	
120	.	.	.	.	.	.	.	6	33	26	7	.	.	1	.	.	.	.	.	.	73	-.41	.30	
130	.	.	.	.	.	.	.	7	23	24	14	2	.	1	.	.	.	.	.	.	71	-.32	.37	
140	.	.	.	.	.	.	1	3	11	30	19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	64	-.28	.27	
150	.	.	.	.	.	.	.	1	1	3	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	-.25	.30	
160	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	-.71	.61	
170	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00	
180	.	.	.	.	1	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	-1.00	.68	
190	.	.	.	1	2	.	4	2	8	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20	-.86	.50	
200	.	1	1	.	2	1	5	12	41	34	38	2	2	.	1	.	1	.	.	.	141	-.34	.56	
210	.	2	3	14	15	9	26	51	144	267	334	83	39	20	4	2	1	.	.	.	1014	-.15	.61	
220	5	9	14	28	19	38	75	127	288	631	1027	232	127	63	16	3	1	4	1	1	2709	-.10	.64	
230	2	10	14	22	21	62	96	180	407	736	1445	440	255	109	28	8	4	1	3	1	3844	-.02	.63	
240	.	4	7	10	11	36	44	96	330	497	1066	460	287	147	53	12	4	2	2	1	3069	.12	.63	
250	1	2	4	4	10	17	53	75	171	269	578	205	118	65	30	9	3	3	1	1	1619	.05	.66	
260	1	1	2	2	8	8	22	32	64	108	163	47	23	13	6	1	1	.	.	1	503	-.13	.69	
270	.	1	.	1	1	.	.	1	2	5	19	4	1	2	.	.	.	1	.	2	40	.19	1.09	
280	.	1	.	.	.	.	2	3	2	1	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	13	-.48	1.00	
290	.	.	.	.	1	.	.	3	7	7	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	-.54	.37	
300	.	.	.	.	1	.	1	1	16	27	15	3	1	2	.	.	.	.	.	.	67	-.20	.47	
310	1	.	1	.	4	2	5	6	28	27	19	5	1	.	.	.	.	.	.	.	99	-.45	.59	
320	.	1	.	1	2	2	1	3	5	5	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21	-.79	.62	
330	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	-.57	.00	
340	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00	
350	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00	
SUM	10	36	58	128	204	367	837	2078	4603	5135	6582	1686	959	449	165	44	20	12	8	8	23389	-.20	.62	

Tabell A17

Bu i Hardanger 11.11.88 - 31.12.92.  
 Stabilitet (°C/100m) när 20.0 m/s ≤ U(45m)

	-1.6	-1.3	-1.0	-.7	-.4	-.1	.1	.4	.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	>2.3	SUM	MID	STD
360	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
50	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	-.67	.16
60	.	.	1	1	19	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27	-.54	.18
70	.	.	.	.	8	7	2	.	.	.	.	.	.	.	.	17	-.39	.20
80	.	.	2	1	1	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	9	-.54	.42
90	.	.	.	.	10	20	12	3	.	.	.	.	.	.	.	45	-.18	.34
100	.	.	.	3	2	11	1	.	.	.	.	.	.	.	.	17	-.40	.25
110	.	.	.	8	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	-.71	.23
120	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
130	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
140	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
150	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
160	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
170	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
190	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
200	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
210	.	.	.	.	.	3	4	2	.	.	.	.	.	.	.	9	.03	.33
220	.	3	2	1	5	19	61	13	9	1	.	.	.	.	.	114	.08	.48
230	.	.	8	17	24	54	197	60	54	22	9	1	.	.	.	447	.22	.55
240	.	1	2	13	26	36	89	60	44	39	15	4	.	.	.	329	.36	.64
250	.	.	1	1	3	1	7	2	2	2	.	1	.	.	.	20	.20	.74
260	.	.	.	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	-.10	.66
270	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
280	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
290	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
300	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
310	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
320	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
330	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
340	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
350	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.00	.00
SUM	0	4	16	47	102	163	376	140	109	64	24	6	0	1	0	1052	.17	.60

