

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# *klima*

VÆRØY FLYPLASS

VINDFORHOLD

av Knut Harstveit

RAPPORT NR. 38/91



# DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3  
TELEFON: (02) 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

38/91

DATO

1.11.91

TITTEL

**VÆRØY FLYPLASS.  
VINDFORHOLD.**

UTARBEIDET AV

**Knut Harstveit**

OPPDRAUGSGIVER

**LUFTFARTSVERKET**

OPPDRAUGSNR.

SAMMENDRAG

Vindmålinger på Værøy og Røst er sammenlignet. Verdiene fra Røst er omregnet til høydevind (fristromshastighet). Derved er lokal vind på Værøy koblet til fristromshastigheten.

Vindstatistikk fra Skomvær fyr (1961-75) er benyttet for langtidsstatistikk.

Resultater fra strømningsforsøk for Værøy utført av SINTEF er testet mot fullskala målinger på stedet.

Det er foretatt en enkel konsekvensanalyse for flygning på Værøy.

UNDERSKRIFT

...*Knut Harstveit*...

**Knut Harstveit**

SAKSBEHANDLER

...*Bjørn Aune*...

**Bjørn Aune**

FAGSJEF

## VÆRØY FLYPLASS. VINDFORHOLD.

SAMMENDRAG . . . . .	2
1. INNLEDNING. . . . .	4
2. TOPOGRAFISK BESKRIVELSE AV VÆRØY. . . . .	4
3. VIND OG TURBULENSFORHOLD VED VÆRØY. . . . .	6
3.1. Sandmo's undersøkelse. . . . .	6
3.2. Langtidsstatistikk. . . . .	8
3.3. Sammenligning mellom resultater fra vindtunnel og fullskala målinger på flyplassen. . . . .	10
3.4. Fysiske betraktninger. . . . .	11
4. VIRKNING AV TURBULENS OG VINDSKJÆR PÅ FLY. . . . .	13
4.1. Komfort og kabinsikkerhet. Strukturelle påkjenninger. . . . .	13
4.2. Retnings- og stillingskontroll av et luftfartøy. . . . .	14
4.3. Luftfarttøyets yteevne. . . . .	15
5. REFERANSELISTE. . . . .	17
APPENDIKS. . . . .	18

## SAMMENDRAG

Værøy flyplass ble åpnet i 1986. Flyplassen ligger utsatt til for topografisk generert turbulens. Vindforholdene på flyplassen avviker sterkt fra forholdene ute på havet i nærheten, både hva hastighet, retning og turbulensgrad angår.

Etter en ulykke i 1990 ble plassen midlertidig stengt. Våren og sommeren 1991 ble det utført strømningsforsøk i vind og vann-tunnel ved SINTEF, NTH. Hensikten var å kartlegge vindforholdene på Værøy, vurdere hvorvidt en baneforlengelse mot øst ville bedre regulariteten, samt foreslå representative plasseringer av vindmålere for operativt bruk.

H. Sandmo gjorde en undersøkelse i 1988 hvor han sammenlignet vindforholdene på Værøy og Røst. I denne rapporten er en del av resultatene han kom fram til, systematisert. Hovedkonklusjonen er at vinden på nordre del av flyplassen på Værøy er dreiet 30 til 130° mot klokken når vinden på Røst er i sektor 100 - 140° (sørøst), og 160 til 40° med klokken når vinden på Røst er i sektor 150 - 220° (sørsørst til sørsørvest). For vind på Røst i sektor 230 - 360° og 0 - 90° (sektor vestsørvest til øst) er avviket  $\leq 20^\circ$ .

Retningsavviket er størst ved vindfelt i sektor 140 - 180°. Vinden på Værøy er da mer eller mindre rettet motsatt av vinden på Røst. For denne sektoren er også standardavviket på Værøy stort (40 - 70°) hvilket viser at vindretningen er lite stabil.

Middelvindhastigheten er lavere på Værøy enn på Røst unntatt ved vind på Røst i sektor 050 - 140° og 250 - 260°. Førings effekter på Værøy inntreffer ved 050 - 090° og 250 - 260°. Ved vind i sektor 100 - 140° er den lokale hvirvel bak Nordlandsnupen særlig aktiv i nordre banedel, derved den høye relativhastighet på Værøy (100 - 140% av middelvinden på Røst). I sektor 150 - 240° ligger vindhastigheten på Værøymåleren på 50 - 90% av vindhastigheten på Røst.

På Værøy er kastfaktoren (vindkast dividert på middelvind) 2.3 når vinden på Røst er omkring 200° - 210° og 1.9 - 2.0 ved vind fra sørvest (220 - 250°). Relativ turbulensintensitet (standardavvik dividert på lokal middelvind) blir da 50% omkring 210°, 40% ved 230° og 35% ved 250°.

Dette gir fristømskoblet turbulensintensitet (standardavvik dividert på fristøms hastighet) på 0.18 - 0.22 ved 200 - 220° (Røst) og 0.16 - 0.21 ved 240 - 250°. Alle tall er referert til nordre del av banen, høyde 10 m. Med fristøm mener vi vinden i 300 - 400 m's høyde inn mot øya. Begreper som høydevind, vindfelt, gradientvind og geostrofisk vind dekker omtrent samme begrepet.

Ved bruk av langtidsstatistikk fra Skomvær fyr og omregning til fristrøms hastighet har vi kommet fram til at vi i 11% av tiden på årsbasis må regne med fristrøms hastighet på 30 knop eller mer innenfor sektor 080 til 240°.

Om vinteren (desember-februar) må vi regne med minst 40 knops fristrøms hastighet innenfor 080 - 240° i 8% av tiden og minst 30 knop i 20% av tiden. Om sommeren er disse prosentene 0.7% og 4%.

Vindkastene i 10 m's nivå på Værøy ligger typisk i området 85 - 110% av fristrøms hastigheten når denne ligger i sektor 080 - 240°. Dvs, vi må regne med at vindkastene i 10% av tiden overskrider 30 knop på Værøy lufthavn ved vind innenfor sektoren 080 - 240° inn mot øya.

En sammenligning av resultatene fra vindtunnelen og målinger fra flyplassen (Sandmo's undersøkelse) er utført. Konklusjonen er at det er rimelig god sammenheng mellom vindkarakteristika funnet i vindtunnel og det som er målt i fullskala. Dette indikerer at data fra vindtunnelen kan være et brukbart hjelpemiddel ved beskrivelsen av vindforholdene i flyplassområdet også på steder der fullskala målinger ikke er utført.

Et forsøk på å vurdere konsekvensen av vind og turbulens opp mot flygning, viser at det er betydelige vindskjær i hele sektoren 080 - 240°. Slike vindskjær byr på ytelsestap og vesentlig høydetap dersom flyet mangler kraftoverskudd eller flygeren ikke foretar nødvendige korreksjoner. For tallfesting av vindskjær henvises til sluttrapport for vind og vanntunnelforsøk.

Det er også vist at øya byr på turbulensforhold i 200 - 400 m's nivå over sør og vestenden av banen som i 6% av tiden nærmer seg verdier som kan gi vesentlige strukturbelastninger for et småfly av typen Twin-Otter. Om vinteren er dette tallet 11%, om sommeren 1%. Ved ulykken 12. april 1990 var turbulensen av en slik karakter.

## 1. INNLEDNING.

Værøy flyplass ble satt i drift i 1986. Det ble raskt konstatert at plassen hadde særegne vindforhold med kraftig turbulens, nedslagsvinder og vindskjær. Problemene var knyttet til vindfelt fra sørøst, sør og sørsørvest. Begge vindmålerne på plassen viste store avvik i forhold til vindfeltet, både hva retning og styrke angikk.

Det har vært forskjellige operative krav til vindforholdene på stedet. Høydevind, vind på Røst og bakkevindgust på flyplassen er alle benyttede kriterier. Høydevind på ca. 30 knop (15 m/s) ved sektor øst til sørvest (080-240°) ser ut å være en omtrentlig grense for flyoperasjoner.

En nesten-ulykke i 1989 var en alvorlig tankevekker for en del miljøer. Etter et havari i april 1990 ble plassen midlertidig stengt. Ulykken er gransket både av norsk og svensk ekspertise, og det synes klarlagt at vindforholdene var en vesentlig del av årsaksforholdet ved ulykken. Det blåste 62 knops vind (32 m/s) i kastene på flyplassen, retning vest. Høydevinden var 25 m/s, retning 210° (1).

Flyplassen er for tiden midlertidig stengt. For å ta stilling til om den bør gjenåpnes og under hvilke forutsetninger dette i så fall skal skje, har Luftvartsverket engasjert SINTEF og DNMI. SINTEF har utført endel modellarbeid over vindforholdene i løpet av 1991. Dette arbeidet er nå i en avsluttende rapporteringsfase, ((2), (3), (4)). Spørsmål som skulle forsøkes belyst var hvorvidt det var gunstig å forlenge rullebanen mot øst, egnet plasseringssted for en vindmåler for operativt bruk, samt best mulig å beskrive vind og turbulensforholdene i flyplassområdet.

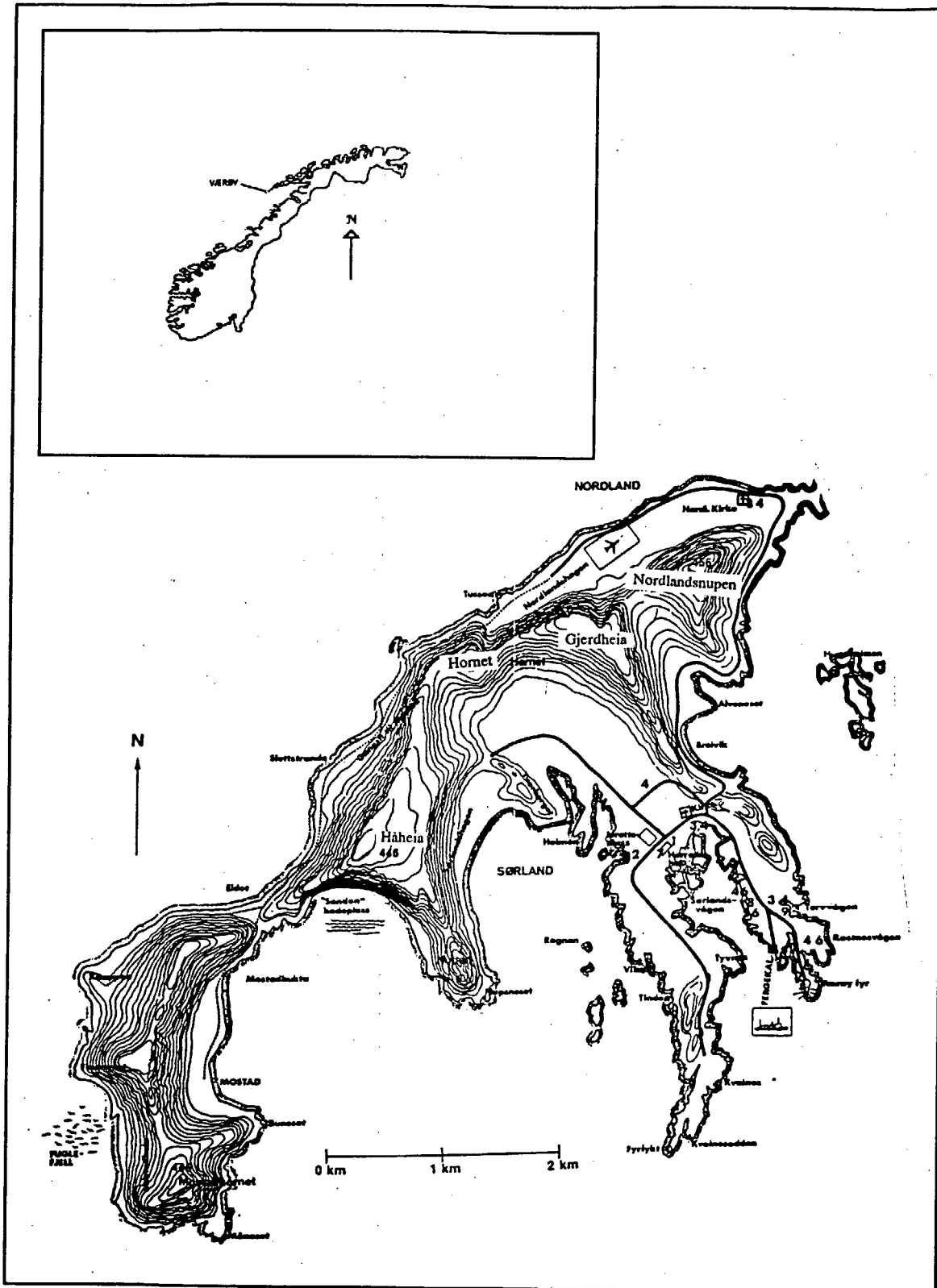
## 2. TOPOGRAFISK BESKRIVELSE AV VÆRØY.

Værøy er en isolert øy ytterst ute i Lofoten. Øya har en noe komplisert topografi, men med følgende hovedtrekk: Øya er 8 km lang og 2 km bred og har lengderetning sørvest - nordøst. På østsiden av øya stikker en landtunge på 3x1km ut mot sør og sørøst. Se kart (Fig.1.)

Øya har en 400 m høy fjellrygg langs hovedaksen (050 - 230°). Denne fjellryggen har 3 hovedskar med tverrgående rygger mellom. Dette gjelder et større skar som skiller hoveddelen av øya fra Måstadjfjell helt i vest, skaret mellom Håheia og Gjerdheia midt på øya, samt mellom Gjerdheia og Nordlandsnupen i nordøst.

Fjellryggen langs hoveddelen av øya er skarpt brutt fra en akse på 020 - 200° for vestre del (Håheia) til 070 - 250° for østre del (Hornet - Nordlandsnupen).

Flyplassområdet ligger på nordsiden av øya. Selve området består av en flat strandsoner på 3 km X 300 m. Lengdeaksen er 070 - 250°. Bak denne flate sonen stiger fjellveggen bratt opp med 60 graders vinkel.



**Figur 1**

Kart over Værøy med inntegnet flyplass. Vindmåleren er plassert på nordøstre del av plassen.

Sett fra flyplassen vil fjellene på Værøy dekke sektoren 080 - 240°. Ved vind inn mot øya i denne sektor forventes en topografisk utløst vindrespons over flyplassen. Vi definerer derfor denne sektoren som responssektoren for vinden på Værøy.

### 3. VIND OG TURBULENSFORHOLD VED VÆRØY.

#### 3.1. Sandmo's undersøkelse.

H. Sandmo (5) gjorde en undersøkelse der han sammenlignet middelvind, vindkast og vindretning på Værøy og Røst. Resultatene i (5) er stilt opp i diagrammer. Fra disse har vi at ved vind på Røst i sektor 230 - 360° og 0 - 90° (sektor vestsørvest til øst) er avviket mellom stedene  $\leq 20^\circ$ .

Tabell 1 viser en del resultater hentet fra disse figurene, innenfor sektor 080 - 250° (Røst). Tabellen viser også en del vind og turbulensparametre som er forklart i kommentarene under.

Med **fristrøm** mener vi vinden i 300 - 400 m's høyde inn mot øya. Begreper som høydevind, vindfelt, gradientvind og geostrofisk vind dekker omtrent samme begrepet i denne rapporten.

#### Vindretning.

Hovedkonklusjonen er at vinden på Værøy (vindmåler nord) er dreiet 30 til 130° mot klokken når vinden på Røst er i sektor 100 - 140° (sørøst), og 160 til 40° med klokken når vinden på Røst er i sektor 150 - 220° (sørsørøst til sørsørvest).

Retningsavviket er størst ved vindretning 140 - 180°. Vinden er da mer eller mindre rettet motsatt av vinden på Røst. For denne sektoren er også standardavviket på Værøy stort (40 - 70°) hvilket viser at vindretningen er lite stabil.

#### Middelvind.

Middelvindhastigheten er lavere på Værøy enn på Røst unntatt ved vind på Røst i sektor 050 - 140° og 250 - 260° (Tabell 1 samt (5)). Føringseffekter på Værøy inntreffer ved 050 - 090° og 250 - 260°. Ved vind i sektor 100 - 140° på Røst er den lokale hvirvel bak Nordlandnubben særlig aktiv i nordre bandedel, derved den høye relativhastighet på Værøy (100 - 140% av middelvinden på Røst).

Middelvindhastigheten på Røst,  $U(z)$ , er koblet til gradientvinden (høydevinden, eller fristrømhastigheten:  $U_F$ ), gjennom ligningen

$$U(Z) = 0.285 \cdot U_F \cdot \left( \frac{U_F}{f \cdot Z_0} \right)^{-0.065} \cdot \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right) \left[ \frac{m}{s} \right] \quad \text{lign. (1)}$$

hvor  $z$  er høyden over terreng (6m),  $Z_0$  terrengruhet (0.02 m for

ordinære flyplassforhold) og  $f$  coriolisparameteren ( $0.00013 \text{ s}^{-1}$  på Røst's breddegrad,  $67^{\circ} 30' \text{N}$ ). Ligningen er foreslått av Davenport (1963) og senere av Swinbank (1974) (6). Innsetting i ligningen ved  $U_F \sim 15 \text{ m/s}$  gir en middelvind i 6 m's nivå på Røst,  $U_{RØST}(6\text{m}) = 0.59 U_F$ . Derved er kolonnen for fristrømsrelatert middelvind på Værøy lett å multiplisere ut (Tabell 1).

**Tabell 1.**

Vindretning, relativ vindhastighet og turbulensforhold på Værøy (nordre del av rullebanen, 8 m's høyde) ved vind i sektoren  $080 - 250^{\circ}$  på Røst (6 m's høyde). Vindretningen på Værøy er gitt som middel og med standardavvik i parentes. Den relative hastigheten på Værøy er gitt som brøkdeler av middelvinden på Røst samt brøkdeler av fristrøms hastigheten,  $U_F$ . Turbulensforholdene er gitt i form av kastfaktor,  $G_f$  (sterkesete vindkast dividert på 10 min. middelvind), som turbulensintensitet relatert til lokal middelvind ( $I_U$ ) og relatert til fristrøms hastighet ( $I_{UF}$ ).

VINDRETNING (°)			VINDHASTIGHET		TURBULENSFORHOLD		
RØST	VÆRØY	DIFF.	$U_{VÆR}/U_{RØST}$	$U_{VÆR}/U_F$	$G_{f,VÆRØY}$	$I_U = \sigma_u/\bar{U}$	$I_{UF} = \sigma_u/\bar{U}_F$
080	090(20)	+10	1.02	0.60	-	-	-
090	080(20)	-10	1.06	0.63	-	-	-
100	060(30)	-40	1.07	0.63	-	-	-
110	080(35)	-30	1.10	0.65	-	-	-
120	060(35)	-60	1.12	0.66	-	-	-
130	050(40)	-80	1.40	0.83	-	-	-
140	010(50)	-130	0.96	0.57	-	-	-
150	310(55)	+160	0.83	0.49	-	-	-
160	320(70)	+160	0.68	0.40	2.10	0.42	0.17
170	310(55)	+140	0.52	0.31	-	-	-
180	300(40)	+120	0.50	0.30	-	-	-
190	290(35)	+100	0.50	0.30	-	-	-
200	280(25)	+80	0.70	0.41	2.29	0.50	0.21
210	270(25)	+60	0.78	0.46	2.26	0.48	0.22
220	260(20)	+40	0.76	0.45	2.01	0.39	0.18
230	250(20)	+20	0.89	0.53	2.01	0.39	0.21
240	250(15)	+10	0.80	0.47	1.90	0.35	0.16
250	240(20)	-10	0.99	0.58	1.89	0.34	0.20

#### Vindkast.

Kastfaktoren er definert ved høyeste vindkast (varighet 3-5 sek.) dividert på 10 min. middelvind. Kastfaktoren,  $G_f(3-5\text{s.})$ , kan kobles til den relative turbulensintensiteten,  $I_u$  (horisontal, longitudinal) gjennom normalbetraktninger (7). Dess høyere kast-

faktor, dess høyere turbulensintensitet. Lign. (2) er bestemt ut fra data fra Askøy (7), Bu i Hardanger (8) og Vealøs (9).

$$I_u = \frac{\sigma_u}{\bar{u}} = \frac{Gf(3-5s.)-1}{2.6} \quad \text{lign. (2)}$$

Sandmo (5) benyttet i sin undersøkelse bare tilfelle med gust minst 10 knop høyere enn middelvinden. Derved fikk han en del kunstig høye kastfaktorer. Dette gir seg særlig utslag for et middelvinddatasett som er begrenset nedad til 10 knop. Sektorene må derfor ha 100% kastdekning for å kunne benyttes. Bare sektor 200 - 250° (Røst) og samtidig middelvind over 20 knop (Røst) er således brukbar for tolkning.

Disse gir en kastfaktor på 2.3 ved vind omkring 200° - 210° (Røst) og 1.9 - 2.0 ved vind fra sørvest (220 - 250°). Relativ turbulensintensitet blir da 50% omkring 210°, 40% ved 230° og 35% ved 250°.

Dette gir fristømskoblet turbulensintensitet (standardavvik dividert på fristrøms hastighet) på 0.18 - 0.22 ved 200 - 220° (retning: Røst) og 0.16 - 0.21 ved 240 - 250°. Alle tall er referert til nordre del av banen. Målehøyden er 8 m, hvilket ikke gir praktiske avvik fra en målehøyde på 10 m. Vi benytter derfor disse resultatene for en standard målehøyde på 10 m.

### 3.2. Langtidsstatistikk.

#### Vindhastighet over visse grenser ved vindretning i sektor 080-240°.

Tabell A.1 (Appendiks) viser vindstatistikk fra Skomvær fyr. Omregning til fristrøms hastighet kan gjøres ved å benytte lign. (1) med  $z=10$  m og  $Z_0=0.003$  m. Vi har da antatt at forholdene målt på Skomvær fyr representerer forholdene over fritt hav. Vi får  $U_F=k(u) \cdot U_{\text{Skomvær}}$ , hvor  $k(U_F=30 \text{ knop})=1.35$ ,  $k(40 \text{ knop})=1.37$  etc. [ $1 \text{ knop}=0.514 \text{ m/s}$ ]. Denne multiplikasjonen er utført på materialet fra tabell A.1. Derved har vi kunnet beregne langtidsverdier av fristrøms hastighet over visse grenser. Resultatene er vist i tabell 2.

Tabell 2 viser at vi i 10% av tida på årsbasis må regne med fristrøms hastighet på 30 knop eller mer innenfor sektor 080 til 240°. Av tabell 1 finner vi at vindkastene i denne sektoren ligger i området 85 - 110% av fristrøms hastigheten. Dvs, vi må regne med at vindkastene overskrider 30 knop på Værøy innenfor den nevnte vindsektor inn mot øya. På Røst er da middelvinden 18 knop eller mer. Vindkast kan beregnes ved en antatt kastfaktor på 1.4 (noe ruere enn fritt hav). Kastene blir da omtrent  $18 \times 1.4 = 25$  knop eller mer.

Vi kan lage tilsvarende tabeller som tabell 2 for sommer og vinter. Disse er ikke vist her. Vi finner da at det ved midlere vinterforhold (desember-februar) er minst 40 knops fristrøms-hastighet innenfor 080 - 240° i 8% av tiden, minst 30 knop i 20% av tiden og minst 20 knop i 33% av tiden. Om sommeren er disse prosentene 0.7%, 4% og 14%.

**Tabell 2.**

Sektorvis prosentfordeling på årsbasis av fristrøms-hastigheten,  $U_F$  (vind i 400 m's nivå inn mot Værøy) over visse grenser. Angitte sektorer representerer midtverdiene av 30°'s intervaller.

Sektor	≥15knop	≥20knop	≥25knop	≥30knop	≥40knop	≥50knop
360	4.0	3.0	2.0	1.3	0.3	0.1
030	4.5	3.3	2.0	1.2	0.3	0.1
060	6.6	4.4	2.2	1.0	0.2	0.0
090	3.8	1.8	1.1	0.5	0.1	0.0
120	1.3	1.1	0.3	0.1	0.0	0.0
150	5.0	3.8	2.5	1.6	0.6	0.2
180	4.8	4.0	3.0	2.2	0.9	0.3
210	6.0	4.7	3.5	2.6	0.9	0.4
240	12.9	10.7	7.9	5.6	2.3	0.8
270	4.0	3.1	2.2	1.5	0.5	0.2
300	3.2	2.5	1.8	1.3	0.4	0.1
330	6.3	5.1	3.7	2.7	1.1	0.3
080-240	29.5	22.6	15.7	10.8	4.0	1.5

Tabell 2 viser for øvrig at det innenfor sektoren 080-240° er et tyngdepunkt for sørvest ved sterk vind, slik at det kan være grunn til å legge størst vekt på vindtunnelforsøket fra 210°.

Ved noe svakere vind er øst og sørøstvind bedre representert.

Tabellen viser ellers at det er vind omkring 240° (230 - 250°) som er den mest dominerende vindretning inn mot øya. Fordi denne sektor **delvis** faller innenfor responssektoren (080 - 240°) fra Værøy, behefter dette resultatet med en viss usikkerhet. Vi har regnet med at 2/3 av tilfellene i denne sektoren gir lokal respons på Værøy, mens vinden i 1/3 av tilfellene blåser uproblematisk langs banen. En mer detaljert analyse vil kreve avlesning av diagrammer hvilket ikke er mulig å få til innenfor rammen av denne undersøkelsen. Avstanden til Skomvær vil dessuten alltid gi en viss usikkerhet.

### 3.3. Sammenligning mellom resultater fra vindtunnel og fullskala målinger på flyplassen.

Vindretningen på Røst (bakkenivå) og i 3-400 m's høyde inn mot Værøy er antatt like i disse betraktningene. I virkeligheten kan vinden på Røst være dreiet 10-30° mot klokken i forhold til vinden i 3-400 m's høyde inn mot Værøy (Ekman-effekt). Slike effekter er vanskelig å korrigere for fordi lokal respons på Værøy flyplassområde skyldes effekter av vind mot Værøy i et større sjikt hvor både vind langs bakken og vind i høyden inngår. I tillegg til dette kommer at vindtunnelen forutsetter nøytral sjiktning, mens det i virkeligheten kan være avvik fra dette.

#### Vindretning.

Ved fristrømsretning 135° lå vindretningen i 20 m's høyde i nordre del av rullebanen på 20° i vindtunnelen (3). (middel av p.B og p.C). Sandmo's undersøkelse gav 50° ved 130° på Røst (R) og 10° for 140° (R). Overenstemmelsen mellom vindtunnel og fullskala er meget god.

Ved 180° lå vindretningen i 20 m's høyde i nordre del av rullebanen på 260° i vindtunnelen. Sandmo's undersøkelse gav 300° for 170° (R) 310 for 180° (R) og 290° for 190° (R). Overenstemmelsen mellom vindtunnel og fullskala er brukbar, men det er noe mindre vinddreining i modellen.

Ved 210° lå vindretningen i 20 m's høyde i nordre del av rullebanen på 270° i vindtunnelen. Sandmo's undersøkelse gav 280° for 200° (R), 270° for 210° (R) og 260° for 220° (R). Overenstemmelsen mellom vindtunnel og fullskala er meget god. For denne vindretning har vi også sett på rapporterte verdier fra vanntunnelforsøket (2). Dette viser en vindretning over nordre del av flyplassen til 280° i 75 m's høyde og 195° i 400 m's høyde.

#### Vindhastighet.

Ved fristrøms vindretning 135° var vindretningen på flyplassen i vindtunnelen (20 m's høyde, snitt av p.B og C) 20° og u-komponenten (komponent i 135°'s retning) 0.24 av fristrømhastigheten. Dette gir middelhastighet ( $0.24/\sin 25$ ) på 0.57 av fristrømhastigheten.

Middelvindhastigheten på fullskala (8m) var 0.83 (130°) - 0.57 (140°) av fristrømhastigheten.

Overenstemmelsen mellom vindtunnel og fullskala er meget god.

Ved vindretning 180° var vindretningen i vindtunnelen (20 m's høyde, snitt av p.B og C) 260° og u-komponenten (komponent i 180°'s retning) 0.05 av fristrømhastigheten. Dette gir middelhastighet ( $0.05/\sin 10$ ) på 0.29 av fristrømhastigheten (med relativt stor usikkerhet pga. divisjon på et lite tall).

Middelvindhastigheten på fullskala (8m) var 0.30 av fristrømhastigheten ved 170 - 190°.

Overenstemmelsen mellom vindtunnel og fullskala er meget god, men det må presiseres at usikkerheten ved sammenligning med vind-tunneldata er stor i denne sektor.

Ved vindretning  $210^\circ$  var vindretningen i vindtunnelen (20 m's høyde, snitt av p.B og C)  $270^\circ$  og u-komponenten (komponent i  $210^\circ$ 's retning) 0.15 av fristrøms hastigheten. Dette gir middel-hastighet  $(0.15/\sin 30)$  på 0.30 av fristrøms hastigheten.

Middelvindhastigheten på fullskala (8 m) var 0.41 - 0.46 for sektor 200 -  $220^\circ$ .

Overenstemmelsen mellom vindtunnel og fullskala er brukbar selv om det synes som om vindhastigheten er noe undervurdert i modellen ved denne vindretningen.

#### Turbulensintensitet.

Vindtunnelen viste 18 - 20% ved  $135^\circ$ , 16 - 20% for  $180^\circ$  og 14 - 16% for  $210^\circ$ . Alle tall gjelder fristrømskoblet turbulensintensitet i 20 m's nivå på midtre og nordre del av banen. Tallene er gitt som komponenter langs fristrømsretningene.

Fra (5) har vi beregnet fullskalaverdiene 18-22% ved  $200^\circ$  -  $220^\circ$  og 16-21% ved  $230^\circ$  -  $250^\circ$  (8 m's høyde, nordre del av banen). Tallene må oppfattes som komponenter langs den lokal vindretning.

Tallene i full skala og vindtunnelmodell er rimelig like. Selv om turbulensintensiteten nok er rimelig isotrop, kan det tenkes mindre avvik mellom komponenten langs fristrømsretningen og langs den lokale vindretningen. En finner derfor ikke grunnlag for å spekulere i forskjellene, men fastslår at de ikke er større enn det som må forventes ut fra beregningsusikkerheter og definisjoner.

Det er mulig å gå inn på papirregistreringene for å finne kastfaktorer og derved uttrykk for turbulensintensiteter også for  $135^\circ$  og  $180^\circ$ , men arbeidsomfanget er stort og ikke utført.

#### Konklusjon.

Konklusjonen er at det er rimelig god sammenheng mellom vindkarakteristika funnet i vindtunnel og det som er målt i fullskala på flyplassen. Dette indikerer at data fra vindtunnelen kan være et brukbart hjelpemiddel ved beskrivelsen av vindforholdene i flyplassområdet også på steder der fullskala målinger ikke er utført.

#### **3.4. Fysiske betraktninger.**

Denne betraktning er skrevet på grunnlag av kap.3.1, kap. 3.3 samt videofilmede forsøk i vanntunnelen der fargestoff ble sluppet ut for å illustrere strømningsbildet (2).

#### 4. VIRKNING AV TURBULENS OG VINDSKJÆR PÅ FLY.

Ausland (10) har påpekt 4 problemområder for flygning under turbulente forhold/flygning ved vindskjær.

- 1) Komfort og kabinsikkerhet.
- 2) Strukturelle påkjenninger.
- 3) Retnings- og stillingskontroll av et luftfartøy.
- 4) Luftfarttøyets yteevne.

##### 4.1. Komfort og kabinsikkerhet. Strukturelle påkjenninger.

Komfort og kabinsikkerhet er relatert til passasjerer og besetning. Under turbulente forhold tar flyet opp hurtige og skiftende bevegelser. Dette kan være ubehagelig og til dels farlig for personer inne i flyet. Kabinopplevelsene er avhengig av turbulensforholdene, flytype, vekt, samt flyhastighet og tiltak flygeren treffer ved flygningen. Vanligvis skal det benyttes en "Turbulence penetration speed", en hastighet som ikke kan være for høy pga. de sterke aksellerasjoner som da vil oppstå. Hastigheten må imidlertid alltid overskride steilehastigheten.

I [(10), vedlegg 2] er det referert til forskjellige designkrav der vertikal turbulens er uttrykt i form av maksimale vertikalgust. Turbulens er i denne sammenheng definert som vindhastighetsendringer som typisk oppleves på en tidsskala på inntil 3 sekunder [(10), vedlegg 5]. Det sies intet om midlingstid for slike gust. Imidlertid er flyets responstid 1-2 sek, og flystrekningen 180m ved 60 m/s over 3 sekunder.

Turbulens kan feks. uttrykkes som maksimale vertikalgust, slik det er gjort i vedlegg 2 i (10). Sidens flyets responstid er 1-2 sek. og hastigheten 60 m/s, bør gustene ha en utstrekning på ~ 100 m. Ved vindhastighet på 15 m/s gir dette 7 sek. responstid; ved 30 m/s, 3 sek. Det er derfor rimelig å benytte standardmidlede (3-5 sek.) vindkast for å uttrykke denne turbulensen.

I grove trekk ser det ut til at turbulensintensiteten over Værøy lufthavn er isotrop (3). Vertikal, fristrømskoblet turbulensintensitet,  $I_{Fw}$ , overskrider hyppig 20% av fristrømhastigheten,  $U_F$ .

I (7), (8) og (9) er det vist at sammenhengen mellom horisontal turbulensintensitet,  $I_u$  (koblet til lokal middelvind) og sterkeste vindkast innenfor en 10 min. periode er koblet ved lign. (3).

$$I_u = \frac{\sigma_u}{\bar{U}} = \frac{GF_{3-5sek} - 1}{2.6} = \frac{U_{3-5s} - 1}{2.6} \quad \text{lign. (3)}$$

som lett omregnes til lign. (4) og (5):

$$2.6 \cdot \sigma_u = U_{3-5s} - \bar{U} \quad \text{lign. (4)}$$

$$U_{3-5s} = 2.6 \cdot \sigma_u + \bar{U} \quad \text{lign. (5)}$$

Ved antatt isotrope forhold gjelder igjen at  $I_u = I_w$  og  $\sigma_u = \sigma_w$ . Lign.(3)-(5) bør da også gjelde for vertikalhastigheten,  $W$ , og vi får

$$W_{3-5s} = 2.6 \cdot \sigma_w + \bar{W} \quad \text{lign. (6)}$$

Fra vindtunnelforsøket (3) har vi at  $W = 0.25U_F$  og  $\sigma_w = 0.20U_F$ . Dette gir at kastene i vertikalretningen kan bli ca.  $0.8U_F$ .

**I 200 - 400 m's høyde sør og vest for flyplassen kan nedoverrettede vertikale vindkast komme opp i 80% av fristrøms hastigheten.**

Dette betyr at vindkastene ved 30 knops fristrøms hastighet kommer opp i 41 fps (24 knop); ved 40 knop: 54 fps (32 knop) og ved 50 knop: 68 fps (40 knop) [fps: fot pr. sekund].

Vertikale gust på 66 fps er i (10), vedlegg 2., karakterisert som "rough air". Ved flygning med større fly under slike forhold bør strukturbelastningen for flytypen vurderes. Iflg. K. Ausland (pers. komm.) vil tilsvarende verdi for et småfly av typen Twin-Otter ligge på 50 fps (30 knop). Denne verdi må påregnes når fristrøms hastigheten overstiger 37 knop innenfor sektor 080 - 240°. Dette kan ved informasjon som i tabell 2, beregnes til 6% på årsbasis, 11% om vinteren og 1% om sommeren.

Det må presiseres at forholdene er mildere dersom flyene befinner seg nærmere bakken. Dette er tilfelle ved utflygning ved høydevind fra sør og sørvest og en stigning på 3°, jmf. (3).

Under ulykken 12. april 1990 ble høydevinden (fristrøms hastigheten) estimert til 50 knop med vindretning 210°, hvilket gir 68 fps som sannsynlig maksimalverdi av 3-5 s' vertikalt vindkast i 200 - 400 m's høyde ved ulykkesstedet. Under 200 m var forholdene mildere.

#### 4.2. Retnings- og stillingskontroll av et luftfartøy.

Dette har å gjøre med ulike vindlaster på flykroppen som kan medføre at flyet blir vanskelig å kontrollere. Det er iflg. (10) svært vanskelig å tallfeste disse effektene. Det må antas at kontrollproblemer oppstår i situasjoner der også 1) og 2) er relevante.

#### 4.3. Luftfarttøyets yteevne.

Ved signifikant endring av horisontal vindhastighetskomponent langs flybanen eller ved vertikalhastighetskomponent forskjellig fra 0, vil flyets høyde endres dersom ikke spesielle tiltak settes i verk. Dette kan være svært alvorlig og har vært medårsak i mange flyulykker. Ved flygning i lav høyde inn/ut fra en del flyplasser må slike vindskjærssoner ofte krysses.

Kraftoverskuddet flyet må ha defineres gjennom en F-faktor, se lign. 7. Ligningen er ment som en forenklet illustrasjon.

$$F = \frac{dV_s}{gdt} - \frac{V_w}{V_t} \quad \text{lign. (7)}$$

Her er  $dV_s$  endringen av horisontal motvindkomponent,  $V_s$ , i flybanens retning over tiden,  $dt$  og  $g$  tyngdens akselerasjon.  $V_w$  er nedoverrettet vertikalvindkomponent og  $V_t$  flyhastigheten "initial groundspeed".

Som ligningen viser, forbrukes kraftoverskuddet (negativ F), dersom man flyr inn i en sone med økende medvind (negativ  $V_s$ , eller nedoverrettet vertikalvind (positiv  $V_w$ ). [Fortegniskonvensjonene kommer av at en benytter flyet som referansepunkt og definerer  $V_w$  som "downdraught" (nedslagsvind).]

Med flyhastighet 60 m/s vil en endring av medvindskomponenten på 10 m/s over 200 m gi  $-1/3$  fra første ledd i lign. 7. For å få tilsvarende effekt av vertikalvindledet må vertikalvinden helt opp i 20 m/s. Fra vindtunnelrapporten (3) har vi at nevnte endringer i horisontalvind er sannsynlige.

Tilsvarende vertikalkomponenter (av tilstrekkelig varighet) vil også forekomme, men mer sjelden. Dette medfører at økende medvind (el. tap av motvind) dominerer ytelsesligningen for Værøy, men bidrag fra vertikalvindledet må også tas med i betraktning.

Det reiser seg et naturlig spørsmål knyttet til midlingstider. Ved vindendringer på 3 til 40 sekunder snakker man i flyterminologi om vindskjær. Nå er anvendt tidsskala relatert til flygerens opplevelse. Med flyhastighet 60 m/s flyr maskinen 200 m på 3 sekunder. Ved 40 sekunder gjennomflys 2400 m.

Dersom middelvinden ikke endres over disse avstander vil arealmiddel og tidsmiddel ligne hverandre. Situasjonen kan da sammenlignes med et referansepunkt i ro som gjennomblåses med en viss middelvindhastighet,  $U$ . Med  $U = 30$  knop (15 m/s) tilbakelegges 200m på 13 sekunder og 2400m på 2 minutter og 40 sekunder. Alt dette ville sortert under turbulens ved en slik tankegang.

Vi befinner oss i et grenseland der langperiodisk turbulens i meteorologisk forstand ofte blir å oppfatte som vindskjær for flygeren.

Men sterk turbulens forekommer ofte i tilfelle der en analogi mellom areal- og tidsmiddel ikke holder, feks. i tordenvær-situasjoner, eller i områder med kompleks topografi.

Tenker vi oss dimensjonene på Værøy og utstrekningene av vind-skjærene der, ser vi at overgangen mellom turbulens og vindskjær nødvendigvis må bli uklar. Dette illustreres i vindtunnelforsøket (3) hvor en over 300 m kan bevege seg fra et område med middel-vind omkring fristrøms hastigheten til et område med nær null i middelvind. Dette kompliseres ytterligere ved at den sterke vindskjærssonen er betydelig turbulent, målt ved tidsmidler i punkter i vindskjærssonen. Flyet vil ved krysning av en slik sone oppleve alle typer problemer, dvs. komfort/kabinsikkerhet, struktrur, tap av ytelse, og ganske sikkert også kontrollproblemer.

Vi kan anta at vindtunnelforsøket representerer forholdet ved middels sterk og sterk vind, nøytral sjiktning. Alle standardavvik, lokale hastigheter og vindskjær kan derfor multipiseres med faste brøkdeler av fristrøms hastigheten og det kan beregnes forekomst av disse ved hjelp av kap. 3.2.

## 5. REFERANSELISTE.

- (1) **Dannevig, P. m.fl.:**  
*Rapport fra arbeidsgruppe 23. april 1990 for å studere værforholdene i forbindelse med havari av TWIN OTTER LM-BNS ved Værøy 12.april 1990.*  
 Rapport til flyhavarikommisjonen, Oslo 1991.
- (2) **Tørum, A.:**  
*Vindforhold omkring Værøy flyplass.*  
*Vinntunnelforsøk.*  
*Delrapport.*  
 SINTEF NHL. Rapport STF60 F91055, Trondheim 1991...
- (3) **Dahlsveen, J. og Sætran, L.R.:**  
*Vindforhold ved Værøy lufthavn.*  
*Vindtunnelforsøk - delrapport.*  
 NTH - Institutt for hydro- og gassdynamikk. HOG-rapport 1991:149(C), Trondheim 1991.
- (4) **Sætran, L.R.:**  
*Vindforhold ved Værøy lufthavn.*  
*Modellundersøkelser.*  
 NTH - Institutt for hydro- og gassdynamikk. HOG-rapport 1991:153(C), Trondheim 1991.
- (5) **Sandmo, H.:**  
*Vind og turbulens på Værøy flyplass.*  
 FAGLIGE MEDDELELSER - flygeværtjenesten, Nr. 25.  
 DNMI 1988.
- (6) **Plate, E.:**  
*Engineering meteorology.*  
*Chpt. 12: The interaction of wind and structures (by Davenport, A.G.).*  
 Elsvier, Amsterdam, 1982.
- (7) **Harstveit, K.:**  
*Askøy bro. Vindmålinger på Storebuneset 01.12.87 - 29.02.88.*  
 Oppdragsrapport for Statens vegvesen. DNMI KLIMA 12/88.  
 Oslo 1988.
- (8) **Harstveit, K.:**  
*Hardangerbrua. Vindmålinger 11.11.88 - 01.09.90.*  
 Oppdragsrapport for Statens vegvesen. DNMI KLIMA 31/90.  
 Oslo 1990.
- (9) **Harstveit, K.:**  
*Vealøs. Vindmålinger 1989/90.*  
 Oppdragsrapport for Televerket.  
 DNMI KLIMA xx/91. Under trykking.
- (10) **Ausland, K.:**  
*Hovedflyplass - Gardermoen - vindforhold.*  
 Luftfartsverket, Notat /KA/LV/SPP/, 7.10.91.  
 Oslo 1991.

## APPENDIKS.

**Tabell A.1.**

*Vindstatikk fra Skomvær fyr.*

Fra

**Andresen, L.:**

*Monthly and annual frequencies of concurrent wind forces and wind directions in Northern Norway and the Arctic for the period 1961-75.*

Climatological summaries for Norway, DNMI, Oslo 1979.

SKOYVER FYR JANUARY 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT N=1395 C=1,4 X V#E0,2 H/S

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
36M	0,3	0,3	0,6	1,3	0,9	0,9	0,4	0,2	0,1					5,0	4,7
03	0,1	0,3	0,9	1,4	0,6	0,5	0,3							4,2	4,1
06	0,4	0,9	1,9	3,0	1,7	1,0	0,5	0,1						9,5	4,1
09E		0,9	2,3	3,1	1,6	1,0	0,1							9,1	4,0
12		0,3	1,1	1,3	0,5		0,1							3,3	3,7
15		0,6	1,1	1,4	1,6	1,9	1,1	0,6	0,1					13,0	4,9
18S	0,1	0,4	1,1	1,4	1,6	1,9	1,8	0,9	0,1					9,2	5,4
21		0,3	0,6	1,7	1,5	2,3	1,2	0,7						8,3	5,4
24		0,8	1,0	3,2	3,6	4,0	2,5	1,1	0,5	0,1				16,8	5,4
27M	0,1	0,2	0,9	1,7	0,8	1,0	0,3	0,3	0,1					5,4	4,7
30		0,3	0,4	1,1	0,9	0,9	0,2	0,2	0,1					4,0	4,9
33	0,1	0,5	1,4	1,6	2,3	2,2	1,4	0,6	0,3					10,6	5,1

NF 1,1 5,9 14,1 23,8 19,2 18,2 10,0 4,9 1,3 0,1

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
19-07		0,9	4,1	14,0	21,7	22,4	17,4	13,5	4,9	0,6	0,4				
07-13		1,5	7,3	17,8	20,9	24,1	15,9	8,0	3,7	0,9					
13-19		2,6	7,7	20,4	18,5	22,6	15,1	9,5	2,8	0,9					

SKOYVER FYR FEBRUARY 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT N=1269 C=1,1 X V#E0,0 H/S

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
36M	0,6	0,9	2,0	0,9	0,9	0,4	0,3	0,1						6,2	4,6
03	0,5	1,2	1,3	0,6	0,6	0,2	0,1							4,6	4,2
06	0,2	0,7	2,0	3,5	1,5	1,2	0,3	0,2						9,6	4,2
09E	0,2	1,1	2,7	3,2	1,9	0,8	0,1							10,0	3,8
12		0,6	0,6	1,3	0,7		0,2							3,5	4,0
15	0,3	0,8	2,1	2,8	1,9	1,4	0,8	0,1						10,4	5,2
18S		0,2	1,0	2,0	2,5	3,1	1,1	0,3	0,2					6,1	5,5
21		0,1	0,3	1,6	1,2	1,3	0,9	0,4	0,2	0,1				10,4	5,2
24		0,1	0,3	1,6	1,2	1,3	0,9	0,4	0,2	0,1				6,1	5,5
27M	0,1	0,7	1,4	2,4	2,4	3,7	2,1	1,0	0,2	0,1				14,3	5,3
30	0,1	0,2	0,6	1,0	0,9	1,1	0,6	0,1	0,2	0,1				5,8	4,9
33	0,2	0,6	1,6	2,4	2,4	2,8	1,7	1,0	0,2	0,1				5,0	5,5

NF 1,0 6,0 15,1 24,9 19,1 18,1 8,8 4,2 1,2 0,4

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
19-07		0,7	2,6	18,9	20,3	20,8	19,9	9,9	5,4	1,4	0,2				
07-13		1,2	8,0	21,7	19,4	22,5	13,7	9,7	2,6	0,9	0,2				
13-19		0,2	1,4	8,0	22,5	18,4	22,5	15,8	5,1	0,2					

SKOYVER FYR MARCH 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT N=1395 C=0,9 X V#E8,5 H/S

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
36M	0,1	0,1	1,2	1,4	0,7	1,1	0,5	0,1						5,4	4,6
03	0,2	0,3	0,6	1,5	0,9	0,2	0,6							4,3	4,3
06	0,1	1,1	2,8	3,4	1,7	1,1	0,1	0,1						10,4	3,9
09E	0,1	1,8	2,7	2,9	1,5	0,6	0,1							9,7	3,6
12		0,4	0,6	0,9	0,1	0,4								2,4	3,8
15	0,2	0,6	1,5	2,9	1,8	0,6	1,2	0,1						9,0	4,4
18S	0,1	0,4	0,7	2,0	1,9	1,9	1,1	0,5	0,1					8,7	5,2
21		0,2	1,0	1,9	1,5	1,4	0,9	0,4	0,3					7,5	5,1
24	0,1	0,9	2,1	4,7	3,5	3,2	1,5	0,7	0,1	0,1				16,9	4,8
27M	0,1	0,5	1,4	1,6	1,5	1,4	0,4	0,4	0,1					7,3	4,6
30	0,1	0,2	0,7	1,0	0,9	1,6	0,6	0,1	0,1					5,4	5,1
33	0,1	0,4	1,6	2,4	3,0	2,8	1,4	0,3	0,1					12,1	5,0

NF 1,2 6,9 16,9 26,7 19,1 16,3 8,2 2,8 0,9 0,1

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
19-07		1,7	5,4	20,0	20,4	23,2	16,6	6,9	4,9	0,9					
07-13		2,4	7,5	25,8	19,6	19,1	16,6	6,7	1,5	0,9					
13-19	0,2	2,4	9,5	21,9	22,8	20,2	14,4	5,4	2,8	0,4					

SKOYVER FYR APRIL 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT N=1350 C=1,0 X V#E7,0 H/S

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
36M	0,1	0,6	1,4	1,9	1,5	1,0	0,2							6,7	4,2
03	0,1	0,4	1,1	1,6	1,8	0,7	0,2							5,9	4,3
06	0,2	1,0	3,9	6,1	2,8	0,6	0,1							14,5	3,9
09E	0,2	1,6	4,7	4,7	0,6	0,3								12,1	3,4
12	0,1	0,9	1,1	1,8	0,4	0,1								4,4	3,4
15	0,1	1,1	2,1	1,6	1,6	0,4	0,2							7,0	3,8
18S		0,5	1,0	2,3	1,6	1,3	0,5							7,3	4,5
21	0,2	0,3	1,4	2,2	1,6	0,7	0,7							7,2	4,4
24	0,1	1,0	2,2	4,1	3,6	1,5	0,5	0,2						13,3	4,3
27M	0,3	0,3	1,6	2,4	0,9	0,5	0,2							4,1	4,0
30	0,1	0,1	0,9	1,6	0,7	0,1	0,1							4,1	4,1
33	0,2	1,0	1,9	3,2	1,6	1,6	0,6	0,2						10,4	4,3

NF 1,5 8,8 23,2 33,6 19,0 8,5 3,8 0,5 0,1 0,1

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

DD	F:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDM
19-07		0,7	9,6	32,7	26,7	16,7	8,7	4,0	0,7	0,4					
07-13		2,2	13,6	32,9	24,9	16,9	8,2	0,9	0,2	0,2					

SKOWYER FYR MAY 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,1	1,1	1,8	2,6	1,1	0,7	0,4	0,2	0,1					8,0	4,1
	03	0,1	1,1	3,2	5,7	2,7	1,4	0,4	0,1						14,8	4,1
	06	0,3	2,7	9,1	8,5	3,2	1,0	0,1							23,9	3,6
	09E	0,2	2,2	4,2	2,0	0,6	0,1	0,1							9,4	3,1
	12	0,1	0,4	0,8	0,6	0,2									2,2	3,2
	15	0,3	1,4	1,7	1,5	0,7	0,3	0,1	0,1	0,3					6,0	3,8
	18S	0,2	0,9	1,4	1,9	0,6	0,4	0,1	0,1	0,3					5,9	3,8
	21	0,4	0,7	2,1	0,8	0,5	0,3	0,1							4,9	4,4
	24	0,1	1,5	2,2	3,6	2,0	0,9	0,2							10,5	3,9
	27W	0,1	0,4	0,6	1,1	0,3	0,2	0,1							2,7	3,6
	30	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,1	0,1							2,0	3,9
	33	0,1	1,3	2,1	1,8	0,8	0,9	0,1							7,1	3,7

SKOWYER FYR MAY 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,1	0,7	1,9	4,0	2,2	1,3	0,8	4,9	1,5	0,2					0,2
	07-13	0,2	6,5	23,0	34,0	20,9	9,5	4,1	1,7							0,2
	13-19	0,4	6,0	22,6	35,1	20,2	11,2	2,4	1,5	0,4						

SKOWYER FYR JUNE 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,1	0,4	1,9	3,6	0,9	1,0	0,1	0,1						8,0	4,1
	03	0,2	0,7	1,6	4,0	2,2	0,7								9,6	4,0
	06	0,1	1,6	6,2	5,0	1,9	0,6	0,1							15,6	3,6
	09E	0,1	1,5	2,5	2,5	0,2									6,6	3,2
	12	0,3	0,3	0,5	0,2	0,1									1,4	2,6
	15	0,1	1,1	1,3	1,9	0,6	0,4								5,3	3,5
	18S	0,3	0,4	1,8	2,1	1,3	0,4								6,2	3,8
	21	0,1	0,7	1,0	3,0	2,3	1,5	0,1	0,1	0,2					9,0	4,4
	24	0,4	1,9	3,7	5,5	3,4	1,9	0,8							17,7	4,0
	27W	0,3	0,7	2,6	1,3	0,5	0,4								5,9	3,4
	30	0,2	1,1	1,5	1,8	0,6	0,2								5,4	3,4
	33	0,2	1,2	2,4	3,0	0,6	0,3								7,7	3,4

SKOWYER FYR JUNE 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,1	1,1	2,4	2,4	0,9	0,5	0,1	0,1						7,3	3,6
	03	0,9	0,9	2,7	3,2	1,6	1,1	0,1							9,6	4,0
	06	0,1	1,9	6,1	5,9	1,6	0,2	0,2							10,1	3,5
	09E	0,1	2,5	4,2	2,4	0,3									9,5	3,0
	12	0,3	0,3	0,9	0,5	0,2									1,9	3,3
	15	0,2	0,9	1,7	1,5	0,6	0,1	0,1							5,2	3,4
	18S	0,1	1,0	0,9	1,7	0,6	0,4								4,9	3,7
	21	0,1	0,2	1,1	2,5	1,4	1,1	0,1	0,1						6,7	4,3
	24	0,1	1,4	4,0	5,5	3,4	2,3	0,5	0,1						17,5	4,2
	27W	0,2	1,0	1,7	2,2	0,6	0,1								5,9	3,4
	30	0,1	0,9	1,7	1,2	0,4									4,4	3,2
	33	0,1	1,9	2,2	3,2	1,1	0,1	0,1							8,7	3,5

SKOWYER FYR JUNE 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,1	1,1	2,4	2,4	0,9	0,5	0,1	0,1						7,3	3,6
	03	0,9	0,9	2,7	3,2	1,6	1,1	0,1							9,6	4,0
	06	0,1	1,9	6,1	5,9	1,6	0,2	0,2							10,1	3,5
	09E	0,1	2,5	4,2	2,4	0,3									9,5	3,0
	12	0,3	0,3	0,9	0,5	0,2									1,9	3,3
	15	0,2	0,9	1,7	1,5	0,6	0,1	0,1							5,2	3,4
	18S	0,1	1,0	0,9	1,7	0,6	0,4								4,9	3,7
	21	0,1	0,2	1,1	2,5	1,4	1,1	0,1	0,1						6,7	4,3
	24	0,1	1,4	4,0	5,5	3,4	2,3	0,5	0,1						17,5	4,2
	27W	0,2	1,0	1,7	2,2	0,6	0,1								5,9	3,4
	30	0,1	0,9	1,7	1,2	0,4									4,4	3,2
	33	0,1	1,9	2,2	3,2	1,1	0,1	0,1							8,7	3,5

SKOWYER FYR JULY 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,9	2,4	2,5	1,5	0,4	0,1								7,9	3,8
	03	0,7	1,9	3,1	2,2	0,7	0,2								8,9	4,1
	06	1,6	3,9	4,0	1,9	0,4	0,1								12,0	3,6
	09E	1,2	2,4	1,0	0,1										4,9	2,9
	12	0,2	0,6	0,4											1,3	3,2
	15	1,4	2,4	1,6	0,4	0,3	0,1								6,5	3,2
	18S	0,4	0,7	2,2	1,7	0,6	0,4								6,0	3,4
	21	0,5	1,0	2,9	2,4	0,4	0,4								7,8	4,2
	24	0,9	2,2	6,0	7,2	2,9	1,0	0,4	0,1						20,8	3,7
	27W	1,5	1,8	3,0	0,5	0,1									7,5	3,2
	30	0,6	0,9	0,9	1,0	0,3	0,1								3,3	3,2
	33	1,9	3,5	2,7	0,9	0,6	0,1								10,3	3,3

SKOWYER FYR JULY 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,1	0,7	1,9	4,0	2,2	1,3	0,8	4,9	1,5	0,2					0,2
	07-13	0,2	7,1	25,8	35,1	21,9	6,7	2,6	0,4							0,2
	13-19	0,4	6,5	24,3	38,5	19,4	7,7	2,6	0,6							

SKOWYER FYR AUGUST 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
	36N	0,1	1,1	2,4	2,4	0,9	0,5	0,1	0,1						7,3	3,6
	03	0,9	0,9	2,7	3,2	1,6	1,1	0,1							9,6	4,0
	06	0,1	1,9	6,1	5,9	1,6	0,2	0,2							10,1	3,5
	09E	0,1	2,5	4,2	2,4	0,3									9,5	3,0
	12	0,3	0,3	0,9	0,5	0,2									1,9	3,3
	15	0,2	0,9	1,7	1,5	0,6	0,1	0,1							5,2	3,4
	18S	0,1	1,0	0,9	1,7	0,6	0,4								4,9	3,7
	21	0,1	0,2	1,1	2,5	1,4	1,1	0,1	0,1						6,7	4,3
	24	0,1	1,4	4,0	5,5	3,4	2,3	0,5	0,1						17,5	4,2
	27W	0,2	1,0	1,7	2,2	0,6	0,1								5,9	3,4
	30	0,1	0,9	1,7	1,2	0,4									4,4	3,2
	33	0,1	1,9	2,2	3,2	1,1	0,1	0,1							8,7	3,5

SKOWYER FYR AUGUST 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT	DD	FI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FHM
-------------------	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	-----

SKOWYER FVR SEPTEMBER 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT NE1350 C=1,3 X V#97,4 M/S F#E4,1 B

DD	Ft	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDH
36N	0,2	0,5	1,2	1,8	1,3	0,5	0,3							5,9	4,1
03	0,1	0,2	1,3	2,3	0,6	1,0	0,1	0,1						5,7	4,2
06	0,1	1,4	4,4	4,3	1,6	0,6	0,2							12,6	3,7
09E	0,3	1,2	3,6	3,6	0,6	0,1								9,2	3,3
12		0,4	1,0	1,3	0,2	0,1								3,0	3,5
15	0,2	1,2	1,9	3,0	1,8	0,7	0,2	0,1						9,0	3,9
18S		0,4	1,1	1,4	1,3	1,0	0,1	0,1						5,4	4,4
21		0,1	0,7	1,6	1,3	1,3	0,7	0,4						6,1	5,1
24	0,3	1,7	2,7	5,0	5,8	3,3	1,6	0,7						21,0	4,6
27W	0,2	0,7	1,5	2,6	1,0	1,0	0,5							7,7	4,2
30	0,1	0,7	0,9	1,8	1,0	0,4	0,4							5,3	4,1
33	0,2	0,4	1,6	1,8	1,9	1,5	0,5	0,1						7,9	4,5

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-07 1,1 10,9 29,3 22,2 21,1 9,6 4,7 0,7 0,4  
 07-13 1,8 16,7 30,7 20,2 18,4 8,7 3,1 0,4  
 13-19 0,7 2,9 15,6 29,8 22,4 14,7 9,3 4,0 0,7

SKOWYER FVR NOVEMBER 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT NE1350 C=1,0 X V#99,3 M/S F#E4,8 B

DD	Ft	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDH
36N	0,1	0,3	0,5	1,7	1,3	1,7	0,6	0,3						6,5	4,9
03	0,5	1,0	1,6	1,7	0,4	0,8	0,2							6,4	4,6
06	0,1	0,9	2,1	4,4	2,1	1,3	0,2	0,1						11,3	4,1
09E	0,1	0,8	1,6	3,7	1,9	1,0								9,1	4,0
12		0,5	0,7	1,2	0,5	0,3	0,1							3,3	3,9
15	1,0	1,2	2,3	1,8	1,6	0,7	0,1	0,1						8,7	4,5
18S	0,1	0,7	0,9	1,8	1,2	1,0	0,7	0,2						6,7	5,5
21	0,1	0,7	1,6	1,6	1,6	1,2	1,0	0,3	0,1					8,1	5,7
24	0,1	0,4	1,4	4,1	4,7	4,1	3,1	1,4	0,1					19,6	5,4
27W	0,2	0,5	0,7	0,9	1,7	1,5	0,4	0,4	0,1					5,9	4,7
30	0,1	0,4	0,5	1,1	1,7	0,5	0,7	0,4						4,6	4,8
33	0,6	1,5	1,9	1,3	1,6	0,9	0,8	0,2	0,1					8,9	5,1

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-07 0,9 4,9 11,8 23,3 24,7 16,9 11,6 4,0 1,8 0,2  
 07-13 0,9 8,0 18,2 22,0 21,8 16,4 7,1 4,7 0,7 0,2  
 13-19 1,3 6,2 20,9 21,6 20,0 16,7 9,3 2,4 1,3 0,2

SKOWYER FVR OCTOBER 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT NE1395 C=1,1 X V#98,9 M/S F#E4,7 B

DD	Ft	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDH
36N	0,2	0,4	0,8	1,1	1,8	1,1	0,7	0,1						6,3	4,7
03	0,4	0,6	1,9	1,4	1,1	0,8	0,1	0,1						6,4	4,8
06	0,3	1,9	3,8	2,0	0,7	0,4								9,3	4,1
09E	0,1	0,9	2,5	2,5	0,5	0,4	0,1							7,1	3,6
12		0,1	1,0	0,9	0,2	0,1								2,3	3,6
15	0,6	2,4	4,0	1,6	1,0	0,4								10,1	4,1
18S	0,2	0,6	0,9	1,1	1,1	0,2	0,5	0,1						4,9	5,1
21	0,1	0,4	1,2	1,4	1,4	1,0	0,6	0,1						6,1	5,5
24	0,6	1,7	3,7	6,4	5,2	3,7	1,7	0,2						23,2	5,4
27W	0,1	0,3	1,1	1,7	1,4	2,0	0,4	0,1						7,3	4,8
30	0,1	0,3	0,7	1,6	1,0	0,5	0,1	0,1						6,2	4,8
33	0,1	0,6	1,2	2,3	1,9	1,0	0,2	0,1						9,7	4,8

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-07 0,4 4,1 18,9 17,8 28,2 17,2 9,5 3,4 0,4  
 07-13 1,1 7,1 21,3 23,2 23,7 14,2 6,5 2,6 0,2  
 13-19 1,5 7,5 24,9 20,2 23,7 12,7 7,7 1,5 0,2

SKOWYER FVR DECEMBER 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT NE1395 C=0,9 X V#10,1 M/S F#E5,1 B

DD	Ft	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDH
36N	0,1	0,2	0,9	1,4	0,8	1,1	0,4	0,1	0,1					4,9	4,7
03	0,5	0,4	1,1	0,8	1,2	0,1	0,1							4,2	4,7
06	0,7	1,3	2,7	1,5	0,9	0,4								7,1	4,2
09E	0,1	0,5	2,1	2,7	1,8	1,0	0,1							8,4	4,1
12	0,1	0,1	0,5	1,1	0,4	0,4								2,7	4,1
15	0,1	0,9	0,8	2,9	2,2	2,1	1,0	0,9	0,1	0,1				11,1	5,0
18S	0,1	0,2	1,0	0,9	1,7	1,1	0,4	0,1						6,5	5,2
21	0,5	0,7	0,9	2,4	1,5	0,9	0,4							8,3	5,7
24	0,1	0,6	0,9	3,4	3,7	4,9	3,8	1,9	0,5	0,1				20,1	5,7
27W	0,1	0,4	0,7	1,0	1,8	1,4	0,5	0,4	0,1					8,2	5,5
30	0,1	0,3	0,3	1,1	1,6	1,2	0,4	0,1						7,4	5,5
33	0,1	0,1	0,9	1,6	2,4	2,2	2,1	0,6	0,1	0,1				10,3	5,5

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-07 0,4 3,0 13,5 12,5 24,9 20,4 14,4 8,6 2,2  
 07-13 1,1 4,1 17,2 15,9 26,9 17,0 13,3 3,7 1,1 0,2  
 13-19 0,6 5,8 13,3 19,1 25,6 17,6 12,3 3,4 2,2

SKOWVEAR FYR YEAR 1961-1975

HRS. 06,12,18 GMT NR16434 CW 1,5 X VHM7,8 M/S FMW4,3 B

DD	F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ND	FDH
36H	0,1	0,5	1,3	2,0	1,1	0,9	0,3	0,1	0,0					6,5	4,3
03	0,1	0,6	1,4	2,4	1,4	0,8	0,3	0,1	0,0					7,1	4,2
06	0,2	1,2	3,7	4,5	2,0	0,8	0,2	0,0						12,7	3,8
09E	0,2	1,4	3,0	2,8	1,0	0,4	0,1	0,0						8,8	3,5
12	0,0	0,4	0,8	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0						2,6	3,6
15	0,1	1,0	1,7	2,4	1,5	0,9	0,5	0,2	0,0					8,4	4,2
18S	0,1	0,5	1,1	1,6	1,3	1,2	0,6	0,3	0,1					6,8	4,7
21	0,1	0,3	0,8	1,9	1,5	1,3	0,8	0,4	0,1	0,0				7,2	5,0
24	0,2	1,2	2,4	4,4	3,8	3,0	1,7	0,8	0,1	0,0				17,7	4,8
27M	0,2	0,6	1,3	1,7	1,1	0,9	0,3	0,2	0,1	0,0				6,3	4,3
30	0,1	0,5	1,3	1,7	1,1	0,8	0,4	0,1	0,0	0,0				4,8	4,5
33	0,2	0,9	1,8	2,3	1,7	1,5	0,8	0,3	0,1	0,0				9,7	4,5

FREQ. 1,6 8,8 20,2 28,3 17,5 12,8 6,1 2,5 0,6 0,1

FREQUENCY OF MAX WIND FORCE BETWEEN THE HOURS OF OBSERVATION

19-07	0,0	1,6	9,2	26,4	21,4	19,5	11,8	6,6	2,8	0,7	0,1
07-13	0,1	3,1	13,8	27,7	20,3	17,7	10,3	4,9	1,6	0,4	0,1
13-19	0,2	3,2	13,9	26,1	20,4	17,2	9,9	5,0	1,4	0,5	0,0

CUMULATIVE DISTRIBUTION OF CASES WITHIN A PERIOD OF CONSECUTIVE DAYS WHEN MAX WIND FORCE OF THE DAY IS LESS THAN OR EQUAL TO 3 B

DAYS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
WINTER	22	4	1										
SPRING	87	20	4	1	1	1							
SUMMER	136	31	8	2									
AUTUMN	33	4	2	1									
TOTAL	278	59	15	4	1	1							

CUMULATIVE DISTRIBUTION OF CASES WITHIN A PERIOD OF CONSECUTIVE DAYS WHEN MAX WIND FORCE OF THE DAY IS GREATER THAN OR EQUAL TO 6 B FOR THE PERIOD 1961-1975

DAYS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
WINTER	1000	458	280	190	142	106	83	68	61	49	39	31	23
SPRING	625	259	135	88	59	39	29	17	15	11	9	7	5
SUMMER	344	120	52	22	13	6	6	3	2	1	1		
AUTUMN	845	371	213	141	99	73	48	38	29	23	20	18	17
TOTAL	2814	1208	680	441	315	224	167	126	107	84	69	56	45

MONTH NO. OF YEARS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

NAME OF STATION : SKOWVEAR FYR  
 ESTABLISHED : January 1890  
 HEIGHT ABOVE SEA LEVEL : 18 m

CHANGES OF THE STATION SITE : The weather station has always been situated at Skowvear Fyr.

MAIN HOURS OF OBSERVATION : 00, 06, 12, 18 GMT

OBSERVATIONAL METHOD : Anemograph

HEIGHT OF ANEMOMETER : 10.0 m

MOVEMENTS OF ANEMOMETER : None through the years 1961-1975.

DESCRIPTION OF THE SITE AND OF THE SURROUNDING AREA ETC. : The station is situated by the lighthouse on the highest point of Skowvearholmen. The small island has a rough terrain which is mainly grassy. The anemometer is situated 130 m WSW of the lighthouse. The E and NE winds are possibly disturbed by the lighthouse. At a distance of 2-10 km there are several small islands with 100-250 m high mountains in the sector N-NE. Otherwise the island is surrounded by open sea.

EVALUATION OF THE RECORDS : The records were homogeneous through the years 1961-1975.