

DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 320 BLINDERN 0314 OSLO 3
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

57/85 KLIMA

DATO

17. Desember 1985

TITTEL

VEGA ANTENNEMAST
IS OG VINDLASTER

UTARBEIDET AV

Knut Harstveit

OPPDRAKSGIVER

Teledirektoratet - TRK

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler en revurdering av eksisterende klimalaster på Vega antennemast. Rapporten bygger på vindmålinger utført i/ved masten i 1981-1982 (J.J.Jensen, SINTEF, NTH). Videre bygger den på en ekstremverdi-analyse av vindregistreringene på Nordøyen og Sklinna, samt sammenhengen mellom Sklinna og Vega ved sterk vind.

UNDERSKRIFT

Knut Harstveit

Knut Harstveit
SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune
FAGSJEF

ANTENNEMAST - VEGA. DIMENSJONERENDE KLIMALASTER

Dimensjonerende vindforhold :

	Fot av mast	Topp av mast
10 min middelvind (50 år) :	56m/s	59m/s
3 - 5 s vindgust (") :	76m/s	76m/s
Turbulensintensitet :		10% ved 59m/s 27% ved 47m/s

Sektor med sterkeste 10 min middelvind :	230° - 340°
Mest turbulente sektor :	115° - 225°

Vindprofil:	115° - 225° :	logaritmisk over hele masten
	230° - 265° :	konstant
	270° - 20° :	logaritmisk i nedre del, konstant i øvre del

Mest usikre estimat :	27% ved 47 m/s, dvs. forhold ved SØ+S vind. Dette skyldes: - dårlig datadekning - dårlig sammenheng Sklinna- Vega
-----------------------	---

Videre arbeid :	-arbeid med sondedata fra Ørland i SØ og S situasjoner -flere vindmålinger på Vega etter følgende prioritet: 1: Begge nivåer. 2: Bare i topp av mast. 3: Bare på taubanehus.
-----------------	--

Dimensjonerende islast (50 år):

mastediameter, $d = 1.6\text{m}$: 50 cm
 $d > 3.8\text{m}$ og
 $d < 6.4\text{m}$: 20 cm
 $d = 6.4\text{m}$: 10 cm

Utsatt isingsektor : $230^\circ - 340^\circ$

Form av isingsbelegg : Isen har maksimum tykkelse innenfor sektoren $230^\circ - 340^\circ$. Deretter faller tykkelsen elliptisk til 0 cm. I ugunstigste tilfelle nås 0 cm ved 70° og ved 140° . Sektoren $70^\circ - 140^\circ$ er tilnærmet isfri.

Kombinert is og vind : Hyppige mildværsituasjoner i isingssesongen. En kan derfor si at det er betydelig mindre korrelasjon mellom is og sterk vind enn på Storhøgen.

INNHALDSFORTEGNELSE

	<u>Side</u>
1. INNLEDNING	- 4
2. STED OG TOPOGRAFI	- 5
2.1 Lokal topografi.	- 5
2.2 Storstilt topografi.	- 5
3. DATAGRUNNLAG (VIND)	-10
3.1 Nordøyan.	-10
3.2 Sklinna.	-10
3.3 Sodedata, Ørland.	-11
3.4 Vega:Taubanehus.	-11
3.5 Vega:Tårn.	-12
4. METODIKK OG RESULTATER (VIND)	-13
4.1 Ekstremverdianalyse av data for 10 min middelvind på Nordøyan og Sklinna.	-13
4.2 Retningsfordelte ekstremverdier på Nordøyan og Sklinna.	-13
4.3 Sammenligning av 10 min middelvind på Vega og Sklinna. Beregning av ekstreme vindhastigheter på Vega.	-16
4.4 Momentanvind, gustfaktor og turbulensintensitet.	-24
4.5 Fysiske tolkninger av resultatene.	-26
5. ISING	-29
5.1 Generelt.	-29
5.2 Datagrunnlag.	-29
5.3 Islaster for Vega.	-30
5.4 Kombinert is og vind.	-30

1. INNLEDNING

Bakgrunnen for denne klimarapporten er en nyvurdering av de dimensjonerende klimalaster på Vega antennemast. Det skal dimensjoneres for en evt. toppantenne på masten i forbindelse med en TV-2 utredning.

Bakgrunnen for en såvidt grundig undersøkelse som her foreligger finnes også i den kjensgjerning at masten har vært utsatt for store mekaniske påkjenninger. Dette mente man måtte henge sammen med at vindklimaet på Vega er strengere enn på forhånd antatt. Dette anslag var på 49 m/s som dimensjonerende middelvind, 17% turbulensintensitet, samt vindgust (3 - 5s) på 60 m/s. Det ble derfor satt i verk et måleprogram ledet av dr. tech. J.J. Jensen ved Sintef, NTH. Dette inkluderte vindmålinger ved fot av mast gjennom en to års periode og vindmålinger i topp av mast i to av disse månedene. Det ble samtidig foretatt målinger av mastens aerodynamiske respons (akselerasjon, utbøyning).

J.J.Jensen har avlevert flere rapporter som bl.a. inneholder en presentasjon av vindregistreringene (1).

I denne klimarapporten er det foretatt en videre bearbeidelse av vindforholdene på Vega ut fra (1). Videre er vindforholdene på Vega sammenlignet med forholdene på værstasjonen Sklinna fyr som har hatt kontinuerlige vindregistreringer gjennom 11 år. Det er etablert overføringsfaktorer mellom 10 min middelvind på Sklinna og på Vega ved sterk vind, både ved fot og topp av mast.

Ved hjelp av datarekken fra værstasjonen Nordøyan fyr (30år) er en kommet fram til dimensjonerende middelvind (10 og 50år) på Sklinna.

En er ved hjelp av ekstremvindestimatene på Sklinna og overføringsfaktorene til Vega i stand til å gi ekstremvind-estimer også på Vega.

I samarbeid med S. Fikke (EFI) er det til slutt foretatt en revurdering av islastene på grunnlag av tidligere anslag (H. Råstad) og den erfaring en har hatt på Vega siden masten ble reist. Erfaring med ising på andre masteanlegg er også trukket inn. Denne vurdering må nødvendigvis bli løsere fundert da datagrunnlaget er meget dårlig.

2. STED OG TOPOGRAFI

Vega antennemast (Fig.1) er 109m høy. Diameteren i øvre del er 3.9m. Den planlagte toppantenne er 12.5m lang og har diameter på 1.6m.

Master ligger på toppen av Gulsvåg fjellet (733m o.h.) på øya Vega i Nordland fylke ca. 50 km nordøst for grensen til Trøndelag (Fig.1 og 2)

2.1 Lokal topografi.

På Vega er det to fjellmassiver. Gulsvåg fjellet (horisontal skala 1-2 km) ligger lengst nord. Det er bratt i alle retninger, men har en særlig bratt vestvegg under 500m' s nivå. Selve toppen har en noe særegen øst-vest gående kam (Fig.1).

Sør for Gulsvåg fjellet ligger Vegtindene og Trolltindene, en sammenhengende, skarp egg; øst - vest gående og med høyde 600 - 800m o.h.. Avstanden mellom denne egg og Gulsvåg fjellets høyeste punkt er 3 km. Eggen dekker sektoren 110 - 220 grader sett fra Vegamasten. Dalen mellom fjellmassivene har en bunnhøyde på 200 - 300m o.h..

Fjellene på Vega er de eneste fjell over et havområde på 20 km mot kystlinjen i sørøst. I sektor sørvest til nord er det fritt hav.

2.2 Storstilt topografi.

Vega ligger på kysten av Nordland fylke. Kystlinjen er sørsørvest - nordnordøst gående. Mot sørvest, vest og nordvest er det fritt hav på meget stor skala.

På innlandssiden løper Kjølen. Sørøst (sektor 90 - 170 grader) for Vega har denne fjellkjeden sine laveste pass (~800 - 1000m o.h.). Mektigere fjellmassiver finnes i nordøst (Nordland og nordvestre Sverige) og i sektor 170 til 220 grader (nordlige Langfjell, Sylene). Sistnevnte fjellmassiver ligger riktignok 400 km borte.

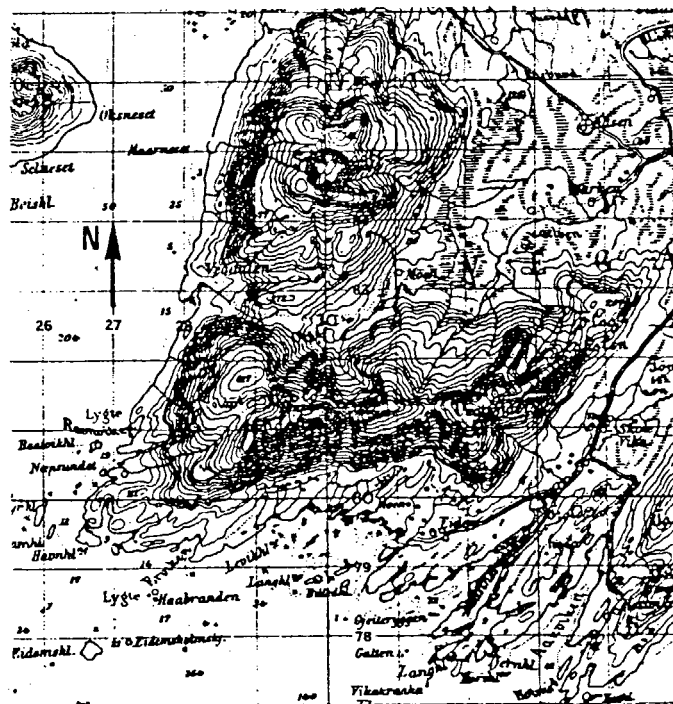
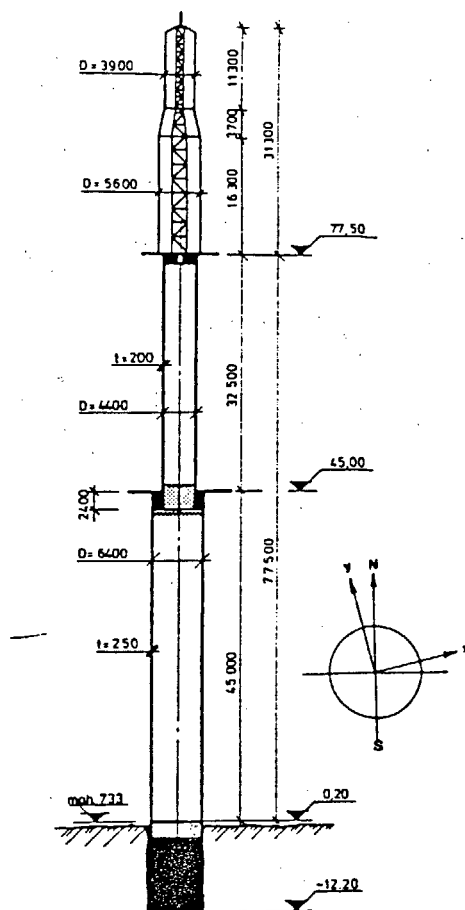
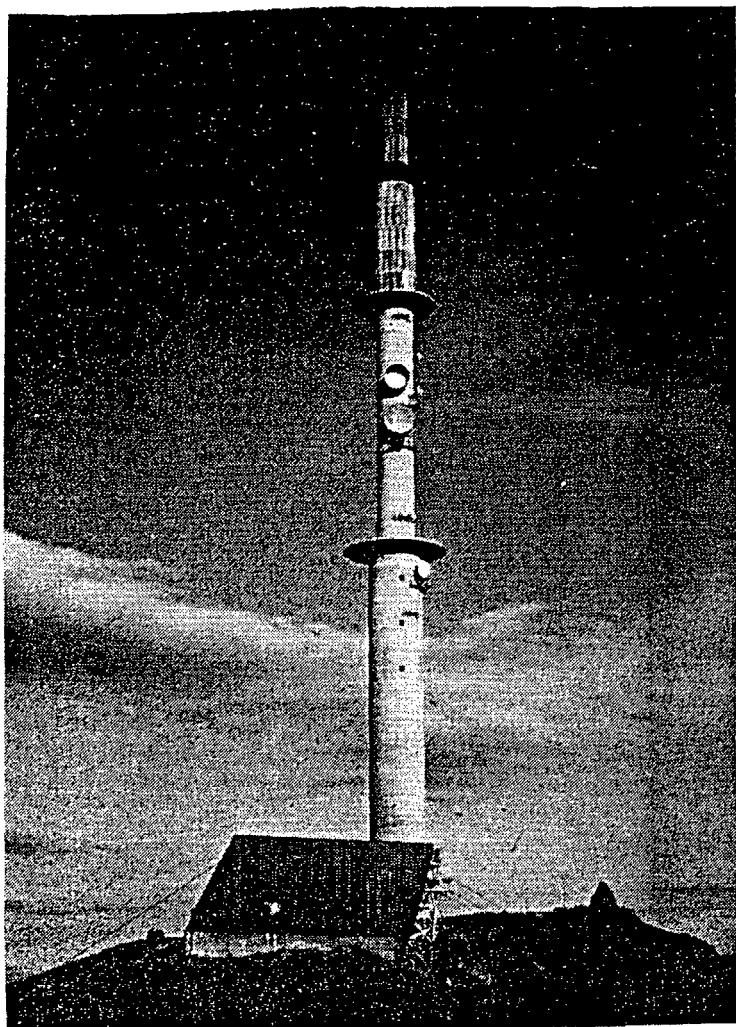


Fig.1 Vega antennemast. Utforming og beliggenhet. Etter Jensen, J.J., og Nygård, K. (1).

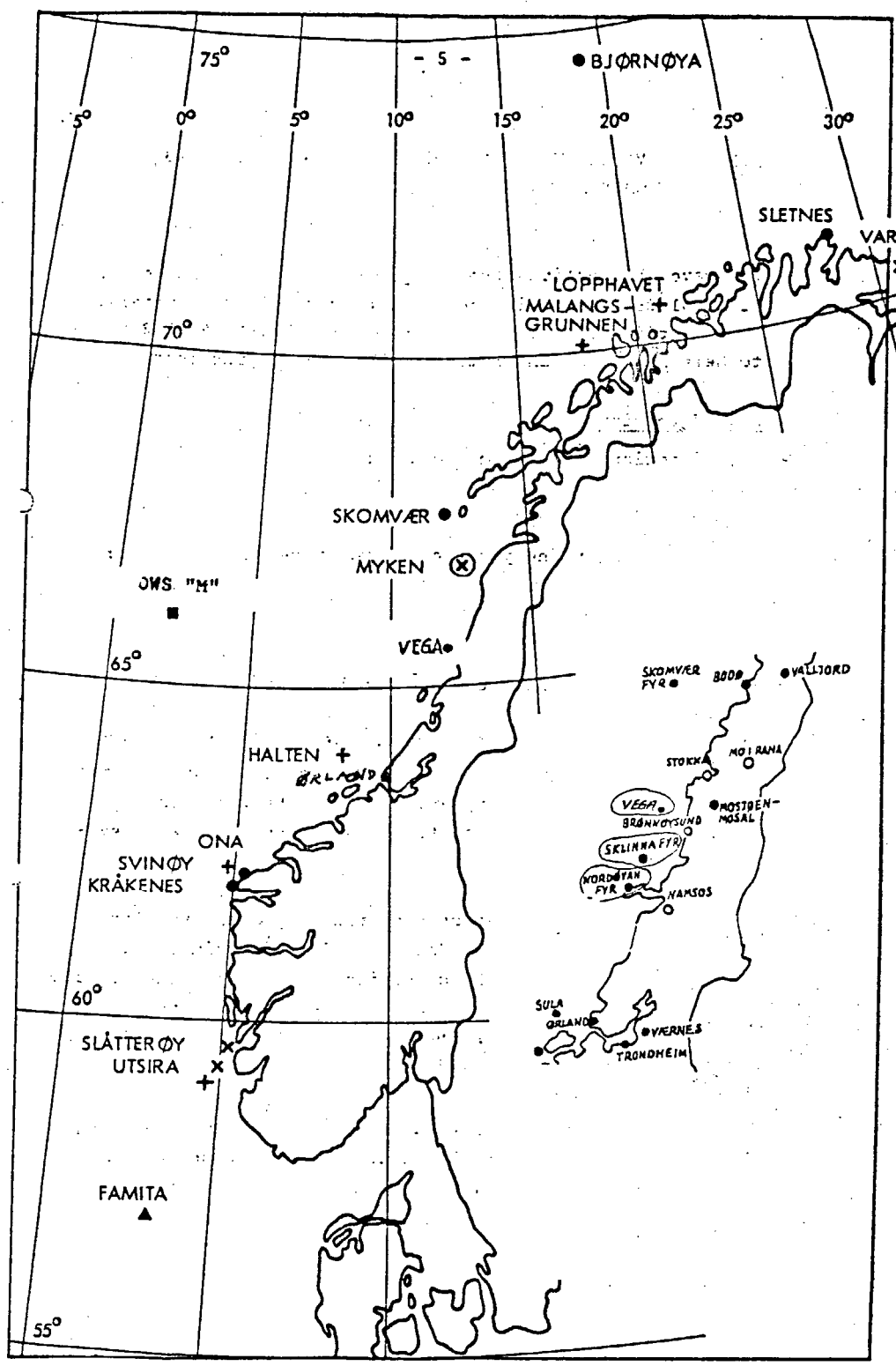
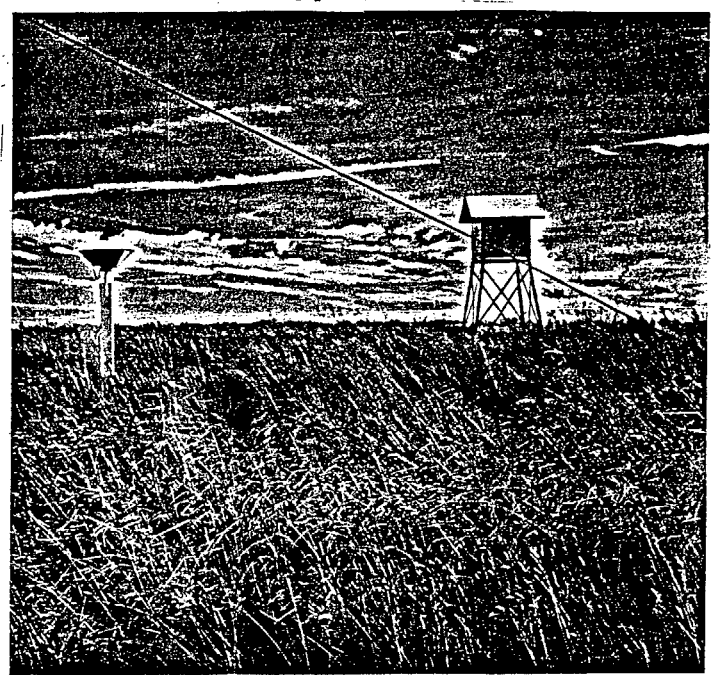
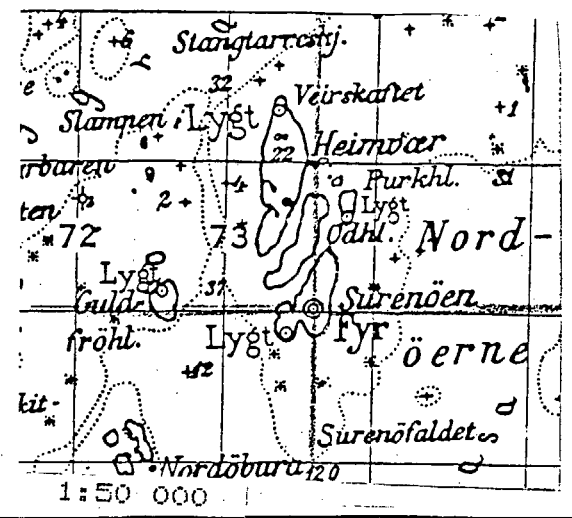
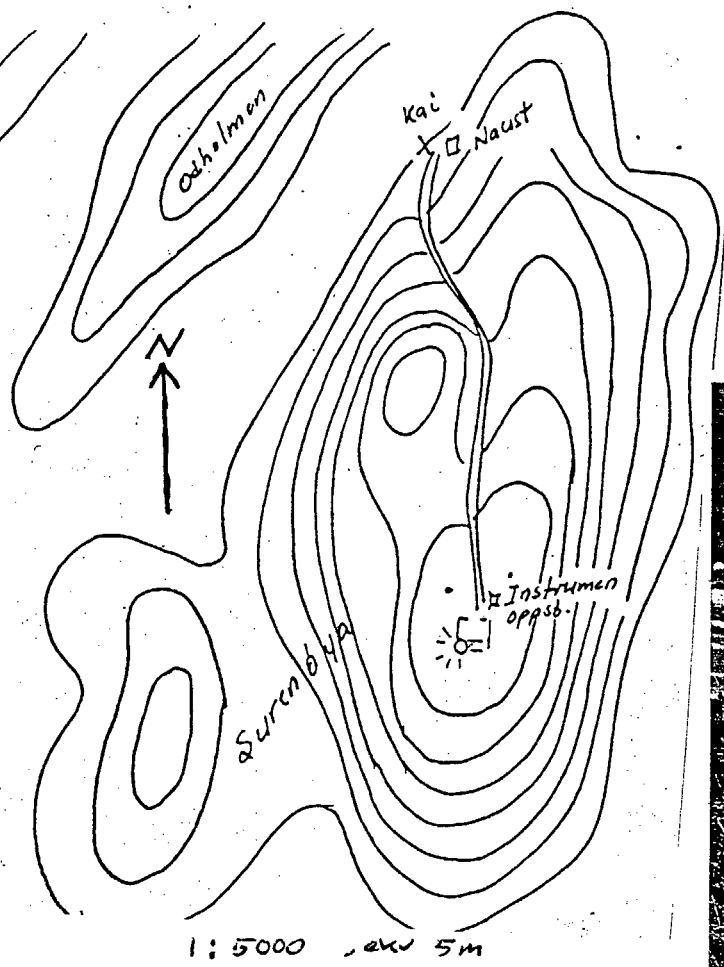
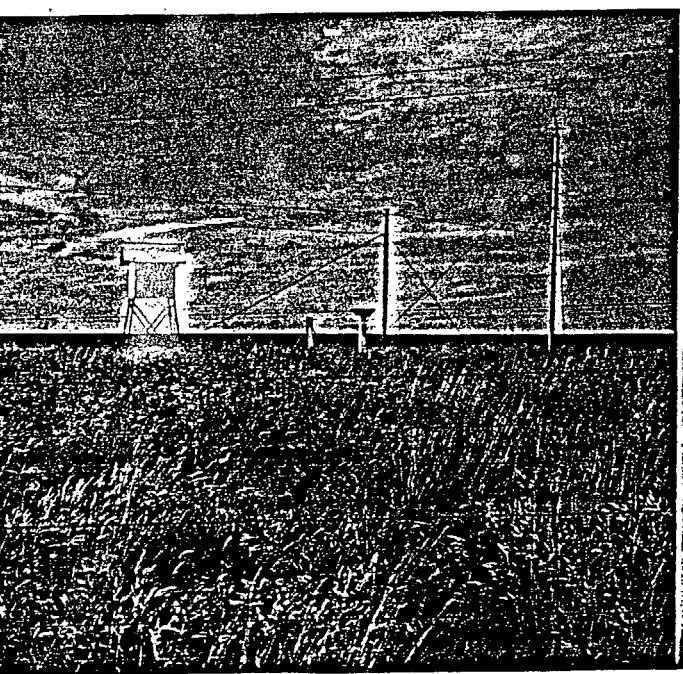


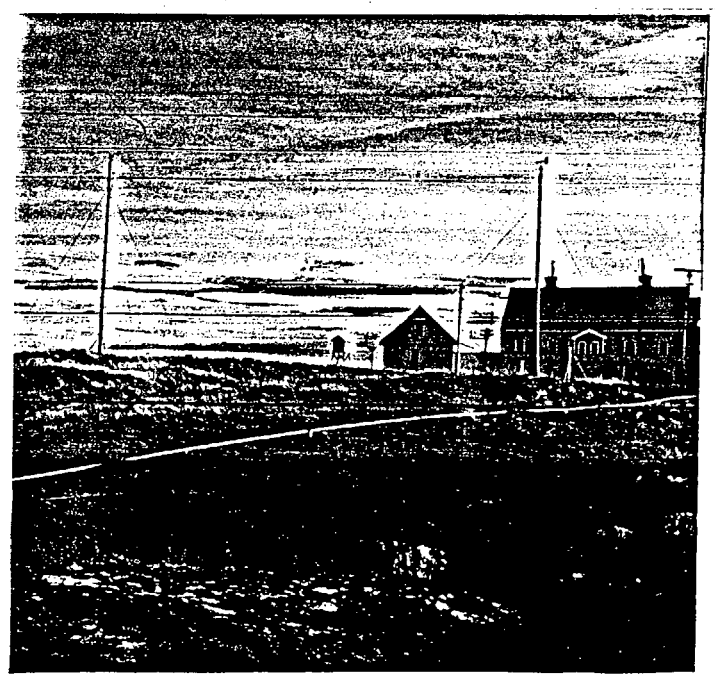
Fig.2 Kart over Norge med plassering av Vega og en del meteorologiske stasjoner.



Mot ESE

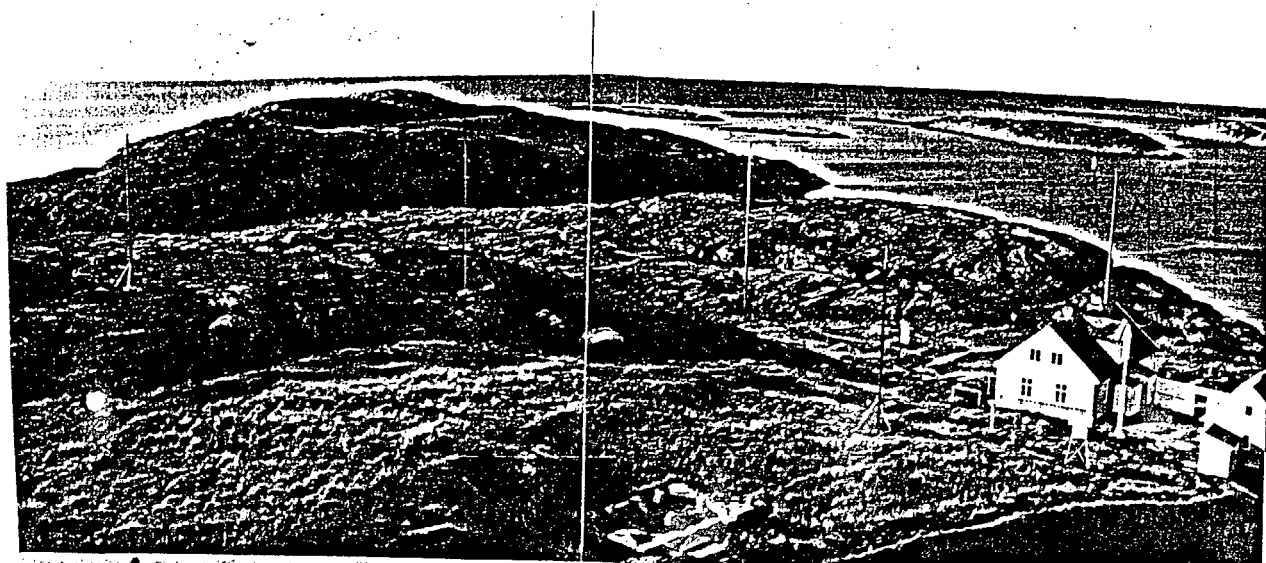


Mot W



Mot SSE

Fig.3 Nordøyane. Foto: Berg, M. (1980)
 Detaljkart: Knudsen, J. (1942)



↑ Anemometermast. Utsyn mot W fra fyrtårnet

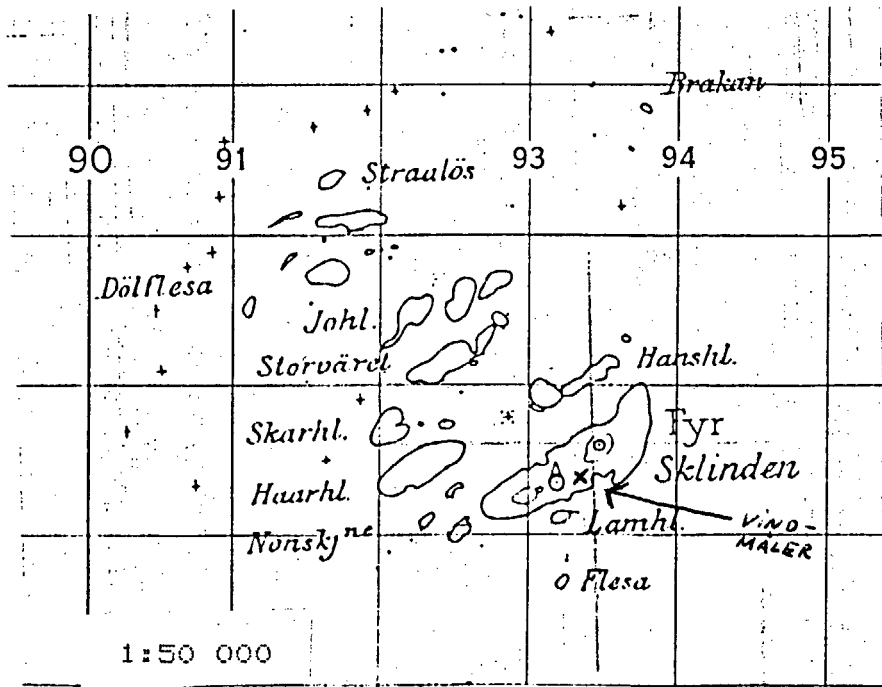


Fig. 4 Sklinna. Foto: Berg, M. (1974)

3. DATAGRUNNLAG (VIND)

3.1 Nordøyane.

Værstasjonen Nordøyane fyr har hatt homogene registreringer av 10 min middelvind siden november 1954. Vindmåleren er et skalkorsanemometer av type MI 48/250 som ikke registrerer vindgust. Vindretningen blir manuelt observert ved fast oppsatt vindfløy 4 ganger i døgnet. Siden 1964 har stasjonen ikke registreringer i tiden mai - juli. Sistnevnte bruddperioder betyr imidlertid intet i denne sammenheng da en bare er ute etter årsekstremerne innenfor hver av de 8 hovedkompassretningene. Slike ekstremer forekommer sjelden eller aldri i mai - juli i dette området.

Vi har derved en datarekke på 30 år (1955/56 - 1984/85) til beregning av årsekstremer av 10 min middelvind innenfor 8 retninger på Nordøyane. (Vindåret regnes fra september til august). I tre av årene var vinden så sterk at registreringen gikk over registreringspapirets kapasitet (37.5 m/s). På grunnlag av orkanens forløp ble det da nødvendig å estimere maksimal vindstyrke i disse tre årene. Høyeste vindstyrke ble da vurdert til 39 m/s. Selv om det er knyttet en viss usikkerhet til disse vurderingene, viser testkjøring at usikkerheten i estimatet for 50 års ekstremvind ikke vil øke med mer enn 1 m/s som følge av denne utstyrssvakhet.

Vindmåleren ligger på øyenes høyeste punkt (31 m o.h.), 10 m over lokalt terreng. Øyenes lengdeakse er N - S og øyene utgjør en jevn, utpreget "forhøyning av havoverflaten" (Fig.3). Det er en alminnelig oppfatning at vinden forsterkes over øyene (kilde: inspeksjonsberetninger).

Øyene består av en mindre øygruppe, men bare ved N må vinden strømme over "land" i noen lengde av betydning. Øygruppa ligger meget fritt i sektoren sørvest til nord. I nordøst ligger den større øygruppe Vikna, men denne er svært flat og forstyrrer ikke mye. Fra sektor øst til sør må vinden strømme over fjellområdene i grensetraktene som i sørøst imidlertid er lave. Sørøstvinden på Nordøyane er fryktet, da den både er kald og sterk og kan stå på i dagevis. Det er imidlertid kjent at den sterkeste vinden kommer fra havet.

3.2 Sklinna.

Værstasjonen Sklinna fyr har hatt vindregistreringer siden høsten 1974 og hadde inntil februar 1982 samme type utstyr som Nordøyane. Det ble da skiftet over til Fuess 90z som registrerer både 10 min middelvind, vindgust og vindretning. Datarekken ble sammenlignet med Nordøyane og det er ikke konstatert noe homogenitetsbrudd ved vindmålerskiftet. Vindmåleren står på kote 23, 10 m over lokalt terreng.

Sklinna er en noe mer ruglete øy enn Nordøyen. Øya har lengdeakse SV - NØ og små holmer finnes i sektor V og NV (Fig.4). Det synes ellers klart at Sklinna og Nordøyen skal ha et identisk vindklima ved vind fra sektor sørvest til nord dersom en ser bort fra selve øyenes innvirkning. Ved vind i nordøstlig til sørlig sektor kan det imidlertid være forskjeller pga. øygruppen Vikna og fordi vind over passene i Kjølén kan gjøre seg ulikt gjeldene på de to steder.

3.3 Sondedata, Ørland.

På Ørland blir det registrert middelvind, vindretning, temperatur og relativ fuktighet oppover i atmosfæren to ganger pr. døgn: kl.01 og 13. Det registreres til faste tidspunkter under oppstigningen. Vindhastighet og retning registreres hvert minutt (tilsvarende 300m's høydeskikt). Før 1980 ble det registrert vind bare hvert 2. min. Vindregistreringene er snarere midler over et visst høydeskikt enn tidsmidler. Prosedyren er brukbar til å avsløre inversjonsskikt (temperaturstigning med høyden), og andre diskontinuitetspunkter på temperaturkurven.

Sondedataene kan i en del tilfelle være nyttige ved fysisk tolkning av en vær-situasjon så som temperaturfordeling og høyde- og retningsfordeling av middelvinden. Målefrekvensen er imidlertid altfor lav til bruk ved sammenligningsprosedyrer mellom høydevind og aktuell bakkevind i noen avstand fra sondestasjonen. Det er av samme grunn heller ikke mulig å gi gode anslag for ekstreme vindhastigheter med faste returperioder på grunnlag av disse data.

3.4 Vega: Taubanehus.

I perioden mai 1981 til 22. januar 1982 ble det utført vindregistreringer på taket av taubanehuset ved foten av Vegamasten (733 m o.h., Fig.1). Generelt er en takoppstilling uheldig fordi det kan genereres hvirvler over taket som forstyrrer retningen, øker vindkastene og bremser middelvinden. Det er imidlertid også mulig at strømlinjene kan fortettes over taket med forsterket middelvind som resultat. Disse forhold varierer med husets form og dimensjoner, plassering av måleren og med vindretningen. Da taubanehusets dimensjoner ikke er store er det imidlertid rimelig i denne sammenheng å se bort fra husets innvirkning. Taubanehuset ligger SSV for masten, i avstand 60 m. Bare ved vind i sektor 20 - 50 grader vil masten forstyrre målingene. Det er relativt svak vind i dette området i denne sektor, og det viser seg at det ikke er signifikante vindtilfelle (tilstrekkelig sterk vind) i sektoren 20 til 110 grader i registreringsperioden. For øvrig har disse vurderingene ikke innflytelse ved sammenligning mellom målingene fra Vega: Taubanehus med målinger fra andre plasseringer, kun ved vurdering av forholdene ved fot av mast.

Vindmåleren er av Aanderaa type som registrerer 10 min middelvind, maks. vindgust i hver 10 min periode, og vindretning ved slutten av hver 10 min periode. Vindretningen er også et middel over noen små sekunder fordi det er innlagt dempningsvæske i rotorsystemet.

Det harde og sterkt turbulente vindklimaet førte stadig til at vindmålerne blåste i stykker. Man hadde dessuten problemer med ising på bevegelige deler (J.J. Jensen, pers. komm.). Dette førte til at det ikke eksisterer noe komplett datasett, bare data fra en del perioder.

Kvalitetsvurdering av det presenterte datasett (1) gav som resultat at et par perioder måtte kuttes. Det dreidde seg om noen dager høsten 1981 da gustverdiene viste lavere verdier enn middelerdiene. Dessuten var det en lengre periode i juni og til dels juli 1981 da det i det presenterte datasett fantes verdier for 10 min middelvind på over 30 m/s og endog en verdi på over 40 m/s. Det fantes ingen tegn på sterk vind i de aktuelle vær-situasjonene. En ytterligere indikasjon på at det er feil her er at verdien på over 40 m/s er den høyeste verdien som ble målt i registreringstiden. Det er helt usannsynlig at en slik episode skulle forekomme i juni måned. Når det dertil sies at resten av datasettet viste god fysisk overenstemmelse med nærliggende stasjoner og sondeoppstigningen på Ørland kan en med stor sikkerhet fastslå at de høye sommerverdiene skyldtes feil i datasettet. Verdiene fra mai, juni og juli 1981 er derfor ikke benyttet i denne rapporten.

Det er rimelig grunn til å tro at en nå sitter igjen med et datasett av god kvalitet. Datasettet dekker hele august 1981, deler av september og fram til 10. oktober, samt 10. til 31. desember. I 1982 er perioden fram til 22. januar samt perioden fra 24. august og fram til 22. september dekket.

3.5 Vega: Tårn.

I topp av mast (842 m o.h., 109 m over lokalt terreng, Fig.1) ble det med Aanderaa vindmåler registrert tilsvarende data som på Vega: Taubanehus. Registreringsperioden var 24. august til 22. september 1982. I noen få døgn i slutten av august/begynnelsen av september ble det også registrert kontinuerlig momentanvind ved hjelp av en Friedrich vindmåler med analog datarepresentasjon og meget fin tidsoppløsning(1). Disse målingene egner seg til beregning av turbulensintensiteter. Da måleren er kalibrert i vindtunnel gir den også en kontroll på kalibreringsnivået til Aanderaamåleren i perioder med jevn middelvind. Resultatet er at Aanderaamåleren ligger 1 - 2 m/s for lavt. Denne korreksjonen er utført til slutt på alle ekstremvindestimater i topp av tårn.

Det har vært en god del problemer knyttet til lynnedslag og ising på måleren i topp av mast (J.J. Jensen, pers. komm.).

Oppover i masten var det også plassert en del instrumenter for måling av mastens respons (utbøyning, akselerasjon, spenning) på klimalaster (1). I perioder med manglende vinddata kan slike data, når de er nøyte kvalitetsvurderte, tjene som illustrasjon på sannsynlige vindforhold. Sammen med andre vinddata (kap.3.1 - 3.3) vil det således være mulig å si noe om forholdene på Vega. Slike betraktninger vil bare være aktuelle i særlige, interessante situasjoner.

4. METODIKK OG RESULTATER (VIND)

4.1 Ekstremverdianalyse av data for 10 min middelvind på Nordøyane og Sklinna.

Daterekken på Nordøyane er kontinuerlig og homogen fra 1955. Arsekstremene av 10 min middelvind er plukket ut fra vindregistreringene. På denne 30 - års datarekke er det beregnet ekstreme vindhastigheter med 10 og 50 års returperioder ved hjelp av Gumbel's metode (2), i det en forutsetter at datarekken følger Gumbel's 1. fordeling av ekstreme begivenheter. Metoden gav som resultat at ekstrem 10 min middelvind med 50 års returperiode er 41 m/s, og med 10 års returperiode, 37 m/s. Disse anslagene må vurderes som forholdsvis pålitelige på grunnlag av den såvidt lange rekken.

Daterekken på Sklinna (11 år, 1974-85) er noe i snaueste laget for å gi pålitelige estimater for 50 års ekstremvind. Det er imidlertid mulig å korrigere for dårlig representativitet ved følgende metode: Det beregnes 10 års ekstremverdier av 10 min middelvind på Sklinna og Nordøyane basert på perioden 1974-85. Dette gav 10 års anslag på 37.7 m/s for Nordøyane og 34.6 m/s for Sklinna. Forholdet mellom dem, 0.918, gir da forholdet mellom ekstreme vindforhold på de to steder.

For Nordøyane får vi 0.969 som forholdet mellom den mer pålitelige 10 årsverdi basert på 30 års data, og det noe mindre pålitelige estimat basert på 11 års data. Dette forholdstall antas gjelde også på Sklinna. 10 års verdien på Sklinna basert på 11 års data multipliseres da med 0.969 for å få et mer pålitelig estimat. Dette gir 33 m/s som 10 års ekstremverdi-estimat.

Ved å multiplisere 50 års ekstremverdien beregnet for Nordøyane med 0.918 kommer en fram til 37 m/s som 50 års ekstremverdi estimat på Sklinna.

4.2 Retningsfordelte ekstremverdier på Nordøyane og Sklinna.

Ved sammenligning av vindforhold på forskjellige lokaliteter vil en være interessert i retningsorienterte ekstremverdier av 10 min middelvind. Det er da naturlig å inndele kompasset i 8 hovedsektorer: N, NØ, Ø, SØ, S, SV, V og NV. Høyeste verdi av middelvinden i hver av de 8 sektorene i hvert av årene i tidsrekken avleses fra vindregistreringene.

Det dannes nå en tidsrekke for hver av hovedsektorene. Da det ofte er stor spredning i dataene i slike rekker kan Gumbel's metode gi for konservative anslag for sektorekstremene med lange returperioder. Dette kan gi seg utslag i det paradoksale resultat at 50 års verdien i en av retningene kan bli større enn 50 årsverdien uansett retning. For å unngå et slikt resultat har en valgt å se på de 5 høyeste registrerte verdier innenfor hver sektor.

Tabell 4.1 viser disse verdier på Nordøyen (1955-85) sammen med tilsvarende middelvei. Tabellen viser at samtlige av de 5 høyeste verdier innenfor vilkårlig sektor er identisk med de 5 høyeste fra vestlig sektor. Det er derfor naturlig å tilordne ekstremverdien på 41 m/s til vestlig sektor. Ekstremverdien for øvrige sektorer blir så beregnet ved å regne ut en sektorfaktor lik middelveien av de 5 høyeste i aktuell sektor dividert på tilsvarende middelvei i vestlig sektor. Deretter multipliseres disse sektorfaktorene med 10 og 50 års ekstremverdier for vilkårlig sektor. Dette gir de retningsorienterte ekstremverdier som er tabellert nederst i Tabell 4.1.

De sektorbestemte årsekstremene fra Sklinna (11 år) er også sortert etter styrken og de 5 høyeste i hver sektor er tabellert i tabell 4.2. Vi ser der at det er noe vanskeligere å tolke ekstremene fra Sklinna enn fra Nordøyen da disse kan komme fra flere sektorer. En er derfor tvunget til å foreta en noe grovere retningsoppløsning. Det er da naturlig å slå sammen sektorene SV, V og NV. Dette omfatter de fire høyeste årsektremene i den 11 årige rekken. Samtidig er dette vind som kommer inn fra havet og ikke har passert over landområdene innenfor. En kan dessuten slå sammen sektorene S og SØ (og evt. ta med Ø og evt. NØ uten å endre resultatet) til vind som har passert landområdene innenfor. Dette gir 37 m/s og 33 m/s for 50 års ekstremene og 34 m/s og 30 m/s for 10 års ekstremene for de to sektorgrupper ved å benytte metoden skissert for Nordøyen.

For å bedre kunne tolke sammenligningen mellom Sklinna og Nordøyen er det i tabell 4.2 satt opp de 5 høyeste verdiene i hver av de 8 hovedsektorer for begge stasjoner i perioden 1974-85. Deretter er forholdstallet mellom middelveiene av de 5 høyeste verdier på de to steder beregnet og ført opp i tabellen. Dette viser at der er størst forskjell på østlig og vestlig vind, mens sørlig vind faktisk er sterkere på Sklinna. Dette har opplagt å gjøre med strømningsforholdene over øyene, og viser særlig at Nordøyen har forsterkning ved øst - vest vind slik som antatt i inspeksjonsberetningene. 50 års verdien på 41 m/s ligger følgelig noe høyere enn forholdet ved en fri vannflate i samme område.

Tabell 4.1

----- De 5 høyeste årsekstremene av 10 min middelvind (m/s) på Nordøyen (1955-85) i vilkårlig sektor og i hver av de 8 hovedsektorene. Middell av de 5 verdiene er beregnet for hver sektor, og forholdstallet mellom disse midler og middel for vestlig sektor er beregnet. Endelig er ekstremverdi estimater med 10 og 50 års returperiode angitt, også retningsorienterte verdier dannet ved multiplikasjon av sektorfaktorer med ekstremverdien for vilkårlig sektor.

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	VILKARLIG
1	30.1	26.0	28.5	32.1	26.7	31.9	39.1	35.0	39.1
2	29.0	24.7	27.2	31.9	26.7	31.1	37.5	34.4	37.5
3	28.8	24.1	26.7	31.1	26.2	30.8	37.5	32.6	37.5
4	28.5	23.9	26.7	30.3	24.9	30.8	37.0	32.6	37.0
5	27.2	22.9	26.2	30.1	24.4	30.6	35.0	32.4	35.0
MIDDEL	28.7	24.3	27.1	31.4	25.8	31.0	37.2	33.4	37.2
FAKTOR	0.77	0.65	0.73	0.84	0.69	0.83	1.00	0.90	
50 AR	31	26	30	34	28	34	41	37	41
10 AR	28	24	27	31	25	30	37	33	37

Tabell 4.2

----- De 5 høyeste årsekstremene av 10 min middelvind (m/s) på Nordøyen og Sklinna i perioden 1974-1985. Ekstremene er gitt for vilkårlig sektor og i hver av de 8 hovedsektorene, samt i sektorgruppene NØ-S og SV-N. Middell av de 5 verdiene er beregnet for hver sektor og sektorgruppe. Forholdet mellom slike midler på Sklinna og Nordøyen, SK/NØR, er beregnet. 10 og 50 års ekstremverdier på de to stedene er ført opp hvor verdien på Sklinna i sektorgruppene NØ-S og SV-N er beregnet fra Nordøyen ved hjelp av nevnte faktorer. (Ekstremverdi estimatene for 10 og 50 år på Nordøyen i sektor NØ-S er satt identisk lik SØ - verdien i tab. 4.1 da de 5 høyeste årsverdier i denne sektorgruppe kommer fra SØ)

SKLINNA									NORDØYEN										
N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	VILKARLIG	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	VILKARLIG	NØ-S	SV-N
29.0	21.3	22.1	29.3	30.6	30.8	32.9	35.2	35.2	30.1	21.6	26.2	32.1	26.7	31.9	37.5	35.0	37.5	32.1	37.5
27.2	21.1	19.5	27.2	28.3	29.3	31.9	28.0	32.9	27.2	21.3	26.2	29.8	26.7	30.3	37.0	32.4	37.0	29.8	37.0
26.2	19.8	19.5	26.7	27.2	28.8	28.3	27.2	31.9	27.0	20.8	24.4	29.3	24.9	30.3	35.0	31.4	35.0	29.3	35.0
26.2	18.5	19.0	26.2	26.7	26.2	28.3	26.2	30.8	26.2	20.0	23.9	28.3	24.4	29.8	33.4	29.0	33.4	28.3	33.4
24.4	16.7	19.0	24.2	26.2	26.0	27.8	26.2	30.6	26.2	20.0	23.6	26.7	23.9	29.3	33.4	27.5	33.4	26.7	33.4
26.6	19.5	19.8	26.7	27.8	28.2	29.8	28.6	32.3	27.3	20.7	24.9	29.2	25.3	30.3	35.3	31.1	35.3	29.2	35.3
0.97	0.94	0.80	0.91	1.10	0.93	0.85	0.92	0.92	0.98	0.91									
								37	33	37							41	34	41
								34	30	34							37	31	37

4.3 Sammenligning av 10 min middelvind på Vega og Sklinna. Beregning av ekstreme vindhastigheter på Vega.

Der eksisterer målinger fra Vega:Taubanehus (fot av mast) i deler av en to - års periode, mens det finnes målinger fra Vega:Tårn (topp av mast) fra en to måneders periode. Det er derfor naturlig å velge forskjellige sammenligningsprossedyrer for de to stedene. Den lengste periode inneholder flest uavhengige episoder med sterk vind og dataene fra Vega:Taubanehus egner seg derfor til å sammenlignes med data fra Sklinna som ligger 70 km i horisontal avstand og 700 m i vertikal avstand. Den korte periode kan brukes til å sammenligne data fra de to nivåer på Vegamasten. Begivenheter i disse to nivåer kan regnes som samtidige slik at en ikke behøver å begrense materialet ved særlige kjennetegn slik som maksimal middelvind innenfor en avgrenset episode.

Sammenligning Sklinna - Vega:Taubanehus.

Der velges ut alle episoder med maks 10 min middelvind over 20 m/s på Sklinna og/eller Vega i sektor 225 - 265 (SV) og 270 - 290 (V) grader på Sklinna. For å få noe data har en måttet gå ned til 15 m/s i sektor 295 - 20 grader (NV+N) og 115 - 220 grader (SØ+S). Der er ingen gode data i sektor 25 - 105 grader. Grensene 115, 225 og 270 grader er plukket ut ved å studere Vegadataene og sammenligne med lokal topografi. Vi har her fraveket ordinær definisjon av sektorene S, SV og V. En kan imidlertid med god tilnærmedelse fremdeles definere SV - N som vind fra havet og SØ - S som den sektor som inneholder de virkelige sterke vinder som har passert over land (se tabell 4.2).

Tabell 4.3 inneholder en oppstilling over episoder med maks 10 min middelvind utvalgt etter overnevnte kriterier. Det kan være noe tidsforskjell mellom tilsvarende maksimalverdier på de to stasjoner. I SV sektor er det brukbar datadekning og lavt standardavvik på de registrerte overføringsfaktorer (k-faktorer), og vi kan med god presisjon estimere overføringsfaktoren fra Sklinna til Vega:Taubanehus til 1.50 i denne sektor. (Ved de 4 høyeste vindhastigheter er $k=1.45, 1.50, 1.43$ og 1.46).

Ved V vind er datamaterialet lite, men det synes være klar indikasjon på at forholdene på Vega:Taubanehus nå er svært forskjellig fra SV. k-faktoren ved ekstreme vindforhold estimeres nå til 0.90. Det er også svært dårlig datadekning ved NV og N vind, men det synes rimelig å beholde samme k-faktor som for V, 0.90. En kan slå fast at det er lavere middelvindhastighet på Vega:Taubanehus enn på Sklinna i sektor V til N (270 - 20 grader).

I sektor SØ og S (115-220 grader) er det meget vanskelig å bestemme noen overgangsfaktor. Datasetset inneholder 8 episoder, men standardavviket er såvidt høyt at ethvert estimat må bli svært usikkert. Det høye standardavvik gjenspeiler at det ikke eksisterer noen god sammenheng mellom vindforholdene på de to steder ved vind som har strømmet over landområdene (fjellene), eller kanskje at denne sammenhengen er forskjellig i forskjellige vær-situasjoner selv om vindretningen på Sklinna er den samme. En sjekk mot oppstigningene fra Ørland viser at det i slike situasjoner kan være svært forskjellige vindprofiler i skiktet mellom 0 og 1000m o.h..

Tabell 4.3.

Sammenligning av vind på Sklinna og Vega:taubanehus. Episoder med maksimal 10 min middelvind, F_x , over 20 m/s (SV,V), 15 m/s (NV,N) og 10 m/s (SØ,S) på minst en av lokalitetene er tatt med. Forholdstallet, k mellom F_x 'ene på de to lokalitetene er beregnet. Maksimal momentanvind (3-5s) er tatt med på Vega og gustfaktor ff/F_x beregnet. Midlere gustfaktor og k -faktor i retningsgruppene SV, V, NV+N og SØ+S er beregnet sammen med tilsvarende standardavvik. Retningene er referert til Sklinna der SV her betegner sektoren 225 til 265 grader, V :270 til 290, NV:295 til 335, N:340 til 20, SØ:115 til 155 og S:160 til 220.

RETNING :	VEGA:TAUBANEHUS			SKLINNA	$k=F_x, \text{Vega:Taub.}$	Dato
SKLINNA :	F_x	ff	ff/F_x	F_x	$/ F_x, \text{Sklinna}$	
SV(225-265):	37.2	49.3	1.33	25.7	1.45	14.01.82
"	34.6	45.7	1.32	23.1	1.50	13.01.82
"	33.7	43.3	1.28	23.6	1.43	11.09.82
"	33.1	44.8	1.35	22.6	1.46	06.-07.10.81
"	32.4	44.9	1.39	25.2	1.29	05.-07.09.81
"	27.1	38.2	1.42	21.1	1.28	14.01.82
"	26.5	33.4	1.26	16.4	1.62	15.09.82
"	26.0	33.4	1.28	15.4	1.69	17.09.82
"	25.7	32.2	1.25	20.0	1.29	15.08.81
"	25.4	36.1	1.42	19.5	1.30	25.08.81
"	22.2	34.3	1.55	17.5	1.29	04.08.81
MIDDEL :	29.4		1.35	20.9	1.42	
ST.AVVIK:			0.09		0.14	
V(270-290) :	30.3	57.0	1.88	32.9	0.92	14.01.82
"	20.4	35.5	1.74	23.1	0.88	13.01.82
"	19.6	33.4	1.70	21.6	0.91	21.09.82
"	15.0	26.3	1.75	20.6	0.73	16.09.82
MIDDEL :	21.3		1.77	24.6	0.86	
ST.AVVIK:			0.08		0.09	
NV :	14.3	22.4	1.57	15.4	0.93	09.09.82
NV :	15.8	20.8	1.32	15.4	1.03	17.08.82
N :	14.0	19.4	1.39	15.4	0.91	08.09.82
N :	13.6	28.1	2.07	16.4	0.83	17.12.81
MIDDEL :	14.4		1.59	15.7	0.93	
ST.AVVIK:			0.34		0.08	
S(160-225) :	22.2	34.3	1.55	17.5	1.27	04.08.81
"	21.6	30.1	1.39	13.4	1.61	16.-19.01.81
"	8.7	29.0	3.33	19.0	0.46	10.09.82
"	8.4	-	-	13.4	0.63	21.-22.09.82
SØ :	16.1	37.9	2.35	23.1	0.70	20.-24.12.81
SØ :	13.9	30.7	2.21	15.4	0.90	28.09.81
SØ :	12.6	29.3	2.33	14.9	0.85	21.09.81
SØ :	7.1	20.9	2.94	20.6	0.34	02.01.82
MIDDEL :	13.8		2.30	17.2	0.85	
ST.AVVIK:			0.69		0.42	

En ser av tabell 4.3 at det er svært urolige vindforhold med høye verdier av momentanvinden i SØ+S sektor. Det synes likevel klart at gustfaktoren og middelvinden er negativt korrelert. En må derfor komme fram til en veiet vurdering av disse forhold. Problemet blir nøyere drøftet under turbulensvurderingene (kap.4.4). Foreløbig kan sies at k-faktoren 0.80 kombinert med høy gustfaktor blir valgt som bidrag fra denne sektor. Tilfeller med høyere middelvind antas ha lav turbulens og er ikke dimensjonsgivende. Det er imidlertid klart at dette estimatet er usikkert.

I sektor NØ - Ø (25 - 105 grader) er det ingen signifikante data. Dette skulle ikke ha noen betydning for dimensjoneringen da Tab.- 4.1 - 4.2 tydelig viser at vinden er svakest i denne sektor på Nordøyan og Sklinna. Det topografiske kart i Fig.1 tyder heller ikke på spesielt vanskelige turbulensforhold i denne sektor.

På grunn av de sterkt skiftende retningsangivelser på Aanderaa-måleren på Vega:Taubanehus er ikke disse benyttet i denne analysen. Disse retningsvariasjonene er imidlertid størst ved sørøstlig og sørlig vind og minst ved sørvestlig vind (referert til Sklinna).

Sammenligning Vega:Taubane - Vega:Tårn og Sklinna - Vega:Tårn.

Den korte periode benyttes nå til å beregne overføringsfaktorer, k_z , fra Vega:Taubanehus til Vega:Tårn. Det tas ut maksimal 10 min vindhastighet på Sklinna, og de to Vegastasjoner i hvert kvartdøgn i to måneders perioden. For å holde retningen til en fast referanse, benyttes retningsangivelsen fra Sklinna, som dessuten har meget god retningsoppløsning (Fuess 90z) i denne periode. Bare maksima der det minst var 10 m/s som 10 min middelvind tas med. Dataene er sortert etter retningen på Sklinna, retninger fra 120 til 15 grader er representert (tabell 4.4). Perioden egner seg imidlertid mindre bra til å sammenligne Vega-data direkte med Sklinna-data. En må også være klar over at det er vesentlig mer avhengighet i dataene enn tilfellet er i tabell 4.3, og at tabelldimensjonen således "lyver" om datamengden.

Forholdet, k_z mellom middelvinden, F_x i de to nivåer på Vega er ført opp i tabellen. Ved SØ+S vind er det vesentlig sterkere vind i topp av tårn enn ved fot. Samtidig er standardavviket av faktoren, k_z høy. Dette viser at forholdene er ustabile og at det er vanskelig å forutsi vinden i topp av tårn ut fra målinger på taubanehuset. Middelt av de 5 høyeste verdier (tabell 4.4a) rettferdiggjør imidlertid et estimat på 1.70 som overføringsfaktor ved ekstrem vind. Det må antas at et logaritmisk vindprofil i gjennomsnitt vil gjelde under disse forhold. Dette medfører at faktoren 1.36 ($=1.70 \times 0.80$) gjelder ved overføring Sklinna - Vega:Tårn.

Ved SV (225-265) vind er forholdene konstante over hele masten. Dette illustreres ved at k_z er nær 1 og at standardavviket er lavt. Vinden må være forsterket over fjelltoppen og denne forsterkningen motvirker den økte friksjonen. Overføringsfaktoren settes til 1.00 og vindprofilen konstant over hele masten. k_z - verdien 1.50 ved overføring fra Sklinna gjelder da for begge Vega - stasjonene.

Ved V (270-290) vind er det igjen dårlig sammenheng mellom middelvinden i de to nivåer (standardavvik på k_z -faktoren er 0.6). Imidlertid er midlere $k_z=1.66$ og k_z som middel ved de 5 høyeste middelvindhastigheter 1.68. Dette utpeker et estimat på 1.70 som overføringsfaktor mellom de to nivåer ved ekstrem vind. Dette fører til at overføringsfaktoren fra Sklinna til topp av tårn blir 1.53, altså nær det samme som ved SV. Dette er et rimelig resultat, da det ikke er ventet at det skal være forskjeller på disse to sektorer 109 m over lokalt terreng (se Fig 1.). Derimot gjør den lokale topografi store utslag umiddelbart over fjelltoppen. En kan da anta logaritmisk profil i nedre del av mast (~50 m) og konstant vindprofil over dette.

Ved N og NV vind er k_z - verdien noe lavere enn for V. Datagrunnlaget er imidlertid svakere, særlig ved sterk vind. Dertil kommer at standardavviket også er høyt. Det er derfor naturlig å velge konservativt. Dette er tilfredsstilt ved å la NV - N sektor få samme overføringsfaktor som V sektor. Dette er samme antagelse som også ble gjort ved fot av mast.

Retningen er 10 - 20 grader dreiet med urviseren på Vega:Tårn i forhold til Sklinna. Unntaket er rent vestlig vind (270 - 290 grader) der dreiningen er ubetydelig.

Dimensjonerende middelvind, Vega.

Alle k -faktorer som antas gjelde ved ekstrem vindstyrke er tabellert i tabell 4.5 sammen med tilhørende ekstremverdier med returperioder 10 og 50 år. Verdiene er valgt i øvre del av standardavvikene for k - faktorene slik at de gir et rimelig konservativt anslag.

Tabell 4.5

----- Beregnede verdier av dimensjonerende middelvind på Vega sammen med de anvendte overføringsfaktorer (k -faktorer) som gjelder ved overføring av ekstrem vind fra Sklinna til Vega. Vedr. Vega:Tårn er det lagt til 2 m/s på ekstræne beregnet ut fra målinger på Aanderaa vindmåler (se kap.3.)

	! RETNING !	!SKLINNA VEGA:TAUBANE (FOT AV MAST)	VEGA:TÅRN (TOPP AV MAST)	VINDPROFIL VEGA
k - FAKTOR	! SØ - S !	0.80	1.36 + 2m/s	LOGARITMISK
	! SV !	1.50	1.50 + 2m/s	KONSTANT
	! V - N !	0.90	1.53 + 2m/s	LOG(nede)+KONST
	! VILKARLIG !			
50 ARS VIND	! SØ - S !	33	26	47
	! SV !	37	56	58
	! V - N !	37	33	59
	! VILKARLIG !	37	56	59
10 ARS VIND	! SØ - S !	30	24	43
	! SV !	34	51	53
	! V - N !	34	31	54
	! VILKARLIG !	34	51	54

Tabell 4.5 viser at dimensjonerende middelvind i topp av mast er beregnet til 59 m/s. Denne verdi antas representere forholdene 840 m over fri vannflate og kan sannsynliggjøres ved:

1) 850mb (1400m o.h.) vinden på Ørland er benyttet i Gumbel's ekstremanalyse og 50 års estimatet er funnet til 52 m/s (S.Fikke, pers.komm.). Da dette bare gjelder vind ved to klokkeslett pr. døgn er det klart at metoden må gi et underestimat av 50 års maksimalvind. Det er ellers ventelig små forskjeller på ekstreme vindforhold mellom 850 mb vinden på Ørland og vind i 840 m's høyde på Vega.

2) Formelen

$$u(z) = 0.285 VG(VG/fzo)^{-0.065} \ln(z/z_0) \quad (m/s) \quad (4.1)$$

er foreslått av Davenport(1963) og senere av Swinbank (1974), (3). Her er $u(z)$ 10 min middelvind i målehøyden, z ved homogene overflateforhold med ruhet, z_0 . VG er gradientvinden, dvs vinden over friksjonslaget og f coriolisparameteren ($=0.00013/s$ ved breddegrad 65-66 N).

Over opprørt hav ved ekstrem middelvind kan z_0 settes til 0.003m. Friksjonslaget er her 250m tykt (3). Dette gjelder i sektoren SV til N, og det er sannsynlig at den dimensjonerende gradientvind finnes i denne sektor selv om det hadde vært frie forhold i alle retninger. Med målehøyde 10m vil da $VG=59m/s$ svare til $u(10)=40m/s$. Dette gir et klart signal om at vi beveger oss på riktig nivå.

Vi kan nå med stor sikkerhet si at det tidligere anslag på 49 m/s for dimensjonerende 10 min middelvind på Vega er for lavt.

4.4 Momentanvind, gustfaktor og turbulensintensitet.

Momentanvinden er den såkalte øyeblikksvinden. Når denne skal måles vil målingen også i virkeligheten representere en middelværdi på grunn av instrument-treghet. Ved Aanderaa vindmåler vil de målte vindgust representerer en måleperiode på 3 - 5 sek. Gustfaktoren, g er da forholdet mellom sterkeste vindgust (3 - 5 s) og middelvinden i midlingsperioden (10min).

Turbulensintensiteten, I er definert som forholdet mellom momentanvindens standardavvik og middelværdien. Standardavviket må da beregnes etter en spektralanalyse, hvilket stiller krav om fin tidsoppløsning (høy samplingsfrekvens). Dette vil gi de mest nøyaktige estimater av turbulensintensiteten.

Nå er avvikene fra middelværdien tilnærmet normalfordelt. En kan således komme fram til en tilnærmet sammenheng mellom g og I . Denne sammenheng kan skrives som

$$g = 1 + b I \quad (4.2)$$

Faktoren b er avhengig av gustperioden. Den kan finnes av Harris' eller Davenport's spektrum (4). Ved 3-5 s gustvarighet vil et middel av disse spektra gi b verdien 2.7 (5).

Vega: Taubanehus.

I tabell 4.3 er også gjengitt maksimale vindgust og gustfaktor for Vega: Taubanehus. Dette viser at gustfaktoren for SV (225-265) er funnet til 1.35 med lavt standardavvik. Dertil er $g=1.33, 1.32, 1.28$ og 1.35 ved de 4 høyeste middelvindtilfelle. Det er da rimelig å estimere gustfaktoren ved ekstrem middelvind til 1.35. Dette viser at det er forholdsvis jevne forhold og den lave verdi er konsistent med høye middelvindhastigheter.

Ved V (270-290) vind er gustfaktoren, 1.77 mens den ved høyeste middelvind faktisk er 1.88. Vi bruker da verdien 1.80 som gustfaktor i denne sektor. Dette er konsistent med antagelsen om logaritmisk vindprofil og redusert middelvind i nedre del av mast.

Ved NV og N er gustfaktoren 1.59 og standardavviket høyt. Datagrunnlaget er imidlertid svakt og igjen får vi konsistens ved å benytte samme forhold som ved V-sektor.

Ved SØ og S (115-220) er vinden svært turbulent og forholdene ujevne. Midlere gustfaktor er 2.30 og standardavviket 0.7. Det er imidlertid tydelig at middelvinden og gustfaktoren er negativt korrelert. Av tabell 4.3 finner en at en gustfaktor på 2.50 er et rimelig konservativt estimat ved k -faktor 0.80. Ved høyere k -faktorer synes gustfaktoren å falle vesentlig. En må imidlertid presisere at det er nødvendig med et langt bedre datagrunnlag for å estimere det dimensjonerende tilfellet med brukbar nøyaktighet.

Det er mulig at spesielle temperatur og vindprofiler oppstrøms Vega ved sør og sørøstvind kan gi forsterket middelvind med svært høye gust. Antagelsen er foreløbig på et spekulativt stadium.

Vega:Tårn.

Der eksisterer i (1) et noe tynt datagrunnlag for å estimere gustfaktoren i topp av mast. Tabell 4.6 viser gustfaktorer for vind over 15 m/s. Dette tyder på at en faktor på 1.65 kan brukes for SØ+S(115-220 på Sklinna), 1.13 for SV(225-265), og 1.24 for vest til nord(270-20).

Tabell 4.6 Gustfaktor ved 10 min middelvind over 15 m/s på Vega:Tårn.

GUSTFAKTOR		! RETNING, VEGA:TÅRN *		! RETNING, SKLINNA		! KLOKkesLETT, (ANTALL)	
MIDDEL	STAND. AVVIK	MIDDEL	STAND. AVVIK	(ANTAGELSE)			
1.63	0.21	208	19	SØ+S	11.09	KL.06.30-11.30, ALLE	
1.35	0.06	229	6	S/SV	28.08	KL.11.00-17.00, (11)	
1.33	0.10	239	5	S/SV	11.09	KL.15.40-16.50, ALLE	
1.13	0.03	248	5	SV	28.08	KL.11.00-17.00, (10)	
1.13	0.02	256	4	SV	11.09	KL.17.00-19.00, ALLE	
1.21	0.07	285	6	V	11-12.9	KL.19.00-05.40, ALLE	

*retningen er *10-20 grader dreiet med urviseren i forhold til Sklinna

I tabell 4.7 er ført opp gustfaktorer, turbulensintensiteter beregnet ved lign. (4.2), samt utregnede estimater for 10 og 50 års vindgustekstremer. Dette viser at de mest turbulente forhold finnes i sørøstlig til sørlig sektor hvor turbulensen brer seg til topp av mast. Dette er konsistent med antagelsen om et logarimisk vindprofil i denne sektor. Dimensjonerende vindkast i topp av mast er beregnet til 76 m/s hvilket er betydelig høyere enn tidligere antatt (60 m/s). Turbulensintensiteten, I er iflg. lign. (4.3) 24% ved gustfaktor 1.65. J.J. Jensen beregnet I til 27 % ved noen tilfeller fra sektor SØ og S, og lavere enn 10% i øvrige sektorer.

På bakgrunn av Jensens beregninger og tabell 4.7 settes turbulensintensiteten ved dimensjonerende middevind (59 m/s) til 10% og ved 47 m/s (SØ og S vind): 27%.

Tabell 4.7

Gustfaktorer, turbulensintensiteter og ekstremverdi estimater for 3-5s vindgust (m/s) på Vega:Taubanehus (topp av mast) og Vega:Tårn (topp av mast).

STASJON	GUSTFAKTOR			TURBULENSINTENSITET!			50 ARS GUST				10 ARS GUST			
	SØ-S	SV	V-N	SØ-S	SV	V-N	SØ-S	SV	V-N	VILKARLIG	SØ-S	SV	V-N	VILKARLIG
VEGA:TAUBANE	2.50	1.35	1.80	56%	13%	30%	65	76	59	76	60	69	56	69
VEGA:TÅRN	1.65	1.13	1.24	24%	5%	9%	76	65	73	76	70	60	66	70

4.5 Fysiske tolkninger av resultatene.

Resultatene i kap. 4.1 - 4.4 gir grunnlag for flere fysiske betraktninger.

Ekstreme vindforhold på Nordøyen og Sklinna. Forhold over fritt hav.

Det er liten grunn til å vente at vindforholdene i sektor sørvest til nord ved Sklinna er forskjellige fra Nordøyen hvis en ser bort fra innvirkning fra selve øyene. Forskjellen i ekstremvind estimatene for de to steder synes imidlertid klart reell. Det er da naturlig å utpeke strømningsforholdet over øyene som årsak til forskjellen. Av Fig. 3.3 og 3.4 ser en at Nordøyen er en bratt, men jevn øy med lengdeakse N-S. Det er derfor å vente at østlig og vestlig vind skal være forsterket. Også sørøst kan være noe forsterket, mens nordlig vind trolig ikke er forsterket.

Sklinna er orientert vestsørvest - nordnordøst, men slik at vest og sørvest, samt nordøstlig vind kan bli noe separert over øya og bli målt noe svakere enn tilfelle er over fritt hav. Derimot skulle nord og nordvest, samt sør og sørøstvind bli noe forsterket.

Dette vil si at den sterke vestlige vinden på Nordøyen er sterkere enn tilfellet er for fritt hav. Der ligger den trolig et sted imellom estimatene for Sklinna og Nordøyen. Det er da naturlig å estimere 50 års vinden 10 m over fritt hav i området til 39 m/s.

Det fremkommer videre at det er noe sterkere sørøstlig vind i Nordøyen - området enn i Sklinna - området, mens det er sterkere sørlig vind ved Sklinna. Dette skyldes vel dels at en del av sørøsten på Nordøyen er sørlig vind på Sklinna. Men det betyr vel også at Nordøyen - området er mer utsatt for landvind fordi Kjølen er noe åpnere mot Nordøyen enn mot Sklinna.

Høydevariasjoner i vindfeltet.

Den meget gode sammenheng mellom vindstyrken på Sklinna og Vega: Tårn ved sørvestlig til nordlig vind (sektor 225-20°) og 50% økning i vindstyrken, er i overensstemmelse med vanlig fysisk oppfatning. Det dreier seg her om vind som har passert over lange havområder og som ikke har nærliggende, bratte fjellpartier nedstrøms.

For å studere øst, sørøst og sørlig vind, har vi valgt ut alle tilfelle fra Ørland med retning 70 - 210 grader og maksimal vindhastighet over 20 m/s, i høydeintervallet 0 - 1500 m o.h.. En fant for 1980: 8 tilfelle. 7 av disse tilfellene har vindmaksimum under 400 m og lavere vindhastigheter høyere oppe. Disse oppstigninger viser at luft fra høyere luftlag er presset ned på lesiden av innlandsfjellene. Vi merker oss at dette gjelder uansett om det dreier seg om varm luft (föhnvind) eller kald luft (såkalt kaldluftsutfall) . I regelen er det knyttet meget stabile lag, tildels inversjonslag til de nedre skikt i slike situasjoner. Disse undersøkelserne fortsetter.

Forholdet mellom Sklinna og Vega:Tårn bærer preg av dette særegne vindprofilet. Vi ser at høydeøkningen er mindre enn tilfellet er ved sørvest til nordlig vind, og fremfor alt at forholdene er svært variable (overføringsfaktorene har høye standardavvik).

Forholdene ved sørøstlig og sørlig sektor demonstrerer meget godt en type topografiske effekter. En må være svært forsiktig med vurderinger av vindprofiler for vind som har passert fjellområder, selv om disse fjellområdene ligger et stykke unna. Det må derfor advares mot en ukritisk bruk av formel (4.4) selv om en mener å ha kontroll over ruhetsparameter estimeringen.

Lokale modifikasjoner av vinden på Vega.

Sørvestlig vind (225-265 grader) føres i 600 - 700 m's nivået langs Trolltindan inn mot toppen av Gulsvågsfjellet. Der strømmer den over den tilnærmet øst-vest rettede (100° - 280°) ryggen av Gulsvågsfjellets topp. Dette fører til fortetning av strømlinjene og følgelig økning i vindhastigheten. Imidlertid bremses vinden noe ved friksjon nær selve toppen. Dette gir seg utslag i at middelvinden er lik i topp av mast og på taubanehuset og at vinden er mer gusty ved taubanehuset.

Ved vestlig til nordlig vind er forholdene i topp av mast nær de samme som ved sørvestlig vind, der er dog en viss økning i turbulensen. Dette kan skyldes innvirkning fra fjelltoppen og turbulens generert ved den bratte fjellveggen, samt separasjon på lesiden, som i forbindelse med hvirvelavløsning bringer ujevnheter høyt opp over selve toppen. Den sterke turbulensen og den sterkt nedsatte middelvind sammen med den skiftende vindretning ved taubanehuset er klar indikasjon på at slik separasjon har funnet sted.

Forholdene ved sørøstlig og sørlig vind (115 - 220 grader) er en del forskjellige fra forholdene ved øvrige retninger. Vinden må nå passere over Vegtindan/Trolltindan 3 km fra Vegamasten. Den smale, bratte rygge virker hvirvelavløsende, og hvirvlene brer seg lett til topp av mast. Turbulensintensiteten er her meget høy tatt i betraktning den store høyde over omgivelsene. Den er imidlertid selvsagt størst nær taubanehuset. Denne målestasjonen ligger nettopp i samme høyde som kammen i sør. Dette illustreres ved en sterk nedsettelse av middelvinden og kraftig økning av turbulensen. Der er også observert meget høye vertikalhastigheter (J.J.Jensen, pers. komm.) i slike situasjoner.

Det er naturlig å tenke seg et logaritmisk middelvindprofil over hele masten ved sørøstlig og sørlig vind.

Forholdene kompliseres ytterligere ved at inngangsprofilet av vind og temperatur er avvikende fra vanlige forhold ved sterk vind. Stabile skiktninger, til dels inversjoner skapt/forsterket ved topografiske effekter over de norske fjell er framherskende. Dersom slike inversjonslag, evt. kombinert med maksimum i vindprofilet, treffer like over Vegtindan/Trolltindan, kan responsen på lesiden av denne ryggen bli svært overraskende. Der er minst tre teoretiske modeller fra hydrodynamikken som alle kan gi høye middelvinder kombinert med meget høy turbulens/ekstremt høye vindgust.

- 1) Hydraulisk sprang modell
- 2) Kelvin Helmholtz' instabile grenseflatebølger
- 3) Fjellbølger

Modellene gir noe ulik respons ved forskjellige inngangsprofiler når topografiske grensflatebetingelser er gitt. Dette vil bli forsøkt studert nærmere i tiden framover. Det er i denne forbindelse av uvurderlig betydning å få mer data fra Vega. Da det er vanskelig å si noe om forholdene i topp av mast ut fra forholdene på taubanehuset ser en det som vesentlig at det blir montert vindmåler i topp av mast, fortrinnsvis begge steder.

For øvrig skal nevnes en situasjon, 12-19 desember 1983. Denne episoden hadde maksimalt 20 m/s i skiktet under 1000 m på Ørland. Maksimal middelvind på Sklinna var 20 m/s. Oppstigningen den 19/12 kl 01 viste imidlertid at det lå et vindmaksimum i 600 - 800 m's høyde og at det var en kraftig temperaturinversjon omtrent i samme nivå. Dessverre eksisterer ingen vindmålinger fra Vega i denne episode, men der eksisterer responsmålinger (6). Disse målinger viser en urovekkende høy respons på de antatte inngangsparametre for vind. J.J.Jensen finner imidlertid ingen grunn til å ekskludere disse målingene. Dette kan bety at der har skjedd en topografisk forsterkning av middelvind/ turbulensintensitet/ vindkast.

5. ISING

5.1 Generelt.

Vega antennemast ligger 733 m o.h., og som det fremgår av den topografiske omtalen i kap. 2 ligger øya åpent til for vind fra havet i hele sektoren sørvest til nord. I denne sektoren er vintertemperaturen ved havoverflaten oftest i området $+1 - +5^{\circ}\text{C}$, og dette medfører at lufttemperaturen i 800m's høyde ofte vil ligge i området $-5 - 0^{\circ}\text{C}$. Skybasis vil dessuten ligge under dette nivå. Dette gjør Vegamasten utsatt for skyis (ising pga. underkjølte vanndråper i skyluft). I tillegg kan det dannes snøbelegg i forbindelse med våt snø og vind (temperatur $1 - 2^{\circ}\text{C}$).

Temperaturen om vinteren vil imidlertid i perioder ligge over 0°C og isbelegget vil smelte av. Episoder med mye fuktighetstilførsel vil gjerne inneholde en slik mildvårdsperiode. Det blir således vanligvis ikke akkumulert is gjennom lengre tid.

5.2 Datagrunnlag.

Dessverre har vi lite data å bygge på vedr. islaste på master og tårn. De lastene som har vært gitt, har derfor bygget på antagelser og skjønn, og praksis har endret seg noe etter hvert som man har fått mer erfaringsmateriale.

Siden 1980 har det vært en rapporteringsrutine om islaste på en del av Televerkets mest utsatte stasjoner. Isobservasjonene blir ført på et skjema og sendt til EFI. Siden ismengdene på et tårn er vanskelige å måle, valgte en i første omgang å konsentrere seg om målingene av isdimensjonene til barduner, kraftledninggear o.l.. Slike obsevasjoner er også lettere å sammenligne innbyrdes.

På Storhogen (Sogndal) (7) er ismengdene målt på 2 merkestaker, og den største diameteren som er målt er 90 cm (observatør Arne Johansen). Plastkappen utenpå TV- antennen er stort sett dekket av et islag mot vest storparten av vinteren. Tykkelsen har det vært vanskelig å fastslå, men den synes maksimalt å ha vært oppe i 10 - 20 cm i de mest ekstreme situasjonene. Diameteren er her over 4 m.

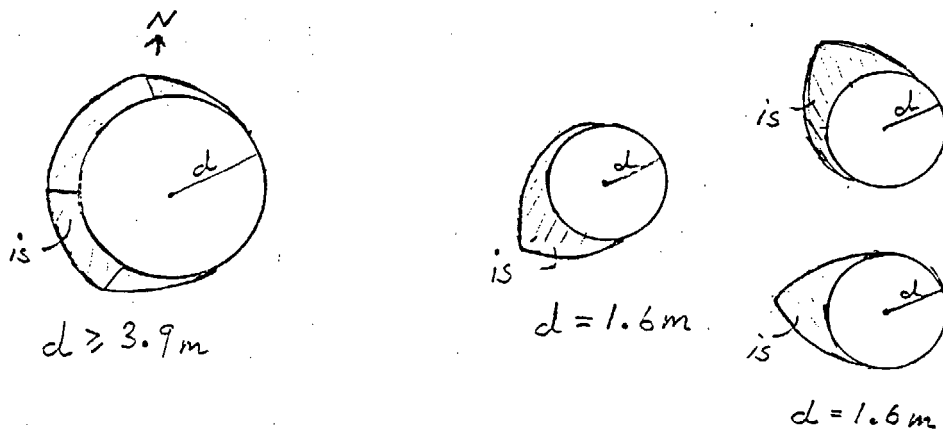


Fig. 5. Eksempler på isbelegg på Vega

5.3 Islaster for Vega.

På Vega er det bare observert beskjedne islaster i den tiden tårnet har stått. Kontaktmannen på Vega (Leif Magne Lindbakk) opplyser at det kan komme et tynt belegg (maks 10 - 20 cm?) av og til. Masten er bare periodisk isdekket om vinteren. Mastens diameter er dog 3.9m til 6.4m. Forholdene vil ventelig bli andre på en toppantenne med $d=1.6$ m. Det ser imidlertid ikke ut til at islastene gitt av H. Råstad (1970) er tilstrekkelig konservative.

Vi antar at istykkelsen på nedre del av masten ($d=6.4$ m) maksimalt kan bli 10 cm. I øvre del av nåværende mast ($d_{\min}=3.9$ m) anslås maksimal istykkelse til 20 cm. Det vil kunne dannes islag rundt hele sektoren fra sørvest til nord, dvs. tilnærmet konstant tykkelse mellom 230 og 340 grader. Deretter elliptisk avtagende til null over 90 grader. Isingen vil likevel oftest dekke en mindre sektor enn denne, se ellers Fig.5.

For den øverste antennedelen ($d=1.6$ m) kan det bli et islag på anslagsvis 0.5m. Isen vil da bygge seg ut til et tilnærmet elliptisk tverrsnitt med største tykkelse radielt ut fra sylindrens sentrum. Dette peker mot vindretningen. Vindretningen kan dreie under en isingsperiode (f.eks. fra sørvest gjennom vest til nordvest), men isingen vil i regelen være maksimal bare over en mindre sektor, fordi den er knyttet til spesielle fuktighets- og temperaturintervaller. Disse endres ved vinddreining, se ellers Fig.5.

Strukturen er trolig noe variabel, men det mest vanlige er kanskje en slags "blomkål" - struktur, med større og mindre hulrom. Isens tetthet kan under ugunstige forhold komme opp i 700 kg/m³.

5.4 Kombinert is og vind.

Varigheten av islagene på Vega varierer fra år til år. Pga. hyppige mildværsepisoder vil masten bare være dekket av is i relativt korte perioder, totalt bare en mindre del av tiden. Det er således lite sannsynlig at maksimal vindhastighet inntreffer når det er is i masten. Kombinasjonen av ekstrem vindhastighet/ekstrem islast har således en vesentlig lenger returperiode enn de to hendelsene hver for seg. Korrelasjonen mellom de to begivenhetene er svakere enn f.eks. på Storhogen (7).

På grunn av at plastkappene har en viss elastisitet er det mulig at isen vil bryte i stykker i sterk vind. Det er mulig at dette lett vil skje på Vega ved sørøstlig og sørlig vind pga. den sterke turbulensen.

REFERANSELISTE

- (1) Jensen, J.J., og Nygård, K.: Vindregistreringer Vega. utsn. av delrap. 6 og 7. FCB rapport, SINTEF Trondheim NTH 1982.
- (2) Gumbel, E.J.: Statistics of extremes, Columbia University Press, New York 1967.
- (3) Engineering Meteorology. Edited by Plate, E., Chpt. 12: The interaction of wind and structures, by Davenport, A.G. Elsevier, Amsterdam, 1982.
- (4) Davenport, A.G.: The spectrum of Horizontal Gustiness Near the Ground in High Winds. Quarterly J. of Royal Met. Soc., London, Vol. 87, April, 1961, pp. 194-211.
- (5) Environmental Loads. Oljedirektoratet 1978
- (6) Jensen, J.J.: Antennemast Vega. Laboratorietest og kalibrering av datamyte. FCB rapport, SINTEF Trondheim, NTH 1985.
- (7) Harstveit, K. og Fikke, S.: Sogndal FM/TV kringkaster - Storhogen. Is og vindlast. DNMI-Klima 25/85.