



Norwegian  
Meteorological Institute  
met.no

met.no note

Note no. 04/2008  
Oslo, March 10 2008

# Hålogalandsbrua – Vindmålinger. Statusrapport

**Knut Harstveit**

## **ABSTRACT**

At Øyjordneset in Narvik county, a long suspension bridge is planned. Wind records have been made since 16.01.2007 in a 50 m high mast. In this report, wind statistics, frequencies of strong wind, wind profile factors and turbulence intensities are given.

Extreme wind conditions for different directions are calculated by comparing to data from a station of long data series, Bodø airport.

The 50 year values are calculated to 34 m/s (10 min wind speed) and 44 m/s (wind gust). Restricted to wind along the bridge, the calculated values are 25 and 38 m/s. The data period is short, and there is a recommendation for a longer measuring period.

## Innholdsfortegnelse

|   |    |
|---|----|
| Sammendrag.....   | 3  |
| 1. Innledning.....                                      | 4  |
| 2. Sted og topografi.....                               | 4  |
| 3. Datainnsamling.....                                  | 6  |
| 3.1. Stasjonsbeskrivelse.....                           | 6  |
| 3.2. Måleprosedyre.....                                 | 6  |
| 3.3. Datakvalitet og regularitet.....                   | 6  |
| 4. Statistisk beskrivelse av data fra måleperioden..... | 6  |
| 4.1. Frekvenstabell og vindrose.....                    | 6  |
| 4.2. Vindprofiler.....                                  | 7  |
| 4.3. Turbulensforhold.....                              | 9  |
| 5. Ekstremvindhregninger.....                           | 12 |
| 6. Videre målinger.....                                 | 13 |
| Appendiks.....  | 14 |

## Sammendrag

Det har pågått vindmålinger i en 50 m høy målemast ytterst på Øyjordneset på nordsiden av fjorden Rombaken siden 16. januar 2007. Målingene skal brukes til planleggingsformål ved mulig ny bru over fjorden. Det er laget vindstatistikk på grunnlag av data fra ett år (16.01.07 – 16.01.08) og ekstremanalyse ved å sammenligne episoder med sterk vind på Bodø flyplass og målestedet. Følgende tabell viser forekomst av vind i de fire hovedsektorene i 50 m nivå på Øyjordneset:

|          | Alle | >9 m/s | >12 m/s | >15 m/s | >18 m/s |
|----------|------|--------|---------|---------|---------|
| 315-44°  | 10.9 | 0.4    | 0.1     | 0.0     | 0.0     |
| 45-134°  | 49.0 | 15.2   | 6.7     | 2.0     | 0.2     |
| 135-224° | 5.7  | 0.4    | 0.1     | 0.0     | 0.0     |
| 225-314° | 34.4 | 10.7   | 5.2     | 1.9     | 0.6     |

Vindprofilfaktorer, dvs. eksponent i vindprofilformelen, er laget ved å sammenligne målingene i 30 og 50 m målehøyde. Koeffisienten for sterk vind kan brukes til å estimere vindhastigheten i toppen av brutårnet på nordsiden. For øst, vest, nord og sør får vi 0.15, 0.16, 0.30, 0.17 for middelvind og 0.15, 0.12, 0.25 og 0.10 for vindkast.

Turbulensintensitet,  $I_u$  er målt gjennom standardavvik av sekundserier dividert med 10 min middelvind. I 50 m målehøyde ligger  $I_u$  på 0.075 ved middels og sterk vind. Det er relativt liten forskjell på østlig og vestlig vind, og bare små variasjoner med vindhastigheten for middels og sterk vind. For sterk nordlig vind er  $I_u$  0.13, og for sørlig vind 0.17 – 0.18. Den høye turbulensen ved sørlig vind er koblet til risikoen for høye vindkast fra denne sektoren. For bedre å kunne beskrive turbulensspekteret på stedet, kan det lagres hurtigfrekvente data fra vindmåleren i 50 m nivå ved sterk vind i en periode.

For de dominerende vindretningene fra øst og vest er det ved moderat og middels sterk vind også en del tilfelle med lav turbulensintensitet. I ca. 5% av tida med 10 m/s blåser det jevn vind med turbulensintensitet på 0.04 – 0.05.

Ved sammenligning mot data fra Bodø er det beregnet ekstremverdier for 10 min middelvind ( $U_m$ ) og vindkast ( $U_g$ ) med 50 års returperiode for 50 m nivået på Øyjordneset:

|                                 | <b>N</b> | <b>S</b> | <b>Ø</b> | <b>V</b> | <b>Alle</b> |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| 50 år $U_m$ , Øyjordneset (m/s) | 23.7     | 23.2     | 26.9     | 34.1     | 34.1        |
| 50 år $U_g$ , Øyjordneset (m/s) | 31.7     | 38.4     | 33.5     | 43.9     | 43.9        |

For å få mer pålitelige ekstremverdier anbefales det at målingene fortsetter til våren 2009, da en ny analyse vi bli gjort.

# 1. Innledning

Meteorologisk institutt (met.no) er engasjert av Statens vegvesen Region nord for å kvalitetskontrollere og analysere vindmålinger på Øyjordneset i forbindelse med planlegging av bru over Rombaken, Hålogalandsbrua. Mest aktuell er bru med hengespenn; tårnavstand 1350m og tårnhøyde inntil 200m.

Det er viktig i slike store prosjekter når klimaforhold er av vesentlig betydning for dimensjonering eller besluttsomhet, at alle målinger kommer i gang i god tid før anleggstiden skal starte. Statens vegvesen er som oppdragsgiver godt innforstått med dette og derfor er målingene i godt gjenge i god tid før eventuell byggestart.

Denne rapporten er en årsrapport for vindmåleprosjektet. Mye av stoffet i denne delrapporten vil bli gjengitt, dog med oppdaterte data, i en endelig sluttrapport når måleprosjektet er avsluttet. Rapporten inneholder måleresultater fra 1 år med målinger, dvs. 16.01.07 til 16.01.08, men ved utplukk av ekstremepisoder er det også tatt med de sterkeste episodene fram til 4.3.08. Alle grunnlagsdata ligger i met.no's databaser og kan fåes ved henvendelse til met.no under forutsetning av godkjenning fra oppdragsgiver.

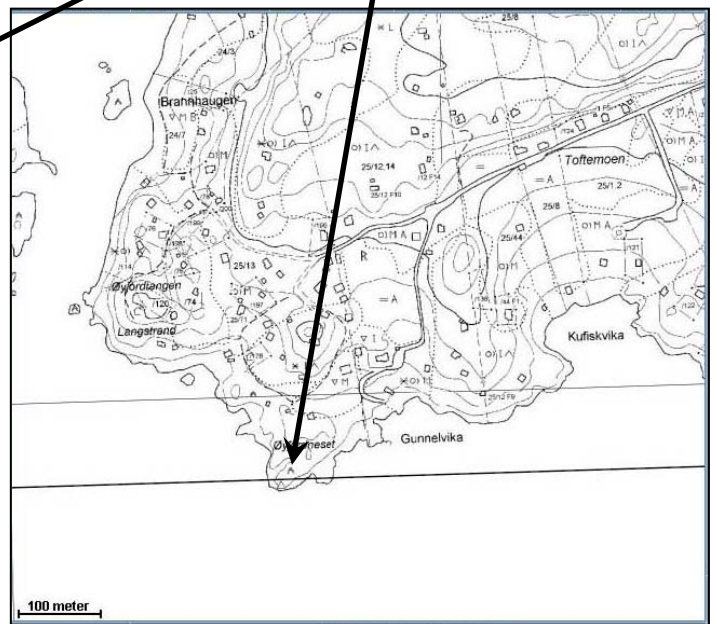
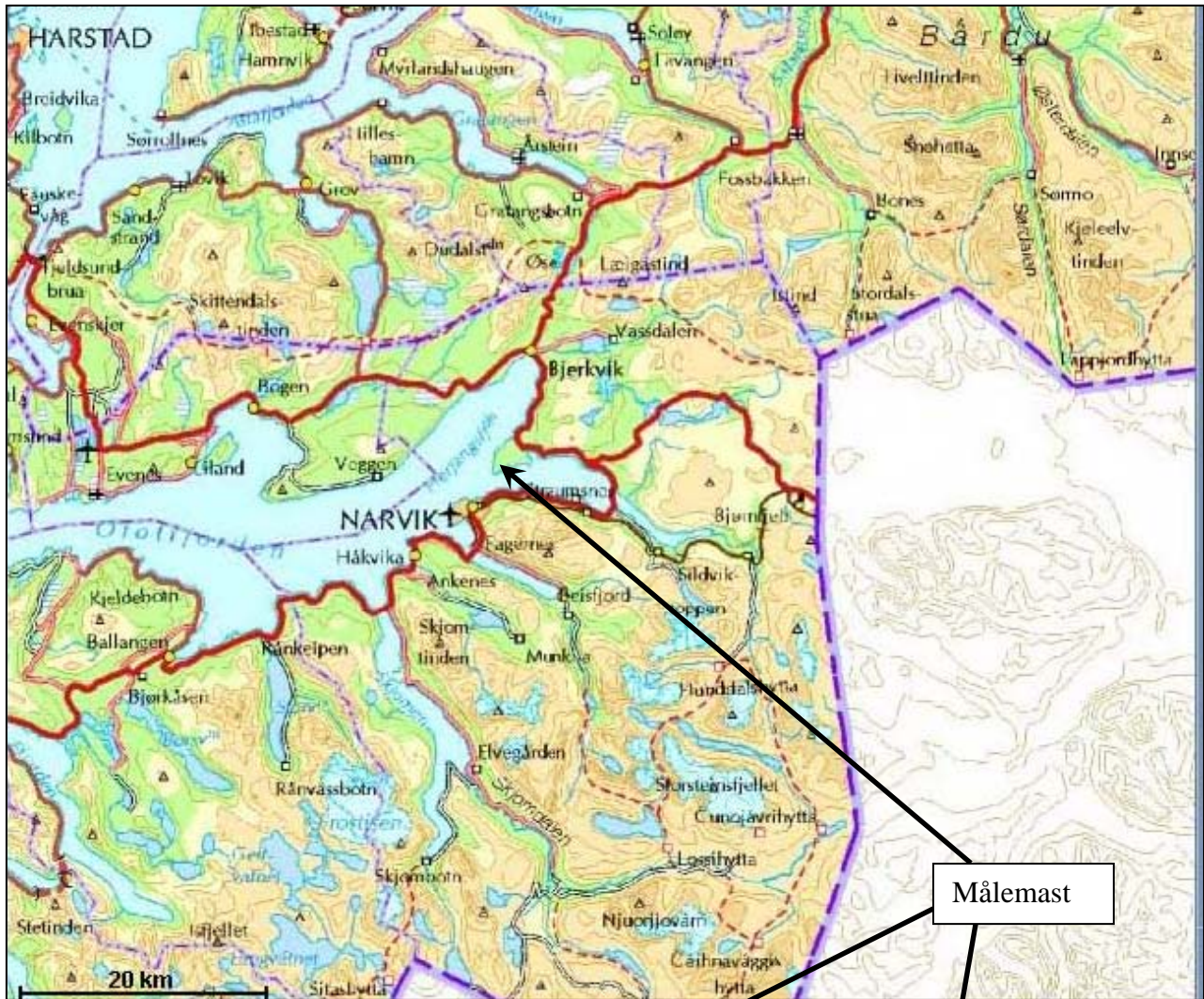
Rapporten tar for seg vindklimabeskrivelse for måleperioden på Øyjordneset. Det presenteres frekvenstabeller som inndeles etter hastighet og retningsintervaller, vindprofiler i masta og turbulensfordeling. En evaluering av måleperiodens representativitet vil bli utført i sluttrapporten. Det er også utført en sammenligning med vind med data fra flyplassene Bodø og Narvik og utarbeidelse av ekstremvindforhold på stedet.

## 2. Sted og topografi

Området ligger i Narvik kommune i nordlige del av Nordland fylke. Ofotfjorden skjærer gjennom landskapet fra vest og innerste del deler seg vest for Øyjordneset, der fjordarmen Rombaken fortsetter mot øst. I forlengelsen av fjordene er det en kanalsone gjennom fjellene inn mot Sverige som gjør at det lett blåser østlige vinder i området.

Den planlagte brutraseen skal krysse munningen av Rombaken. På sørsida av fjorden stiger terrenget bratt opp mot 1400 moh. Denne fjellryggen stiger bratt opp fra Narvik sentrum og løper parallelt med Rombaken innover langs fjorden. På nordsida er terrenget mye slakkere og et skogfylt område munner ut i et nes av blankskurte berg der målemasta står. Målemasta står på en lokal høyde, ca. 12 m oh på et nes ut mot fjorden. Mot nord – nordøst stiger terrenget langsomt mot en lokal topp, 75 moh i 400 m avstand.

Fjord- og kanalsystemet gjør at det er god passasje for østlige og vestlige vinder som fanges godt opp av målemasten. Den bratte fjellryggen på sørsiden gjør det mulig at fjellbølger og virvler kan gi sterke vindkast fra sør. Også fra nord til nordvest er det en viss passasje over til Troms, men denne er en del hindret av bølgete landskap og skog.



Figur 1. Kart over området med målemastens plassering inntegnet

## **3. Datainnsamling**

### **3.1. Stasjonsbeskrivelse**

Det måles i tre nivåer i en 50 m høy bardunert rørmast satt opp av Kjeller vindteknikk. Måle-nivåene er 10, 30 og 50 m mastehøyde. I hvert av de tre nivåene er det plassert et superpersonisk anemometer for måling av vindhastighet og vindretning. Dessuten er det i 3 og 50 m plassert en temperatursensor. Alle sensorer er laboratoriekalibrert og kalibreringskurver er innlagt på feltstasjonen. Derved kommer de meteorologiske parameterne direkte ut i meteorologiske enheter. Sensorer og programvare driftes av Instrumenttjenesten på Ås (ITAS). Data sendes met.no hver måned og er også tilgjengelig via web for inspeksjon.

### **3.2. Måleprosedyre**

Alle sensorer avses med en frekvens på 1 Hz. Etter 10 minutter beregnes i alt 15 vindparametre (5 fra hvert nivå) og 2 temperaturparametre (midlere lufttemperatur i nivå 3 og 50 m).

Vindparameterne er som følger: 10 min. middelvindhastighet,  $U(10min)$ ; vektormidlet vindretning,  $DD(10min)$ ; største vindkast siste 10 minutt,  $U_g$ ; vindretning ved  $U_g$  og standardavvik av vindhastigheten,  $sd$ . Dataene lagres lokalt og overføres også til Itas og til web med jevne mellomrom.

### **3.3. Datakvalitet og regularitet**

Datastrømmen fra Øyjordneset har meget nær 100% regularitet i perioden 16.01.07 - 16.01.08. Måling i tre nivåer er en effektiv kontroll på sensorfeil. Kontrollen har vist at feil på hastighetssensorene ikke har forekommet på stasjonen i dette registreringsåret.

## **4. Statistisk beskrivelse av data fra måleperioden**

### **4.1. Frekvenstabell og vindrose**

Vindrose og frekvenstabellene viser at 41 % av vinden blåste som ren østlig vind i måleåret, men 30% kom inn fra sørvest og vest. En litt videre sektor ut fjorden ( $45 - 134^\circ$ ) gav 49%, og ( $225 - 314^\circ$ ) vind inn fjorden gav 34%. Vind på langs av den planlagte brua fra nord ( $315 - 44^\circ$ ) forekom i 11% av tiden, mens vind på tvers fra sør ( $135 - 224^\circ$ ) forekom i 6% av tida.

## Tabell 1

Forekomst av vind i de fire hovedsektorene i 50 m nivå på Øyjordneset

|          | Alle | >9 m/s | >12 m/s | >15 m/s | >18 m/s |
|----------|------|--------|---------|---------|---------|
| 315-44°  | 10.9 | 0.4    | 0.1     | 0.0     | 0.0     |
| 45-134°  | 49.0 | 15.2   | 6.7     | 2.0     | 0.2     |
| 135-224° | 5.7  | 0.4    | 0.1     | 0.0     | 0.0     |
| 225-314° | 34.4 | 10.7   | 5.2     | 1.9     | 0.6     |

Tabell 1 viser ellers at vestlig sektor var mest dominerende over 18 m/s, mens østlig var mest dominerende under 15 m/s. Den viser også at sterk vind (>15 m/s) på langs av brutraseen bare forekom i 0.2 % av tida (0.1 % fra hver av sidene).

## 4.2. Vindprofiler

Vindmasten er montert på et lite nes av blankskurte berg. Mastefoten står ca. 10 m over sjøflaten. Vind fra alle retninger vil bli forsterket like over kollen. Denne effekten er størst i høyder under 30 m, og profilberegninger gjøres derfor for 30 til 50 m nivået. Tabell 2 viser beregninger av n etter lign.1, der  $Z_1=30\text{m}$  og  $Z_2=50\text{m}$ . Både 10 min middelvind,  $U_m$  og sterkeste vindkast pr 10 min er benyttet for U-parameter i ligningen, med  $n_{10\text{min}}$  og  $n_{ug}$  i tabell 2 som resultat.

$$\frac{U(Z_2)}{U(Z_1)} = \left( \frac{Z_2}{Z_1} \right)^n \quad \text{lign. 1}$$

Vi ser generelt at  $n_{ug}$  er litt lavere enn  $n_{10\text{min}}$ , hvilket er i overensstemmelse med teoretiske betraktninger, idet sterke vindkast i større grad transporteres ned til bakken enn middelvinden. For svak vind ligger eksponenten for middelvind på 0.21, for middels sterk vind på 0.11 og for sterk vind, 0.16. Disse tallene er omtrent de samme for østlig og vestlig vind, mens det er vesentlig større vindøkning med høyden (skarpere profil) fra nord, og også fra sør. Fra nord strømmer vinden over en skog, fra sør kommer den over fra fjellkanten ved Fagernesfjellet.

Koeffisienten for sterk vind kan brukes til å estimere vindhastigheten i toppen av brutårnet på nordsiden. For øst, vest, nord og sør får vi 0.15, 0.16, 0.30. 0.17 for middelvind og 0.15, 0.12, 0.25 og 0.10 for vindkast. Profilet for sørlig sterk vind bygger på få observasjoner og er usikkert. Her er det nødvendig med flere observasjoner. Det er benyttet medianverdier av profilmaktorene, dette antas mest realistisk for kobling mot ekstremverdier av vindhastigheten.

**Tabell 2**

10, 50 (median) og 90 % persentiler av eksponenten i vindprofilformelen for ulike hastighetsgrupper og retningsgrupper

| <b>n<sub>u10min</sub></b> |          |             |             |             | <b>n<sub>ug</sub></b> |          |             |             |             |
|---------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Alle</b>               | <b>N</b> | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> | <b>Alle</b>           | <b>N</b> | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
| <b>0-3 m/s</b>            | 16007    | -0.223      | 0.208       | 0.866       | <b>0-3 m/s</b>        | 16007    | -0.296      | 0.166       | 0.607       |
| <b>3-6 m/s</b>            | 12562    | 0.052       | 0.170       | 0.427       | <b>3-6 m/s</b>        | 12562    | -0.033      | 0.136       | 0.327       |
| <b>6-9 m/s</b>            | 8614     | 0.065       | 0.117       | 0.254       | <b>6-9 m/s</b>        | 8614     | 0.013       | 0.100       | 0.220       |
| <b>9-12 m/s</b>           | 7429     | 0.066       | 0.105       | 0.202       | <b>9-12 m/s</b>       | 7429     | 0.026       | 0.091       | 0.184       |
| <b>12-15 m/s</b>          | 4141     | 0.076       | 0.112       | 0.199       | <b>12-15 m/s</b>      | 4141     | 0.041       | 0.111       | 0.193       |
| <b>15-18 m/s</b>          | 1591     | 0.100       | 0.146       | 0.194       | <b>15-18 m/s</b>      | 1591     | 0.053       | 0.125       | 0.198       |
| <b>&gt;18 m/s</b>         | 423      | 0.115       | 0.159       | 0.191       | <b>&gt;18 m/s</b>     | 423      | 0.067       | 0.128       | 0.204       |
| <b>Ø</b>                  |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> | <b>Ø</b>              |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
| <b>0-3 m/s</b>            | 8129     | -0.191      | 0.205       | 0.844       | <b>0-3 m/s</b>        | 8129     | -0.248      | 0.168       | 0.581       |
| <b>3-6 m/s</b>            | 6518     | 0.063       | 0.176       | 0.392       | <b>3-6 m/s</b>        | 6518     | -0.016      | 0.135       | 0.306       |
| <b>6-9 m/s</b>            | 4537     | 0.057       | 0.103       | 0.233       | <b>6-9 m/s</b>        | 4537     | 0.007       | 0.090       | 0.188       |
| <b>9-12 m/s</b>           | 4288     | 0.059       | 0.096       | 0.163       | <b>9-12 m/s</b>       | 4288     | 0.017       | 0.081       | 0.158       |
| <b>12-15 m/s</b>          | 2427     | 0.071       | 0.104       | 0.156       | <b>12-15 m/s</b>      | 2427     | 0.032       | 0.103       | 0.181       |
| <b>15-18 m/s</b>          | 877      | 0.096       | 0.136       | 0.176       | <b>15-18 m/s</b>      | 877      | 0.042       | 0.125       | 0.202       |
| <b>&gt;18 m/s</b>         | 116      | 0.113       | 0.150       | 0.192       | <b>&gt;18 m/s</b>     | 116      | 0.075       | 0.148       | 0.225       |
| <b>V</b>                  |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> | <b>V</b>              |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
| <b>0-3 m/s</b>            | 4474     | -0.270      | 0.174       | 0.704       | <b>0-3 m/s</b>        | 4474     | -0.347      | 0.139       | 0.557       |
| <b>3-6 m/s</b>            | 4227     | 0.014       | 0.141       | 0.280       | <b>3-6 m/s</b>        | 4227     | -0.063      | 0.115       | 0.293       |
| <b>6-9 m/s</b>            | 3339     | 0.074       | 0.122       | 0.210       | <b>6-9 m/s</b>        | 3339     | 0.019       | 0.106       | 0.219       |
| <b>9-12 m/s</b>           | 2823     | 0.078       | 0.119       | 0.210       | <b>9-12 m/s</b>       | 2823     | 0.041       | 0.103       | 0.199       |
| <b>12-15 m/s</b>          | 1643     | 0.084       | 0.129       | 0.216       | <b>12-15 m/s</b>      | 1643     | 0.055       | 0.120       | 0.199       |
| <b>15-18 m/s</b>          | 688      | 0.106       | 0.159       | 0.203       | <b>15-18 m/s</b>      | 688      | 0.061       | 0.124       | 0.189       |
| <b>&gt;18 m/s</b>         | 298      | 0.116       | 0.160       | 0.190       | <b>&gt;18 m/s</b>     | 298      | 0.066       | 0.120       | 0.190       |
| <b>N</b>                  |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> | <b>N</b>              |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
| <b>0-3 m/s</b>            | 1829     | -0.284      | 0.269       | 0.999       | <b>0-3 m/s</b>        | 1829     | -0.295      | 0.184       | 0.649       |
| <b>3-6 m/s</b>            | 1048     | 0.115       | 0.499       | 0.951       | <b>3-6 m/s</b>        | 1048     | -0.008      | 0.235       | 0.496       |
| <b>6-9 m/s</b>            | 387      | 0.217       | 0.483       | 0.952       | <b>6-9 m/s</b>        | 387      | 0.048       | 0.198       | 0.420       |
| <b>9-12 m/s</b>           | 156      | 0.184       | 0.285       | 0.846       | <b>9-12 m/s</b>       | 156      | 0.044       | 0.160       | 0.361       |
| <b>12-15 m/s</b>          | 48       | 0.204       | 0.279       | 0.749       | <b>12-15 m/s</b>      | 48       | 0.072       | 0.203       | 0.333       |
| <b>15-18 m/s</b>          | 10       | 0.207       | 0.301       | 0.487       | <b>15-18 m/s</b>      | 10       | 0.134       | 0.211       | 0.311       |
| <b>&gt;18 m/s</b>         | 3        | 0.291       | 0.302       | 0.342       | <b>&gt;18 m/s</b>     | 3        | 0.219       | 0.248       | 0.296       |
| <b>S</b>                  |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> | <b>S</b>              |          | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
| <b>0-3 m/s</b>            | 1575     | -0.150      | 0.291       | 1.137       | <b>0-3 m/s</b>        | 1575     | -0.368      | 0.220       | 0.748       |
| <b>3-6 m/s</b>            | 769      | 0.111       | 0.192       | 0.316       | <b>3-6 m/s</b>        | 769      | -0.014      | 0.166       | 0.319       |
| <b>6-9 m/s</b>            | 351      | 0.115       | 0.182       | 0.251       | <b>6-9 m/s</b>        | 351      | 0.019       | 0.148       | 0.289       |
| <b>9-12 m/s</b>           | 162      | 0.125       | 0.187       | 0.224       | <b>9-12 m/s</b>       | 162      | 0.036       | 0.132       | 0.270       |
| <b>12-15 m/s</b>          | 23       | 0.148       | 0.182       | 0.200       | <b>12-15 m/s</b>      | 23       | -0.009      | 0.105       | 0.307       |
| <b>15-18 m/s</b>          | 16       | 0.145       | 0.186       | 0.213       | <b>15-18 m/s</b>      | 16       | 0.073       | 0.175       | 0.289       |
| <b>&gt;18 m/s</b>         | 6        | 0.164       | 0.173       | 0.196       | <b>&gt;18 m/s</b>     | 6        | 0.033       | 0.094       | 0.340       |



### 4.3. Turbulensforhold

Tabell 3

Turbulensintensitet;  $I_u$  i 50 m nivå,  $I_u(50m)$ , gitt som medianverdi og persentilverdier

| Alle      | N     | 1 %   | 3 %   | 5 %   | 10 %  | 50 %  | 90 %  | 95 %  | 98 %  | 99 %  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-3 m/s   | 16007 | 0.048 | 0.063 | 0.073 | 0.093 | 0.218 | 0.464 | 0.541 | 0.629 | 0.686 |
| 3-6 m/s   | 12562 | 0.030 | 0.041 | 0.048 | 0.060 | 0.116 | 0.250 | 0.303 | 0.382 | 0.442 |
| 6-9 m/s   | 8614  | 0.036 | 0.044 | 0.047 | 0.053 | 0.086 | 0.180 | 0.223 | 0.271 | 0.309 |
| 9-12 m/s  | 7429  | 0.036 | 0.042 | 0.045 | 0.050 | 0.074 | 0.128 | 0.158 | 0.194 | 0.223 |
| 12-15 m/s | 4141  | 0.036 | 0.043 | 0.046 | 0.051 | 0.073 | 0.109 | 0.126 | 0.153 | 0.171 |
| 15-18 m/s | 1591  | 0.036 | 0.042 | 0.046 | 0.051 | 0.075 | 0.109 | 0.123 | 0.151 | 0.167 |
| >18 m/s   | 423   | 0.044 | 0.049 | 0.052 | 0.057 | 0.076 | 0.116 | 0.132 | 0.155 | 0.173 |

| Ø         |      | 1 %   | 3 %   | 5 %   | 10 %  | 50 %  | 90 %  | 95 %  | 98 %  | 99 %  |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-3 m/s   | 8129 | 0.048 | 0.060 | 0.069 | 0.087 | 0.205 | 0.447 | 0.527 | 0.620 | 0.672 |
| 3-6 m/s   | 6518 | 0.035 | 0.044 | 0.049 | 0.059 | 0.106 | 0.230 | 0.283 | 0.351 | 0.408 |
| 6-9 m/s   | 4537 | 0.037 | 0.043 | 0.046 | 0.051 | 0.077 | 0.147 | 0.186 | 0.231 | 0.261 |
| 9-12 m/s  | 4288 | 0.039 | 0.043 | 0.046 | 0.050 | 0.073 | 0.113 | 0.131 | 0.161 | 0.188 |
| 12-15 m/s | 2427 | 0.040 | 0.046 | 0.049 | 0.054 | 0.075 | 0.107 | 0.120 | 0.139 | 0.151 |
| 15-18 m/s | 877  | 0.045 | 0.050 | 0.052 | 0.058 | 0.081 | 0.107 | 0.116 | 0.129 | 0.138 |
| >18 m/s   | 116  | 0.049 | 0.051 | 0.052 | 0.058 | 0.073 | 0.092 | 0.103 | 0.108 | 0.128 |

| V         |      | 1 %   | 3 %   | 5 %   | 10 %  | 50 %  | 90 %  | 95 %  | 98 %  | 99 %  |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-3 m/s   | 4474 | 0.042 | 0.058 | 0.068 | 0.085 | 0.183 | 0.450 | 0.533 | 0.624 | 0.695 |
| 3-6 m/s   | 4227 | 0.022 | 0.032 | 0.039 | 0.052 | 0.112 | 0.227 | 0.285 | 0.375 | 0.448 |
| 6-9 m/s   | 3339 | 0.034 | 0.043 | 0.049 | 0.056 | 0.092 | 0.169 | 0.206 | 0.260 | 0.300 |
| 9-12 m/s  | 2823 | 0.031 | 0.039 | 0.044 | 0.050 | 0.073 | 0.127 | 0.155 | 0.182 | 0.210 |
| 12-15 m/s | 1643 | 0.032 | 0.039 | 0.043 | 0.047 | 0.068 | 0.102 | 0.123 | 0.153 | 0.177 |
| 15-18 m/s | 688  | 0.031 | 0.037 | 0.041 | 0.046 | 0.066 | 0.104 | 0.122 | 0.149 | 0.160 |
| >18 m/s   | 298  | 0.044 | 0.047 | 0.052 | 0.056 | 0.078 | 0.116 | 0.130 | 0.153 | 0.156 |

| N         |      | 1 %   | 3 %   | 5 %   | 10 %  | 50 %  | 90 %  | 95 %  | 98 %  | 99 %  |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-3 m/s   | 1829 | 0.094 | 0.125 | 0.141 | 0.162 | 0.275 | 0.467 | 0.541 | 0.614 | 0.670 |
| 3-6 m/s   | 1048 | 0.085 | 0.099 | 0.108 | 0.130 | 0.209 | 0.307 | 0.350 | 0.412 | 0.456 |
| 6-9 m/s   | 387  | 0.059 | 0.071 | 0.078 | 0.090 | 0.168 | 0.259 | 0.290 | 0.324 | 0.369 |
| 9-12 m/s  | 156  | 0.068 | 0.077 | 0.078 | 0.087 | 0.132 | 0.229 | 0.260 | 0.312 | 0.432 |
| 12-15 m/s | 48   | 0.082 | 0.088 | 0.095 | 0.100 | 0.125 | 0.167 | 0.181 | 0.193 | 0.205 |
| 15-18 m/s | 10   | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.080 | 0.134 | 0.229 | 0.247 | 0.259 | 0.263 |
| >18 m/s   | 3    | 0.125 | 0.126 | 0.126 | 0.127 | 0.134 | 0.151 | 0.153 | 0.155 | 0.155 |

| S         |      | 1 %   | 3 %   | 5 %   | 10 %  | 50 %  | 90 %  | 95 %  | 98 %  | 99 %  |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-3 m/s   | 1575 | 0.077 | 0.093 | 0.107 | 0.135 | 0.300 | 0.527 | 0.597 | 0.683 | 0.759 |
| 3-6 m/s   | 769  | 0.057 | 0.064 | 0.073 | 0.087 | 0.147 | 0.337 | 0.400 | 0.474 | 0.537 |
| 6-9 m/s   | 351  | 0.071 | 0.084 | 0.091 | 0.105 | 0.180 | 0.284 | 0.323 | 0.386 | 0.430 |
| 9-12 m/s  | 162  | 0.067 | 0.097 | 0.111 | 0.129 | 0.171 | 0.237 | 0.264 | 0.290 | 0.301 |
| 12-15 m/s | 23   | 0.113 | 0.124 | 0.133 | 0.139 | 0.168 | 0.208 | 0.208 | 0.224 | 0.231 |
| 15-18 m/s | 16   | 0.112 | 0.115 | 0.117 | 0.127 | 0.168 | 0.196 | 0.208 | 0.213 | 0.215 |
| >18 m/s   | 6    | 0.133 | 0.136 | 0.138 | 0.143 | 0.180 | 0.206 | 0.210 | 0.212 | 0.213 |

Vi ser at typeisk turbulensintensitet i 50 m målehøyde ligger på 0.075 ved middels og sterk vind. Det er relativt liten forskjell på østlig og vestlig vind, og bare små variasjoner med vindhastigheten for middels og sterk vind. For nordlig vind ligger  $I_u$  noe høyere (0.13), og enda høyere for sørlig vind (0.17 – 0.18). Den relativt høye turbulensen ved sørlig vind er koblet til risikoen for høye vindkast fra sør (kap. 5) som kommer ved relativt moderat middelvind.

Det antas at tabell 3 kan være nyttig for betraktninger omkring risiko for opptak av turbulent svingningsenergi i konstruksjonen, dersom en også kjenner turbulensspekteret. For bedre å kunne beskrive turbulensspekteret på stedet, kan det lagres hurtigfrekvente data fra vindmåleren i 50 m nivå ved sterk vind i en periode.

For de dominerende vindretningene fra øst og vest er det interessant å se på fordelingen av turbulensintensiteten. De høyeste verdien er sjeldne og for en del knyttet til trend i vindhastigheten. De laveste er imidlertid ganske utbredte, og ca. 5% av tida med 10 m/s blåser det jevn vind med turbulensintensitet på 0.04 – 0.05. Tabell 3 antas være nyttig ved beregning av risiko for forhold som kan gi rytmisk virvelavløsning/tverrsvingninger på ømfintlige konstruksjoner.

### Turbulensprofiler

Tabell 4 viser profilm faktoren fra lign. 1, dersom  $I_u$  benyttes i stedet for  $U$ . Vi ser da at  $I_u$  typisk faller med høyden, med faktor -0.12, dvs røft sett på samme måte som vindhastigheten stiger. Dette er forhold som gjelder ved de dominerende vindretningene fra øst og vest.

For nordlig vind er imidlertid fallet meget stort, dette indikerer at mye av turbulensen er skapt på en kort strekning over skogen og at profilet ikke er i likevekt. For sørlig vind, derimot er det relativt moderat fall av  $I_u$  med høyden, og liten variasjon med vindhastighet for middels og sterk vind. Dette skyldes at turbulensen kommer som følge av strømning over og rundt Fagernesfjellet, trolig ved en kombinasjon av fjellbølger og ulike virvelprosesser. Vi ser da at mens vinden øker sterkt med høyden for sørlig vind, så er turbulensfallet moderat. Dette betyr at luften er høyturbulent i tykke lag med ganske sterk vind, og risikoen for høye vindkast i tårntopp er ganske stor. Her trenges flere målinger av sterk vind.

Vi legger ellers merke til at det er store variasjoner mellom 10, 50 (median) og 90% persentilen av profilm faktorene, hvilket betyr at det er et bredt spekter av vindforhold som blåser på stedet. Ulike former for fjellbølger som følge av varierende stabilitet, retning og hastighetsfordeling av høydevind inn mot fjellene gir ulike grader av turbulensprofiler, og det er faktisk en rekke situasjoner, også ved sterk vind, der turbulensintensiteten øker med høyden.

**Tabell 4***Turbulensintensitetsprofiler***Alle**

|                   | <b>N</b> | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
|-------------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| <b>0-3 m/s</b>    | 16007    | -1.563      | -0.227      | 0.596       |
| <b>3-6 m/s</b>    | 12562    | -0.944      | -0.178      | 0.279       |
| <b>6-9 m/s</b>    | 8614     | -0.626      | -0.131      | 0.156       |
| <b>9-12 m/s</b>   | 7429     | -0.483      | -0.135      | 0.105       |
| <b>12-15 m/s</b>  | 4141     | -0.446      | -0.123      | 0.121       |
| <b>15-18 m/s</b>  | 1591     | -0.481      | -0.124      | 0.118       |
| <b>&gt;18 m/s</b> | 423      | -0.387      | -0.149      | 0.036       |

**Ø**

|                   |      | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
|-------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| <b>0-3 m/s</b>    | 8129 | -1.521      | -0.227      | 0.603       |
| <b>3-6 m/s</b>    | 6518 | -0.950      | -0.228      | 0.255       |
| <b>6-9 m/s</b>    | 4537 | -0.664      | -0.178      | 0.146       |
| <b>9-12 m/s</b>   | 4288 | -0.517      | -0.178      | 0.082       |
| <b>12-15 m/s</b>  | 2427 | -0.457      | -0.134      | 0.116       |
| <b>15-18 m/s</b>  | 877  | -0.479      | -0.085      | 0.150       |
| <b>&gt;18 m/s</b> | 116  | -0.456      | -0.160      | 0.060       |

**V**

|                   |      | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
|-------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| <b>0-3 m/s</b>    | 4474 | -1.482      | -0.159      | 0.634       |
| <b>3-6 m/s</b>    | 4227 | -0.583      | -0.075      | 0.344       |
| <b>6-9 m/s</b>    | 3339 | -0.333      | -0.066      | 0.179       |
| <b>9-12 m/s</b>   | 2823 | -0.343      | -0.080      | 0.135       |
| <b>12-15 m/s</b>  | 1643 | -0.401      | -0.102      | 0.131       |
| <b>15-18 m/s</b>  | 688  | -0.485      | -0.178      | 0.065       |
| <b>&gt;18 m/s</b> | 298  | -0.380      | -0.142      | 0.035       |

**N**

|                   |      | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
|-------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| <b>0-3 m/s</b>    | 1829 | -1.532      | -0.321      | 0.625       |
| <b>3-6 m/s</b>    | 1048 | -1.381      | -0.715      | 0.076       |
| <b>6-9 m/s</b>    | 387  | -1.505      | -0.959      | -0.315      |
| <b>9-12 m/s</b>   | 156  | -1.375      | -0.689      | -0.185      |
| <b>12-15 m/s</b>  | 48   | -1.495      | -0.679      | -0.101      |
| <b>15-18 m/s</b>  | 10   | -1.047      | -0.332      | -0.033      |
| <b>&gt;18 m/s</b> | 3    | -0.307      | -0.259      | -0.219      |

**S**

|                   |      | <b>10 %</b> | <b>50 %</b> | <b>90 %</b> |
|-------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| <b>0-3 m/s</b>    | 1575 | -1.991      | -0.335      | 0.387       |
| <b>3-6 m/s</b>    | 769  | -0.452      | -0.097      | 0.218       |
| <b>6-9 m/s</b>    | 351  | -0.328      | -0.070      | 0.116       |
| <b>9-12 m/s</b>   | 162  | -0.258      | -0.072      | 0.103       |
| <b>12-15 m/s</b>  | 23   | -0.202      | -0.086      | 0.045       |
| <b>15-18 m/s</b>  | 16   | -0.151      | -0.060      | 0.032       |
| <b>&gt;18 m/s</b> | 6    | -0.200      | -0.106      | -0.006      |

## 5. Ekstremvindberegninger

Vi har i denne omgang først gjort en rask vurdering av referansestasjonene Bodø og Narvik lufthavn. Narvik lufthavn ligger forholdsvis nær Øyjordneset. Men flyplassen ligger skjermet for vind fra øst og vind fra sør vil også ha en noe annen topografisk vekselvirkning enn tilsvarende fra Øyjordneset.

Bodø lufthavn ligger ganske mye lenger borte enn Narvik. Men denne plassen er forholdsvis likt eksponert som Øyjordneset, med vindmåler på en odde ytterst i på nordsiden av en øst – vest rettet fjord. Teknikken med uavhengig sortering tar bort en del av usikkerheten på grunn av distansen. Det må også nevnes at dataene fra Narvik lufthavn ikke er like godt analysert som for Bodø. Faktisk skriver ekstremverdiene her seg fra en tidligere sammenligning med Bodø (1987 – 92).

Data fra Øyjordneset, 50 m høyde er sammenlignet med data fra Bodø lufthavn. For hver sammenligning er alle tidspunkter med data fra Øyjordneset og Bodø satt opp. Vi har så inndelt vindmålingene på Øyjordneset i 50 m høyde i 4 sektorer (N: 315 – 044°, Ø: 045 - 134°, S: 135 - 224° og V: 225 - 314°). Det samme er gjort for flyplassen. Så er det sortert uavhengig på middelvind og kast på Øyjordneset og middelvind fra flyplassen. Maksimalverdiene fra de 5 sterkeste episodene i hver sektorgruppe for disse tre hastighetsgruppene er så tatt med, der to toppverdier må være atskilt med 3 dager for å telle som to episoder.

### Tabell 5

*Ekstremvind med 50 års returperiode fra Bodø, samt estimerte verdier for Øyjordneset ut fra angitte sektorielle overføringskoeffisienter*

|                                       | <b>N</b> | <b>S</b> | <b>Ø</b> | <b>V</b> | <b>Alle</b> |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| $U_{10min, Bodø}$ [m/s], 50 år        | 23.7     | 28.0     | 25.4     | 30.7     | 30.7        |
| Overføring til 50m Øyjordneset; $U_m$ | 1.00     | 0.83     | 1.06     | 1.11     | 1.11        |
| Overføring til 50m Øyjordneset; $U_g$ | 1.34     | 1.37     | 1.32     | 1.43     | 1.43        |
| 50 år $U_m$ , Øyjordneset             | 23.7     | 23.2     | 26.9     | 34.1     | 34.1        |
| 50 år $U_g$ , Øyjordneset             | 31.7     | 38.4     | 33.5     | 43.9     | 43.9        |

I sluttrapporten vil vi vurdere om det er grunn til å reanalysere langtidsserien fra Narvik, samt om andre værstasjoner i området skal taes med i analysen.

Tabell 5 gir 34 m/s (10 min middelvind) og 44 m/s (3 sekunders vindkast) som 50-års verdier for vind på tvers av brua (Ø+V) og 25 m/s, respektivt 38 m/s på langs (N+S). Sistnevnte er beheftet med store usikkerheter og kan bli justert opp. 34 m/s i 50 m nivå og profilfaktor 0.16, gir ved bruk av lign. 1: 26 m/s. NS3491-4 gir 28 m/s i 10 m nivå dersom kategori II – terreng legges til grunn, og enda høyere dersom ruheten settes lavere. Men målinger (Askøy) og modelleringer (WAsP i trekantsambandet) indikerer at ruheten i fjordstrøk som ikke er godt åpne mot havet er influert av terrenget og ligger nær kategori II – terrenget. Målingene på Øyjordneset indikerer også at det ikke er grunn til å sette lavere ruhet enn dette.

Det kan diskuteres om vinden midt ute på brutraseen er sterkere enn på Øyjordneset. For østlig vind får dette liten betydning uansett, da vindmaksimum fra øst ligger relativt lavt. For vestlig vind er det neppe grunn til å anta noen vindøkning utover brutraseen. Øyjordneset er utsatt for en noe større vestlig sektor enn midtpunktet i fjorden, idet vind fra 230 – 240° kan bli noe mer friksjonsdempet fra land (Narvik sentrum) enn tilfellet er for Øyjordneset. Vind på langs av brua vil ventelig være noe avdempet ved sørlige tårn i forhold til nordlige.

## 6. Videre målinger

Fra sør er det lite data. Episoden med høyest vindkast skriver seg fra 24.12.2007. Uten denne episoden ville 50-års vindkast i tabell 5 blitt beregnet vesentlig lavere. Episoden kom 11 måneder etter oppstart. Dette illustrerer tydelig behovet for lengre serie. Årsaken til usikkerheten er knyttet til at vindnedslag fra sør ofte kommer i spesielle vær-situasjoner, der vindhastighet, nøyaktig vindretning og temperaturfordelingen i luftmassen alle har stor betydning. Dette betyr at det er flere frihetsgrader til stede og behovet for lang samplingstid øker.

Det kan nevnes at Narvik lufthavn bare fikk 23.2 m/s som vindkast den 24.12.2007 mens Skrova fyr fikk 31.3 m/s, dvs omtrent det samme som Øyjordneset. Under stormen Frode, 12.10.1996, da det var store skader flere steder i Lofoten og indre strøk av nordlige Nordland og sørlige Troms, var vindretningen i første del av stormen omtrent som den 24.12.2007. Flyplassen i Narvik ble stengt etter vindkast på 32 m/s fra 160° og vindkastene på Skrova fyr kom opp i 41.5 m/s fra sør.

Også fra vest og øst kan det være for lite representative data. I disse sektorene er det stor forskjell på hvilke episoder som gir sterkeste vind i Bodø og på Øyjordneset, hvilket betyr at det er nødvendig med lang dataserie for å begrense støyen i materialet.

Det er da naturlig at måleprogrammet fortsetter ut vintersesongen 2009, og at det skrives en ny statusrapport på våren/forsommeren 2009 der målestasjonens videre skjebne også blir drøftet.

For bedre å kunne beskrive turbulensspekteret på stedet, kan vindmåleren i 50 m nivå hurtigavleses ved sterk vind i en periode.

## Appendiks

Tabell A.1

Vindstatistikk for Øyjordneset, 50m. År (jan-des)

Tabell A.2

Vindstatistikk for Øyjordneset, 50m. Vinter

Tabell A.3

Vindstatistikk for Øyjordneset, 50m.Vår

Tabell A.4

Vindstatistikk for Øyjordneset, 50m.Sommer

Tabell A.5

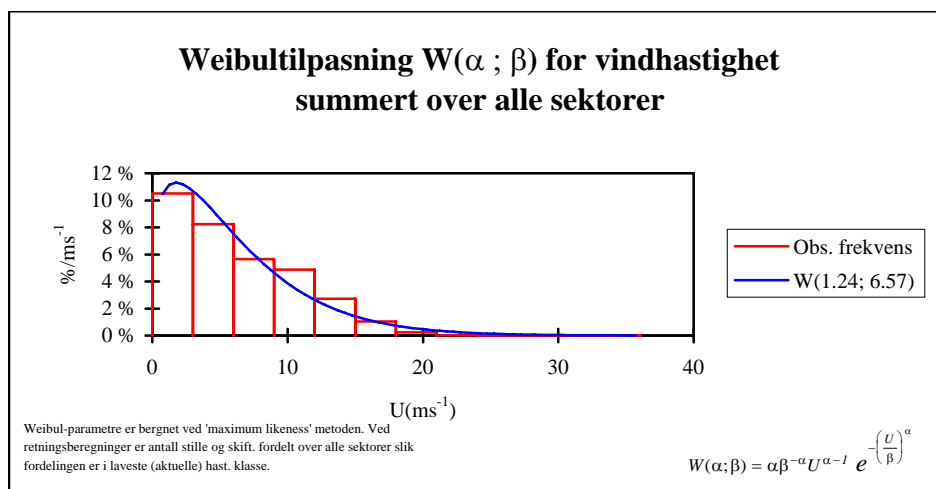
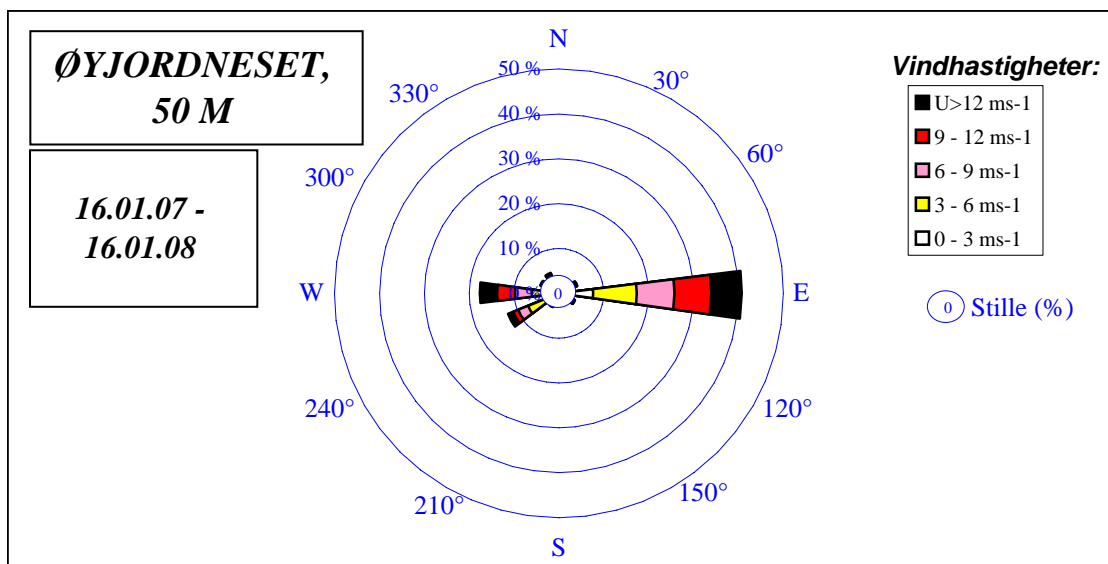
Vindstatistikk for Øyjordneset, 50m.Høst

Tabell A.6

Sammenstilling av sterk middelvind i Bodø og sterk middelvind og vindkast på Øyjordneset, 50m

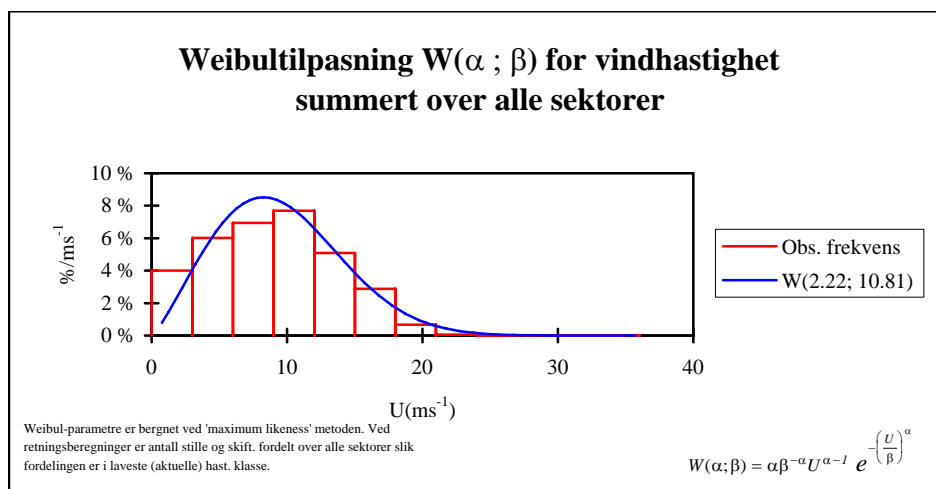
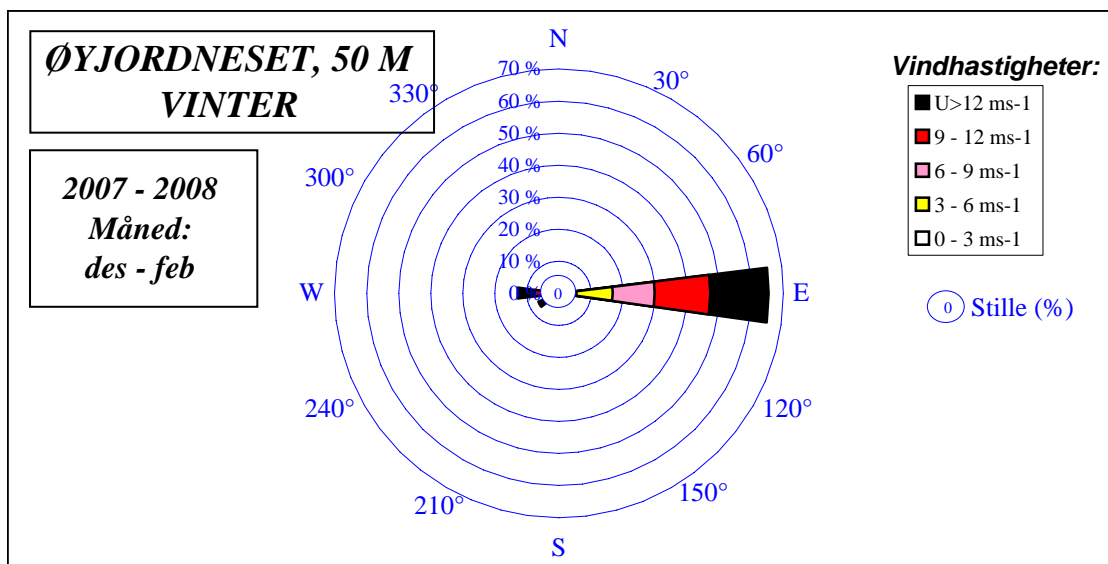
# VINDSTATISTIKK FOR ØYJORDNESET, 50 M

| Frekvenstabell: Øyjordneset, 50 m |                      | År: 2007 til 2008    |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | Måned: jan til des |                    | Weibul-parametre     |      |       |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------|-------|
| N = 50681 69.4 obs/døgn           |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      |                    |                    |                      |      |       |
| Sekt. °                           | 0-3 ms <sup>-1</sup> | 3-6 ms <sup>-1</sup> | 6-9 ms <sup>-1</sup> | 9-12 ms <sup>-1</sup> | 12-15 ms <sup>-1</sup> | 15-18 ms <sup>-1</sup> | 18-21 ms <sup>-1</sup> | 21-24 ms <sup>-1</sup> | 24-27 ms <sup>-1</sup> | 27-30 ms <sup>-1</sup> | >30 ms <sup>-1</sup> | % sum              | U ms <sup>-1</sup> | Std ms <sup>-1</sup> | α    | β     |
| 360                               | 2.7                  | 1.0                  | 0.0                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.6                | 2.31               | 1.18                 | 2.10 | 2.65  |
| 30                                | 1.7                  | 0.6                  | 0.1                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 2.4                | 2.29               | 1.49                 | 1.51 | 2.52  |
| 60                                | 3.3                  | 0.9                  | 0.2                  | 0.1                   | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 4.4                | 2.51               | 1.97                 | 1.03 | 2.23  |
| 90                                | 7.6                  | 9.8                  | 8.4                  | 8.2                   | 4.8                    | 1.7                    | 0.2                    |                        |                        |                        |                      | 40.7               | 7.43               | 4.28                 | 1.45 | 8.93  |
| 120                               | 2.1                  | 1.2                  | 0.3                  | 0.1                   | 0.0                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                      | 3.8                | 3.27               | 2.47                 | 1.34 | 3.49  |
| 150                               | 0.9                  | 0.1                  | 0.0                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 1.0                | 1.77               | 1.89                 | 1.22 | 1.37  |
| 180                               | 0.8                  | 0.2                  | 0.2                  | 0.2                   | 0.0                    | 0.0                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                      | 1.4                | 4.18               | 3.92                 | 1.07 | 4.28  |
| 210                               | 1.5                  | 1.3                  | 0.4                  | 0.1                   | 0.0                    | 0.0                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                      | 3.4                | 3.93               | 2.81                 | 1.57 | 4.24  |
| 240                               | 2.7                  | 4.8                  | 2.4                  | 1.2                   | 0.7                    | 0.3                    | 0.2                    | 0.1                    | 0.0                    |                        |                      | 12.3               | 6.14               | 4.16                 | 1.89 | 6.14  |
| 270                               | 3.4                  | 2.7                  | 3.7                  | 4.0                   | 2.5                    | 1.1                    | 0.3                    | 0.0                    | 0.0                    |                        |                      | 17.7               | 8.19               | 4.67                 | 2.19 | 10.09 |
| 300                               | 2.8                  | 0.9                  | 0.5                  | 0.3                   | 0.1                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                      | 4.5                | 3.54               | 3.02                 | 0.81 | 3.15  |
| 330                               | 2.2                  | 1.5                  | 0.8                  | 0.3                   | 0.1                    | 0.0                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                      | 4.9                | 4.20               | 3.12                 | 1.25 | 4.50  |
| Skift                             |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0                |                    |                      |      |       |
| Stille                            | 0.0                  |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0                |                    |                      |      |       |
| Sum                               | 31.6                 | 24.7                 | 17.0                 | 14.6                  | 8.2                    | 3.1                    | 0.7                    | 0.1                    | 0.0                    |                        |                      | 100.0              | 6.17               | 4.41                 | 1.24 | 6.57  |



# VINDSTATISTIKK FOR ØYJORDNESET, 50 M VINTER

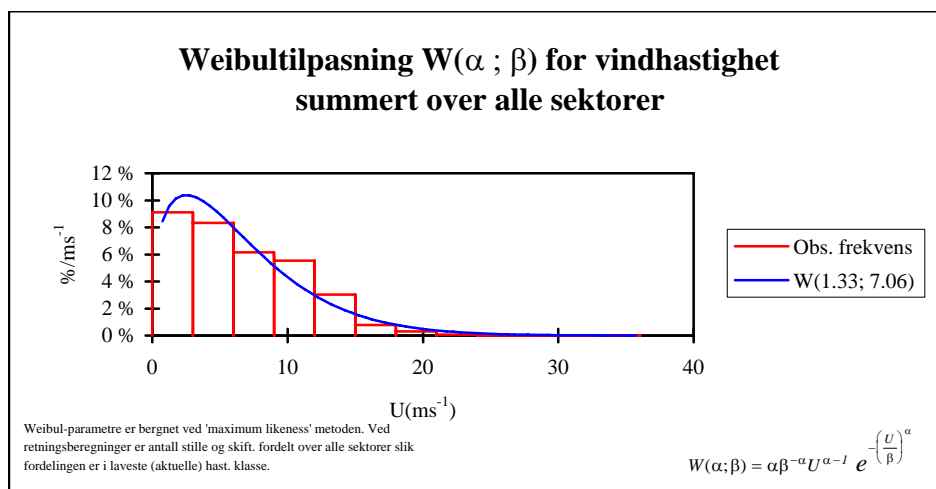
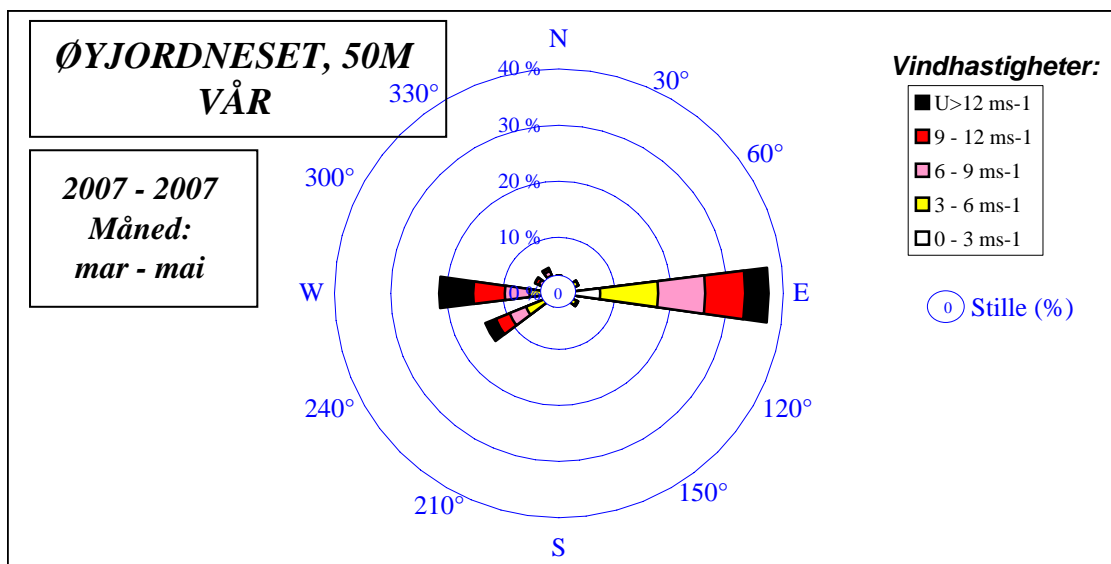
| Frekvenstabell: Øyjordneset, 50 m vinter |                         | År: 2007 til 2008       |                         |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                         |          |                       |                         |                         |       |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| N = 12866 71.3 obs/døgn                  |                         | Måned: des til feb      |                         |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                         |          |                       |                         |                         |       |
| Sekt. °                                  | 0-3<br>ms <sup>-1</sup> | 3-6<br>ms <sup>-1</sup> | 6-9<br>ms <sup>-1</sup> | 9-12<br>ms <sup>-1</sup> | 12-15<br>ms <sup>-1</sup> | 15-18<br>ms <sup>-1</sup> | 18-21<br>ms <sup>-1</sup> | 21-24<br>ms <sup>-1</sup> | 24-27<br>ms <sup>-1</sup> | 27-30<br>ms <sup>-1</sup> | >30<br>ms <sup>-1</sup> | %<br>sum | U<br>ms <sup>-1</sup> | Std<br>ms <sup>-1</sup> | Weibul-parametre<br>α β |       |
| 360                                      | 0.6                     | 0.2                     | 0.0                     |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                         | 0.8      | 2.39                  | 1.43                    | 1.69                    | 2.68  |
| 30                                       | 0.7                     | 0.2                     | 0.0                     |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                         | 0.9      | 2.28                  | 1.45                    | 1.16                    | 2.23  |
| 60                                       | 1.9                     | 0.9                     | 0.4                     | 0.1                      | 0.0                       |                           |                           |                           |                           |                           |                         | 3.3      | 3.38                  | 2.32                    | 1.20                    | 3.45  |
| 90                                       | 5.5                     | 11.3                    | 13.1                    | 17.3                     | 11.4                      | 5.8                       | 0.9                       |                           |                           |                           |                         | 65.4     | 9.29                  | 4.30                    | 2.52                    | 10.97 |
| 120                                      | 0.8                     | 1.1                     | 0.4                     | 0.2                      | 0.0                       | 0.0                       |                           |                           |                           |                           |                         | 2.6      | 4.78                  | 2.94                    | 1.87                    | 5.01  |
| 150                                      | 0.2                     | 0.1                     | 0.1                     | 0.0                      |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                         | 0.4      | 3.34                  | 3.00                    | 0.76                    | 3.56  |
| 180                                      | 0.2                     | 0.2                     | 0.6                     | 0.3                      | 0.1                       | 0.0                       | 0.0                       |                           |                           |                           |                         | 1.3      | 7.82                  | 3.89                    | 3.14                    | 8.42  |
| 210                                      | 0.5                     | 0.7                     | 0.7                     | 0.3                      | 0.1                       | 0.1                       | 0.0                       |                           |                           |                           |                         | 2.3      | 6.45                  | 3.79                    | 1.78                    | 6.93  |
| 240                                      | 0.6                     | 1.8                     | 1.6                     | 0.8                      | 0.8                       | 0.7                       | 0.4                       | 0.1                       | 0.0                       |                           |                         | 6.9      | 9.15                  | 5.35                    | 1.80                    | 9.91  |
| 270                                      | 0.3                     | 0.6                     | 3.0                     | 3.7                      | 2.7                       | 1.9                       | 0.7                       | 0.1                       |                           |                           |                         | 12.9     | 11.40                 | 4.05                    | 3.27                    | 12.71 |
| 300                                      | 0.4                     | 0.6                     | 0.4                     | 0.2                      | 0.0                       | 0.0                       |                           |                           |                           |                           |                         | 1.6      | 5.53                  | 3.24                    | 1.67                    | 6.32  |
| 330                                      | 0.4                     | 0.4                     | 0.5                     | 0.2                      | 0.0                       | 0.0                       | 0.0                       |                           |                           |                           |                         | 1.6      | 6.05                  | 3.98                    | 1.44                    | 6.66  |
| Skift                                    |                         |                         |                         |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                         | 0.0      |                       |                         |                         |       |
| Stille                                   | 0.0                     |                         |                         |                          |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                         | 0.0      |                       |                         |                         |       |
| Sum                                      | 12.0                    | 18.0                    | 20.8                    | 23.1                     | 15.2                      | 8.6                       | 2.0                       | 0.2                       | 0.0                       |                           |                         | 100.0    | 8.90                  | 4.61                    | 2.22                    | 10.81 |





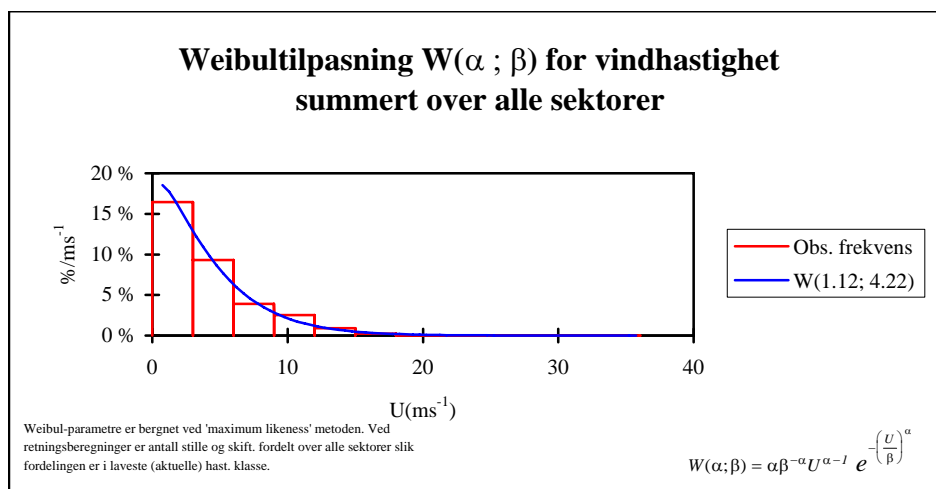
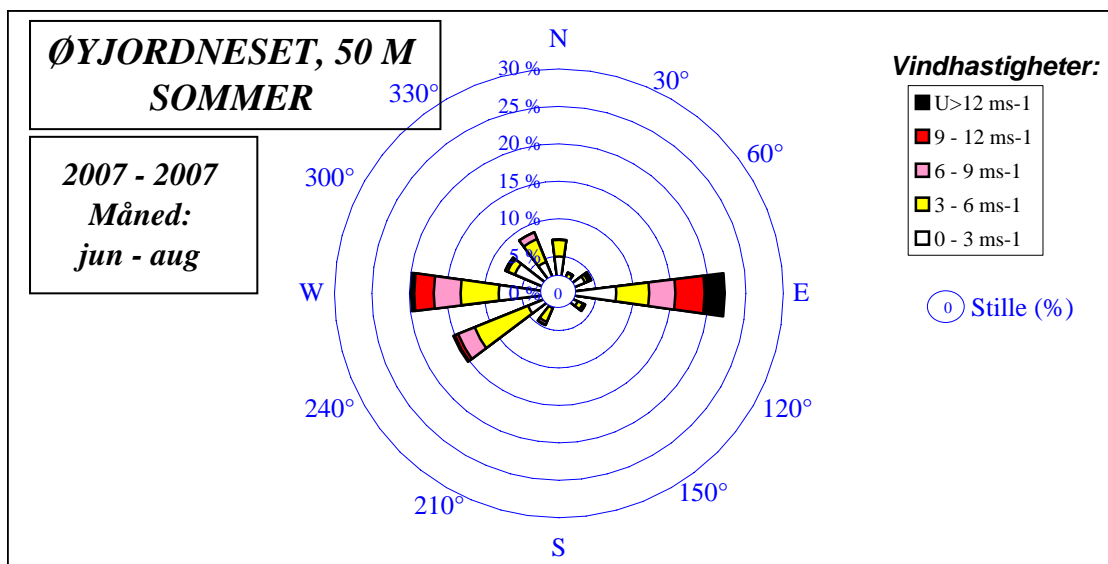
# VINDSTATISTIKK FOR ØYJORDNESET, 50M VÅR

| Frekvenstabell: Øyjordneset, 50m vår |                      | År: 2007 til 2007    |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | Måned: mar til mai |                    |                      |                      |       |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|
| Sekt. °                              | 0-3 ms <sup>-1</sup> | 3-6 ms <sup>-1</sup> | 6-9 ms <sup>-1</sup> | 9-12 ms <sup>-1</sup> | 12-15 ms <sup>-1</sup> | 15-18 ms <sup>-1</sup> | 18-21 ms <sup>-1</sup> | 21-24 ms <sup>-1</sup> | 24-27 ms <sup>-1</sup> | 27-30 ms <sup>-1</sup> | >30 ms <sup>-1</sup> | % sum              | U ms <sup>-1</sup> | Std ms <sup>-1</sup> | Weibul-parametre α β |       |
| 360                                  | 2.4                  | 0.7                  | 0.0                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.2                | 2.25               | 1.17                 | 1.72                 | 2.42  |
| 30                                   | 1.7                  | 0.8                  | 0.1                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 2.6                | 2.53               | 1.59                 | 1.84                 | 2.87  |
| 60                                   | 2.9                  | 0.8                  | 0.1                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.8                | 2.30               | 1.33                 | 1.51                 | 2.36  |
| 90                                   | 7.3                  | 10.4                 | 8.4                  | 7.1                   | 3.9                    | 0.3                    |                        |                        |                        |                        |                      | 37.4               | 6.76               | 3.80                 | 1.55                 | 7.99  |
| 120                                  | 1.9                  | 1.5                  | 0.3                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.7                | 3.26               | 2.01                 | 1.74                 | 3.59  |
| 150                                  | 0.7                  | 0.1                  | 0.0                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.8                | 1.76               | 1.63                 | 0.87                 | 1.41  |
| 180                                  | 0.5                  | 0.1                  | 0.2                  | 0.1                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.9                | 3.57               | 3.01                 | 0.52                 | 3.84  |
| 210                                  | 1.1                  | 1.1                  | 0.2                  | 0.1                   | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 2.5                | 3.55               | 2.06                 | 1.94                 | 3.77  |
| 240                                  | 1.9                  | 4.4                  | 3.2                  | 2.6                   | 1.1                    | 0.3                    | 0.4                    | 0.1                    | 0.0                    |                        |                      | 14.1               | 7.52               | 4.44                 | 1.93                 | 8.08  |
| 270                                  | 2.3                  | 2.9                  | 4.4                  | 5.6                   | 3.8                    | 1.7                    | 0.5                    | 0.1                    | 0.0                    |                        |                      | 21.4               | 9.37               | 4.54                 | 2.58                 | 11.13 |
| 300                                  | 2.2                  | 0.9                  | 0.7                  | 0.7                   | 0.1                    |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 4.7                | 4.68               | 3.50                 | 0.80                 | 5.22  |
| 330                                  | 2.2                  | 1.3                  | 0.8                  | 0.4                   | 0.2                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                      | 4.9                | 4.59               | 3.46                 | 1.06                 | 5.04  |
| Skift                                |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0                |                    |                      |                      |       |
| Stille                               | 0.0                  |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0                |                    |                      |                      |       |
| Sum                                  | 27.3                 | 25.0                 | 18.4                 | 16.6                  | 9.1                    | 2.4                    | 0.9                    | 0.2                    | 0.0                    |                        |                      | 100.0              | 6.52               | 4.37                 | 1.33                 | 7.06  |



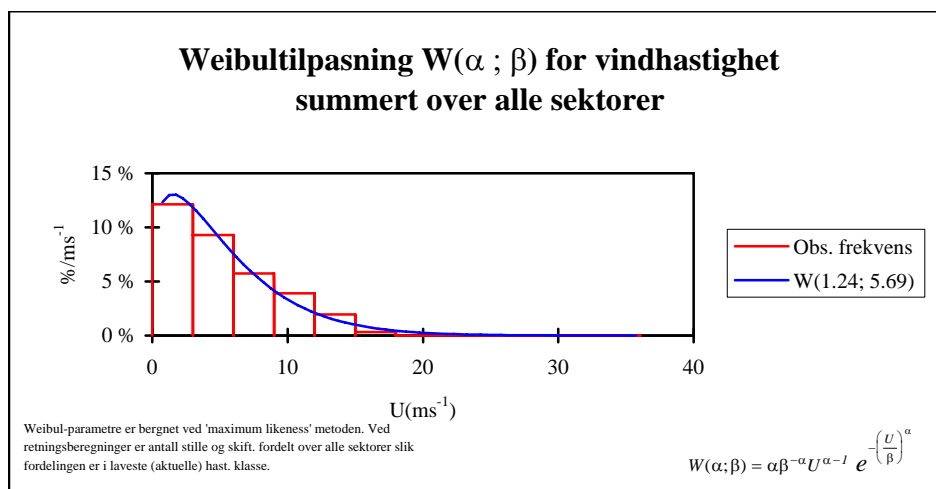
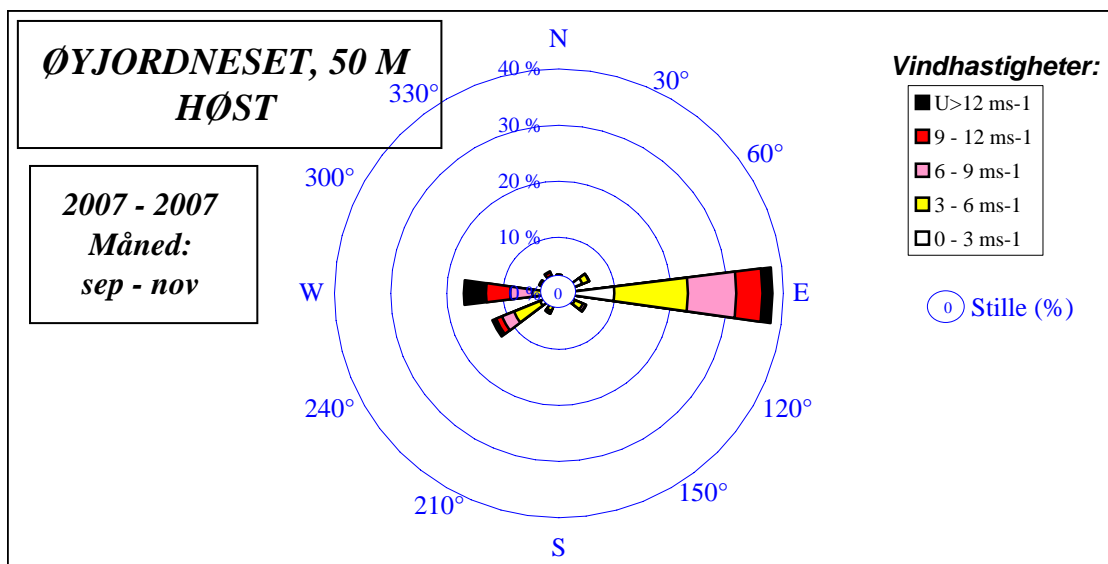
# VINDSTATISTIKK FOR ØYJORDNESET, 50 M SOMMER

| Frekvenstabell: Øyjordneset, 50 m sommer |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        | År: 2007 til 2007    |       | Måned: jun til aug |                  | Weibul-parametre |      |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-------|--------------------|------------------|------------------|------|
| N = 13245 144 obs/døgn                   |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        | %                    | U     | Std                |                  |                  |      |
| Sekt. °                                  | 0-3 ms <sup>-1</sup> | 3-6 ms <sup>-1</sup> | 6-9 ms <sup>-1</sup> | 9-12 ms <sup>-1</sup> | 12-15 ms <sup>-1</sup> | 15-18 ms <sup>-1</sup> | 18-21 ms <sup>-1</sup> | 21-24 ms <sup>-1</sup> | 24-27 ms <sup>-1</sup> | 27-30 ms <sup>-1</sup> | >30 ms <sup>-1</sup> | sum   | ms <sup>-1</sup>   | ms <sup>-1</sup> | α                | β    |
| 360                                      | 4.9                  | 2.2                  | 0.0                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 7.2   | 2.43               | 1.16             | 2.41             | 2.82 |
| 30                                       | 2.1                  | 0.8                  | 0.1                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.1   | 2.31               | 1.65             | 1.40             | 2.63 |
| 60                                       | 3.8                  | 0.4                  | 0.2                  | 0.2                   | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 4.7   | 2.39               | 2.48             | 1.18             | 1.45 |
| 90                                       | 7.6                  | 4.4                  | 3.5                  | 3.9                   | 2.1                    | 0.6                    |                        |                        |                        |                        |                      | 22.2  | 6.19               | 4.35             | 0.89             | 7.87 |
| 120                                      | 2.7                  | 0.7                  | 0.2                  | 0.2                   | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.8   | 2.59               | 2.47             | 0.94             | 2.33 |
| 150                                      | 1.2                  | 0.0                  | 0.1                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 1.3   | 1.55               | 1.90             | 2.50             | 1.86 |
| 180                                      | 1.4                  | 0.1                  | 0.0                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 1.6   | 1.65               | 1.72             | 0.66             | 1.03 |
| 210                                      | 2.1                  | 2.0                  | 0.4                  | 0.1                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 4.6   | 3.38               | 2.15             | 1.90             | 3.88 |
| 240                                      | 4.5                  | 7.7                  | 2.4                  | 0.5                   | 0.2                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                      | 15.3  | 4.42               | 2.51             | 2.20             | 4.79 |
| 270                                      | 8.0                  | 5.1                  | 3.6                  | 2.6                   | 0.4                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                      | 19.8  | 4.83               | 3.29             | 1.32             | 4.91 |
| 300                                      | 6.4                  | 1.0                  | 0.3                  | 0.0                   | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 7.8   | 2.19               | 1.51             | 1.62             | 1.94 |
| 330                                      | 4.5                  | 3.3                  | 0.9                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 8.8   | 3.29               | 1.98             | 1.62             | 3.67 |
| Skift                                    |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0   |                    |                  |                  |      |
| Stille                                   | 0.0                  |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0   |                    |                  |                  |      |
| Sum                                      | 49.4                 | 28.0                 | 11.7                 | 7.6                   | 2.7                    | 0.7                    |                        |                        |                        |                        |                      | 100.0 | 4.12               | 3.31             | 1.12             | 4.22 |



# VINDSTATISTIKK FOR ØYJORDNESET, 50 M HØST

| Frekvenstabell: Øyjordneset, 50 m høst |                      | År: 2007 til 2007    |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | Måned: sep til nov |                    | Weibul-parametre     |      |       |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------|-------|
| N = 13103 144 obs/døgn                 |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      |                    |                    |                      |      |       |
| Sekt. °                                | 0-3 ms <sup>-1</sup> | 3-6 ms <sup>-1</sup> | 6-9 ms <sup>-1</sup> | 9-12 ms <sup>-1</sup> | 12-15 ms <sup>-1</sup> | 15-18 ms <sup>-1</sup> | 18-21 ms <sup>-1</sup> | 21-24 ms <sup>-1</sup> | 24-27 ms <sup>-1</sup> | 27-30 ms <sup>-1</sup> | >30 ms <sup>-1</sup> | % sum              | U ms <sup>-1</sup> | Std ms <sup>-1</sup> | α    | β     |
| 360                                    | 2.6                  | 0.7                  |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.3                | 2.09               | 1.14                 | 1.98 | 2.40  |
| 30                                     | 2.3                  | 0.6                  | 0.0                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 2.9                | 2.09               | 1.18                 | 1.89 | 2.34  |
| 60                                     | 4.5                  | 1.2                  | 0.0                  | 0.0                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 5.8                | 2.25               | 1.37                 | 1.69 | 2.36  |
| 90                                     | 9.9                  | 13.1                 | 8.6                  | 4.7                   | 1.7                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                      | 38.1               | 5.59               | 3.26                 | 1.63 | 6.29  |
| 120                                    | 3.1                  | 1.6                  | 0.5                  | 0.1                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 5.2                | 3.06               | 2.17                 | 1.30 | 3.29  |
| 150                                    | 1.3                  | 0.1                  | 0.0                  |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 1.4                | 1.53               | 1.29                 | 2.68 | 2.00  |
| 180                                    | 0.9                  | 0.2                  | 0.2                  | 0.3                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 1.6                | 3.96               | 3.70                 | 1.07 | 4.07  |
| 210                                    | 2.1                  | 1.3                  | 0.4                  | 0.1                   |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 3.9                | 3.38               | 2.41                 | 1.39 | 3.58  |
| 240                                    | 3.6                  | 5.0                  | 2.3                  | 1.1                   | 0.7                    | 0.1                    |                        |                        |                        |                        |                      | 12.8               | 5.28               | 3.38                 | 1.76 | 5.67  |
| 270                                    | 2.6                  | 2.1                  | 4.0                  | 4.3                   | 3.2                    | 0.8                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                      | 17.0               | 8.47               | 4.19                 | 3.21 | 10.79 |
| 300                                    | 1.9                  | 1.0                  | 0.5                  | 0.4                   | 0.1                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                        |                      | 3.8                | 4.25               | 3.47                 | 1.00 | 4.42  |
| 330                                    | 1.7                  | 1.0                  | 0.7                  | 0.6                   | 0.2                    |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 4.2                | 5.06               | 3.67                 | 0.97 | 5.90  |
| Skift                                  |                      |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0                |                    |                      |      |       |
| Stille                                 | 0.0                  |                      |                      |                       |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                      | 0.0                |                    |                      |      |       |
| Sum                                    | 36.4                 | 27.8                 | 17.2                 | 11.7                  | 5.9                    | 0.9                    | 0.0                    |                        |                        |                        |                      | 100.0              | 5.26               | 3.74                 | 1.24 | 5.69  |



**Tabell A6 Sammenstilling av sterk middelvind i Bodø og sterk middelvind og vindkast på Øyjordneset, 50 m**

| DATO                    | U50  | D50  | Sektor | DATO                   | U50  | D50 | Sektor |
|-------------------------|------|------|--------|------------------------|------|-----|--------|
| 26.01.2007 16:00        | 20.4 | 319  | N      | 82290 05.04.2007 13:00 | 20.5 | 320 | N      |
| 02.04.2007 16:40        | 16.7 | 324  | N      | 82290 26.01.2007 14:00 | 17.3 | 319 | N      |
| 09.02.2007 15:50        | 16.0 | 317  | N      | 82290 18.10.2007 16:00 | 16.9 | 324 | N      |
| 19.11.2007 03:00        | 14.6 | 327  | N      | 82290 06.11.2007 08:00 | 16.4 | 318 | N      |
| 19.10.2007 01:10        | 14.5 | 317  | N      | 82290 01.11.2007 14:00 | 14.4 | 318 | N      |
| Middel                  | 16.4 |      |        | Middel                 | 17.1 |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 0.96 | 1.00 |        |                        |      |     |        |
| 24.12.2007 06:50        | 19.2 | 192  | S      | 82290 25.01.2007 06:00 | 23.0 | 217 | S      |
| 04.01.2008 11:30        | 16.1 | 176  | S      | 82290 28.12.2007 13:00 | 19.2 | 224 | S      |
| 16.03.2007 01:30        | 13.3 | 220  | S      | 82290 02.02.2007 04:00 | 19.0 | 224 | S      |
| 16.01.2008 07:50        | 12.2 | 209  | S      | 82290 26.04.2007 23:00 | 18.9 | 222 | S      |
| 28.10.2007 00:00        | 11.9 | 196  | S      | 82290 24.12.2007 09:00 | 18.2 | 221 | S      |
| Middel                  | 14.5 |      |        | Middel                 | 19.7 |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 0.74 | 0.83 |        |                        |      |     |        |
| 03.03.2007 00:30        | 25.2 | 255  | V      | 82290 05.04.2007 02:00 | 23.9 | 259 | V      |
| 29.01.2008 00:20        | 24.2 | 254  | V      | 82290 29.01.2008 02:00 | 21.8 | 258 | V      |
| 14.12.2007 11:50        | 24.2 | 250  | V      | 82290 17.01.2007 06:00 | 21.5 | 242 | V      |
| 02.02.2007 14:00        | 23.8 | 247  | V      | 82290 26.04.2007 15:00 | 21.1 | 229 | V      |
| 16.03.2007 02:30        | 23.7 | 250  | V      | 82290 14.12.2007 08:00 | 20.8 | 228 | V      |
| Middel                  | 24.2 |      |        | Middel                 | 21.8 |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 1.11 | 1.05 |        |                        |      |     |        |
| 18.02.2007 16:10        | 21.0 | 90   | Ø      | 82290 02.12.2007 00:00 | 20.7 | 110 | Ø      |
| 19.01.2008 08:20        | 21.0 | 90   | Ø      | 82290 22.02.2007 08:00 | 20.5 | 105 | Ø      |
| 24.02.2008 08:30        | 20.1 | 87   | Ø      | 82290 05.01.2008 05:00 | 18.4 | 129 | Ø      |
| 04.02.2007 09:40        | 19.9 | 89   | Ø      | 82290 30.01.2007 17:00 | 17.9 | 96  | Ø      |
| 02.12.2007 12:50        | 19.1 | 88   | Ø      | 82290 16.02.2007 12:00 | 17.5 | 83  | Ø      |
| Middel                  | 20.2 |      |        | Middel                 | 19.0 |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 1.06 | 1.01 |        |                        |      |     |        |
| ast                     |      |      |        |                        |      |     |        |
| DATO                    | U50  | D50  | Sektor |                        |      |     |        |
| 26.01.2007 16:20        | 27.4 | 320  | N      |                        |      |     |        |
| 03.04.2007 00:10        | 22.1 | 319  | N      |                        |      |     |        |
| 09.02.2007 15:50        | 19.4 | 317  | N      |                        |      |     |        |
| 19.11.2007 03:00        | 19.3 | 327  | N      |                        |      |     |        |
| 19.10.2007 01:10        | 18.4 | 317  | N      |                        |      |     |        |
| Middel                  | 21.3 |      |        |                        |      |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 1.25 | 1.34 |        |                        |      |     |        |
| 24.12.2007 07:10        | 31.5 | 192  | S      |                        |      |     |        |
| 28.10.2007 03:10        | 21.3 | 191  | S      |                        |      |     |        |
| 16.03.2007 01:30        | 20.7 | 220  | S      |                        |      |     |        |
| 04.01.2008 11:30        | 20.5 | 176  | S      |                        |      |     |        |
| 16.01.2008 06:50        | 18.4 | 157  | S      |                        |      |     |        |
| Middel                  | 22.5 |      |        |                        |      |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 1.14 | 1.37 |        |                        |      |     |        |
| 29.01.2008 00:20        | 34.1 | 254  | V      |                        |      |     |        |
| 03.03.2007 01:10        | 32.2 | 250  | V      |                        |      |     |        |
| 02.02.2007 14:00        | 31.0 | 247  | V      |                        |      |     |        |
| 16.03.2007 02:20        | 29.5 | 256  | V      |                        |      |     |        |
| 14.12.2007 11:40        | 29.2 | 252  | V      |                        |      |     |        |
| Middel                  | 31.2 |      |        |                        |      |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 1.43 | 1.43 |        |                        |      |     |        |
| 18.02.2007 08:20        | 26.3 | 90   | Ø      |                        |      |     |        |
| 04.02.2007 21:20        | 25.1 | 85   | Ø      |                        |      |     |        |
| 24.02.2008 08:30        | 25.0 | 87   | Ø      |                        |      |     |        |
| 18.02.2007 16:10        | 24.8 | 90   | Ø      |                        |      |     |        |
| 02.12.2007 11:30        | 24.3 | 89   | Ø      |                        |      |     |        |
| Middel                  | 25.1 |      |        |                        |      |     |        |
| Koeffisient (5 og 1 ep) | 1.32 | 1.27 |        |                        |      |     |        |