

# DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

7/86 KLIMA

DATO

14. Februar 1986

TITTEL

**AKSLA RADIOLINJESTASJON  
REVURDERTE VINDLASTER**

UTARBEIDET AV

**Knut Harstveit**

OPPDRAAGSGIVER

**Teledirektoratet - TBA**

OPPDRAAGSNR.

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler en revurdering av eksisterende vindlaster. Grunnlaget for revurderingen er en full ekstremverdianalyse som nå er foretatt for data fra Vigra flystasjon. Da data-grunnlaget er forbedret, er det også lagt til grunn en nøyere vurdering av hvorledes vindforholdene på Vigra og Aksla henger sammen.

UNDERSKRIFT

*Knut Harstveit*

Knut Harstveit  
SAKSBEHANDLER

*Bjørn Aune*

Bjørn Aune  
FAGSJEF

**RADIOLINJESTASJON AKSLA.  
DIMENSJONERENDE VINDLASTER.**

10 min middelvind (50 år) :	35m/s
3 - 5 s vindgust ( " ) :	48m/s
Turbulensintensitet :	11% ved 35m/s 20% ved 30m/s

---

Sektor med sterkeste 10 min middelvind :	vest og nordvest
---	------------------

Sektor med 10 min middel- vind (50 år) på 30 m/s :	sør og sørvest
---	----------------

Sektor med sterkeste 3-5s vindkast :	sør til nordvest
---	------------------

Mest turbulente sektor :	nordøst til sørvest
--------------------------	---------------------

---

Vindprofil:	konstant over hele masten
-------------	---------------------------

## 1. INNLEDNING.

Klimalaster på Aksla radiolinjestasjon er vurdert i en tidligere rapport (1). Her ble det konkludert med en dimensjonerende middelvind på 40 m/s og et estimat for 3-5s vindkast (50 år) på 45 m/s. Videre ble det konkludert med at en full ekstremverdianalyse av dataserien fra Vigra ville kunne endre disse belastningsestimater. Turbulensintensitets-betraktninger ble ikke utført da det var uklart hva en var interessert i, j.fr. betraktninger vedr. svingningsømfintlige og stive konstruksjoner i (2).

Bakgrunnen for denne revurderte vindlastrappport er nettopp en full ekstremvindanalyse som nå er foretatt på dataserien fra Vigra. Mesteparten av denne ekstremanalysen ble foretatt under arbeid med vindvurderinger i Freifjorden (3).

I forbindelse med fornyet interesse fra Alesund kommune og Bonde & co.(2) er Vigra-analysen gjort ferdig. En har der kommet fram til rimelig pålitelige ekstremvindestimater som også er retningsfordelt. Dette gir grunnlag for en noe grundigere skjønsmessig vurdering av sammenhengen mellom vindforholdene på Vigra og Aksla.

## 2. STED OG TOPOGRAFI.

### 2.1 Regional skala.

Sunnmørsområdet har en svært røff topografi. Generelt stiger terrenget fra havet og innover parallelt med en sørvest - nordøst gående kystlinje. Terrenget når hurtig høyder på 1200 - 1400 m o.h..

Alesundområdet er preget av en åpning i dette fjellandskap. Fra Alesund er terrenget åpent i sektor vest til nord. Mindre øyer finnes dog også i denne åpningssektor.

### 2.2 Lokal skala.

#### Aksla.

Fjellet Aksla ligger nær Alesund sentrum. I dette området er det smale øst - vest gående fjorder og halvøyer. Aksla ligger på en slik halvøy. Terrenget stiger bratt opp fra fjorden til toppen både fra sør og nord, mens helningen er slakkere fra øst og vest (Fig.2.1).

Den planlagte radiolinjemast skal plasseres på ryggen av Aksla i nivå 135 m o.h.. Den vil bestå av et 30 m høyt betongtårn med en 34 m høy stålmast oppå.

### Vigra.

Vigra er en øy ute i den åpne V - N sektor. Sektoren på Vigra er åpen fra sørvest gjennom nord til nordøst. Selve øya er flat, men der finnes en del knudrete berg. Ellers er den grasbevokst. Sett fra flyplassen der vindmåleren er plassert går det tre landtunger. Dette gjør at vind fra vest, sør og nord må passere 2-4 km over land før den når måleren. Derimot vil vind fra sørvest, nordvest, nordøst, øst og sørøst ha kortere passasje (Fig.2.1).

## **3. DATAGRUNNLAG.**

Daterekken fra Vigra består av en serie med vindregistreringer fra 1959 til 1985. Vindåret regnes fra sept. til august. Dette gir oss da en datarekke på 26 år til analyse. Det er registrert både vindretning, 10 min middelvind og 3-5 s vindkast. Daterekken ser ut til å være rimelig homogen. I denne analyse har en av registreringen plukket ut den sterkeste middelvind og det sterkeste vindkast i hver av de 8 hovedretningene (N, NØ, Ø, SØ, S, SV, V, NV). Dette er gjort for hvert enkelt av de 26 årene i rekken. Det viste seg da at vårt datalager inneholdt til dels alvorlige feil, bl. a. ved at vindkast i enkelte ekstremisituasjoner feilaktig var ført opp som middelvind. Dette har å gjøre med en type gamle vindregistreringer som var noe tungvinte å avlese. Resultatet er at den sterkeste middelvinden som er registrert på Vigra skal være 27 m/s og ikke 33 m/s slik som oppgitt i (1).

Den dataserien vi nå har (26 år) skulle være fri for alvorlige feil. Rekken er også lang nok til bruk ved ekstremvindberegninger for vindekstremer med returperioder inntil 50 år. Dette gjelder både middelvind og vindkast.

## **4. RESULTATER OG TOLKNINGER.**

### **4.1 Vigra.**

Av den 26 - års datarekke er det beregnet ekstreme vindhastigheter med 10 og 50 års returperiode ved hjelp av Gumbel's 1. fordeling (4) av ekstreme begivenheter. Metoden gav som resultat at ekstrem 10 min middelvind med 50 års returperiode er 30 m/s, og med 10 års returperiode, 27 m/s. Ekstremverdiene av 3-5 s vindkast ble funnet til 45 m/s (50 år) og 39 m/s (10 år). Disse anslag må betraktes som forholdsvis pålitelige på grunnlag av den såvidt lange rekken.

Det dannes også en tidsrekke for hver av de 8 hovedsektorene (N, NØ, Ø, --, NV). Dette gjøres for både middelvind og vindkast. 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 års

verdien for vilkårlig 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 for middelvinden. Tabellen viser at de 5 høyeste verdiene fra sørvestlig sektor er identisk med de 5 høyeste fra vilkårlig sektor. Det er derfor naturlig å tilordne ekstremverdien på 30 m/s til sørvestlig sektor. Ekstremverdien for øvrige sektorer blir så beregnet ved å regne ut en sektorfaktor lik middelverdien av de 5 høyeste i aktuell sektor dividert på tilsvarende middelverdi i sørvestlig 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.

For vindkastene brukes en tilsvarende metode. Imidlertid ser vi at det sterkeste vindkast har kommet fra vestlig kant. De 4 "nest-sterkeste" kommer fra sørvest. Dette gir at vi må tilordne de vilkårlige ekstremene til samlesektoren SV + V. Deretter utregnes samtlige sektorekstremere. Vi ser da at vi ikke oppnår totalekstremen i noen av enkeltsektorene. Dette betyr at vind fra vestlig sektor er mer turbulent enn vind fra SV, og at de sterkeste vindkast har omtrent lik sannsynlighet innenfor en sektor på 90°(SV+V). En bør være oppmerksom på dette forhold også ved tolkning av andre sektorekstremere: Gjelder en bestemt eksponering flere retningssektorer, må de 5 høyeste årsverdier innenfor den totale sektorgruppe benyttes ved sammenligning med verdier fra vilkårlig sektor.

Nederst i Tabell 4.2 er ført opp gustfaktorer,  $g$  og tilsvarende turbulensintensiteter,  $I$ , hvor

$$g = \frac{U_{3-50}}{U_{10MIN}} \quad (4.1)$$

$$I = \frac{g - 1}{2.7} \quad (4.2)$$

gjelder. (4.2) er en tilnærmet antagelse (se (5)). Vi ser at gustfaktoren viser et tilsvarende mønster som landtungene på Vigra, slik at det er lokale maksima i sør, vest og nord. Dette skyldes at vinden 10 m over bakken er blitt mer turbulent etter å ha strømmet et stykke over en landflate. Dette betyr ventelig at den vestlige vind med  $g=1.55$  er redusert i middelverdi, mens kastene trolig er av samme styrke som over en fiktiv sjøflate ved flyplassen. På en slik sjøflate kan  $g$  settes til 1.35 (6), og iflg. lign.(4.2),  $I$  til 13%. Dette gir  $U_{10MIN} = 31$  m/s når  $U_{3-50} = 42$  m/s.

Tabell 4.1 De 5 høyeste årsekstremene av 10 min middelvind (m/s) på Vigra (1959-85) 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 sørvestlig 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	VILKÅRLIG
1	22.1	21.1	15.8	16.5	24.4	27.2	24.2	22.6	27.2
2	19.5	19.5	15.0	15.4	24.0	26.2	24.2	22.1	26.2
3	19.5	19.0	14.9	15.0	21.0	26.0	23.6	20.6	26.0
4	19.5	19.0	14.9	14.5	19.5	25.2	22.6	20.0	25.2
5	19.5	19.0	14.9	14.4	19.0	24.7	22.6	20.0	24.7
Faktor	0.77	0.75	0.58	0.59	0.83	1.00	0.90	0.81	
10 Ar	20	20	15	16	22	27	24	22	27
50 Ar	23	23	18	18	25	30	27	25	30

Tabell 4.2 De 5 høyeste årsekstremene av 3-5 s vindkast (m/s) på Vigra (1959-85) i vilkårlig sektor og i hver av de 8 hovedsektorene, samt i sektorgruppen SV+V. Middell av de 5 verdiene er beregnet for hver sektor og forholdstallet mellom disse midler 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. Nederst i tabellen er dannet gustfaktorer som forholdet mellom middel av de 5 høyeste middelvindregistreringer og middel av de 5 høyeste kastverdier, innenfor hver sektor.

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	SV+V	VILKÅRLIG
1	31.4	28.0	21.1	22.1	35.0	38.0	42.1	32.4	42.1	42.1
2	29.8	27.5	21.1	21.4	33.2	37.5	36.0	31.4	38.0	38.0
3	28.8	26.7	20.1	20.6	31.9	37.0	35.0	29.3	37.5	37.5
4	28.6	26.4	19.0	20.0	31.7	36.0	34.4	29.3	37.0	37.0
5	28.0	26.2	19.0	19.7	31.4	35.5	33.9	28.8	36.0	36.0
Faktor	0.77	0.71	0.53	0.55	0.86	0.97	0.95	0.79	1.00	
10Ar	30	28	21	21	33	38	37	31	39	39
50Ar	34	32	24	25	38	43	42	35	45	45
g-faktor	1.47	1.38	1.33	1.37	1.51	1.42	1.55	1.43	1.47	1.47

#### 4.2 Vurdering av ekstremvindklimaet på Aksla ut fra forholdene på Vigra.

Utgangspunktet er nå at sektoren fra vest til nord er åpen inn til Aksla. Derimot er sektoren nordøst til sørvest skjermet. Skjerming av den sterke sørvestvinden medfører da at vestlig vind vil framtre som den sterkeste i 165 m's nivå over Ålesund (i høyde med topp av betongtårn).

I nivået mellom fot og topp av betongtårn (opp til ~30 m over selve toppen av Aksla) vil innvirkning fra toppen modifisere vindfeltet. Toppens form gjør at vind fra nordvest til nordøst og sørøst til sørvest blir forsterket. Dette kan medføre at nordvest vind i dette skjikt vil bli like sterk som den vestlige, men neppe sterkere. Vi regner derfor med vestlig vind i 165 m's nivå som den dimensjonerende middelvind. Videre betaktninger gjelder da vestlig vind. Vi regner tilnærmet konstant vindprofil over hele masten.

Ekstremvinden (10min) i vestlig sektor lenger ute fra kysten ligger ~ 5 m/s høyere enn dette (Utsira, 35 m/s; Sklinna, 36 m/s; Nordøyan, 41 m/s). Reduksjonen skyldes da oppbremsing mot de høye fjellene på regional skala. Vi benytter nå formelen

$$U(z) = 0.285 \cdot VG \left( \frac{VG}{fz_0} \right)^{-0.065} \cdot \ln(z/z_0) \quad (4.3)$$

etter Davenport(1963) og Swinbank(1974) (7) for forholdene ved denne ekstremvind. Med ruhet,  $z_0=0.003m$ , coriolisparameter,  $f=1.3 \cdot 10^{-4}s^{-1}$  og  $z=250 m$  (tykkelsen av friksjonsskjiktet over opprørt hav) får vi da et estimat for ekstrem gradientvind i vestlig sektor,  $VG = 52.6 m/s$ . Med  $z = 165m$  får vi nå  $U(165) = 48.5 m/s$  som ekstrem middelvind i vestlig sektor i 165 m's nivå. Høydeøkningen kan da fås ved

$$\frac{U(165)}{U(10)} = \frac{48.5}{36} = 1.35 \quad (4.4)$$

Dette gir, ved antagelse om ekponensiell høydeøkning i friksjonsskjiktet,

$$\frac{U(165)}{U(10)} = \left( \frac{165}{10} \right)^n = 1.35 \quad (4.5):$$

$n=0.11$ .

Ekstrem vestlig middelvind over en fiktiv sjøflate på Vigra (31 m/s, 50 år) vil på sjøen ved Alesund havn ha oppnådd en ytterlige oppbremsing mot fjellene. Det synes rimelig å estimere denne til 5 m/s. Dette gir 26 m/s som 50 års vestlig vind her. Total oppbremsing fra fritt hav utenfor kysten og inn til Alesund havn blir da 10 m/s ved ekstrem middelvind i vestlig sektor. Dette svarer til  $36/26 = 0.722$ . Vi får da:  $0.722 \cdot 48.5 = 35$  m/s som estimat for ekstrem middelvind i 165 m's nivå over Alesund.

I 165m's nivå over havet ligger gustfaktoren på 1.25 iflg. lign. (3.9) i (6). Dette gir ved bruk av lign. (4.2),  $I = 9\%$ , mens den som nevnt ligger på 13 % 10 m over havet. Det er rimelig at oppbremsingen og hevingen av vindfeltet inn mot land fører til økning i turbulensintensiteten,  $I$ . Ved vestlig sektor er terrenget åpent og lavtliggende, slik at landruheten i seg selv ikke påvirker  $I$  i 165 m's nivå. Den generelle heving fører imidlertid trolig til økning i turbulensen pga. økte vertikalhastigheter og økt omrøring. Estimeres da  $I$  etter denne diskusjonen til 11 %, får vi en kastfaktor,  $g = 1.30$ , og følgelig  $35 \cdot 1.30 = 46$  m/s som 50 års verdi for 3-5s vindkast i vestlig sektor i 165 m's nivå over Aksla.

I østlig og sørøstlig sektor er vinden trolig noe sterkere på Aksla enn på Vigra pga. føring i fjordene. Vinden her er imidlertid svak i hele regionen pga. skyggeeffekten fra Langfjellas mektige partier innenfor. I nordøstlig og sørvestlig sektor er det betydelig skjerming på Aksla i forhold til Vigra. Nordøstlig vind blir da en uinteressant retning på Aksla da den ikke hører til de sterkeste på Vigra. Også sørlig vind er mer skjermet på Aksla enn på Vigra. På Vigra er ekstrem middelvind (50 år) i sørlig sektor 25 m/s, og for sørvestlig vind, 30 m/s. Det er da rimelig å beholde den sørvestlige verdi på 30 m/s i det en antar at skjermingen har motvirket vindens økning med høyden. Dette estimat kan utvides til også å gjelde for sørlig sektor idet en antar at forskjellen i skjerming ikke oppveier vindøkning med høyden i denne sektor.

Det er rimelig at den estimerte middelvind på 30 m/s fra sør til sørvest er betydelig mer turbulent enn vestlig vind på Aksla. Dersom  $I$  antas til 20% i denne sektorgruppe, får vi en kastfaktor på 1.54 og et estimat for ekstremverdien (50 år) av 3-5s vindkast på 46 m/s.

Da vi ender på 46 m/s i flere av undersektorene vil dette øke sannsynligheten for et slikt resultat i vilkårlig sektor. Siden det er likegyldig for tårnet hvilken sektor vinden kommer fra, er det derfor rimelig å øke ekstremverdien (50år) til 48 m/s.



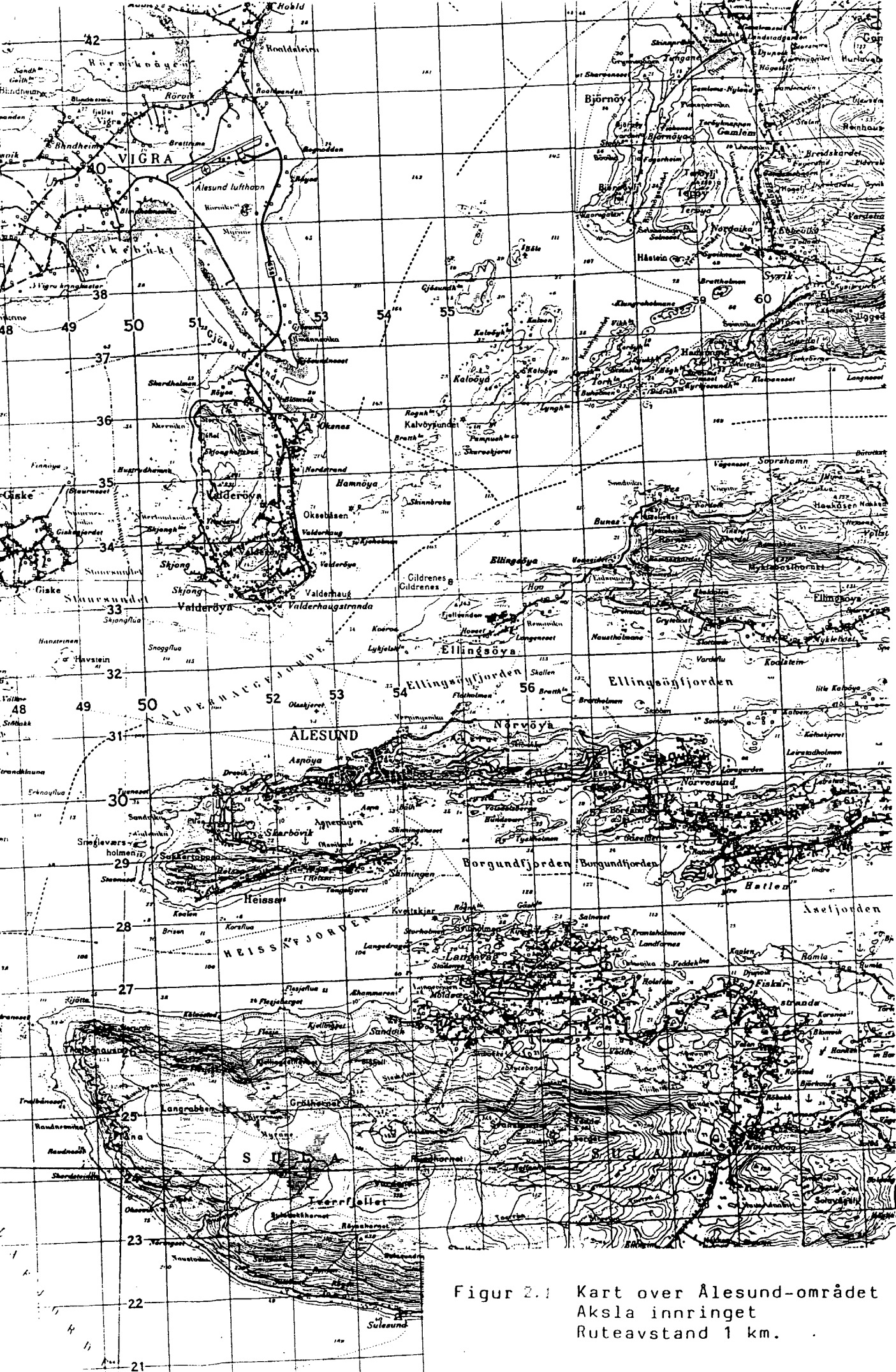
Ved bruk av Norsk Standard, p.4.2.2.2, kurve B for utsatte kyststrøk, kommer en fram til 56 m/s som 50 års verdi for ekstreme vindkast. Nå er denne standard bygget opp for gjennomsnittsforhold, og de lokale forhold vil variere en del. Reduksjonen fra 56 til 48 m/s kan greit forklares ved at skjerming og oppbremsingmekanismer er særlig store innenfor kystlinjen i lavere nivåer i dette landskapet. Det må imidlertid også være klart at at man ved utarbeidelse av norsk standard har hatt et heller dårlig datagrunnlag for vindens høydevariasjon i kupperte kyststrøk.

Konklusjonen blir at den dimensjonerende middelvind settes til 35 m/s over hele masten. Denne vil komme fra vestlig til nordvestlig kant. Turbulensintensiteten, I ved dimensjonerende middelvind settes til 11 %.

Ved sør og sørvestlig vind settest ekstrem middelvind (50 år) til 30 m/s og I til 20%. Forholdene er tilnærmet konstante over hele masten. 50 års verdien av ekstreme vindkast (3-5s) settes til 48 m/s. Disse kan komme i sektor sør til nordvest.

## REFERANSELISTE.

- (1) Harstveit, K. og Fikke, S.M.:  
*Aksla radiolinjestasjon. Is og vindlaster.*  
DNMI-Klima 10/85.
- (2) Folkestad, G.:  
*Vedr. statiske og dynamiske beregninger av tårn på Aksla for Teledirektoratet TBA.*  
Brev GF/422.B.14 av 30. januar 1986.
- (3) Harstveit, K.:  
*Vind og bølgeforhold i Hafrsfjord, Rogaland og Freifjorden, Nordmøre.*  
DNMI-Klima 48/85.
- (4) Gumbel, E.J.:  
*Statistics of extremes.*  
Columbia University Press, New York 1967.
- (5) Harstveit, K.:  
*Vega antennemast. Is og vindlaster.*  
DNMI-Klima 57/85.
- (6) Environmental Loads.  
Oljedirektoratet, 1978.
- (7) Engineering Meteorology. Edited by Plate, E.. Chpt.12:  
*The interaction of wind and structures,*  
by Davenport, A.G.. Elsevier, Amsterdam, 1982.



Figur 2.1 Kart over Ålesund-området  
 Aksla innringet  
 Ruteavstand 1 km.