

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

VARODDBRUA
EKSTREME VINDFORHOLD

KNUT HARSTVEIT
RAPPORT NR. 13/90



DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

13/90 KLIMA

DATO

20.04.1990

TITTEL

**VARODDBRUA
EKSTREME VINDFORHOLD**

UTARBEIDET AV

KNUT HARSTVEIT

OPPDRAUGSGIVER

STATENS VEGVESEN- BRUAVDELINGEN

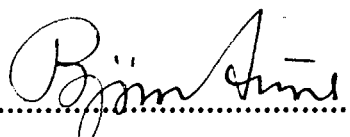
OPPDRAUGSNR.

SAMMENDRAG

Data fra Kjevik og Oksøy er benyttet for å beregne ekstreme vindforhold på Varoddbrua. 50 - årsverdiene for 3-5 sek. vindkast og 10 min. middelvind er beregnet til 47 og 33 m/s i bru-nivå (30 m o.h.). Vindretningen er sørlig.

UNDERSKRIFT

.....
Knut Harstveit
SAKSBEHANDLER


.....
Bjørn Aune
FAGSJEF

1. Innledning.

Bakgrunnen for denne rapporten er en forespørsel fra Statens Vegvesen, Vegdirektoratet. Man er der i gang med prosjektering av ny Varoddbru.

2. Sted og topografi.

Varoddbrua ligger i Kristiansand, nær sørspissen av Sør - Norge. Området ligger ca. 5 - 10 km innenfor kystlinjen. Agder - fylkenes sørlige del består av skogkledde åser, 200 - 300 m o.h. Terrenget stiger nordvestover mot Langfjellenes sørlig del.

Selve brua krysser Topdalsfjorden. Fjorden er nord - sydgående og er ca. 500 m bred. På begge sider av fjorden er det skogkledde områder, 50 - 100 m o.h., avbrutt av en del bebyggelse. Kristiansand sentrum ligger vest - sørvest for brua. Utenfor fjorden ligger Østergapet, som er en vid bukt. Utenfor den ligger Skagerrak.

3. Vindforholdene i området.

Østlig-nordøstlig og sørvestlig - vestlig vind.

Den sterkeste vinden i området blåser langs kysten. Helt sør på Sørlandet blir dette øst - vest vind, hvorav den vestlige vinden blir særlig sterk. Slik vind vil imidlertid gjøre seg mest gjeldende utenfor kystlinjen. Innover land merkes den mest i høyden. I lavlandet innenfor kystlinjen bremses den av vegetasjon, daler og åser. For sør - nordløpende fjorder vil vinden bare bli sterk på spesielle steder i fjorden, og da i form av sterke kast. Dette forventes ikke være tilfelle i Topdalsfjordens ytre del.

Nordvestlig vind.

Vind fra nordvestlig kant kan bli sterkere innenfor kysten fordi sterk høydevind fra denne retning kan bli trukket ned i dalsøkkene som følge av fjellområdene i nordvest. Sterke nordvestlige kast kan forekomme på Kjevik, men i mindre grad ved Varoddbrua fordi de der blåser over et bremsende underlag før de når brua.

Sørlig vind.

Sørlig vind blåser rett inn mot Sør - Norge. Fjellrekken i Sør - Norge er sør - nord rettet. Sørlig vind inn mot Kristiansandområdet vil derfor lett dreies mot SV eller den vil bremses. Dette medfører at sørlig vind på kysten blir en mindre hyppig vindretning og at ekstremverdiene i denne sektor blir noe lavere enn ute på havet. Dette illustreres ved data fra Oksoy fyr, der 50 - årsverdien av 10 min. middelvind er 38 m/s for vilkårlig retning, og 28 m/s for sørlig retning.

Ved vind innover land kommer imidlertid også betraktninger om bremsing som følge av friksjon inn i bildet. For fjorder er denne friksjonsbremsingen liten, og kan nesten være opphevet som følge av kanaliseringen i fjorden. Ved Varoddbrua kommer sørlig vind rett inn fra havet og er bare svakt bremsset som følge av friksjon fra fjordsidene. Sørlig vind må derfor regnes som dimensjonerende vindretning, til tross for at den ikke er ekstremt sterk på kyststrekningen utenfor. Vindretningen kan lokalt være noe dreiet mot SSV (190 - 210°) ved bruområdet.

Nordlig vind .

Nordlig vind er svak på kysten, med 23 m/s som 50 - års verdi av 10 min. middelvind på Okseøy. Dette skyldes at vinden blåser fra land, og at det er få muligheter for sterk overstrømning ved vind som blåser på langs over fjellrekken i Sør - Norge. Dertil kommer friksjonseffekter i lavlandet nær kysten.

Vind fra nord vil derfor neppe bli så sterk som sørlig vind ved Varoddbrua til tross for at også nordlig vind blåser langs fjordens retning.

4. Bruk av data og resultater.

Vindkast og middelvind.

Kjevikdata fra 1981/82 - 1989/90 er benyttet i denne analysen. I løpet av disse 10 år er det 2 ganger registrert vindkast på 34 m/s, det var 13. januar 1984 og 16. oktober 1987.

Det er utført en Gumbel-analyse av vindkast (3 sek.) og middelvind (10 min.) for denne 10 - årsperioden. Analysen gav 42 m/s og 25 m/s som 50 - års verdier. Den gav også som resultat at det observerte vindkast på 34 m/s svarer til en returperiode på 7 år.

Vindretningen den 13. januar 1984 var nordvestlig, mens den var sørsørvest i oktoberstormen 1987. Det vil være sistnente vindretning som gir sterkest vind i sundet ved Varoddbrua.

21 m/s er høyeste registrerte middelvind. I løpet av tiden 1957 - 1990 er det bare registrert to tilfelle med liten storm, 21 - 24 m/s, det var 9. februar 1958, vindretning nordøst, og 16. oktober 1987, vindretning sørsørvest.

På Okseøy er det utført en Gumbelanalyse av 10 min. middelvind basert på data fra 1970/71 - til 1989/90. Denne er utført for alle retninger. 50 - årsvinden er beregnet til 38 m/s. Dette gjelder imidlertid vestlig vind. I sørlig sektor er 50 - årsverdien 28 m/s.

Det er rimelig å anta at middelvinden i 10 m's nivå ved Varoddbrua kan bli sterkere enn på Kjevik, men neppe sterkere enn på Okseøy. 50 - årsverdien ligger da i området 25 - 28 m/s, og settes til 28 m/s. Vindkastene fra sør kan kanskje bli noe sterkere enn på Kjevik, men nordøstlige og nordvestlige vindkast blir noe svakere. 50 - årsverdien av vindkastene settes derfor til samme verdi som på Kjevik, 42 m/s.

Kastfaktoren (3-5 sek. vindkast dividert på 10 min. middelvind) blir etter dette: $42/28 = 1.50$, som er en sannsynlig kastfaktor i fjordstrøk for vind langs fjorden når fjorden er relativt smal.

Turbulensintensitet.

Ved antagelse om normalfordelte gustverdier er høyeste gustavvik med varighet t , fra middelverdien, proposjonalt med standardavviket, $\sigma(U)$ av momentanverdiene:

$$U_{\max}(t) - U(10\text{min}) = k(t) \cdot \sigma(u) \quad (\text{lign.1}).$$

Ved divisjon av begge sider med 10 min. middelvind, og innføring av gustfaktor som $U_{\max}(t)/U(10\text{min})$, får vi følgende sammenheng mellom turbulensintensitet (standardavvik dividert på middelvinden) og gustfaktor:

$$G(t) = 1 + k(t) \cdot I \quad (\text{lign.2}).$$

Ut fra undersøkelser vedr. Askøybra og Hardangerbrua er en kommet fram til at $k(3-5\text{sek.}) \approx 2.6$ når I er horisontal turbulensintensitet på langs av vindretningen. Lign. 2 gir da $I = 0.19$ for $G(3-5\text{sek}) = 1.50$.

For 1 min. kastfaktor er $k(1\text{min}) \approx 1.15$ en typisk verdi. Dette gir $G(1\text{min}) = 1.22$ og $U(1\text{min}) = 34$ m/s.

Profiler.

Ved horisontalt homogene forhold, dette gjelder over en fjordflate ved vind langs fjordens retning, kan vi beskrive høydevariasjonen av middelvind, turbulensintensitet og kastfaktor ved en eksponensiell ligning:

$$U_z(10\text{min})/U_1(10\text{min}) = G_1/G_2 = I_1/I_2 = (Z_2/Z_1)^n \quad (\text{lign.3}).$$

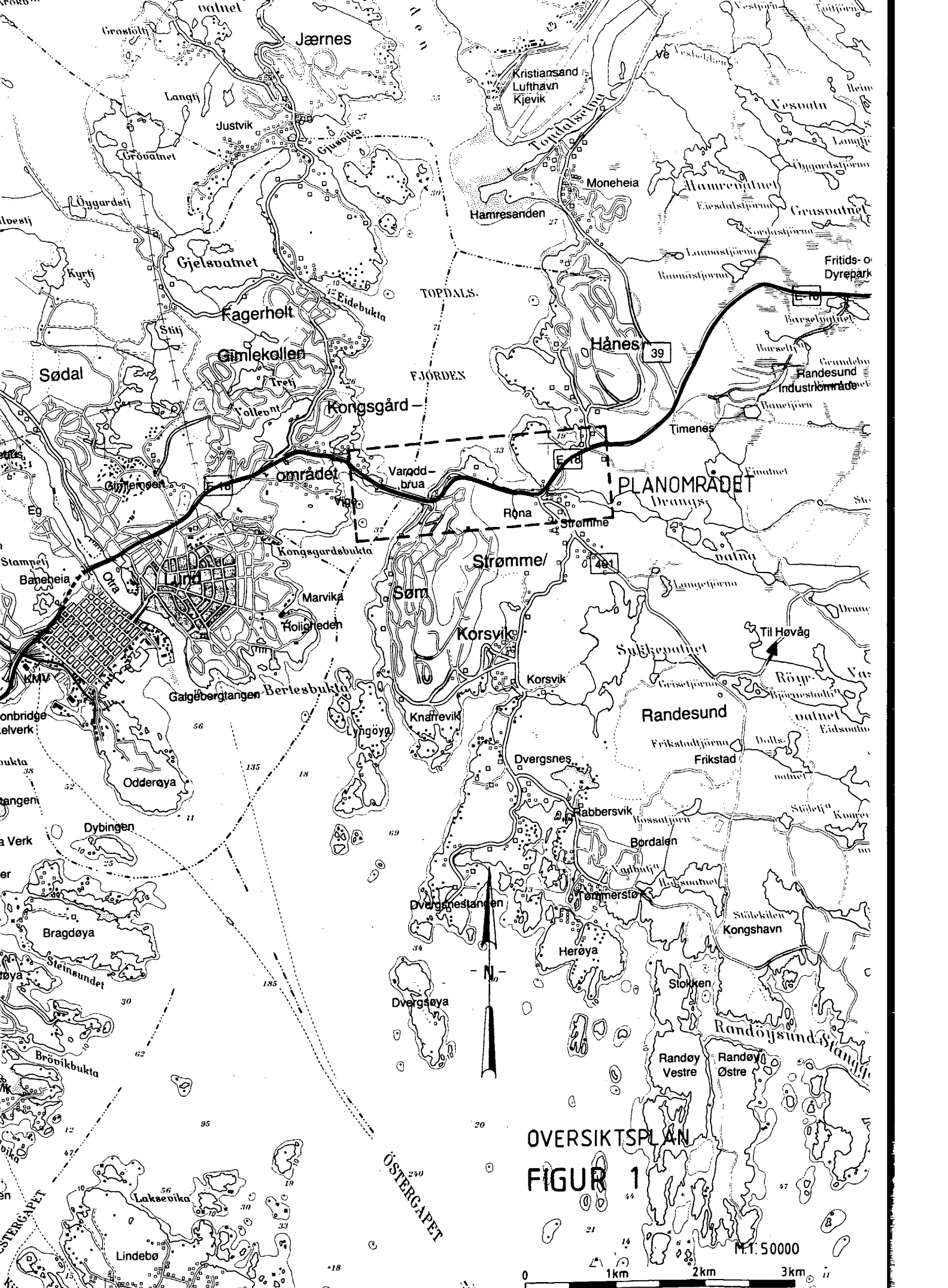
Ligningene gjelder to nivåer 1, og 2. n er en eksponent som øker med ruheten, eller med turbulensen. Ved fjordforhold kan vi anta 0.15 som en rimelig eksponent. Den ligger noe høyere enn ute på havet (0.11). Dette gir verdier av vindparameterne i 30 m's nivå når vi kjenner verdiene i 10 meters nivå. Når verdiene av $U(10\text{min})$, $G(3-5\text{sek})$, $G(1\text{min})$ og I er gitt som 33, 1.50, 1.22 og 0.19 i 10 m's nivå får vi ved lign. 3 en omregningsfaktor på 1.18, slik at $U(10\text{min}, 30\text{m}) = 33$ m/s, $G(3-5\text{sek}, 30\text{m}) = 1.42$, $G(1\text{min}, 30\text{m}) = 1.19$ og $I(30\text{m}) = 0.16$. Tabell 1 viser sluttresultatet av beregningene.

Tabell 1.

Maksimale årsverdier av middelvind og vindkast (m/s) registrert på Kjevik (K) og maksimale middelvindregistreringer i sørlig sektor på Oksey (O) for vindårene 1981/82 - 1989/90 (tom. feb.-90). Beregnede ekstremverdier ut fra data fra samme periode (Kjevik) og for en lengre periode (Oksey). Estimerte ekstremverdier for Varoddbrua er gitt i nedre del av tabellen.

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	10AR 50AR	
	/82	/83	/84	/85	/86	/87	/88	/89	/90		
U(10min),K.	13	17	16	17	17	18	21	14	15	21	25
U(3sek.),K.	22	28	34	29	29	30	34	27	24	42	36
U(10min),O, (sør sektor)	19	28	22	20	19	17	25	16	18	24*	28*
VARODDBRUA	10 min. middelvind (								10m:	24	28
									30m:	28	33
	1 min. vindkast: (								10m:	29	34
									30m:	33	28
	3 - 5 sek. vindkast (								10m:	36	42
									30m:	40	47
Horisontal, longitud, turbulensintensitet (								10m:	0.19		
								30m:	0.16		

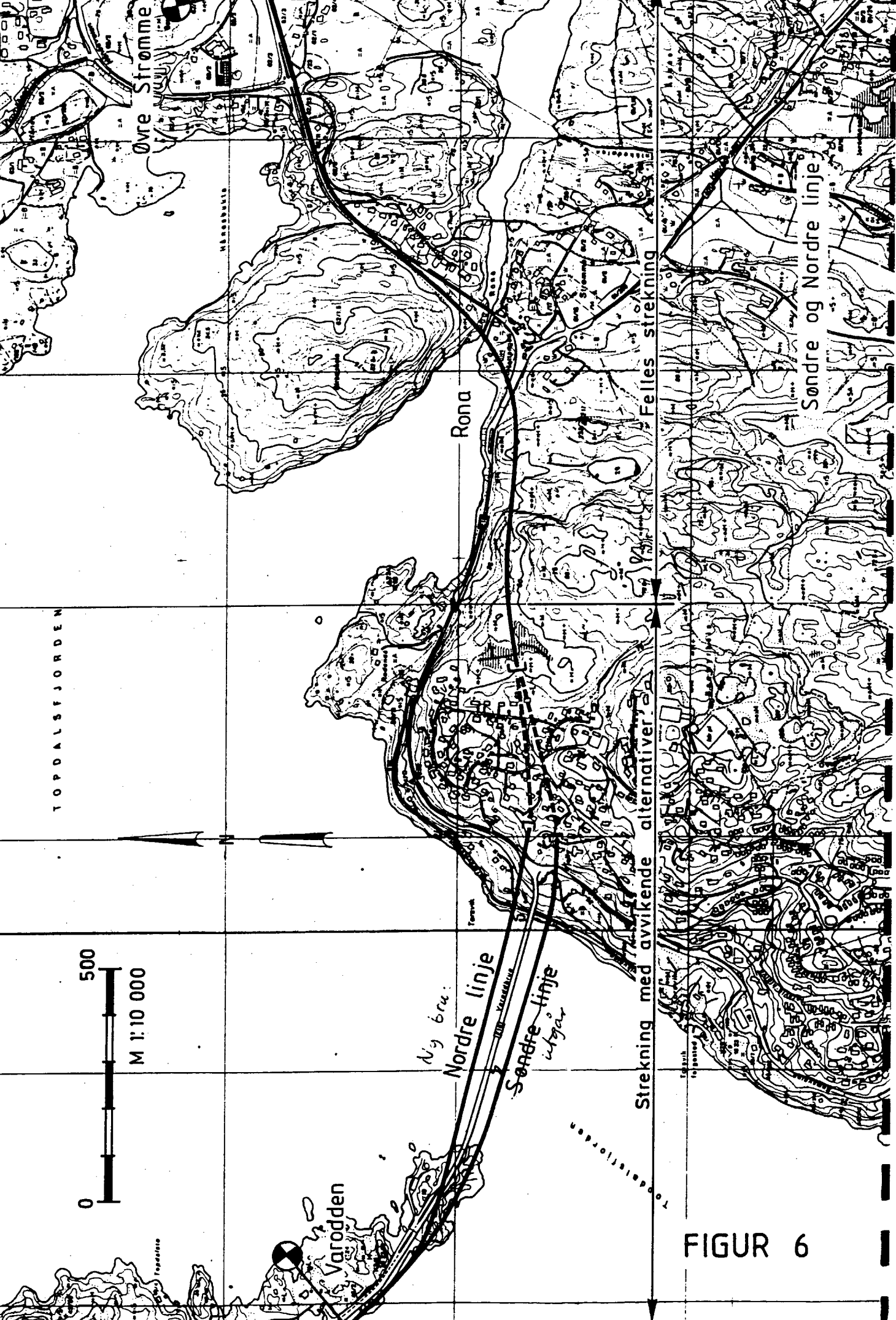
*Basert på data fra 1970/71 - 1989/90



OVERSIKTSPLAN
FIGUR 1

M.1: 50000

0 1km 2km 3km



FIGUR 6



Det norske meteorologiske institutt
Klimaavdelingen
Postboks 43 Blindern
0313 OSLO 3

NY VARODDBRU
FORESPØRSEL VEDRØRENDE VINDVURDERINGER

Vegdirektoratets bruavdeling er i gang med å prosjektere ny Varoddbru. I den forbindelse har vi fra DNMI fått utskrift av vindregistreringer for Kjevik. Disse viser at i perioden jan. 1982 - juli 1989 er 66 knop registrert som høyeste vindhastighet (vindkast) 2 ganger. 66 knop er av DNMI i telefonsamtale anslått til å tilsvare en hastighet med returperiode mellom 5 og 10 år, sannsynligvis noe nærmere 5 år.

Utover dette er vi interessert i å få en vurdering av forholdet mellom vindhastigheten på Varoddbrua og Kjevik. Resultatet kan gjerne foreligge som en anslått omregningsfaktor fra vindhastighet på Kjevik til vindhastighet på brua, gjeldende for ekstremtilstander med returperiode 10 - 50 år. Om samtidig returperioden for den målte 66 knop vindhastighet på Kjevik kan anslås nøyaktigere, er også dette ønskelig.

Alternativt kan resultatet framstilles direkte som anslått vindhastighet for Varoddbrua med 10 og 50 års returperiode.

Vi er også interessert i overslagsmessige verdier for turbulensintensiviteten i vindens lengeretning og vertikalretningen på brustedet, dersom slike verdier kan anslås.

Vi vil med dette forespørre om Klimaavdelingen ved DNMI vil påta seg å gjøre vurderinger som beskrevet ovenfor, og hvor mye dette vil koste.

Svar bes sendt til Vegdirektoratets bruavdeling. Dersom det er uklarheter vedr. oppdraget, kontakt o.ing. Odd Georg Larsen, Vegdirektoratets bruavdeling.

Postadresse	Kontoradresse	Øvrige telefaxnr.	Telefon	Telex	Egne kontoradresser	
Postboks 6390 Etterstad 04 OSLO 6	Grenseveien 92 Telefax (02) 63 97 68	(02) 65 55 18 Disp (02) 63 96 79 Drift (02) 65 55 51 Drift (02) 63 98 23 A-data	(02) 63 95 00	21 542	Bruavdelingen Grenseveien 97 Telefax (02) 63 98 66	Veglaboratoriet Gautstadalléen 25 Telefon (02) 63 99 00 Telefax (02) 46 74 21



Honorarnota ved eventuelt oppdrag tilstiles Statens vegvesen, Vest-Agder vegkontor, Postboks 157, 4601 Kristiansand, men sendes via Vegdirektoratets bruavdeling for attestasjon.

Bruavdelingen
Med hilsen

Hans T. Øderud
avd.direktør

Odd Georg Larsen
Odd Georg Larsen

Kopi m/vedlegg: Statens vegvesen, Vest-Agder vegkontor

Vedlegg: Ett sett å 2 kartutsnitt

OGL/AMS



Det norske meteorologiske institutt
Klimaavdelingen
Postboks 43 Blindern
0313 OSLO 3

NY VARODDBRU - VINDVURDERINGER

Vårt brev av 1990-01-19 med forespørsel om vindvurderinger.

Ved telefonsamtale Knut Harstveit, DNMI/Odd G. Larsen, Vegdirektoratet bekreftes det at DNMI, Klimaavdelingen kan påta seg oppdraget som beskrevet i vårt brev av 1990-01-19. Øvre grense for honorar vil være kr 10 000,-. Dette aksepteres av Statens vegvesen.

Bruavdelingen
Med hilsen

Erik Rimehaug
sjefingeniør

Nils A. Giæver
kontorleder

Kopi: Vest-Agder vegkontor

OGL/TUH

SETT BA