

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

**EKSTREMVINDANALYSE FOR
MØRE OG ROMSDAL**

LARS ANDRESEN
KNUT HARSTVEIT

RAPPORT NR. 07/93



DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3

TELEFON: 22 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

07/93 KLIMA

DATO

16.04.93

TITTEL

EKSTREMVINDANALYSE FOR MØRE OG ROMSDAL

UTARBEIDET AV

Lars Andresen
Knut Harstveit

OPPDRAKSGIVER

Norges Byggstandardiseringsråd, NBR

OPPDRAKSNR.

SAMMENDRAG

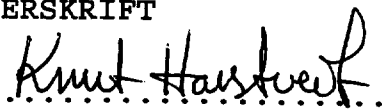
Ekstremverdier av 3 s vindkast med 50-års returperiode er beregnet for 22 stasjoner i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Sør-Trøndelag. Resultatet danner grunnlaget for en ytre og en indre sone i Møre og Romsdal: 45-50 m/s og 40-45 m/s.

Det er gitt opplysninger om hva slags områdetyper som skal ha større verdier enn soneverdien og i hvilke områder man kan foreta reduksjon. De korrigerte verdiene varierer mellom 40 og 60 m/s (70 m/s på særlig utsatte fjelltopper) i ytre sone. I indre sone er laveste verdi 35 m/s for ikke-eksponerte steder i skjermede områder.

Utenom snaufjellet og eksponerte fyrstasjoner, finnes de største verdiene, opptil 60 m/s, på le-siden av bratte fjellrygger. De fleste alvorlige skadene under orkanen 1.1.92 forekom på slike steder. Andre steder med forsterkning er havområder, markerte fjorder og andre åpne kanaler, nes, holmer og terrenghjørner.

Skjermede områder finnes i skog, tettbebyggelse, innbuktninger, lukkede daler og terrengsøkk.

UNDERSKRIFT



Knut Harstveit

SAKSBEHANDLER



Bjørn Aune

FAGSJEF

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	- Sammendrag s.1 -
1. INNLEDNING	1
2. STED OG TOPOGRAFI	2
3. DATAGRUNNLAG	2
4. METODIKK OG RESULTATER	3
4.1 Metodikk	4
4.2 Soneverdier for Møre og Romsdal	5
4.3 Soneverdier for Sogn og Fjordane og Sør-Trøndelag.	10
4.4 Topografiske korreksjoner. Områdeverdier.	10
4.4.1 Soneverdier	11
4.4.2 Skjermede områder	11
4.4.3 Områder med generell forsterkning (utsatte områder)	12
4.4.4 Områder med kraftig forsterkning (særlig utsatte områder)	12
4.4.5 Fjellområder	21
4.5. Sammenligning med skadestatistikk	22
5. SAMMENLIGNING MED NORSK STANDARD, NS3479 OG NY EUROPEISK STANDARD	23
5.1. Teoretiske sammenhenger mellom kastfaktorer, turbulensintensitet og overflateruhet	23
5.2. Sammenligning med NS3479	25
5.3. Sammenligning med forslag til ny CEN - standard	25
6. REFERANSELISTE	27
APPENDIKS A.	
BEREGNING AV 50-ÅRS VIND FOR STASJONER I SOGN OG FJORDANE, MØRE OG ROMSDAL OG SØR-TRØNDELAG A.1	
APPENDIKS B.	
TABELL OVER 59 TIDS- OG STEDSANGITTE SKADESTEDER PÅ NORDVESTLANDET, HENTET FRA O. BRUASETS ORKAN-BOK B.1	

SAMMENDRAG

Datarekker på 18 til 34 år fra 9 referansestasjoner i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Sør-Trøndelag danner grunnlaget for en analyse av 10 min. middelvind og 3 s vindkast. Års-ekstremer er avlest og en Fisher-Tippett, Type I (Gumbel) ekstremverdianalyse er utført. Parametrene er estimert ved tilpasning av data etter sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet.

Det er også avlest årsserier i 8 sektorer (N, NØ, Ø, SØ, S, SV, V, NV) for referansestasjonene. 13 stasjoner med korte datarekker (3 mnd. til 10 år) er sammenlignet med disse. Det er da avlest episodemaksima i en serie med episoder på begge stasjoner der det har vært utført samtidige registreringer. Dette har gitt grunnlag for overføringskoeffisienter mellom referansestasjonene og stasjonene med kort rekke i forskjellige sektorer, ved sterk vind.

Samlet gir dette et datasett fra 22 stasjoner. Ekstremverdier av 3 sekunders vindkast med årlig sannsynlighet for overskridelse på 0.02, eller returperiode på 50 år i en lang rekke, under samme forhold som i den avleste periode, såkalt karakteristisk verdi, er beregnet. Stasjonsverdiene representerer punktverdier som er plottet inn på et kart.

I denne rapporten er det lagt vekt på å fram regionale og topografiske forskjeller. I neste prosjektfase blir det lagt større vekt på metodikk og analyse av mulige trender i materialet. Dette kan komme til å forskyve totalnivået noe. Data fra Vigra gir en verdi på 47 m/s, men med mulige verdier mellom 44 og 51 m/s avhengig av den metodikk som velges. Den benyttede ekstremanalyse er kjørt både med og uten 1992-storm, dette gav 47.4 og 45.6 m/s.

I snitt er stasjonene innenfor kystlinjen typiske flyplasstasjoner, dvs. stasjoner i flatt terreng uten høy vegetasjon eller bebyggelse. For Møre og Romsdal er 50-års verdiene av 3 s vindkast typisk 40-45 m/s i indre strøk, og 45-50 m/s i ytre strøk. Fyrstasjonene er unntatt fra dette, de representerer vind på fritt hav, som i tillegg er noe forsterket ved strømlinjekonvergens over fyrøyene.

Dette gir grunnlag for en 2-delt soneinndeling. Til indre sone (sone II) hører kommunene Stranda, Stordal, Norddal, Rauma, Nesset, Sunndal, Surnadal og Rindal. Kommunene Volda, Ørsta, Sykkylven, Ørskog, Vestnes, Molde, Gjemnes, Tingvoll og Halså er overgangskommuner til ytre sone. Alle øvrige kommuner i fylket tilhører ytre sone (sone I).

- Sammendrag s.2 -

Soneverdiene representerer et tenkt flyplassterreng. Slikt terreng er lite typisk for Møre og Romsdal. Det bør derfor legges inn terrengkorreksjoner på soneverdiene, gitt som områdeverdier. Dersom det ikke kan skaffes pålitelig informasjon om terrengets virkning, velges soneverdien. Følgende tabell gir en oversikt over soneverdiene og områdeverdiene i sone I (ytre strøk) og sone II (indre strøk):

<u>Type</u>	<u>Sone I</u>	<u>Sone II</u>
<u>Soneverdi</u>	45-50 m/s	40-45 m/s
<u>Skjermede områder</u>	40-45 m/s	35-40 m/s
<u>Havområder</u>	50-55 m/s	
<u>Utsatte områder</u>	50-55 m/s	45-50 m/s
<u>Særlig utsatte områder</u>	55-60 m/s	50-60 m/s
<u>Fjellområder</u>	50-70 m/s*	45-70 m/s*

*70 m/s gjelder særlig utsatte fjelltopper

Skjerming er aktuelt ved permanent skog, områder i ytre strøk der vest- og sørvestlig vind støter inn mot bratt terreng, innbuktninger langs fjord- og dalsider eller lukkede dalstrøk, der nedslag fra bratt terreng ikke gir forsterkning.

Havkorreksjon benyttes utenfor kystlinjen (linjen Stad - Vigra - Bud (Fræna) - Hyttnes (Tustna) - Brattvær (Smøla) - Hopen (Smøla)).

Utsatte områder er nes eller andre steder der vinden i en fjord lett kommer til med full styrke. Det samme gjelder ved andre åpne terrengkanaler, rundt terrenghjørner, over pass og gjennom trakter. Dette gjelder også steder som er utsatt for nedslag på le-siden av bratt terreng, lokal ofte kalt "fallvinder".

En del steder på le-siden av bratt terreng ligger slik til at særlig sterke vindkast kan forekomme og defineres som særlig utsatte områder. Typisk for slikt terreng er en bratt fjellrygg der sterk vind kan blåse over og rundt fjellmassivet, møtes på le-siden og igangsette virvling som drar store vindhastigheter fra høyere luftlag ned til bakken. Virvler med horisontal (spiraler) og vertikal akse (virvelvinder) kan forekomme. Mange steder er det store skiftninger både i lokal vindretning og styrke, andre steder bare i styrke. Enkelte steder kan vinden være noe mer jevn både i retning og styrke. Sunndalsøra er et sted med særlig sterke vindkast. 50-årsvinden er der beregnet til 57 m/s.

Fjellkorreksjon benyttes ved terreng > 350 moh (ytre sone) og > 700 moh (indre sone), samt på markerte fjelltopper < 350 moh i ytre kyststrøk.

Analyse av 59 tids- og stedsfestede markerte begivenheter fra orkanen 1.1.92 tyder på at 80% av de alvorlige skadestedene ligger på le-siden av bratte fjellrygger. To steder med særlig mange og store skader, Rovdestranda og Gjerdsvika er typiske eksempler. I Fræna kommune forekom de alvorligste skadene på slike steder (Sandblåst og stedene langs Hustadelva), til tross for at kommunen har lang bebodd kystlinje der sterk vind fra havet kommer rett inn.

Alle soneverdier og områdeverdier (terrengkorrigerede soneverdier) er gitt som intervaller. Vanligvis velges midtpunktet, men på markerte utsiktssteder, terrengforhøyninger eller andre lokalt eksponerte steder, velges toppverdi. I terrengsøkk, skjermede lokaliteter i permanent skog og permanente tettbebyggelser, samt på andre ikke-eksponerte steder, velges nedre soneverdi.

For Sogn og Fjordane fylke, synes det å være en 3-delt sone, der sone I bare finnes i ytre Nordfjord, mens det er kommet en lavere sone, sone III i indre Sogn, med karakteristisk verdi på 35-40 m/s. I Sør-Trøndelag mangler foreløpig data fra indre strøk, men det er ikke urimelig at det kan finnes en tilsvarende sone der. Noe mer arbeid med å framskaffe data gjenstår fra disse 2 fylkene for å kunne trekke sonегrenser på et tilstrekkelig grunnlag.

Det anbefales ingen endring i høydeprofilene i forhold til det som nå ligger inne i Norsk Standard, NS3479. For øvrig er det en generell økning av karakteristiske vindhastigheter i forhold til NS3479, hva gjelder Møre og Romsdal.

En sammenligning med forslag til ny europeisk standard (CEN), viser at en overgangsordning der valgfri bruk av standard kan gjelde, lett vil kunne formuleres. Tilleggsregler om topografi i komplekst terreng må imidlertid legges ved.

Erfaringen fra undersøkelsen i Fræna kommune viser at det ved en systematisk skadeundersøkelse, rundspørring blant lokalkjente og bruk av vinddata er mulig å kartlegge slike steder. En aktiv innsats fra kommunens side letter arbeidet.

I den landsdekkende kartleggingen som vil bli gjennomgått i fortsettelsen av dette prosjektet, anbefales kommunene å bidra med lokalkunnskap og eventuelt skademønster, etter mønster fra Fræna.

1. INNLEDNING

Det har lenge vært klart at vindforskriftene i Norsk Standard, NS 3479 (1) gir en lite tilfredsstillende beskrivelse av vindforholdene mange steder i vårt land. Standardens "karakteristiske vindhastigheter" er antatt å være nominelle verdier som kan spores tilbake til byggeforskrifter fra før 1950. Grunnlag i statistisk bearbejdede målinger mangler. Dessuten er topografiske variasjoner mangelfullt behandlet og det er ikke gitt noen anvisning om hva som menes med særlig utsatte strøk, bare "f.eks. ytre kyststrøk", eller hvilke verdier som bør velges på slike steder.

De seneste 10 år er det ved DNMI utført en del analyser av data som er samlet inn de siste 20-30 år. Det er også utført en del målinger, beregninger og vurderinger i forbindelse med (planlagt) byggevirksomhet. Vi sitter derfor allerede i utgangspunktet inne med en del informasjon. Denne er imidlertid ikke systematisert og regionalisert, slik at den kan brukes andre steder enn i målepunktene.

Det eksisterer også en del målinger, både i DNMI's regi og en del andre institusjoner som vil kunne nyttiggjøres i forbindelse med en landsdekkende analyse.

Det er 2 hovedårsaker til at disse tingene er blitt ytterligere aktualisert. For det første er det nå under utarbeidelse en europeisk standard, "EUROCODE1, Part 2.7, Wind loads", der en del forskningsresultater fra 70 og 80 årene er lagt inn. En vesentlig mangel sett med norske øyne er imidlertid mulighet for anvendelse i særlig komplekst terreng (typiske terrenghelninger på 30° og mer). Det er derfor viktig å etablere nasjonale regler i slikt terreng. Det er samtidig viktig å etablere en glidende overgang til den nye europeiske koden.

Orkanen som herjet Nordvestlandet første nyttårsdag 1992 er en annen utløsende årsak til dette arbeidet. En oversiktsrapport om denne orkanen (2) viser at hastigheten i vindkastene langt oversteg verdier som det var naturlig å velge ved bruk av Norsk Standard, NS3479. Årsakene til dette var dels orkanens styrke. Returtiden for vindkast ved bruk av standarden er 50 år, i orkanen 1.1.92 var tilsvarende returtid ca. 200 år. Det framkom imidlertid også at den lokale topografi en rekke steder forsterket vindfeltet og resulterte i store skader.

Denne rapporten gir et delsvar på første fase av et prosjekt for fornyelse av anbefalte vindlaster. Prosjektet ledes av Norges Byggstandardiseringsråd, NBR. I neste fase er planen å gjennomføre en del metodiske studier og tilrettelegge for slutfasen som blir en landsdekkende analyse (inkludert havområdene).

2. STED OG TOPOGRAFI

Møre og Romsdal fylke ligger på nordvestsiden av Langfjellene. Typisk for fylket er at fjellene er høye og bratte, med store og små fjellrygger på kryss og tvers i landskapet. Fjellhøyden er typisk 0 - 500 m (ytre strøk), 500 - 1000 m (midtre strøk) og 1000 - 1500 m (indre strøk). Alle steder finnes topper som rager noen hundre meter over disse typiske høydene.

En rekke fjorder bryter opp landskapet. Fjordene løper dels sørvest - nordøst (Vartdalsfjorden, Freifjorden), eller nordvest - sørøst (Voldafjorden, Hjørundfjorden, Storfjorden, Romsdalsfjorden, Tingvollfjorden, Trangfjorden), men rent øst - vest rettede fjorder (Vinjefjorden), samt andre retninger finnes også. I forlengelsen av fjordene finnes oftest en dal (Romsdalen, Sunndalen, Surnadal). Fjord og dalsidene er som regel meget bratte. I midtre og ytre strøk av Romsdal - Nordmøre kan det gå en slags kanalsone som av og til løper i en fjord, for så å krysse et landskap og fortsette tvers over en annen fjord og over i en ny dalforsenkning (Frænfjorden - Kvernesfjorden, Batnfjorden (Gjemnes) - Halså - Vinjefjorden, Fannefjorden - Tingvoll - Surnadal, Langfjorden - Eidsøra - Meisingset).

Kyststrekningen dekker området Stad - Smøla. Her finnes sporadiske sletter, øya Smøla er helt flat. Utenom ytre del av Fræna er det bare sporadiske steder som er flate. Kyststrekningen løper sørvest - nordøst.

3. DATAGRUNNLAG

Datagrunnlaget for Møre og Romsdal kommer fra 5 flyplasser i fylket: Vigra(Ålesund), Årø(Molde), Kvernberget(Kristiansund), og Hovden(Ørsta-Volda), 3 fyrstasjoner (Svinøy, Ona, Skalmen), samt 2 stasjoner i indre strøk (Sunndalsøra, Romsdal-Alnes). Figur 1 viser stasjonsplasseringen.

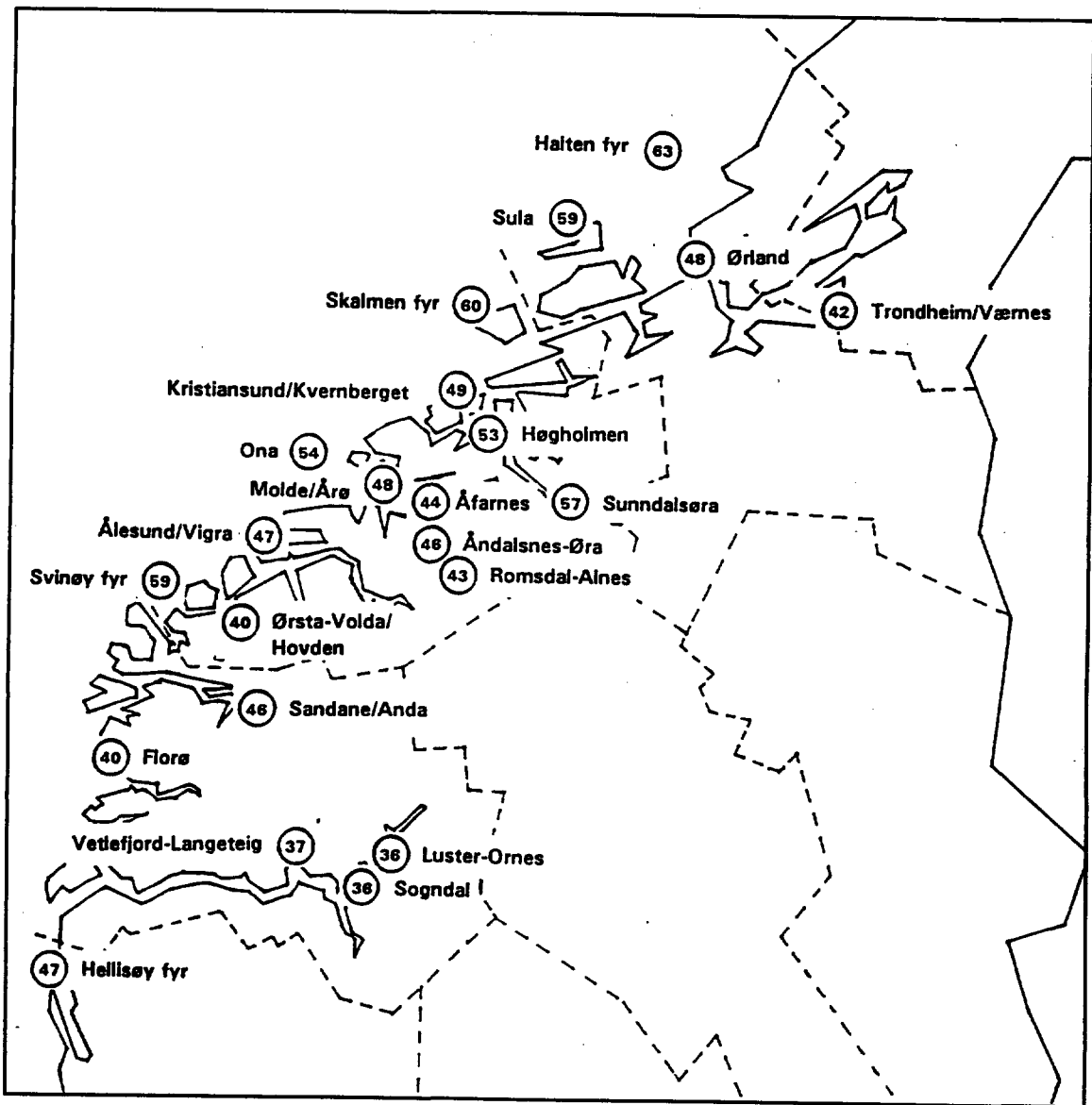
Alle disse steder har vindregistreringer, Ona fyr har bare middelvindregistreringer.

I tillegg er det benyttet data fra 3 tidsavgrensede måleserier der målinger er foretatt i forbindelse med byggevirksomhet: Kvernesfjorden/Freifjorden (Høgholmen), indre Romsdalfjord (Øra ved Åndalsnes) og Langfjorden (Åfarnes). Fra Åfarnes og Høgholmen har vi bare opplysninger om middelvind.

Fra Sogn og Fjordane er data fra Sandane lufthavn, Florø lufthavn, Sogndal lufthavn, Ornes

i Luster og Vetlefjord i Balestrand, sammen med Hellisøy fyr (Nordhordland) analysert. Fra Sør-Trøndelag har vi Sula fyr, Ørland lufthavn og Halten fyr samt Værnes lufthavn (Nord-Trøndelag). Sula fyr har bare middelvindregistreringer.

Vigra, Årø, Kvernberget, Svinøy, Ona, Hellisøy fyr, Sula fyr, Ørland og Værnes har alle datarekker fra 18 til 34 år. De øvrige stasjonene har kortere rekker, fra 3 mnd. til 10 år.



Figur 1

Kart over stasjonene i Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag som er benyttet i analysen. Angitte tall er ekstremverdi med 50 års returperiode av 3 s vindkast (m/s).

Målehøyden er ved alle målinger gjort ca. 10 m (7-13 m) over bakken. En mer fullstendig oversikt over målestasjoner, utstyr, målehøyder etc. er gitt i Appendiks A. Figur 1 gir en oversikt over geografisk plassering.

Maksimale vindkast vil bli et middel over ca. 2-5 sekunder, avhengig av måleutstyret. Vi gjør helt ubetydelige feil ved å anta 3 sekunders varighet på alle vindkastregistreringene.

4. METODIKK OG RESULTATER

4.1 Metodikk

Datarekker på 18 til 34 år fra 9 referansestasjoner i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Sør-Trøndelag danner grunnlaget for en ekstremvindanalyse av 10 min. middelvind og vindkast over 3 s.

Data fra Hellisøy fyr, Svinøy fyr, Ona fyr, Vigra, Kvernberget, Molde (Årø), Sula fyr, Ørland og Værnes er alle basert på ekstremvindanalyse av årsmaksima på rekker på 20 til 30 år. Årsektremer er avlest og en Fisher-Tippett, Type I (Gumbel) ekstremverdianalyse er utført. Parametrene er estimert ved tilpasning av data etter sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet, se ellers Appendiks A. Dersom datarekkene er under 25 år er verdiene tidskorrigert i forhold til de lengste rekkene, se Appendiks A.

Det er også avlest årsserier i 8 sektorer (N, NØ, Ø, SØ, S, SV, V, NV) for referansestasjonene. 13 stasjoner med korte datarekker (3 mnd. til 10 år) er sammenlignet med disse. Av disse er det best kvalitet på flyplassene (Sogndal, Florø, Sandane, Ørsta-Volda), samt målestasjonen på Sunndalsøra. Det er da avlest episodemaksima i en serie med episoder på begge stasjoner der det har vært utført samtidige registreringer. Dette har gitt grunnlag for overføringskoeffisienter mellom referansestasjonene og stasjonene med kort rekke i forskjellige sektorer, ved sterk vind.

4 Stasjoner har kun registreringer av middelvind. Det gjelder Ona, Sula, Åfarnes og Høgholmen. Dette er alle stasjoner på fyr, nes eller småholmer i åpent hav eller fjordstrøk. Det er antatt en kastfaktor på 1.3 til 1.5 på disse stedene. Med kastfaktor menes forholdet mellom 10 min. middelvind og 3 s vindkast.

Kastfaktoren er et uttrykk for turbulensintensiteten (se forøvrig kap. 5.1), vanlige verdier er 1.5 for flyplassforhold, 1.35 for grov sjø på åpent hav, 1.75 i skog og småbebyggelse, 2.0

i større byer og 2-2.5 på le-siden av bratte fjell. 1.35 er derfor i utgangspunktet benyttet for åpent hav.

I fjordstrøk er kastfaktoren gjerne noe høyere enn ute på havet pga. innflytelse fra terreng. På Øra, Åndalsnes var kastfaktoren 1.48-1.54 (8, App A.) ved sterk middelvind langs fjorden. Målingene var gjort 10 m over terreng, men inne på en strandsone med brakkebebyggelse. Det er derfor rimelig å tro at kastfaktorene er svakt i overkant av det som gjelder på fjorden. Målinger på Askøy (Storebuneset, (3)) gav kastfaktorer for vind 44 m over Byfjorden på 1.32 - 1.38 ved sterk vind. Omregnet til 10 m's høyde (lign (5), kap.5.1) blir dette 1.41 - 1.48. Målingene antas å representere forholdene på fjorden. For sterk middelvind i fjordens retning har vi derfor valgt en kastfaktor som svarer til noe ruere oveflate enn ordinær sjøflate ved sterk vind, og noe lavere enn en flyplassflate. Middelverdien av kastfaktoren ved to oveflatetyper er benyttet ($1/2(1.35+1.5)=1.43$). Merk at kastfaktoren er høyere (2-2.5 er ikke uvanlig) ved nedslag fra bratt terreng (Sunndalsøra).

Over Sula og Høgholmen er det antatt strømningskonvergens og derav lavere turbulens. Kastfaktoren er derfor satt noe ned (1.3(Sula) og 1.35(Høgholmen)).

Samlet gir dette et datasett fra 22 stasjoner. Ekstremverdier av 3 sekunders vindkast med årlig sannsynlighet for overskridelse på 0.02, eller returperiode på 50 år i en lang rekke under samme forhold som i den avleste periode, er beregnet. Ved avvik av anemometerhøyde fra 10 m er sluttverdien korrigert til denne høyde, se Appendiks A. Stasjonsverdiene representerer punktverdier som er plottet inn på et kart.

I denne rapporten er det lagt vekt på å fram regionale og topografiske forskjeller. I neste prosjektfase blir det lagt større vekt på metodikk og analyse av mulige trender i materialet. Dette kan komme til å forskyve totalnivået noe. Data fra Vigra gir en verdi på 47 m/s, men med mulige verdier mellom 44 og 51 m/s avhengig av metodikk og periodelengde. Den benyttede ekstremanalyse er kjørt både med og uten 1992-storm, dette gav 47.4 og 45.6 m/s. Denne forskjell kan synes liten, men dette illustrerer godt hvorledes sannsynlighetsmaksimeringsmetoden er mindre avhengig av "outliere" i datasettet enn metoder som bygger på parametertilpasning ved minste kvadraters metode eller tilpasning ved momenter.

4.2 Soneverdier for Møre og Romsdal

Resultatene er plottet inn på kart, Figur 1. I Møre og Romsdal har fyrstasjonene fått 50-årsverdier av vindkastene på 59 m/s (Svinøy), 54 m/s (Ona) og 60 m/s (Skalmen). Med 47.4 m/s på Vigra (oveflateruhet 0.05 m) får vi 50-55 m/s for en havflate utenfor fylket (kap 4.2

i (4)). Fyrstasjonene har høyere verdier enn dette, hvilket nok skyldes strømlinjekonvergens over fyrøyene. Dersom fyrøyene og Vigra har eksakt samme bakgrunnsvind, blir både ruhetsforskjell fra flyplass til hav og strømlinjeforsterkning av størrelsesorden 10%.

Dersom vi ser bort fra Sunndalsøra og Høgholmen, ligger stasjonene innenfor ytre kystlinje på 41-50 m/s. Av disse ligger de ytre stasjonene på 47-50 m/s, mens de indre ligger på 40-46 m/s.

Dette gir grunnlag for å sette et intervall på 40-50 m/s for 50-års vindkast fylket som helhet, med 45-50 m/s i ytre strøk og 40-45 m/s i indre strøk. Se Figur 2.

Høgholmen har 50-års verdi på 53 m/s som ligger noe over soneverdien for ytre strøk (45-50 m/s). Dette skyldes at stasjonen har forsterkning ved vind over en holme i en bred og gjennomløpende fjordkanal med gode muligheter for lufttransport.

Sundalsøra har 50-års vindkast på 57 m/s. Denne verdi er høyere enn forventet på fritt hav og overgås bare på eksponerte fyrstasjoner. Middelvinden er imidlertid sterkt redusert. Sundalsøra er eksempel på en stasjon med stor grad av topografisk forsterkning (vindkast fra fjellene). Stasjonen kan imidlertid ikke brukes som utgangspunkt for å angi soneverdier.

Dette viser at det er nødvendig med en anvisning for topografisk korleksjon for karakteristisk soneverdi (flyplasterreng).

En alternativ framstillingsmåte der det allerede ved soneinndelingen er tatt hensyn til effekten av fjorder, kanaler og fjellpartier er forsøkt. En slik inndeling krever større målestokk enn Figur 2. Problemet er at datagrunnlaget er for svakt til å dekke inn den større målestokk. Filosofien med 2 grove soner og korleksjon for lokal topografi ble derfor valgt.

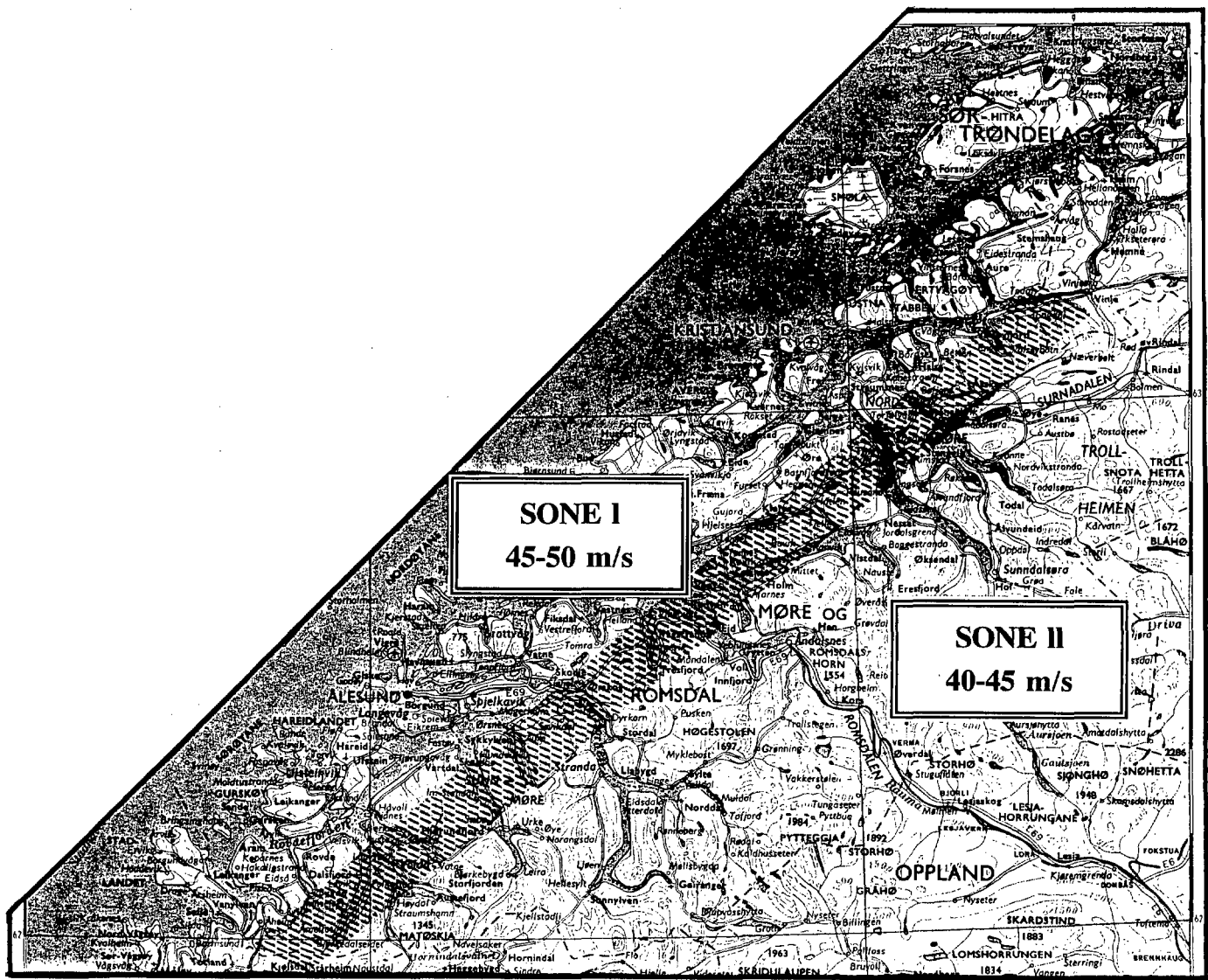
Tabell 1

Ekstremverdier av 3 sekunders vindkast med 50 års returperiode (m/s) for stasjoner i Møre og Romsdal (inkl. Sandane lfthvn.) for de mest utsatte sektorer, samt sektoruavhengig (alle). Angitt sektor gjelder bakgrunnsvindfelt (vindretning på kysten). Vindretningen kan variere lokalt på stasjoner i komplekst terreng. Målt maksimalt vindkast den 1.1.92 er tatt med i siste kolonne (korrigert til 10 m høyde). Data er korrigert til 10 m over bakken der hvor det er avvik i målehøyde fra dette.

STASJON	SV	V	NV	SØ	ALLE	SEKTOR FOR MAX VIND	1.1-.92
Svinøy fyr	59	53	38	30	59	1:SV 2:V	62*
Ona fyr	53	50	41	27	54	1:SV 2:V	**
Skalmen fyr	57	56	<50	<50	60	1:SV 2:V	57*
Vigra	45	46	35	25	47	1:V 2:SV	55*
Årø(Molde)	45	47	32	23	48	1:V 2:SV	55*
Høgholmen (Freifjorden)	53	53	53	<50	53	1:V+SV 2:NV	**
Kvernberget	47	47	34	26	49	1:V 2:SV	50*
Anda(Sandane)	46	46	29	25	46	1:SV+V	53*
Hovden(Ørsta)	39	39	<35	38	40	1:SV+V	48
Åfarnes	<40	44	<40	<40	44	1:V	**
Øra(Åndalsnes)	<30	34	35	46	46	1:SØ 2:NV	**
Alnes(Romsdal)	40	40	40	41	43	1:SØ 2:SV+V+ NV+N	**
Sunndalsøra	40	52	43	55	57	1:SØ 2:V	**

*Den nøyaktige verdi for stasjonene med mer enn 50 m/s er usikker pga. overskridelse av vindregistreringsutstyrets kapasitet.

**Mangler



Figur 2

Forslag til soneverdier av 50-års vindkast (m/s) i Møre og Romsdal. Skravert areal skal oppfattes som en noe upresis overgangssone.

Ved en retningsavhengig analyse (Tabell 1), ser vi at alle stasjonene i ytre strøk har sine ekstremer ved sørvestlig til vestlig vind (Alle fyrstasjonene, Vigra, Årø, Kvernberget, Høgholmen).

Stasjonene i indre strøk (Romsdal-Alnes, Øra (Åndalsnes) og Sunndalsøra) har de største ekstremverdiene ved sørøstlige vindfelt, men kan også få høye verdier i vestlige vindfelt.

Stasjonene i midtre strøk (Åfarnes og Hovden(Ørsta) har de største ekstremene for sørvest-vestlig sektor, men har relativt høye verdier også ved sørøstlige felt.

Gjennomgående trenger vest og nordvest bedre innover i Romsdal og Nordmøre enn sørvestlig vind (Tabell 1). Da vestlige vindfelt kan bli sterkere enn nordvestlige, ser det ut til at rent vestlig sektor (250-290°) vil kunne gi høye ekstremer svært mange steder i fylket. Vi ser av Tabell 1. at vestlig sektor gir høye ekstremverdier for alle stasjonene i fylket. Under orkanen 1.1.92 var vindretningen sørvest-vest (210-270°), med store skader i hele fylket. Ytre kommuner ble hardest rammet, men det var skader både på Sunndalsøra, Ørsta sentrum, i Romsdalen, innerst i Langfjorden (øst for Åfarnes), i Gloppen og Eid kommuner (Sandane lftv. ligger i Gloppen nær grensen til Eid). Tabell 1 viser at vindkastene var 10-20% sterkere enn 50-årsverdien i vestlig sektor.

Vi oppsummerer:

Sone I (alle kommuner i ytre strøk), 45-50 m/s:

Kommunene Sande, Vanylven, Herøy, Ulstein, Hareid, Sula, Ålesund, Skodje, Giske, Haram, Sandøy, Midsund, Aukra, Fræna, Eide, Gjemnes, Averøy, Kristiansund, Frei, Tingvoll, Tustna, Smøla, Aure.

Kommunene Volda, Ørsta, Sykkylven, Ørskog, Vestnes, Molde, Gjemnes, Tingvoll, Halså er kommuner som vil deles i en ytre og en indre del, der ytre del faller sammen med kystkommunene i sone I.

Sone II (indre strøk), 40-45 m/s :

Indre strøk og utover til Ørsta, Volda, nordøstover til Aure. Omfatter kommunene Stranda, Stordal, Norddal, Rauma, Nesset, Sunndal, Surnadal og Rindal.

Indre del av kommunene Volda, Ørsta, Sykkylven, Ørskog, Vestnes, Molde, Gjemnes, Tingvoll og Halså.

4.3 Soneverdier for Sogn og Fjordane og Sør-Trøndelag.

For Sogn og Fjordane fylke, synes det å være 3 soner. Sone II ser ut til bare å finnes i ytre Nordfjord, mens det er kommet en lavere sone, sone III i indre Sogn, med karakteristisk verdi på 35-40 m/s. I Sør-Trøndelag mangler foreløpig data fra indre strøk, men det er ikke urimelig at det kan finnes en tilsvarende sone der. I Trondheimsområdet og kysten Smøla - Ørland finnes det noen måleserier som ikke er analysert. Det arbeides med å finne fram til bedrifter, institutter, eller andre som i lengre eller kortere tid har utført målinger. I tillegg gjenstår analyse av enkelte serier fra DNMI (Førde lufthavn (2 stasjoner), Røros). Dette arbeidet fortsetter i neste prosjektfase.

4.4 Topografiske korreksjoner. Områdeverdier.

Tabell 2.

Oversikt over soneverdier og områdeverdier for karakteristiske vindhastigheter (3 s vindkast med 50 års returtid) for Møre og Romsdal.

<u>Type</u>	<u>Sone I</u>	<u>Sone II</u>
<u>Soneverdi</u>	45-50 m/s	40-45 m/s
<u>Skjermede områder</u>	40-45 m/s	35-40 m/s
<u>Havområder</u>	50-55 m/s	
<u>Utsatte områder</u>	50-55 m/s	45-50 m/s
<u>Særlig utsatte områder</u>	55-60 m/s	50-60 m/s
<u>Fjellområder</u>	50-70 m/s*	45-70 m/s*

*70 m/s gjelder særlig utsatte fjelltopper

Soneverdiene og begrunnelsene for disse er gitt i Frænarapporten (4), sammen med kapittel 4.2. Bakgrunnen for topografiske korreksjonsverdier er også som gitt i (4). Særlig utsatte områder, samt fjellområder, har begge beholdt sin høyeste verdi i indre sone (sone II) fordi fjellene er høye og bratte her inne. Men det finnes også en del lavere fjell som er skjermet av de høye, derfor er nedre grense trukket ned til øvre grense for soneverdien. Tabellen forklares og utdypes i p.4.4.1 - p.4.4.5.

4.4.1 Soneverdier

Utgangspunktet er at soneverdien skal beholdes dersom kvalifisert informasjon om lokalitet og topografi ikke kan innhentes. Strengt tatt gjelder denne på plane, flyplasslignende steder, ikke for nær bratt terreng. Slike steder er snarere unntaket enn regelen i Møre og Romsdal. Det er likevel fornuftig å benytte denne verdien fordi den representerer en referanseverdi som kan korrigeres opp eller ned. Mange steder vil forsterkningseffekter og skjermingseffekter inntre samtidig (skog, bebygd terreng, terrengskjerming på den ene siden, føring, nedslag fra bratt terreng på den andre siden).

4.4.2 Skjermede områder

Områder som er vindskjernet i mange situasjoner finnes en del steder i fylket, men de kan være vanskelig å identifisere uten målinger eller lokal kunnskap. Følgende skjema gir eksempler på steder som anses for skjernet:

- A) Steder i le av permanent skog, men ikke på steder som skal ha forsterkningseffekter
- B) Lukkede eller trange dalfører som 1) ved høy friksjon hindrer kanaliseringseffekten og 2) ikke har andre forsterkningseffekter. (Eksempel: Dalområder øst i sørlige del av Fræna kommune (4))
- C) Områder i ytre strøk der bratt terreng øst og sørøst for stedet bremser vest og sørvestlig vind
- E) Områder i kanalsoner som ligger i innbuktninger eller søkk, og som ikke er utsatt for vindkast fra bratt terreng i utsatte sektorer. (Eksempel: Elnesvågen, Fræna)
- D) Store, åpne områder med slakke stigninger, gjerne med vegetasjon, som på noe lenger avstand er omgitt av fjell (få eksempler i Møre og Romsdal, men enkelte steder i Rindal og Surnadal vil kunne passe).

Felles for mange steder innover i fylket er skjerming for en rekke retninger, mens en eller flere smale sektorer kan gi sterk vind og blir utslagsgivende for ekstremvinden.

En bør ikke gå lavere ned enn nedre del av soneverdien, dersom man ikke har utført en skikkelig faglig analyse på byggestedet.

4.4.3 Områder med generell forsterkning (utsatte områder)

Herunder hører havområder, sterk vind i gjennomgående kanaler, nes, hjørner og trakter i terrenget, nedslagsvinder (lokalt ofte kalt "fallvinder") (unntatt av særlig sterk type). Vi kan sette opp et mer systematisk skjema:

- A) Havområder
- B) Gjennomgående fjorder i SV-V retning i ytre sone og S-Ø retning i indre sone. Fjordbunner der vinden i fjorden er vurdert som forsterket vind (Eksempel: Frænfjorden, Vartdalsfjorden, Kvernesfjorden, Hjørundfjorden, Romsdalsfjorden)
- C) Gjennomgående kanaler i terrenget (Eksempel forlengelsen av Kvernesfjorden og forlengelsen av Gjernesfjorden)
- D) Nes, terrenghjørner, pass, trakter, bakketopper (nes: Årø, hjørner: Hustad, Stemshesten fra Farstad og retning Sandblåst, trakt: Halsanaustan)
- E) Steder ved bratt terreng som en anser utsatt for nedslagsvind fra fjellene, men som en likevel ikke vil identifisere som et område med kraftig forsterkning (Eksempel: Romsdalen generelt (utenom strekningen Trollveggen - Sogge bru - Mjølva - munningen av Isterdalen), strekningen Hostad-Farstad i Fræna, mange steder i Ørsta, Volda og Norddal kommuner)

4.4.4 Områder med kraftig forsterkning (særlig utsatte områder)

Områder der sterk høydevind blåser på skrå over en bratt fjellrygg ($\geq 30^\circ$) er i faresonen for sterke vindkast, ofte kombinert med spiraler (virvler med horisontal akse, liten eller noe større skala) og virvelvinder (småskala virvler med vertikal akse. Steder der vinden samtidig kan blåse inn fra siden, feks. nær ryggens endeparti, er særlig utsatt.

Partier der 2 dalfører med bratte fjellsider møtes (Sunndalsøra, Syvde, Sogge i Romsdal) er steder en skal være oppmerksom på. Her er det flere muligheter for å passere bratt terreng og samtidig trekke luft inn fra siden.

Sterkest høydevind blåser i regelen fra vestlig kant i Møre og Romsdal, for indre strøk også fra sørøstlig kant. I ytre strøk kan den kritiske sektor settes til $210-290^\circ$. I indre strøk av Sunnmøre er den $090-290^\circ$. I indre strøk av Romsdal og Nordmøre er sørvestlig vind i regelen noe svekket (5) og kritisk sektor blir $090-200^\circ$ samt $250-290^\circ$. Nordvestlig vind vil

også kunne gi sterke nedslag enkelte steder i fylket, men da bakgrunnsfeltet ($\geq 300^\circ$) i regelen er noe svakere, vil det være liten risiko for å få kraftig forsterkning i forhold til soneverdien. Derimot vil det finnes en del områder med generell forsterkning som følge av nedslag i nordvestlige felt.

I indre strøk vil det være færre steder enn i ytre strøk fordi høye fjell kan virke skjermende på et område dersom de ligger et stykke unna (Eksempel: Hovden (Ørsta-Volda) som har et fjellparti på sørsiden som virker forsterkende på sørvestlig og sørøstlig vind, men der sørvestlig vind er bremsset av fjellene rundt før den når stedet og sørøstlig vind er generelt svekket i forhold til indre strøk). Også Sandane lufthavn har en slik effekt, der Ålfotmassivet trolig virker noe dempende, mens fjellkammen vest for lufthavnen virker forsterkende.

Fysiske betraktninger

Sterke nedslag kan forekomme når vinden avløses over bratte partier av fjellryggens nedstrømsside. Med avløsning menes at vindfeltet ikke lenger kan følge underlaget pga. raske forandringer. En luftpakke som strømmer over et fjell og plutselig kommer til et stup vil derfor fortsette rett fram i luften. Men slike luftpakker øver et drag på luft under, det drar med seg luft fra området på le-siden av skrenten. Effekten er som i en sprøytepistol. Det dannes et undertrykk i dette området. Etter hvert dras høydevinden ned til bakken og en del luft suges tilbake og oppover skrenten. Resultatet blir en stående rotor. Rotoren er full av turbulens, særlig i områder der høydevinden kommer ned til bakken. Men samtidig svekkes energien ved friksjon, slik at de mest ekstreme vindkastene er lite typiske ved en rent 2-dimensjonal fjellrygg. Det blir som å vedlikeholde en rotor ved drag på oversiden.

Dersom høydevinden har en skrå vinkel i forhold til skrenten, kan det oppstå en spiralformet virvel og tilbakestrømning skjer på skrå inn mot kammen igjen, med en vinkel på ca. 90° i forhold til høydevinden. Luftpakkene behøver kortere fri avstand fra skrenten før de når ned til bakken igjen. Rotoren går over i en spiral som lett trenger ned i trange dalfører og fjorder. Spiralen transporterer luftpakker med stor hastighet ned til bakken på motsatt side av fjorden, tilbake langs bakken på skrå over fjorden, ofte noe kanalisert og dreiet langs fjorden helt nederst. Luftpakken dras opp og inn i suget fra høydevinden et stykke unna der de ble dratt ned. Situasjonen skifter kontinuerlig ut lufta i fjorden. Resultatet blir et lavere friksjonstap enn situasjonen med en stående rotor ved vind på tvers av fjellkammen, og følgelig sterkere vindhastigheter.

Denne situasjonen kan lufte ut fjorder med ikke-gjennomløpende kanaler mer effektivt enn vind langsetter fjorden. Eksempel er vind i Sørfjorden ved Odda, der det er sterk vind ved sørøstlige felt, mens sørlig vind bare i liten grad trenger ned til fjorden. R. Hansen (5) fant ved systematiserte utsagn fra ferjeskipperne i Møre og Romsdal at det i snitt var nesten like

sterk vind i fjorden selv om feltet var $\pm 45^\circ$ i forhold til fjordretningen, som ved vindfelt langs fjorden. Den aller sterkeste vinden kom faktisk i de fleste tilfellene (54%) ved vindfelt på skrå. Vindfelt på tvers ble i de fleste tilfellene en del redusert både i forhold til vind på skrå og på langs.

Den alvorlige situasjonen oppstår når fjellryggen har en 3-dimensjonal, bratt struktur. Vind strømmer da også rundt fjellryggen og inn i separasjonsområdet. Dette gir ekstra energi til spiralen. Dette er situasjonen på Gibraltar (Figur 3, fra (7)), der sørvestlig vind over en fjellrygg fra nord som ender i sør, separeres i den bratte østhelningen og en spiral oppsettes. Samtidig blåser vind inn fra lavere nivåer fra sør og spiralen forsterkes. Fenomenet er godt studert ved observasjoner og vindtunnelforsøk (8). Ved storm på sjøen utenfor, er det store sugkrefter inne i spiralen som bl.a. har revet løs et større parti stålplater som ble brukt til beskyttelse for bølger og sjø. I et slikt sugområde er det grunn til å tro at det dannes virvelvinder, dvs. virvler med horisontal akse. Slike virvler observeres mange steder på le-siden av bratt terreng (Hustadelva, Sandblåst innunder Stemshesten).

Dette er også grunnen til velkjente observerte fenomener der vinden i en fjordmunning med bratte fjell helt ut til munningen kan gi et "ragnarok" av sjøsprøyt, virvler og kastevind i fjordmunningen, men gode seilingsforhold lenger ute.

Slike 3-dimensjonale fjellrygger er det mange av i Møre og Romsdal. Stemshesten ved Hustadvika er et godt eksempel. Ved vestlig vind over denne sørøst - nordvestrettede fjellryggen er det store krefter igang på østsiden, nær enden av ryggen (Sandblåst).

Fjellpartier med mindre utpreget ryggform kan også gi spiralvirvler. Craigøya utenfor England er et godt eksempel. Øya er bratt, men bare 330 m høy. Når vinden blåser over og rundt øya, og har en slik retning at vinden kommer rundt på forskjellig måte, settes det opp intense spiraler ut fra øya, se Figur 3, hentet fra (9). Undersøkelsen konkluderer med at vertikalvinden i 400 m's nivå kan bli like sterk som horisontalvinden. Ut fra dette er det rimelig å regne med at vindkast like sterke som høydevinden kan nå bakken på le-siden av fjellet. Slike fjellpartier kan også utgjøre deler av en rygg og gi sterke effekter også ved vind på tvers av ryggen (Hanan sør for Gjerdsvika ved sørvestlig vind, Bårdsetfjell ved Follfjorden i Aure).

Fra de bratte partiene i enden av fjellrygger eller på le-siden av markerte topper, stup o.l. som gir mulighet for splitting og samling av vinden, kan det settes opp spiraler ut fra fjellet. Vinden må da passere over fjellpartiet samtidig som den passerer på forskjellig måte på hver side. Slike spiraler kan være kortvarige og små i dimensjon, men svært intense og ødeleggende der de treffer. Det er mange beretninger om vindstriper i skog eller terreng som kan forklares ved slike spiraler. Den velkjente vingetipsvirvel fra en flyvinge er en slik spiral.

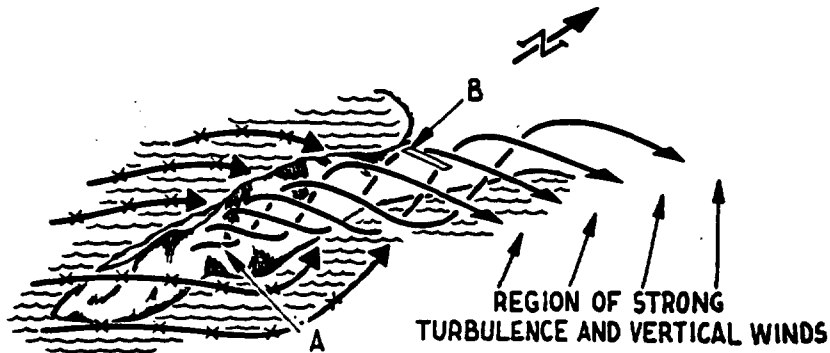


Figure 1 Lee vortex (plain solid arrows) springing from southeast catchment area at the Rock of Gibraltar with large-scale flow from 220°. Solid lines with z's indicate upstream flow from the southwest and flow around the tip of the Rock into its lee. A indicates approximate location where metal water supply shingles have been sucked up by the vortex. B is the runway from which air traffic experiences strong turbulence because of severe flight track restriction (after Cook et al., 1978). From B to the tip of the rock is approximately 8 km.

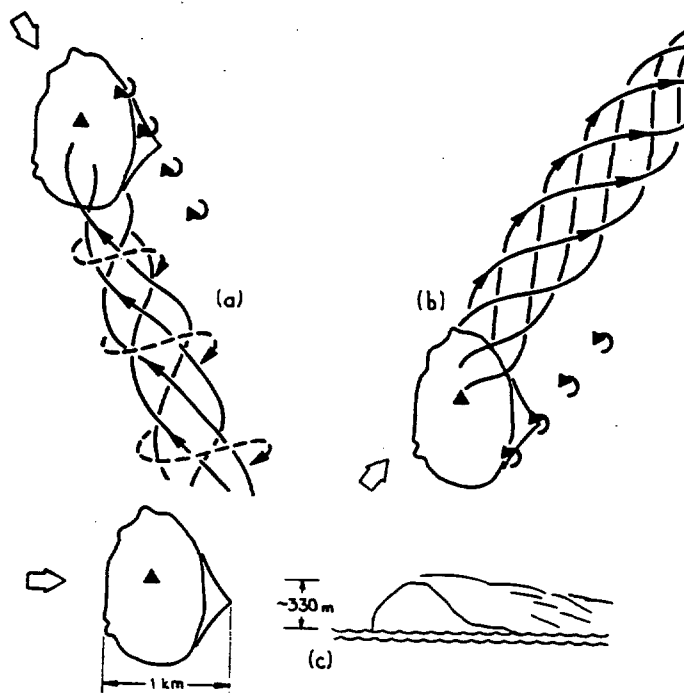


Figure 2 Flow field observed or inferred at Ailsa Craig (after Jenkins et al., 1981) using aircraft that flew boxes around the island in winds from the northwest (a) and southwest (b). Westerly flow (c) indicating simple flow separation is inferred. Thick double arrows indicate upstream wind direction. The continuous lines represent vortex lines in the trailing wake vortices and the broken lines represent stream lines except in (c) where an indication of the wake is sketched.

Figur 3.

Spiralvirvler observert på Gibraltar (Figure 1) og Ailsa Craig (Figure 2).

Fjellrygger med mer beskjedne helninger, men med mindre områder med bratt terreng, kan gi opphav til spiraler i bratthengene. Ved strømming rundt fjellryggen og inn mot disse spiralene tilføres energi og hastigheten aksellererer (Bådalen (Nedal) på Averøya).

Fjellryggene ligger ofte på kryss og tvers i terrenget, og det er et nitidig og meget vanskelig arbeid å kartlegge hvilke fjellrygger som gir sterke nedslag og hvor nedslagene kommer. Ikke minst skyldes dette at forskjellige fjell påvirker hverandre. Dessuten er det ved fralandsvind betydelige fjellbølgeeffekter som kompliserer arbeidet ytterligere (10).

Skadestudier.

Ved studier av terrenget rundt store skadesteder fra orkanen 1.1.92 ser vi at svært mange av skadene kan tilskrives steder som ligger på le-siden av bratte fjellrygger. Fra O. Bruasets orkanbok (6) er det plukket ut omtrent alle sted- og tidfestede episoder under den kronologiske delen av boka, se Appendiks B. Enkelte nærliggende situasjoner med nært beslektet årsak er slått sammen. Ialt har dette gitt 59 situasjonsbilder. Bare tidsangitte beskrivelser er benyttet, fordi dette har gjort det mulig å bestemme en generell vindretning (upåvirket vindfelt) over stedet. Dette er nødvendig for å dokumentere årsaksforholdet.

Av de 59 rapportene ligger ca. 1/2- delen (28) slik til at vinden har passert over en bratt fjellrygg like før stedet. Disse 28 rapportene representerer samtidig de mest alvorlige skadestedene, bl.a. Rovdestranda, Gjerdsvika, Bjørlykke i Haram, Flatraket i Selje. Steder med velbeskrevne "fallvind"effekter slik som Våtedalen i Gloppen, Trandal i Hjørundfjord, Soleim på Tustna og Romsdalshorn stasjon hører også hit. Hele 23 av de 28 stedene kan karakteriseres som rene vindeffekter av særlig sterk karakter, 1 er en blanding av vind og skader ved bølger og høy sjø (Nordfjordeid). Figur 4a, b og c er hentet fra beskrevne steder i (6). Flere av disse stedene har vært framme i media i tiden etter orkanen.

Av de resterende 31 beskrivelsene er 15 vind i fjordkanal der vinden ikke har passert over bratt terreng. 2 steder er en kombinasjon av vind i kanal og vindnedslag fra en bratt fjellside (Ulvesundet), 5 er steder der havet kommer rett inn, mens 10 er steder der vindkraftene neppe har vært like ekstreme som på de øvrige 49 stedene. Det kan være steder som kan være nevnt pga. kuriositeter eller sterke personlige opplevelser. Skader som utløses relativt lett pga. bygningens tilstand/utforming, slik som store flate tak som har blåst av en bygning, hører hit. Det er selvfølgelig ikke sikkert at dette tallet skulle være 10, idet en rekke ødelagte bygninger også kan ha hatt svak konstruksjon. Det er imidlertid lagt vekt på selve skadeforløpsbeskrivelsen ved systematiseringen, slik at skade på en svak bygning i et "tøft" vindområde likevel skal plasseres i en vindforsterkningskategori.

De 5 havbeskrivelsene og de 15 kanalbeskrivelsene, skyldes vesentlig båter som er i havsnød

eller virkning på kaier og fjordbunner. Skadene er ofte ikke rene vindskader, men en blanding av vind, strøm, høy vannstand og bølger. Av rene vindskader på bygninger har vi her bare 6 beskrevne steder: Myrbostad i Fræna, Rødsand på Averøya, Hopen på Smøla, Storfosna, Ørlandet og Frosta. Av de 10 øvrige stedene er 3-4 slike vindskader, men disse skyldes trolig svake konstruksjoner.

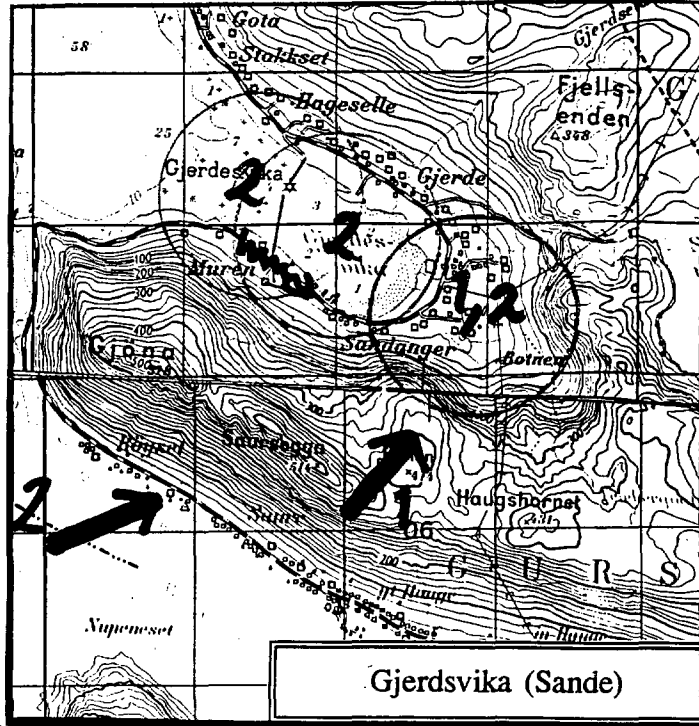
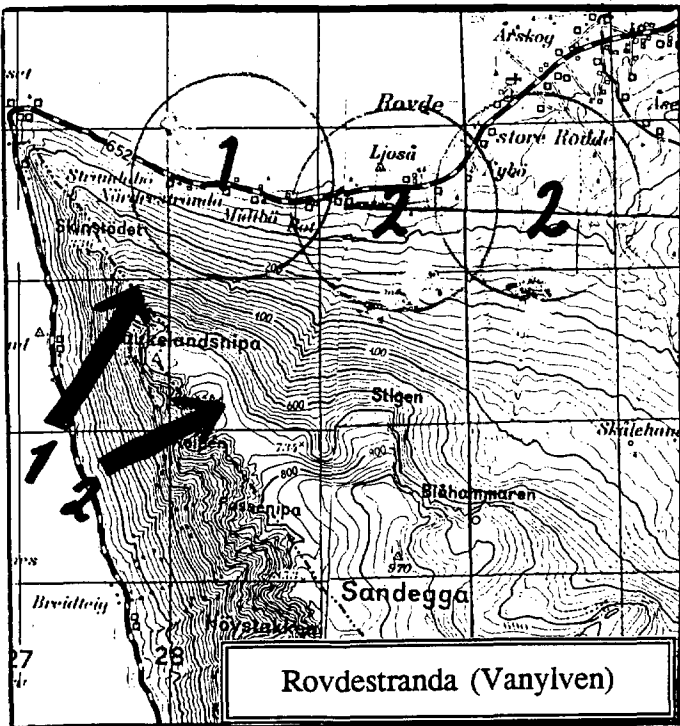
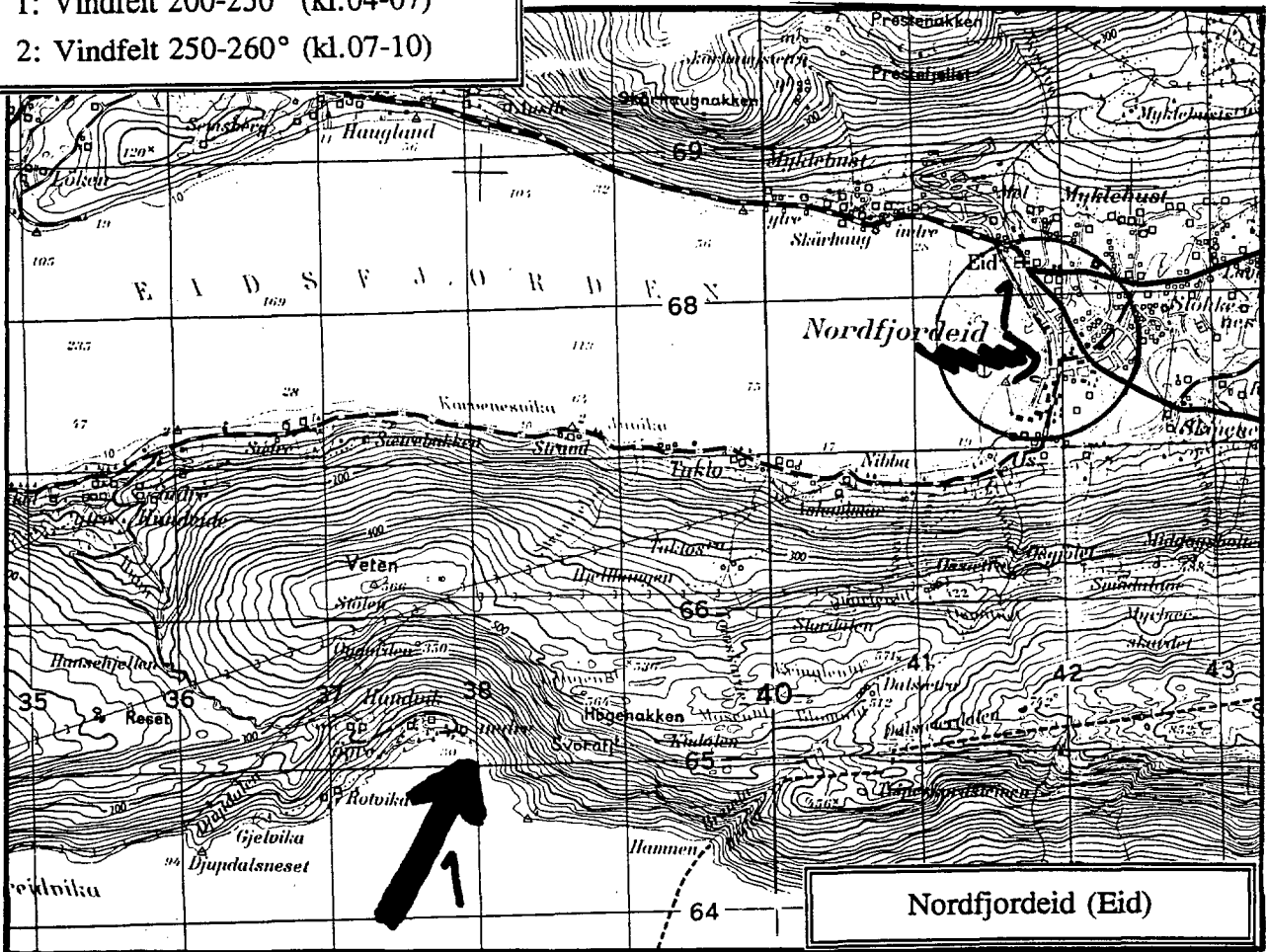
Dvs., 24 av 30 (80%) av alvorlige, rene vindskadesteder skyldes effekter på le-siden av bratte fjellrygger, mens 20% ligger på andre vindutsatte steder. Disse 80% representerer samtidig de sterkest rammede skadestedene. Dette gir det samme bildet som det som kom fram ved detaljerte studier av skadebildet i Fræna kommune.

Her må skytes inn at både bebyggelse, byggeskikk og plassering av bygninger gjør at utsatte hav og fjordstrøk nok har få større skader. Det jevne, harde vindklimaet, sammen med risiko for sjø og sjøsprøyt og et ugjestmildt landskap, gjør at folk ikke bor der, evt. at det bygges med stor omtanke. Vind i åpne fjordkanaler vil dessuten blåse mest midt i fjorden og bare nå land på utsatte nes, fjordbunner o.l. På Fræna var det imidlertid bebyggelse både langs kystlinjen hvor vinden kommer rett inn fra havet, og på le-siden av bratte fjell. De alvorligste skadestedene var Hustadelva og Sandblåst, begge på le-siden av bratte fjell. Inntrykket var at det var plasseringen i forhold til fjellene, ikke byggeskikken, som avgjorde skadeomfanget.

Mange av vindnedslagene fra bratt terreng ned til en fjord vil dreie nede i fjorden og blåse langs denne. Derved kan en bli fristet til å klassifisere situasjonen som kanaliseringsårsak. Men dette kan være helt galt. Nordfjordeid er et godt eksempel. Stedet har fått mange skader og høy sjø som har veltet innover kaia. Fjorden har øst-vest retning. Beskrivelsene fra Nordfjordeid skriver seg imidlertid fra kl. 04-06, da viser vindregistreringene i Florø 210° og Vigra 200-220°. Analyse av høydevindfeltet viser at forholdene var de samme helt opp til 500 Hpa-flaten (ca. 5000moh). Vindretningen over Hornet-Veten har altså vært dvs. ca. 45° på fjordretningen. Forklaringen er det undertrykk som oppstår på le-siden av denne fjellryggen. Vinden separeres og vris ned som en spiral og dreies inn mot Nordfjordeid nede ved fjorden. Denne spiralen er en fysisk mekanisme som gjør det mulig også å trekke vinden opp igjen fra fjordflaten. Den er derfor langt mer effektiv enn en "statisk transport" langs en kanal som følger vindretningen. En slik mekanisme blir bare effektiv når det er god gjennomløpning av kanalen. Nordfjordeid tilfredsstiller bare delvis en slik betingelse idet kanalen her støter inn mot høyfjellet lenger inne i fylket. Andre steder der en nøyere analyse viser nedslag framfor kanaleffekt, er Eidheim i Volda, Raudeberg i Ulvesundet, Rød i Gjemnes og Bøfjorden i Surnadal.

Konklusjonen er her, som ved Frænaundersøkelsen, at de mest alvorlige vindskadene inntreffer ved vind på skrå over bratte fjellrygger, særlig når vinden kan gå over og rundt fjellpartiene og gi opphav til 3-dimensjonal separasjon på le-siden.

1: Vindfelt 200-230° (kl.04-07)
 2: Vindfelt 250-260° (kl.07-10)

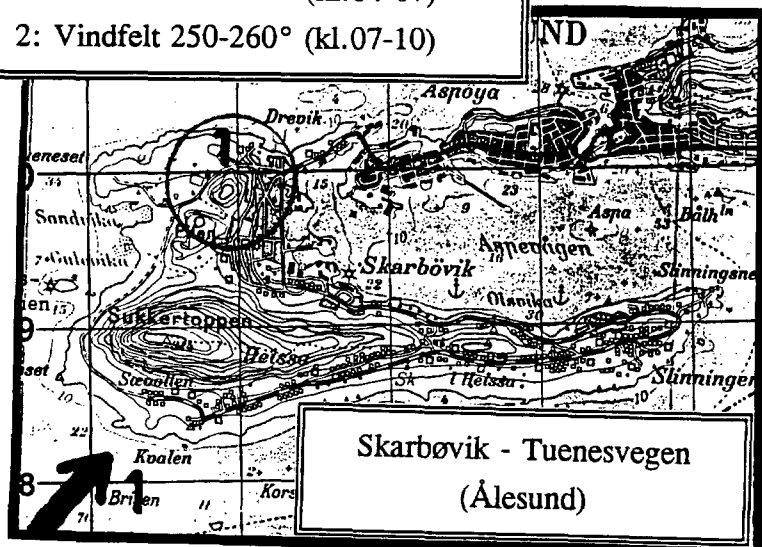


Figur 4a.

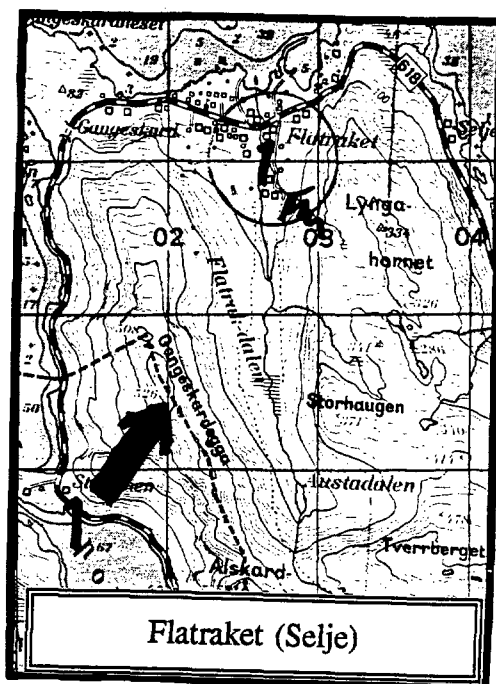
Kart over skadestedene Nordfjordeid, Rovdestranda og Gjerdsvika. Tykke piler angir uforstyrret vindfelt og sikksakkpiler angir nedslagsvind der hvor vindretningen kan defineres utfra skadebeskrivelsen.

1: Vindfelt 200-230° (kl.04-07)

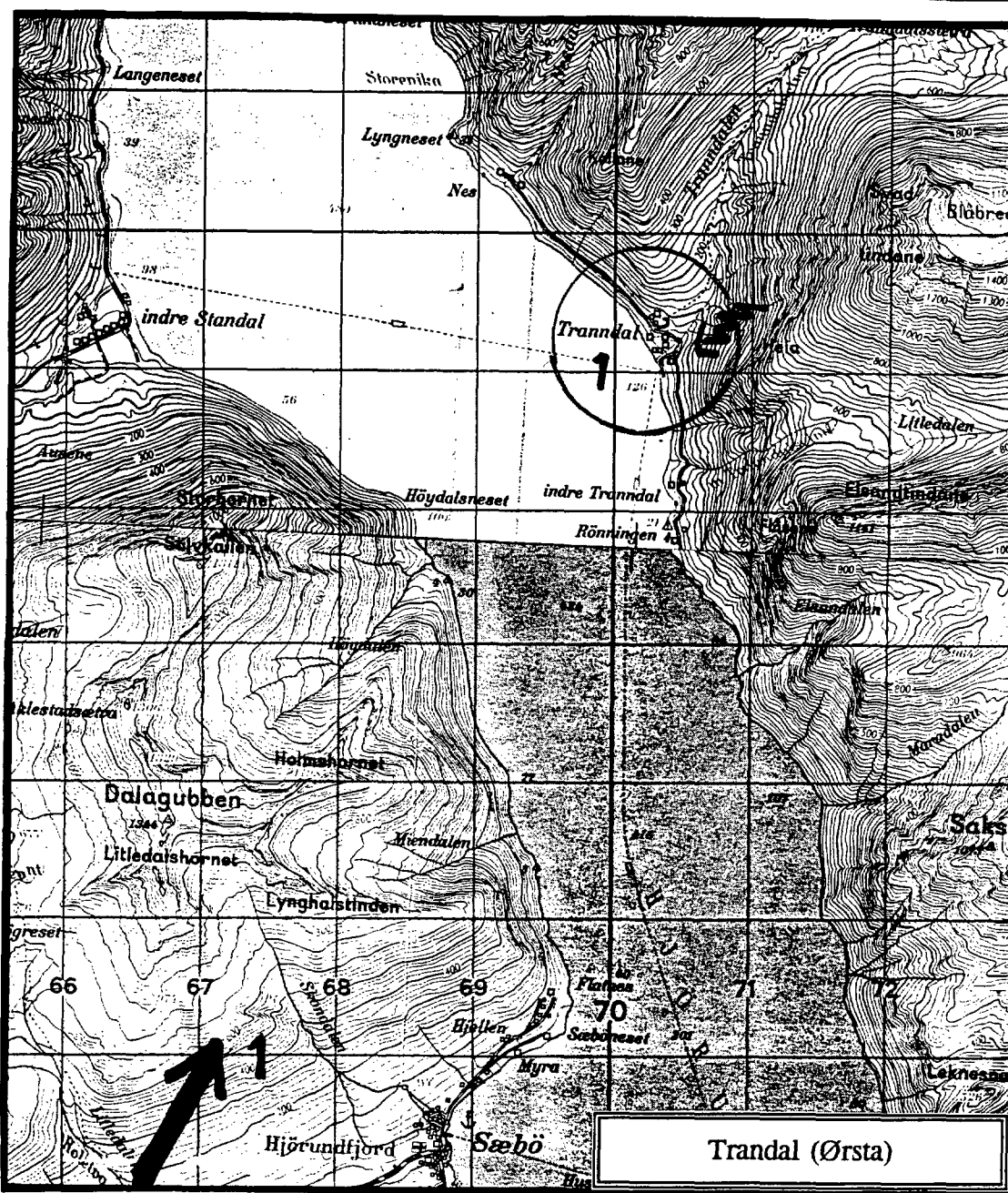
2: Vindfelt 250-260° (kl.07-10)



Skarbøvik - Tunesvegen
(Ålesund)



Flatraket (Selje)



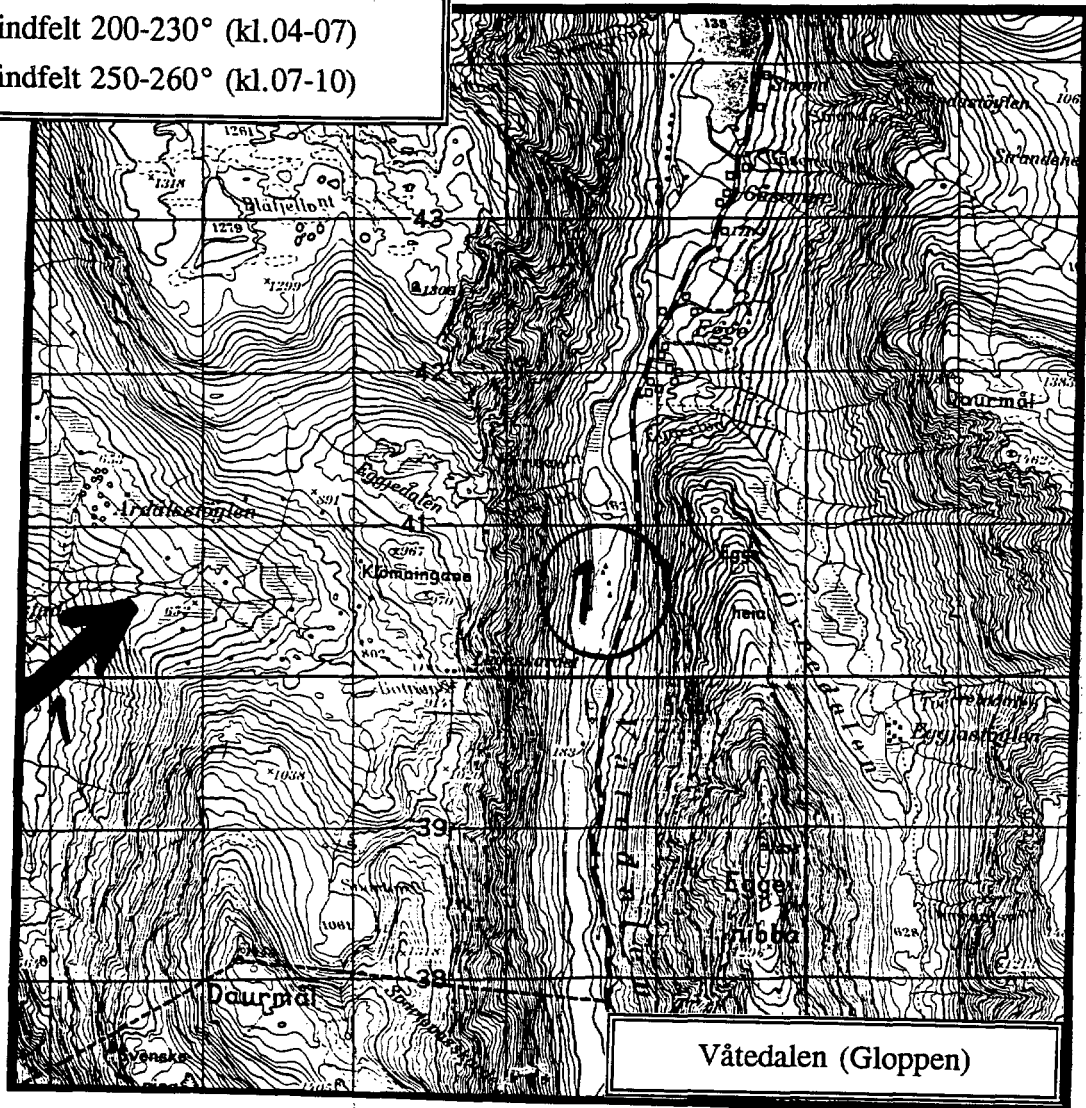
Trandal (Ørsta)

Figur 4b.

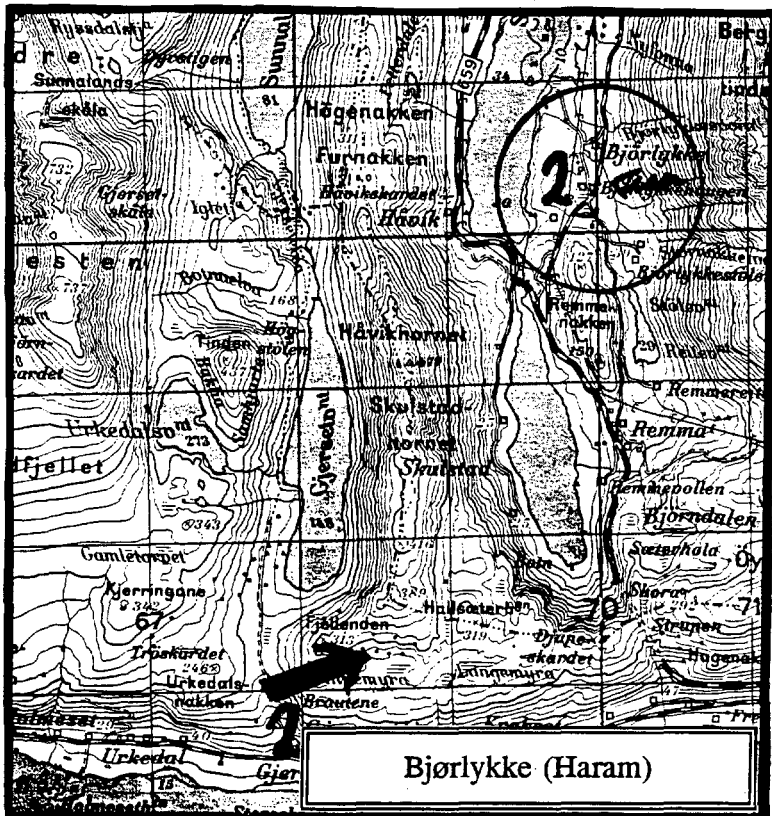
Kart over skadestedene Skarbøvik, Flatraket og Trandal. Tykke piler angir uforstyrret vindfelt og sikksakkpiler angir nedslagsvind der hvor vindretningen kan defineres utfra skadebeskrivelsen.

1: Vindfelt 200-230° (kl.04-07)

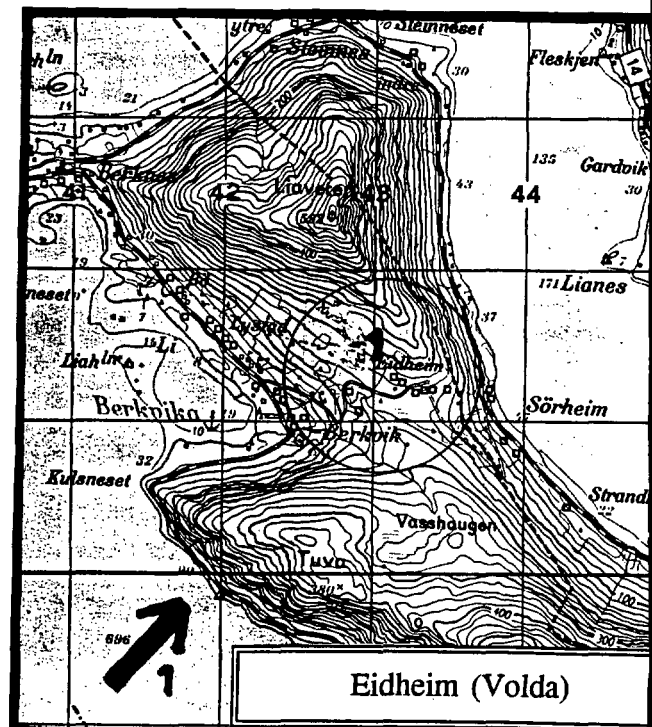
2: Vindfelt 250-260° (kl.07-10)



Våtedalen (Gloppen)



Bjørlykke (Haram)



Eidheim (Volda)

Figur 4c.

Kart over skadestedene Våtedalen, Bjørlykke og Eidheim. Tykke piler angir uforstyrret vindfelt og sikksakkpiler angir nedslagsvind der hvor man har opplysninger om lokal vindretning.

O. Bruaset (6) nevner også en del ikke tidsangitte steder med store skader. Følgende områder faller innunder kategorien med sterke nedslag på le-siden av en bratt fjellrygg:

Haus i Eide

Standal i Flora

Refvik i Vågsøy

Hustadelva i Fræna

Måndalen i Rauma

Bådalen (Nedal) i Averøy

Visnes i Eide

Tresfjord i Vestnes

Follfjorden i Aure er nevnt av takstmann Å. Sollid (pers. kommentar) som et sted med særlig store skader. Stedet ligger ved enden av en bratt fjellrygg.

Sterke vindkast på Sunndalsøra er dokumentert ved måling. Stedet har også en del skader, mest ved sør og sørøstvind (5).

På Romsdalshorn er det dokumentert skade i vestlig vind. Iflg. opplysninger fra lokalbefolkningen er det sterkere vindkast i området omkring Sogge bru, enn ute på Øra. Med 46 m/s som 50-årsverdier på Øra ved Raumas munning (ved Åndalsnes), befinner vi oss derfor i et område med særlige forsterkning og vindkast på 50-60 m/s i dette området (Åndalsnes sentrum ligger skjermet for all sørøstlig vind).

4.4.5 Fjellområder

I ytre strøk regnes områder over 350 moh som fjellstrøk, i indre strøk ca. 700 moh. I ytterste strøk av sone I vil også lavere fjell enn 350 moh. bli tatt med her, dersom de er frittliggende. Verdien på 70 m/s er bare ment for frittliggende og sterkt eksponerte topper, og vil meget sjelden komme til anvendelse. Typiske verdier for snaufjellet vil ellers være 50-55 m/s i ytre strøk og 45-50 m/s i indre strøk. De laveste verdiene er ment i mer skjermede hytteområder etc. (NB: Dersom disse ikke er utsatt for vindnedslag fra bratt terreng).

4.5. Sammenligning med skadestatistikk

Pr. oktober 1992 forelå det en relativ skadestatistikk fra 37 av 38 kommuner (11). For kommuner plassert som kommuner i ytre strøk (21 kommuner) var relativ skadefrekvens 20.3%, regnet som et ikke-vektet gjennomsnitt for kommunene, For de 9 overgangskommunene var tallet, 17.4%, mens det for kommunene i indre sone (7 av 8, Rindal mangler) var 9.0%. Det er altså relativt liten forskjell mellom ytre og midtre strøk, men større forskjell inn til indre strøk. Her må en innskytte at indre strøk enkelte steder vil ha ekstremvind i sørøstlige vindfelt, mens slike felt vil gjøre seg mindre gjeldende i ytre strøk.

R. Hansen (5) benyttet skadestatistikk ut fra meldinger innkommet til Vervarslinga på Vestlandet i tid 1969-85. Ialt 446 skader var innrapportert. Gjennomsnittsverdien av relativ skadefrekvens beregnet etter samme mønster som over for indre strøk var da 0.45%, for midtre strøk 0.47% og for ytre strøk 0.93%. Disse tallene har bare interesse ved innbyrdes forskjeller, idet bare et utvalg skader må påregnes innrapportert til Vervarslinga på Vestlandet.

Merk at perioden 1969-85 omfatter skader ved alle stormer, uansett vindretning. R. Hansen (5) fant at sørlig vind gav en del skader på indre Sunnmøre, samt Sunndal, fra Sunndal også fra sørøst. Ellers dominerte skadene ved sørvestlig og vestlig vind.

Det er da rimelig sammenheng mellom fordelingen av skader i en lang periode og skadene under orkanen 1.1.93. Forskjellen er at skadene trakk seg noe lenger inn i midtre strøk enn det som er gjennomsnittet, men at forholdsvis færre skader nådde inn til indre strøk.

Det samlede skadestatistikkmaterialet indikerer at det er en indre og en ytre sone, med en overgangssone imellom. Materialet gir ikke entydig svar på hvor overgangssonen skal legges, men gir heller ikke grunnlag for å velge andre overgangskommuner enn de valgte (kap. 4.2).

5. SAMMENLIGNING MED NORSK STANDARD, NS3479 OG NY EUROPEISK STANDARD

De siste årene har det vært igang en arbeidsgruppe hvis mandat er å komme fram til ny europeisk standard for vindlaster. Norge deltar i dette arbeidet (dog ikke som medlem av arbeidsgruppen). Siste dokument (12) fikk ikke tilslutning i tilstrekkelig grad fra CEN-landene og vil bli noe omarbeidet. Det vil ta noe tid før standarden kan gjennomføres for Norge.

Hovedfilosofien kommer trolig til å bli beholdt. Denne går ut på å benytte 10 min. middelvind over en flate med jevn ruhet, z_0 på 0.05 m, svarende til en flyplassflate, som referanse. Referansevinden måles 10m over terreng og har returtid 50 år. Korreksjoner for andre returtider, terrenghøyder, terrengtyper er innlagt. Andre korreksjoner, som en enkel topografikorreksjon for strømningkonvergens over en ås, samt overgang mellom ruheter ligger også i utkastet, men det er noe uklart hva som blir vedtatt her.

Ved å regne på korreksjonsfaktorer til andre terrengtyper: fritt hav ($z_0=0.01$ m), skog - småhusbebyggelse - industriområder ($z_0=0.3$ m), store byer ($z_0=1$ m), fåes korreksjonsfaktorer på 1.17, 0.77 og 0.67, der sistnevnte er regnet ned til 16 m's høyde, de øvrige til 10m.

5.1. Teoretiske sammenhenger mellom kastfaktorer, turbulensintensitet og overflateruhet

Maksimalt vindkast kan beregnes utfra turbulensintensitet, I_u . I_u er definert som standardavviket, σ_u , av øyeblikksmålinger, u_i , dividert på middelvinden over 10 minutter, u_{10min} :

$$I_u = \frac{\sigma_u}{u_{10min}} \quad \text{lign. (1)}$$

Turbulensintensiten er knyttet til kastfaktoren ved formelen:

$$I_u = \frac{GF_{3sek} - 1}{2.6} \quad \text{lign. (2)}$$

hvor GF_{3sek} er kastfaktoren for 3 s vindkast, definert som sterkeste vindkast med 3 sekunders varighet i løpet av tiden T, dividert på middelvinden u_T , $T=10$ min.

$$GF_{3sek} = \frac{u_{3sek}(\max)}{u_{10min}} \quad \text{lign. (3)}$$

Lign. 2 er funnet å stemme ved målinger av vindkast og turbulensintensitet på Askøy (3) og senere bekreftet ved målinger på Hurum (Stikkvannskollen, Nilsåsen), Bu i Hardanger og Vealøs.

I_u kan kobles til det logaritmiske vindprofil gjennom lign. 4, hentet fra Panofsky and Dutton (13):

$$I_u = \frac{\kappa A}{\ln \frac{z}{z_0}} \quad \text{lign. (4)}$$

Her er κ von Karman's konstant (0.41) og A en empirisk konstant. I (13) er A angitt til 2.39 ± 0.03 på grunnlag av en del målinger i flatt terreng. z er høyden over bakken og z_0 ruheten. Dette gir $\kappa A = 0.98$ i lign. 4.

Bruk av lign. 2 og 4 gir da lign. 5.

$$GF_{3sek} = 1 + \frac{2.55}{\ln \frac{z}{z_0}} \quad \text{lign. (5)}$$

Lign. 5 gir nå sammenhengen mellom ruhet og kastfaktor ved høyden z . For $z=10$ m og $z_0=0.01$ m, 0.05 m, 0.3 m får vi da $Gf_{3sek}=1.37$, 1.48 og 1.73. For $z=16$ m og $z_0=1$ m får vi 1.92.

På denne bakgrunn benyttes kastfaktorene 1.35, 1.5, 1.75 og 2.0 for de 4 overflatetypene (hav, flyplass, skog/bebyggelse, storbyer).

5.2. Sammenligning med NS3479

Norsk standard, NS3479 (1), kurve A, angir 35 m/s (ikke-værharde strøk), mens kurve angir 40 m/s (værharde strøk), begge referert til 10 m's høyde.

Ut fra soneverdiene (Figur 2) synes det klart at vindklimaet i Møre og Romsdal er strengere enn det som ligger til grunn for Norsk Standard, NS 3479.

I 70 m's høyde angir kurve A 45 m/s, mens kurve B gir 40 m/s, dvs. forholdstall på 1.285 og 1.275 mellom 70 og 10 m's høyde, hhv. Bruk av lign. 5 sammen med det logaritmisk middelvindprofil gir tilsvarende forholdstall på 1.25 for $z_0=0.05$ m, 1.28 for $z_0=0.1$ m og 1.32 for $z_0=0.3$ m. Både kurve A og B svarer altså til et tilnærmet flyplassterreng (svakt ruere). Lign. 5 gir kastfaktor 1.55 i 10 m's målehøyde ved $z_0=0.1$ m. I denne undersøkelsen er referanseflaten karakteristika på $z_0=0.05$ m og $GF_{3SEK}=1.5$. Det er små forskjeller mellom dette og resultatet fra NS3479.

Høydeprofilene i Norsk Standard, NS3479, kurve B, anbefales derfor beholdt inntil ny europeisk kode blir gjennomført.

5.3. Sammenligning med forslag til ny CEN - standard

Med verdiene 40, 45 og 50 m/s som vindkastverdier i flyplassterreng, kastfaktor 1.5, får vi referansevinden (10 min. middelvind, ruhet 0.05m, 50 års returperiode, 10 m's målehøyde):

27, 30 og 33 m/s

Etter forslaget til ny CEN-standard vil referansevinden i Møre og Romsdal ligge i området 27-33 m/s.

Med skogsruhet 0.3 m har vi etter forslaget til ny CEN-standard 0.77 som skjermingsfaktor på middelvinden og 1.75 som kastfaktor. Dette gir 36, 40 og 44 m/s, hvilket er i overensstemmelse med nye beregnede verdier i skjermingsområdet på 35-40 m/s (indre sone) og 40-45 m/s (ytre sone).

For havområder blir forsterkningsfaktoren tilsvarende 1.17 og kastfaktoren 1.35. Dette kan tenkes anvendt på utsatte områder generelt. Vi får da vindkast på 43, 47 og 52 m/s for de 3 referanseverdiene. Dette passer bra med angitte verdier for utsatte områder i indre sone, 45-50 m/s og for ytre sone, 50-55 m/s.

For særlig utsatte områder finnes ingen referanser i ny standard. Muligens kan kastfaktor 2.0 og referansehastigheter på 34-44 m/s benyttes for å få en enhetlig behandling. Dette vil gi vindkast på $(34-44) \times 0.67 \times 2.0 = 46 - 59$ m/s. Det ligger da innebygd en forsterkning av bakgrunnsfeltet på grunn av nedtatt moment, samt en høy turbulens (kastfaktor) slik det vanligvis er bak bratt terreng. Samtidig passer terrenntypen med beskrevet storbyterreng, som også er et miljø med markante ruhetsselementer.

Soneverdier og områdeverdier i denne rapporten kan lett overføres til referanseverdier/terrengkorreksjon slik det foreslås for ny CEN - standard. Tilleggsregler om topografi i komplekst terreng må imidlertid legges ved.

6. REFERANSELISTE

- (1) **Norges Byggstandardiseringsråd**
NS3479
Prosjektering av bygningskonstruksjoner. Dimensjonerende laster.
 Norges Standardiseringsforbund,
 4 utg, Oslo, 1990
- (2) **Aune, B. og Harstveit, K.:**
The Storm of January 1. 1992
 DNMI/KLIMA 23/92
 Oslo, august 1992
- (3) **Harstveit, K.:**
Askøy bro.
Vindmålinger på Storebuneset 01.12.87 - 29.02.88.
 Oppdragsrapport for Statens Vegvesen.
 DNMI/KLIMA 12/88
 Oslo 1988
- (4) **Andresen, L. og Harstveit, K.:**
Fræna kommune. Kartlegging av ekstreme vindhastigheter
 DNMI/KLIMA 06/93
 Foreløbig utgave 12.02.93
- (5) **Hansen, R.:**
Vind i Møre og Romsdal
 Hovedfagsoppgave i meteorologi
 Universitetet i Bergen, 1986
- (6) **Bruaset, O.:**
Orkanen
 Det Norske Samlaget, Oslo 1992
- (7) **Morton, B.:**
Flow around hills: A vorticity perspective.
 1984 Summer Colloquim, National Center for Atmospheric Research: Dynamics of Mesoscale Weather Systems, coordinated by J.B.Klemp. pp. 319-336. Distributed by Advanced Study Program, NCAR, Boulder, Colorado.

- (8) Cook, N.J., Coulson, B.H., and McKay, W.:
Wind Conditions around the Rock of Gibraltar.
 J. Ind. Aerodynamics, 2. p.289-309, 1978
- (9) Jenkins, J., Mason, P.J., Moores, W.H., and Sykes, R.I.:
Measurements of the flow structure around Ailsa Craig, a steep, three dimensional, isolated hill.
 Quarterly J. Roy. Meteor. Soc., 107,
 p.833-851, 1981.
- (10) Harstveit, K.:
Luftmassetransport og vindfordeling over Sør-Norge ved sørøstlige vindfelt. En beskrivelse av effekter generert av norske fjell.
 DNMI/KLIMA 7/87
 Oslo 1987
- (11):
Foreløpige erfaringer etter orkanen på Nordvestlandet nytårsdagen 1992.
 Statens byningstekniske etat i samarbeid med:
 Norges byggforskningsinstitutt
 Norges Bygg standardiseringsråd
 Norges landbrukshøgskole.
 Statusrapport oktober 1992.
- (12) Eurocode 1:
Basis of Design and Actions on Structures.
Part 2.7: Wind Loads.
 CEN/TC250/SC1/1992/N93
 Sept. 1992.
 Draft.
- (13) Panofsky, H.A., and Dutton, J.A.:
Atmospheric Turbulence.
Models and Methods for Engineering Applications.
 p.159-160
 John Wiley & Sons, New York 1984

APPENDIKS A.**BEREGNING AV 50-ÅRS VIND FOR STASJONER I SOGN OG FJORDANE, MØRE OG ROMSDAL OG SØR-TRØNDELAG****DATAGRUNNLAG**

Værstasjoner som blir benyttet i rapporten, er dels DNMI's tradisjonelle værstasjoner på fyr og flyplasser, dels automatiske værstasjoner som benyttes for kraftutbyggingsformål, pluss noen private stasjoner. Se figur 1. Datagrunnlaget for stasjonene er noe forskjellig. I tabell A.1 er listet opp værstasjoner som er benyttet i kartleggingen av ekstreme vindhastigheter for Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag. Tabellen inneholder foruten stasjonsopplysninger, også opplysninger om datarekkenes lengde og datatyper.

EKSTREM VIND

Ved beregning av ekstreme vindhastigheter, f.eks. 50-års vinden, benytter vi oss av Fisher-Tippett Type I ekstremverdifordeling (1). Sannsynligheten for at verdien x ikke skal overskrides et tilfeldig år er $P(x)$. Parametrene α og μ er hhv. skaleringsfaktor og typeverdi for x i frekvensfordelingsfunksjonen:

$$P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\mu)}} \quad \text{lign. (A1)}$$

Parametrene kan bestemmes ved bruk av forskjellige metoder. Disse er brukt på data fra værstasjonen Vigra (se nedenfor). Beregningene gir vindhastighet ved fritt valgt returperiode, N . En N -års vind betyr at vindhastigheten, $v(N)$, overskrides 1 gang hvert N 'te år i gjennomsnitt over flere N -års perioder. Sammenhengen mellom N og P er: $N=1/(1-P)$.

Analyse på Vigra-data.

Datarekken for Vigra har etter orkanen 1.1.1992 fått en "outlier". Det betyr at vindhastigheten denne dagen ligger langt utenfor den fordeling som de øvrige data beskriver. Vi har ønsket å vise hvordan en slik verdi påvirker beregningene av ekstremvind med 50-års returperiode.

A.2

Parametrene i Type I-fordelingen ovenfor kan bestemmes på forskjellig måte, etter hvilket prinsipp som er brukt som utgangspunkt. Dersom verdiene i datarekken er meget godt tilpasset ekstremverdifordelingen, vil samtlige metoder gi noenlunde likt resultat. Dersom flere av verdiene avviker fra den ideelle fordeling, vil resultatet variere med valg av metode. Metodene som er brukt er:

- a) Gumbels generelle metode for tilpasning av en rett linje til verdier plottet inn på et Gumbel-diagram (1).
- b) Momentmetoden til Gumbel (1).
- c) Sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet etter Kimball ((1), (5)).
- d) Liebleins metodikk (2 og 3) med bruk av såkalte BLUE-koeffisienter (Best Linear Unbiased Estimators).
- e) Minste kvadraters metode.
- f) Cooks storm-metodikk (4) med analyse av uavhengige stormer.

Det er også gjort forsøk med ulik lengde på datarekkene. Disse viser at det må utvises stor forsiktighet med bruk av datarekker under 20 år, spesielt hvis disse inneholder outlier-verdier. Med datarekker på over 30 år får vi resultater for 50-års vindkast på Vigra som varierer mellom 44 og 51 m/s.

Vi har foreløpig kommet frem til at sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet etter Kimball er å foretrekke for våre data. Metoden er enkel i bruk, den gir relativt stabile resultater også for datarekker med verdier som har betydelig avvik fra de øvrige (outlier-verdier), og resultatet av beregningene gir relativt liten standardfeil. Metodikkstudiene fortsetter imidlertid i neste prosjektfase og vil da bli nøyere diskutert.

Tradisjonelle værstasjoner.

Type I ekstremverdianalyse bygger på en serie uavhengige data. For tradisjonelle værstasjoner med lange datarekker har vi plukket ut årsekstremer for samtlige år i datarekken. For å unngå avhengighet mellom vindverdier i desember og januar, har vi satt årsskillet om sommeren. Disse stasjonene er basisstasjoner og gir referanseverdier for generelle vurderinger av ekstreme vindforhold for områdene i nærheten. Stasjoner med for korte rekker for en slik analyse, må kobles sammen med basisstasjonene etter ulike metoder, avhengig av datagrunnlag og datakvalitet. Se f.eks. (6) og (7). Stasjonene har observasjoner av 10-minutters middelvindhastighet og 3-sekunders vindkast, dessuten fortløpende registrering av vindretning. På de fleste stasjonene er vindmåleren plassert i standard målehøyde over bakken, dvs. 10 m. Det beregnes ekstreme vindhastigheter for 8 sektorer: N, NØ, Ø, SØ, S, SV, V og NV.

A.3

Automatiske værstasjoner.

De automatiske værstasjonene som er benyttet, har registrering av 1-times middelvindhastighet, 2-sekunders vindkast siste time og momentan vindretning ved timeskiftet. Datakvaliteten er variabel fordi disse stasjonene ikke har samme grad av tilsyn som ordinære værstasjoner. Målehøyden varierer fra 3 til 10 m over bakken. Metodikken er kort skissert:

1. Valg av måneder med tilnærmet fullstendig datasett, i tidsrommet september-april.
2. Utplukk av månedens høyeste vindkast og bestemmelse av retning på vindfeltet, basert på observasjoner over et større område.
3. Tilsvarende utplukk for en basisstasjon.
4. Sammenkobling av de to stasjonene for de viktigste sektorene (vestlige og østlige) og utnyttelse av basisstasjonens ekstremvindhastighet for disse sektorene.

Private stasjoner.

Stasjonene Øra ved Åndalsnes, Åfarnes i Langfjorden og Høgholmen i Freifjorden er stasjoner der det har vært foretatt målinger i kort tid, alle utført i 1970-årene. Vi har kjennskap til måleserier fra ca. 3 mnd. til ca. 1 år. På Åfarnes og Høgholmen har vi bare kjennskap til middelvindregistreringer. På disse stasjonene har vi ikke fullstendig oversikt over måleutstyr eller plassering. Datakvaliteten på disse stasjonene er derfor ukjent. På Øra har stasjonen vært inspisert av K. Harstveit (8). Stasjonen har dessuten gode serier også av vindkast.

Metodikken har gått ut på å sammenligne disse data med data fra Ona og Vigra gjennom et utvalg av episoder med sterk vind.

RESULTATER

I tabellene A.2-A.4 er gitt årsekstremer for middelvind og vindkast, evt. månedsmaksima av vindkast, for de forskjellige stasjonene. Tabellene viser resultater for fyrstasjoner, flyplasser og automatstasjoner hver for seg. I tabell A.1 er vist en sammenstilling av 50-års vinden for vindkast for samtlige stasjoner, korrigert til tidsperioder større enn 25 år og til målehøyde 10 m (se neste avsnitt).

Korreksjoner.

Datagrunnlag og instrumentoppstilling varierer fra stasjon til stasjon. For å få en enhetlig sammenstilling av 50-års vinden, er resultater basert på kortere dataserier enn 25 år og anemometerhøyder med større avvik enn 2 m, korrigert i forhold til en referansestasjon med tilstrekkelig lang rekke og til standard målehøyde, 10 m over bakken.

Beregnet 50-års vind for aktuell stasjon, ST-A, er tidskorrigert etter forholdstall-metoden: Forholdet mellom kort rekke, K, og lang rekke, L, for ST-A, er lik tilsvarende forhold for referansestasjonen, R. Dersom stasjonen har hatt kastregistreringer en kortere periode enn for middelvind, er kastverdi først korrigert til middelvindperiodens lengde før korreksjon i forhold til referansestasjon. Vi har da antatt at forholdet mellom kastverdiene i kort og lang rekke er tilnærmet lik forholdet mellom middelvindverdiene i samme tidsrom.

Høydekorreksjonen for middelvind er basert på vindprofil-formelen:

$$\frac{v(10)}{v(z)} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad (7)$$

der z er anemometerhøyden og $n=0.13$ og 0.17 for hhv. fyrstasjoner og flyplasstasjoner.

Høydekorreksjonen for vindkast er basert på at det inverse forhold mellom turbulensintensitetene, I , i de samme nivåer, følger samme profil:

$$\frac{I(z)}{I(10)} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad (8)$$

Siden kastfaktoren, g , er en lineær funksjon av I : $g=1+2.6 \cdot I$, følger herav at:

$$\frac{g(z)-1}{g(10)-1} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad (9)$$

For fyrstasjoner og flyplasstasjoner er $g(10)=1.35$ og 1.50 hhv. (kap. 5). Disse verdiene er alene bestemt av den lokale ruhet i underlaget og kan være forskjellig fra den reelle kastfaktor der også effekter fra terreng i noen avstand fra målestedet spiller inn, feks. nærliggende fjell. (Dette gjelder også variasjoner i stabilitetsforhold i den grad dette spiller noen rolle ved ekstremvind). Ved hjelp av en fiktiv middelvind, $v_m(z,10)$, som følger vindprofilet i lign. A.2, kan nå kastfaktoren i høyde z , $g(z)$, og korrigert vindkast til 10 m over bakken, $v_g(10)$, bestemmes ved $g(10)$, z og n :

$$g(z) = 1 + [g(10)-1] \cdot \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad (10)$$

For flyplasser med anemometerhøyde 7 m, må beregnet vindkast med 50 års returperiode opp

A.5

$$v_g(10) = v_g(z) \cdot \frac{g(10)}{g(10) - 1 + \left(\frac{z}{10}\right)^n} \quad (11)$$

med en faktor 1.0408 og på en fyrstasjon med anemometerhøyde 13 m, må beregnet vindkast ned med en faktor 0.9749. Tilsvarende verdier for middelvind er 1.0625 og 0.9665. For Sunndalsøra er det ikke foretatt noen korreksjon da måleren er plassert inne mellom bygninger med effektiv målehøyde < 13m.

REFERANSER

1. E.J.Gumbel: Statistics of Extremes, Columbia University Press, New York, 1958.
2. J.Lieblein: A new Method of Analyzing Extreme-Value Data, National Bureau of Standards, Technical Note 3053, Washington, 1954.
3. J.Lieblein: Efficient Methods of Extreme-Value Methodology, National Bureau of Standards, NBSIR 74-602, Washington, 1974.
4. N.J.Cook: Towards better estimation of extreme winds, Journal of Wind engineering and Industrial Aerodynamics, 9 (1982) 295-323.
5. G.W.Kite: Frequency and Risk Analysis in Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado 80522, 1977.
6. K.Harstveit: Hardangerbrua. Vindmålinger 11.11.88 - 1.9.90.
DNMI-rapport 31/90 KLIMA
17. oktober 1990
7. K.Strand, A.Sunde og K. Harstveit: Sandane lufthavn. Vindforhold.
Foreløpig upublisert DNMI-rapport KLIMA
8. K.Harstveit: Varsling av vind i en fjord ut fra vindobservasjoner på kysten.
Klima. Nr.4, Det Norske Meteorologiske Institutt, nov. 1981.

Tabell A.1.

Oversikt over de forskjellige stasjoners datagrunnlag.

Beregninger av ekstreme vindkast med 50 års returperiode er vist til høyre i tabellen.

St.nr.	St.-navn	Fylke	H.o.h.	Daterekke	Anemo.h.	Anemo.type	Periode	vg(50)	Vurderingsgrunnlag
5353	Helligøy fyr	Hordaland	23	1962 - 92	13	MI-DM	1962 - 67	47.4 **	Type I / vindkast
5980	Svineøy fyr	Møre og Romsdal	38	1974 - 92	10	Fuess 82a Fuess 90z MI 48/250 (mid)	1967 - 81 1981 - 1974 - 80	59.0	Type I / vindkast
6248	Ona	Møre og Romsdal	20	1963 - 92	13	Fuess 90z	1980 -	53.6 **	Type I / vindkast
6530	Skalmen fyr	Møre og Romsdal	13	1987 - 92	11	MI 48/250 (mid)		59.7	Sml. med Ørland
6594	Sula	Sør-Trøndelag	35	1957 - 92	13	Fuess 90z	1957 - 75	58.7 **	Type I / vindkast
7185	Halten fyr	Sør-Trøndelag	18	1987 - 92	11	MI 48/500 (mid) MI 48/250 (mid)	1975 -	63.1	Sml. med Ørland
6099	Ålesund/Vigra	Møre og Romsdal	22	1959 - 92	11	Fuess 90z	1959 - 66	47.4	Type I / vindkast
6227	Molde/Åre	Møre og Romsdal	3	1972 - 92	7	Fuess 82a Fuess 90z	1966 - 92	48.1 **	Type I / vindkast
6342	Sundalsøra	Møre og Romsdal	6	1986 - 88 *	13	Vaisala	1992 -	57	Sml. med Ørland
6433	Kristiansund/Kvernberget	Møre og Romsdal	62	1970 - 92	10	Fuess 90z		48.6	Type I / vindkast
6910	Trondheim/Værnes	Nord-Trøndelag	12	1965 - 92	11	Fuess 90z	1965 - 87	42.1	Type I / vindkast
7155	Ørland	Sør-Trøndelag	9	1964 - 92	10	Vaisala	1987 -	47.8	Type I / vindkast
5570	Sogndal	Sogn og Fjordane	497	1982 - 86 *	7	Fuess 90z	1984 - 84 1984 -	36 **	Sml. med Helligøy
5771	Florø	Sogn og Fjordane	9	1982 - 86 *	11	Fuess 90z		40	Sml. med Helligøy
5810	Sandane/Anda	Sogn og Fjordane	60	1982 - 86 *	7	Fuess 90z		46 **	Sml. med Helligøy
5968	Ørsta-Volda/Hovden	Møre og Romsdal	74	1980 - 83 *	7	Fuess 90z		40 **	Sml. med Svineøy
5500	Luster-Ornes	Sogn og Fjordane	4	1987 - 92 *	10	Aanderaa		36	Sml. med Helligøy
5587	Vetlefjord-Langeteig	Sogn og Fjordane	45	1983 - 92 *	10	Aanderaa		37	Sml. med Helligøy
6143	Romsdal-Alnes	Møre og Romsdal	62	1983 - 92 *	10	Aanderaa		43	Sml. med Ørland
	Åndalsnes-Øra 1)	Møre og Romsdal	ca 5	1975 - 76 *	10	Thies		46	Sml. med Ona
	Åfærnes 2)	Møre og Romsdal	< 10	1972	?	Woelffe (mid)		43	Sml. med Vigra/Ona
	Høgholmen 3)	Møre og Romsdal	ca 25	1978	10	Aanderaa (mid)		53	Sml. med Ona

* Periode for direkte sammenlikning med referansestasjon, deretter forlengert til referansestasjonens lengde.

** 50-års vindkast korrigert til 10 meters høyde.

1) Stasjon drevet av Norwegian Contractors

2) Stasjon drevet av NTH/Institutt for havnebygging

3) Stasjon drevet av NTH/Vassdrags og havnelaboratoriet

Tabell A.2.

Årsekstremer for middelvind og vindkast for værstasjonene
Hellisøy fyr, Svinøy fyr, Ona, Skalmen fyr og Halten fyr.

	Hellisøy fyr		Svinøy fyr		Ona		Skalmen fyr		Sula		Halten fyr	
	middel	kast	middel	kast	middel		middel	kast	middel		middel	kast
1957/58									35.0			
1958/59									35.5			
1959/60									26.8			
1960/61									33.4			
1961/62									31.4			
1962/63	29.7	34.0							33.4			
1963/64	28.5	34.5			31.7				36.0			
1964/65	34.0	41.2			31.7				32.9 *			
1965/66	27.3	33.4			25.0				23.1			
1966/67	33.4	42.2			30.8				30.9			
1967/68	27.1	31.5			29.2				31.9			
1968/69	28.3	34.0			30.0				36.0			
1969/70	27.5	31.0			28.3				32.4			
1970/71	27.5	33.0			26.7				29.8			
1971/72	25.0	29.0			32.5				35.0			
1972/73	27.5	31.0			32.4				37.0			
1973/74	28.3	32.0			30.0				34.0			
1974/75	26.7	29.0	30.3		29.8				35.0			
1975/76	28.3	33.0	33.4		32.9				32.5			
1976/77	30.0	38.5	28.3		27.2				32.9			
1977/78	27.5	33.0	34.5		27.8				26.8 *			
1978/79	26.7	35.5	33.4		37.5				31.9			
1979/80	28.3	38.0	37.0		38.6				33.4			
1980/81	29.2	36.5	30.3	39.6	37.5				30.9 *			
1981/82	28.8	40.6	29.3	38.6	31.4				30.9 *			
1982/83	27.2	36.0	32.4	41.7	29.3				33.4			
1983/84	27.8	36.0	35.0	48.9	30.9				35.0			
1984/85	27.2	37.6	28.8	38.6	27.8				36.0			
1985/86	27.2	37.0	34.5	46.3	30.4				30.4			
1986/87	25.7	34.5	35.0	46.3	31.4				34.0			
1987/88	30.3	41.2	29.3	48.9	26.8		28.8 37.0		29.8		28.3 39.6	
1988/89	30.3	41.2	36.0	56.6	37.0		35.0 47.3		37.0		31.9 44.8	
1989/90	29.3	36.0	37.0	48.9	32.4		28.8 37.6		38.6		29.8 41.7	
1990/91	27.8	37.0	32.9	39.1	27.8		25.7 33.4		24.7		29.8 39.6	
1991/92	30.4	42.2	43.7	61.7	41.2 **		40.1 56.6		39.1 **		37.0 51.4	
v(50) :	33.5	47.4	43.3	63.5 I	41.1	55.5 II	59.7	46.7	60.7 II		63.1	
St.feil :	1.0	2.2	2.5	5.4	2.0			2.4				
Korreksjon												
Tid				59.0								
Høyde	32.4	46.2 #			39.7	53.6		45.1	58.7			

* B= hhv. 12, 10, 11 og 11 er notert i dagbok, registrering mangler.

** Ona og Sula interpolert (for lav notering i dagbok). Begge stasjoner mangler registrering.

I Svinøy vindkast er korrigeret i forhold til middelvind hel rekke.

!! Vindkast for Ona og Sula fyr er beregnet ut fra en kastfaktor på hhv.1.35 og 1.3.

Høydekorreksjon etter vindkastprofil, med potensformel-eksponent, $n=0.13$ (fyrstasjon) og $n=0.17$ (flyplass).

Tabell A.3.

Årsekstremer for middelvind og vindkast for flyplassene
Vigra, Årø, Kvernberget, Ørland, Værnes, Sogndal, Florø, Anda og Hovden.

	Ålesund		Molde		Kristiansund		Ørland		Trondheim	
	Vigra		Årø		Kvernberget				Værnes	
	middel	kast	middel	kast	middel	kast	middel	kast	middel	kast
1959/60	19.0	27.6								
1960/61	28.0	35.0								
1961/62	21.0	30.0								
1962/63	21.7	29.0								
1963/64	24.0	35.2								
1964/65	22.0	33.2					20.6	26.2		
1965/66	16.7	25.8					23.1	33.4	22.1	32.9
1966/67	22.6	35.0					25.7	34.5	22.6	33.4
1967/68	22.6	32.4					24.7	35.0	23.7	36.0
1968/69	21.6	31.4					26.7	35.0	24.7	39.1
1969/70	22.1	36.0					23.7	35.0	20.1	36.0
1970/71	19.0	30.3			14.4	23.7	24.2	31.4	23.7	34.0
1971/72	25.2	35.5			17.5	30.3	29.3	38.6	25.7	31.9
1972/73	24.7	37.0	24.2	35.5	16.5	32.9	30.9	38.6	23.7	37.0
1973/74	20.6	32.4	19.0	26.8	21.6	30.9	23.1	34.0	21.1	34.0
1974/75	22.6	31.4	23.7	33.4	25.7	33.4	21.6	33.4	19.5	32.4
1975/76	24.2	34.4	21.6	34.5	23.7	38.1	26.2	36.0	27.3	41.2
1976/77	18.0	28.8	17.5	24.7	18.0	25.7	23.1	28.8	22.6	32.4
1977/78	19.5	26.2	20.6	27.3	19.0	28.8	28.8	40.1	22.6	34.0
1978/79	22.1	31.9	23.7	34.0	21.1	35.5	25.2	34.0	21.1	27.3
1979/80	27.2	36.0	26.8	38.6	27.8	46.3	28.3	42.7	20.6	32.4
1980/81	24.2	38.0	19.5	29.8	25.2	40.1	30.9	42.7	24.2	33.4
1981/82	22.1	32.9	17.5	25.2	22.1	34.5	26.7	37.0	20.6	32.9
1982/83	24.7	42.2	18.5	28.8	23.1	34.5	25.2	33.4	23.7	31.4
1983/84	26.2	37.6	19.0	35.0	22.1	36.0	24.7	37.0	23.2	31.4
1984/85	22.1	28.8	17.0	21.6	18.0	29.8	24.7	30.9	21.1	31.4
1985/86	25.7	34.5	17.0	27.3	18.0	30.9	27.3	31.4	19.5	31.4
1986/87	22.6	35.0	20.1	35.0	22.6	32.4	24.2	31.4	24.2	34.5
1987/88	20.1	31.9	16.5	24.7	19.5	29.3	23.2	30.4	21.1	32.4
1988/89	28.8	42.2	21.1	40.6	26.2	41.2	27.8	36.5	25.2	31.9
1989/90	23.2	37.0	19.5	28.3	20.6	32.4	24.2	31.4	18.5	29.3
1990/91	20.6	31.9	18.5	28.3	21.6	32.9	24.2	31.4	20.6	29.8
1991/92	36.0	55.0	33.4	54.0	33.4	49.9	36.0	48.4	23.7	37.0
v(50) :	32.4	47.4	29.0	48.7	33.4	50.4	34.0	47.8	28.8	42.1
St.feil :	1.7	2.5	2.0	4.1	2.6	3.7	1.6	2.6	1.3	1.8

Korreksjon

Tid

Høyde

28.2 46.2 32.6 48.6

30.0 48.1 #

	Sogndal		Florø		Sandane		Ørsta-Volda	
		kast		kast	Anda		Hovden	kast
v(50) :		35		40		44		38
Korreksjon								
Høyde		36 #				46 #		40 #

Høydekorreksjon etter vindkastprofil, med potensformel-eksponent, $n=0.13$ (fyrstasjon) og $n=0.17$ (flyplass).

Tabell A.4.
Månedsektremer for vindkast for automatstasjonene
Luster-Ornes, Vetlefjord-Langeteig og Romsdal-Alnes

(Tallene i parentes viser måneder der det mangler mindre enn 6 dager.)

Luster-Ornes				Vetlefjord-Langeteig				Romsdal-Alnes	
1987/6	19.4	1990/9	19.4	1983/10	23.6	1987/3	20.0	1983/2	19.1
1987/7	19.7	1990/10	23.0	1983/11	30.7	1987/4	22.1	1983/3	26.6
1987/8	12.8	1990/11	16.1	1983/12	28.6	1987/5	22.7	1983/7	12.5
1987/9	18.4	1990/12	22.4	1984/1	32.2	1987/6	18.5	1983/8	18.8
1987/10	26.0	1991/1	18.8	1984/2	19.7	1987/7	23.0	1983/9	(23.0)
1987/11	12.2	1991/2	16.7	1984/3	26.0	1987/8	22.7	1983/11	20.3
1988/1	(22.7)	1991/3	18.8	1984/4	16.4	1987/9	16.4	1983/12	20.6
1988/2	16.1	1991/4	21.8	1984/5	13.4	1987/10	28.3	1984/1	21.5
1988/3	16.4	1991/5	21.8	1984/6	19.1	1988/1	24.2	1984/2	23.9
1988/4	17.0	1991/6	13.7	1984/7	11.0	1988/4	23.0	1984/3	21.2
1988/5	13.4	1991/7	17.9	1984/8	12.2	1988/5	24.8	1984/4	17.9
1988/6	14.0	1991/8	17.0	1984/9	17.3	1988/6	27.5	1984/5	16.1
1988/7	18.8	1991/9	20.9	1984/10	14.3	1988/7	12.8	1984/6	14.3
1988/8	13.7	1991/10	11.3	1984/11	21.8	1988/8	(21.8)	1984/7	14.0
1988/9	21.2	1991/11	19.1	1984/12	21.5	1989/4	(20.6)	1984/8	14.0
1988/10	16.7	1991/12	(31.6)	1985/1	11.9	1989/5	35.5	1984/9	19.4
1988/11	16.7	1992/3	12.8	1985/2	19.1	1989/6	23.6	1984/10	23.3
1988/12	33.7	1992/4	17.9	1985/3	25.7	1989/7	19.1	1984/11	25.1
1989/1	34.3			1985/4	16.4	1989/8	12.5	1984/12	21.5
1989/2	26.0			1985/5	12.5	1989/9	41.8	1985/1	19.4
1989/3	17.6			1985/6	12.8	1989/10	43.0	1985/2	17.3
1989/4	22.7			1985/7	18.2	1990/3	30.7	1985/6	15.5
1989/5	17.9			1985/8	20.3	1990/4	18.2	1985/7	13.7
1989/6	(20.3)			1985/9	20.9	1990/5	15.8	1985/8	15.5
1989/9	20.3			1985/10	12.8	1990/6	13.4	1985/9	(14.6)
1989/10	27.2			1986/1	13.7	1990/7	14.9	1986/6	21.5
1989/11	26.6			1986/5	17.0	1990/8	17.3	1986/7	23.9
1989/12	24.2			1986/6	(22.7)	1990/10	22.7	1986/8	21.5
1990/1	26.3			1986/7	(20.9)	1990/11	(22.4)	1987/1	(27.2)
1990/2	28.9			1986/8	18.2	1990/12	25.1	1987/2	26.0
1990/3	28.3			1986/9	23.0	1991/1	24.8	1987/3	(28.6)
1990/4	19.4			1986/10	25.7	1991/2	16.1	1988/1	32.2
1990/5	17.0			1986/11	23.3	1991/3	23.9	1988/2	26.0
1990/6	(18.9)			1986/12	22.7	1991/6	(12.5)	1988/3	19.7
1990/7	20.0			1987/1	27.5	1991/7	11.9	1988/4	20.6
1990/8	17.6			1987/2	23.0	1991/8	13.7	1988/5	13.1
						1991/9	14.3		
						1992/1	36.4		
						1992/2	27.5		
						1992/3	(19.4)		
						1992/4	14.3		
						1992/5	20.6		
						1992/6	11.3		
						1992/7	12.5		
v(50) :		35.8				37.3		43.1	

APPENDIKS B.

**TABELL OVER 59 TIDS- OG STEDSANGITTE SKADESTEDER
PÅ NORDVESTLANDET, HENTET FRA O. BRUASETS ORKAN-
BOK**

Vindkategori:

- S : Soneverdi**
- H : Utsatt område (havområde)**
- K : Utsatt område (kanalforsterkning)**
- U : Utsatt område (nedslag fra bratt terreng)**
- UU : Særlig utsatt område (nedslag fra bratt terreng)**

Vindfelt representerer regional vind, uforstyrret av lokale fjellpartier.

B.2

Sted	Kl.	Vindfelt	Virkning	Kommentar /Årsak	Vind kat.
Nordfjordeid	04-06	Florø: 210° Vigra: 200-220°	Vind og bølgekader. Vind fra vest	Vind på skrå over bratt fjellrygg	UU
Vanylvsgapet (Haugsholmen)	04-06	Florø: 210° Vigra: 200-220°	Skip på grunn. Kastevind. Stor sjø. Skip driver innover, fra V	Vindforsterkning ved strømning over og rundt Revjehorn (426 moh)	UU
Trandal i Hjørundfjorden	04-06	Florø: 210° Vigra: 200-220°	Lokal "fallvind": Tynna-knuten. Store relative skader	Vind på skrå over bratt SSE-fjord, vind over og rundt Dalagubben gir spiral med østlig nedslag i Trandal	UU
Ørsta sentrum	05-08	Vigra: 200-260°	Sterke kast over sentrum, på Hovden 270°, 46 m/s	Vind på skrå over Melshornet vest	U
Ulvesundet, Raudeberg Måløy	05.30-10	Vigra: 220-260°	Båt går i ring i Måløy havn. Undertrykk. Båt slitt seg ved Raudeberg. Sjøbu derfra blåst til havs. Mange naust-skader på V-siden av N-S fjord	Vind i kanal. Vind på skrå over bratt fjellrygg (Raudeberg)	UK
Gjerdsvika	05-10 (05-06: mest innerst i vika)	Vigra: (05-07) 200-230° (08-10) 250-260°	Ekstreme kast innerst i vika (05-06). Ekstrem vind i hele vika 07-10. Svare ødeleggelser. Steingjerde blåst overende	Vind over ujevnt og bratt fjell (Hanen), senere på skrå over bratt rygg	UU
Flåvær fyr, Herøy	05-06	Vigra: 200-230°	Redn.båt i sterk vind	Vind i bred fjord	K

B.3

Sted	Kl.	Vindfelt	Virkning	Kommentar /Årsak	Vind kat.
Rovde	05-10	Vigra: 200-260°	Ekstreme ødeleggelse, først i vestlig bygdedel. Beskrevne vindenergi fra åskammen kommer som "demonar", "glefsande brøl"	Vind på skrå over fjellkam gir spiraler som bygges opp og slår ned. Virvelen får mer akse mot Rovde øst ved felt-dreining mot vest	UU
Fosnavåg	06	Vigra: 230°	Hus totalødelagt i Bergslia.	Vind over og rundt Vetten gir spiraler	UU
Skarbøvik (Tuenesvegen)	06- 07.30	Vigra: 220-230°	Hus ødelagt, murblokk "skjelver", biler kastet omkring	Vind rundt og på skrå over Sukkertoppens lengdeakse	UU
Botnane Bremanger	06-08	Florø: 210°(06) Vigra: 220-250°	Mye ødeleggelse. Bu tvers over sundet	210° over Åpnaren gir spiral over mot Sletta	UU
Flatraket Selje	06	Florø: 210°(06) Vigra: 220-230°	Hus oppe i bygda helt ødelagt. Hus øverst i bygda omtalt som "verre vindhol fins ikkje"	SV skrått over Gangeskardegga	UU
Ulsteinvik	06	Vigra: 220-230°	Ferje slitt seg	Nes i fjorden	S
Longva Flemsøy (Nordøyane)	06-07	Vigra: 06-07: 220-230°	AL-plater 300m til værs, til toppen av Røra (06). Plater opp og ned i stormen	Sterk vind på havet skrå over fjell (Håmannen) på Haramsøya	U
Ålesund (Voidsdalen)	06-07	Vigra: 06-07: 220-230°	Hustak gjennom lufta	Vindsug over stort tak	S

B.4

Sted	Kl.	Vindfelt	Virkning	Kommentar /Årsak	Vind kat.
Eidheim Volda	06-07	Vigra: (06-07) 220-230°	Store lokale ødeleggelser. Vindkule tar 2 v. mennesker og kaster dem 30-40m ned- over.	Spiral sørvest for Tuva. Ekststra forsterkning gjennom sadelpunktet (men merk at skaden kom ved SV, ikke V!)	UU
Runde (vest)	06-07	Vigra: (06-07) 220-230°	Skip i vansker, urent far- vann	Hav	H
Ulla (Nordøyane) Haram	06.45 08-09	Vigra: 230° og 250-260°	Vind kommer i skarpe kast til Ulla 06. 45. Senere store ødelegg. Ødeleggelser også i 1988/89	Vind over Ullahornet Vind over og rundt fjellet Nova	UU
Syvde	07-08	Vigra: 250°	Store ødeleggelser i Syvde	Flere bratte fjellrygger. Dalskifte	UU
Våtedalen Gloppen	07.30	Vigra: (06-07) 220-230° Florø: (05-06) 210°	Kraftig virkning, bil blåser av veien, folk løftes og blåser bort, vann virvles høyt opp og kastes tilbake	SV - vind på skrå over bratt terreng	UU
Molde havn	07.30- 08	Årø:Max 54 m/s kl.10. Kl.08 retn.: 220°	Båt slitt seg	Høy sjø og sterk vind, senere meget sterk vind	K
Kristiansund	07.30- 12	Kv.berg.: Max 51 m/s 220-260°	Båt slitt seg	Vind i kanal	K

B.5

Sted	Kl.	Vindfelt	Virkning	Kommentar /Årsak	Vind kat.
Grytefjord-stranda Haram	07.30-08	Vigra: 250-260°	En rekke båtskader	Bølgeskader. Ellers sterk vind i kanal	K
Ålesund havn	07.30-08	Vigra: 250-260°	Båt slitt av ståltrosser	Nedslag fra Sukkertoppen. Høy vannstand	S
Sjøholt	07.30-08	Vigra: 250-260°	Store ødeleggelser på bl.a. naust og skog	Vind i kanal når fjordbunn. Høy vannstand og bølger medvirkende	K
Heimdalen	08	Varnes: 170°	Stativ ned i veg	Svakt byggverk	S
Godøya	08	Vigra: 250-260°	Hus ødelagt	Meget sterke kast, vind på skrå over Godøya	UU
Aursnes Sykkylven	08-09	Vigra: 250-260°	Ferje ute av styring	Ikke sterk vind før kl.08.15 Vind i fjordkanal når Aursnes ved dreining fra SV til V	K
Bjørlykke Haram	08-10	Vigra: 250-260°	Ekstremt store ødeleggelse på hus	Vind på skrå over Håvikhor-net/Skulstadhornet	UU
Myklebust Harøy	08-09	Vigra: 250-260°	Moloskade. Skip slitt seg	Vind rett inn fra havet. Også bølgeleggelser	H
Gurskebotn Sande	08-09	Vigra: 250-260°	Trær, uthus, taksteinskader	Vindføring langs fjell nord for Gursken krk. Nedslag fra skråning i sør.	UK
Bøfjorden Surnadal	08-11	Vigra: 250-260° Kv.berg: 230-250°	Båt drev av og ødela bru. En del husskader	Vind på skrå over bratte fjell (som var sterk ved føring).	UU

B.6

Sted	Kl.	Vindfelt	Virkning	Kommentar /Årsak	Vind kat.
Myrbostad Frana	08-10	Vigra: 250-260°	Driftsbygning ødelagt	Vind i kanal	K
Valderhaugfjor- den Ålesund	08-09	Vigra: 250-260°	Båt på grunn	Vind i kanal	K
Valsøybotn	09	Kv.berg: 220-230°	Veltet do i sterke vindkast	Kuriositet	S
Edøyfjorden Smøla/Tustna/- Aure	09.20	Kv.berg: 220-230°	Ferje i vansker	Vind i kanal	K
Sunnalsøra	09-10	Molde: 240-260°	En flokk gjess tatt av vin- den og kastet ned i bolig- strøk	Gjess tatt av korketrekker- virvel? Kjent som meget ut- satt i SØ samt V-NV	(UU)
Verdal	09-10	Værnes: 190°	Garasje ødelagt (under byg- ging)	Vind i kanal	S
Straumen bru	09-10	Vigra: 250-260°	Utsatt bru	Sterk vind i kanal	K
Voldsfjorden	09-10	Vigra: 250-260°	Fjord i opprør. Takstein blåser av.	Vind over og rundt Nautvik- fjellet	U
Atlanterhavs- vegen Eide/Averøy	09-10	Vigra: 250-260° Kv.berg: 220-230°	Sterk vind. Ødelagt bu	Vind inn fra havet	H

B.7

Sted	Kl.	Vindfelt	Virkning	Kommentar /Årsak	Vind kat.
Sandøy	09-10	Vigra: 250-260° Kv.berg: 220-230°	Skade på båt og oppdrettanlegg	Vind og bølger fra havet	H
Kvisvik Tingvoll	09-10	Vigra: 250-260° Kv.berg: 220-230°	Bølgeblekkplater blåser og kutter nesetipp	Kuriositet	S
Rødsand Averøy	10- 10.30	Kv.berg: 230-240°	Redskapshus gjør treffskade. Dras opp i virvel	Lokal virvel med hor. akse? Sterk vind ført langs fjellene på Averøya og lokalt langs Raudsandberget	K
Storfosna	10-11	Ørland: 220-230°	Store skader på hus. Bil blåst 4-5m	Vind i meget bred fjordkanal	K
Romsdalshorn st.	10-11	Vigra: 250-260° Molde: 260°	Hus smadret. Beskrevet som en vindknute fra Trollveggen som slo tilbake fra østsiden av dalen	Vind som virvler seg ned på skrå over bratt terreng. Spiral	UU
Sandblåst Frøna	10-11	Vigra: 250-260° Molde: 260°	Ekstreme ødeleggelse	Vind over og rundt bratt fjellrygg, Stemshesten. Spiraler	UU
Gjøvsundbrua Giske	10-11	Vigra: 250-260°	Bru stengt 10.30 Orkan jul -88 to 2 biler her	Vind over og rundt Godøya fra VSV	UU
Soleim Tustna	10-11	Vigra: 250-260°	Store ødeleggelse. Bardunerte hus ødelagt. Store skader ved tidligere stormer	Vind på skrå over og rundt bratte fjell. Spiraler	UU

B.8

Sted	Kl.	Vindfelt	Virkning	Kommentar /Årsak	Vind kat.
Rød Gjemnes	10-11	Vigra: 250-260°	Store lokale ødeleggelser av hus	Vind over og rundt bratte fjell. Spiraler	UU
Hopen Smøla	10-11	Kv.berg: 230-250°	Fjøs og løer blåst vekk	Vind inn fra havet	H
Flate Vestnes	11	Molde: 270°	Skader på trær og bygninger	Vind på skrå over bratt fjell	UU
Bjørkedalen i Volda	10-11	Vigra: 250-260°	Store skogskader	Vind over bratt terreng, ikke ekstremt	U
Sistranda Frøya	12	Ørland: 250°	Stort, flatt tak blåst av. Taksteinskader	Flatt øy på havet. Flatt tak alltid utsatt	S
Kvernesfjorden Averøy	12	Kv.berg: 260°	Båt drev omkring, strandet på Aspøya	Vind i utsatt kanal	K
Frosta	12-13	Ørland: 250°	Tak avblåst	Vind i stort fjordbasseng	K
Ørland	12-13	Ørland: 250°	Løe og garasjeskader	Vind inn fra bred fjord	K
Fillan Hitra	13	Ørland: 260°	Stor takskade	Store tak er utsatt	S
Nordsundbrua sør	15	Ørland: 270°	Bil kastet av veien	Vind i kanal, men lett kassevogn	S