



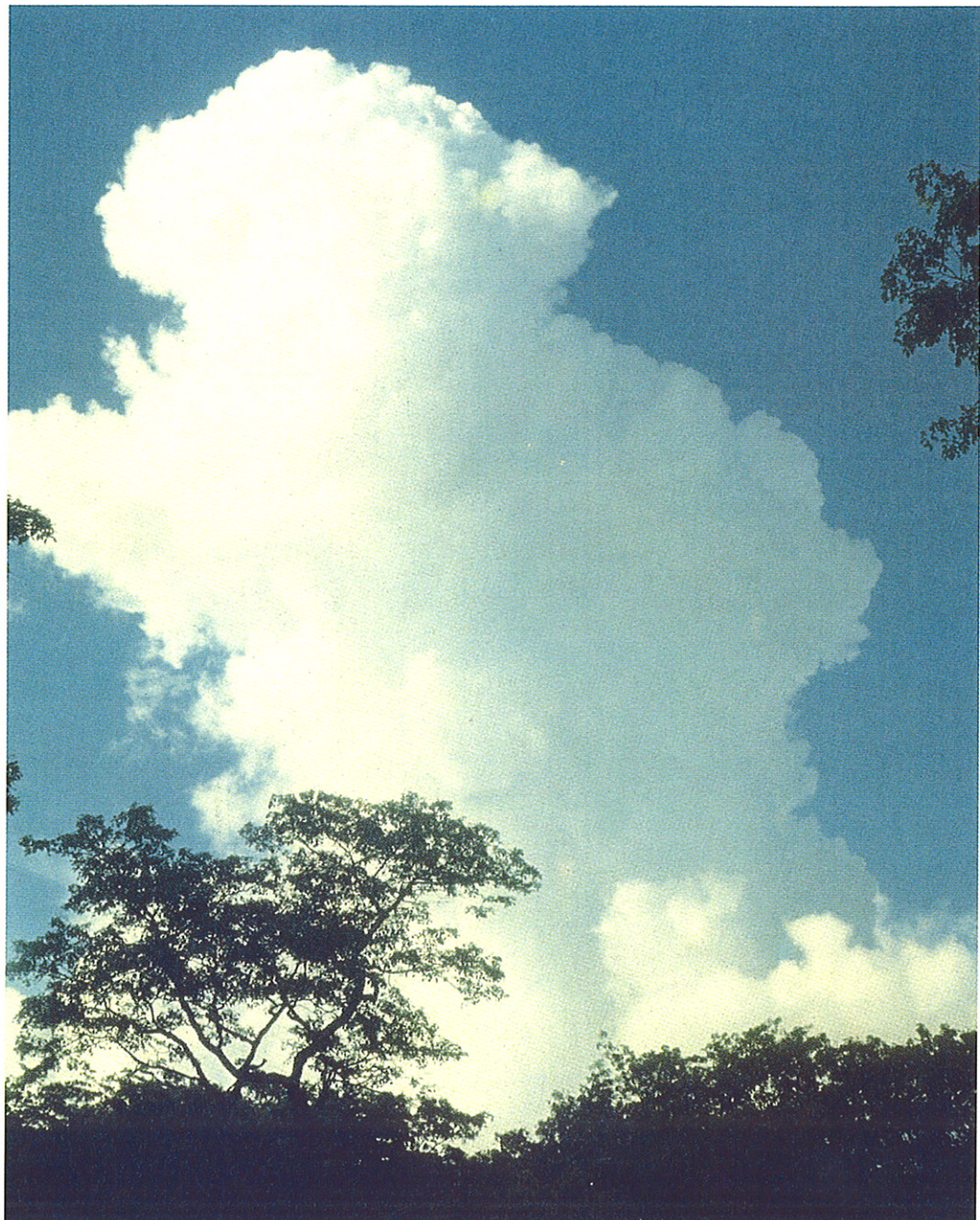
DNMI
Det norske meteorologiske institutt

RAPPORT NR. 03/02

KLIMA

Sammenhengen mellom vindhastighet og varighet

Knut Harstveit



DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3
TELEFON: 22 96 30 00

ISBN 0805-9918

RAPPORT NR.

03/02 KLIMA

DATO

21.03.02

TITTEL

Analyse av sammenhengen mellom vindhastighet og varighet

UTARBEIDET AV

Knut Harstveit

OPPDRAKSGIVER

EBL kompetanse

OPPDRAKSNR.

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler varighet av sterk vind. Hensikten er å finne en sammenheng mellom vindhastigheten ved sterk vind og varigheten av denne. Data fra 5 prosjektstasjoner med kontinuerlige 10 minutters serier fra 1 til 4 år er benyttet. Stasjonene ligger eksponert til på åser og i fjordstrøk.

For hver 14 dagers periode er det tatt ut maksimal 10 minutters vindhastighet, samt maksimalverdier av midler for T minutter hvor T varierer fra 20 minutter til 6 timer. Tilsvarende data er plukket ut fra de 5 sterkeste stormene.

Det er funnet en generell formel for hvorledes maksimal vindhastighet avtar med midlingstiden, og formelen er testet og funnet gyldig på 5 eksponerte, men ellers tilfeldig valgte vind-stasjoner på kysten og i fjellet.

UNDERSKRIFT

Knut Harstveit

Knut Harstveit
SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune
FAGSJEF

1 Innledning

Det er de siste 20 årene gjort en serie ekstremvindanalyser, den siste tiden knyttet opp mot ny vindstandard i regi av Norsk Byggstandardiseringsråd (1). Analysen gjelder ekstremvind med returtid 50 år og varighet 10 minutter, med anvisninger om overgang til andre returtider. I (1) ligger det referanseverdier for hver kommune i landet. Det eksisterer også en serie analyser for vindkast (1 – 5 sekunders varighet) (2).

Bakgrunnen for denne analysen er et ønske om å kunne si noe om ekstremvind med lengre varigheter enn 10 minutter. Dette er særlig aktuelt ved generering av overflatebølger på en sjøflate. Det tar da litt tid før bølgene vokser seg store og vi får en likevektstilstand.

Materialet fra (1) kan benyttes dersom en kan finne overgangsfaktorer mellom ekstremverdier fra 10 min til 1 time osv. Slike overgangsfaktorer kan tenkes å variere med både flatetyper og topografi, samt faktorer innenfor det generelle værbildet, slik som stabilitetsforhold og lavtrykkspassasjer. Spørsmålet er om spredningene i overgangsfaktorene fra 10 minutter til større midlingstider er store, eller om det kan etableres faktorer med gyldighet over hele landet.

2 Datagrunnlag

2.1 Generelt

Det er velkjent at vindhastigheten ikke er jevn, hastigheten skifter hele tiden. Et vindkast som varer noen få sekunder, vil da kunne bli sterkere enn middelverdien av vinden over 10 minutter, som igjen er sterkere enn middelvinden over 1 time osv.. Det vil si, dersom vi skal bestemme maksimalverdier og ekstremverdier, må disse knyttes til en viss varighet. Jo kortere varighet, dess høyere ekstremverdi. I WMO (World Meteorological Organization) er det bestemt at 10 min midlingstid skal benyttes for middelvindmålinger og 3 s for vindkastmålinger og disse data inngår i den ordinære datainnsamlingen for de meteorologiske institutter. En del av Det norske meteorologiske institutt (DNMI)'s automatstasjoner har i tillegg timesmidler. På noen prosjektstasjoner finnes det kontinuerlige serier for 10 minutters middelvind.

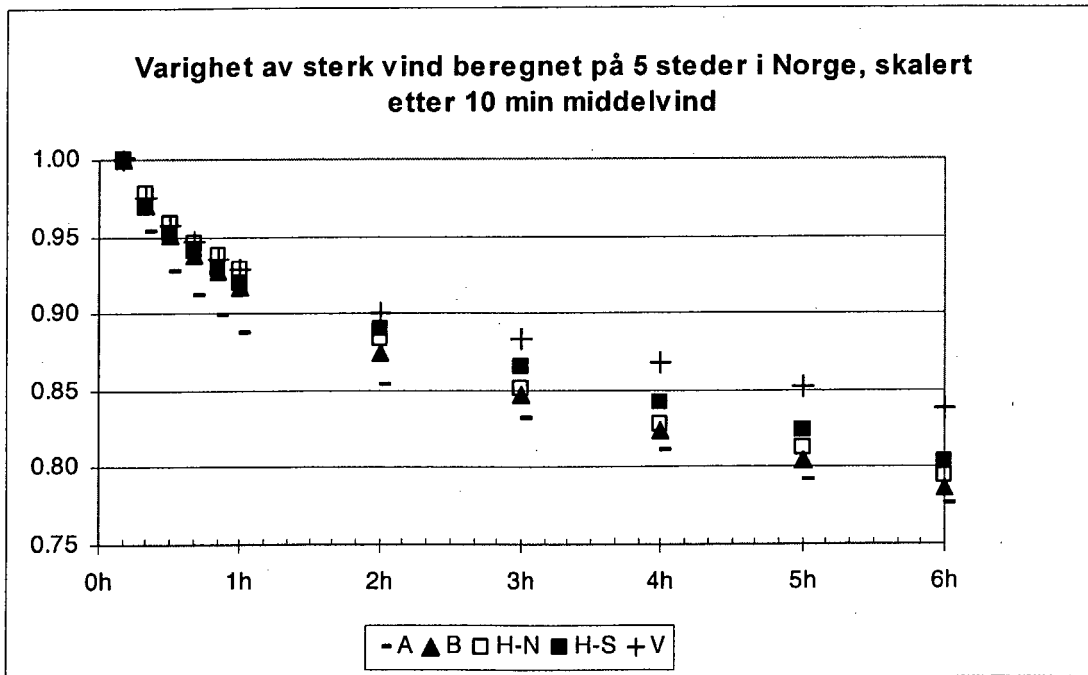
2.2 Bruk av høyoppløselige data

Ved DNMI har vi datarekker fra noen prosjektstasjoner, der det kontinuerlig er lagret data hvert 10. min, sammen med sterkeste vindkast siste 10 min, på digital form. Det gjelder stasjonene Askøy – Storebunuset (prosjekt: Askøybrua, (3)), Bu i Hardanger (prosjekt: Hardangerbrua, (4)) og Vealøs (målinger for Telenor i forbindelse med Vealøs FM/TV – sender, Skien (5)). Det gjelder også to stasjoner på Hurum (Stikkvannskollen og Nilsåsen), der det ble utført målinger for luftfartsverket i forbindelse med planlegging av mulig storflyplass (6).

Stasjonene dekker ytre og midtre del av Vestlandet (Askøy og Bu i Hardanger), middel kystnært strøk av Telemark (Vealøs), samt sørlig del av Østlandet (Hurum – stasjonene). Tre av stasjonene ligger på åsrygger (Vealøs, Hurum), mens vestlandstasjonene ligger på nes i fjordstrøk. Østlandsstasjonene bærer preg av skog rundt målerne. Bu i Hardanger ligger i et område med betydelig fallvind fra over 1000 m høye fjell. Det er noe skog på selve neset. Askøy - stasjonen ligger i et mer avdempet terreng og er mer preget av vind fra sjøen. Det er således noe forskjellig klima, topografi og flatetyper som gjør målestedene til et bredt utvalg norske steder. Alle stasjonene ligger eksponert i terrenget for å fange opp den fri vinden over området. Måleseriene strekker seg over 1 til 4 år.

Data fra disse stasjoner er benyttet for å framskaffe koeffisienter for overgang mellom maksimalverdier for 10 min middelvind og middelvind over 20, 30, 40, 50 min, samt 1, 2, 3, 4, 5 og 6 timer. Dette gjøres både ved å ta maksimalverdier for hver måned, samt ved å se på de sterkeste stormene. Koeffisienten antas statistisk å kunne overføres til ekstremverdier. Vi vil da se på hvorledes koeffisienten avhenger av midlingstiden.

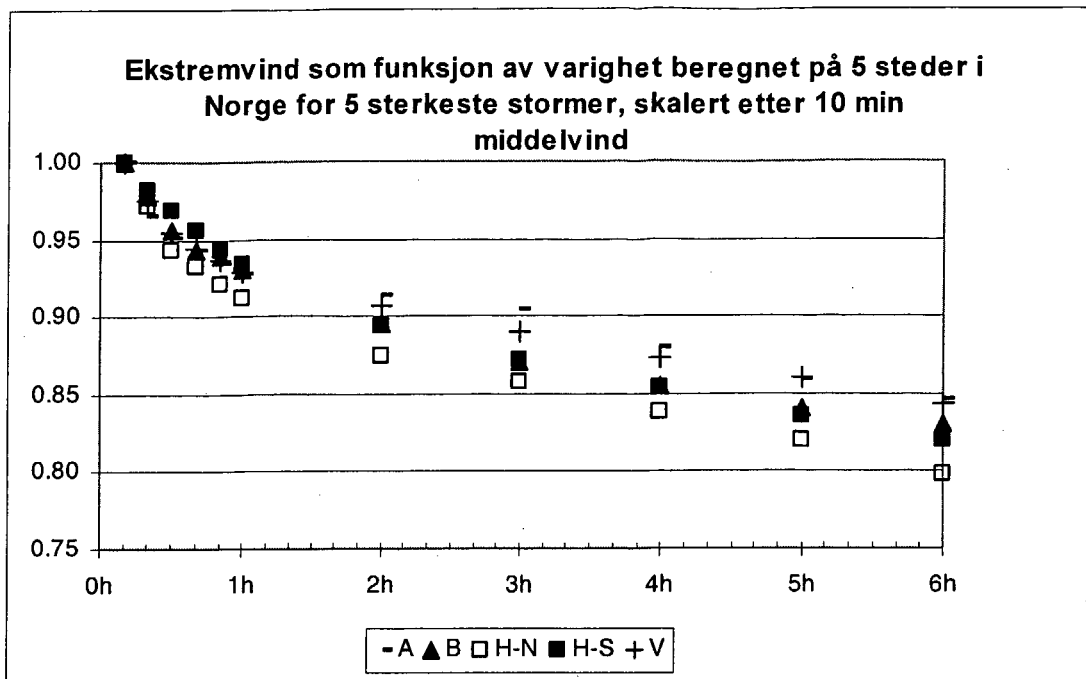
Fortløpende dataserier for hvert 10. minutt er hentet fram fra et datalager. Datalageret består av 2 filer pr. stasjon pr. måned. For enkelhetsskyld er det derfor plukket ut maksimal 10 min. middelvind fra hver fil. Dessuten er det laget glidende midler over alle 20, 30, 40, 50 min, samt 1, 2, 3, 4, 5 og 6 timer. Maksimalverdien for 10 min middelvind og for hver enkelt av midlingstidene over er plukket ut for hver 14.dag, uavhengig av om de forekom i samme storm eller ikke.



Figur 1

Sammenligning av koeffisienter ved sterk vind for overføring fra største 10 minutters middelvind til største verdi med varighet T timer på 5 prosjektstasjoner, Askøy: A, Bu i Hardanger: B, Hurum-Nilsåsen: H-N, Hurum-Stikkvannskollen: H-S og Vealøs: V.

Figur 1 viser gjennomsnittet av forholdstallet mellom maksimalverdien av varighet på T minutter og 10 minutter, som gjennomsnitt av registreringsperiodene. Figur 2 viser det samme, nå for de 5 sterkeste stormene, uavhengig sortert for hver varighetsklasse. Som vi ser er det en tendens til litt høyere koeffisienter, spesielt for de lengre varighetene. Dvs., de sterkeste stormene varer noe lenger enn middelstormene. Spredningen i materialet er liten, for 1 time er det en spredning fra 0.91 til 0.93, for 6 timer 0.80 til 0.85.

**Figur 2**

Sammenligning av koeffisienter ved ekstremt sterk vind for overføring fra største 10 minutters middelvind til største verdi med varighet T timer på 5 prosjektstasjoner, Askøy: A, Bu i Hardanger: B, Hurum-Nilsåsen: H-N, Hurum-Stikkvannskollen: H-S og Vealøs: V.

Funksjonen av T ser ut til å passe med en funksjon av typen

$$f(a,b;T) = \frac{U_T}{U_{10\text{min}}} = e^{-a \cdot (T-10)^b}$$

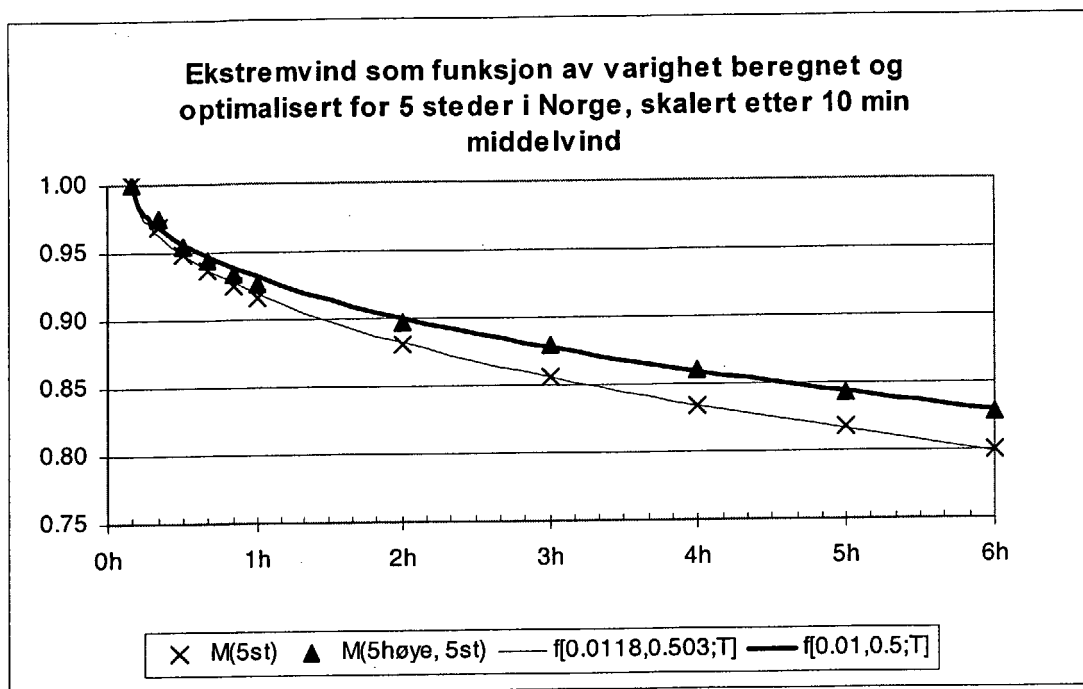
og optimalisert mot minste kvadraters metode får vi $a=0.0118$ og $b=0.503$, der $T \geq 10$ [min] for optimalisering mot et snitt av maksima over 14 dagers perioder.

Vi sorterer nå alle 10 minutters verdiene for alle periodene for hver stasjon og sorterer med den sterkeste episoden på topp. Begrensningen er at en enkelt storm bare kan forekomme en gang på lista og at stormer som ikke har full datadekning strykes fra alle listene for den aktuelle stasjonen. For varighet 20 minutter gjøres det samme, og sortering gjøres uavhengig av de andre midlingstidene, dvs. at en storm med varighet 10 minutter kan rangeres som nr.1 på 10 minutters lista, mens 20 minutters verdi fra samme storm ikke nødvendigvis er nr.1 på 20 minutters lista. Tilsvarende gjøres for øvrige midlingstider. Uavhengig sortering gjøres for å unngå at kortvarige, sterke stormer skal kunne føre til for lave overføringskoeffisienter. Merk at koeffisientene ikke kan anvendes på en enkelt storm, da stormene kan ha svært forskjellig varighet. Koeffisienter knyttet til enkeltstormer kan gi stor spredning og mulighet for skjevhet i statistikken. Men ved uavhengig sortering oppnås stabile verdier etter få stormer, slik at det er svært liten forskjell om det benyttes 5 eller 10 stormer. Ved bruk av de 5 største verdiene for hver av de tre stasjonene, får vi $a=0.0108$ og $b=0.488$, men tilpasningen er omtrent like god for $a=0.01$ og $b=0.5$.

Fokusering på de sterkeste stormene antas mest riktig når det skal anvendes på ekstremer. Den samme teknikk er benyttet i ekstremvindanalysen for eksempel når det en skal finne ekstremverdier for en stasjon som har kort datarekke, og det kan sammenlignes med en nærliggende stasjon med lang rekke der det er

beregnet ekstremverdier. Da må det etableres overføringskoeffisienter mellom stasjonene. Det viser seg at den skisserte metodikk da gir gode resultater, og det er derfor grunn til å tro at dette også gjelder i dette tilfellet. Dersom vi hadde hatt en meget lang rekke med årlige ekstremer med T timers varighet, kunne vi beregnet direkte ekstremverdier. Det har vi ikke, i tilfelle måtte vi lese av vindregistreringer fra papir, en meget ressurskrevende oppgave. Men vi har tidligere gjort en tilsvarende oppgave for 10 minutters middelvind og 3 sekunders vindkast. Det viser seg da at vi får omtrent samme ekstremverdien enten man gjør to selvstendige ekstremvindanalyser, eller baserer seg på 10 min middelvind – rekken og kastfaktor for de 5 høyeste stormene, men igjen må vi passe på å sortere middelvind og vindkast uavhengig.

Figur 3 viser at det er relativt liten forskjell mellom modellene og at tilpasningen til data er god. Dette styrker modellen. Vi har altså kommet fram til en metode for å estimere ekstremvind med varighet fra 10 minutter til 6 timer, gitt at vi kjenner ekstremverdien for 10 minutters middelvind.



Figur 3

Tilpasning av modell til koeffisientene funnet ved sterk vind, $M(5st)$ og meget sterk vind, $M(5høye, 5st)$ på 5 steder i Norge.

2.3 Verifikasjon

Modellen er så forsøkt på 5 serier fra DNMI's datalager med datarekker på ca. 5 år og fortløpende måling av timesmidler i tillegg til maksimal 10 min middelvind hver time. Maksimum 10 minutters middelvind kombinert med 1 times middelvind og glidende midler av timesmidler over 3 og 6 timer er benyttet. Seriene er valgt for å dekke eksponerte stasjoner i sør og nord, på kysten og i fjellet. Det er ikke gjort forsøk med tilpasning før seriene ble valgt.

De 5 høyeste verdiene for 10 min, 1 time, glidende 3 og 6 timer er benyttet og sortering er gjort uavhengig. Tabell 1 viser gjennomsnittskoeffisienter for modellutviklingsstasjonene, modellresultater og verifikasjonsresultater. Modellen må sies å passe meget godt også til datarekker den ikke er utviklet på. Spredningen av koeffisientene antyder en usikkerhet i resultatene beregnet som følge av modellen på $\leq 5\%$. Det kan ikke sees noen forskjell mellom landsdeler eller kyst/fjell. Usikkerheten har trolig fysiske årsaker der stasjonens eksponering og overflateruhet spiller inn, men sammenhengen er ikke helt åpenbar og gir ikke

grunnlag for å angi varierende koeffisienter. Dog, for stasjonene med størst avvik gjelder: Lista ligger helt åpent på sørspissen av Norge, mens Finsevatn er eksponert fra V-NV og SE, mens skjermingen er stor for vind fra N til NE og S til SV.

Tabell 1

Sammenligning av største verdi med varighet med 10 minutters varighet kontra største verdi med varighet 1, 3 og 6 timer for 5 prosjektstasjoner, for modellen utviklet på grunnlag av disse, og for 5 test - stasjoner

Utvikling	1 time	3 timer	6 timer
Askøy	0.93	0.90	0.85
Bu	0.93	0.87	0.83
Hurum-N	0.91	0.86	0.80
Hurum-S	0.93	0.87	0.82
Vealøs	0.93	0.89	0.84
Modell	0.93	0.88	0.83
Verifikasjon	1 time	3 timer	6 timer
Lista fyr	0.95	0.91	0.87
Finsevatn	0.90	0.83	0.77
Fokstua	0.94	0.89	0.85
Skrova fyr	0.92	0.87	0.83
Torsvåg fyr	0.90	0.86	0.82

2.4 Ekstremvind med lang returtid. Noen betraktninger.

Modellen er utviklet for middel av de 5 sterkeste stormene, dvs. typisk forekomst på ca. 1 pr. år. Fra før har vi at overføringskoeffisienten fra 2 til 50 år ikke har store variasjoner i Norge, derved kan vi slutte at modellen også gjelder for en 50 – års storm. For 1000 års stormer er det mulig at såkalte tornado – lignende fenomener kan forekomme og gi høyere verdier enn beregnet på en kortere datarekke. Men slike fenomener er i regelen kortvarige og vil ikke influere på varigheter på 1 time eller mer. Det er derfor vel så stor grunn til å feste tillitt til 1000 – års verdiene for de lange varighetene (≥ 1 time). som for de korte (< 1 time).

3 Konklusjon

Forholdet mellom ekstremvind med varighet T minutter og varighet 10 minutter kan uttrykkes ved en enkel matematisk formel:

$$\frac{U_T}{U_{10\text{min}}} = e^{-0.01 \cdot (T-10)^{0.5}}; \quad 10 \text{ min} \leq T \leq 360 \text{ min}$$

Formelen er utviklet for et høyoppløselig datamateriale for 5 prosjektstasjoner ved DNMI og er testet på 5 standard automatstasjoner for T=1, 3 og 6 timer.

Spredningen i resultatene er liten og det kan anslås en usikkerhet på <5% på estimerte U_T - verdier, gitt at 10 minutters verdiene er riktige. Det er ikke funnet noen klar sammenheng mellom koeffisientene og stasjonstypiske eller geografiske forhold.

4 Referanseliste

1. NS 3491-4., 2001: *Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 4 Vindlaster*. Norges Byggstandardiseringsråd, NBR, Oslo.
2. Harstveit, K. og Andresen, L.: 1994, *Ekstremvindanalyse for kyststrekningen Rogaland - Finnmark.*, DNMI Klima, 07/94. Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo.
3. Harstveit, K.: 1990, *Sluttrapport for vindmålinger på Storebuneset 23.10.87 - 30.04.90*, DNMI Klima, 23/90. Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo.
4. Harstveit, K.: 1993, *Hardangerbrua. Sluttrapport for vindmålinger*, DNMI Klima, 32/93. Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo.
5. Harstveit, K.: 1992, *Skien FM/TV kringkaster - Vealøs. Klimalaster. Sluttrapport for vindmåleprosjektet.* DNMI Klima, 25/92. Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo.
6. Harstveit, K., Andresen, L., Aune, B., Hansen, M., og Kjensli, P.O.: 1990, *Hurum - Værmessig tilgjengelighet for en flyplass 290 m o.h.* DNMI Klima, 11/90. Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo.