

DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

18/86 KLIMA

DATO

28.04.1986

TITTEL

132 KV KRAFTLEDNING BUKSEFJORD-GODTHÅP
REVURDERING AV ISLASTER,
KOMBINERTE IS- OG VINDLASTER

UTARBEIDET AV

SVEIN M. FIKKE

OPPDRAGSGIVER

GRØNLANDS TEKNISKE ORGANISATION

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Islastene er revurdert i lys av ajourførte og nye meteorologiske data for området, men det er foreløpig ikke funnet grunn til å foreta endringer i de tidligere fastsatte lastene på dette stadium. Det er anbefalt islaster innenfor 100 m høydeintervaller for beregning av partillaster for krysningen av Ameralik.

For kombinerte laster av is og vind er det anbefalt:

Ingen kombinasjon for islaster under 10 kg/m

Normenes metode 1 for islaster fra 10 til 25 kg/m

Normenes metode 2 for islaster over 25 kg/m.

UNDERSKRIFT

Svein M. Fikke

Svein M. Fikke

SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune

FAGSJEF

132 KV KRAFTLEDNING BUKSEFJORD - GODTHÅB
REVURDERING AV ISLASTER. KOMBINERTE IS- OG VINDLASTER

1. INNLEDNING

Dispositionsforslaget [1] for en kraftledning fra Buksefjord til Godthåb inneholder en del generelle vurderinger av isingsforholdene i vest-Grønland. Dessuten er det gitt anslag for sannsynlige islaster for traséen basert på tilgjengelige meteorologiske data, befaring i terrenget og topografiske kart. Et oversiktskart over traséen er vist i figur 1.

Senere er det utarbeidet en analyse av Alix Rasmussen ved Meteorologisk Institut MI i København, over vind- og islaster for samme trasé [2]. Den rapporten presenterte bl.a. ajourførte nedbørsobservasjoner for Godthåb og en del analyser av vinddata for stasjon 227 PRÆSTEFJELDET fram til august 1984. En analyse av samtlige data fra i alt 5 stasjoner som var i drift helt eller delvis i perioden 28.05.85 - 07.11.85 ved Ameralik-krysningen er presentert i [6].

Denne rapporten er delt i tre hoveddeler:

1. En revurdering av islastene for hele traséen på bakgrunn av de data og betraktninger som vesentlig er presentert i [2].
2. Diskusjon av kombinerte vind- og islaster i henhold til kraftledningsnormene for Grønland [5].
3. En særskilt vurdering av vind- og islastene for Ameralikspennet m.h.t. både totalbelastningen for spennet og partiallaster av is i deler av spennet.

Denne rapporten erstatter rapport nr. 56/85 KLIMA utgitt av DNMI den 17.12.1985.

2. REVURDERING AV ISLASTER

2.1 Generelt.

En revurdering av islastene for en kraftledning bør baseres på ett eller flere av følgende forhold:

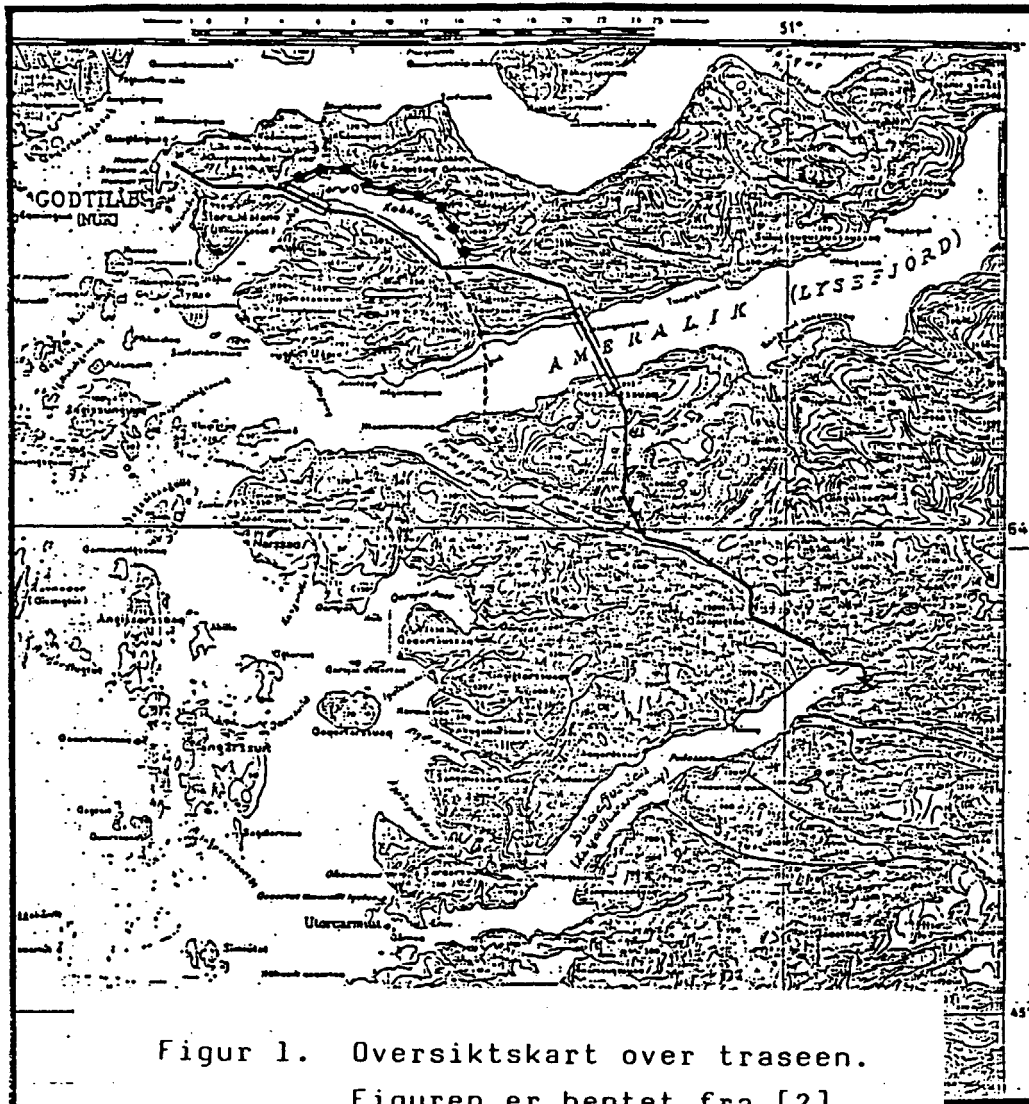
1. Nye meteorologiske data
2. Nye isingsdata
3. Nye modellberegninger
4. Nye befaringer
5. Forbedret kartunderlag/profiler
6. Omlegginger av traséen

I dette tilfellet er det de tre første punktene som ligger til grunn for revurderingene.

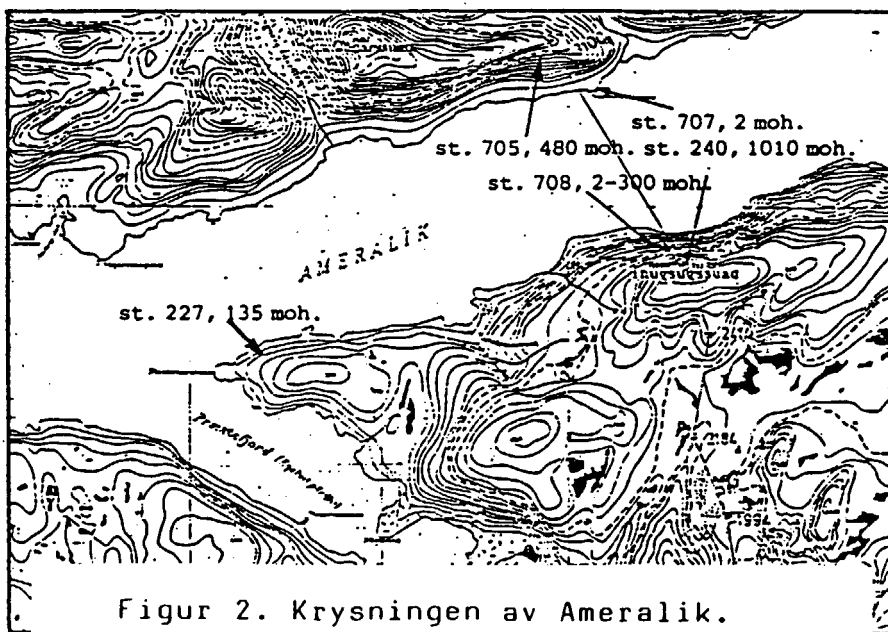
2.2 Nedbøris.

Dispositionsforslaget [1] bygget vesentlig på meteorologiske data for perioden 1931 - 60. A. Rasmussen [2] har påvist at det senere er målt vesentlig høyere verdier for døgnedbøren, idet det to ganger er målt mer enn 100 mm (114 og 108 mm) i Godthåb etter 1960. Temperaturen i disse to tilfellene var mellom +3 og +5°C. Disse to situasjonene kunne ha gitt relativt betydelige mengder nedbøris som snøbelegg på litt høyereliggende steder, eventuelt litt lenger inn fra kysten, forutsatt at nedbøren var like sterk der. Vinden i disse nedbørtilfellene er ikke kjent.

En noenlunde tilsvarende situasjon inntraff i Norge ved Bergen i ca. 600 m høyde i desember 1982 [3]. Den gangen ble en prøve av isen veid til 5 kg/m. Største målte døgnedbør i omegnen var i dette tilfellet 76,5 mm. Ledningen hadde i dette tilfellet en svært ugunstig retning i forhold til vinden og terrenget ga ingen skjerming, trolig ble den heller forsterket i området ved kraftledningen pga. topografiske forhold. Vindhastigheten ble anslått til å være av størrelsesorden 30 m/s.



Figur 1. Oversiktskart over traseen.
Figuren er hentet fra [2].



Figur 2. Krysningen av Ameralik.
Figuren er hentet fra [2].

På Buksefjord - Godthåb ledningen er islastene satt noe høyere (10 - 15 kg/m) i tilsvarende høyder, og med noe mer skjerming. På grunn av de meget usikre forholdene, ble islastene vurdert relativt konservativt i [1], og de nye opplysningene synes derfor ikke å gi grunn til ytterligere økninger.

2.3 Skyis.

A. Rasmussen [2] har også laget en analyse av skyis basert på data fra Godthåb. Denne analysen antyder også islaster av samme størrelsesorden som [1]. Avvikene for resulterende islaster er mindre eller lik 5 - 10 kg/m for hele ledningen.

(I parentes kan det nevnes at det erfaringsmessig er vanskelig å beregne skyis bare ut fra meteorologiske lavlandsstasjoner. Selv med fjellstasjoner og/eller radiosondedata kan det være vanskelig å identifisere tilfeller med ising [4].)

Det konkluderes derfor med at de tidligere oppgitte islastene opprettholdes inntil videre. Når det foreligger traséprofiler eller lignende, kan det være naturlig å gå gjennom lastene mer detaljert for traséen.

4. KOMBINERTE LASTER

I Normene [5] punkt 10.4.4 er det angitt at de kombinerte lastene av is og vind kan beregnes etter den ene av følgende to metoder:

1. "Islast med lille sandsynlighet for at blive overskredet et vilkårligt år kombinert med en vindlast med stor sandsynlighed for at blive overskredet et vilkårligt år, jfr. 10.4.4.1."
2. "Islast med stor sandsynlighed for at blive overskredet et vilkårligt år kombinert med en vindlast med lille sandsynlighed for at blive overskredet et vilkårligt år, jfr. § 10.4.4.1."

Disse to metodene uttrykkes matematisk som:

$$1. \text{ Islast:} \quad i_{vs} = i_k \quad (1)$$

$$\text{Vindhastighet:} \quad v_{is} = 0,55 \cdot v_k$$

$$2. \text{ Islast:} \quad i_{v2} = 0,5 \cdot i_k \quad (2)$$

$$\text{Vindhastighet} \quad v_{i2} = 0,8 \cdot v_k$$

i_k og v_k står for henholdsvis karakteristisk islast og karakteristisk vindhastighet.

Som karakteristisk vindhastighet er underforstått vindens normal-komponent til ledningen. Normalkomponentene er av MI påført et trasékart.

Generelt kan det sies om kombinerte laster, at på steder der ising forventes meget sjelden, kan en regne med lave kombinasjonslaster. På utsatte fjelltopper f.eks., der en må regne med årvisse islaster, og at isen dessuten kan henge på ledningene over en stor del av sesongen, blir sjansen mye større for at høye vindhastigheter kan opptre på isbelagt leder. Dessverre finnes det ingen pålitelige data eller metoder for beregning av kombinerte laster, og disse må derfor fastsettes etter etablert praksis (normer) kombinert med skjønn.

I tabell 1 er det satt opp tre eksempler med de kombinasjonene (1) og (2) gir. Vindtrykket p er beregnet av formelen:

$$p = c \cdot \frac{v^2}{16} \cdot d \quad (3)$$

der vindhastigheten v er gitt i m/s og diameteren d i m. Benevningen for vindtrykket blir da kp/m. Formfaktoren c antas for enkelthets skyld lik 1, (for øvrig vises til Normenes punkt 10.3.4.3).

Eksemplene i tabell 1 er valgt fra 3 last-tilfeller på ledningen, med islaster henholdsvis 10, 15 og 40 kg/m med tilhørende $v_k = 45$ m/s i det første tilfellet og $v_k = 55$ m/s i de to siste.

Siden IEC-normene ikke er gjennomført i Norge, er det i tillegg

ført opp de sannsynlige kombinasjonslastene etter nåværende norsk praksis. I Norge antas det bare kombinasjonslaster når islasten overstiger 8 - 10 kg/m, idet en antar at for lavere islaster opptrer isingen så sjelden at vindtrykket i slike situasjoner blir mindre enn vindtrykket for maksimal vindhastighet (karakteristisk vind).

Normalt beregnes det i Norge en islast på 20 - 25% av full islast varierende med antatt varighet av islasten, eller i praksis 25 - 30% under 20 kg/m til 50% ved 40 - 50 kg/m islast. Vindhastigheten antas normalt til 75 - 80% av karakteristisk vindhastighet. I tabell 1 er det valgt 30% islast i de to første eksemplene og 50% i det siste. I alle tilfeller er det brukt 75% av vindhastigheten (avrundet).

Vi ser av tabell 1 at metode 2 gir et høyere vindtrykk enn metode 1, og at vindtrykkene etter norsk praksis ligger et sted i mellom, eller nærmest metode 1 for laster opp til ca. 15 kg/m og omtrent lik metode 2 for de høye lastene.

Tabell 1. EKSEMPLER PÅ VINDTRYKK VED KOMBINERT IS OG VIND.

- ik = karakteristisk islast (kg/m)
- iv = islast kombinert med vind (kg/m)
- d = isdiameter (cm)
- vk = karakteristisk vindhastighet (m/s)
- vi = vindhastighet kombinert med is (m/s)
- p = vindtrykk (kp/m)

Metode: Se teksten.

	ik	iv	d	vk	vi	p
EKSEMPEL A.						
Metode 1:	10	10	14	45	25	5.5
Metode 2:	10	5	10	45	36	8.1
Norsk praksis:	10	3	8	45	35	6.1
EKSEMPEL B.						
Metode 1:	15	15	17	55	30	9.6
Metode 2:	15	7.5	12	55	44	14.5
Norsk praksis:	15	5	10	55	42	11.0
EKSEMPEL C.						
Metode 1:	40	40	27	55	30	15.2
Metode 2:	40	20	19	55	44	23.0
Norsk praksis:	40	20	20	55	42	22.1

Forholdene for Buksefjord - Godthåb ledningen vurderes slik at ising vil inntreffe sjeldnere enn f.eks. i Vest-Norge. Dessuten antas det at forskjellene mellom maksimal vindhastighet og påregnelig vindhastighet under ising er større på Vest-Grønland enn i Norge. Disse forhold gjør at kombinasjonen etter metode 1 trolig er den mest realistiske for islaster opp til (20 -) 25 kg/m.

Når det gjelder Inugssugssuaq er forholdene mer usikre. Det er å håpe at målestasjonen vil gi en indikasjon på isingsfrekvenser og varigheter av store islaster på dette stedet. Inntil videre vil en sannsynligvis være på den sikre siden ved å velge kombinasjonslast etter metode 2.

For de strekningene som har islaster mindre eller lik 8 kg/m, blir det altså ikke normalt beregnet kombinasjonslaster i Norge. Det antas som ikke sannsynlig at kombinasjonslasten er større for disse strekningene på Buksefjord-ledningen enn på tilsvarende steder i Norge.

4. AMERALIK-KRYSNINGEN

4.1 Nye data.

I løpet av sommeren 1985 ble det opprettet 4 nye målestasjoner i området for krysningsen i tillegg til stasjon 227 som har vært i drift siden 1981, se oversikt i tabell 2 (hentet fra [6]).

Tabell 2. MALESTASJONER VED AMERALIK - KRYSNINGEN 1985.

Stasjon	Hoh.	Vind- hast.	Vind- retn.	Luft- temp.	Rel. fukt.	Is- og vind- laster	Nedbør	Periode
707	5	Ja	Ja					27.06-09.10.85
227	135	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	08.05.81-07.11.85
708	250	Ja	Ja					27.06-10.10.85
705	500	Ja	Ja	Ja	Ja			28.05-10.10.85
240	1010	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	28.05-07.11.85

Stasjonene 707, 227, 708 og 240 ligger på sørsiden av fjorden i henholdsvis 5, 135, 250 og 1010 m høyde. Islaster måles bare på stasjonene 227 og 240. Stasjon 705 er den eneste på nordsiden av fjorden, den ligger i 500 m høyde. A. Rasmussen har i [6] gitt en detaljert beskrivelse av stasjonene sammen

med en presentasjon av analyserte data fram til oktober - november 1985. Bl.a. er det i [6] gitt en omtale av 2 isings-tilfeller på stasjon 240 Inugssugssuaq.

Det er ikke meningen her å gå detaljert inn på innholdet i [6], men en del viktige data og analyser blir trukket inn i diskusjonen nedenfor. Generelt skal det likevel påpekes at data fra en periode på 3 - 4 måneder ikke kan ha noen avgjørende betydning for de dimensjonerende lastene, selv om de isolert sett gir en del interessant informasjon, spesielt fordi en fra før ikke hadde noen data for høyere nivåer i området.

I dette kapitlet refereres det først til de islastene som er registrert på Inugssugssuaq, dernest diskuteres sannsynlige partielle islaster for deler av spennet, bl.a. ut fra ønsket om å gjøre mer detaljerte beregninger av seilingshøyder, avstand til terreng o.l.

4.2. Ising på Inugssugssuaq.

De to sterkeste isingstilfellene i 1985 var på henholdsvis 1,6 og 1,3 kg/m på prøvekabelen. Dette er meget lave tall sammenlignet med hva som er forventet på dette stedet. Disse registreringene sammen med observasjonene gjort av J. Bülow [2] viser likevel at ising er et hyppig fenomen på stedet. Men isingsdataene er som nevnt fortsatt altfor få til at det er grunn til å endre de dimensjonerende lastene for toppen av Inugssugssuaq.

4.3 Islaster i fjordspennet.

4.3.1 Høydeintervaller for snøbelegg.

Bortsett fra øvre del av spennet ved Inugssugssuaq, og muligens spennfestet på nordsiden, er spennet bare utsatt for nedbøris. Det antas at lave skyer i Ameralik har et lite vanninnhold (og at vindhastigheten på tvers av spennet muligens er for liten i slike tilfeller) til at det kan dannes skyis utover relativt tynne lag av lett rim.

Fjordspennet vil bli ca. 5200 m langt med en høydeforskjell mellom buken og øverste spennfeste på nær 1000 m. Høydeforskjellen mellom spennfestene er ca. 580 m.

Vi har fra litteraturen sparsomme data for dannelsesprosessen av snøbelegg. Vi vet bl.a. at temperaturen er en viktig størrelse, men vi kjenner lite til hvilket temperaturintervall som er mest kritisk, bortsett fra at det trolig ligger innenfor $+0,5 - 2^{\circ}\text{C}$. Et typisk trekk ved observasjoner av snøbelegg i Norge er at det er innenfor høydeintervaller på 50 - 100 m, selv om observasjonene er usikre. Med en vertikal temperaturgradient på $0,5 - 0,7^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$, antyder dette at snøbelegget forekommer innenfor et nokså snevert temperaturintervall, kanskje av størrelsesorden $0,5^{\circ}$.

Det er tidligere antatt en vertikal temperaturgradient på $0,5^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ for Ameralik [2]. Dette skulle tilsi at i enkelt-situasjoner vil snøbelegget forekomme innenfor et høydeintervall på ca. 100 m. I [6] er det antydnet at den vertikale temperaturgradienten kanskje bare er det halve ($0,26^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ i middel). Dette vil i så fall kunne føre til en fordobling av høydeintervallet for snøbelegg i enkelt-situasjoner.

(I parentes kan det nevnes at den lave temperaturgradienten kan skyldes en mer eller mindre jevn utstrømning av kaldluft fra innlandet (isen) heller enn de lokale fuktighetsforholdene slik det er antydnet i [6].)

Det er selvsagt andre faktorer enn temperaturen som bestemmer utstrekningen på snøbelegget i en enkelt-situasjon, f.eks. vindens høydevariasjon og lokale skjermingsforhold. Men temperaturen har trolig størst betydning. Derfor må de fremtidige temperaturmålingene følges nøye. Spesielt er det viktig å studere temperaturgradienten i enkelttilfeller med sterk nedbør, fordi det er de høyeste nedbørintensitetene som er de potensielt farligste isings-situasjonene.

Siden temperaturgradientene i [6] ikke gjelder nedbørs-situasjoner spesielt, og også fordi islastene som velges antas å være på den konservative siden, velges det derfor inntil videre her som utgangspunkt et midlere høydeintervall på 100 m som utgangspunkt for partiallastene.

4.3.2 Partiaallaster for spennet.

De foreslåtte partiallastene for fjordspennet er ført opp i tabell 3, og vil bli kommentert nedenfor.

Ved øvre spennfeste er islasten vurdert til 40 kg/m. Isingen her består vesentlig av skyis. Denne islasten vil erfaringsmessig avta mot null et par timetre under toppens nivå på grunn av terrengets skjermingseffekt. Velger vi konservativt et høydeintervall på 50 m, vil dette tilsvare de første 100 m av spennet siden utgangsvinkelen er 30°.

Islastene som er angitt i [2] for fjordspennet, synes å være i høyeste laget. Terrenget vil gi en så god skjerming, særlig på sørsiden av Ameralik, at isingen på linene må bli langt lavere. Det anbefales derfor en sterkere avtrapping av islastene fra toppen og ut i spennet. Trolig vil det være tilstrekkelig konservativt å anta islaster på mindre enn 15 kg/m under kote 800.

For nordsiden av spennet er deknningen mindre, og det antas derfor en raskere økning med høyden.

For øvrig vises det til tabell 3.

Tabell 3. FORSLAG TIL PARTIALLASTER FOR FJORDSPENNET OVER AMERALIK.

Innenfor hvert høydeintervall antas islasten jevnt økende med høyden.

De partielle islastene beregnes kun for deler av spennet innenfor høydeintervaller på 100 meter ad gangen, mens resten av spennet betraktes som isfritt.

	HØYDEINTERVALL (m)	ISLAST (kg/m)
Sørsiden:		
	900 - 1050	25 - 40
	800 - 900	15 - 25
	600 - 800	10 - 15
	0 - 600	5 - 10
Nordsiden:		
	0 - 450	5 - 25

4.3.3 Midlere islast for spennet.

I Dispositionsforslaget [1] er det nevnt at den gjennomsnittlige islasten for fjordspennet neppe vil overstige 3 - 4 kg/m. Det antas fortsatt at 4 kg/m er en øvre grense for dette lasttilfellet. Etter de partiallastene som er gitt ovenfor, vil f.eks. 40 kg/m på de øverste 100 m av spennet tilsvare mindre enn 0,8 kg/m i middelvei for spennet.

Nær buken blir selvsagt en mye større del av spennet islagt, men her kan det neppe bli tale om islaster på mer enn 5 - 7 kg/m i gjennomsnitt over mindre enn halve spennlengden.

Selv om det skulle vise seg at snøbelegget legger seg over et noe større høydeintervall enn 100 m, antas det likevel at 4 kg/m er på den sikre siden. Spesielt skal det påpekes at det er liten sjanse for at det er snøbelegg både på sørsiden og nordsiden samtidig i samme nivå, siden det kreves noe forskjellige vindretninger for å gi maksimallast for de to sidene.

4.3.4 Vind.

Fra Det Danske Meteorologiske Institut (DMI) er vindens normalkomponenter for fjordspennet oppgitt til henholdsvis 25 og 40 m/s for 10 min. middelvind og vindkast. Disse representerer henholdsvis "basisvind" og "karakteristisk vind" i henhold til Normene [5]. Fjordspenn av den størrelsen det er snakk om her er ikke dekket av Normene, idet det er tenkt at slike spenn må vurderes separat.

Jo lenger et spenn er, jo mindre betyr den kortperiodiske turbulensen for kraftpåkjenningen. Det har vært vanlig praksis i Norge at man benytter en tilnærmet 10 min. middelvind som dimensjonerende vind ("karakteristisk vind") for så lange spenn. Dette utgangspunktet er støttet gjennom et vindtunnelforsøk [7] som viser at krysskorrelasjonsfunksjonen for den turbulente delen av vinden er tilnærmet lik null for et "alminnelig" fjordspenn.

Det anbefales derfor at man benytter 10 min. middelvind, eller 25 m/s, som dimensjonerende vind for krysningen.

Det har ikke vært vanlig for fjordspenn i Norge å regne med kombinerte laster. For Ameralik-krysningen må en regne med noe hyppigere ising enn på norske fjordspenn, men på den andre siden er spennet så langt at en islast høyst sannsynlig bare vil dekke en mindre del av spennet. Det antas derfor ikke nødvendig å beregne krysningen for dette lasttilfellet.

5. SLUTTKOMMENTAR

Både islaster og vindhastigheter er satt etter relativt grove inndelinger både geografisk og størrelsesmessig. Ledningene ligger også i et område hvor man har lite erfaringer å bygge på. I tillegg skal det brukes et nytt normapparat som ikke tidligere er brukt for tilsvarende topografiske forhold. Prosjektet kan derfor betraktes som et "pilot"-prosjekt. Disse momentene tilsier at man må beholde en løpende kontrakt mellom de forskjellige partene. Spesielt skal det påpekes at islastene trolig jevnt over er på den konservative siden. Dersom det oppstår problemer eller spørsmål i forbindelse med klimalastene under prosjekteringen, er det viktig at disse blir drøftet konkret. Særlig har topografien stor betydning, og detaljene her er ikke vurdert ut fra en helt konkret linje i terrenget.

Spesielt har det vist seg nyttig at traséen vurderes i terrenget etter at traséen er fastlagt og masteplassene tilnærmet bestemt.

REFERANSER

- [1] Jacobsen, D., Løland, Ø. og Fikke, S.M.: 132 kv Transmissionslinie Buksefjord - Godthåb. Dispositionsforslag. September 1983. Tron Horn A/S.
- [2] Rasmussen, A.: Estimering af vind- og islaster for kraftledningstrasé fra Buksefjord til Godthåb. Meteorologisk Institut, København, 1985.
- [3] Fikke, S.M.: 300 kv kraftledning Dale - Fana. Revurdering av is- og vindlaster. EFI TR 3154/DNMI FR 11/84 KLIMA. Oslo 1984.
- [4] Fikke, S.M.: NVEs islaststasjoner. Rapport for sesongene 1983/84 og 1984/85. DNMI Rapport nr. 53/85 KLIMA. Oslo 1985.
- [5] Mekaniske Normer for Højspenningsledninger i Grønland. 1. udgave 1983. Udarbejdet av GTO.
- [6] Rasmussen, A.: Rapport til GTO (Forundersøkellesavdelingen) vedr. meteorologiske målestasjoner 1985. (Håndskrevet manuskript datert 10. januar 1986. Tittel ukjent.)
- [7] Bjerregaard, E.T.D., B.Holm og E.G. Sørensen: Karakteristiska for hastighedskomponenten i vindretningen målt langs en tænkt kabelføring over en typisk norsk fjord. SL 83161 (Utført for Statskraftverkene, Oslo) Skibstéknisk Laboratorium, Lyngby, 1984.