

DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

20/88 KLIMA

DATO

14.07.1988

TITTEL

PROSJEKT SVARTISEN/SALTFJELLET.

KLIMAVERKNAD I HOLANDSFJORD AV FJORDISEN.

UTARBEIDET AV

PER ØYVIND NORDLI

OPPDRAGSGIVER

STATKRAFT

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Det vart funne at isen påverkar lokalklimaet i Holandsfjorden. Når isen ligg i fjorden, blir det kaldare enn det elles ville ha vore. Verknaden av isen aukar til lågare temperaturen er og de mindre skyer det er. Er til dømes temperaturen på verstasjonen i 8070 Glomfjord -5°C , er verknaden av isen om lag 3°C for skydekke 0-5/8 og 2°C for skydekke 6-8/8. Desse tala gjeld for stader nær fjorden og er gjennomsnittsverdiar.

UNDERSKRIFT

Per Øyvind Nordli
.....

Lori Håland
.....

Per Øyvind Nordli
SAKSBEHANDLER

Lori Håland
FUNG. FAGSJEF

I N N H A L D

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON	1
2 KORT OM KYSTKLIMAET VESTA FOR SVARTISEN	2
2.1 Lendet	2
2.2 Nedbør	3
2.3 Temperatur	4
2.4 Vind	8
3 OBSERVASJONANE I HOLANDSFJORDEN	10
3.1 Datatilfanget	10
3.2 Einskildobservasjonar, spesialstudium	11
4 LOKALKLIMATOLOGISK VERKNAD AV FJORDISEN	14
4.1 Statistisk metode for analyse av temperaturdifferensar	14
4.2 Resultat av testane	16

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
5 VEDLEGG A, SIGNIFIKANSTEST	22
6 LITTERATUR	23

KLIMAVERKNAD I HOLANDSFJORDEN AV FJORDISEN.

1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON

Klimaet i Holandsfjorden høyrer til type Cfc etter Köppens inndeling, det tyder eit temperert regnklima utan tørre periodar om vinteren eller sommaren og med ein kjøleg kort sommar.

Det har ikkje vore målt nedbør i fjorden. Ved å vurdere måleresultat frå andre stasjonar i nærleiken antar vi likevel at årsnedbøren nede ved fjorden varierer mellom 1700 mm og opp til 2000 mm i året. Mest nedbør er det om hausten og vinteren. Nedbøren er truleg høgare oppe liene og på fjellet.

Medeltemperaturen for året er om lag 5°C nede ved fjorden. I den inste delen av fjorden (målestasjonen 8062 Holandsfjord) er temperaturen i kaldaste månad, januar, $-1,7^{\circ}\text{C}$. Varmaste månad er juli med $13,8^{\circ}\text{C}$. Alle tala gjeld for normalperioden 1931/60.

Holandsfjorden islegg seg ofte om vinteren og da kan kaldluft bli liggjande over isen på den inste delen av fjorden. Den lågaste mælte temperaturen i Holandsfjorden er såleis så låg som $-22,5^{\circ}\text{C}$.

Ei gransking som viser kva isen på fjorden har å seia for lokalklimaet vart gjennomført ved hjelp av ein statistisk metode. Det vart funne at isen påverkar lokalklimaet i fjorden. Det blir kaldare når isen ligg der enn det elles ville ha vore. Verknaden av isen aukar med minkande temperatur og skydekke.

Er til dømes temperaturen på verstasjonen i 8070 Glomfjord -5°C , er verknaden av isen om lag 3°C for skydekke 0-5/8 og 2°C for skydekke 6-8/8. Desse tala gjeld for stader nær fjorden og er gjennomsnittsverdiar.

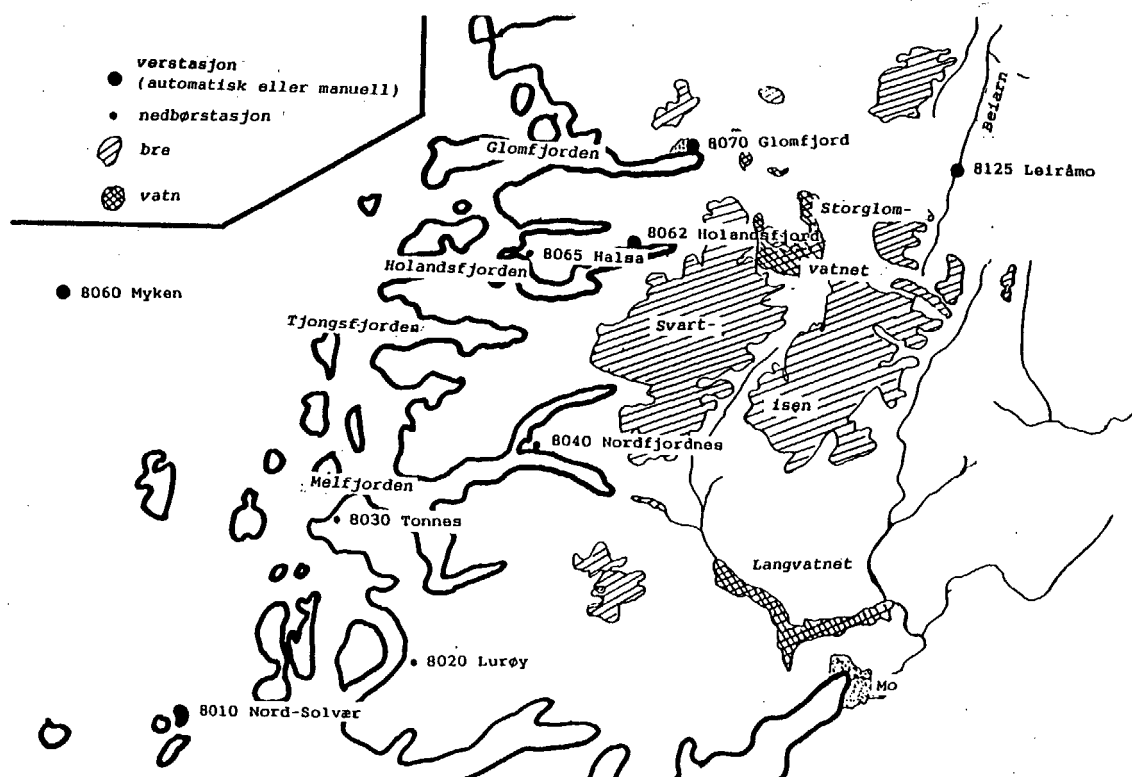
Arbeidet med ei vassdragsregulering er nå i gang. Den inste delen av fjorden, frå Holand til fjordbotnen får mindre is enn under uregulerte tilhøve. Der vil det bli mildare etter reguleringa i dei situasjonane der fjorden utan regulering ville vore islagt, men med regulering vil vera isfri.

2 KORT OM KYSTKLIMAET VESTA FOR SVARTISEN

2.1 Lendet

Kysten vestafor Svartisen er særmerkt, opprivi som han er av fjordar mellom høge fjell. Fjella har alpeformasjonar og stuper ofte rett ned i fjordane som skjer seg inn i landet. Mellom desse er Holandsfjorden der eit nytt kraftverk skal byggjast. Nordafor ligg fjordane Bjærangsfjorden og Glomfjorden der det alt sidan 1916 har vore ein meteorologisk stasjon i drift. Sønnafør Holandsfjorden ligg Tjongsfjorden og Melfjorden, sjå kartskissa figur 2.1.

Utafor kysten finst eit utal av øyar, mange av dei er synlege på lang lei ved dei høge fjella dei hyser. Innafor kysten varierer fjella svært mykje med omsyn til høgd over havet. Det største vatnet i fjellet, Storglomvatnet, ligg vel 500 moh., mykje av sjølve breen Svartisen ligg over 1000 moh. og der finst nunatakar over 1500 moh. som til dømes Snøtind.



Figur 2.1. Skisse over Svartisen og kyststroka vestafor.

2.2 Nedbør

Høgdeskilnadene i dette landskapet er så store at den nedbørutløysande effekten som fjella øver blir svært viktig. Dei nedbørførande vindane kjem i all hovudsak i sektoren sør-vest til nord-vest, særleg sørvesten fører jamnt nedbør med seg.

Nedbørutløysing på grunn av fjell blir kalla orografisk nedbør. Ved at luft blir tvinga til vers av fjella aukar nedbøren på losida av fjella og minkar på lesida. Stundom kan det til og med klårne opp på lesida og vera nedbør på losida. Oppklaring er mest vanleg ved byever, mindre vanleg ved frontpassasje.

Eit fjell som er orientert nord-sør, vil få mest nedbør på vestsida av fjellet og minst på austsida. Ser ein svært grovt på kystterrenget vestafor Svartisen, er fjella orinterte nord-sør, og vi finn da også jamnt over størst nedbør der terrenget ris brattast og høgast opp. Det vil seia i dei midtre og indre fjordstroka. Men tabell 2.1, som viser nedbørnormalane, fortel om store lokale variasjonar.

Tabell 2.1 Nedbørnormalar i mm for perioden 1931/60.

Nr	Namn	hs	Jan	Feb	Mrs	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Året
8010	Nord-Solvær	10	117	105	105	82	60	72	72	97	118	149	110	108	1195
8020	Lurøy	110	219	200	225	198	152	193	155	227	310	355	241	240	2715
8030	Tonnes	15	75	73	76	69	59	80	75	98	125	138	95	76	1039
8040	Nordfjordnes	14	172	168	181	138	108	128	101	150	243	270	183	181	2023
8060	Myken	19	77	71	75	62	48	62	54	75	101	128	97	85	935
8065	Halsa	40	150	140	145	110	85	105	90	120	190	220	160	155	1670
8070	Glomfjord	39	186	168	164	126	91	119	101	141	222	252	176	187	1933
8085	Sundsfjord	11	176	161	157	120	92	115	96	135	213	241	165	179	1850
8110	Beiarn	5	131	111	108	70	52	64	56	75	134	166	115	131	1213
8125	Leiråmo	217	120	100	95	65	45	55	50	75	120	145	105	125	1100

Vi ser at årsnedbøren langt frå kysten er under 1000 mm, jamfør 8060 Myken. Lenger inn mot land ligg 8030 Tonnes og 8010 Nord-Solvær. Dei har nedbør i overkant av 1000 mm i året. Vidare innover har vi stasjonen 8065 Halsa i Helgeland med 1670 mm. Vi tek da til å nærme oss området der terrenget stig mest opp mot fjella. Det området er representert ved stasjonane 8040 Nordfjordnes inne i Melfjorden, 8070 Glomfjord, 8085 Sundsfjord og 8020 Lurøy. Dei tre første ligg alle inne i fjordar og har nedbørnormalar omkring 2000 mm i året. Lurøy har betydeleg meir nedbør enn desse tre med

heile 2715 mm i året. Til jamføring kan nemnest at det er nesten fire gonger så mykje som Oslo.

I denne samanhengen skal nemnast at 8020 Lurøy ikkje ligg på sjølve Lurøya, men inne på fastlandet i Lurøy kommune. Austafor stasjonen stig terrenget bratt opp mot 1000 moh. Denne vestskråninga vender seg mot nedbørførande vindar utan nemnande skjerming av andre fjell, medan stasjonane inne i fjordane kan vera skjerma for vindar i visse delar av nedbørsektoren.

2.3 Temperatur

Liksom for nedbør vil vi også gje normalar for lufttemperaturen for området, sjå tabell 2.2. Ein kan vurdere normalane ut frå fleire faktorar som påverkar dei. Vi har likevel avgrense vår vurdering til to tilhøve:

- a) Påverknad frå havet: Om vinteren blir det ofte store temperaturkontrastar mellom hav og land. Energimengder blir førde nordover langs norskekysten av vinddrivne havstraumar. Denne energien kjem lufta til gode.

Av stasjonane i tabellen er 8010 Myken den som ligg lengst ute og er mest påverka av havet. Vi ser at ingen av månadene har normal under 0° .

Om våren og særleg tidleg på sommaren verkar havet kjølande og som tabellen viser har 8010 Myken enda lågare normalar enn dei andre kyststasjonane.

Dei to stasjonane inne i fjordane, 8062 Holandsfjord og 8070 Glomfjord, har dei lågaste vintertemperaturane.

- b) Lokal plassering i høve til ope vatn: Alle stasjonane ligg nær ope vatn, men stasjonen 8062 Holandsfjord ligg nær ein fjord som rett ofte islegg seg om vinteren. Isen (og framfor alt dersom det legg seg snø på isen) isolerer lufta frå det varmare vatnet slik at temperaturane på staden blir lågare enn dei elles ville ha vore. Dette er noko av årsaka til at stasjonen i Holandsfjorden har lågare vintertemperaturar enn den i Glomfjorden som ikkje islegg seg om vinteren. Sjø kapittel 3 og 4 der dette er granska.

Det er vanleg å klassifisere klimaet etter eit skjema utarbeidd av Köppen. Skjemaet byggjer på månadsnormalar for temperatur og nedbør slik at klimatypen kan finnast av tabellane 2.1 og 2.2. Etter inndelinga til Köppen høyrer klimaet på kysten til typen Cfc som tyder eit temperert regnklima utan tørre periodar om vinteren eller sommaren og med ein kjøleg kort sommar. Temperert regnklima tyder mellom anna at det ikkje finst noko varig snødekke. Det passar bra med situasjonen nær sjøen eller fjordane.

Tabell 2.2 Temperaturnormalar i °C for perioden 1931-60.

Nr. Namn	Jan	Feb	Mrs	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Året
8010 Nord-Solvær	-0,1	-0,4	0,7	3,4	6,7	9,9	13,4	13,1	10,1	6,4	3,7	1,6	5,7
8060 Myken	0,8	0,4	1,2	3,3	6,2	9,2	12,7	12,6	10,2	6,9	4,3	2,5	5,9
8062 Holandsfj.*	-1,7	-1,6	-0,2	2,7	6,6	10,2	13,8	12,7	9,3	5,0	2,2	0,1	4,9
8070 Glomfjord	-1,0	-1,4	-0,2	2,7	6,6	10,2	13,8	12,8	9,6	5,6	2,8	0,8	5,2

* Stasjonen 8062 Holandsfjord har ikkje vore i drift i normalperioden. Normalen er utrekna ved jamføring med 8070 Glomfjord som dekkjer heile normalperioden.

Tabell 2.3 viser temperaturekstremar for 8062 Holandsfjord og tabell 2.4 viser ekstremar for 8070 Glomfjord. Stasjonen i Glomfjord har fanga opp ekstremar over nesten 72 år, medan stasjonen i Holandsfjorden i alt har gjeve om lag 10 år med data.

Vi overlet til spesielt interesserte lesarar å studere desse tabellane, vi skal her berre gjera nokre jamføringar mellom stasjonane:

Den lågaste registrerte temperaturen i Holandsfjorden er -22,5 °C den 30/12 1978. Svært kald luft hadde da råka store delar av Skandinavia og dette var også den lågaste desemberobservasjonen i Glomfjord sidan starten i 1916. Men temperaturen var likevel om lag 5⁰ høgare enn i Holandsfjorden.

I kapittel 3 vil ein situasjon i slutten av januar bli studert. Den førde til den lågast registrerte temperaturen i januar på 8062 Holandsfjord med -19,3 °C medan lågaste temperaturen på 8070 Glomfjord berre var -8,5⁰C.

Minimumstemperaturane i den isfrie perioden skil seg ikkje sterkt frå kvarandre i den to fjordane. At dei mælte maksimumstemperaturane er høgare i Holandsfjorden enn i Glomfjorden kan vera ein realitet sidan den indre delen av Holandsfjorden er meir avskjerma enn Glomfjorden. Men det kan

også ha si årsak i at stasjonane er utstyrde med to ulike hyttetyper som kan gje ulik strålingsavskjerming av termometer eller følar. Det er nettopp i versituasjonar som kan gje maksimumstemperaturar at slike instrument-effektar kan gjera seg gjeldande.

Tabell 2.3

**B062 HOLANDSFJORD
TEMPERATUR**

OBSERVASJONSPERIODE 1975.11. - 1988.03.

DATAINNGANG 79 %

KOMMUNE:
MeløyH.O.HAVET H.O.MARKA TYPE
4 m 200 cm 0

	JAN	FEB	MRS	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
MEDELVERDI	-3,6	-1,3	0,1	2,3	7,2	10,2	12,3	11,3	7,6	5,4	1,5	-2,1
STANDARDVVIK	1,7	2,1	1,5	1,2	2,6	1,7	1,0	0,9	1,1	1,4	1,1	2,9
MANADSMEDEL												
Høgaste verdi, år:	1983	1982	1986	1987	1984	1987	1978	1985	1983	1987	1986	1984
Høgaste månadsmedel	0,0	2,2	2,7	3,9	10,2	12,3	14,2	13,0	9,3	8,9	2,9	2,2
Lågaste månadsmedel	-5,9	-4,2	-2,3	0,3	1,3	7,8	10,6	9,6	5,1	3,2	-1,1	-7,2
Lågaste verdi, år:	1984	1985	1984	1977	1977	1981	1984	1983	1976	1979	1983	1978
MANADSMEDEL AV DØGNMAKSIMUM OG DØGNMINIMUM												
Høgaste verdi, år:	1983	1982	1986	1984	1984	1978	1978	1985	1981	1987	1986	1984
H. månadsmedel av d.maks	2,4	4,4	6,1	7,7	13,8	15,3	17,8	16,3	12,3	12,0	5,4	4,5
L. månadsmedel av d.min	-10,0	-6,5	-6,0	-3,6	-2,6	4,6	8,6	6,7	2,1	1,0	-3,4	-10,2
Lågaste verdi, år:	1984	1985	1984	1977	1977	1982	1984	1987	1976	1979	1983	1978
DØGNMEDEL												
Høgaste verdi, år:	1982	1982	1976	1983	1984	1979	1982	1985	1983	1984	1978	1984
På datoen:	17	14	5	22	29	25	16	11	4	3	8	24
Høgaste døgnmedel	8,2	7,9	8,1	10,4	18,5	20,8	21,8	20,9	16,5	15,9	9,8	8,7
Lågaste døgnmedel	-16,1	-17,3	-12,8	-5,8	-7,7	-1,8	5,6	6,3	0,5	-2,7	-11,4	-18,9
Lågaste verdi, år:	1984	1979	1979	1977	1977	1977	1977	1983	1986	1984	1983	1978
På datoen:	7	13	17	7	8	1	13	12	27	25	28	30
ABSOLUTTE EKSTREMAR												
Høgaste verdi, år:	1982	1982	1976	1986	1981	1979	1987	1984	1983	1984	1977	1984
På datoen:	17	13	5	25	24	25	16	1	3	3	1	1
Absolutt maksimum	10,7	10,9	13,1	14,8	25,0	24,4	26,5	26,0	20,4	18,5	14,8	13,6
Absolutt minimum	-19,3	-19,6	-20,3	-11,6	-10,0	-4,9	3,6	2,0	-3,4	-4,2	-12,7	-22,5
Lågaste verdi, år:	1979	1979	1979	1977	1977	1977	1982	1987	1986	1985	1983	1978
På datoen:	30	13	17	9	8	1	14	25	27	31	28	30

Tabell 2.4

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
8070 GLOMFJORD

KLIMAAVDELINGEN

KOMMUNE BREDDE LENGDE HOH HP PERIODE
MELØY 66 49 13 59 39 ***** 1916.05 - 1988.02

NORMALER OG EKSTREMER

TEMPERATUR

JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES AR

TEMPERATURNORMALER 1931-60

- 1.0 - 1.4 - 0.2 2.7 6.6 10.2 13.8 12.8 9.6 5.6 2.8 0.8 5.2

HØYESTE MÅNEDS- OG ÅRSNEDBØR-TEMPERATUR

3.4 3.6 4.7 7.2 10.9 15.2 17.1 16.5 13.3 10.3 5.8 4.7 6.6

INNTRAFK ÅR

1934 1959 1959 1937 1963 1953 1937 1969 1934 1961 1958 1972 -1934

LAVESTE MÅNEDS- OG ÅRSNEDBØR-TEMPERATUR

- 4.8 - 7.3 - 4.6 - 0.7 3.2 6.6 10.1 9.7 5.5 1.3 - 1.8 - 4.8 3.2

INNTRAFK ÅR

1986 1966 1940 1929 1917 1923 1965 1983 1976 -1926 1919 1981 1955

ABSOLUTT MÅKSNIMUMSTEMPERATUR

11.5 11.4 12.2 17.6 23.5 28.9 29.5 27.3 24.4 19.0 15.6 15.1 29.5

INNTRAFK ÅR

1983 1975 1959 1921 1963 1972 -1957 1963 1968 1961 1978 1984 -1957

ABSOLUTT MINIMUMSTEMPERATUR

-16.7 -18.4 -15.8 -11.7 - 5.9 - 0.4 2.9 2.7 - 3.1 - 9.7 -12.3 -17.4 -18.4

INNTRAFK ÅR

1940 1966 1937 1977 1939 1962 1949 1968 1986 1968 1925 1978 1966

NEDBØR

JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES AR

NEDBØRNORMALER 1931-60 I MM

186 168 164 126 91 119 101 141 222 252 176 187 1933

STØRSTE MÅNEDS- OG ÅRSNEDBØR I MM

646 410 596 401 217 239 364 436 520 639 441 573 3122

INNTRAFK ÅR

1964 1934 1953 1938 1979 1957 1982 1983 1932 1962 1942 1975 1964

MINSTE MÅNEDS- OG ÅRSNEDBØR I MM

10 8 14 7 22 16 23 10 58 11 9 17 1089

INNTRAFK ÅR

1922 1988 1987 1931 -1969 1933 1937 1969 1957 1952 1960 1938 1960

STØRSTE DØGNNEDBØR I MM

184 117 115 90 71 55 107 111 99 120 138 109 184

INNTRAFK ÅR

1964 1958 1930 1938 1918 1944 1964 1971 1963 1962 1983 1932 1964

STØRSTE SNØDYBDE I CM

55 78 74 38 2 2 3 8 69 78

INNTRAFK ÅR

1988 1987 1987 1987 1987 1986 1986 1987 1987 1987

- foran årstallet betyr at samme månedsverdi også har forekommet etter angitt år

PERIODE: fra stasjonen ble opprettet - til stasjonen sist fikk ny ekstremverdi

2.4 Vind

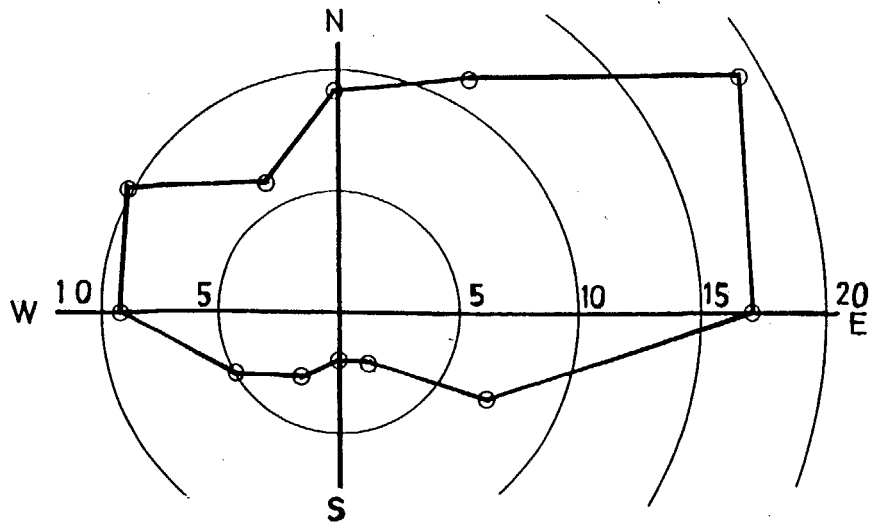
Noreg ligg i det såkalla vestavindsbeltet, dvs. at vestlege vindar er dei vanlegaste. Slik er det også utafor Helgelandskysten slik observasjonane frå 8060 Myken viser. Men ikkje lenger inn mot kysten enn til stasjonen 8010 Nord-Solvær, er det vanlegare med austavind enn vestavind om vinteren, (Andresen, 1979), og inne i Glomfjorden er austavinden svært dominerande på den nemnde årstida, (Nordli, 1977). Årsaka er at terrenget i seg sjølv verkar modifiserande på vinden og at også vinden blir påverka av ulik energibalanse mellom land og hav. Det dannar seg lågare trykk over varmt hav enn over snødekt land.

Sidan verknaden av reguleringa på Holandsfjorden er emne for denne rapporten, skal vi sjå på situasjonen der. På figur 2.2 er fordelinga av vindretninga gjeve for vinteren (november-mars) og for sommaren (mai-august) slik det har vorte målt i perioden 1975 til 1988 på stasjonen 8062 Holandsfjord.

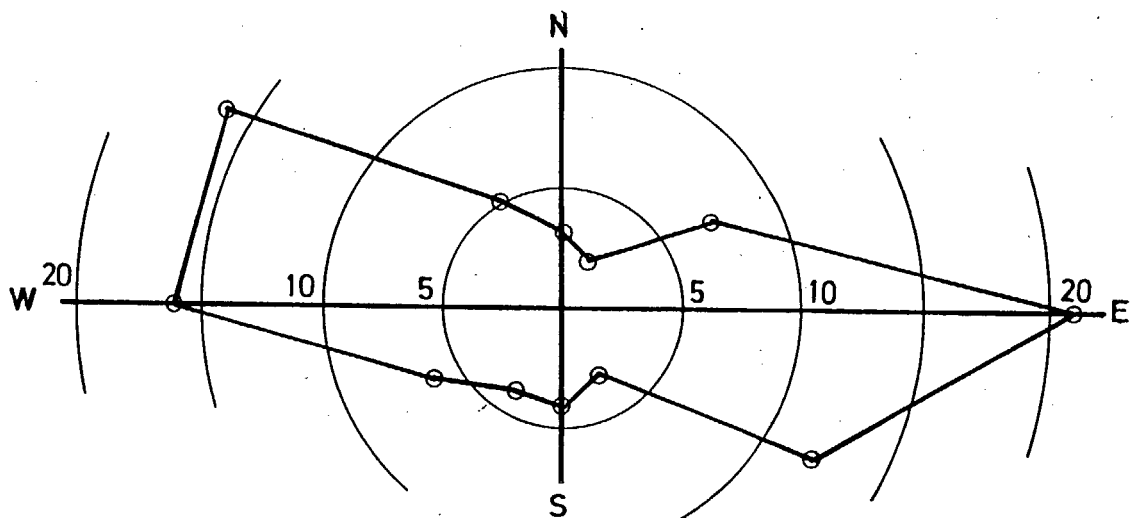
Den meteorologiske stasjonen står på eit lite nes som heiter Halvkanneneset. Plasseringa av stasjonen er ytst på neset, 4 meter over sjøen, på ei mast som er 3,5 meter høg. Høgda over fjorden til vindmælaren blir dermed 7-8 meter. Avstanden til fjordbotnen er knappe 5 km. Fjorden er trong og går i retning aust-vest. Figur 2.2 viser at fjorden er sterkt førande for vinden slik at vindretningar på tvers av fjorden er underrepresenterte.

Om vinteren ser vi at det er austavinden som dominerer liksom i Glomfjorden, vind ut fjorden er vanlegare enn vind inn fjorden. Ved klokkeslettet 07 kjem vinden i sektoren $45-135^{\circ}$ i 43 % av tilfella mot 24 % i sektoren $225-315^{\circ}$. Vind i sektoren $315-45^{\circ}$ utgjer 22 % av tilfella. Ei rimeleg tolking av figur 2.2a jamført med figurane 2.2b og c er at drenasjevinden ned dalsida rett ofte gjer seg gjeldande om vinteren. Dette er det vanlegaste tilfellet av vind på tvers av dalen. Om vinteren er det liten skilnad på vinden klokka 07 og 13.

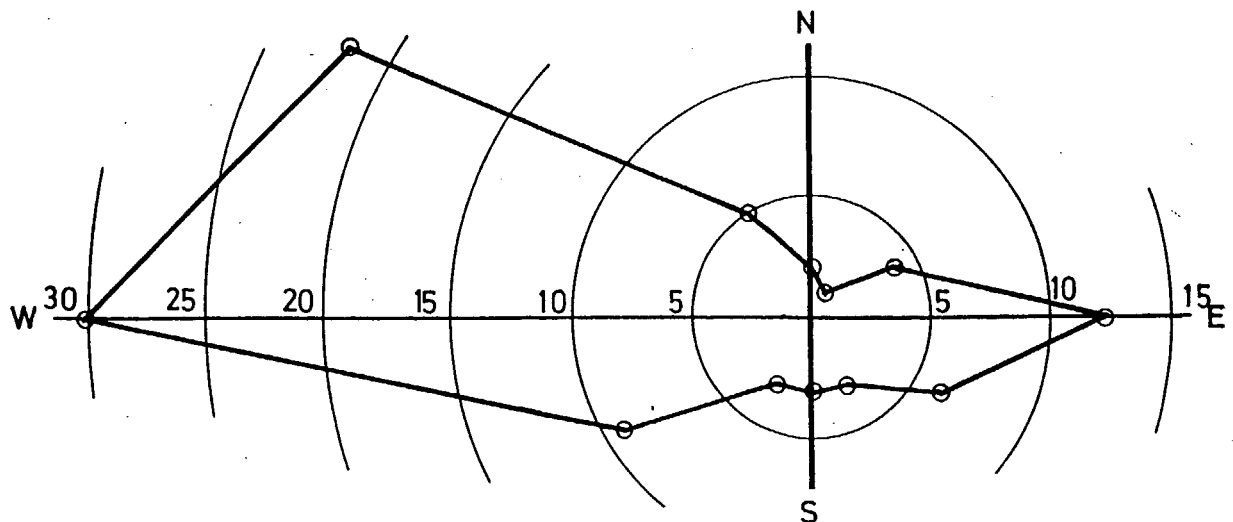
Om sommaren klokka 07 er vind inn fjorden om lag like vanleg som vind ut fjorden, men klokka 13 er vind inn fjorden nesten tre gonger så vanleg som vind ut fjorden. Oppvarminga av landet om dagen er årsaka til det.



a) Vinter (november - mars), termin kl. 07.



b) Sommar (mai - august), termin kl. 07.



c) Sommar (mai - august), termin kl. 13.

Figur 2.2. Vindroser for 8062 Holandsfjord. Vindretning fordelt på 12 intervall, eining i %.

3 OBSERVASJONANE I HOLANDSFJORDEN

3.1 Datatilfanget

Den meteorologiske stasjonen 8062 Holandsfjord, vart sett i gang den 11. november 1975. Måleprogrammet er vindfart, vindretning, temperatur og relativ råme. Instrumentmasta er 3,5 m høg med foten ståande 4 m o.h. og om lag 10 m frå fjorden. Denne stasjonen vil vi kalle hovudstasjonen.

Frå registreringsinstrumentet (dataloggaren) på hovudstasjonen vart det lagt kablar oppover dalsida for å få to ekstra målepunkt for temperatur. Desse målepunkta vart kalla sekundærstasjonar. Den eine sekundærstasjonen vart lagt 36 m o.h. og den andre 63 m o.h. Det synte seg diverre at kablane tok inn mykje støy som forstyrra målingane på sekundærstasjonane. Der fekk vi diverre ingen brukande data. På hovudstasjonen derimot var det ikkje støyproblem.

Det vart prøvd med ulike skjermingstiltak for å løyse problema, men det lukkast ikkje for den øvre sekundærstasjonen som difor måtte oppgjevast. For den andre sekundærstasjonen vart det funne ei løysing som førde til at ein kunne få temperaturobservasjonar med ei uvisse på $\pm 0,5^{\circ}$. Første brukande data frå denne sekundærstasjonen kom den 15. mars 1977. Stasjonen vart seinare nedlagt 15. juni 1983.

Det synte seg at anlegget ofte vart sett ut av drift på grunn av overspenningar og regulariteten vart difor dårleg. Det vart etter kvart klårt at regulariteten ville betre seg dersom ein kunne få bort dei lange kablane. Det var etter ei slik vurdering at sekundærstasjonen vart lagt ned i 1983. Sidan den tid har regulariteten vore god både for dataloggaren og for alle følarane med unntak av vindfartsfølararen. I heile driftsperioden sett under eitt, har data-tilgangen vore berre 49 % for vindfart, men 79 % for dei andre følarane.

I regi av Iskntoret ved Hydrologisk avdeling ved Noregs Vassdrags- og energiverk har det vore gjort observasjonar av isdekket i fjorden i den tida dei meteorologiske målingane har vara. Generelt kan seiast at observasjonane med rimeleg presisjon fortel kor ofte det har vore is i fjorden. I denne rapporten vil vi gjennomføre ei statistisk gransking av verknaden av isen bygd på dei daglege temperaturobserva-

sjonane. Difor er det naudsynt å veta kor stort isdekket var alle dei dagane granskinga omfatta. Isdataene vart difor kritisk gjennomgatte og dette førte til at nokre få av dei vart forkasta.

3.2 Einskildobservasjonar, spesialstudium

Før ein går i gang med den statistiske granskinga av innverknaden av fjordisen på lufttemperaturen, er det nyttig å sjå på einskilte observasjonar. Det gjev innsyn i korleis lokalklimaet i Holandsfjorden blir påverka av den storstilte versituasjonen. Sidan 8070 Glomfjord skal brukast til jamføringsstasjon i granskinga, vil lokalklimaet også der bli studert samstundes.

Vi har funne det føremålstenleg å sjå på situasjonen frå den 29. til den 31. januar 1979. Holandsfjorden var da heilt islagt frå fjordbotnen og alt ut til innsnevringa ved Holand.

Den 29. januar. Mellom to lågtrykk, eit over Irland og eit nord for Kola (kl 07), ligg ein gamal okklusjon i eit svært svakt vindfelt. Ved Svartisen ligg okklusjonen like utafor kysten.

Korkje på stasjonen 8062 Holandsfjord eller 8070 Glomfjord er det vind denne dagen. Glomfjord observerer også skydekke, klokka 08 og klokka 19 var det heilt klårt, medan det kl 13 var heilt overskya, kanskje på grunn av okklusjonen. Mellom kl. 13 og kl. 19 tok det til å snø og i det intervallet kom 5,9 mm nedbør.

Om morgonen låg det kaldluft i Holandsfjorden over isdekket. Temperaturen nede ved sjøen var $-13,4^{\circ}\text{C}$ kl 08. På sekundærstasjonen 36 m over fjorden var det heile 4.7° mildare, altså ein sterk inversjon i luftmassen. (Inversjon tyder at lufttemperaturen stig med høgda). 8070 Glomfjord som ligg 39 m over det isfrie vatnet i Glomfjorden, hadde om lag same temperatur som sekundærstasjonen i Holandsfjorden.

Seinare på dagen stig temperaturen like over isen i Holandsfjorden og inversjonen blir sterkt svekka. Årsaka er skyene og nedbøren. Men seint på kvelden klårnar det opp og inversjonen tek til å byggje seg opp att like sterk som før.

Den 30. januar: Situasjonen er lite endra frå dagen før. Lågtrykket over Irland har flytta seg austover og det nord

for Kola nærmar seg Novaja Semlja. Eit lågtrykk over Island er på veg austover. Vindfelta ved bakken og i 850 mb synest å vera like svake som dagen før i området ved Svartisen.

Svært kald luft blir produsert over isen på Holandsfjorden slik at temperaturen på det lågaste var nede i $-19,3^{\circ}\text{C}$ og inversjonen mellom primær- og sekundærstasjon var heile 10° ! Heile natta og morgonen var det vindstille heilt til høgst dag da vindfarten var litt over 1 m/s.

Ved observasjonen kl. 08 var temperaturen i Glomfjord berre $-1,0^{\circ}\text{C}$ og det bles stiv kuling frå aust, medan det altså var stilt på observasjonsstaden i Holandsfjorden. Den ekstreme skilnaden mellom dei to stasjonane og det svake vindfeltet på verkarta, viser at vinden i Glomfjorden må vera ein lokal vind. Slik vind er kjent også frå andre fjelldistrikt og har ofte fått lokale namn. Reint fysisk er det kaldluft frå fjellet som rasar ned dei bratte liene ned til Glomfjorden. I den monn ein tilsvarande straum var på veg ned til Holandsfjorden, har luftmassen ikkje klart å rive med seg den enda kaldare lufta over den islagde fjorden. Ut på kvelden stilnar den lokale vinden.

Den 31. januar. Lågtrykket over Island har gått nordaustover og ligg nå mellom Island og Svalbard. Eit sørleg isobarfelt er sett opp ved kysten utafor Svartisen.

Ved observasjonen kl 08 hadde ennå Glomfjord klårver og vindstille og i Holandsfjord var vindstyrken om lag 1 m/s. Temperaturen over den islagde Holandsfjorden var så låg som $-11,8^{\circ}\text{C}$ med ein temperaturdifferens mellom sekundærstasjon og hovudstasjon på heile $6,5^{\circ}$. Ennå har altså ikkje fronten utafor kysten gjort seg synleg gjeldande på observasjonane.

Men ved observasjonen kl 13 har det vorte endring i veret. I Glomfjord var det halvskya, temperaturen hadde stigi til $2,8^{\circ}\text{C}$ og vinden var oppe i laber bris. I Holandsfjord var temperaturen ennå så låg som $-5,4^{\circ}\text{C}$ og det er enno inversjon frå isen og oppover.

Først seinare på dagen er det så sterk vind i Holandsfjorden at kaldlufta i botnen blir fjerna. Om eftanen bles det 16,7 m/s i timesmedel medan Glomfjord har observert vindstyrke 7, stiv kuling (14-17 m/s). Det er også interessant å følgje vindretninga i Holandsfjord utover dagen. Det sørlege vindfeltet står normalt på retninga til fjorden som er sterkt førande for vinden. Dette fører til at vindretninga er svært skiftande, men det er verd å leggje merke til at ho alltid har ein austleg komponent.

Når vi nå har brukt tid på å beskrive veret i disse tre dagane så detaljerikt, er årsaka at det lokale veret som her har vist seg også er svært viktig for danninga av det lokale klimaet om vinteren. Kaldluftsdrenering frå fjellområda og ned til fjordane er med andre ord vanlege fenomen. Vanleg er også inversjonsdanning over Holandsfjorden når han er islagt.

Det som i eksempla over er noko uvanleg er at kaldluftsdreneringa gjer seg gjeldande i Glomfjorden men ikkje i Holandsfjorden. Det vanlege er at kaldluft blir drenert ned til baa fjordane eller til ingen av dei. Men tilfellet ovafor med drenering til Glomfjorden, men ikkje til Holandsfjorden er slett ikkje eineståande. Derimot har vi ikkje funne noko døme på at det motsette er tilfelle, drenering til Holandsfjorden men ikkje til Glomfjorden.

4 LOKALKLIMATOLOGISK VERKNAD AV FJORDISEN

4.1 Statistisk metode for analyse av temperaturdifferensar

Ved hjelp av kunnskapen om energiutveksling mellom vatn og luft, er det grunn til å anta at islegging av ein fjord vil påverke lufttemperaturen i fjorden. For å få testa denne hypotesen, deler vi inn lufttemperaturane i to grupper der kriteriet for gruppeinndelinga er om fjorden er isfri eller islagt. Metoden, som vi her skal gjera greie for, vil vi i samsvar med tillegare publikasjonar kalle differensemetoden.

For det nedste målepunktet i Holandsfjorden, H, reknar ein ut differensen ΔT_H

$$(1) \quad \Delta T_H = T_{Hi} - T_{Ho}$$

T_{Hi} = medelet av temperaturen når fjorden er islagt.
 T_{Ho} = medelet av temperaturen når fjorden er ope.

For stasjon 8070 Glomfjord kan tilsvarande medeldifferens, ΔT_G , finnast.

$$(2) \quad \Delta T_G = T_{Gi} - T_{Go}$$

Av (1) og (2) følgjer:

$$(3) \quad \begin{aligned} \Theta &= \Delta T_H - \Delta T_G = (T_{Hi} - T_{Ho}) - (T_{Gi} - T_{Go}) \\ &= (T_{Hi} - T_{Gi}) - (T_{Ho} - T_{Go}) = \Delta T_i - \Delta T_o \end{aligned}$$

der altså ΔT_i og ΔT_o er differensen mellom stasjonane når fjorden er islagt og når han er open.

Sidan stasjonen 8070 Glomfjord ligg så langt unna Holandsfjorden at han ikkje kan vera påverka av isen der, vil Θ vera ein indikator for verknaden av isen på lufttemperaturen i Holandsfjorden. Men i utgangspunktet kan ein ikkje vera sikker på at verknaden av isen er det einaste bidraget til Θ . Det kan tenkjast at det finst andre faktorar som kan påverke Θ og såleis heilt eller delvis maskere verknaden av isen. Somme av desse faktorane kan best klårgjerast ved meteorologiske vurderingar, andre ved statistiske. Det kan difor lønne seg å uttrykkje Θ i andre termer:

$$(4) \quad \Theta = \Delta T_r + \Delta T_k + \varepsilon$$

- ΔT_R Påverknad på lufttemperaturen p.g.a. isen.
- ΔT_K Ikkje-tilfeldige faktorar som kan tenkjast å verke inn på θ (med unntak av isen som altså høyrer inn under leddet ΔT_R). Som døme på slike faktorar kan nemnast over eller underrepresentasjon av ein skilde versituasjonar når fjorden er islagt i høve til når han er open.
- ε Dei tilfeldige variasjonane i θ . ε har forventning lik null.

Diverre er det ikkje mogleg eksakt å skilje dei to ledda ΔT_K og ΔT_R frå kvarandre. Men vi kan redusere ΔT_K ved å velja ut mest mogleg like versituasjonar for dei to gruppene islagt og open fjord, halde følarane velkalibrerte og ha eit godt ytre vedlikehald på stasjonane. Dersom ein lukkast med det, vil $\Delta T_K \approx 0$ og likning (4) kan skrivast

$$(5) \quad \theta \approx \Delta T_R + \varepsilon$$

der ε går mot null når observasjonsmengda aukar. Ein kan nå finne ΔT_R direkte av (5) ved å rekne ut θ av datamaterialet. Men som oftast vil datamengda vera såpass avgrensa at ein ikkje kan vera sikker på at ε er nær null. Sjølv om ΔT_R var lik null, kunne likevel θ vera ulik null og ein kunne da kome i skade for å slutte at isen kunne ha innverknad på klimaet der det ikkje var tilfelle. Di større $|\theta|$ er, di mindre sannsynleg er det at θ skil seg frå null einast på grunn av tilfeldige variasjonar. Til å vurdere slike signifikansspørsmål kan statistiske testar nyttast. I denne granskinga vil vi nytte Students t-test, sjå vedlegg A.

Verknaden av open fjord kontra islagt fjord er ikkje like stor ved alle lufttemperaturar (Hammer, 1986), (Nordli, 1981). Di kaldare luftmasse som kjem inn over ope fjordvatn, di større varmetransport vil det gå frå det varme vatnet til lufta. Ofte er det grunne inversjonar i kalde luftmassar og dei blir snøgt oppvermde nede ved bakken.

På grunn av dette har vi valt å gruppere observasjonane på 8070 Glomfjord i temperaturintervall slik at vi kan gjennomføre separate testar innafor kvart intervall. Vidare kan vi dele opp observasjonane etter skydekket da det er ein nær samanheng mellom skydekket og danning av inversjonar i dei nedste luftlaga.

Oppdeling i mindre grupper og gjennomføring av fleire skilde testar, gjer at informasjonen frå granskinga aukar. Med ei

finare oppdeling er det også lettare å sikre seg at utanforliggjande faktorar ikkje verkar inn på resultatata i testane. Om testane skal vera litande eller ikkje, står og fell med at $\Delta T_k \approx 0$.

4.2 Resultat av testane

Som allereie nemnt vart isobservasjonane delte inn i hovudgrupper alt etter som Holandsfjorden var islagt eller open. Når ein vurderte islegginga, såg ein på området frå innsnevringa ved Holand til fjordbotnen, altså det som også heiter Nordfjorden. Denne delen av fjorden er 10 km lang. Mælestasjonen er plassert midtvegs mellom Holand og fjordbotnen.

For at ikkje observasjonsmaterialet skulle bli for lite, fann ein det forsvarleg også å bruke visse tilfelle av delvis islagt fjord. Det var svært ofte is lengst inne i fjordbotnen ved Kilvika medan fjorden var isfri lenger ute. Så lenge den islagde strekninga ikkje var lenger enn 1/4 av heile Nordfjorden, vart desse situasjonane grupperte som isfrie. Den hende også at fjorden var isfri like ved Holand, men var islagt resten innover mot fjordbotnen. Så lenge den isfrie strekninga ikkje var lenger enn 1/4 av Nordfjorden, vart desse situasjonane grupperte som islagde.

I samsvar med grunngjevinga tidlegare i dette kapitlet, vart observasjonane grupperte vidare etter temperatur på 8070 Glomfjord og etter skydekke på same stasjonen. I alt vart det laga 14 temperaturgrupper, 7 for islagd fjord og 7 for ope fjord. Og innafor kvar temperaturgruppe vart det laga 2 grupper av skydekke slik at det for islagd fjord og open fjord tilsaman vart 28 grupper. Vi gjorde elles heilt parallelle testar ved kvar av dei tre observasjonsterminane på 8070 Glomfjord. Ved kvar observasjonstermin vart det altså 28 grupper av observasjonar, totalt 84 grupper. Teoretisk skulle dette gje materiale til 42 testar, men det syntte seg at nokre av gruppene fekk så lite data at dette talet vart redusert til 38.

Gruppeindelinga er vist i tabell 4.1. Tabellen viser óg kor mange observasjonar som fell innafor kvar av gruppene.

Tabell 4.1 Gruppeinndeling av observasjonane.

Inndelinga i intervall er gjort etter stasjonen 8070 Glomfjord. Skydekket er som vanleg gjeve i åttedalar og temperaturen i C.

Temperatur, T_G	kl.	Skydekke, N.			
		[0 , 5]		[6 , 8]	
		is	ope	is	ope
< 2.5 →	08	44	52	103	247
	13	65	115	124	274
	19	41	78	110	247
< 0.0 , 2.5]	08	35	46	91	131
	13	42	60	76	119
	19	43	61	98	146
< -2.5 , 0.0]	08	40	63	55	94
	13	52	50	60	83
	19	50	60	59	83
< -5.0 , -2.5]	08	49	63	42	49
	13	41	40	33	38
	19	49	46	41	57
< -7.5 , -5.0]	08	30	52	15	21
	13	22	34	12	18
	19	33	36	19	23
< -10.0 , -7.5]	08	29	35	6	4
	13	16	22	-	-
	19	20	30	4	5
< ← -10.0]	08	13	16	-	-
	13	11	12	-	-
	19	10	17	-	-

Vi såg i kapittel 3 at i einstilte tilfelle slår kald drenasjevind frå fjella ned i Glomfjorden utan å nå ned i Holandsfjorden. Det ville vore rimeleg å ta desse tilfella ut av granskinga sidan dei kan gjera leddet $\Delta T_k \neq 0$ dersom situasjonane skulle vera ulikt fordelte mellom isfri og islagt fjord. Men på grunn av at vindmælaren var ute av drift så ofte, kjenner vi på langt nær alle av desse tilfella. Vi har difor ikkje loka ut nokon observasjon på grunn av vind, men heller satsa på å ha så stor datamengd som mogleg til kvar test.

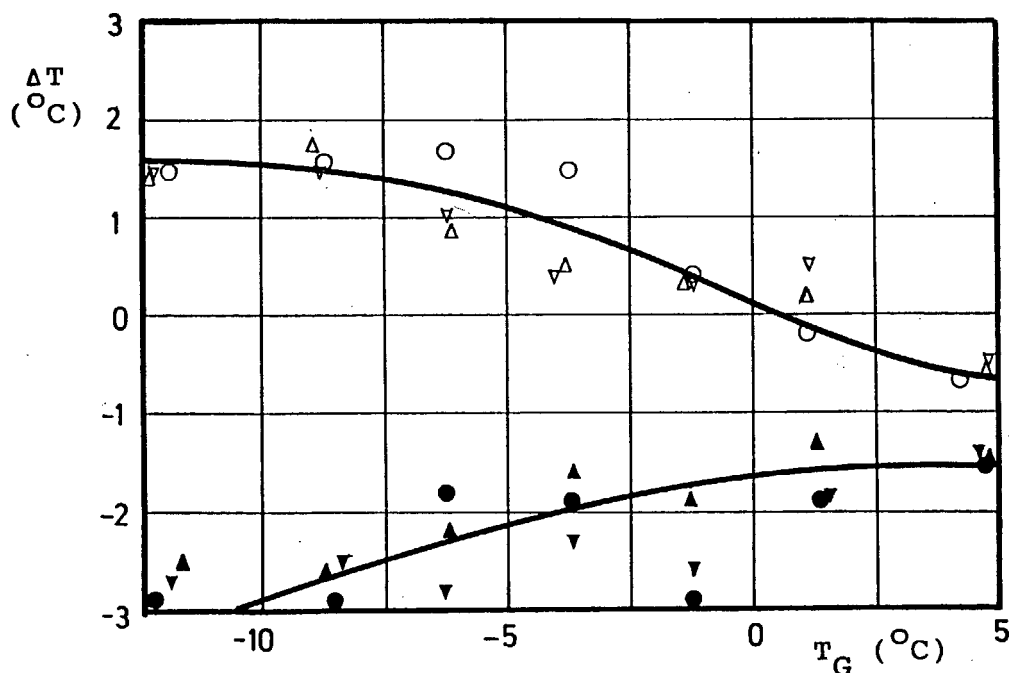
På figurane 4.1 og 4.2 er storleiken på ΔT_i og ΔT_o framstilt som funksjon av temperaturen på 8070 Glomfjord, T_G . Figur 4.1 femner om alle observasjonane der skydekket på 8070 Glomfjord var frå 0 til og med 5/8 og figur 4.2 femner om resten av observasjonane. Dei markerte punkta på figurane representerer dei einstilte testane. Skilnaden mellom isfri og ope Holandsfjord er så markert at det er naturleg å binde saman punkta med to ulike kurver, ei som gjeld for islagt

fjord og ei som gjeld for ope fjord. Dette er i samsvar med at så godt som alle einskildtestane viste statistisk sikker skilnad på islagt og open fjord.

Det syner seg at det er svært liten skilnad på resultatane for dei tre ulike observasjonsterminane. Vi fann det difor forsvarleg dra opp sams kurver for dei tre terminane. Om vi hadde prøvd å tolke kvar termin for seg, hadde vi fått tre kurver som var nær like. Skilnaden i ΔT mellom dei ulike observasjonsterminane er med andre ord ikkje statistisk sikker og vi har tolka resultatane som om samanhengen mellom ΔT og T_G er den same utan omsyn til observasjonstermin.

Standardavviket i ΔT var 1° til 2° i dei fleste gruppene. Men for lufttemperaturar mindre enn -5°C , var standardavviket noko høgre, ofte opp mot 3° .

Vi vil nå røkje etter om figurane 4.1 og 4.2 let seg tolke fysisk:



Figur 4.1 ΔT_i og ΔT_o som funksjon av T_G , skydekke 0-5.

$$\Delta T_i = T_{Hi} - T_{Gi}, \quad \Delta T_o = T_{Ho} - T_{Go}$$

○ kl. 08, ▽ kl. 13, △ kl. 19.

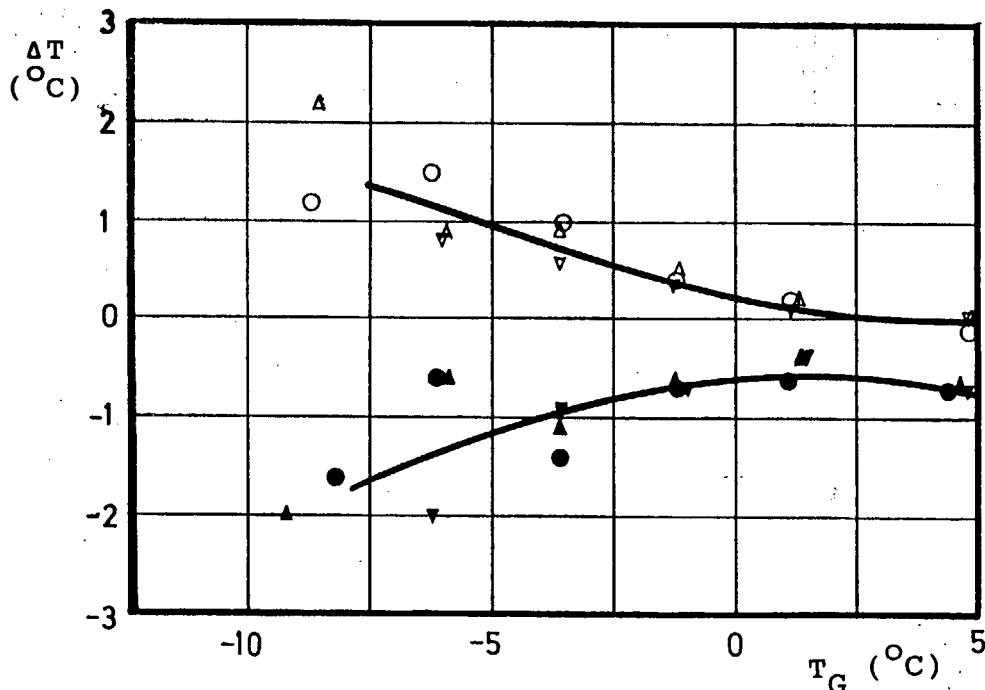
Fylte punkt → islagt, ope punkt → isfri.

Open Holandsfjord og skydekke 0-5. Når temperaturen på 8070 Glomfjord er 0°C , er også $\Delta T_o = 0$. At ΔT_o er mindre enn 0° for dei høgste temperaturane, er vanskeleg å tolke.

Lettare er det å forklare at di lågare temperaturen blir, di større blir ΔT_o . Ein må da leite etter faktorer som gjer seg meir gjeldande i kulde enn i mildver. Her kan nemnast to moglege forklaringar:

- 1) 8062 Holandsfjord står nærare sjøen enn 8070 Glomfjord og er meir påverka av varmetransport frå ope fjordvatn.
- 2) 8062 Holandsfjord ligg lågare over fjorden (4 m) enn 8070 Glomfjord (39 m). Tidlegare undersøking kan tyde på at temperaturgradienten oppover kan vera overadiabatisk. (Nordli, 1981).

Islagt Holandsfjord og skydekke 0-5. Isen på fjorden er nå eit hinder for transporten av varme frå vassflata til lufta og inversjonar kan dermed lett byggje seg opp i Holandsfjorden når skydekket er lite. Figur 4.1 viser da også at ΔT_i er negativ ved alle temperaturane og som ein kunne vente er ΔT_i i talverdi størst når lufttemperaturen er lågast. Årsaka er at varmetransporten frå den opne Glomfjorden aukar di kaldare det er utan at ein tilsvarande transport kjem i gang i Holandsfjorden.



Figur 4.2 ΔT_i og ΔT_o som funksjon av T_G , skydekke 6-8.

$$\Delta T_i = T_{Hi} - T_{Gi}, \quad \Delta T_o = T_{Ho} - T_{Go}$$

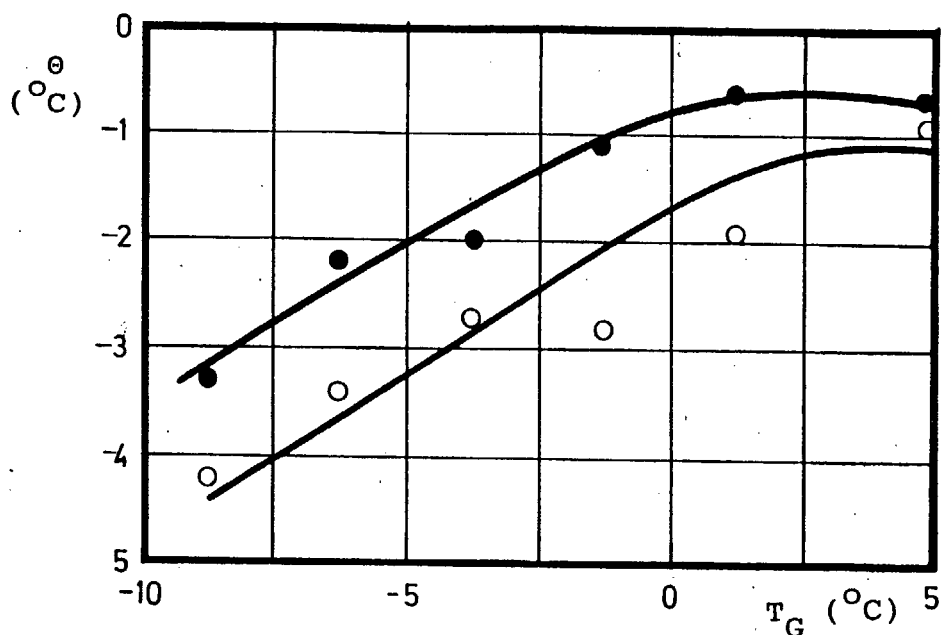
○ kl. 08, ▽ kl. 13, △ kl. 19.

Fylte punkt → islagt, ope punkt → isfri.

Ope Holandsfjord og skydekke 6-8. Når temperaturen grovt rekna er større enn 0°C , er som venta $\Delta T_o = 0$ (i motsetnad

til tilfellet med skydekke 0-5). Når temperaturen er mindre enn 0°C , aukar ΔT_{O} med minkande temperatur. Same tolking som for skydekke 0-5 er også rimeleg her.

Islagt Holandsfjord og skydekke 6-8. Årsaka til at ΔT_{i} også i dette tilfellet er negativ, kan vera inversjonsdanning slik som for skydekke 0-5. Men inversjonane er ikkje så sterke med stort skydekke og vi ser da også at kurva på figur 4.2 ligg høgre oppe i diagrammet enn på figur 4.1.



Figur 4.3. Verknaden (θ) av fjordisen på lufttemperaturen.

$$\theta = \Delta T_{\text{i}} - \Delta T_{\text{O}}$$

○ Skydekke frå 0 til 5.
● Skydekke frå 6 til 8.

Figur 4.3 viser verknaden av isen på Holandsfjorden i det θ er framstilt grafisk som funksjon av temperaturen i Glomfjorden. Av figuren ser vi følgjande:

- 1) Isen verkar kjølande på temperaturen like ved fjorden og di kaldare det er, di meir har isen å seia for lokal-klimaet.
- 2) Verknaden av isen er større når skydekket er lite enn når det er stort.

Tidlegare har det vore gjort tilsvarande granskingar i den inste delen av Nordfjorden i Fjordane og Lustrafjorden i Sogn (Nordli, 1981), (Hammer, 1986). Resultata frå denne granskinga samsvarar godt med det som tidlegare er funne i dei to nemnde fjordane.

Om nokre år vil kraftverket ved Holandsfjorden stå ferdig og det vil strøyme store mengder ferskvatn ut i fjorden. I Nordfjorden vil dette føre til at det blir mindre is enn i dag. Slik som vi har sett i denne rapporten, påverkar isen klimaet i fjorden slik at det vil bli mildare enn i dag i dei situasjonane da fjorden utan regulering ville vore islagt, men med regulering vil vera isfri.

Dette kan vidare brukast til å finne kor mykje reguleringa har å seia for medeltemperaturen om vinteren og dermed også kor stor økonomisk vinning ho vil føre med seg i sparde fyringsutgifter for dei som bur nær inntil fjorden. Men føresetnaden for ei slik utrekning vil vera ein god kjennskap til dei endringane i isdekket som reguleringa skaper.

Etter som målingane held fram, kan vi gje enda sikrare data, og det er difor naturleg at vi gjev ut ajourførde granskingar etter som tida går. Eit anna spørsmål som også må takast opp, er i kva monn verknaden av isen vil bli svekka med høgda over fjorden. Vi har funne det vanskeleg å bruke dei dataene som finst frå sekundærstasjonen i Holandsfjorden til dette føremålet på grunn av dårleg kvalitet. Dette problemet vil ein koma nærare inn på i seinare rapportar. Eit alternativ er å tilpasse resultat som er funne andre stader til tilhøva i Holandsfjorden.

Etter som datamengda aukar, vil det bli mogleg å gjera enda finare oppdelingar av datamaterialet i grupper. Utover det som her er gjort, er det aktuelt å dele inn etter vindstyrke og årstid.

Endeleg er det viktig å presisere at denne rapporten berre handlar om lokalklimaendringar i Nordfjorden, fjorden innafor Holand. Det er mogleg at reguleringa utafor treskelen ved Holand vil skape meir is. For også å kunne granske dette, er det planlagt nye meteorologiske målingar i den ytre delen av fjorden.

5 VEDLEGG A, SIGNIFIKANSTEST

La det vera gjeve to grupper av observasjonar, 1 og 2. Innafor gruppe 1 finst N_1 observasjonar med standardavvik σ_1 og innafor gruppe 2 N_2 observasjonar med standardavvik σ_2 . Ein vil så avgjera om gruppene er signifikant ulike. Ved hjelp av Students t-test kan ein finne ein kritisk verdi for signifikans, θ_{kr} . Dersom $|\theta| > \theta_{kr}$ er θ signifikant ulik null. θ_{kr} er gjeven ved uttrykket

$$(8) \quad \theta_{kr} = t_{kr} \frac{N_1 \sigma_1^2 + N_2 \sigma_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)$$

t_{kr} kan finnast i tabellverk og er avhengig av det valde signifikans- nivået og talet på fridomsgradar som er gjeve ved $N_1 + N_2 - 2$.

Dersom observasjonane er autokorrelerte, dvs. korrelasjonen mellom to observasjonar skilde med k dagar er ρ^k , forventar ein at variansen av medelet θ er gjeven ved

$$(9) \quad \frac{\sigma^2}{N} \left[\frac{1 + \rho}{1 - \rho} - \frac{2}{N} \frac{\rho(1 - \rho^N)}{(1 - \rho)^2} \right] = \frac{\sigma^2}{N_e}$$

og ikkje ved $\frac{\sigma^2}{N}$.

For stor N har ein

$$(10) \quad N_e \approx N \frac{1 - \rho}{1 + \rho}$$

Vi kan seia det slik at i ein autokorrelert tidsserie, tek kvar observasjon oppatt delar av den informasjonen vi har fått frå tidlegare observasjonar. Dermed vil N avhengige observasjonar gje like mykje informasjon om medelverdien i gruppene som N_e uavhengige observasjonar. Signifikanstest av differensen i likning (5) kan no gjerast ved å bruke formel (8), men ved å erstatte N_1 og N_2 med N_{e1} og N_{e2}

6 LITTERATUR

Andresen, Lars. 1979. Monthly and annual frequencies of concurrent wind forces and directions i Northern Norway and the Arctic for the period 1961-75. DNMI. Oslo

Hammer, Tor Magnar. 1986. Klima og frostskaudegransking i Luster. Istilhøva i Lustrafjorden og verknaden av isen på det lokale vinterklimaet. Meteorological report series. Rapport nr 2. Universitetet i Bergen.

Nordli, Per Øyvind. 1977. Om moglege endringar i lokalklima ved vassdragsregulering i områda rundt Svartisen og Saltfjellet. DNMI, rapport S-73. Oslo.

Nordli, Per Øyvind. 1981. Klimaverknad på grunn av is i indre Nordfjord og Lovatnet. Klima nr. 4. DNMI. Oslo.