

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# *klima*

LUSTRAFJORDEN - KLIMASKJØNN - DEL I  
KLIMAENDRINGER VED REGULERING AV  
FORTUN/GRANDFASTA OG LEIRDØLA

YNGVAR GJESSING OG PER ØYVIND NORDLI  
RAPPORT NR. 45/91



# DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3

TELEFON: (02) 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

45/91 KLIMA

DATO

22.11.1991

## TITTEL

LUSTRAFJORDEN - KLIMASKJØNN - DEL I  
Klimaendringer ved regulering av  
Fortun/Grandfasta og Leirdøla.

## UTARBEIDET AV

Yngvar Gjessing, UiB  
Per Øyvind Nordli, DNMI

## OPPDRAGSGIVER

Indre Sogn herredsrett.

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.

På grunn av at reguleringene har ført til økt utbredelse av fjordis, er noen av de laveste vintertemperaturene blitt ennå lavere enn under naturlige forhold. Endringene er størst i strandsonen på godt eksponerte lokaliteter ( $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) og avtar med høyden ( $3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  100 m o.h.). For mindre endringer av isdekket, blir tallene over også mindre. I noen vintrer blir det ingen temperatur-endringer fordi reguleringene ikke har endret isdekket.

## UNDERSKRIFT

*Per Øyvind Nordli*  
.....  
Per Øyvind Nordli

*Bjørn Aune*  
.....  
Bjørn Aune

SAKSBEHANDLER

FAGSJEF

# INNHold

	FORORD . . . . .	3
1.	KONKLUSJONER . . . . .	4
2.	MANDAT . . . . .	6
	2.1 Mandat gitt til de klimasakkyndige . . . . .	6
	2.1 Kommentarer fra de klimasakkyndige til mandatet . . . . .	6
3.	GENERELT OM LOKALKLIMA . . . . .	8
	3.1 Lokale klimaparametrer . . . . .	8
	3.2 Mulige virkninger av en vassdragsregulering på lokal-klimaet . . . . .	12
4.	DATA . . . . .	13
	4.1 Grunnlaget for rapporten . . . . .	13
	4.2 De viktigste konklusjoner av tidligere undersøkelser . . . . .	16
5.	ISENS VIRKNING PÅ LUFTTEMPERATUREN . . . . .	18
	5.1 Metode . . . . .	18
	5.2 Et eksempel på bruk av metoden . . . . .	19
	5.3 Test av referansestasjoner . . . . .	20
	5.4 Tidligere undersøkelser . . . . .	21
6.	TEMPERATURFORHOLD LANGS LUSTRA- OG GAUPNEFJORDEN. RESULTATER AV NYE UNDERSØKELSER . . . . .	23
	6.1 Temperaturdifferens mellom Fortun og stasjoner ved Lustrafjorden for isfri fjord . . . . .	23
	6.2 Temperaturgradient langs dalsidene for isfri Lustrafjord . . . . .	24
	6.3 Virkningen på lufttemperaturen av isen på Gaupnefjorden . . . . .	25
	6.4 Temperaturdifferenser mellom stasjoner nær Lustra- og Gaupnefjorden i mai og juni . . . . .	27
7.	METODER FOR BEREGNING AV REGULERINGENES VIRKNING PÅ LUFTTEMPERATUREN FOR OMRÅDENE LANGS GAUPNE- OG LUSTRAFJORDEN . . . . .	30
	7.1 Metode for beregning av temperaturforhold langs Lustrafjorden for vintrer med og uten is. . . . .	30
	7.2 Metode for beregning av temperaturforhold langs Gaupnefjorden for vintrer med og uten is . . . . .	36
	7.3 Metode for beregning av vekstsum og graddager . . . . .	38
	7.4 Vurdering av usikkerheten ved beregning av lufttemperaturer langs Lustrafjorden . . . . .	39

8	TEMPERATUR-KLIMAET LANGS LUSTRA- OG GAUPNEFJORDEN FOR SPESIELLE VINTRER MED OG UTEN REGULERING . . . . .	41
8.1	Innledning . . . . .	41
8.2	Forklaring til tabellene . . . . .	42
8.3	Vinteren 1978-79 . . . . .	44
8.4	Vinteren 1979-80 . . . . .	48
8.5	Vinteren 1980-81 . . . . .	52
8.6	Vinteren 1984-85 . . . . .	56
8.7	Vinteren 1985-86 . . . . .	60
9.	VURDERING AV LUFTTEMPERATUREN VINTEREN 1978-79 OG HVORDAN DEN AVVEK FRA DET NORMALE I INDRE SOGN OG ANDRE KJENTE FRUKTDISTRIKTER SOM ER UTSATT FOR STERK KULDE . . . . .	65
10.	VIRKNINGEN AV VASSDRAGSREGULERINGENE PÅ LUFTFUKTIGHETEN . . . . .	68
10.1	Fordampning fra de isfrie områdene ved Skjolden og Gaupne . . . . .	68
10.2	Frostrøyk som dannes over isfrie områder på elvestrekningen Alsmo - Gaupne . . . . .	70
11.	OBSERVASJOVER AV KLIMAENDRINGER AV FOLK BOSATT I LUSTER KOMMUNE . . . . .	72
12.	LITTERATUR . . . . .	74
	APPENDIKS 1 - digitaliserte is-data for spesielle vintrere	75
	APPENDIKS 2 - temperaturfordelinger, vekstsummer og graddager . . . . .	91
	APPENDIKS 3 - brev fra de klimasakkyndige til de fruktsakkyndige . . . . .	112
	APPENDIKS 4 - klimaparametrer av interesse for de fruktsakkyndige . . . . .	114

## FORORD.

På inkaminasjonsmøte i Indre Sogn herredsrett den 30. mai 1989 ble undertegnede oppnevnt som klimasakkyndige i sak 9/84 og 1/89b som omhandler det såkalte klimaskjønn ved Lustrafjorden. Vår frist for uttalelse ble opprinnelig satt til 1. oktober 1990 for delrapport nr. 1 som gjelder eventuelle klimaendringer fram til dybvannsutslippet var etablert i Gaupnefjorden. Vår tidsfrist var da 4 1/2 måned etter at de issakkyndiges rapport skulle foreligge. Den rapporten er et helt nødvendig grunnlag fordi mulige klimaendringer vil være knyttet til eventuelle endringer av isforholdene.

På rettsmøte i Indre Sogn herredsrett 19. juni 1990 ble de issakkyndiges frist forlenget til 31. desember 1990, mens vår frist ble forlenget til 1. mai 1991.

Av forskjellige grunner er de issakkyndiges rapport blitt forsinket og den ble først sendt til oss den 7. oktober 1991. Vi er imidlertid blitt holdt underrettet om de issakkyndiges arbeid og har derfor i noen grad kunnet arbeide parallelt med dem.

Arbeidet med denne klimarapporten har vært meget interessant, og når vi tar i betraktning at vi også har laget en separat rapport om vinden i Lustrafjorden, ble hele oppdraget mere arbeidskrevende og komplisert enn vi først hadde antatt. Det har også komplisert arbeidet at rapporten ble utsatt og at det har vært vanskelig å innpasse arbeidet til våre øvrige plikter eller andre oppdrag.

Den 3. november 1991 reiste Yngvar Gjessing på Antarktisk-ekspedisjon og kommunikasjonen oss i mellom ble vanskeliggjort. Vesentlige deler av dette forordet og konklusjonene ble f. eks. skrevet i Montevideo og fakset til Norge fra det sovjetiske forskningsskipet Akademik Fedorov. Ved avreisen til Antarktisk var rapporten i det vesentlige klar, men de siste, digitaliserte data ble av de issakkyndige først gitt den 14. november. Det betyr at Per Øyvind Nordli har vært alene om beregninger i appendiks 2 som omhandler de vintrene som ikke er oppgitt spesifikt i mandatet.

Et viktig utgangspunkt for arbeidet vårt har vært beregninger av temperatur-fordelinger, vekstsummer og graddager for de fruktsakkyndige. Resultatet av disse beregninger er gitt i kapittel 8. For at de fruktsakkyndige ikke skulle miste unødig tid, ble et utkast av dette kapittel sendt dem den 11. november 1991.

Bergen/Oslo

Yngvar Gjessing

Per Øyvind Nordli

## 1. KONKLUSJONER.

### **Endringer av temperaturforholdene:**

Endringer av temperaturforholdene som følge av reguleringen er knyttet til endringer av isdekket på fjorden. Virkningen av isen er størst ved lave lufttemperaturer og avtar med avstand og høyde over fjorden. Ved lave temperaturer om vinteren går det en strøm av kald luft nedover dalsidene. Varme fra fjorden vil da ikke så lett bli tilført dalsidene. I sidedaler er det liten eller ingen temperaturpåvirkning fra fjorden. På Gaupne f. eks., der det har vært meteorologiske målinger siden 1980, kunne vi ikke finne noen målbar innvirkning på lufttemperaturen.

I bratte dalsider og særlig på utstikkende nes og koller vil kaldluftstrømmen fra høyere nivå være sterkt redusert slik at varmemagasinet fra fjorden lettere blir tilført strandsonen. Vi fant at presisjonsnivået i denne rapporten kunne heves noe ved til en viss grad å knytte temperaturpåvirkning fra fjordisen til ulike terrengtyper. For de laveste temperaturene fant vi at effekten av isen i strandsonen var om lag 6°C for bratte, rette strekninger, mens den var om lag 8°C for utstikkende nes.

Av de fem vintrene som vi vier spesiell oppmerksomhet, har reguleringene innvirkning på de laveste temperaturene for vinteren i fire av dem, bare vinteren 1980/81 synes å være tilnærmet upåvirket av reguleringene. I de fleste vintrene er isdekket og dermed lufttemperaturen på strekningen Skjolden - Dale forholdsvis lite påvirket, mens områdene utenfor Dale til dels er sterkt påvirket.

Når lufttemperaturen er 0°C eller høyere i mars og april spiller det liten rolle for lufttemperaturen om det er is på fjorden eller ikke. Derfor er vekstsummene og graddagene ikke vesentlig påvirket av reguleringene. Vi fant noen tilfeller av frost etter at vekstsummen hadde passert 60 graddager. Men da var det ikke i noe tilfelle is på fjorden. Frosten ved disse tidspunktene var derfor ikke påvirket av reguleringene.

Vinteren 1978-79.

Denne vinteren var det ekstrem kulde rundt nyttår. Uten regulering ville kulden vært like streng innenfor Dale, mens temperaturen utenfor Dale trolig ville vært 2 - 4°C høyere ved uregulert fjord. Enda lenger ute i fjorden ved Ornes ville temperaturen omkring nyttår trolig vært om lag 6 °C høyere.

Vinteren 1979-80.

Området fra Dale til Nes (og tilsvarende strekning på sydsiden av fjorden) hadde 1 - 4°C lavere absolutt minimum som følge av reguleringen. Andre områder, både innenfor og utenfor Dale - Nes var ikke påvirket av reguleringen. Det var ikke frost denne våren etter at vekstsummen hadde passert 60 graddager.

Vinteren 1980-81.

Det er bare Gaupnefjorden som denne vinteren fikk økt isdekke som følge av reguleringen. Ytre deler av Gaupnefjorden ville denne vinteren neppe hatt temperaturer lavere enn  $-15^{\circ}\text{C}$ . Der var laveste målte temperatur  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Vinteren 1984-85.

Området Dale - Nes og dessuten de ytre delene av Gaupnefjorden fikk denne vinteren  $1 - 4^{\circ}\text{C}$  lavere absolutt minimum sammenlignet med uregulerte forhold. På Ornes ville det absolutte minimum i strandsonen vært ca.  $8^{\circ}\text{C}$  høyere ved uregulert fjord. Den 25. og 26. april var det frost i området, men bortsett fra på Ornes var graddagssummen ikke over 60. Fjorden var isfri og reguleringen hadde dermed ingen innflytelse på frosten disse dagene.

Vinteren 1985-86.

De laveste temperaturene på strekningen Skjolden - Dale var ikke påvirket av reguleringen. Utenfor dette området ville det absolutte minimum denne vinteren jevnt over vært  $2 - 3^{\circ}\text{C}$  høyere langs rette fjordsider og  $4 - 8^{\circ}\text{C}$  høyere på utstikkende nes. Uten regulering ville det ikke ha vært lufttemperaturer lavere enn  $-20^{\circ}\text{C}$  utenfor Dale og hyppigheten av tilfeller lavere enn  $-15^{\circ}\text{C}$  ville vært mer enn halvert. Etter at vekstsummen hadde passert 60 graddager, var det ikke frost langs fjorden.

I tidsrommet 1970/71 - 1988/89 ble det for godt eksponerte lokaliteter i området Dale - Nes funnet at reguleringen hadde ført til lavere absolutt minimumstemperatur i 11 av de 19 vintrene perioden består av. Størst var virkningen i 1972/73 og 1982/83 med henholdsvis  $6^{\circ}\text{C}$  og  $8^{\circ}\text{C}$ .

#### **Reguleringens virkning på luftfuktigheten.**

Når fjorden er islagt, vil det som følge av reguleringene være isfrie områder ved utløpsosen i Skjolden og Gaupne. Størrelsen av disse områdene vil variere med lufttemperaturen og være minst i streng kulde. Fordampningen fra dem vil kunne avsettes som rim på bakken. I løpet av et døgn vil midlere rimmengde innenfor et område på  $10 \text{ km}^2$  maksimalt kunne komme opp i 2 mm rim. Når fjorden er isfri, er fordampningen og dermed rimdannelsen betydelig større.

I den perioden utslippsvannet fra Leirdøla kraftverk ble tilført Jostedøla ved Alsmo, kunne det dannes frostrøyk over Jostedøla på den isfrie strekningen mellom Alsmo og Gaupne. Hyppigheten og utstrekningen av frostrøyk over Jostedøla var mye mindre enn over Fortundalselvi, trolig ikke mer enn 1 dag pr år av så kraftig frostrøyk at den kunne bre seg fra elva og inn over tettstedet.

Frostrøyk eller kaldskodde opptrer over åpent vann ved lave lufttemperaturer. Når folk bosatt i Luster kommune har observert at det er kaldt når det er frostrøyk, så er dette en riktig observasjon. Det må dog framheves at det er frostrøyk fordi det er kaldt, men ikke kaldt fordi det er frostrøyk.

## 2. MANDAT.

### 2.1 Mandat gitt til de klimasakkyndige.

Forslag til mandatet for de klimasakkyndige er utformet i prosesskrift fra høyesterettsadvokat Otto Chr. Hagemann av 8. september 1989. Bemerkninger til dette forslaget er gitt i prosesskrift av 12. oktober 1989 fra høyesterettsadvokat Kåre Ødegård.

De klimasakkyndige oppfatter at deres mandat kan formuleres i følgende punkter:

1. Vurdere en mulig påvirkning av vinterklimaet langs Gaupne- og Lustrafjorden innenfor Solvorn - Ornes som følge av mulige endrede isforhold de issakkyndige måtte komme fram til p.g.a. vassdragsreguleringene.
2. Vurdere om endringer av isforhold i Jostedøla og Fortundalselvi nedenfor kraftverkene har medført endringer av klimaet langs Lustra- og Gaupnefjorden.
3. Det bes om vurdering av vinteren 1978/79 og hvordan denne i tilfelle avvek fra det normale i indre Sogn og andre kjente fruktdistrikter som er utsatt for sterk kulde.
4. Vintrene 1980/81, 1984/85 og 1985/86 analyseres nærmere.
5. Uttalelsen bes avgitt særskilt for hvert enkelt av de områder som de issakkyndige har ansett som naturlige enheter. Det forutsettes at de sakkyndige angir hvilke områder for fruktdyrking som i tilfelle måtte bli berørt og i hvilken utstrekning. Uttalelsen bes også gitt for tiden før 1959, fra 1959 fram til Leirdøla Kraftverk ble satt i drift og for tiden etter etablering av dypvannsutslipp i Gaupnefjorden 1989.

### 2.1 Kommentarer fra de klimasakkyndige til mandatet.

Vår rapport bygger på de issakkyndiges rapport, som bare omhandler del I av skjønnet, dvs. situasjonen fram til dypvannsutslippet i Gaupnefjorden høsten 1989. Av dette følger at også vår rapport vil begrense seg til del I i skjønnet.

Da mulige klimaendringer nedover Fortundalen fra Fortun kraftverk har vært behandlet i tidligere skjønn, begrenser vi rapporten til bare å gjelde Gaupne- og Lustrafjorden. Dette er også i samsvar med mandatet. Ettersom det ikke er funnet å foreligge grunnlag for erstatning for klimaskader langs selve Fortunvassdraget nedenfor Fortun kraftstasjon, antas det at klimaet langs Lustrafjorden ikke er påvirket av endrede isforhold i Fortundalselvi.

I tillegg til dette mandatet er vi innforstått med at øvrige sakkyndige ønsker spesielle meteorologiske data for sitt arbeide. De issakkyndige ønsker en lengre tidsserie av meteorologiske data - i første rekke vinddata for Lustrafjorden. Dette er blitt gjort i en særskilt rapport; Per Øyvind Nordli: LUSTRAFJORDEN - SKJØNN, GENERERING AV TIDSSERIE FOR VIND.

Vi anmodet de fruktsakkyndige i brev av 12. oktober 1990, appendiks 3, om en presisering av hvilke klima-parametrer de ønsket å få beregnet. Dette ble presisert av de fruktsakkyndige i brev av 18. februar 1991, appendiks 4. Tabeller over disse klimaparametrer er gitt i kapittel 8 for de vintrene som er spesielt nevnt i vårt mandat. For andre vintrer har vi nøyd oss med å utrede konsekvensene for en godt eksponert lokalitet nær fjorden i perioden 1970/71 - 1988/89, appendiks 2.

For perioden før 1970 finnes det ikke komplette isdata og vi har derfor ikke gjort noen beregninger fra tidligere år. Det er likevel fullt mulig å gjøre beregninger for avgrensede perioder også før 1970. Vi vil derfor presisere at vi står til tjeneste for de fruktsakkyndige med flere beregninger om det skulle være ønskelig. Slike beregninger kan gjøres meget raskt fra vår side dersom det er spørsmål innenfor det program-konseptet vi har utviklet. Derimot kan det ta noe tid dersom det er nødvendig med videre digitalisering av isdata.

Det framgår også av brevet fra de fruktsakkyndige at vurdering av mulige endringer i luftfuktighet og rimavsetninger som følge av kraftutbyggingene ikke har noen relevans for de fruktsakkyndiges vurdering av eventuelle skader på landbruk.

### 3. GENERELT OM LOKALKLIMA.

Mikro- og lokalklimaet i et område er bestemt av de storstilte vær- og klimaforhold, av topografien og av de overflatetyper som finnes i området. I skyet og urolig vær er det som regel små lokale forskjeller i lufttemperatur og luftfuktighet. Det lokale været domineres da av luftmasser som blir tilført fra andre områder. I slike situasjoner kan det derimot opptre store forskjeller i for eksempel vind og nedbør.

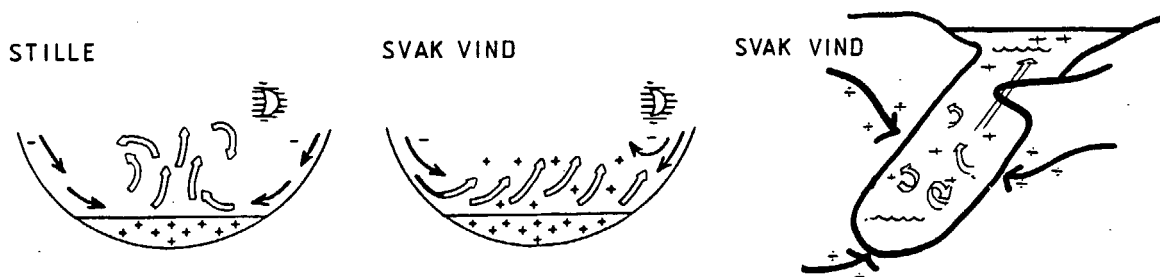
Store lokale kontraster i lufttemperatur og luftfuktighet opptrer i første rekke i klarvær med vindstille eller svake vinder. Årsaken til disse kontrastene er den lokale topografi (fjell som skygger for solen, om en dal er vid eller trang, terrengets helning og helningsretning) og av forskjeller i overflatetyper.

#### 3.1 Lokale klimaparametrer.

Lufttemperaturen. Det meste av oppvarmingen og avkjølingen av lufta foregår ved jordoverflaten. En snøflate vil for eksempel reflektere mer solstråling enn en gressflate som igjen reflekterer mer enn en vannflate. En gressflate vil bli raskere oppvarmet og avkjølt enn en vannflate. Årsaken til dette er at vannflaten har høyere egenvarme, og at energien lettere blir transportert mellom vannflaten og de dypere lag. Derfor vil det være mindre variasjoner i overflatetemperaturen gjennom døgnet og året for en vannflate enn for en gressflate. Dersom vanntemperaturen avtar slik at vannflaten islegges, endres flate-egenskapene drastisk. For en vannflate vil flatetemperaturen aldri kunne bli lavere enn ca  $-1^{\circ}\text{C}$ , mens overflatetemperaturen for en isflate kan nå ned i  $-20$  -  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Når varm luft strømmer ut over en kald flate, vil lufta bli avkjølt, figur 3.1. Denne kjøleeffekten vil være størst for en isflate som aldri kan bli varmere enn  $0^{\circ}\text{C}$ . Når kald luft strømmer over en varm flate, vil lufta bli oppvarmet. Dette vil kunne skje på klare netter om sommeren og om vinteren før islegging. Denne oppvarmede lufta vil bli lettere, stige opp og bli erstattet av kaldere luft fra sidene. I stille vær vil den oppvarmede lufta ikke så lett komme inn til strandsonen, fordi kalde luftstrømmer vil dominere her. Ved svak vind derimot, vil den oppvarmede lufta lettere føres innover land. Kald luft som strømmer ut på en isflate, vil kunne bli ytterligere avkjølt. I perioder med lite eller ingen vind vil den kalde, tunge lufta over en slik isflate bli stabil, og det vil bygge seg opp et tykt lag med kald luft. Dette vil også føre til lavere temperaturer opp til en viss høyde over land.

## KALD LUFT, VARMT VANN



## KALD LUFT - ISDEKKE

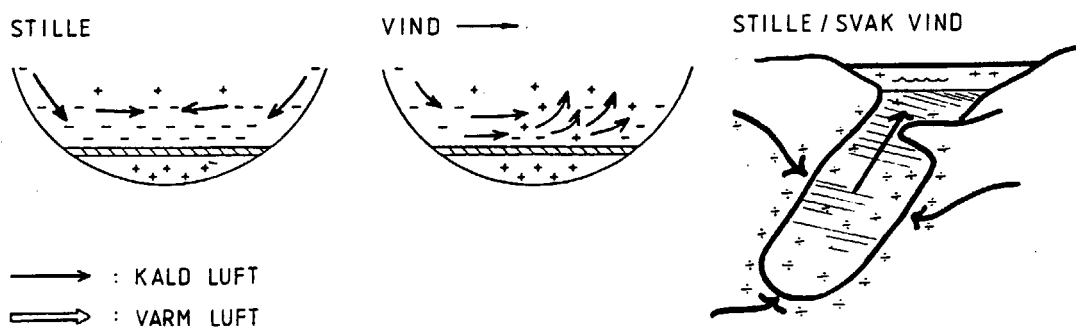


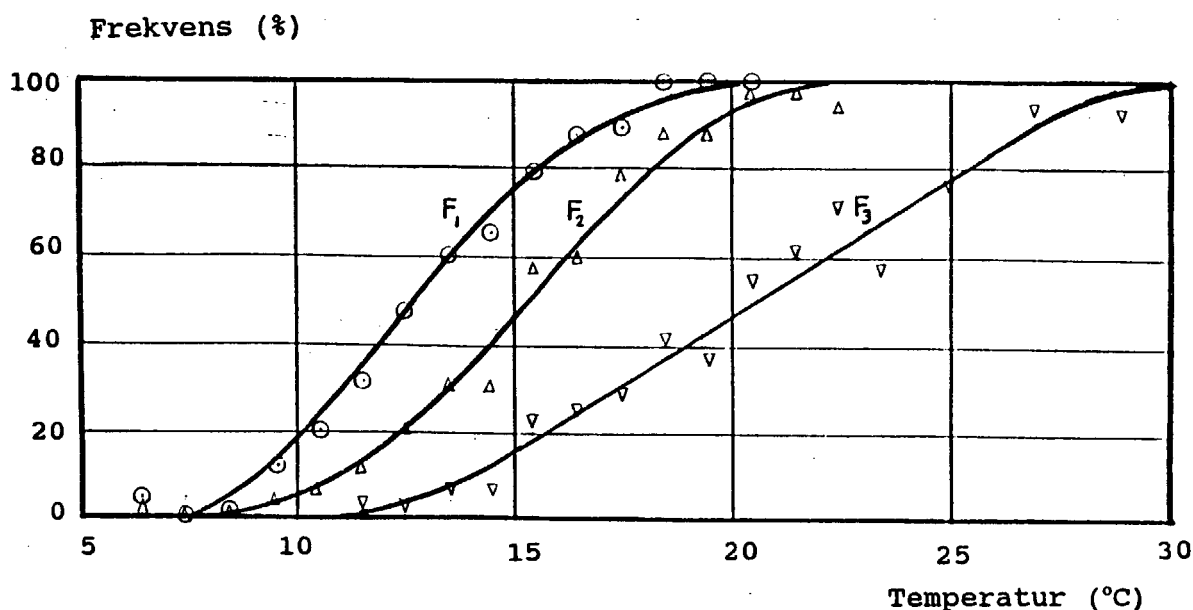
Fig. 3.1 Illustrasjon av sirkulasjonsmønsteret i atmosfæren over et fjordområde om vinteren uten is og med is på fjorden. (Etter Hammer, 1986)

**Frostrøyk og tåke.** Fra en vannflate vil det kunne foregå fordampning. Dersom vanntemperaturen er 10 - 15°C høyere enn temperaturen i lufta, vil fordampningen kunne bli så sterk at det blir et overskudd av vanndamp i lufta. En del av vanndampen vil da kondenseres til små tåkedråper. Dersom lufttemperaturen er lavere enn -15 - -20°C, vil det kunne dannes iskrystaller i denne tåken.

Tåke dannet på denne måten kalles for frostrøyk eller fordampningståke, lokalt også kaldskodde. Teoretisk kan en vise at sjansen for frostrøyk øker med økende luftfuktighet og med temperaturforskjellen vann - luft. Dessuten har observasjoner vist at skydekket spiller en stor rolle for tettheten av frostrøyken slik at sjansen for tett frostrøyk er større i klarvær enn i overskyet vær under ellers like temperatur- og fuktighetsforhold, (Nordli, 1988). Ofte vil

frostrøyken løses opp ved at de små dråpene fordamper igjen når de blandes inn i tørrere luft over, kommer inn over islagte områder eller ved at lufta blir oppvarmet.

Ved vindstyrker over ca 3 m/sek vil det være så god omrøring i lufta at vanndamp- og varmetransporten fra isfrie områder blir blandet i et så tykt luftlag at innvirkningene på lokalklimaet blir små. Fordi oppløst salt nedsetter fordampningen noe, vil frostrøyk under ellers like atmosfæriske forhold bli noe sterkere over ferskvann enn over sjøvann.



Figur 3.2 Sannsynligheten for frostrøyk i de forskjellige frostrøykclassene  $F_1$ ,  $F_2$ , og  $F_3$ . Frostrøykclassene er definert i teksten under.

På figur 3.2 er vist sannsynligheten av frostrøyk gitt som funksjon av differensen mellom vann- og lufttemperatur. Kurvene omfatter observasjoner fra osen av Vågåvatnet i Gudbrandsdalen, (Nordli, 1988) under varierende skydekke- og fuktighetsforhold. Mektigheten av frostrøyken kan variere sterkt fra knapt synlig frostrøyk begrenset til åpent vann til tåketopper fra dalside til dalside. Dermed vil sannsynligheten for frostrøyk variere sterkt med hvor nøye en observatør er med å registrere den svakeste frostrøyken. Nedenfor er satt opp 3 mulige avgrensninger som er brukt i Vågå og som har gitt tre ulike frostrøykkurver på figuren.

- $F_1$  All frostrøyk som det er mulig å observere.
- $F_2$  All velutviklet frostrøyk
- $F_3$  All frostrøyk som tidvis brer seg utenom isfritt vann.

Kurvene viser at sjansen for frostrøyk øker med temperatur-differensen. Dersom frostrøyken skal være til ulempe for dem som bor på stedet, må frostrøyken være mektig nok til å bre seg videre ut fra åpent vann,  $F_3$ . Vi ser at ved  $-20^\circ\text{C}$  som er en temperatur som en sjelden gang kan opptre ved Lustra-fjorden, er sannsynligheten for frostrøyk av type  $F_3$  ca. 50 %.

Strålingståke og blandingståke. Kaldluftslag som dannes over en isflate kan avkjøles slik at lufta blir mettet med fuktighet og det kan dannes tåke. Det kan også dannes tåke når fuktig luft fra isfrie områder blandes med kaldere luft fra islagte områder.

Generelt vil innholdet av vanndamp i lufta (kg vanndamp i 1 kubikkmeter luft) avta når lufttemperaturen avtar. Luftfuktigheten vil i stor grad avhenge av de storstilte værforhold, men fordampning fra lokale kilder vil også ha betydning. Det vil være betydelig mindre vanndamptransport fra fjorden til atmosfæren når fjorden er islagt. Ved lave lufttemperaturer vil fordampningen fra en isfri fjord kunne være stor mens fordampningen ville være meget liten eller det ville foregå kondensasjon dersom fjorden var islagt. Tabell 3.1 viser beregninger av fordampning fra fri vannflate ved ulike meteorologiske forhold.

Tabell 3.1. Beregnet sum av fordampning for 6 timers periode (mm) fra en fri vannflate med temperatur  $2^\circ\text{C}$  og luftfuktighet 90% (70%) for ulik vind og lufttemperatur. (Ryan et al. 1974).

Lufttemp ( $^\circ\text{C}$ )	0	-5	-10	-20	-25
Vindhast. (m sek <sup>-1</sup> )					
0	0.04 (0.07)	0.15 (0.18)	0.24 (0.26)	0.32 (0.34)	0.38 (0.39)
2	0.12 (0.23)	0.32 (0.40)	0.48 (0.54)	0.63 (0.68)	0.69 (0.71)
5	0.26 (0.47)	0.59 (0.73)	0.85 (0.95)	1.06 (1.18)	1.20 (1.24)
10	0.47 (0.83)	1.05 (1.28)	1.46 (1.68)	1.78 (1.94)	2.01 (2.08)
15	0.67 (1.28)	1.48 (1.86)	2.05 (2.35)	2.48 (2.74)	3.70 (3.75)

### 3.2 Mulige virkninger av en vassdragsregulering på lokal-klimaet.

En vassdragsregulering vil kunne føre til endringer av vassføringen i elver, oppdemning eller nedtapping av vann og endrede ferskvannsutslipp i fjorder. Virkningen av dette vil kunne være endrede isforhold om vinteren og endring av vanntemperaturer. Disse endringer kan i neste omgang tenkes å kunne føre til lokale klimaendringer.

Som det går fram av mandatet, vil emnet for denne rapporten begrense seg til virkningen på Lustra- og Gaupnefjorden. I korthet vil da temaet for rapporten bli:

Når en fjord eller et vann islegges, vil varmetransporten fra vannmassene til atmosfæren bli sterkt redusert slik at lufttemperaturen langs vannet eller fjorden blir lavere enn om fjorden ikke var islagt. Temperaturøkningen som følge av varmetapet fra vannmassene vil generelt øke med temperaturdifferansen vann-luft og være størst ved svake vinder fra vannflaten og innover strandsonen. I sterk vind vil varmetapet fra vannmassene være størst, men varmen vil da bli fordelt på store luftmasser og temperaturøkningen blir derfor liten.

Om våren (april måned) når det er is på fjorden kan det være en del isfrie områder langs strendene. Lufttemperaturen om dagen er ofte over frysepunktet. Ved lufttemperaturer over frysepunktet over lengre tidsrom vil isoverflaten nå smeltepunktet for is. På grunn av høy egenvarme og smeltevarme for is, henholdsvis 4 og 320 KJ kg<sup>-1</sup>, vil isoverflaten være termisk treg og det trengs et betydelig varmetap fra isflaten før temperaturen kommer under frysepunktet. På denne tiden vil vanntemperaturen i overflaten av Lustrafjorden også være lav (2 - 5°C) også i de år da fjorden er isfri. Under slike forhold vil derfor isen på Lustrafjorden ha liten innvirkning på lufttemperaturen.

## 4. DATA.

## 4.1 Grunnlaget for rapporten.

Denne utredningen tar utgangspunkt i rapporten fra de issakkyndige, Carl A. Boe og Syver Roen og de isdata som der er lagt fram for nåværende forhold i fjorden og de forhold som ville ha vært uten reguleringene. Vurderingen av klimaendringer som følge av de endrede isforhold bygger dels på nye undersøkelser foretatt for dette skjønnet og dels på tidligere undersøkelser. Datatilfanget skriver seg fra ulike typer stasjoner.

Datatilfang:

Data fra Det norske meteorologiske institutts (DNMIs) faste, manuelle stasjoner i området. De stasjonene fra dette nettet som er av særlig interesse, er listet opp i tabell 4.1, merket M i tabellen. Dessuten brukes for sammenligning en rekke faste meteorologiske stasjoner i Sør-Norge.

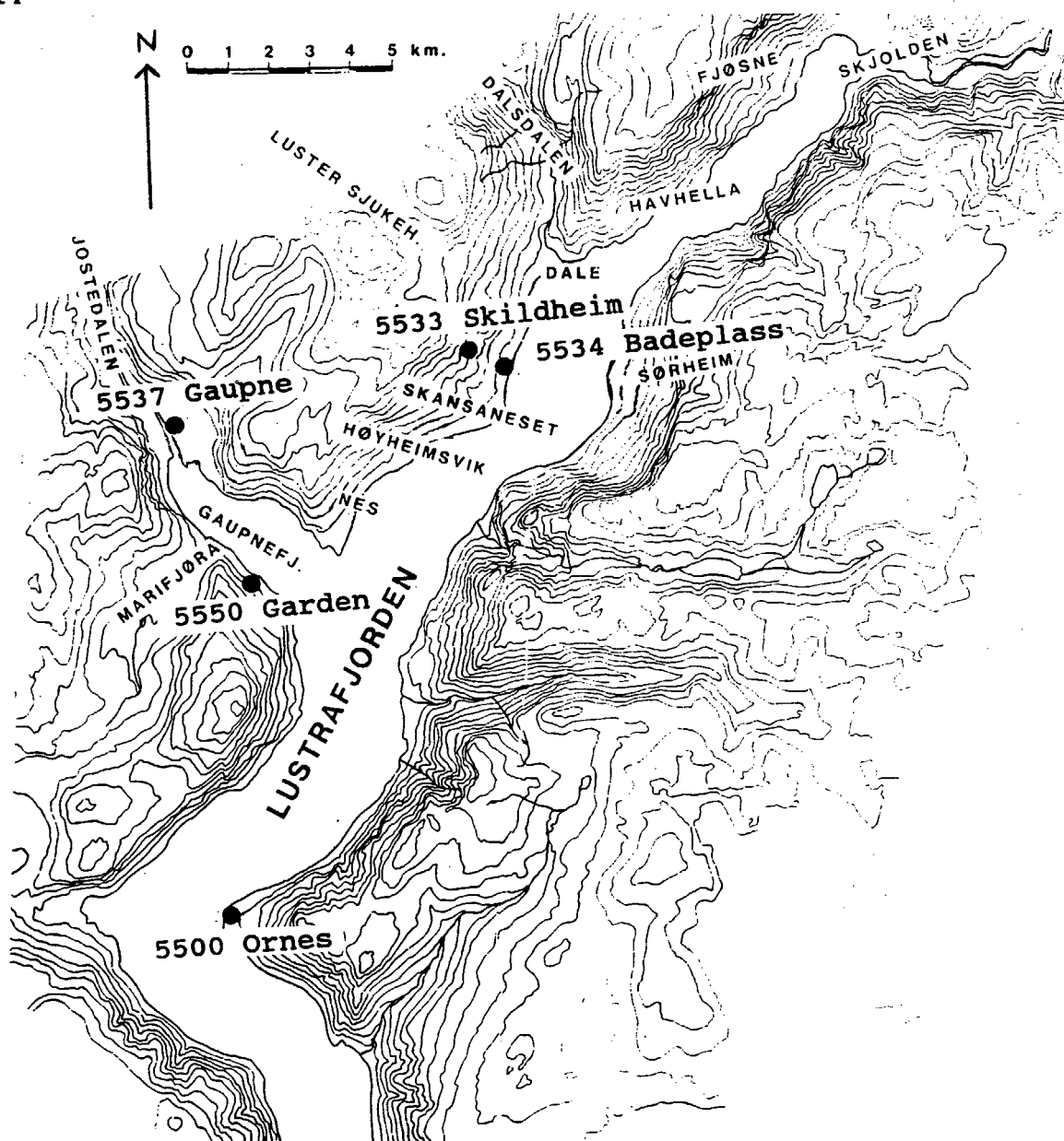
Data fra prosjektet "Lokal- og vekstklime i Sogn".

Data fra DNMI's måleprogram for statkraft. Alle stasjonene finnes i tabell 4.1 med fullt navn og dessuten på kartet, figur 4.1, der med kortnavn. Stasjonene i dette måleprogrammet er alle automatiske, merket A i tabellen.

Data fra et måleprogram som er blitt utført i regi av Universitetet i Bergen (Klima og frostskaadegransking i Luster). Stasjonene er plottet inn på kartet, figur 4.2.

*Tabell 4.1 Stasjonsliste over manuelle stasjoner i DNMI's ordinære nett, M, og automatiske stasjoner, A. Alle stasjonene i tabellen er ennå i drift. Starttidspunkt gjelder for digitaliserte data.*

Stasjonsnavn	Type	Start
5310 Vangsnes	M	1. jan 1957
5500 Luster - Ornes	A	8. mai 1987
5516 Fortun	M	1. jan 1957
5533 Luster - Skildheim	A	6. mai 1987
5534 Luster badeplass	A	4. sep 1987
5537 Gaupne	A	4. feb 1980
5550 Marifjøra - Garden	A	1. feb 1980
5578 Leikanger	M	1. jan 1957



Figur 4.1 Kart over Lustrafjorden med alle automatiske stasjoner inntegnet. Alle er ennå i drift.

Vi bygger på følgende rapporter:

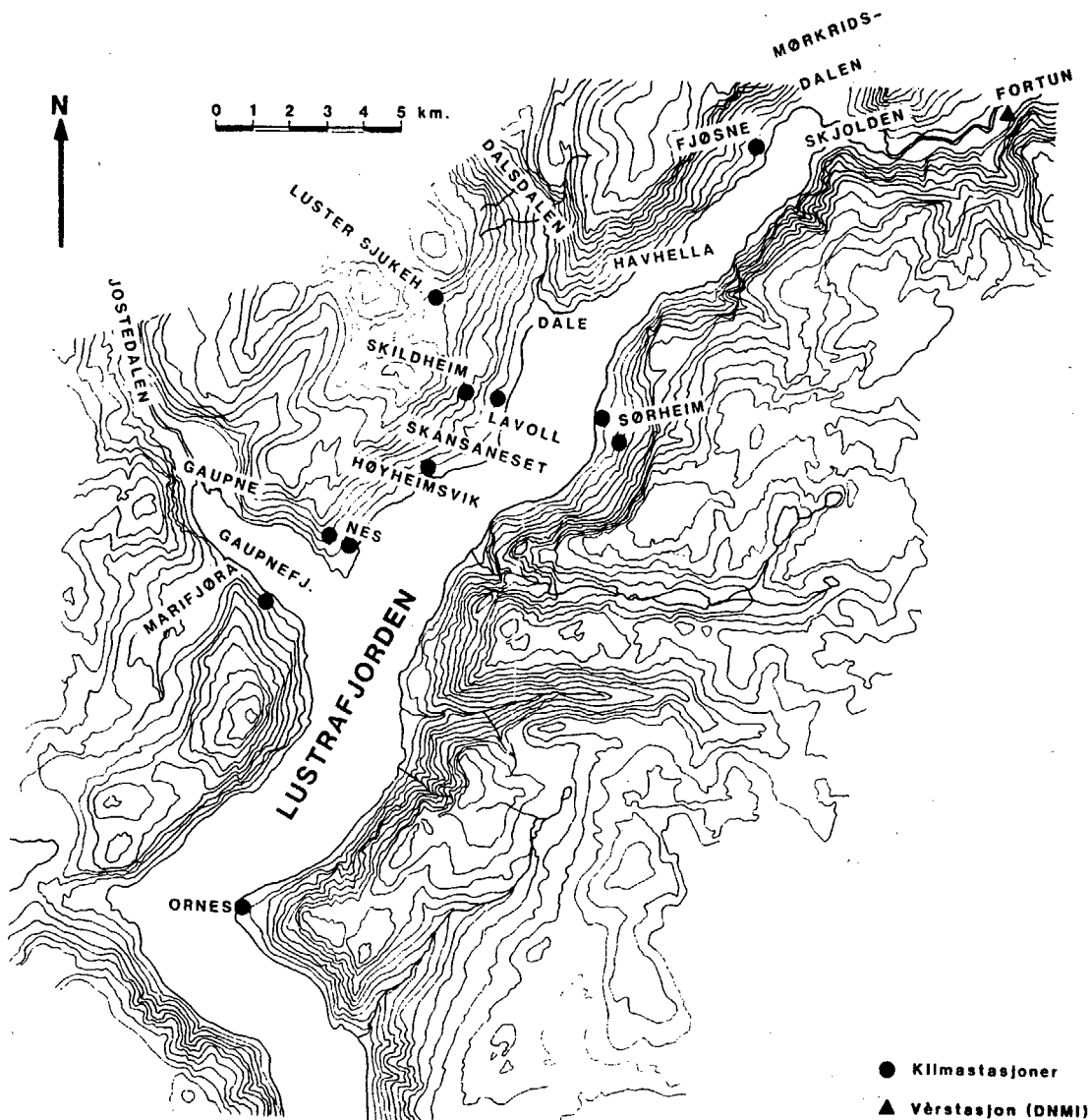
Gjessing, Y. 1982: Islegging av Lusterfjorden og virkningen på lufttemperaturen. Rapp. Norsk Hydrologisk komite nr. 10 1982.

Gjessing, Y. og Hammer, T. M. 1983: Isens innvirkning på lufttemperaturen langs Lustrafjorden. En foreløpig rapport for Det kongelige Landbruksdepartement. Rapp. Avd. for meteorologi Univ. i Bergen - 2 1983.

Hammer, T. M. 1985: Leirdølareguleringa sin innverknad på vinterklimat i Gaupne, Delrapport fra prosjektet "Klima- og frostskaudegransking i Luster". Rapp. Avd. for meteorologi, Univ. i Bergen - 3 1983.

Hammer, T. M. 1986: Klima- og frostskaudegransking i Luster. Istilhøva i Lustrafjorden og verknaden av isen på det lokale vinterklimaet. Rapp. Avd. for meteorologi, Univ. i Bergen- 2, 1986.

Hammer, T. M. 1986: Sodarregistrering av rørsla i lufta over islagd Lustrafjord. Rapp. Avd. For Meteorologi, Univ. i Bergen - 3, 1986.

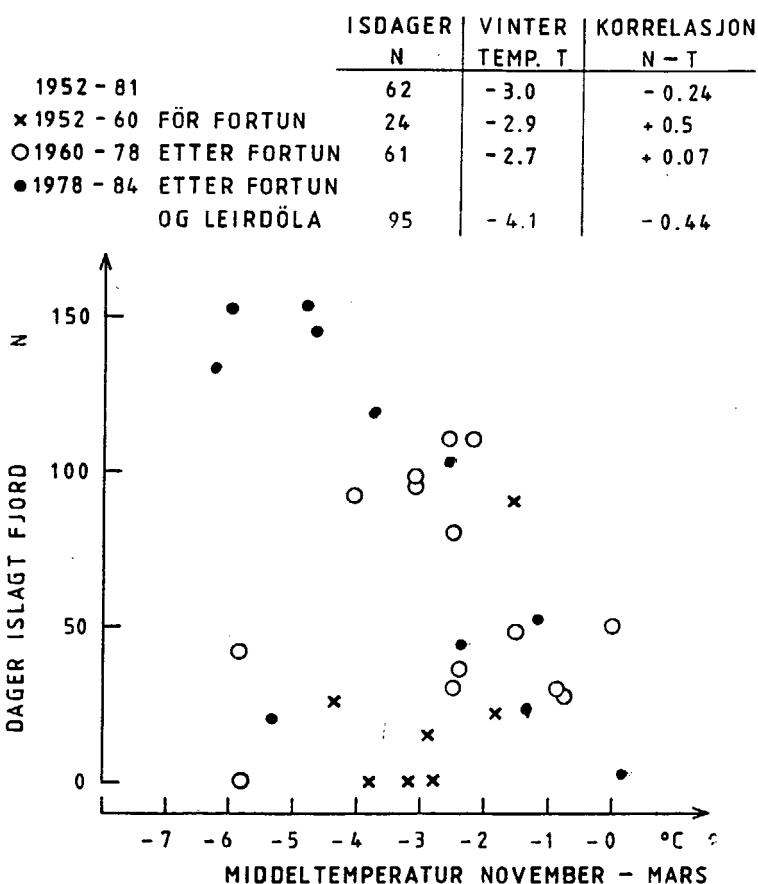


Figur 4.2 Kart over Lustrafjorden med stasjoner som var i drift under prosjektet "Klima- og frostskaudegransking i Luster".

#### 4.2 De viktigste konklusjoner av tidligere undersøkelser.

De viktigste konklusjonene av de tidligere undersøkelsene kan sammenfattes:

1. Det er ingen sammenheng mellom midlere vintertemperatur (middeltemperaturen i lufta i perioden november - mars) og varigheten av islagt fjord, figur 4.3. Det er altså ikke i spesielt kalde vintrer at fjorden islegges.
2. Når Lustrafjorden er islagt vil lufttemperaturen i strandsonen være lavere enn når fjorden er isfri. Effekten av is på lufttemperaturen vil være størst ved lave temperaturer, figur 4.4.



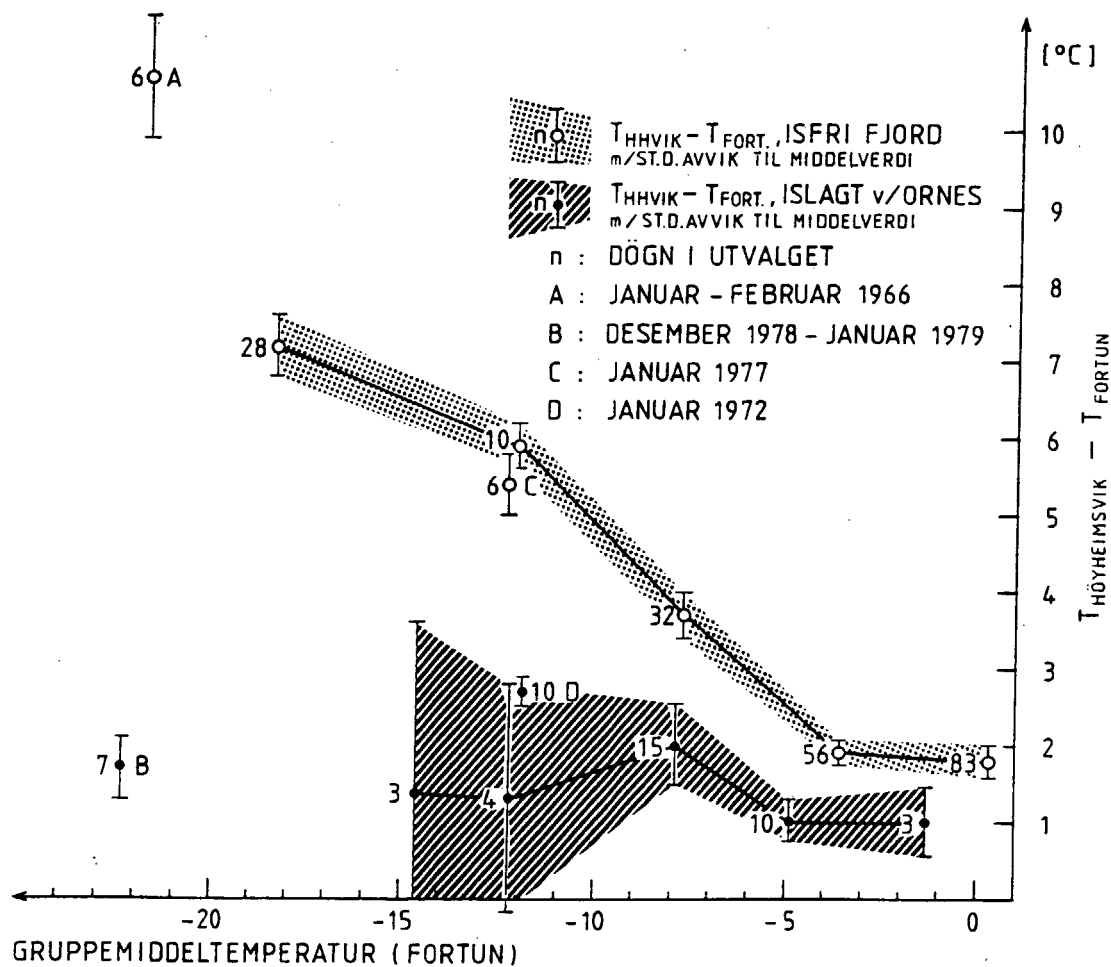
Figur 4.3. Sammenhengen mellom varigheten av islagt fjord på strekningen Sørheim - Dale og middeltemperaturen nov. - mars. - (etter Gjessing, 1982)

3. Den temperaturnedsettende effekten av isen vil avhenge av den lokale topografi og av den storstilte vær-situasjon. Generelt vil effekten avta med høyden over fjorden og med avstanden til fjorden.

4. Når fjorden er islagt og det er lave lufttemperaturer i Vest-Norge, vil som oftest det lokale vindsystemet i Lustrafjorden være dominert av drenasjevinder som går utover

fjorden. Dette fører til at den temperaturnedsettende effekten av isen i liten grad vil øke med avstanden til iskanten. Utenfor iskanten vil luftmassene motta varme fra fjorden og den temperaturnedsettende effekten av isen vil avta raskt utover fra iskanten.

5. Effekten på lufttemperaturen av islagt fjord sammenlignet med isfri fjord i en del punkter langs Lustrafjorden med ulik høyde over fjorden finnes i tabell 5.4.



Figur 4.4. Temperaturforskjeller mellom Høyheimsvik og Fortun ved isfri og islagt Fjord. (etter Hammer, 1986)

## 5. ISENS VIRKNING PÅ LUFTTEMPERATUREN.

## 5.1 Metode.

En del forenklet kan lufttemperaturen  $T_H$  på lokaliteten H uttrykkes som:

$$(1) T_H = T(\text{storstilt})_H + T(\text{lokal})_H$$

Her er  $T(\text{storstilt})$  den storstilte lufttemperaturen som avhenger av årstid, tid på døgnet og storstilte værforhold o.s.v. og som kan betraktes som representativ for et større område.  $T(\text{lokal})$  er bidraget til lufttemperaturen som skyldes lokale effekter (skjerming, høyde over havet, avstand fra sjøen etc.)

For en stasjon nær Lustrafjorden vil  $T_H$  også være påvirket av isdekket på fjorden. Ligningen blir her:

$$(2) T_H = T(\text{storstilt})_H + T(\text{lokalt})_H - T(\text{is})_H$$

Her er  $T(\text{is})$  den temperaturnedsettende virkningen av islagt fjord på lokaliteten H.

Til jamføring kan vi finne plasser lenger ute i Sognefjorden der fjorden aldri er islagt eller plasser så langt fra fjorden at fjorden ikke har innflytelse på lufttemperaturen. Vi vil kalle stasjoner på slike steder for referansestasjoner, indeks R.

$$(3) T_R = T(\text{storstilt})_R + T(\text{lokal})_R$$

Dersom vi antar at det storstilte været, slik vi har definert det, er representativt for et større område, kan vi sette:

$$(4) T(\text{storstilt})_H = T(\text{storstilt})_R$$

Dersom henholdsvis lign. 1 og lign. 2 suptraheres fra lign. 3 fåes:

Differensen,  $a_H$ , for isfri Lustrafjord:

$$(5) a_H = T_R - T_H = T(\text{lokal})_R - T(\text{lokal})_H$$

Differensen,  $A_H$ , for islagt Lustrafjord:

$$(6) A_H = T_R - T_H = T(\text{lokal})_R - T(\text{lokal})_H + T(\text{is})_H$$

$T(\text{lokal})$  slik de er definert skulle være tilnærmet uavhengige av om fjorden er islagt eller ikke. Subtraheres lign.(5) fra lign.(6) og settes  $T(\text{lokal})_R = T(\text{lokal})_H$ , fåes:

$$(7) T(\text{is})_H = A_H - a_H$$

$T(is)_H$  skulle da være effekten av islagt fjord på lufttemperaturen på stasjonen ved Lustrafjorden.

## 5.2 Et eksempel på bruk av metoden.

I en lengre periode var det en klimastasjon i drift i Høyheimsvik ca. 5 m o.h. på eiendommen til Edin Næss. Senere ble stasjonen flyttet 200-300 m innover fjorden og opp til ca 15 m o.h. Vi lar nå stasjonen på Høyheimsvik representere indeks H ovenfor. Som referansestasjon velger vi 5578 Leikanger ca 40 km lenger ute der fjorden ikke islegger seg. Virkningen av isen er så funnet ved hjelp av likning (7) og resultatene gitt i tabell 3 (Gjessing og Hammer, 1983).

Tabell 5.1. Midlere differanser i minimumstemperatur  $T_n$  og maksimumstemperatur  $T_x$  mellom Leikanger og Høyheimsvik for ulike temperaturintervall og måneder for isfri og islagt fjord og effekten av islagt fjord  $T(is)$ . Gruppering i intervall er gjort etter temperaturen på Leikanger. (Gjessing og Hammer, 1983).

Intervall Temp. °C	Sesong	Differens (°C)		T(is) °C
		isfr.	is	
$0 \leq T_n$	NOV-DES	0,3	2,8	2,5
	JAN-FEB	1,0	2,3	1,3
	MAR-APR	0,6	2,5	1,9
$-5 < T_n < -0$	NOV-DES	0,3	2,8	2,5
	JAN-FEB	0,4	3,0	2,6
	MAR-APR	-0,1	3,1	3,2
$T_n \leq -5$	NOV-DES	-0,5	2,3	2,8
	JAN-FEB	0,4	2,1	1,7
$2 \leq T_x$	NOV-DES	1,5	1,6	0,1
	JAN-FEB	1,8	2,6	0,8
$T_x < 2$	NOV-DES	1,1	1,3	0,2
	JAN-FEB	0,7	2,4	1,7
$5 \leq T_x$	MAR-APR	0,5	2,1	1,6
$T_x < 5$	MAR-APR	0,2	2,8	2,6

I alle temperaturintervall viser tabellen at isen har en kjølede effekt på lufttemperaturen. Ettersom dette er en statistisk undersøkelse, vil resultatene være beheftet ved en viss usikkerhet. Vi skal drøfte dette ved senere anledninger i forbindelse med tilsvarende undersøkelser.

## 5.3 Test av referansestasjoner.

En viktig forutsetning for denne beregningsmetoden for isens virkning på lufttemperaturen er at referansestasjonen er tilnærmet upåvirket av isdekket på Lustrafjorden. En har testet dette ved å foreta en sammenligning mellom de aktuelle referansestasjonene med is og uten is på Lustrafjorden. Stasjonene det gjelder er: 5310 Vangnes, 5516 Fortun og 5578 Leikanger. Resultatene er samlet i tabellene 5.2 og 5.3.

Tabell 5.2 Sammenhørende gruppemiddel for temperaturdifferensen mellom stasjonene 5516 Fortun og 5310 Vangnes for isfri og islagt Lustrafjord for observasjonstidene kl. 07 og kl.19. Data er fra perioden 1957-90 i månedene desember - mars. Gruppering i intervall er gjort etter temperaturen på Fortun.

Intervall Temp. °C	Obstid kl.	Differens isfr. is	T(is) °C	Sikker
-2<T	07	-2,7 -2,5	0,17	Nei
	19	-2,5 -2,3	0,17	Nei
-6<T≤ -2	07	-4,1 -4,6	-0,47	Ja
	19	-3,5 -3,7	-0,23	Nei
-10<T≤ -6	07	-6,1 -6,3	-0,13	Nei
	19	-4,6 -5,0	-0,42	Nei
-14<T≤-10	07	-7,9 -8,5	-0,61	Nei
	19	-6,7 -6,7	-0,04	Nei
T≤-14	07	-10,2 -11,1	-0,88	Ja
	19	-9,1 -9,4	-0,26	Nei

Tabellene viser at i de fleste temperaturintervall er det ingen statistisk sikker skilnad mellom tilfellet med is og tilfellet uten is. I to intervall er det en sikker skilnad kl. 07, men differensene er ikke lenger sikre kl 19 og da er de meget små. Når det gjelder Fortun kl 07 for intervallet -6°C - -2°C er det en sikker skilnad både ved bruk av Vangnes og Leikanger og det er mulig at stasjonen kan være noe påvirket av isen ved det observasjonstidspunktet. Men årsaken kan også være metodiske feil eller bero på rene tilfeldigheter. I en tilsvarende undersøkelse for Fortun/Vangnes med data fra januar fant Hammer (1986) ingen sikker skilnad i dette intervallet, men det ble derimot funnet en sikker skilnad i intervallet over 2°C.

Tabell 5.3 Sammenhørende gruppemiddel for temperatur-differensen mellom stasjonene 5516 Fortun og 5578 Leikanger for isfri og islagt Lustrafjord for observasjonene kl. 07 og kl.19. Data er fra perioden 1957-90 i månedene desember - mars. Gruppering i intervall er gjort etter temperaturen på Fortun.

Intervall Temp. °C	Obstid kl.	Differens isfr. is	T(is) °C	Sikker
-2<T	07	-2,6 -2,5	-0,02	Nei
	19	-2,4 -2,3	-0,16	Nei
-6<T≤ -2	07	-3,3 -4,0	0,66	Ja
	19	-2,9 -3,2	0,32	Nei
-10<T≤ -6	07	-5,1 -5,1	0,05	Nei
	19	-3,7 -4,1	0,32	Nei
-14<T≤-10	07	-6,1 -6,7	0,59	Nei
	19	-5,3 -5,4	0,14	Nei
T≤-14	07	-7,9 -8,5	0,60	Nei
	19	-6,7 -7,5	0,70	Nei

Tross feil eller usikkerheter i resultatene er likevel feilene ved bruk av metoden mye mindre enn den effekten vi skal beregne. Vi finner derfor at metoden er velegnet til formålet når den brukes sammen med de tre referansestasjonene.

#### 5.4 Tidligere undersøkelser.

I samband med undersøkelsen "Klima- og frostskaudegransking i Luster" som forgikk i tidsrommet 1981-86, ble det foretatt temperaturregistreringer i ulike høyder over fjorden langs 5 snitt i Lustrafjord-området. Data fra denne undersøkelsen gjorde det mulig å studere effekten av islagt Lustrafjord i ulike høydeintervall over fjorden. Resultatet av undersøkelsen er sammenfattet i tabell 5.4 som er tatt fra Hammer (1986).

Som det går fram av tabellen minker virkningen av isen med høyden over fjorden, men øker med fallende temperatur på Fortun. Den største midlere effekten av isen har Ornes i intervallet under -14°C, den er på 9°C. En vil ellers finne at effekten av isen kan variere noe fra sted til sted selv om høyden er den samme. Hammer kommenterer dette slik: "Ved Nes er effekten utrekna til om lag 5°C 100 m o.h. ved temperaturar under -14°C. Dette har truleg samband med at slike høgder ved Nes er godt eksponerte for oppvarma luft frå fjorden når denne er open. Generelt må ein difor gå ut frå at effekten av isdekket 100 m o.h. er litt lågare".

Tabell 5.4. Midlere effekt av isen på Lustrafjorden, °C, (Hammer, 1986). Observasjonene er inndelt i intervall etter temperaturen på Fortun.

- I: Isen rekk til Ornes  
 II: Isen rekk minst til Nes (omfattar gr I)  
 III: Isen dekker minst fjorden v/Dale-Sørheim (omfattar gr. II)  
 \*: manglande data  
 -: ingen statistisk effekt  
 (:): usikker statistisk effekt (70% <sign.nivå <95%, eller mindre enn 6 døgn i gruppa)

HØGD	STASJON	T < -14°C			T <sub>e</sub> < -14, -10			T <sub>e</sub> < -10, -6			T <sub>e</sub> < -6,2			T <sub>e</sub> < -2,2			
		I	II		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
3	FJØSNE	*	*		-	-	-	(1)	-	-	(1)	-	-	-	-	-	
	LAVOLL	(7)	5		(5)	3	3	4	2	1		1	1	1	(1)	-	1
	NES	*	*		*	1	1	(1)	(1)	-		(1)	(1)	(1)	-	1	1
	ORNES	(9)	9		(8)	7	3	4	3	2		1	2	1	-	1	1
6	FJØSNE	*	*		-	(1)	(1)	-	-	-	(1)	1	-	-	-	-	
	LAVOLL	(6)	7		(5)	3	1	1	1	1		1	1	1	(1)	-	(1)
	NES	*	*		-	(1)	(1)	(1)	-	-		(1)	(1)	-	-	(1)	1
	ORNES	*	*		*	1	(1)	(2)	(1)	-		(1)	1	-	-	1	1
15	FJØSNE	*	*		*	1	-	(1)	-	-	(1)	1	-	-	-	-	
	LAVOLL	(7)	7		(5)	(4)	(3)	2	2	1		(1)	1	1	-	-	-
	NES	(4)	5		(4)	2	(1)	2	2	1		(1)	1	1	-	-	1
	ORNES	(7)	6		(6)	3	2	3	2	1		1	1	1	-	(1)	-
20	HHVIK	(6)	5		(4)	2	2	(1)	(1)	-		1	1	-	-	-	1
40	FJØSNE	*	*		*	-	-	-	-	-	(1)	1	-	-	-	-	
	LAVOLL	*	*		*	1	1	(1)	(1)	-		(1)	1	(1)	-	-	-
	NES	*	*		*	-	-	(1)	-	-		-	-	-	*	-	-
	ORNES	(5)	4		(4)	2	(1)	2	2	1		1	1	1	-	-	-
100	NES	(5)	5		(4)	(2)	(1)	3	2	1		-	(1)	(1)	-	-	(1)
175	SKILDHEIM	(2)	1		-	-	-	1	-	-		(1)	1	1	-	-	-
500	LUSTER SJ	*	*		-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-

## 6 TEMPERATURFORHOLD LANGS LUSTRA- OG GAUPNEFJORDEN. RESULTATER AV NYE UNDERSØKELSER.

Som nevnt i kapittel 4 er det i regi av DNMI i drift et spesialnett av meteorologiske stasjoner langs Lustra- og Gaupnefjorden. I dette kapitlet gir vi resultatene fra nye undersøkelser bygd på data fra dette nettet.

### 6.1 Temperaturdifferens mellom Fortun og stasjoner ved Lustrafjorden for isfri fjord.

Midlere temperaturforskjell mellom Fortun og Høyheimsvik når fjorden er isfri,  $a_H$ , er kjent blant annet fra Hammer, (1986). Videre kan tilsvarende verdier,  $a_i$ , finnes for de stasjonene som nå er i drift ved fjorden. I praksis vil vi beregne  $a_0$  for 5500 Luster - Ornes og  $a_B$  for 5534 Luster badeplass som begge ligger bare noen få meter over fjorden.

De to stasjonene ble satt i drift i mai 1987. Gjennom vinter-sesongen er det bare mindre brudd i observasjonsrekkeene. Det vil si at vi nå sitter med nesten komplette data fra fire vintre. Islagt fjord finnes nesten ikke disse vintrene og dermed faller nesten hele datamengden inn under tilfellet isfri fjord. Undersøkelsen ble gjennomført for de tre observasjonstidene på 5516 Fortun som er kl. 07, 13 og 19. I tabell 6.1 er resultatene forenklet ved at avvikene for de tre observasjonstidene er slått sammen ved midling. Med unntak av våren var det ikke systematiske forskjeller mellom observasjoner tatt ved forskjellig tid på dagen. Tallene i tabellen representerer nær middelet over døgnet.

Tabell 6.1 Midlere temperaturdifferensen ( $^{\circ}\text{C}$ ) mellom 5516 Fortun og tre stasjoner ved Lustrafjorden, 5534 Luster badeplass ( $a_B$ ), 5500 Luster - Ornes ( $a_0$ ) og Høyheimsvik ( $a_H$ ) for forskjellige måneder og temperaturintervall på Fortun. Alle data fra badeplassen og Ornes omfatter de fire vintrene 1987/88 til 1990/91, mens data for Høyheimsvik er tatt ut fra Hammer (1986) figur 7.3. Alle data gjelder bare isfri fjord.

	$a_B$	$a_B$	$a_B$	$a_0$	$a_0$	$a_0$	$a_H$
Interv.	N-D	J-F	M-A	N-D	J-F	M-A	Usp.
$2 < T$	-1,3	-1,0	-0,5	-2,0	-1,7	-0,7	-
$-2 < T \leq 2$	-1,4	-1,2	-0,7	-2,2	-1,8	-1,4	-1,8
$-6 < T \leq -2$	-2,0	-2,2	-3	-3,1	-3,1	-3,3	-1,9
$-10 < T \leq -6$	-3,6	-4,5	-4	-5,1	-5,3	-5	-3,8
$-14 < T \leq -10$	-4,4	-5,5	-	-5,5	-7,3	-7	-5,8

Tabellen viser at det er meget godt samsvar mellom de resultater som Hammer har funnet for Høyheimsvik og det som vi finner ved å bruke den nåværende stasjonen Luster bade plass. Når det gjelder Ornes, viser tabellen noe større differanser. Også Hammer brukte data fra en stasjon på Ornes og også han fant større differenser ved åpen fjord ute på Orneset enn inne i Lustrafjorden.

## 6.2 Temperaturgradient langs dalsidene for isfri Lustrafjord.

Stasjonen 5533 Luster - Skildheim ligger på nordsiden av Lustrafjorden i en høyde av 180 m, se kart figur 4.1. Rett under Skildheim ligger 5534 Luster bade plass bare 2 m over fjorden. Skråningen mellom stasjonene heller bratt ned mot fjorden og er representativ for terrenget langs etter Lustrafjorden.

Vi vil nå finne midlere temperaturgradienten mellom disse stasjonene ved å ta differensen mellom dem. Samtidig ønsker vi å undersøke om gradienten varierer med temperaturen. Vi grupperer derfor observasjonene i tilsvarende intervall som under 6.1, men denne gang etter temperaturen på bade plassen. Resultatene er gitt i tabell 6.2

Tabell 6.2 Midlere temperaturdifferens (°C) mellom 5533 Luster - Skildheim og 5534 Luster bade plass gruppert etter temperatur-intervall på bade plassen. Alle data omfatter de fire vintrene 1987/88 til 1990/91 og gjelder bare isfri fjord.

Temperatur	NOV-DES	JAN-FEB	MAR-APR
$6 < T$	-1,3	-1,6	-0,9
$2 < T \leq 6$	-0,6	-1,1	-0,9
$-2 < T \leq 2$	-0,9	-0,8	-1,0
$-6 < T \leq -2$	-0,9	-	(-0,6)
$T \leq -6$	-1,1	-	-

Resultatene viser at middeldifferensene ikke varierer vesentlig med lufttemperaturen i intervallene under 6°C. Midlet av differensene i disse intervallene er om lag 0,9°C med standardavvik varierende fra 0,2°C til 0,9°C. Utrechnet pr 100 m gir det en gradient på -0,5°C. Dette er i samsvar med resultater fra andre undersøkelser der inversjons-danning ikke er mulig (Bruun, 1957) og det er også omtrent det samme som gradienten i standardatmosfæren.

### 6.3 Virkningen på lufttemperaturen av isen på Gaupnefjorden.

Ved Gaupnefjorden har DNMI siden februar 1980 hatt i drift to meteorologiske stasjoner, 5537 Gaupne og 5550 Marifjøra - Garden, se kartet figur 4.1. I driftstiden har det vært flere isvintre og det er derfor mulig å studere virkningen av isen på stasjonene.

Vi skal først undersøke virkningen av isen på stasjonen 5550 Marifjøra - Garden som tross navnet ikke ligger i Marifjøra sentrum, men om lag 1,5 km lenger ute i fjorden, 25 m o.h.

I undersøkelsen vil vi bruke samme metode som skissert i kapittel 5 med 5516 Fortun som referansestasjon. I tabell 6.7 er temperaturdifferensene mellom Fortun og Garden med og uten is på fjorden funnet av ligningene (5) og (6) og virkningen av isen av ligning (7). Vi gjennomfører undersøkelsen både med døgnmiddeltemperatur og observasjonstidspunktet kl 07.

Tabell 6.7 Midlere temperaturdifferensen ( $^{\circ}\text{C}$ ) mellom 5516 Fortun og 5550 Marifjøra - Garden med isdekke på Gaupnefjorden,  $A_M$ , og uten isdekke,  $a_M$ , og virkningen av islagt fjord  $T(\text{is})_M$  for forskjellige temperaturintervall på Fortun. Data er fra og med vinteren 1979/80 til og med 1990/91 og omfatter sesongen november - mars.

Temp. intervall	Middeltemperatur			Temp. kl. 07		
	$A_M$	$a_M$	$T(\text{is})_M$	$A_M$	$a_M$	$T(\text{is})_M$
$2 < T$		-0,7			-1,7	
$-2 < T \leq 2$	-0,3	-1,0	0,7	-0,5	-1,4	0,8
$-6 < T \leq -2$	-0,7	-1,9	1,2	-1,3	-2,0	0,6
$-10 < T \leq -6$	-1,9	-3,3	1,4	-1,1	-3,0	1,9
$-14 < T \leq -10$	-2,8	-4,3	1,4	-3,1	-5,0	1,9
$T \leq -14$	-3,9	-6,1	2,1	-3,7	-5,6	1,9

Resultatene viser at Garden er varmere enn Fortun uansett om det er is eller ikke i Gaupnefjorden og når det er is gjelder utsagnet i større grad enn når det ikke er is. Differensene mellom det islagte tilfelle,  $A_M$ , og det isfrie tilfelle,  $a_M$ , er statistisk sikre (signifikante) i alle intervall unntatt i intervallet  $-6^{\circ}\text{C} < T \leq -2^{\circ}\text{C}$  for 07-observasjonen (merket ved skyggelegging i tabellen).

Standardavviket i differensen var  $1-2^{\circ}\text{C}$  og så ikke ut til å variere med temperaturen. Tallet på observasjoner i hvert intervall varierte fra 24-40 tilfeller for de laveste temperaturene til over 100 for de høyeste temperaturene ved

isfri fjord. Samlet sett viser tabellen at isen har en virkning på lufttemperaturen. Det ser ut til å være om lag samme virkning på døgnmiddeltemperaturen som på temperaturen kl. 07.

En helt tilsvarende undersøkelse ble foretatt for 5537 Gaupne, også med 5516 Fortun som referansestasjon. Stasjonen er plassert i Gaupne sentrum om lag 150 m fra elva og 1 km innafor Grandane. Høyden er 6 m o.h. Resultatene er gitt i tabell 6.8 for døgnmiddeltemperatur og for temperaturen kl 07.

Tabell 6.8 Midlere temperaturdifferensen ( $^{\circ}\text{C}$ ) mellom 5516 Fortun og 5537 Gaupne med isdekke på Gaupnefjorden,  $A_G$ , og uten isdekke,  $a_G$ , og virkningen av islagt fjord  $T(is)_G$  for forskjellige temperaturintervall på Fortun. Data er fra og med vinteren 1979/80 til og med 1990/91 og omfatter sesongen november - mars.

Temp. intervall	Middeltemperatur			Temp. kl. 07		
	$A_G$	$a_G$	$T(is)_G$	$A_G$	$a_G$	$T(is)_G$
$2 < T$		0,0			-0,3	
$-2 < T \leq 2$	-0,3	-0,6	0,3	-0,1	-0,6	0,5
$-6 < T \leq -2$	-0,7	-0,8	0,1	-0,9	-1,1	0,2
$-10 < T \leq -6$	-0,7	-1,6	0,9	-2,1	-1,8	-0,3
$-14 < T \leq -10$	-2,3	-2,2	-0,1	-2,7	-2,5	-0,2
$T \leq -14$	-3,1	-2,8	-0,4	-3,8	-3,5	-0,3

Av tabellen ser vi at det ikke er noen statistisk sikker virkning av isen i de aller fleste intervall (alle de skyggelagte), men i to av dem er det nettopp tilfelle. Ser vi på de laveste temperaturene der en eventuell virkning av isen etter teorien skulle være størst, er tendensen den stikk motsatte. Samlet sett viser tabellen at isen på Gaupnefjorden ikke virker på lufttemperaturen i Gaupne sentrum.

At en i slike tester av og til får signifikante resultater uten at det innebærer noen fysisk realitet, er ikke uvanlig. Teoretisk skal det skje for hver 20. gang en bruker testen ved det nivået for testen som vi har valgt. Det vil her trolig skje noe oftere fordi en del ideelle fordringer til testen ikke er strengt oppfylt.

At Gaupne ligger i munningen til Jostedalen merkes spesielt ved at skilnadene i temperatur mellom Fortun og Gaupne ved isfri fjord er mye mindre enn for Garden eller for stasjonene ved Lustrafjorden. Fysisk betyr det at vinter-klimaet i Gaupne er påvirket av strømmen av kald luft fra Jostedalen og ikke av fjorden.

#### 6.4 Temperaturdifferenser mellom stasjoner nær Lustra- og Gaupnefjorden i mai og juni.

Midlere temperaturgradient langs etter dalsida.. Resultatene av en undersøkelse av temperaturgradienten mellom Skildheim og badeplassen i mai og juni er gitt i tabell 6.3.

Tabell 6.3 Midlere temperaturdifferens mellom 5533 Luster - Skildheim og 5534 Luster badeplass for mai og juni gruppert etter temperatur-intervall på badeplassen alternativt på Fortun. Alle data omfatter perioden 1987-91.

Temp. int. badeplassen	Differens (°C)	Temp. int. Fortun	Differens (°C)
16 < T	0,2 ± 0,8	16 < T	0,2 ± 0,8
12 < T ≤ 16	0,1 ± 0,7	12 < T ≤ 16	0,1 ± 0,8
8 < T ≤ 12	-0,7 ± 0,8	8 < T ≤ 12	-0,3 ± 0,9
4 < T ≤ 8	-1,1 ± 0,6	4 < T ≤ 8	-1,1 ± 0,6

For disse månedene synes gradienten å variere med temperaturen. For de høyeste temperaturene er det den øverste stasjonen Skildheim som er varmes. Dette kan ha sammenheng med at i varmt vær vil fjorden om våren virke som en kald flate som påvirker den nærmeste stasjonen, badeplassen, mer enn Skildheim. Standardavviket i disse månedene er gjennomgående noe høyere enn om vinteren.

Middeltemperaturen nær fjorden sammenlignet med temperaturen på Fortun. For å kunne generere en dataserie som skal gjelde langsetter fjorden, vil vi videre studere temperaturdifferenser mellom Fortun og forskjellige automatstasjoner ved Lustrafjorden slik vi gjorde for vintersesongen i kapittel 6.1. Som før omfatter undersøkelsen perioden 1987-91. Resultatene er gitt i tabell 6.4.

Stasjonene Ornes, badeplassen og Garden er om lag  $1 \pm 1^\circ\text{C}$  varmere enn Fortun uavhengig av lufttemperaturen. Når det gjelder Skildheim er differensen avhengig av lufttemperaturen, i kaldt vær er Fortun og Skildheim like kalde, mens Skildheim i varmt vær i middel har om lag like høye temperaturer som Ornes og badeplassen.

Tabell 6.4 Midlere temperaturdifferens ( $^{\circ}\text{C}$ ) mellom 5516 Fortun og stasjonene, 5500 Luster - Ornes ( $a_0$ ), 5534 Luster badeplass ( $a_B$ ), 5550 Marifjøra - Garden ( $a_M$ ) og 5533 Luster - Skildheim ( $a_S$ ) for forskjellige temperaturintervall på Fortun. Data for mai og juni i perioden 1987-91 (for Garden 1980-91).

Intervall	$a_0$	$a_B$	$a_M$	$a_S$
$16 < T$	-1,5	-1,0	-1,2	-1,2
$12 < T \leq 16$	-1,0	-0,8	-0,9	-0,7
$8 < T \leq 12$	-1,1	-0,7	-0,7	-0,4
$4 < T \leq 8$	-1,2	-1,2	-0,8	0,0

I åra 1964-66 ble det under prosjektet "Lokal- og vekstklime i Sogn" drevet et meget tett nett av meteorologiske stasjoner i indre del av Sognefjorden. Langs Lustra- og Gaupnefjorden ble det satt i gang i alt 11 stasjoner, (Utaaker, 1979). I mai og juni var differensen mellom 5516 Fortun og hver enkelt av de lavereliggende stasjonene om lag  $-1^{\circ}\text{C}$  slik som for Ornes, Garden og badeplassen i tabell 6.4. Stasjonen Lavoll, som lå 70 m o.h., hadde en differens på  $-1,3^{\circ}\text{C}$  i mai og  $-1,1^{\circ}\text{C}$  i juni. Dermed ser det ut til at temperaturen ikke avtar med høyden de første 70 m over fjorden.

Også i prosjektårene 1964-66 var det i drift en stasjon på Skildheim. Ved å sammenligne differenser i månedsmiddeltemperatur, ser en at den daværende Skildheim gir omtrent de samme differenser med Fortun som den nåværende Skildheim. Det tyder på at stasjonene i prosjektet er homogene eller nær homogene med de nåværende automatstasjonene til tross for ulik observasjonsmetode og strålingsskjerm, tabell 6.5.

Tabell 6.5 Differens i månedsmiddeltemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) mellom 5516 Fortun og 5533 Skildheim (1987/90) og mellom 5516 Fortun og en eldre stasjon Skildheim, 190 m o.h. (1964/66).

Stasjon	Mai	Juni
5533 Skildheim	-0,3	-0,6
"Gammel" Skildheim	-0,2	-0,3

Minimumstemperatur. For de fruktsakkyndige er de laveste temperaturene spesielt viktig. Vi har tatt utgangspunkt i alle tilfelle av frost på Fortun og sett på minimumstemperaturen ved de automatiske stasjonene ved Lustrafjorden og Garden ved Gaupnefjorden. Resultatene er gitt i tabell 6.6. Av de 9 tilfelle av frost på Fortun i mai/juni fra 1987 til 1991 er det ingen som har gitt frost på noen av stasjonene ved fjorden. I alle situasjonene er disse stasjonene betydelig

varmere enn Fortun og skilnaden er vesentlig større enn for middeltemperaturen i tabell 6.4.

I tabell 6.1 er temperaturdifferensen mellom Fortun og stasjonene ved fjorden gitt for vinteren. I intervallet  $-6^{\circ}\text{C}$  til  $-10^{\circ}\text{C}$  er differensene omtrent like store som i tabell 6.6 for våren. En mulig fysisk forklaring er denne: Kald luft blir oppvarmet av det varmere vannet i overflaten på fjorden. En viktig parameter som er med på å bestemme hvor stor oppvarmingen blir, er temperaturdifferensen mellom vannet og lufta. Ettersom vanntemperaturen i mai og juni er noe høyere enn om vinteren, vil en ved lufttemperaturer nær null ved fjorden i mai og juni kunne oppnå tilsvarende høye temperaturdifferenser som i det nevnte intervall i tabell 6.1.

Tabell 6.6 Differens av minimumstemperatur mellom 5516 Fortun og stasjonene 5533 Luster - Skildheim, 5534 Luster badeplass, 5550 Marifjøra - Garden, 5500 Luster - Ornes for månedene mai og juni 1987-91.

Dato	Temp. 5516	Differanser			
		5533	5534	5550	5500
4/5 87	-1,4	-	-	-3,4	-
7/5 87	-0,1	-2,4	-	-2,6	-
16/5 87	-0,1	-3,4	-	-3,2	-5,0
12/5 89	-1,1	-3,7	-3,8	-2,5	-4,8
31/5 89	-0,8	-2,1	-2,3	-2,2	-3,9
26/5 90	-0,2	-2,0	-2,0	-3,6	-
28/5 90	-0,3	-3,1	-2,1	-3,7	-
4/5 91	-1,0	-	-3,8	-3,1	-4,9
6/5 91	-0,5	-	-5,1	-3,1	-4,6

Ved prosjektet "Lokal- og vekstklime i Sogn" ble det observert minimumstemperatur ved hjelp av termografer. De tre vårene 1964-66 som prosjektet omfattet, var minimumstemperaturen på Fortun under  $0^{\circ}\text{C}$  i alt 6 ganger som er noe oftere enn det normale. Ser en på de stasjonene i prosjektet som lå nær Lustra- eller Gaupnefjorden, var det ingen som hadde frost i disse månedene (Utaaker, Skaar, 1970). Størrelsen på differensene mellom Fortun og hver enkel stasjon samsvarer bra med resultatene i tabell 6.6.

## 7 METODER FOR BEREGNING AV REGULERINGENES VIRKNING PÅ LUFTTEMPERATUREN FOR OMRÅDENE LANGS GAUPNE- OG LUSTRAFJORDEN.

Som nevnt er det endringer av isforholdene på innsjøer, elver og fjorder som kan føre til endringer i lufttemperaturen. Endringer av vanntemperaturen noen grader har liten betydning sammenlignet med endringer i isforholdene. Derfor vil dette kapitlet i det vesentlige handle om virkningen av isen på lufttemperaturen.

### 7.1 Metode for beregning av temperaturforhold langs Lustrafjorden for vintrer med og uten is.

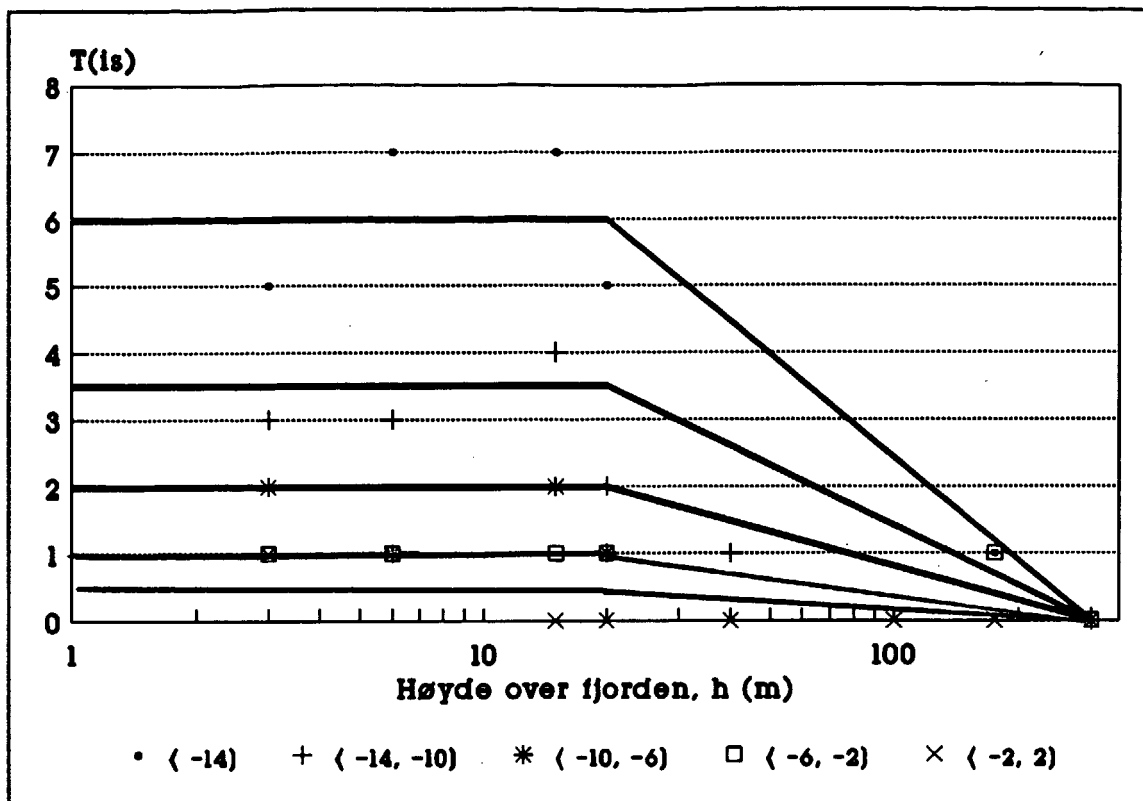
For å finne effekten av isen etter den metoden som ble beskrevet i kapittel 5.1, trengs observasjoner av islagt og isfri fjord. Etter at det nåværende nettet ble satt i gang, har fjorden vært islagt bare noen dager. Det er derfor ikke mulig å gjennomføre noen undersøkelse av effekten av islagt fjord med den ønskede nøyaktighet i resultatene.

Heldigvis var is på fjorden hyppig representert under prosjektvintrene til "Klima- og frostskaudegransking i Luster". For det tilfellet at fjorden var islagt, skriver resultatene seg i denne rapporten utelukkende fra den nevnte undersøkelsen. DNMI's stasjon 5516 Fortun ble da valt som referansestasjon. Dette er den permanente klimastasjonen som ligger nærmest og den har vært i drift i hele den aktuelle perioden. Som vi har sett i kapittel 5.3 er stasjonen bare i ubetydelig grad påvirket av isforholdene på Lustrafjorden.

Effektene av fjordisen. Resultatene av undersøkelsen er gjengitt i tabell 5.4. Effekten av fjordisen er der gitt for forskjellige høyder over fjorden. Resultatene er ikke helt entydige da de er beheftet med usikkerhet og resultatene varierer noe fra lokalitet til lokalitet. I samme høyde vil en frukthage i en sidedal kunne være meget lite påvirket av fjorden, mens et utstikkende nes er spesielt utsatt for påvirkning.

I vårt arbeid er vi ute etter en beregningsmetode som er mest mulig representativ for større områder langs fjorden da vi ikke i noe tilfelle har et så rikt materiale at vi kan gå i detaljer. Vi har likevel funnet det riktig å skille mellom rette strekninger langs fjorden og utstikkende nes.

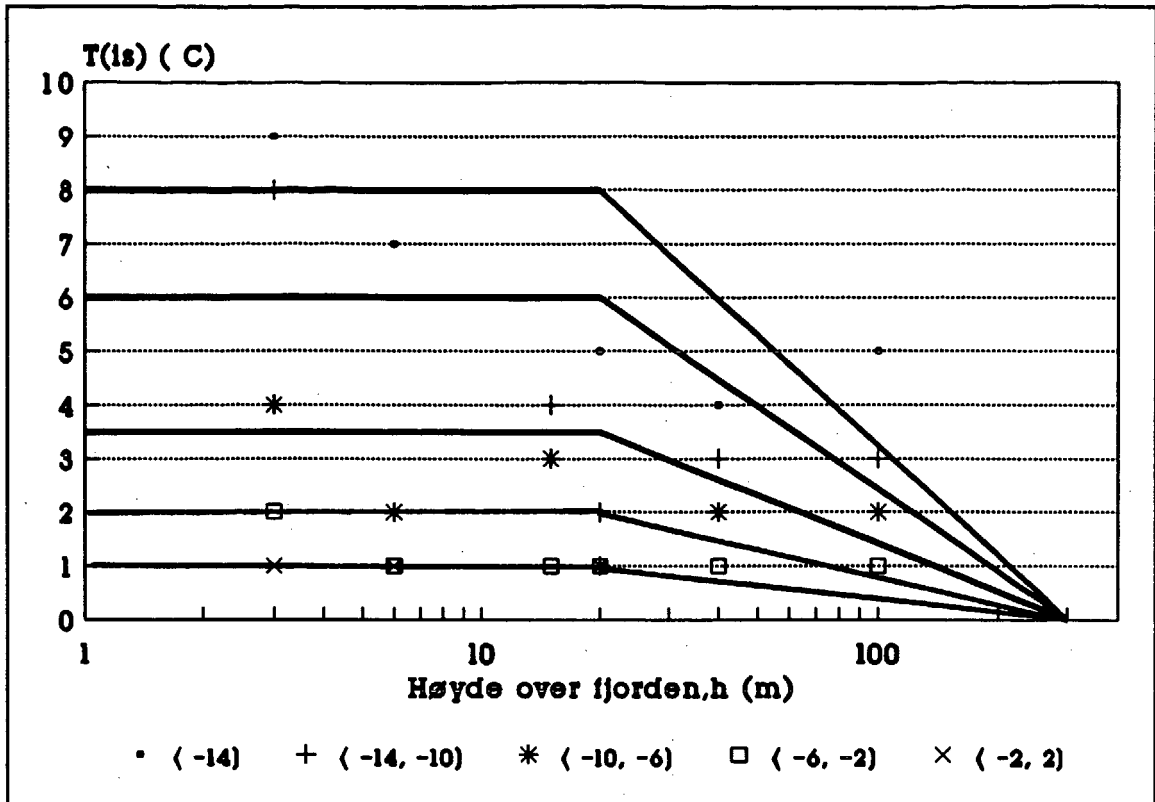
På figurene 7.1 og 7.2 er gjennomsnitts-effekten av isen for de enkelte temperaturintervallene plottet inn som punkter på diagrammene.



Figur 7.1 Virkning av is på Lustrafjorden som funksjon av høyden over fjorden basert på observasjoner fra Lavold, Høyheimsvik og Skildheim.

På dalside-stasjonene i de nederste 20 meter synes det ikke å være noen avtakende effekt av isen med høyden. Deretter ser effekten ut til å avta, først sterkt deretter mere langsomt. Det ser ikke ut til å være noen merkbar effekt over 300 meters høyde. Når vi nå skal estimere en representativ effekt av isen, har vi derfor satt den konstant i intervallet fra 0 til 20 m. Deretter har vi latt effekten avta som en logaritmisk funksjon av høyden til effekten er 0 i 300 meter. Dette er markert med fem heltrukne kurver på figur 7.1, en kurve for hvert temperaturintervall. For lokaliteter på nes som er godt eksponert for innflytelse av fjordisen, har vi gjort på tilsvarende måte, figur 7.2.

De grafiske framstillingene på figurene 7.1 og 7.2 lar seg representere ved ligning 8.



Figur 7.2 Virkning av is på Lustrafjorden ( $^{\circ}\text{C}$ ) som funksjon av høyden over fjorden basert på observasjoner fra Nes og Ornes.

$$T(is) = K \quad h < h_1$$

$$(8) \quad T(is) = K \frac{\log h_2 - \log h}{\log h_2 - \log h_1} \quad h_1 \leq h \leq h_2$$

$$T(is) = 0 \quad h > h_2$$

Størrelsen  $K$  i ligning 8 er effekten av isen i det laveste nivået over fjorden og vil dermed være en funksjon av terrenget og av temperaturen på Fortun. Verdiene for  $K$  kan leses ut av figurene 7.1 og 7.2 eller fra tabell 7.1. Konstantene i ligning 8,  $h_1$  og  $h_2$ , er henholdsvis 20 og 300 meter.

Tabell 7.1 Verdiene av  $K$  i ligning 8 (dvs.  $T(is)$  nede ved fjorden) som funksjon av temperaturintervall og terreng.

temperatur-intervall	rett strekning.	nes
$-2 < T \leq 2$	0,5	1,0
$-6 < T \leq -2$	1,0	2,0
$-10 < T \leq -6$	2,0	3,5
$-14 < T \leq -10$	3,5	6,0
$T \leq -14$	6,0	8,0

Temperaturforholdene ved isfri fjord. Temperaturdifferensene for isfri fjord mellom Fortun og forskjellige lokaliteter ved fjorden er gitt i tabell 6.1. Det er liten skilnad mellom de forskjellige månedene. Vi slår dem derfor sammen og får dermed representative differenser gjeldende for hele vinteren. Videre er det ingen statistisk sikker skilnad i resultatene for Høyheimsvik (funnet av Hammer) og badeplassen og vi slår derfor også sammen resultatene for disse to stasjonene som begge ligger ved Lustrafjorden. De verdiene som er brukt i dataprogrammet er gitt i tabell 7.2 (rette strekninger).

For steder som er spesielt godt eksponert mot fjorden (Nes eller Ornes), vil vi til beregningsformål velge temperaturdifferensen mellom Fortun og Ornes gitt i tabell 6.1. For Ornes har vi ikke data fra tidligere undersøkelser å sammenligne med. En viss kontroll får en likevel ved å sette inn i ligning 7 verdiene for  $T(is)_0$  og  $a_0$ . Temperaturen ved Ornes under islagt fjord,  $A_0$ , kan da beregnes. Disse beregningene gir meget realistiske resultater. De verdiene som er brukt i data-programmet er gitt i tabell 7.2, (nes).

Tabell 7.2 Midlere temperaturdifferenser mellom Fortun og steder nær Lustrafjorden og mellom Fortun og Ornes for isfri fjord.

temp. intervall Fortun	rette strek.	nes
$-2 < T \leq 2$	-1,2	-1,8
$-6 < T \leq -2$	-2,1	-3,1
$-10 < T \leq -6$	-3,9	-4,5
$-14 < T \leq -10$	-5,0	-6,5
$T \leq -14$	-6,5	-8,0

Ligninger for beregning. Med grunnlag i de data som vi til nå disponerer, er det mulig å estimere temperaturen ved Lustrafjorden både når den er islagt og når den er isfri. Av ligning 6 følger at temperaturen,  $T_H$ , på stedet H for islagt fjord (med bruk av Fortun som referansestasjon) kan skrives:

$$(9) \quad T_H = T_F - A_H$$

Ved bruk av ligning 7 har vi videre:

$$(10) \quad T_H = T_F - a_H - T(is)_H$$

Vi ser straks at ligning 10 også gjelder for isfri fjord i det vi får ligning 5 ved å sette  $T(is)_H = 0$ .

Vi skal nå se at vi kjenner alle tre leddene i ligning 10.

$T_F$             Temperaturen på Fortun er gitt ved observasjoner tilgjengelige på magnetisk medium siden 1957.

$a_H$             Temperaturdifferensen mellom Fortun og steder ved Lustrafjorden (eller Ornes) er gitt i tabell 7.2 og gjelder for det laveste nivået ved fjorden. I kapittel 6.2 fant vi at temperaturgradienten med høyden for isfri fjord var  $-0,5^\circ\text{C}$  pr 100 m, se tabell 6.2. Temperaturdifferensen som funksjon av høyden er dermed kjent.

$T(is)_H$         Den temperaturnedsettende virkning av isen er gitt ved ligning 8. Ved valg av passende verdier for K finnes leddet for forskjellige steder ved fjorden og forskjellige temperaturintervall.

Vi skriver nå ligning (10) som en funksjon av høyden (h) og sløyfer for enkelthets skyld indeksen H for sted:

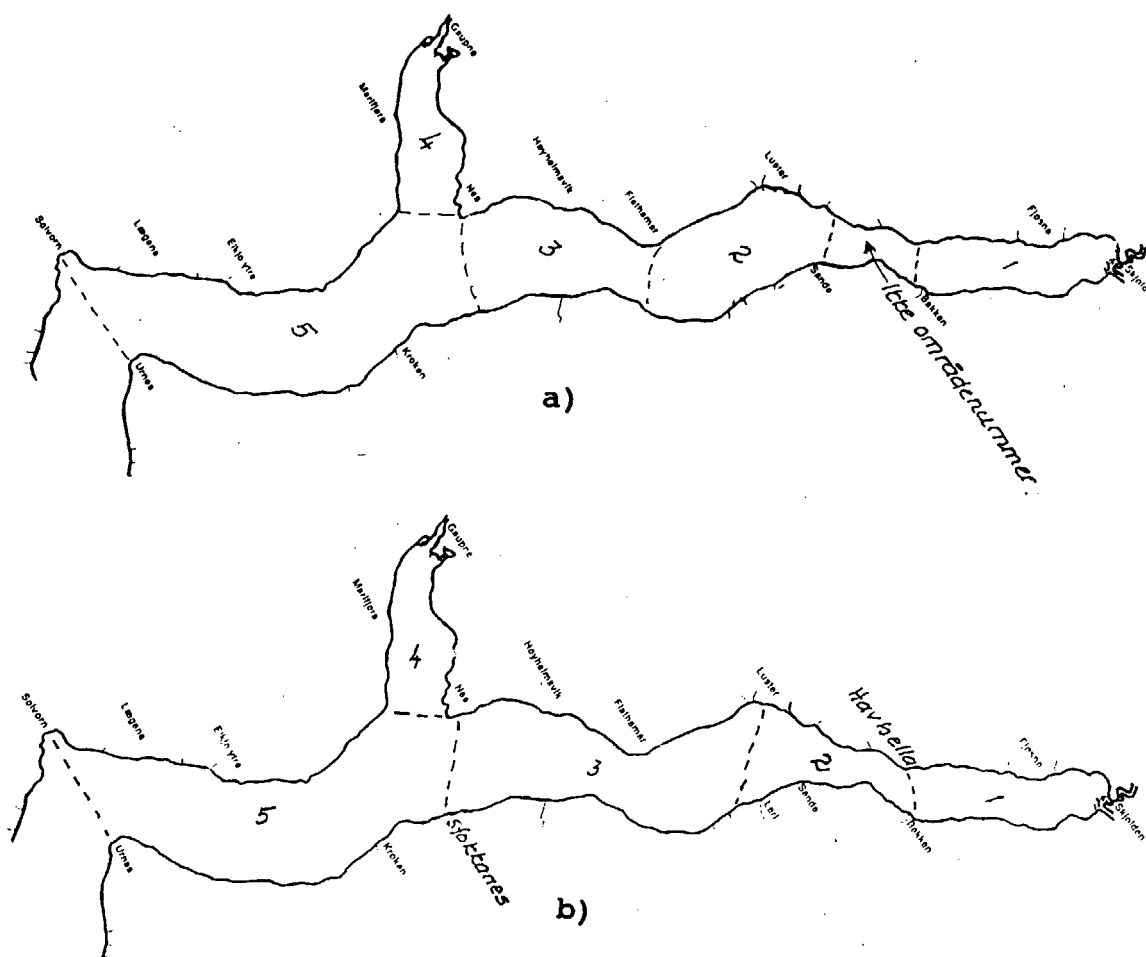
$$(11) \quad T(h) = T_F - a_0 - 0,005 \cdot h - T(is)$$

der  $a_0$  tilsvare  $a_H$  i laveste nivå. De to siste leddene i ligningen er høydeavhengige. Ved å sette  $T(is) = 0$ , finnes temperaturen for isfri fjord.

De aktuelle temperatur-parametrer i forskjellige høyder langs Lustrafjorden kan på denne måten beregnes dersom isforholdene er kjent. Isforholdene på Lustrafjorden er gitt av de issakkyndige i deres rapport. De har for dette formålet også klassifisert isdata i kodeform (digitalisert) velegnet til maskinell behandling, appendiks 1. Lustrafjorden er her inndelt i soner som på grunn av en misforståelse ikke ble helt identiske gjennom hele perioden. Samsvaret er imidlertid så bra at vi ikke finner det nødvendig med noen omkodning av materialet. De forskjellige områdene der isdekket er klassifisert, er vist på figur 7.3.

For hver dag er isdekkert angitt i en skala fra 0 - 4.

0: Isfritt
1: 25% av området er isdekket.
2: 50% er isdekket.
3: 75% er isdekket
4: Hele området er islagt.



Figur 7.2 Kartskisse som viser soneinndelingen av fjorden brukt ved digitalisering av isdata. Skisse a) viser den inndeling som ble brukt fra 1956/57 til 1965/66 og skisse b) fra 1970/71 til 1990/91. For vintrene 1966/67 til 1969/70 finnes ingen sikre opplysninger om isdekket på fjorden.

Virkingen på lufttemperaturen i strandsonen når fjorden er delvis islagt, er ikke kjent i detalj. Det synes åpenbart at virkingen av isen på lufttemperaturen avtar når isdekket avtar. Studier i Polhavet (Andreas et al., 1979) viser at varmetapet til atmosfæren fra åpne råker om vinteren er meget stort, men varmen blir innblandet et tykt lag av atmosfæren slik at temperaturøkningen blir beskjeden. Videre viser

studier av utvekslingen av varme mellom snøfrie områder (overflatetemperatur 20 - 30°C) og snødekte områder (temp. 0°C) om våren er liten (Gjessing, 1991). Vi antar at det beste estimat for effekten av delvis isdekke er:

- 75% isdekke: Effekten av isen er 75% av effekten av helt isdekke  
 50% isdekke: Effekten av isen er 50% av effekten av helt isdekke  
 25% isdekke: Isen har tilnærmet ingen effekt på lufttemp.

Ligning 11 kan dermed skrives:

$$(12) \quad T(h) = T_F - a_0 - 0,005 \cdot h - T(is) \cdot d/4$$

der  $d$  er isdekket i kodeform. (Dersom  $d = 1$  settes  $d = 0$  i ligningen).

Temperaturen ved fjorden vil i det følgende bli beregnet etter ligning 12.

Eksempel: Vi vil beregne temperaturen ved Lustrafjorden på rette strekninger 100 m over fjorden når fjorden er 3/4 islagt og temperaturen på Fortun er -8,0°C. Fra tabell 7.2 finner vi at  $a_0 = -3,9^\circ\text{C}$ , fra tabell 7.1 at  $K = 2,0^\circ\text{C}$  som vi setter inn i ligning 8 og finner  $T(is)$ , for  $d$  må vi bruke verdien 3. De enkelte ledd i ligning 12 blir da:

$$T(100) = -8,0 + 3,9 - 0,5 - 0,6 = -5,2, \text{ dvs. } ^\circ\text{C}.$$

Om fjorden hadde vært isfri,  $d=0$ , ville  $T(100) = -4,6^\circ\text{C}$  og om fjorden hadde vært helt islagt ville  $T(100) = -5,4^\circ\text{C}$ .

## 7.2 Metode for beregning av temperaturforhold langs Gaupnefjorden for vintrer med og uten is.

For Gaupnefjorden blir beregningene sikrere siden vi har observasjoner fra fjorden i de fleste av de aktuelle vintrene som er definert i vårt mandat.

For Gaupne kommunesentrum trengs heller ingen beregninger siden vi har vist (kapittel 6.3) at isen på fjorden ikke påvirker klimaet i bygda. Etter vår vurdering vil påvirkningen fra fjorden også være svak i grenda Marifjøra siden stedet er påvirket av utfallsvinden fra Marheimsgjelet liksom Gaupne er påvirket av tilsvarende vind fra Jostedalen.

Lenger utover Gaupnefjorden på nordøst-siden ligger stasjonen 5550 Marifjøra - Garden godt plassert i den høyden over fjorden folk bor, 25 m o.h. Vi finner det derfor ikke nødvendig å beregne virkningen av isen i andre høyder enn denne.

For videre beregninger trenger vi midlere temperatur-differens mellom Fortun og Garden og virkningen av fjordisen. Disse parametrene finnes i tabell 6.7. Vi antar at en redusert usikkerhet i beregningene av  $T(is)$ , ville gitt en jevnere økning av denne størrelsen med fallende temperatur. I tabell 7.3, som viser de adopterte verdier for beregnings-formål, har vi tatt hensyn til dette.

Temperaturdifferensene mellom Fortun og Garden for isfri fjord er nær de samme som vi fant for Lustrafjorden, mens virkningen av isen er betydelig mindre i Gaupnefjorden enn i Lustrafjorden.

Tabell 7.3 Midlere temperaturdifferenser ( C) mellom Fortun og Garden ved isfri fjord,  $a_M$ , og virkningen av isen,  $T(is)_M$ .

Temp. intervall etter Fortun	$a_M$	$T(is)_M$
$2 < T$	-0,7	0,0
$-2 < T \leq 2$	-1,0	0,5
$-6 < T \leq -2$	-1,9	1,0
$-10 < T \leq -6$	-3,3	1,5
$-14 < T \leq -10$	-4,3	2,0
$T \leq -14$	-6,1	2,5

Før stasjonen Garden kom i drift, vil vi bruke samme metode som tidligere i det temperaturen med og uten regulering kan finnes av ligning 12 ved å innføre  $a_M$  og  $T(is)_M$  fra tabell 7.3 ( $a_M$  erstatter leddene  $a_0$  og  $0,005 \cdot h$ ). Isdekket,  $d$ , for Gaupnefjorden er kjent fra observasjoner under regulerte forhold. Under uregulerte forhold er det estimert av de issakkyndige, appendiks 1.

Etter at Garden kom i drift, kan temperaturen med regulering,  $T_r$ , fås direkte av observasjonene. Temperaturen uten regulering,  $T_u$ , kan finnes ved å regne om til isfri fjord ved bruk av isdekket under regulerte forhold,  $d_r$ . Omregningen til uregulerte forhold skjer deretter ved bruk av det estimerte isdekket,  $d_u$ , ligning 13.

$$(13) \quad T_u = T_r + T(is) \cdot (d_r - d_u) / 4$$

### 7.3 Metode for beregning av vekstsum og graddager.

Vekstsummer, graddags- og frostfrekvensberegningene som de fruktsakkyndige ønsker av oss, vil omfatte også måneden mai og til dels også juni. Ligning 12 representerer ikke forholdene i fjorden godt nok i mai og juni. Vi vil derfor på grunnlag av resultatene i kapittel 6.4 heller gi nye ligninger som er tilpasset forholdene om våren.

Fra tabell 6.4 finner vi at Ornes, Garden og badeplassen er om lag 1°C varmere enn Fortun uavhengig av temperaturintervall. På Skildheim er det like varmt som på de lavereliggende stasjonene i varmt vær, men i kaldt vær er temperaturen om lag som på Fortun. Tidligere resultater av målinger på Lavold tyder på at temperaturen ikke synker med høyden i første 70 m over fjorden. Vi innfører derfor ingen gradient i våre beregninger de første 70 m over fjorden for så å la temperaturen falle 1°C pr 100 m. Dette gjelder når temperaturen på Fortun er 6°C (midtpunktet av det laveste temperaturintervallet i tabell 6.4). Denne gradienten reduseres i tallverdi til den når 0 når temperaturen på Fortun er 18°C, (midtpunktet av det høyeste intervallet i tabell 6.4), ligning 14.

$$T(h) = T_F + 1 \quad h \leq 70$$

(14)

$$T(h) = T_F + 1 - \frac{18 - T_F}{1200} (h - 70) \quad h > 70$$

De fruktsakkyndige ønsker å få klarlagt tilfeller av frost etter at visse graddags-grenser er nådd. Grensene blir ofte nådd i månedene mai og juni. Ligning 14 bygger på relasjoner mellom middeltemperaturer og som vist i kapittel 6.4 gir de heller dårlige estimer for tilfeller av frost i disse måneder. Til beregningen av minimumstemperatur,  $T_n$ , for steder ved fjorden, vil vi heller bruke en konstant korreksjon av temperaturen på Fortun, ligning 14 a, b og c.

$$(14a) \quad T_n = T_F + 4 \quad \text{For Ornes}$$

$$(14b) \quad T_n = T_F + 3 \quad \text{For Garden}$$

$$(14c) \quad T_n = T_F + 2 \quad \text{For Lustrafjorden}$$

Disse ligningene bygger på tabell 6.6. Fordi det i tabellen ikke er konstatert noen signifikant temperaturdifferens mellom Skildheim og badeplassen, er ligningene uavhengige av høyden over fjorden. Minimumstemperaturen synes å øke utover fjorden.

#### 7.4 Vurdering av usikkerheten ved beregning av lufttemperaturer langs Lustrafjorden.

Det er kjent og dokumentert av klimaet og særlig temperaturklimaet kan vise store variasjoner innenfor et lite område - særlig i perioder med lite skyer og svake vinder. Det er under slike værforhold at også ekstremtemperaturer ofte opptrer. Videre er det kjent at lokale kaldluftsstrømmer fra høyereliggende områder, særlig i vinterhalvåret, kan ha stor innflytelse på temperaturklimaet. Slike kaldluftsstrømmer har en tendens til å følge sidedaler i terrenget.

Langs Lustrafjorden kan vi i så måte nevne Dalsdalen, Mørkrisdalen og Fortundalen. Det fins også mindre daler eller dalsøkk slik som Feigedalen og Krokadalen som kan være aktuelle transportkanaler for kaldluft. Ofte vil slike lokale kaldluftsstrømmer føre til frostskafer tilnærmet uavhengig av isforholdene på fjorden slik tilfellet er på Gaupne, tabell 6.8. Ved valg av lokaliteter for de temperatur-registreringer som ligger til grunn for f. eks. tabell 5.4, ble det lagt spesielt vekt på at temperatur-registreringene i et punkt skulle være representative for et størst mulig område.

For å finne estimater for temperaturen ved Lustrafjorden, har vi basert våre beregninger på temperaturdifferensen mellom Fortun og flere stasjoner ved fjorden ved hjelp av det nåværende spesialnettet eller det tidligere nettet. Disse temperaturdifferensene varierer betydelig særlig når fjorden er islagt. Ved så lave temperaturer som  $-10^{\circ}\text{C}$  er standardavviket mellom Fortun og Høyheimsvik hele  $3^{\circ}\text{C}$  (Hammer, 1986). Når fjorden er isfri, slik tilfelle er for de nyere undersøkelsene, er standardavviket (s i ligning 15), om lag  $1^{\circ}\text{C}$  både om vinteren og utover våren i mai og juni.

De fruktsakkyndige ønsker graddagssummer for fjorden. Ved å anta et standardavvik i middeldifferensen mellom Fortun og stasjonene ved Lustrafjorden på  $1^{\circ}\text{C}$ , vil usikkerheten i graddagssummen være avhengig av hvor mange summerasjoner den består av. For å få en graddagssum,  $G$ , må vi gjøre  $n$  summeringer. Den absolutte usikkerheten i  $G$  vil da være gitt ved ligning 15.

$$(15) \quad s_G = s \sqrt{n}$$

Eksempel. For å få en graddagssum på 100 ( $G = 100$ ) trengs det 25 summeringer ( $n = 25$ ) og med en usikkerhet i differensene på  $1^{\circ}\text{C}$ , gir det  $s_G = 5$  gr.d. Den relative usikkerheten blir da 5 %. Ved større graddagssummer øker antall summeringer og dermed den absolutte usikkerheten, men det kan da vises at den relative usikkerheten minker.

Ved valg av metoder har vi lagt til grunn undersøkelsene av temperaturforholdene langs Lustrafjorden gitt i kapitlene 5 og 6. Disse undersøkelsene gjelder i prinsippet bare spesielle punkter der det er eller har vært meteorologiske stasjoner. Vi har derfor diskutert representativiteten til punktmålingene.

Det har ført til at vi om vinteren har skilt mellom utstikkende nes (Nes, Ornes) og mere rette strekninger og dessuten tatt hensyn til høyden over fjorden. I tillegg har vi til en viss grad også tatt hensyn til årstiden ved at vi har skilt ut månedene mai og juni. Derimot fant vi at det om vinteren ikke var nødvendig å skille mellom ulike observasjonstider og heller ikke mellom maksimums- og minimumstemperatur.

Vi har lagt vekt på å finne ligninger eller relasjoner som er mest mulig representative for fjorden og vi mener at dette er oppnådd. Men ligningene vil etter alt å dømme ikke være brukbare i sidedaler til fjorden. Der er også klimaet lite påvirket av fjorden og dermed også av reguleringene. Ligningene er utviklet for å representere frukthagene best mulig slik at høydekorreksjonene er tilpasset de nederste 200 m. Ved høyder over dette vil flere av ligningene gi meget usikre og i noen tilfeller også urealistiske resultater.

## 8 TEMPERATUR-KLIMAET LANGS LUSTRA- OG GAUPNEFJORDEN FOR SPESIELLE VINTRER MED OG UTEN REGULERING.

### 8.1 Innledning.

Basert på de formler som ble definert i kapitel 7.1 kan daglige verdier av lufttemperatur i ulike høyder og områder langs Lustra- og Gaupnefjorden beregnes når isforholdene er kjent. Det ville imidlertid være vanskelig å trekke konklusjoner fra en opplisting av daglige verdier og etter samråd med de fruktsakkyndige, forskningsleder Per Husabø og professor A.O. Skjelvåg (appendiks 4), vil vi heller gi et konsentrat av materialet ved hjelp av temperaturfordelinger.

De fruktsakkyndige ønsker at disse fordelingene skal splittes opp etter snødekket på bakken. Dette kan lett gjøres ved Fortun der snødekket er kjent alle vintrene, mens områdene nær fjorden mangler observasjoner av snødekke. Vi kan derfor ikke gi eksakte tall for snødekket ved fjorden og har derfor valgt å bruke observasjonene på Fortun. Områdene ved fjorden kan være snøbare selv om det er snø på Fortun.

Vi oppfyller videre de fruktsakkyndiges ønske om vekstsummer og graddager basert på døgnmidler av temperatur. Derimot har vi funnet at usikkerheten i våre beregninger er for stor til at det anses fruktbart å splitte opp døgnmidlene til timesmidler.

Tross denne begrensning fant vi at datatilfanget ble meget omfattende og vi er noe tilbakeholdne med å gi data for ulike høyder over fjorden for noen av områdene for ikke å sprengte en naturlig ramme for denne rapporten. Dersom de fruktsakkyndige skulle ønske det, kan vi gi beregninger for bestemte områder ved å gjennomføre ekstra kjøring av vårt dataprogram. Vi vil gjøre oppmerksom på at ulikheter mellom de enkelte områder ofte vil være mindre enn den usikkerhet som knytter seg til beregningene.

Da det er isen som er årsaken til de endringer i temperaturen som vi skal beskrive, har vi for å lette lesningen også tatt med utdrag fra de issakkyndiges rapport. Noen ganger kan våre opplysninger være noe mer detaljerte enn det som står i grunnlagsrapporten. Årsaken er at vi i tillegg til rapporten også har tilgang til de digitaliserte isdata fra de enkelte områder. Vi vil presisere at denne digitaliseringen er gjort av de issakkyndige, appendiks 1.

I dette kapitlet vil vi vurdere de vintrene som er nevnt i mandatet og i tillegg vinteren 1979/80 som det er naturlig å ta med i denne sammenhengen. For å kunne sammenligne disse vintrene med et større materiale, viser vi til **appendiks 2** der vi gir temperaturparametere for alle vintrene fra og med 1970/71 til og med 1988/89.

Når vi gir resultater fra de ulike områdene, nummerert fra 1 til 5, mener vi lokaliteter som er eksponert mot fjorden. Utstikkende nes er i regelen mer påvirket enn rette strekninger og lavereliggende steder mere påvirket enn steder høyere oppe. Vi har i våre beregninger tatt hensyn til dette.

Vi har basert våre formler på middeldifferenser mellom Fortun og stasjoner ved fjorden med en usikkerheten i middelet på noen få tidels grader. Ved de enkelte differenser er usikkerheten vanligvis om lag 1°C som har en tendens til å øke noe når temperaturen kommer nær lave ekstremer der usikkerheten er nærmere 2°C. Eventuelle kommentarer som baserer seg på endringer på en eller to tilfeller over eller under en bestemt temperaturgrense i a-tabellene er derfor helt urealistiske. Vi tror likevel at våre temperaturfordelinger gir en pålitelig informasjon om temperaturforholdene langs fjorden.

Når det gjelder område 4, Gaupnefjorden, har vi sett at tettstedet Gaupne ikke er påvirket av fjorden og vi antar også at Marifjøra er meget lite påvirket. Dermed har vi ekskludert fra dette området de to tettstedene der det meste av folket bor.

Data for område 4 er basert på stasjonen 5550 Marifjøra - Garden. Vi er klar over at navnet på denne stasjonen kan virke forvirrende fordi stasjonen ikke ligger i Marifjøra tettsted og er heller ikke representativ for dette stedet. Resultatene for område 4 er derimot representative for gardene nær stasjonen, dvs. den grenda som ligger på vestsiden av fjorden utenfor Marifjøra, se kartet figur 4.1.

De beregnede vekstsummene er omtrent de samme med og uten regulering til tross for at reguleringen er ansvarlig for isdekket på fjorden i lange perioden i mars og april. De aktuelle vekstsummer og graddager teller bare døgnmiddel over 3,3°C, respektive 0°C og i dette temperaturområdet betyr is på fjorden lite siden vannoverflaten i alle tilfeller ville vært nesten like kald som isen. Vi fant ingen sikker skilnad i vekstsummene for regulerte og uregulerte forhold og skiller derfor ikke mellom dem i tabellene b-e.

## 8.2 Forklaring til tabellene.

Resultatene finnes i tabeller som for hver vinter er likt utformet.

Tabeller som er merket a:

Tabellene er tredelte og omfatter direkte observasjoner på 5516 Fortun, beregnede verdier for de fem ulike områdene ved fjorden (for område 4 også observerte verdier på stasjonen 5550 Marifjøra - Garden) både for det nåværende lokalklima med regulering og for det lokalklimaet en ville ha hatt uten

regulering. De uregulerte forhold tjener som sammenligningsgrunnlag for det nåværende klima.

I tabellen er det brukt disse forkortelsene:

**Sd** Snødybde.

**R** Steder ved fjorden som er normalt eksponert for påvirkning fra isfri fjord, i teksten er dette ofte nevnt som rette strekninger langs fjorden.

**N** Steder ved fjorden som er spesielt godt eksponert for påvirkning fra isfri fjord. Slike steder er Nes og Ornes.

**Ta** Laveste temperatur om vinteren (absolutt minimum).

**1-5** Områdene langs fjorden er nummerert 1-5 etter figur 7.1a.

Tabellene inneholder:

1. Laveste temperatur om vinteren. For referansestasjonen er det skilt mellom to tilfeller, snødekke  $\geq 5$  cm og snødekke  $< 5$  cm.
2. Antall tilfeller av døgnminimumstemperatur under grensene  $-25$ ,  $-20$ ,  $-15$ ,  $-10$  og  $-5^{\circ}\text{C}$ . For referansestasjonen er det skilt mellom to tilfeller, snødekke  $\geq 5$  cm og snødekke  $< 5$  cm.

Tabellene som er merket **b-e**.

**Vekstsum** er regnet i graddager med basis  $3,3^{\circ}\text{C}$  med to ulike starttidspunkt, 1. mars og 1. april. De fruktsakkyndige var interessert i fordeling av minimumstemperatur under  $0^{\circ}\text{C}$  etter passasje av 60, 100 og 170 graddager. Det viser seg at frost etter passasje av disse grensene inntreffer så sjeldent at en med fordel kan skrive ut alle tilfeller med tilhørende vekstsum. Videre gir vi dato for passasje av de nevnte grenser.

**Graddager.** Beregningene har basis  $0^{\circ}\text{C}$  og vi gir beregnet dato for 50, 100, 200 og 400 graddager. Starttidspunkt er her 1. mars.

Ved lesing av dette kapitlet, er det en fordel å slå opp i figurbilaget til de issakkyndiges rapport fra side C49 og utover. Vår framstilling av døgnmiddeltemperatur og døgnlig nedbørssum for 5516 Fortun er der vist.

### 8.3 Vinteren 1978/79.

Som det vil framgå av kapittel 9, var denne vinteren meget kald i hele Sør-Norge og det ble flere steder satt kulde-rekorder. Isen begynte å legge seg på Lustrafjorden 26. november og 30. november var fjorden islagt ut til Nes - bortsett fra et lite isfritt område innenfor Fjøsne. Den 3. desember var det is i Gaupnefjorden langs stranden ut mot Marifjøra og 4. desember var det isdannelse ut til Råumsberget. Hele Gaupnefjorden var islagt 6. desember bortsett fra en råk ved elveutløpet i Gaupne.

Det var sammenhengende, stabil is ut til indre Eikjo fram til begynnelsen av april da isen begynte å løse seg opp utenfor Marifjøra og Kroken og i indre deler av Gaupnefjorden og Lustrafjorden. Den 17. april ble det rapportert om sammenhengende isdekke ut til Nes bortsett fra en del isfrie områder langs stranden på strekningen Skjolden - Nes. Den 30. april var den siste drivisen borte.

Reguleringen av Fortun-Grandfaste og Leirdøla påvirket i stor grad isleggingen av område 3, Dale - Nes, som uten regulering ville blitt helt islagt først 8. januar. All is i fjorden ville antagelig ha blitt brutt opp og forsvunnet som følge av sterk vind i løpet av dagene 2.-5. mars.

I områdene 1 og 2, Skjolden - Dale, var det bare om våren at reguleringen endret isdekket og da var temperaturene ikke så lave at de påvirket ekstrem-statistikken i tabell 8.1a. De to områdene, ville derfor hatt omtrent samme temperaturfordeling også uten regulering.

Område 3 derimot ville bare vært 50 % islagt i kuldeperioden rundt nyttår slik at kulden ved fjorden kunne blitt dempet noe i forhold til Fortun der temperaturen var helt nede i  $-26,4^{\circ}\text{C}$ . Trolig ville den laveste temperaturen for vinteren uten regulering vært om lag  $3^{\circ}\text{C}$  høyere.

Reguleringen har hatt en viss innvirkning også på de laveste temperaturene i område 4, Gaupnefjorden. (Vi minner om at resultatene ikke er representative for Gaupne og Marifjøra tettsteder der vi antar at reguleringen ikke har noen innvirkning).

Den mest markerte virkningen på lufttemperaturen har reguleringen hatt ved Ornes (om isdekket er riktig estimert) der det ved uregulerte forhold ikke ville vært temperaturer under  $-20^{\circ}\text{C}$  og trolig bare 2 tilfeller under  $-15^{\circ}\text{C}$ .

I tidsrommet 8. til 11. mai var det en perioden med frost ved fjorden, tabell b og c, men i denne perioden var det heller ikke is på fjorden under regulerte forhold og reguleringen har derfor ikke hatt noen innvirkning på de lave temperaturene.

Tabell 8.1a Vinteren 1978/79. Opptelling av tilfeller av døgminimumstemperatur under faste temperaturgrenser (°C).

Referanse 5516 Fortun

Minimumstemp. ved snødybde:	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
Sd ≥ 5 cm	-26,3	1	8	31	56	78
Sd < 5 cm		0	0	2	14	15
Alle obs.	-26,3	1	8	33	70	93

Regulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-26	1	6	27	57	85
10	R 2	-26	1	7	29	59	85
10	R 3	-26	1	7	29	59	85
50	R 3	-24	0	5	21	53	83
100	R 3	-23	0	2	11	48	83
10	N 3	-26	2	9	34	67	86
100	N 3	-20	0	2	9	43	83
25	4	-22	0	2	11	47	86
10	N 5	-24	0	6	30	53	80

Uregulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-26	1	7	29	59	84
10	R 2	-26	1	7	29	57	84
10	R 3	-23	0	4	25	53	84
50	R 3	-22	0	4	19	46	82
100	R 3	-22	0	2	11	40	82
10	N 3	-22	0	5	28	54	81
100	N 3	-20	0	1	8	35	80
25	4	-20	0	1	6	27	79
10	N 5	-18	0	0	2	18	61

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.1b. Vekstsum og graddager for våren 1979.  
Område 2, Havhella lykt - Dale, høyde 10 m, steder med normal eksponering mot fjorden.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
8.mai	-1.2	99	8.mai	-1.2	81
9.mai	-0.8	100	9.mai	-0.8	82
10.mai	-0.6	101	10.mai	-0.6	83
11.mai	-0.3	104	11.mai	-0.3	85

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
24.april	9.mai	23.mai	28.april	14.mai	26.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	27.mars	6.april	25.april	23.mai

Tabell 8.1c. Vekstsum og graddager for våren 1979.  
Område 3, Dale - Nes, høyde 100 m, steder med normal eksponering mot fjorden (rette strekninger).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
8.mai	-1.2	82	8.mai	-1.2	67
9.mai	-0.8	82	9.mai	-0.8	68
10.mai	-0.6	83	10.mai	-0.6	68
11.mai	-0.3	85	11.mai	-0.3	71

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
27.april	14.mai	26.mai	4.mai	17.mai	28.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	28.mars	8.april	28.april	26.mai

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.1d. Vekstsum og graddager for våren 1979.  
Område 4, Gaupnefjorden, høyde 25 m.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
8.mai	-0.2	84	8.mai	-0.2	70

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
27.april	14.mai	25.mai	4.mai	16.mai	27.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	28.mars	8.april	27.april	25.mai

Tabell 8.1e. Vekstsum og graddager for våren 1979.  
Område 5, Nes - Solvorn, høyde 10 m, steder med ekstra god eksponering mot fjorden (utstikkende nes).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
20.april	28.april	19.mai	25.april	11.mai	23.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	25.mars	3.april	22.april	20.mai

#### 8.4 Vinteren 1979-80.

Etter et par kortvarige islegginger i oktober og november tok isen til å legge seg på nytt ca 10. desember, og 29. desember var det sammenhengende is ut til Nes og bare sprett is utenfor. Med unntak av den vanlige råken ved Skjolden, forble fjorden helt islagt ut til Nes fram til den 5. april og 29. april var fjorden fullstendig isfri.

For Gaupnefjorden ble det rapportert om tynne islag på fjorden om natten som forsvant i løpet av dagen i tidsrommet fra ca. 20. mars til 20. april. Ut over dette var det ikke is av betydning på Gaupnefjorden denne vinteren. Uten regulering ville muligens det meste av Lustrafjorden ha blitt islagt på samme tidspunkt også under uregulerte forhold, men den ville ikke blitt så tykk, ville ikke nådd så langt ut som til Nes og ville trolig gått opp omkring 20. april.

Tabell 8.2a viser at endringen av isleggingen i område 3 også har endret temperaturfordelingen for dette området. Denne vinteren kan det ha vært opp til 4 tilfeller av temperaturer lavere enn  $-20^{\circ}\text{C}$ , mens temperaturen hele tida ville ha ligget over denne grensen uten regulering. Vi ser videre at tilfeller av temperaturer lavere enn  $-15^{\circ}\text{C}$  også ville blitt sterkt redusert.

I områdene 4 og 5, Gaupnefjorden og Ornes, ville ikke de laveste temperaturene blitt påvirket av reguleringen.

Det finnes ikke frost denne våren etter at vekstsummen har nådd 60 graddager.

Tabell 8.2a Vinteren 1979/80. Opptelling av tilfeller av døgnminimumstemperatur under faste temperaturgrenser (°C).

Referanse 5516 Fortun

Minimumstemp. ved snødybde:	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
Sd ≥ 5 cm	-21,3	0	3	16	45	90
Sd < 5 cm		0	0	0	0	5
Alle obs.	-21,3	0	3	16	45	95

Regulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-21	0	3	13	33	71
10	R 2	-21	0	3	14	35	75
10	R 3	-21	0	2	13	34	73
50	R 3	-19	0	0	10	30	60
100	R 3	-18	0	0	6	27	67
10	N 3	-21	0	4	14	39	81
100	N 3	-17	0	0	5	19	64
25	4	-14	0	0	0	12	59
10	N 5	-13	0	0	0	7	43

Uregulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-21	0	3	14	35	75
10	R 2	-21	0	3	14	35	75
10	R 3	-18	0	0	10	31	66
50	R 3	-17	0	0	5	27	66
100	R 3	-17	0	0	4	21	66
10	N 3	-17	0	0	9	29	69
100	N 3	-14	0	0	2	13	61
25	4	-14	0	0	0	12	58
10	N 5	-13	0	0	0	7	38

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.2b. Vekstsum og graddager for våren 1980.  
Område 2, Havhella lykt - Dale, høyde 10 m, steder med normal eksponering mot fjorden.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
29.april	5.mai	16.mai	29.april	5.mai	16.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	12.april	22.april	3.mai	22.mai

Tabell 8.2c. Vekstsum og graddager for våren 1980.  
Område 3, Dale - Nes, høyde 100 m, steder med normal eksponering mot fjorden (rette strekninger).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
30.april	7.mai	18.mai	30.april	7.mai	18.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	13.april	23.april	5.mai	24.mai

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.2d. Vekstsum og graddager for våren 1980.  
Område 4, Gaupnefjorden, høyde 25 m.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
30.april	6.mai	16.mai	30.april	6.mai	16.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	11.april	21.april	3.mai	21.mai

Tabell 8.2e. Vekstsum og graddager for våren 1980.  
Område 5, Nes - Solvorn, høyde 10 m, steder med ekstra god eksponering mot fjorden (utstikkende nes).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
27.april	3.mai	15.mai	27.april	3.mai	15.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	6.april	16.april	30.april	19.mai

### 8.5 Vinteren 1980-81.

Etter en kortvarig islegging midt i oktober fulgte en ny islegging 30. oktober. Isleggingsforløpet er noe uklart fra 31. oktober til 30. november da tykk is dekket den indre delen av Lustrafjorden. Antakelig har det vært isfritt fra 1. november til ny islegging tok til 25. november, en islegging som i så fall varte til 20. april, m.a.o. nesten 5 måneder.

I Gaupnefjorden ble isleggingen noe mer oppstykket. Mest stabilt var isdekket i følge de issakkyndiges digitaliserte data i perioden 17. januar til 14. april da fjorden med få unntak var helt islagt.

I følge de issakkyndiges konklusjoner ville tidspunkt for islegging og utbredelsen av isen på Lustrafjorden vært omtrent den samme uten regulering; men fjorden ville trolig blitt isfri ca. 1 uke tidligere uten regulering. Dette ville ikke medført vesentlige endringer i de laveste temperaturene, tabell 8.3a.

Uten regulering ville ikke mere enn ca 1/4 av Gaupnefjorden vært islagt. Det er derfor i denne fjordarmen at reguleringen har hatt størst betydning denne vinteren. Fjorden ville uten regulering neppe hatt temperaturer under  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Tabell 8.3a Vinteren 1980/81. Opptelling av tilfeller av døgnminimumstemperatur under faste temperaturgrenser (°C).

Referanse 5516 Fortun

Minimumstemp. ved snødybde:	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
Sd ≥ 5 cm	-22,5	0	2	20	47	80
Sd < 5 cm		0	0	0	0	9
Alle obs.	-22,5	0	2	20	47	89

Regulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-22	0	2	17	36	64
10	R 2	-22	0	2	18	39	66
10	R 3	-22	0	2	18	39	66
50	R 3	-20	0	1	10	34	63
100	R 3	-19	0	0	7	28	62
10	N 3	-22	0	2	21	42	69
100	N 3	-18	0	0	4	23	61
25	4	-16,9	0	0	4	25	64
10	N 5	-22	0	2	21	42	69

Uregulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-22	0	2	18	39	66
10	R 2	-22	0	2	18	39	66
10	R 3	-22	0	2	18	39	66
50	R 3	-20	0	1	10	34	63
100	R 3	-19	0	0	7	28	62
10	N 3	-22	0	2	21	42	69
100	N 3	-18	0	0	4	23	61
25	4	-15	0	0	0	18	57
10	N 5	-22	0	2	21	42	69

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.3b. Vekstsum og graddager for våren 1981.  
Område 2, Havhella lykt - Dale, høyde 10 m, steder med normal eksponering mot fjorden.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
12.mai	17.mai	24.mai	12.mai	17.mai	24.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	11.april	26.april	13.mai	28.mai

Tabell 8.3c. Vekstsum og graddager for våren 1981.  
Område 3, Dale - Nes, høyde 100 m, steder med normal eksponering mot fjorden (rette strekninger).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
13.mai	18.mai	25.mai	13.mai	18.mai	25.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	12.april	2.mai	15.mai	30.mai

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.3d. Vekstsum og graddager for våren 1981.  
Område 4, Gaupnefjorden, høyde 25 m.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
12.mai	17.mai	23.mai	12.mai	17.mai	23.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	11.april	27.april	13.mai	28.mai

Tabell 8.3e. Vekstsum og graddager for våren 1980.  
Område 5, Nes - Solvorn, høyde 10 m, steder med ekstra god eksponering mot fjorden (utstikkende nes).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
12.mai	16.mai	23.mai	12.mai	16.mai	23.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	9.april	20.april	12.mai	27.mai

## 8.6 Vinteren 1984-85.

Etter et par kortvarige islegginger som startet den 17. november og den 11. desember, tok en relativt langvarig islegging til 3. januar og varte til 17. april i Lustrafjorden, dette i følge de issakkyndiges rapport.

Av de digitaliserte data, appendiks 1, som våre beregninger bygger på, kan vi se at isen lå helt ut til Ornes fra den 12. januar. I perioden 20. februar - 17. april trakk isen seg gradvis tilbake. Den 9. mars var siste dagen Lustrafjorden var helt islagt ut til Nes.

Gaupnefjorden var nesten helt islagt fra den 12. januar til den 28. februar i følge de digitaliserte data.

I sin rapport gir de issakkyndige uttrykk for stor usikkerhet i vurderingen av den isleggingen fjorden ville ha hatt uten regulering (side 72 i rapporten). Av de digitaliserte data kan vi se at de heller til den oppfatningen at område 1 og 2 ville vært helt islagt fra 2. februar til i 10. mars. I samme periode ville område 3 ha vært 50 % islagt.

På Gaupnefjorden ville det ikke lagt seg is av betydning for våre beregninger vinteren igjennom.

Ved islagt fjord var den laveste temperaturen for vinteren  $-22^{\circ}\text{C}$ . Det samme ville også vært tilfelle uten regulering for område 1 og 2. Uten regulering mener de issakkyndige at område 3 ville vært isfritt under den strengeste kulden i januar og dermed fått redusert absolutt minimum for vinteren med  $3-4^{\circ}\text{C}$ . I område 3 er også antall tilfelle av døgnminimumstemperatur under  $-15^{\circ}\text{C}$  drastisk redusert, fra 10 til 2, tabell 8.4a.

Den største forskjellen mellom regulerte og uregulerte forhold er likevel ved Ornes der den laveste temperaturen ville blitt redusert med om lag  $8^{\circ}\text{C}$  og der det antakelig ikke ville vært temperaturer lavere enn  $-14^{\circ}\text{C}$  vinteren i gjennom.

Den 25. og 26. april var det frost i området. For det meste av Lustrafjorden var vekstsummen ennå ikke passert 60 graddager. Men ute ved Ornes ble denne grense passert litt før frostdagene, slik tabell 8.4d viser. Det var ikke is på fjorden ved dette tilfellet og dermed kan ikke reguleringen ha hatt noen innflytelse på frosten.

Tabell 8.4a Vinteren 1984/85. Opptelling av tilfeller av døgnminimumstemperatur under faste temperaturgrenser (°C).

Referanse 5516 Fortun

Minimumstemp. ved snødybde:	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
Sd ≥ 5 cm	-22,3	0	2	10	26	52
Sd < 5 cm		0	0	0	0	21
Alle obs.	-22,3	0	2	10	26	73

Regulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-20	0	1	7	19	45
10	R 2	-22	0	2	10	21	47
10	R 3	-22	0	2	10	21	46
50	R 3	-20	0	1	5	16	46
100	R 3	-19	0	0	2	15	45
10	N 3	-22	0	2	10	25	50
100	N 3	-18	0	0	2	13	42
25	4	-19,6	0	0	4	19	58
10	N 5	-22	0	2	10	24	40

Uregulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-22	0	2	8	14	40
10	R 2	-22	0	2	8	14	40
10	R 3	-19	0	0	2	10	40
50	R 3	-18	0	0	2	9	41
100	R 3	-18	0	0	2	9	42
10	N 3	-18	0	0	2	9	33
100	N 3	-16	0	0	1	9	32
25	4	-17	0	0	2	12	54
10	N 5	-14	0	0	0	4	25

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.4b. Vekstsum og graddager for våren 1985.  
Område 2, Havhella lykt - Dale, høyde 10 m, steder med normal eksponering mot fjorden.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
2.mai	8.mai	16.mai	2.mai	8.mai	16.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	2.april	15.april	2.mai	20.mai

Tabell 8.4c. Vekstsum og graddager for våren 1985.  
Område 3, Dale - Nes, høyde 100 m, steder med normal eksponering mot fjorden (rette strekninger).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
3.mai	9.mai	17.mai	3.mai	9.mai	18.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	5.april	17.april	4.mai	21.mai

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.4d. Vekstsum og graddager for våren 1985.  
Område 4, Gaupnefjorden, høyde 25 m.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
4.mai	10.mai	17.mai	6.mai	10.mai	18.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	4.april	17.april	5.mai	21.mai

Tabell 8.4e. Vekstsum og graddager for våren 1985.  
Område 5, Nes - Solvorn, høyde 10 m, steder med ekstra god eksponering mot fjorden (utstikkende nes).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
25.april	-0.3	63			INGEN
26.april	-0.7	63			

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
23.april	5.mai	14.mai	29.april	7.mai	15.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	25.mars	9.april	27.april	17.mai

## 8.7 Vinteren 1985-86.

I følge de issakkyndige tok isleggingen av Gaupnefjorden til allerede 27. oktober og i fjorden for øvrig 10. november. I indre Lustrafjorden lå isen helt til 6. april. I følge de digitaliserte data, appendiks 1, la det seg is helt ut til Ornes allerede 23. november.

Isdekket på fjorden ble kraftig utvidet rundt den 10. januar og i følge de digitaliserte data var alle områdene i fjorden helt islagte den 15. januar.

Det ble foretatt isbryting denne vinteren. En isbryter brøt opp isen inn til Gaupnefjorden den 14. januar, hovedfjorden inn til Nes - Stokkanes 15. januar, til Høyheimsvik 28. februar og til Flahamar 15. mars. Resten av den landfaste isen ble brutt opp 1.-2. april.

I de issakkyndiges rapport heter det: "Vi tror neppe det ville blitt islegging av betydning på Lusterfjorden etter midten av november uten reguleringer vinteren 1985-86".

Da det er mulig å tolke utsagnet på forskjellige måter, har vi tatt kontakt med de issakkyndige som presiserer at det er nye islegginger, senere enn november det her er snakk om. Det vil si at den isen som uansett regulering eller ikke la seg i november, ville ha blitt liggende utover vinteren.

Dette betyr i følge de digitaliserte data at reguleringen ikke ville ha endret isutbredelsen i den indre del av Lustrafjorden fra Skjolden til Dale (med unntak av kraftverksråken). Område 3 ville derimot bare vært 50 % islagt og utenfor Nes ville det ha vært helt isfritt. I Gaupnefjorden ville det ikke ha vært is som hadde hatt noen betydning for våre beregninger.

Reguleringen har ikke hatt noen betydning for de laveste temperaturene i den innerste delen av fjorden, på strekningen Skjolden - Dale (område 1 og 2). I områdene videre utover viser beregningene ingen tilfelle av temperaturer under  $-20^{\circ}\text{C}$  og antall tilfelle under  $-15^{\circ}\text{C}$  er mer enn halvert, noe avhengig av hvor godt stedet er eksponert mot fjorden. Særlig stor virkning ser reguleringen ut til å ha hatt ved Ornes der det neppe ville ha vært temperaturer under  $-15^{\circ}\text{C}$  uten regulering.

Etter at en vekstsum på 60 graddager var passert, var det ikke frost på noe område ved fjorden.

Tabell 8.5a Vinteren 1985/86. Opptelling av tilfeller av døgnminimumstemperatur under faste temperaturgrenser (°C).

Referanse 5516 Fortun

Minimumstemp. ved snødybde:	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
Sd ≥ 5 cm	-22,0	0	3	38	58	82
Sd < 5 cm		0	0	1	12	19
Alle obs.	-22,0	0	3	39	70	101

Regulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-22	0	2	33	56	85
10	R 2	-22	0	2	33	56	85
10	R 3	-22	0	2	33	56	85
50	R 3	-20	0	0	19	51	84
100	R 3	-18	0	0	13	49	82
10	N 3	-22	0	4	39	62	91
100	N 3	-18	0	0	6	44	82
25	4	-18,6	0	0	5	37	87
10	N 5	-22	0	3	10	37	75

Uregulerte forhold

Høyde (m)	Form/ omr.	Ta (°C)	<-25	<-20	<-15	<-10	<-5
10	R 1	-22	0	2	28	44	57
10	R 2	-22	0	2	28	44	57
10	R 3	-19	0	0	13	40	56
50	R 3	-18	0	0	6	44	82
100	R 3	-17	0	0	5	41	82
10	N 3	-18	0	0	8	43	68
100	N 3	-16	0	0	2	27	81
25	4	-16	0	0	2	29	83
10	N 5	-14	0	0	0	17	62

## Regulerte og uregulerte forhold

*Tabell 8.5b. Vekstsum og graddager for våren 1986.  
Område 2, Havhella lykt - Dale, høyde 10 m, steder med normal eksponering mot fjorden.*

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
2.mai	8.mai	16.mai	2.mai	8.mai	16.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	2.april	15.april	2.mai	20.mai

*Tabell 8.5c. Vekstsum og graddager for våren 1986.  
Område 3, Dale - Nes, høyde 100 m, steder med normal eksponering mot fjorden (rette strekninger).*

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
3.mai	8.mai	18.mai	4.mai	9.mai	19.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	23.mars	16.april	3.mai	21.mai

## Regulerte og uregulerte forhold

Tabell 8.5d. Vekstsum og graddager for våren 1986.  
Område 4, Gaupnefjorden, høyde 25 m.

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
4.mai	8.mai	21.mai	5.mai	9.mai	21.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	22.mars	9.april	3.mai	23.mai

Tabell 8.5e. Vekstsum og graddager for våren 1986.  
Område 5, Nes - Solvorn, høyde 10 m, steder med ekstra god eksponering mot fjorden (utstikkende nes).

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
27.april	4.mai	12.mai	2.mai	6.mai	16.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	19.mars	30.mars	26.april	15.mai

**Konklusjoner - generelt for alle de fem vintrene:**

Endringer av temperaturforholdene som følge av reguleringen er knyttet til endringer av isdekket på fjorden. Virkningen av isen er størst ved lave lufttemperaturer og avtar med avstand og høyde over fjorden. Ved lave temperaturer om vinteren går det en strøm av kald luft nedover dalsidene. Varme fra fjorden vil da ikke så lett bli tilført dalsidene. I sidedaler er det liten eller ingen temperaturpåvirkning fra fjorden. På Gaupne f. eks., der det har vært meteorologiske målinger siden 1980, kunne vi ikke finne noen målbar innvirkning på lufttemperaturen.

I bratte dalsider og særlig på utstikkende nes og koller vil kaldluftsstrømmen fra høyere nivå være sterkt redusert slik at varmemagasinet fra fjorden lettere blir tilført strandsonen. Vi fant at presisjonsnivået i denne rapporten kunne heves noe ved til en viss grad å knytte temperaturpåvirkning fra fjordisen til ulike terrengetyper. For de laveste temperaturene fant vi at effekten av isen i strandsonen var om lag 6°C for bratte, rette strekninger, mens den var om lag 8°C for utstikkende nes.

Av de fem vintrene som vi vier spesiell oppmerksomhet, har reguleringene innvirkning på de laveste temperaturene for vinteren i fire av dem, bare vinteren 1980/81 synes å være tilnærmet upåvirket av reguleringene. I de fleste vintrene er isdekket og dermed lufttemperaturen på strekningen Skjolden - Dale forholdsvis lite påvirket, mens områdene utenfor Dale til dels er sterkt påvirket.

Når lufttemperaturen er 0°C eller høyere i mars og april spiller det liten rolle for lufttemperaturen om det er is på fjorden eller ikke. Derfor er vekstsummene og graddagene ikke vesentlig påvirket av reguleringene. Vi fant noen tilfeller av frost etter at vekstsummen hadde passert 60 graddager. Men da var det ikke i noe tilfelle is på fjorden. Frosten ved disse tidspunktene var derfor ikke påvirket av reguleringene.

9. VURDERING AV LUFTTEMPERATUREN VINTEREN 1978-79 OG HVORDAN DEN AVVEK FRA DET NORMALE I INDRE SOGN OG ANDRE KJENTE FRUKTDISTRIKTER SOM ER UTSATT FOR STERK KULDE.

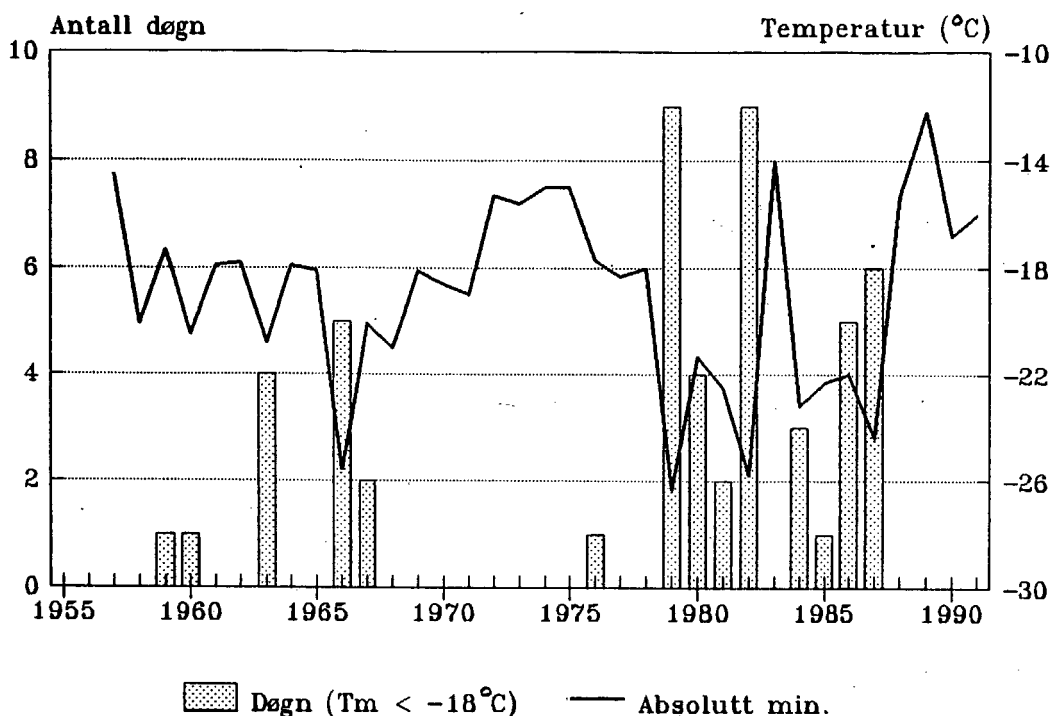
I tabell 9.1 er gitt månedsmiddeltemperatur og avvik fra 30-årsnormalen 1931-60 for en del stasjoner i Sør-Norge vinteren 1978-79. Disse stasjonene ligger i områder der det foregår en del fruktdyrking. Det framgår av tabellen at særlig desember og januar var betydelig kaldere enn normalen denne vinteren. Et generelt trekk er at de stasjonene som ligger nær isfritt vann (Vangsnes, Leikanger og Fana) som ventet har de høyeste månedsmiddel-temperaturene og det er også ved disse stasjonene vi finner de laveste avvik fra 30-årsnormalen. For eksempel var avvikene fra normalen i desember for Fortun og Lærdal henholdsvis  $-8,0^{\circ}\text{C}$  og  $-6,2^{\circ}\text{C}$  mens for stasjoner nær isfritt vann (Leikanger og Vangsnes) var tilsvarende avvik  $-5,3$  og  $-4,7^{\circ}\text{C}$ .

Årsaken til dette er at varmetilførselen fra fjorden til atmosfæren gir en lokal oppvarming. Dersom Lustrafjorden hadde vært isfri denne vinteren, ville etter våre beregninger midlere lufttemperatur nær fjorden vært fra  $4^{\circ}\text{C}$  til  $7^{\circ}\text{C}$  høyere i månedene desember og januar enn det som var tilfellet. For nivået 100 m over fjorden ville lufttemperaturen bare vært fra  $1,5^{\circ}\text{C}$  til  $2^{\circ}\text{C}$  høyere.

Tabell 9.1 Månedsmiddeltemperatur,  $T_m$ , avvik fra 30-årsnormalen 1931-60,  $\delta T$ , og antall tilfeller av døgnminimums-temperatur  $< -10^{\circ}\text{C}$ ,  $N$ , for en del stasjoner i fruktdistrikt i Sør-Norge.

		Fortun	Vangsnes	Lærdal	Leikanger	Fana	Eidfj.Bu	Kise
1978								
Nov.	$T_m$	1.3	3.7	3.2	3.8	5.1		1.8
	$\delta T$	0.8	-0.4	0.9	0.1	0.4		1.6
	$N$	3	0	1	0	0		2
Des.	$T_m$	-10.4	-2.9	-6.2	-3.9	-1.7		-11.0
	$\delta T$	-8.0	-4.7	-6.2	-5.3	-4.2		-7.9
	$N$	24	2	13	4	2		22
1979								
Jan.	$T_m$	-12.0	-3.7	-8.0	-5.1	-3.6	-4.8	-12.4
	$\delta T$	-6.9	-3.6	-5.3	-4.5	-3.4		-5.9
	$N$	24	4	19	7	8	10	24
Feb.	$T_m$	-8.7	-1.4	-5.2	-2.0	-3.2	-3.5	-12.3
	$\delta T$	-3.6	-1.1	-2.6	-1.4	-3.1		-5.5
	$N$	16	0	12	2	8	6	22
Mars	$T_m$	0,3	1,5	2.0	1.7	1.5	0.8	-2.0
	$\delta T$	1.8	-0.2	1.1	0.0	-0,5		1.5
	$N$	3	0	1	1	2	1	5

I forhold til normalen var det særlig desember som var ekstremt kald. På samtlige stasjoner som det er referert til i tabell 9.1, ble det da observert den laveste minimums-temperatur som noensinne er målt i måneden. Avviket fra den tidligere rekorden var 3.3 - 4.6°C. På Fortun ble den nye desember-rekorden -25,0°C.



Figur 9.1 Absolutt minimumstemperatur for vintrene i perioden 1956/57 til 1989/90 og antall døgn med døgnmiddeltemperatur,  $T_m < -18^\circ\text{C}$ .

Alle ekstremene skrev seg fra en kuldebolk rundt nyttår som på stasjonene i Sør-Norge kulminerte enten den 31. desember eller den 1. januar. I Sogn var det nyttårsdagen som var den kaldeste,  $-26,4^\circ\text{C}$  i Fortun. Dette er likevel ikke rekord for januar som kan oppvise  $-27,9^\circ\text{C}$  i 1942, som er stasjonsrekord uansett måned.

Figur 9.1 viser antall døgn med lavere døgnmiddeltemperatur enn  $-18^\circ\text{C}$  og absolutt minimum i Fortun for hver vinter i perioden 1956/57 til 1990/91. Det framgår at vinteren 1978-79 hadde den laveste absolutte minimumstemperatur i denne perioden og at det var 9 døgn da minimumstemperaturen var mindre enn  $-18^\circ\text{C}$ , for øvrig det samme som vinteren 1981/82. Det normale antallet i denne perioden er i overkant av 1 døgn.

**Konklusjon.**

Vinteren 1978 -79 var uvanlig kald i hele Sør-Norge. Midlere lufttemperaturen for månedene desember og januar i andre fruktdistrikt i Sogn, Hardanger og på Hedmark var 3.4 - 8.0°C lavere enn 30 års normalen 1931 - 60. De områdene som ligger i nærheten av isfritt vann (Vangsnes, Leikanger og Fana) viste 1 - 4°C mindre avvik fra normalen enn de områdene som ikke lå i nærheten av isfritt vann (Fortun. Lærdal og Kise). I forhold til normalen var det særlig desember som var ekstremt kald. De absolutt laveste, målte lufttemperaturene i denne måneden var 3.3 - 4.7°C lavere enn de tidligere rekordene for desember på de stasjonene som det er referert til i tabell 9.1.

## 10. VIRKNINGEN AV VASSDRAGSREGULERINGENE PÅ LUFTFUKTIGHETEN.

Mulige endringer av luftfuktigheten etter en vassdragsregulering er i første rekke knyttet til endringer i isdekke. Når det er kaldt, vil isdekket hindre fordampning fra de forholdsvis varme vannmassene under isen. Isen kan da sammenlignes med et lokk over varmt vann. Når lufttemperaturen øker, vil denne effekten avta.

### 10.1 Fordampning fra de isfrie områdene ved Skjolden og Gaupne.

Etter utbyggingen av Fortun/Grandfasta og Leirdøla dannet det seg åpne råker ved utløpsosene i fjorden ved Gaupne og Skjolden selv om fjorden var helt islagt lenger ute. Ved Skjolden varierer dette isfrie området fra 0.2 km<sup>2</sup> til 0.5 km<sup>2</sup>. Det er avtakende når lufttemperaturen synker.

I kalde perioder om vinteren vil det ofte være vind nedover Jostedalen eller Mørkridsdalen og Fortunsdalen (drenasjevind). Når denne vinden kommer ut over isfrie områder, vil lufta bli tilført vanddamp som følge av fordampning. Fordampningen fra en vannflate avhenger i første rekke av vannflatens og luftas temperatur, av luftas fuktighet og stabilitet og av vindhastigheten. Følgende empiriske formel kan benyttes for å beregne fordampningen (E) fra en vannflate (Ryan et al. 1974):

$$(16) \quad E = 1/L( N_E V_r + N_F(T_o - T_i)^{1/3} ) (e_o - e_i) \quad (\text{mm sek}^{-1})$$

Her er:

- L fordampningsvarmen for vann (2500 10<sup>3</sup> Joule kg<sup>-1</sup>)
- N<sub>E</sub> empirisk konstant (3.2 W m<sup>-2</sup>(hPa)<sup>-1</sup>(m sek<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>)
- V<sub>r</sub> vind (m/s)
- N<sub>F</sub> empirisk konstant (2.7 W m<sup>-2</sup>(hPa)<sup>-1</sup>(°C)<sup>-1/3</sup>)
- T<sub>o</sub> vanntemperaturen (°C)
- T<sub>i</sub> lufttemperaturen i 2 m høyde (°C)
- e<sub>o</sub> luftas vanddamptrykk like over vannflaten (hPa)  
(vanddampens metningstrykk for T<sub>o</sub>)
- e<sub>i</sub> vanddamptrykket i lufta 2 m over vannflaten (hPa)

I tabell 3.1 er gitt fordampningen (mm) fra en vannflate med temperatur 2°C, relativ luftfuktighet 2 m over bakken 90% (70%), for ulike lufttemperaturer og vindhastigheter for en periode på 6 timer. Etter hvert som lufta passerer over isfritt vann, vil både lufttemperaturen og luftfuktigheten øke. Dette vil redusere fordampningen. Formel 16 vil derfor overestimere fordampningen når den lufttemperatur og luftfuktighet som blir målt over land i det lufta strømmer ut over fjorden, blir benyttet for

beregningen av fordampning over hele det isfrie området. Den kalde lufta som blir oppvarmet nedenfra av det relativt varme vannet, vil lett stige til værs (lufta blir instabil) og dette fører til at vinden vil avta når lufta passerer det isfrie området.

Som et regneeksempel kan vi anta at det isfrie området er  $0.5 \text{ km}^2$ . Vi antar videre at lufta strømmer videre utover fjorden og at all vanndampen som blir tilført lufta avsettes på isflaten og i strandsonen opp til 10 m o.h. i et like tykt lag på et areal på  $10 \text{ km}^2$ . Dette tilsvarer omtrent arealet fra Skjolden og ut til Lavoll-Sørheim (område 1 og 2 i figur 7.3) eller arealet Gaupne indre Eikjo - Feigom - Stokkanes - Nes, (område 4 og halve område 5 på figur 7.3). Det er en erfaring at de største rimavsetningene opptrer ved lave vindhastigheter. Ved høye vindhastigheter vil vanndampen fra vannflaten på grunn av effektiv omrøring i atmosfæren bli fordelt på et tykkere luftlag.

For  $-20^\circ\text{C}$  lufttemperatur i Gaupne eller Skjolden og vindhastighet  $2 \text{ m sek}^{-1}$ , vil det i følge tabell 3.1 foregå en fordampning på  $2.5 \text{ mm}$  i løpet av 24 timer over det isfrie arealet ( $0,5 \text{ km}^2$ ). Fordelt på et areal på  $10 \text{ km}^2$  vil dette gi et rimlag som tilsvarer  $0.13 \text{ mm}$  vann. Slikt rim vil ha egenvekt på ca.  $0.1 \text{ g cm}^{-3}$  og selve rimlaget vil derfor i middel bli ca  $1.5 \text{ mm}$  tykt. Det må framheves at som følge av innblanding av tørr luft ovenfra, vil vanndampen som tilføres lufta bli fortynnet og det er derfor ikke realistisk å anta at all vanndampen som tilføres lufta over de isfrie områdene vil kunne utfelles som rim.

I perioder med så lave lufttemperaturer og med drenasjevind ned Jostedalen må en anta at det samtidig vil være vind ut Lustrafjorden. Det vil derfor bare unntaksvis kunne avsettes rim på bakken i områdene i Lustrafjorden innenfor Nes som følge av økt fordampning i Gaupne. Det må videre framheves at fordampningen fra fjorden og den beregnete rimavsetning i dette eksempelet ville ha vært mye større dersom fjorden hadde vært isfri.

De avsetninger av rim i større mengder som ble observert i perioden 1981-85, opptrådte i samband med strålingståke. I de fruktsakyndiges brev til oss appendiks 3 heter det:

" -- frekvens av relativ råme over t.d. 90%. Dette er kanskje sett i samband med rimlegging. Spørsmålet om mogleg skade vinterstid av rim på frukttre og andre laufellande vekstar vert stadig reist. Vi kjenner ikkje dokumentasjon av slik skade, og vi har ikkje grunn til å tru at riming og ising, som ikkje gir fysiske brotskadar, skulle føre til overvintringsskade. Eit litteratursøk siste hausten i ein verdsfemnande database av relevant litteratur har heller ikkje gitt noko som kan endra dette synet."

Vi finner det derfor ikke nødvendig å foreta en videre utredning om rimdanning ved Lustrafjorden.

**Konklusjon:** Når fjorden er islagt, vil det som følge av reguleringene være isfrie områder ved utløpsosen i Skjolden og Gaupne. Størrelsen av disse områdene vil variere med lufttemperaturen og være minst i streng kulde. Fordampningen fra disse områdene vil kunne avsettes som rim på bakken. I løpet av et døgn vil midlere rimmengde innenfor et område på 10 km<sup>2</sup> maksimalt kunne komme opp i 1.5 mm rim. Når fjorden er isfri er fordampningen og derved rimdannelsen betydelig større.

#### 10.2 Frostrøyk som dannes over isfrie områder på elvestrekningen Alsmo - Gaupne.

Som det framgår av figur 3.2, vil det kunne dannes frostrøyk over isfrie områder når temperaturforskjellen vann - luft er om lag 10°C, di større temperaturforskjell, desto større er sannsynligheten for frostrøyk. Elvestrekningen Alsmo - Gaupne var oftere isfri om vinteren enn under naturlige forhold i tiden etter at Leirdøla kraftverk kom i drift (oktober 1978) til dypvannsutslippet ble etablert den 27. november 1989. I disse årene førte utbyggingen til at hyppigheten av frostrøyk på denne elvestrekningen økte.

Frostrøyk består av små vanndråper eller ispartikler ved lufttemperatur lavere enn -15°C. I følge tidligere undersøkelser (Sounders, 1964) vil vann/is - innholdet i frostrøyk maksimalt komme opp i 0.5 g m<sup>3</sup>. Dersom vi antar en tykkelse på frostrøyken på 30 m, 200 m bredde og vi antar en vindhastighet på 3 m sek<sup>-1</sup> som er optimal vindhastighet for dannelse av frostrøyk, vil det transporteres 9 kg vann hvert sekund ut ved Gaupne eller 800 tonn vann pr. døgn. Fordelt på det samme arealet som i ovennevnte eksempel (10 km<sup>2</sup>) blir dette en vannmengde på 0.08 kg m<sup>-2</sup> eller 0.08 mm vann. Dette må ansees som et alt for høyt estimat fordi frostrøyken i større grad løses opp ved at vanddamp transporteres oppover i atmosfæren enn ned til bakken.

I perioden fra høsten 1981 til våren 1985 ble det foretatt systematiske observasjoner av frostrøyk i Lustrafjorden og Gaupnefjorden. Hammer (1985) viser i drøftinger av muligheter for frostrøyk over Jostedøla at drenasjevinden ned Jostedalen ved isfri fjord er så kraftig at den fører til sterk innblanding av tørr luft ovenfra. Det vil da vanligvis ikke bli utviklet frostrøyk av betydning. Når Gaupnefjorden islegges, blir drenasjevinden svakere og det kan da dannes frostrøyk over den isfrie Jostedøla.

I desember 1981, januar 1984 og trolig 3.-8. januar 1982 var det svak frostrøyk (høyde 5-10 m) over indre deler av Gaupnefjorden og denne var da isfri. I perioder da

Gaupnefjorden var islagt fantes tilfeller av velutviklet frostrøyk over Jostedøla - for eksempel perioden rundt 8. februar 1985.

Drenasjevindene ut Fortunsdalen er svakere enn ut Jostedalen. Dette er en viktig årsak til at det oftere forekommer frostrøyk over Fortundalselvi ved Skjolden enn over Jostedøla i Gaupne.

Ved hjelp av et beregningsprogram som krever kjennskap til lufttemperatur, fuktighet og skydekke nær isfrie vassdrag, kan frostrøykfrekvensen i Fortundalen tilnærmet finnes ved å bruke observasjonene ved 5516 Fortun. På tilsvarende måte kan frostrøykfrekvensen på Gaupne finnes ved å bruke en forenklet modell som bare krever kjennskap til lufttemperatur og luftfuktighet (automatstasjonen 5537 Gaupne observerer ikke skydekke). Resultatene er gitt i tabell 10.1.

Tabell 10.1 Frostrøyk (tilfelle pr. år) ved de faste observasjonstidspunktene 07 og 13 beregnet etter en frostrøykmodell.

Stasjon	Periode	K1 07	K1 13
5516 Fortun	1957/58 - 1990/91	6,7	4,2
5516 Fortun	1980/81 - 1988/89	7,5	5,2
5537 Gaupne	1988/81 - 1988/89	1,2	0,6

For Fortun har vi brukt hele perioden som er tilgjengelig på data til beregningene. For Gaupne har vi brukt data fra starten i februar 1980 til dypvannsutslippet var etablert i 1989. Styrken på frostrøyken kan variere fra knapt synlig frostrøyk over åpent vann til mektig frostrøyk som brer seg inn over land. Inn i tabell 10.1 har vi bare tatt med frostrøyk av en slik styrke at den kan ventes å komme inn over land og dermed være til sjenanse. Som tabellen viser, var slik frostrøyk mange ganger hyppigere på Fortun enn i Gaupne.

**Konklusjon:** Det kunne dannes frostrøyk over Jostedøla på den isfrie strekningen mellom Alsmo og Gaupne i den perioden utslippsvannet fra Leirdøla kraftverk ble tilført Jostedøla ved Alsmo. Hyppigheten og utstrekningen av frostrøyk over Jostedøla var mye mindre enn over Fortundalselvi, trolig ikke mer enn 1 dag pr år med så kraftig frostrøyk at den kunne bre seg fra elva og inn over tettstedet.

## 11. OBSERVASJOVER AV KLIMAENDRINGER AV FOLK BOSATT I LUSTER KOMMUNE.

Etter anmodning fra de sakkyndige er det foretatt en skriftlig utredning av de observasjoner av klimaendringer som folk bosatte i Luster kommune har registrert. Det meste av disse observasjonene refererer seg til endringer av isforhold og frostskafer på frukttrær. Vi vil her bare kommentere de observasjoner som direkte er relatert til meteorologi.

Harald Vatne, Skjolden bor ved Eidsvatnet og har observert økt hyppighet av frostrøyk/kaldskodde over Eidsvatnet. Denne skodden kan også spre seg ned til Skjolden. Han har også tatt en del bilder som kan dokumentere dette.

Vi anser det som rimelig at økt fordampning fra isfrie partier av Fortundalselvi og isfrie områder på Eidsvatnet som følge av regulering har ført til økt hyppighet og utbredelse av frostrøyk.

Bjørg Hovland har observert økt hyppighet av råskodde som følge av mer is på fjorden. Det samme har Magnar Høyum observert i området Ytre Eikjo - Solvorn. Begge har også observert økt avsetning av rim.

Vi anser det rimelig at økt isdekke vil føre til lavere lufttemperaturer over isen noe som igjen vil føre til at luftas evne til å inneholde vanndamp vil avta. Denne skodden som består av små vanndråper eller iskrystaller, vil også avsettes som rim på bakken og på vegetasjon. Det må imidlertid framheves at når vanndampen i lufta kondenseres til små vanndråper blir det frigjort kondensasjonsvarme (ca 2500 kJoule pr. kg vann som kondenseres). Hvis dråpene i neste omgang fryser, vil det ytterligere bli frigjort frysevarme (ca. 320 kJoule pr. kg vann som fryser). Denne frigjorte varmen blir tilført lufta. Dannelse av tåke vil derfor føre til en liten temperaturøkning i lufta. Observasjonen at skodden er kald "kaldskodde" er derimot riktig. Slik skodde blir dannet bare ved lave lufttemperaturer. Derfor kan en si at det er skodde fordi det er kaldt, men ikke kaldt som følge av tåkedannelsen. Videre må det framheves at vanninnholdet i lufta og også rimdannelsen ville ha vært større dersom fjorden eller deler av fjorden hadde vært isfri. Forholdene ville da ha vært analoge med det som Harald Vatne beskriver ved Eidsvatnet. Som illustrasjon vil vi sammenligne vinteren 1964-65 som var isfri og vinteren 1979-80 da isen lå mellom Dale og Sørheim i ca. 150 døgn. Midlere lufttemperatur november - mars i Fortun var begge disse vintrene ca. -6 °C. Vi antar at innholdet av vanndamp i lufta, rimavsetningene og også trolig hyppigheten av frostrøyk langs fjorden var størst den isfrie vinteren 1964-65.

Hans Døsen og Hans Skildheim og flere har observert at lufttemperaturene om vinteren har vært lavere enn tidligere. Med referanse til issakyndiges konklusjoner om økt frekvens av is skulle denne observasjonen lett kunne underbygges.

## 12. LITTERATUR.

- Andreas E. L. et. al. 1979. The turbulent heat flux from Arctic leads. *Boundary layer Meteorology*, 17 pp 57-91.
- Bruun, I. 1967: Lufttemperaturen i Norge 1861-1955. DNMI, Oslo.
- Gjessing, Y. 1982: Islegging av Lusterfjorden og virkningen på lufttemperaturen. Rapp. Norsk Hydrologisk komite nr. 10 1982.
- Gjessing, Y. 1991. On the relationship between snow distribution and snow melt. Rapport nr. 23. Norsk hydrologisk komite.
- Gjessing, Y. og Hammer, T. M. 1983: Isens innvirkning på lufttemperaturen langs Lustrafjorden. En foreløpig rapport for Det kongelige Landbruksdepartement. Rapp. Avd. for meteorologi Univ. i Bergen - 2 1983.
- Hammer, T. M. 1985: Leirdølareguleringa sin innverknad på vinterklimaet i Gaupne, Delrapport fra prosjektet "Klima- og frostskaudegransking i Luster". Rapp. Avd. for meteorologi, Univ. i Bergen - 3 1983.
- Hammer, T. M. 1986: Klima- og frostskaudegransking i Luster. Istilhøva i Lustrafjorden og verknaden av isen på det lokale vinterklimaet. Rapp. Avd. for meteorologi, Univ. i Bergen- 2, 1986.
- Hammer, T. M. 1986: Sodarregistrering av rørsle i lufta over islagd Lustrafjord. Rapp. Avd. For Meteorologi, Univ. i Bergen - 3, 1986.
- Nordli, P. Ø. 1988. Frostrøyk og dalstratus i Gudbrandsdalen. Analyse av observasjonar ved osen av Vågåvatnet. DNMI-rapport nr. 7/88.
- Ryan, P. J. Harleman, D., Stolzenbach. K. D. 1974. Surface heat loss from cooling Ponds. *Water Resour. Res.* pp 930-938.
- Sounders, P. M. 1964. Sea smoke and steam fog. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Vol. 49 pp 156-165.
- Utaaker, K. og Skaar E. 1970: Local Climates and Growth Climates of the Sognefjord Region. Part 1. *Acta Agriculturæ Scandinavica*, Supplementum 18, Stockholm.
- Utaaker, K. 1970: Lokal- og vekstklima i Sogn. 1979. Univ. i Bergen.

**APPENDIKS 1 - digitaliserte is-data for spesielle vintre.**

I tabellen under er opplistet de digitaliserte isdata som vi har brukt til beregning av temperaturfordelinger av minimumstemperatur, vekstsummer og graddager. Digitaliseringen er gjort av de issakkyndige.

Isdekket er taksert på ulike områder i Lustra- og Gaupnefjorden og er gitt i firedeler slik at kode 4 i tabellen betyr helt islagt og 0 betyr isfritt. Dekker f. eks. isen halvparten av området, er kodetallet 2. Områdene er definert på figur 7.3b der de er gitt nummer fra 1 til 5.

## Vinteren 1978/79

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
78	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	11	26	1	2	2	0	0	0	3	2	2	1	0
78	11	27	2	2	2	0	0	0	3	2	2	1	0
78	11	28	2	2	2	0	0	0	4	2	2	1	0
78	11	29	3	3	3	0	0	0	4	2	2	1	0
78	11	30	3	4	4	0	0	0	4	2	2	1	0
78	12	1	3	4	4	1	1	1	4	2	2	1	0
78	12	2	3	4	4	1	1	1	4	4	2	1	0
78	12	3	3	4	4	1	1	1	4	4	2	1	0
78	12	4	3	4	4	1	1	1	4	4	2	1	0
78	12	5	3	4	4	1	1	1	4	4	2	1	0
78	12	6	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	7	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	8	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	9	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	10	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	11	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	12	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	13	3	4	4	3	3	2	4	4	2	1	0
78	12	14	3	4	4	4	4	2	4	4	2	1	0
78	12	15	3	4	4	3	3	2	4	4	2	1	0
78	12	16	3	4	4	3	3	2	4	4	2	1	0
78	12	17	3	4	4	2	2	2	4	4	2	1	0
78	12	18	3	4	4	2	2	2	4	4	2	1	0
78	12	19	3	4	4	2	2	2	4	4	2	1	0
78	12	20	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	21	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	22	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	23	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	24	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	25	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	26	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	27	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	28	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	29	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	30	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0
78	12	31	3	4	4	2	2	3	4	4	2	1	0





## Vinteren 1979/80

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
79	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
79	11	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
79	11	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
79	11	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
79	11	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	11	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	12	10	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
79	12	11	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	12	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	13	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	14	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	15	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	16	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	17	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	18	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	19	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	20	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	21	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	22	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	23	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	24	3	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	25	3	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	26	3	4	4	4	2	2	2	2	1	0
79	12	27	3	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	28	3	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	29	3	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	30	3	4	4	4	1	1	1	1	1	0
79	12	31	3	4	4	4	1	1	1	1	1	0

Vinteren 1979/80

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
80	1	1	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	2	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	3	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	4	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	5	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	6	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	7	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	8	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	9	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	10	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	11	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	12	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	13	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	14	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	15	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	16	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	17	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	18	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	19	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	20	4	4	4	2	3	4	4	3	1	0
80	1	21	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	22	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	23	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	24	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	25	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	26	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	27	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	28	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	30	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	1	31	4	4	4	1	1	4	4	3	1	0
80	2	1	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	2	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	3	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	4	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	5	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	6	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	7	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	8	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	9	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	10	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	11	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	12	4	4	4	1	1	4	4	2	1	0
80	2	13	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	14	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	15	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	16	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	17	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	18	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	19	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	20	4	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	21	4	4	4	2	0	4	4	2	1	0
80	2	22	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	23	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	24	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	25	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	26	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	2	27	3	4	4	2	3	4	4	2	1	0
80	2	28	3	4	4	3	0	4	4	2	1	0
80	2	29	3	4	4	0	2	4	4	2	1	0

## Vinteren 1979/80

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
80	3	1	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	2	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	3	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	4	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	5	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	6	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	7	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	8	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	9	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	10	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	11	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	12	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	13	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	14	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	15	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	16	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	17	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	18	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	19	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	20	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	21	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	22	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	23	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	24	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	25	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	26	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	27	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	28	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	29	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	3	30	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	1	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	2	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	3	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	4	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	5	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	6	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	7	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	8	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	9	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	10	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	11	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	12	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	13	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	14	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	15	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	16	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	17	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	18	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	19	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	20	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	21	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	22	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	23	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	24	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	25	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	26	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	27	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	28	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	29	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0
80	4	30	3	4	4	0	0	4	4	2	1	0

## Vinteren 1980/81

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
80	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	11	25	3	3	3	1	3	3	3	0	1	3
80	11	26	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	11	27	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	11	28	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	11	29	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	11	30	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	1	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	2	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	3	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	4	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	5	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	6	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	7	3	4	4	1	4	4	4	1	4	4
80	12	8	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	9	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	10	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	11	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	12	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	13	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	14	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	15	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	16	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	17	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	18	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	19	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	20	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	21	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	22	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	23	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	24	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	25	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	26	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	27	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	28	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	29	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	30	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4
80	12	31	3	4	4	0	4	4	4	1	4	4

## Vinteren 1980/81

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
81	1	1	4	4	4	0	4	4	4	4	1	4
81	1	2	4	4	4	1	4	4	4	1	4	4
81	1	3	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	4	4	4	4	1	4	4	4	1	4	4
81	1	5	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	6	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	7	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	8	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	9	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	10	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	11	4	4	4	1	4	4	4	1	4	4
81	1	12	4	4	4	1	4	4	4	1	4	4
81	1	13	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	1	14	4	4	4	1	4	4	4	1	4	4
81	1	15	4	4	4	1	4	4	4	1	4	4
81	1	16	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	17	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	18	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	19	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	20	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	21	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	22	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	23	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	24	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	25	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	26	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	27	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	1	28	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	1	4	4	4	3	4	4	4	1	4	4
81	2	2	4	4	4	3	4	4	4	1	4	4
81	2	3	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	5	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	6	4	4	4	3	4	4	4	1	4	4
81	2	7	4	4	4	0	4	4	4	1	4	4
81	2	8	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	9	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	10	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	11	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	12	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	13	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	14	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	15	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	16	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	17	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	18	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	19	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	20	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	21	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	22	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	23	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	24	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	25	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	26	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	27	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
81	2	28	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4



## Vinteren 1984/85

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
84	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	11	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	11	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	11	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	11	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	11	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	11	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	11	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	0
84	12	12	3	4	4	4	1	1	4	4	4	1	0
84	12	13	3	4	4	4	1	1	4	4	4	1	0
84	12	14	3	4	4	4	1	1	4	4	4	1	0
84	12	15	3	4	4	4	1	1	4	4	4	1	0
84	12	16	3	4	4	4	1	1	4	4	4	1	0
84	12	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	12	29	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
84	12	30	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
84	12	31	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0





Vinteren 1985/86

år	md	dt	Regulerte forhold					Uregulerte forhold						
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
85	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	11	10	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
85	11	11	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
85	11	12	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
85	11	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
85	11	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
85	11	15	2	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0
85	11	16	2	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0
85	11	17	2	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0
85	11	18	2	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0
85	11	19	2	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	0
85	11	20	3	3	3	3	3	0	0	0	0	1	1	0
85	11	21	3	3	3	3	3	0	0	0	0	1	1	0
85	11	22	3	3	3	3	1	0	0	0	0	1	1	0
85	11	23	4	4	4	4	3	4	4	4	2	1	1	0
85	11	24	4	4	4	4	3	4	4	4	2	1	1	0
85	11	25	4	4	4	4	3	4	4	4	2	1	1	0
85	11	26	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	11	27	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	11	28	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	11	29	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	11	30	4	4	4	4	4	3	4	4	2	1	1	0
85	12	1	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	5	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	6	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	7	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	8	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	9	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	10	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	11	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	12	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	13	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	14	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	15	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	16	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	17	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	18	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	19	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	20	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	21	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	22	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	23	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	24	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	25	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	26	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	27	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	28	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	29	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	30	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0
85	12	31	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0

Vinteren 1985/86

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
86	1	1	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	2	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	3	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	4	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	5	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	6	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	7	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	8	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	9	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	10	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	11	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	12	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	13	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	14	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	15	4	4	4	4	4	4	2	1	0	
86	1	16	4	4	4	2	2	1	2	1	0	
86	1	17	4	4	4	2	2	1	2	1	0	
86	1	18	4	4	4	2	2	1	2	1	0	
86	1	19	4	4	4	2	2	1	2	1	0	
86	1	20	4	4	4	2	2	1	2	1	0	
86	1	21	4	4	4	1	1	1	2	1	0	
86	1	22	4	4	4	0	0	1	2	1	0	
86	1	23	4	4	4	0	0	1	2	1	0	
86	1	24	4	4	4	0	0	1	2	1	0	
86	1	25	4	4	4	3	3	1	2	1	0	
86	1	26	4	4	4	3	3	1	2	1	0	
86	1	27	4	4	4	3	3	1	2	1	0	
86	1	28	4	4	4	2	2	1	2	1	0	
86	1	29	4	4	4	1	1	1	2	1	0	
86	1	30	4	4	4	0	0	1	2	1	0	
86	1	31	4	4	4	0	0	1	2	1	0	
86	2	1	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	2	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	3	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	4	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	5	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	6	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	7	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	8	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	9	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	10	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	11	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	12	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	13	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	14	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	15	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	16	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	17	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	18	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	19	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	20	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	21	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	22	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	23	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	24	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	25	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	26	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	27	4	4	4	1	1	0	2	1	0	
86	2	28	4	4	4	1	1	0	2	1	0	

Vinteren 1985/86

år	md	dt	Regulerede forhold					Uregulerede forhold				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
86	3	1	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	2	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	3	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	4	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	5	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	6	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	7	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	8	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	9	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	10	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	11	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	12	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	13	4	4	4	1	1	4	4	2	0	0
86	3	14	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	15	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	16	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	17	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	18	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	19	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	20	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	21	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	22	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	23	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	24	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	25	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	26	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	27	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	28	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	29	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0
86	3	30	4	4	4	0	0	4	4	2	0	0

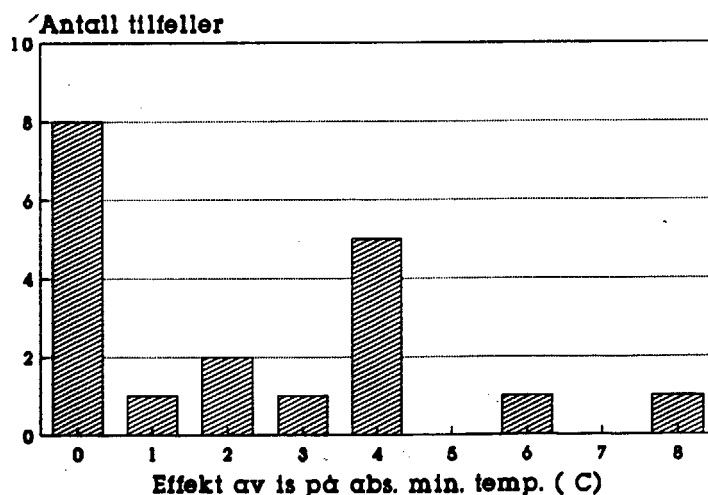
## APPENDIKS 2 - temperaturfordelinger, vekstsummer og graddager.

Etter ønske fra de fruktsakkyndige vil vi gi noen resultater av beregningene av temperaturfordelinger, vekstsummer og graddager for område 3 på figur 7.3b. Som kartet viser ligger området i Lustrafjorden, avgrenset innerst i fjorden av en linje Dale - Sørheim og ytterst av linjen Nes - Stokkanes.

Det må presiseres at vi i denne kjøringen av programmet har valgt lokaliteter som er særlig godt eksponert mot fjorden, utstikkende nes. På rette strekninger i dette området er effekten av isen noe mindre. Kjøringene omfatter perioden 1970/71 til 1988/89, dvs. fra den første vinteren det daværende Iskontoret i NVE begynte iskartlegging i Lustrafjorden til den siste vinteren med overflateutslipp i Gaupnefjorden.

Ved hjelp av de issakkyndige ble iskarta fra området digitalisert og manglende data interpolert der de fant det forsvarlig. De issakkyndige har i tillegg estimert en datarekke for uregulerte forhold. Dette har ført fram til to nær komplette, bearbejdede datarekker, en for regulerte og den andre for uregulerte forhold.

Beregningene viser at reguleringene ikke spiller noen signifikant rolle for vekstsummer og graddager. I tabellene nedenfor er disse derfor sløffet for uregulerte forhold. På figur 1 og i konklusjonen er resultatene sammenfattet.



Figur 1 Virkningen av fjord-isen på absolutt minimums-temperatur for vinteren i område 3, Dale - Nes, for godt eksponerte lokaliteter nær fjorden i perioden 1970/71 - 1988/89.

**Konklusjon:** For noen vintrær i denne perioden førte reguleringen til lavere absolutt minimumstemperatur for vinteren. Av de 19 vintrene fra 1970/71 til 1988/89, ble absolutt minimum for vinteren påvirket i 11 av dem. Størst var virkningen i 1972/73 og 1982/83 med henholdsvis 6°C og 8°C.

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1970-1971  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -19.0

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	2	17	30
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	6
Sum	:	0	0	2	17	36

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
22.april	5.mai	13.mai	23.april	5.mai	14.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	4.april	13.april	29.april	18.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1970-1971  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -17.0

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	1	8	24
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	6
Sum	:	0	0	1	8	30

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1971-1972  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -15.3

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	10	22
Snødybde under 5 cm:		0	0	1	12	37
Sum	:	0	0	1	22	59

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
16.april	26.april	7.mai	18.april	29.april	8.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	26.mars	8.april	21.april	12.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1971-1972  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -15.3

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	10	22
Snødybde under 5 cm:		0	0	1	12	37
Sum	:	0	0	1	22	59

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1972-1973  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -13.6

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	5	11
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	4
Sum	:	0	0	0	5	15

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
28.april	-2.3	100		INGEN	

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
17.april	29.april	14.mai	29.april	8.mai	22.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	21.mars	29.mars	19.april	17.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1972-1973  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -7.6

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	5
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	4
Sum	:	0	0	0	0	9

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1973-1974  
Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -10.3

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	1	7
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	4
Sum	:	0	0	0	1	11

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
6.mai	-0.1	178	6.mai	-0.1	168

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
16.april	23.april	4.mai	18.april	25.april	7.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	30.mars	6.april	21.april	13.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1973-1974  
Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -7.5

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	6
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	0	0	6

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1974-1975  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -7.0

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	6
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	0	0	6

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
28.april	7.mai	15.mai	29.april	7.mai	16.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	30.mars	18.april	1.mai	20.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1974-1975  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -7.0

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	5
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	0	0	5

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1975-1976  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -19.7

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	12	39	52
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	12	39	52

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
29.april	9.mai	18.mai	30.april	9.mai	19.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	12.april	21.april	6.mai	23.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1975-1976  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -19.7

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	12	34	52
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	12	34	52

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1976-1977  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -14.4

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	12	54
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	0	12	54

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
29.april	5.mai	17.mai	1.mai	6.mai	19.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	21.mars	13.april	29.april	20.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1976-1977  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -13.6

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	7	51
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	0	7	51

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1977-1978  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -10.1

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	2	17
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	3
Sum	:	0	0	0	2	20

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
26.april	-0.3	72	28.april	-0.2	62
28.april	-0.2	74			

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
22.april	6.mai	16.mai	27.april	8.mai	18.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	28.mars	7.april	24.april	18.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1977-1978  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -10.1

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	2	17
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	3
Sum	:	0	0	0	2	20

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1978-1979  
Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -26.4

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		2	9	32	55	71
Snødybde under 5 cm:		0	0	2	12	15
Sum	:	2	9	34	67	86

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
8.mai	-1.2	122	8.mai	-1.2	97
9.mai	-0.8	123	9.mai	-0.8	98
10.mai	-0.6	124	10.mai	-0.6	99
11.mai	-0.3	126	11.mai	-0.3	101

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
20.april	28.april	19.mai	25.april	11.mai	23.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	27.mars	4.april	23.april	21.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1978-1979  
Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -22.5

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	5	28	47	66
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	7	15
Sum	:	0	5	28	54	81

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1979-1980  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -21.4

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	4	14	39	81
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	4	14	39	81

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
27.april	3.mai	15.mai	27.april	3.mai	15.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	11.april	20.april	2.mai	21.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1979-1980  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -17.3

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	9	29	69
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	9	29	69

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1980-1981  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -22.5

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	2	21	42	69
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	2	21	42	69

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
12.mai	16.mai	23.mai	12.mai	16.mai	23.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	9.april	20.april	12.mai	27.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1980-1981  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -22.5

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	2	21	42	69
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	2	21	42	69

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1981-1982  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -17.8

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	3	22	46
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	1
Sum	:	0	0	3	22	47

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
11.april	22.april	8.mai	21.april	29.april	14.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	16.mars	27.mars	15.april	11.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1981-1982  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -17.8

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	3	20	45
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	1
Sum	:	0	0	3	20	46

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1982-1983  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -14.1

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	5	22
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	0	5	22

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
24.april	30.april	9.mai	25.april	1.mai	10.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	27.mars	12.april	26.april	14.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1982-1983  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -6.4

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	9
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	0	0	9

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1983-1984  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -15.2

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	1	10	38
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	1	10	38

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
27.april	2.mai	15.mai	27.april	2.mai	15.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	8.april	17.april	30.april	21.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1983-1984  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -15.2

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	1	8	26
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	1	8	26

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1984-1985  
Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -22.4

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	2	10	25	47
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	3
Sum	:	0	2	10	25	50

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
Dato	temp.	vekstsum	Dato	temp.	vekstsum
25.april	-0.3	63		INGEN	
26.april	-0.7	63			

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
23.april	5.mai	14.mai	29.april	7.mai	15.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	27.mars	11.april	28.april	18.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1984-1985  
Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -18.3

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	2	9	33
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	0
Sum	:	0	0	2	9	33

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1985-1986  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -22.0

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	4	38	56	76
Snødybde under 5 cm:		0	0	1	6	15
Sum	:	0	4	39	62	91

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
27.april	4.mai	12.mai	2.mai	6.mai	16.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	20.mars	1.april	27.april	16.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1985-1986  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -18.0

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	8	43	68
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	2	15
Sum	:	0	0	8	45	83

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1986-1987  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -24.4

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	5	18	39	60
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	8
Sum	:	0	5	18	39	68

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
23.april	29.april	11.mai	24.april	29.april	12.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	7.april	15.april	28.april	19.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1986-1987  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -20.4

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	1	8	26	53
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	4
Sum	:	0	1	8	26	57

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1987-1988  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -8.9

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	16
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	3
Sum	:	0	0	0	0	19

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
3.mai	9.mai	16.mai	5.mai	9.mai	17.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	1.april	17.april	5.mai	23.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1987-1988  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -7.3

Kumulativ fordeling av døgminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	15
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	0	1
Sum	:	0	0	0	0	16

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1988-1989  
 Område 3 i nivået 10 m, regulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -10.6

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	1
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	2	3
Sum	:	0	0	0	2	4

Vekstsum (gr.da) med basis 3,3 gr.C

Tilfelle av frost etter passasje av 60 gr. dager: INGEN

Passasjedato av faste vekstsum-grenser:

Regnet fra 1. mars			Regnet fra 1. april		
60	100	170	60	100	170
11.april	15.april	1.mai	15.april	20.april	7.mai

Passasje av faste graddags-grenser regnet fra 1. mars

Grenser	:	50	100	200	400
Passeringsdato	:	14.mars	28.mars	13.april	7.mai

KLIMATOLOGISK OVERSYN FOR VINTEREN 1988-1989  
 Område 3 i nivået 10 m, uregulerte forhold  
 Terrengform: Nes

Absolutt minimum for vinteren -10.6

Kumulativ fordeling av døgnminimumstemperatur

Temp. grenser	:	-25	-20	-15	-10	-5
Snødybde minst 5 cm:		0	0	0	0	1
Snødybde under 5 cm:		0	0	0	2	3
Sum	:	0	0	0	2	4

12. oktober 1990

Yngvar Gjessing  
Geofysisk institutt  
Alle gt. 70

5000 BERGEN

Per Øyvind Nordli  
Meteorologisk inst.  
Postboks 43 Blindern

0313 OSLO

Forskningsleder Per Husabø

5842 LEIKANGER

Prof. A. O. Skjelvåg  
NLH

1432 AS - NLH

Fruksakkyndige i klimaskjønn i samband med Fortun/Grandfasta-  
utbyggingen og reguleringen av Leirdøla.

Vi er nå i gang med utarbeidelsen av klimarapporten av ovennevnte skjønn. Så vidt vi forstår skal denne rapporten utgjøre en del av grunnlaget for deres rapport. Vi tror derfor det vil ha stor betydning at vi konsentrerer oss om de klimaparametrer som er viktigst for deres vurderinger. Vi har som kjent bedt om å få angitt dette tidligere uten å få svar.

For at vi skal kunne komme videre i vårt arbeide, ber vi om at dere tar stilling til følgende spørsmål:

Hvilke av følgende parametrer har størst betydning for frostskader på frukttrær ?

A Frostskade om vinteren

- 1 Laveste temperatur om vinteren (absolutt minimum)
- 2 Antall dager  $T_{min} < -18^{\circ}\text{C}$ .
- 3 Antall dager  $T_{min} < -10^{\circ}\text{C}$ .
- 4 Antall dager  $T_{min} < -5^{\circ}\text{C}$ .
- 5 Antall timer med lufttemperatur kontinuerlig under for eks.  $-10^{\circ}\text{C}$ .
- 6 Hyppighet av tilfeller med regnedbør etterfulgt av frost.
- 7 Hyppighet av relativ fuktighet over for eks. 90 %.
- 8 Hyppighet av tåke.
- 9 Hyppighet av tåke ved for eks. lufttemperatur  $< -5^{\circ}\text{C}$ .

B Klimaekader om våren

- 10 Et mål for temperaturvariasjon gjennom døgnet. For eks. antall tilfeller  $T_{min} < -5^{\circ}\text{C}$  &  $T_{max} > +5^{\circ}\text{C}$ .
- 11 Minimumstemperatur under for eks.  $-5^{\circ}\text{C}$  etter at det har vært en varm periode da lufttemperaturen har vært sammenhengende over en viss terskelverdi (for eks.  $6^{\circ}\text{C}$ ) i en viss periode (for eks. 7 dager)

C Frostskade knytt til omgrepet herdsle.

Vi viser til NLVFs arbeid "Klima- og frostskaudegransking i Luster. Vinterskader og veksevilkår om våren". Ut frå det som der står om herdsala til frukttrea (fase A1, A2, A3), har vi prøvd å formulere meteorologiske storleikar som vi vonar kan ha relevans for overvintringa.

Trea i fase A1:

Programmet skriv ut storleiken på  $T_{min}$  for 1., 2. og 3. frostnatt om hausten.

Trea i fase A2:

Reknar ut kuldesummen som gr. dagar under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  og antar at treet er i fase 2 når summen  $> x$  gr. dagar. Programmet skriv ut dei tre lågaste  $T_{min}$  i fase A2.

Trea i fase A3:

Reknar ut kuldesummen som gr. dagar under  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  og antar at treet er i fase A3 når summen  $> y$  gr. dagar. Celle-vevet i denne fasen er frose og prosessen er reversibel og herdsala varierer gjennom vinteren. Når summen passerer ei viss grense,  $z$  gr. dagar, når treet største herdsle,  $MaxH$ . Blir treet utsett for mildver, minkar herdsala. Reknar difor ut varmesummen som gr. dagar over  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Er varmesummen  $> v$  gr. dagar, toler treet ikkje meir enn minste herdsala,  $MinH$ .

Programmet skriv ut dei tre lågaste  $T_{min}$  for desse tilfella av herdsle,  $H$ :

$$\begin{aligned} H &= MinH \\ MinH < H < MaxH \\ H &= MaxH \end{aligned}$$

- 12 Dersom dette programforslaget kan brukast, gje konstantane  $x$ ,  $y$ ,  $z$  og  $v$ , slik at vi kan ta til å programmere.

Det ville sjølvsagt vore best om de sjølv gav oss ei liste over dei parametrane de ynskter å få utgreidd. Men på grunn av langt reisefråvar er det vanskeleg for oss å vente lenger og vi må be om svar innan utgangen av oktober. Vi vonar at dette ikkje vil medføre for mykje bry for dykk.

Vennleg helsing

Yngvar Gjessing

*Sig.*

Per Øyvind Nordli

*Per Øyvind Nordli*

Kopi: Sorenskrivaren i indre Sogn

Postadresse: Boks 41, 1432 Ås-NLH  
Telefon: (09) 94 79 00 94 79 03

Førsteamanuensis Yngvar Gjessing  
Geofysisk institutt  
Allégt. 70  
5000 Bergen

Ås-NLH,

18. febr. 1991

Forskar Per Øyvind Nordli  
Meteorologisk institutt  
Postboks 43 Blindern  
0313 Oslo 3

Dykkar ref.

Vår ref.

### Klimaskjønn i Luster

Vi viser til brev av 12.10.1990, og tidlegare samtaler, vår førebels svar av 2.11.1990 og telefonsamtaler 13.11.1990 og sist i januar d.å.

Etter vintrar med frostskaade på frukttre er det gjort tallaus oppteljingar av skadde tre og deretter freistnader på å systematisera skadane for å finna årsaker til variasjon i frostskaade. Resultata har ikkje stått i noko rimeleg høve til innsatsen, men dei har gitt opplysningar om skilnader i vinterherdsle mellom sortar.

Granskingar av véobservasjonar i samband med Klimagranskinga i Luster gav heller ingen klare haldepunkt for kritiske værvariasjonar til forklaring av frostskaadar over fleire tiår, jf. Hamme (1985) og Skjelvåg, Måge & Thorsrud (1986). Vi trur likevel det kan vera verdt å gjera ein analyse av tilgjengelege véobservasjonar frå Indre Sogn med sikte på å kasta mogleg lys over alle sider av frostskaadane der, og å sjå etter moglege samband med eventuell klimaendring på grunn av vassdragsreguleringane området.

Til spørsmålet om kva for klimauttrykk som best kan karakterisera faren for frostskaade på frukttre om vinteren, kan det ikkje gjevast noko einfelt og klart svar. Difor er fleire av uttrykkene under punkt A i brevet dykkar relevante. Dei kan supplerast med tilsvarende analysar som er presenterte i dei to ovanneemde rapportane. Merknadene våre er såleis:

A1, lågaste temperatur om vinteren (absolutt minimum) bør takast med.

A2, A3 og A4, tal døgn med minimumstemperatur under  $-18$ ,  $-10$  og  $-5^{\circ}\text{C}$ . Vi gjer heller framlegg om grensene:  $-5$ ,  $-10$ ,  $-15$ ,  $-20$  og  $-25^{\circ}\text{C}$ .

A5, tal timar med lufttemperatur stadig under t.d.  $-10^{\circ}\text{C}$ . Vi kunne tenkja oss dette utvida til dei same temperaturgrensene som er nemnde ovanfor, nemleg  $-5$ ,  $-10$ ,  $-15$ ,  $-20$  og  $-25^{\circ}\text{C}$ .

A6, frekvens av tilfelle med regnedbør etterfølgd av frost. Vi meiner at dette i seg sjølv er mindre viktig for overlevinga av frukttre. Slike situasjonar er kanskje meir interessante i samband med islegging på fjorden.

A7, frekvens av relativ råme over t.d. 90%. Dette er kanskje tenkt sett i samband med rimlegging. Spørsmålet om mogleg skade vinterstid av rim på frukttre og andre lauvfellande vekstar vert stadig reist. Vi kjenner ikkje dokumentasjon av slik skade, og vi har ikkje grunn til å tru at riming og ising, som ikkje gir fysiske brotskadar, skulle føra til overvintringsskade. Eit litteratursøk siste hausten i ein verdsfemnande database av relevant litteratur har heller ikkje gitt noko som kan endra dette synet.

A8 og A9, tal tåketilfelle. Vår stilling til spørsmålet går vel fram av merknadene til punkt A7.

Merknader våre til punkta under bolk B er såleis: Fare for frostskaade om våren er størst om temperaturstigninga går sakte. Ved rask temperaturstigning vert risikoen for fall til skadeleg nivå mindre på grunn av kortare tid da dette kan skje.

B10, eit mål for temperaturvariasjonen gjennom døgnet, t.d. minimumstemperatur under  $-5^{\circ}\text{C}$  og maksimumstemperatur over  $5^{\circ}\text{C}$ . Eit slikt mål ville vi helst ha knytt til tidspunkt, slik at ein fekk eit oversyn over når desse situasjonane kjem, og kor ofte dei kjem på til kvar tid utetter våren.

B11, minimumstemperatur under gitt grense etter vekststart. Dette kan vera eit interessant mål for frostfaren. I staden for å knyta det til lufttemperatur over ei gitt grense i ein samanhengande periode, t.d.  $6^{\circ}\text{C}$  i ei veke, ville vi nytta temperatursum over ei gitt grense. Med grunnlag i tilvekstmålingane i bringebær i klimagranskinga vil vi setja treskeltemperaturen til  $3,3^{\circ}\text{C}$ . Deretter ville vi ha eit mål for frostfaren etter at temperatursummen har nådd 60, 100 og  $170\text{ d}^{\circ}\text{C}$  (basis= $3,3^{\circ}\text{C}$ ). Det kan svara til tider da dei grøne blada hos bringebær har nådd 2, 4 og 8 cm ut or knoppen. Denne analysen burde gjerast med både 1. mars og 1. april som startdato. Variasjonen i tidspunktet for desse stadia må oppgjevast saman med middelveidien over dei åra som det er tilgjengelege vèrobservasjonar for. Frostfaren etter at dei tre stadia er nådde, ville vi helst få gitt som ein frekvenstabell av tilfelle med temperaturar under 0, -1, -2 osv.  $^{\circ}\text{C}$ .

Bolk C handlar om frostfare knytt til variasjonen i vinterherdsla. Vi viser her til tidlegare samtaler om det ønskelege i å kunna setja opp ein modell slik som skissert i brevet dykkar. Vi har tenkt gjennom dette på nytt for om mogleg å finna eit biologisk grunnlag for ein slik modell. I den samanhengen har vi også rådført oss med fagfolk ved Noregs landbrukshøgskole. Utfallet av dette er likevel diverre slik at vi ikkje finn noko grunnlag som er sterkt nok til at vi kan våga å nytta ein slik framgangsmåte. Grunnane er fleire, og dei er framleis dei same som dei det er gjort greie for av Skjelvåg, Måge og Thorsrud (1986).

Det ovannemnde vonar vi er svar på dei spørsmåla de tok opp i brevet dykkar. I tillegg er det nokre klimatisk mål som er interessante.


Spørsmålet om våren kjem seinare etter reguleringane enn det har gjorde før, er vel framleis aktuelt. Snøsmeltinga er eit uttrykk for dette. Dersom det er råd å gjera ei utførlegare og meir opplysande gransking av dette enn det som finst i rapporten frå Skjelvåg, Måge og Thorsrud (1986), ville det vera bra.


Snømengd om vinteren kan vera avgjerande for om ein frostskaade vert rot- eller greinfrost. Såleis skulle analysane i A1 til A5 gjerast særskilt for situasjonar med eit isolerande snødekke og for situasjonar utan slikt snødekke.

Eit anna mål for kor tidleg våren kjem, er temperaturstigninga. Denne analysen er tidlegare gjord ved å rekna temperatursummar i gitte periodar. Ei betre framstillingsform ville venteleg vera å rekna temperatursummar frå t.d. 1. mars og laga ein analyse av tidspunkta for passering av t.d. 50, 100, 200, 400 d°C, jf. omtala av punkt B11.

Eit anna spørsmål er om den kjølande verknaden av is på fjorden kan komma til slike tider at det kan ha noko å seia for vekst og utvikling hos frukttre og bærbuskar. Dette er freista kasta litt lys over på side 64-66 i rapport frå Skjelvåg, Måge og Thorsrud (1986). No er helst lengre måleseriar tilgjengelege, og analysen kunne utvidast. Vi har for tida ikkje noko framlegg til revisjon av framgangsmåten, men vi er opne for å drøfta det spørsmålet.

Leikanger og Ås, 10. februar 1991

  
Per J. Husabø

  
A. O. Skjelvåg

Referansar:

Hammer, T. 1985. Klimaet i Indre Sogn i vintrar med og utan frostskaade på frukttre. Notat. Geofysisk institutt, Avdeling for meteorologi. Nr. 2 1985. 35s.

Skjelvåg, A.O., F. Måge & J. Thorsrud, 1985. Klima- og frostskaade gransking i Luster. Vinterskadar og veksevilkår om våren. Noregs landbruksvitskaplege forskingsråd. Stensilprent. 70s. Vedlegg.

Kopi: Sorenskrivaren i Indre Sogn