

# **KLIMAVERKNAD PÅ GRUNN AV IS I INDRE NORDFJORD**

AV

PER EYVIND NORDLIE

Fagrapport nr. 6/84 KLIMA

Oppdragsgiver: Statskraftverka

OSLO 1984

# DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

6/84 KLIMA

DATO

05.07.1984

TITTEL

KLIMAPAVERKNAD PA GRUNN AV IS I INDRE NORDFJORD

UTARBEIDET AV

PER EYVIND NORDLIE

OPPDRAGSGIVER

NVE, Statskraftverka

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Ved hjelp av eit tett stasjonsnett, vart det granska kva rolle isdekket på den inste delen av Nordfjorden spelar for lokalklimaet i området. Denne granskinga er eit supplement til ein tidlegare artikkel som vart publisert i KLIMA nr. 4, 1981.

Ein har funne at energien som blir overført frå ope vatn til luft, spelar ei viktig rolle for temperaturen på land. Verknaden er avhengig av hellinga på terrenget og andre lokale terrengeffektar, dessutan høgda over fjorden og temperaturen i luftmassen. Di brattare terreng, di lågare ned mot fjorden og di lågare temperatur på luftmassen, di større blir verknaden.

UNDERSKRIFT

*Per Eyvind Nordlie*

Per Eyvind Nordlie

PROSJEKTLEDER

*Bjørn Aune*

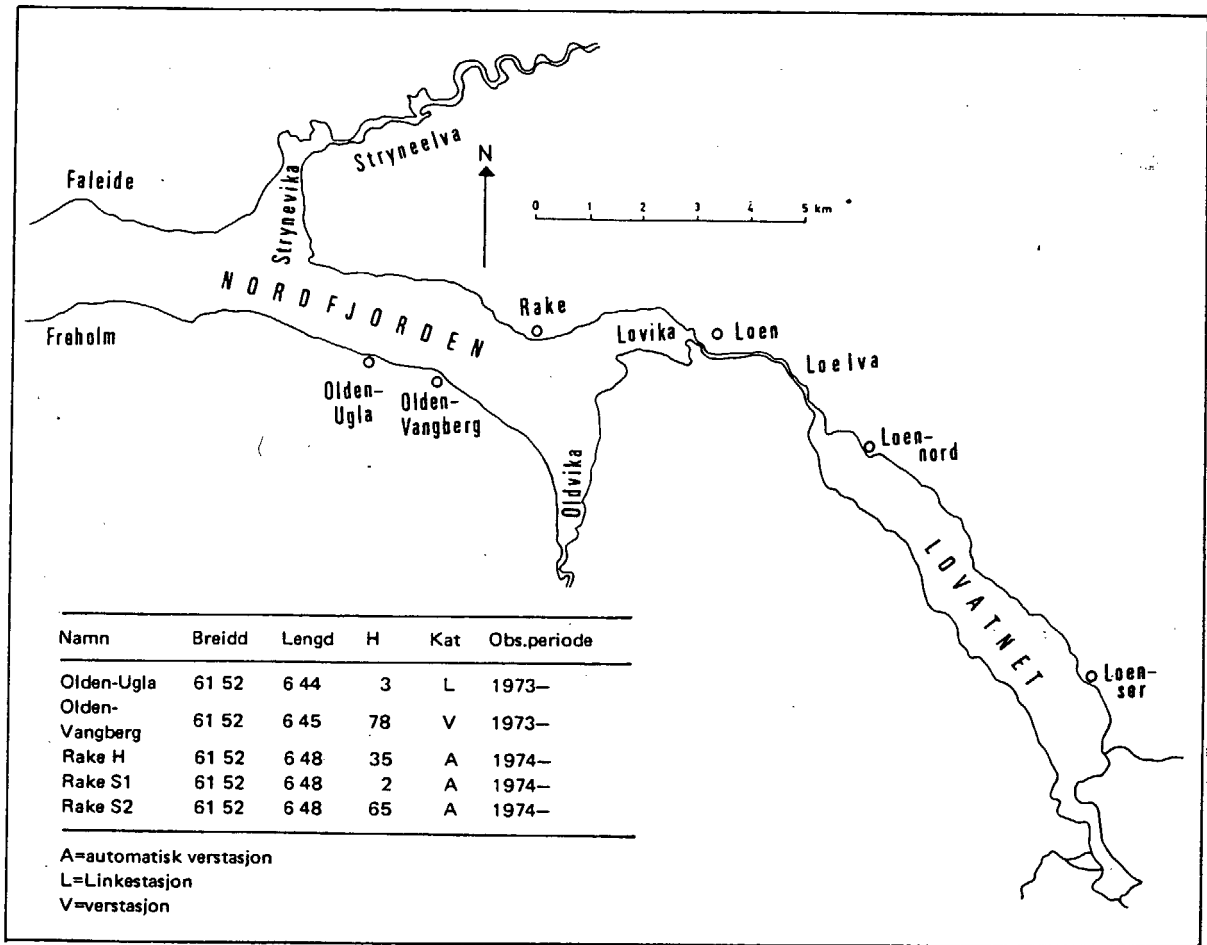
Bjørn Aune

FAGSJEF

# KLIMAVERKNAD PÅ GRUNN AV IS I INDRE NORDFJORD

## Innhald

1. Observasjonsmateriale	side 1
2. Metode	" 2
3. Resultat frå den førre granskinga	" 2
4. Ny gransking med utvida datatilfang	" 2
5. Sluttvurdering	" 3
6. Konklusjon	" 4
7. Litteratur	" 5



Namn	Breidd	Lengd	H	Kat	Obs.periode
Olden-Ugla	61 52	6 44	3	L	1973-
Olden-Vangberg	61 52	6 45	78	V	1973-
Rake H	61 52	6 48	35	A	1974-
Rake S1	61 52	6 48	2	A	1974-
Rake S2	61 52	6 48	65	A	1974-

A=automatisk verstaasjon  
L=Linkestaasjon  
V=verstaasjon

## KLIMAPÅVERKNAD PÅ GRUNN AV IS I INDRE NORDFJORD

Innleiing. Indre del av Nordfjorden vil stundom vera isfri, andre gonger islagt. Om vinteren er isen eit hinder for varmegjennomgangen frå vatnet til lufta. Dermed skulle ein vente at arealet av ope vatn skulle ha innverknad på lufttemperaturen nær fjorden. Målet for denne artikkelen er å talfeste denne innverknaden og å finne kor langt frå stranda verknaden vil gjera seg gjeldande. Resultata byggjer på observasjonar frå meteorologiske stasjonar. Emnet vart drøfta allereie i 1980 i ein rapport i samband med vassdragsreguleringane i det som NVE har kalla Breheimen (1), det vil seia, fjellstroka mellom Sogn og Jotunheimen. Seinare vart dette materialet publisert i tidsskriftet Klima. Artikkelen kom ut i 1981 (2).

1. Observasjonsmaterialet: Ved den første granskinga brukte ein observasjonar frå stasjonane Olden-Ugla og Olden-Vangberg. Frå desse stasjonane hadde ein da 238 observasjonar for isfri fjord og 92 observasjonar for islagt fjord. Materialet var såpass stort at det eigna seg bra til ei statistisk gransking. Ein prøvde også å bruke stasjonane på Rake, men resultata vart usikre fordi observasjonsmaterialet var for spinkelt, jamfør figurane 4, 5 og 6 i den nemnde artikkelen. Etter at granskinga var avslutta, ynskte ein å få ein betre datatilgang frå Rake-stasjonane og dei vart difor haldne i drift heilt fram til mai 1983. Observasjonane på Rake syntest interessante fordi ein der hadde tre målepunkt for temperatur i ulike høgder over fjorden. Dermed kunne verknaden av det opne fjordarealet finnast for ulike nivå. Ved den første granskinga rådde ein over 80 observasjonar for isfri fjord og 62 observasjonar for islagt fjord. Etter at dei siste observasjonane vart lagde til, auka datamengda til 252 observasjonar for isfri fjord og 179 observasjonar for islagt fjord. Dette materialet kan synast rikeleg, men fordelinga av observasjonane med omsyn til temperatur er, som ventande kan vera, særst ulik innafor dei to gruppene. Ennå er materialet noko snautt for kombinasjonen isfri fjord og streng kulde.

Observasjonane av isdekket på fjorden er samla inn av Iskontoret ved NVE. Observasjonane er vurderte nøye for at ein skulle kunne finne ut korleis isdekket på fjorden har vore til kvar tid. Det finst periodar som er utelatne på grunn av manglande isobservasjonar. Isarealet er taksert i firedelar i det ein berre har sett på arealet innafor ei line Faleide/Frøholm. Kodetal 3 tyder såleis at 3/4 av fjorden er islagt. For å få ei større mengd data, er kodetala 3 og 4 slegne saman og kalla islagt fjord medan kodetala 0 og 1 er slegne saman og kalla isfri fjord.

Sidan første granskinga har det vore observatørskifte for iskartlegginga.

2. Metode. Observasjonane vart delte inn i grupper alt etter temperaturen på Olden-Vangberg. Deretter vart storleiken  $\Theta$  funnen for kvar gruppe ved hjelp av likninga:

$$(1) \quad \Theta = \Delta T_v - \Delta T_i = (T_{Av} - T_{Bv}) - (T_{Ai} - T_{Bi})$$

der indeksane A og B tyder stasjon A og B og indeksane i og v tyder islagt fjord og isfri fjord. Alle observasjonane er tekne klokka 07 om morgonen slik at storleiken  $T_{Ai}$ , til dømes, tyder gjennomsnittstemperatur for stasjon A når fjorden er islagt. Under visse føresetnader, som er nærare diskuterte i den førre artikkelen, kan da  $\Theta$  tolkast som den verknaden som det opne vatnet øver på temperaturskilnaden mellom stasjon A og stasjon B. Når den eine er plassert utafør influensområdet til fjorden, vil  $\Theta$  gje verknaden av isen ved den andre stasjonen.

3. Resultat frå den førre granskinga. Som allereie nemnt, hadde ein bra datatilgang for stasjonsparet Olden-Ugla/Olden-Vangberg. Stasjonen Ugla låg berre 3 meter over fjorden medan Vangberg låg 78 m over fjorden. Ein fann at Ugla var monaleg kaldare enn Vangberg når det låg is på fjorden, medan det omvendte var tilfelle når fjorden var isfri. Det opne vatnet påverkar dermed klimaet rundt fjorden opp til ei viss høgd, og dessutan, di kaldare lufta er, di større verknad har vatnet. Ved  $0^\circ$  kunne ein ikkje sjå nokon signifikant verknad, ved  $-5^\circ$  var den gjennomsnittlege verknaden  $2^\circ$  nede ved fjorden. Føresetnadene for at desse tala skulle vera rette, var at Vangberg ikkje var påverka av det opne fjordvatnet. Ved hjelp av stasjonar utanfor fjordområdet vart det gjort ei gransking av dette. Resultata tyder på ein viss verknad ved Vangberg av storleiksorden ti-dels gradar, men verknaden var ikkje signifikant.

4. Ny gransking med utvida datatilfang. Metoden er den same som det stutt er gjort greie for under pkt. 2. Resultata er presenterte i tabell 1 for stasjonane Rake S1 som ligg 2 meter over fjorden, Rake H som ligg 35 meter over fjorden og Rake S2 som ligg 65 meter over fjorden. For kvart intervall som er med i granskinga, er storleiken  $\Theta$  utrekna slik at den kan jamførast med  $\Theta_{kr}$  som er funne ved hjelp av ei statistisk utrekning som er omtala nærare i førre artikkelen. Ved signifikansnivået 0.95 er  $\Theta_{kr}$  grensa for at  $\Theta$  skal vera signifikant i det aktuelle intervallet.

1. Stasjonsparet Rake S1/Rake H: Storleiken  $\Theta$  er svært nær  $0$  gradar og alle verdiane er små i høve til  $\Theta_{kr}$  og dermed ikkje signifikante. Ein skulle kanskje vente at isen ville gjera seg gjeldande i større monn på ein stad som berre ligg 2 meter over fjorden enn på ein stad som ligg 33 meter høgre oppe. Men jamføringa mellom dei to stasjonane viser om lag den same påverknaden, sjå  $\Theta$  i tabell 1. For det isfrie tilfellet ser variansen ut til å vera uavhengig av temperaturen, for det islagte tilfelle minkar variansen med aukande temperatur. For temperaturar lågare enn  $-6$  gradar, er det berre 15 observasjonar i det isfrie tilfellet og resultatet for slike temperaturar vil dermed vera noko usikkert.

TABELL 1

Stasjonspar	Intervall	Ni	Nv	Nei	Nev	Vi	Vv	$\Delta Ti$	$\Delta Tv$	$\Theta$	$\Theta_{kr}$
Rake S1/ Rake H	0, 2.9	19	115	10	62	0.3	0.2	0.3	0.3	0.0	0.3
	-3.0,-0.1	45	88	45	72	0.5	0.4	0.2	0.3	0.1	0.3
	-6.0,-3.1	32	34	32	34	0.8	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4
	-9.0,-6.1	43	7	18	7	1.8	0.3	-0.1	-0.2	-0.1	1.1
	-9.1	40	8	27	8	3.7	0.3	-1.1	-0.9	0.2	1.4
Rake S1/ Rake S2	0, 2.9	19	115	10	77	0.4	0.4	0.2	0.2	0.0	0.4
	-3.0,-0.1	45	88	45	88	0.9	0.5	-0.2	0.1	0.3	0.3
	-6.0,-3.1	32	34	26	18	2.0	0.5	-0.7	0.2	0.9	0.7
	-9.0,-6.1	43	7	18	7	2.8	0.4	-1.1	-0.6	0.5	1.4
	-9.1	40	8	22	8	4.8	0.5	-2.6	-1.6	1.0	1.6
Rake S1/ Olden - Vangberg	0, 2.9	19	115	16	94	1.0	0.9	0.4	0.4	0.0	0.5
	-3.0,-0.1	45	88	45	59	1.1	0.7	0.0	0.3	0.3	0.4
	-6.0,-3.1	32	34	26	34	3.1	0.8	-0.5	0.6	1.1	0.7
	-9.0,-6.1	43	7	23	7	3.3	1.3	-0.6	-0.1	0.5	1.5
	-9.1	40	8	22	8	5.2	0.5	-2.2	-1.6	0.6	1.7
Rake H/ Rake S2	0, 2.9	19	115	16	49	0.2	0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.3
	-3.0,-0.1	45	88	37	47	0.4	0.1	-0.4	-0.2	0.2	0.2
	-6.0,-3.1	33	34	11	28	1.0	0.2	-0.9	-0.2	0.7	0.5
	-9.0,-6.1	44	7	19	7	0.9	0.1	-1.1	-0.4	0.7	0.7
	-9.1	40	8	17	5	1.0	0.3	-1.4	-0.7	0.7	1.0
Rake H/ Olden - Vangberg	0, 2.9	19	115	16	115	0.7	0.6	0.1	0.1	0.0	0.4
	-3.0,-0.1	45	88	45	88	0.5	0.3	-0.2	0.1	0.3	0.2
	-6.0,-3.1	33	34	14	34	1.9	0.3	-0.7	0.2	0.9	0.6
	-9.0,-6.1	44	7	36	7	0.9	0.5	-0.6	0.1	0.7	0.8
	-9.1	40	8	33	8	1.2	0.6	-1.1	-0.7	0.4	0.8
Rake S2/ Olden - Vangberg	0, 2.9	19	115	8	94	0.8	0.6	0.2	0.2	0.0	0.6
	-3.0,-0.1	45	88	45	88	0.4	0.4	0.2	0.2	0.0	0.2
	-6.0,-3.1	33	34	18	34	0.7	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
	-9.0,-6.1	44	7	36	7	0.9	0.2	0.5	0.5	0.0	0.8
	-9.1	40	8	33	8	0.6	0.4	0.3	0.0	-0.3	0.6
Loen/ Olden - Vangberg	0, 2.9	20	130	11	130	0.5	1.0	-0.4	-0.2	0.2	0.5
	-3.0,-0.1	49	108	49	72	1.9	0.7	-0.2	-0.4	-0.2	0.4
	-6.0,-3.1	36	52	36	35	2.2	2.1	-0.6	-0.3	0.3	0.6
	-9.0,-6.1	46	15	46	15	1.8	1.1	-1.0	-1.1	-0.1	0.8
	-9.1	40	9	27	9	2.2	1.3	-1.5	-2.8	-1.6	1.1

Forklaring til symbola i overskrifta:

Ni = Talet på observasjonar for islagd fjord.

Nv = Talet på observasjonar for isfri fjord.

Nei = Talet på observasjonar for islagd fjord redusert på grunn av autokorrelasjon mellom naboobservasjonane.

Nev = Talet på observasjonar for isfri fjord redusert på grunn av autokorrelasjon mellom naboobservasjonane.

$\Delta Ti$  = Temperaturdifferensen mellom stasjonspara for islagt fjord.

$\Delta Tv$  = Temperaturdifferensen mellom stasjonspara for isfri fjord.

Vi = Variansen i  $\Delta Ti$ .

Vv = Variansen i  $\Delta Tv$ .

$\Theta$  =  $\Delta Tv - \Delta Ti$ .

$\Theta_{kr}$  = Kriteriet for signifikans utrekna etter Students T-test.

2. stasjonsparet, Rake S1/Rake S2. For temperaturar under 0 gradar, er temperaturen på Rake S1 meir påverka av fjordisen enn temperaturen på Rake S2. I dei intervalla der mengda av observasjonar er størst, er skilnaden signifikant. At isen spelar ei rolle for klimaet på Rake S1, viser også den markerte skilnaden i variansen for  $\Delta T$ . Når fjorden er islagt, minkar variansen med aukande temperatur. Da kan kaldlufta bli liggjande over fjordisen medan islaget isolerer ho frå det varme fjordvatnet. Rett nok er ikkje denne isolasjonen fullkomen, men det er ein drastisk reduksjon i varmetransporten i høve til det isfrie tilfellet. Særleg god blir isolasjonen dersom isen er dekt av eit snølag. Over dette underlaget kan det byggje seg opp inversjonar av ulik styrke. Den store variansen i  $\Delta T$  for islagt fjord kan dermed lett forklarast. Når fjorden er isfri, varierer ikkje variansen med temperaturen. Da er varmetransporten frå vatnet til lufta så effektiv at det kjem istand ein vertikalsirkulasjon over fjorden. Den vil vera eit hinder for inversjonsdanning.

3. stasjonsparet, Rake S1/Olden-Vangberg. Vangberg ligg 78 meter over fjorden, d.e. 12 meter høgre enn Rake S2. Resultata er nesten identiske med stasjonsparet Rake S1/Rake S2.

4. stasjonsparet, Rake H/Rake S2. For alle intervalla under 0 gradar er det signifikante skilnader mellom det isfrie og det islagde tilfellet. Storleiken til  $\theta$  er om lag den same som for stasjonsparet Rake S1/Rake S2. Dette tyder på at verknaden av fjordisen ikkje minkar med høgda dei første 35 meter over fjorden, men at verknaden minkar sterkt i høgdeintervallet mellom 35 og 65 meter.

5. stasjonsparet, Rake H/Olden-Vangberg. Resultata ligg svært nær resultatata for stasjonsparet Rake H/Rake S2.

6. stasjonsparet, Rake S2/Olden-Vangberg. Storleiken  $\theta$  ligg nær 0 gradar og ein kan ikkje finne nokon signifikant verdi av  $\theta$  i noko intervall.

7. stasjonsparet, Loen/Olden-Vangberg. Klimastasjonen Loen ligg 45 meter over fjorden og om lag 500 meter frå inste delen av Lovika. Terrenget inne i fjordbotnen er dermed mykje flatare enn ved Vangberg eller Rake. Om det er slik at Vangberg ikkje er påverka av fjorden, ser heller ikkje Loen ut til å vera påverka. I den førre granskinga vart desse stasjonane testa mot stasjonar utafor fjorden, såkalla referansestasjonar. Ulike val av referansestasjonar gav ulike resultat, men det var ein tendens til at dei to stasjonane kunne vera svakt (ein grad eller mindre) påverka av fjorden, men ingen resultat var signifikante. Indikasjonane var noko tydelegare for Loen enn for Vangberg.

5. Sluttvurdering. Resultata frå dei ulike mælepunkta på Rake kan jamførast med resultatata frå den førre granskinga som galt stasjonsparet Olden-Ugla/Olden-Vangberg. For islagt fjord er det godt samsvar mellom dei to granskingane. Da byggjer det seg lett opp inversjonar over isen av ulik styrke. For isfri fjord derimot, er tilhøva ulike.



Isfri fjord: Den gjennomsnittlege temperaturdifferensen mellom Ugla og Vangberg,  $\Delta T_v$ , minkar med aukande temperatur. Når temperaturen på Vangberg<sup>v</sup> er om lag -5 gradar, er  $\Delta T_v$  snautt 1 grad, dvs. den temperaturdifferensen det teoretisk skal vera mellom dei to nivåa dersom lufta er i vertikal rørslé og blir oppvermt eller avkjølt tørrdiabatisk. Varmen frå fjordvatnet syter for denne sirkulasjonen. Den gjennomsnittlege temperaturdifferensen mellom Rake S1 og Rake S2,  $\Delta T_v$ , aukar derimot med aukande temperatur. Trass i isfri fjord<sup>v</sup> er det kaldare på Rake S1 enn på Rake S2. Det ligg ein temperaturinversjon mellom desse to mælepunkta.

Denne ulikskapen mellom stasjonsparet Rake S1/Rake S2 og stasjonsparet Ugla/Vangberg er markert og ikkje heilt lett å forklare. I det følgjande vil eg peike på to moglege årsaker. Den eine er hellinga på terrenget på Rake jamført med Vangberg. Her er nokre karakteristiske tal:

Dersom ein tenkjer seg ei line gjennom mælepunktet på Vangberg og gjennom næraste punktet på stranda, vil lina ha ein vinkel på 27 gradar med horisontalplanet. Tilsvarende tal for Rake S2 og for Rake H er 17 og 13 gradar. Det er mogleg at kaldluft kan sige nedover langs bakken på Rake så sakte at ho stendig blir avkjølt på vegen nedover trass i vinninga av dynamisk varme. Nedover brattlendet ved Ugla/Vangberg glir lufta snøggare slik at vinninga av dynamisk varme blir større enn strålingstapet.

Den andre årsaka kan vera påverknaden av kaldluft frå Loen og Lodalen. Denne kaldlufta kan så gli utover Lovika. Lovika og Oldvika er ofte dei stadene i fjorden som islegg seg først, og isen kan hardnakka halde seg der sjølv om han løyser seg opp elles på fjorden. Etter reglane for isklassifisering vil denne situasjonen gje klasse 1 som i granskinga blir rekna som isfri fjord. Lufta blir da ikkje oppvarma nemnande den tida ho er over isen i Lovika. Vidare må lufta passere eit stykke open fjord, minst 1 km. Her blir lufta oppvermt, men kan hende ikkje nok til å nå indifferent lagdeling slik at konveksjonsstraumane kan gå uhindra.

Frå Lovika utover mot Rake svingar dessutan fjorden noko til venstre. Dermed vil det verke tregheitskrefter på lufta. Kreftene er retta innover mot land der inga oppverming av lufta skjer.

Kor viktige desse to årsakene er, kan berre finnast ved hjelp av spesialstudiar i felten eller modellberekningar.

6. Konklusjon. Energien som blir overført frå ope vatn til luft, spelar ei viktig rolle for temperaturen også på land. Verknaden er avhengig av hellinga på terrenget og andre lokale terrengeffektar, dessutan høgda over fjorden og temperaturen i luftmassen. Di brattare terreng, di lågare ned mot fjorden og di lågare temperatur på luftmassen, di større blir verknaden. På sørsida av fjorden, ved Vangberg, er verknaden nede ved fjorden 2 gradar når temperaturen i luftmassen er -5 gradar (målt ca. 80 meter over fjorden). Ved Rake er tilsvarende verknad 1 grad. Ved Rake ser det ut til at verknaden ikkje minkar signifikant dei første 35 meter over fjorden.

Det er vanskeleg å finne kor høgt opp verknaden av isfri fjord gjer seg gjeldande. Indikasjonar tyder på at verknaden kan gå opp til 100 meter over fjorden, men den vil då vera sterkt redusert.

7. Litteratur.

(1) Per Eyvind Nordlie, 1980. Klimapåverknader i indre Nordfjord og indre Sogn etter eventuell vasskraftutbygging i Breheimen. Det norske meteorologiske institutt.

(2) Per Eyvind Nordlie, 1981. Klimapåverknad på grunn av is i indre Nordfjord og Lovatnet. Klima nov. 1981 nr. 4.

(3) Yngvar Gjessing/Tor Magnar Hammer, 1983. Isens innvirkning på lufttemperaturen langs Lustrafjorden. Universitetet i Bergen.

## **DNMI-KLIMAAVDELINGENS FAGRAPPORTER**

- 1/84 NORDLIE, P E:  
KLIMAGRANSKINGAR I NVE'S PROSJEKTOMRADE FOR KRAFTUTBYGGING.  
Statuarapportar 1983, administrativ del  
Oppdragsgjevar: NVE - Statskraftverka
- 2/84 AUNE, B:  
ROGNMOEN GRUSTAK Eventuelle lokale klimaendringer  
08.06.1984  
Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Vegsjefen i Troms fylke
- 3/84 FØRLAND, E J:  
PAREGNEELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER  
03.07.1984  
Oppdragsgiver: NVE - Hydrologisk avdeling
- 4/84 FØRLAND, E J og IDEN, K A:  
EKSTREM NEDBØR I LØPET AV 1 - 30 DØGN  
Observerte og beregnede verdier for 49 stasjoner  
03.07.1984  
Oppdragsgiver: Vassdragsregulantenenes Forening
- 5/84 NORDLIE, P E:  
E6 MOGREINA - BOKSRUD Klimavurdering av konsekvensane ved  
kryssing av Andelva  
05.07.1984  
Oppdragsgjevar: Statens vegvesen, Vegsjefen i Akershus fylke
- 6/84 NORDLIE, P E:  
KLIMAENDRINGAR PÅ GRUNN AV IS I INDRE NORDFJORD  
05.07.1984  
Oppdragsgjevar: NVE - Statskraftverka