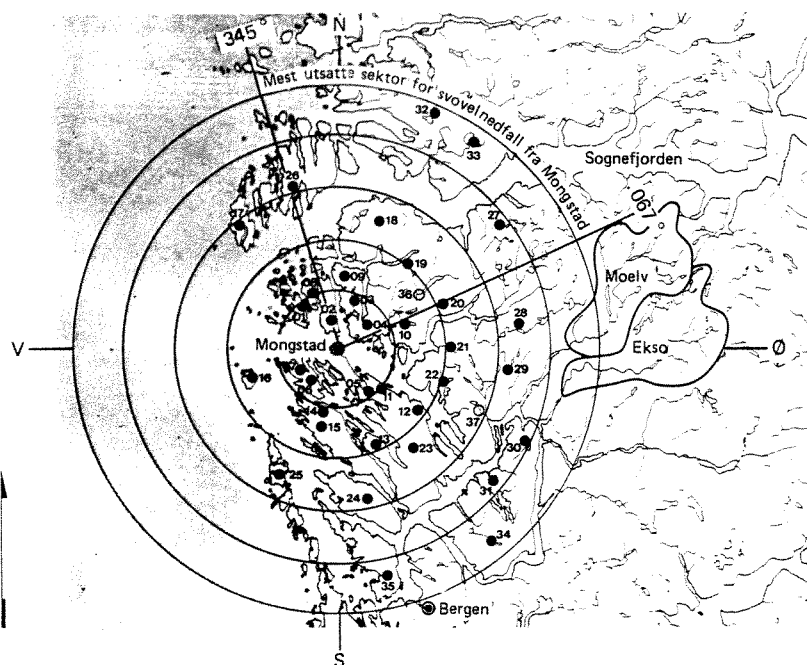


O-88162

Overvåking av innsjøer rundt  
**Mongstad**  
1990



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 0-88162
Undernummer:
Løpenummer: 2576
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking av innsjøer rundt Mongstad, 1990	Dato: 3.5.1991
	Prosjektnummer: 0-88162
Forfatter (e): Tor S. Traaen Arne Henriksen	Faggruppe: Sur nedbør
	Geografisk område: Hordaland Møre & Romsdal
	Antall sider (inkl. bilag): 38

Oppdragsgiver: Statoil Mongstad, 5154 Mongstad	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: <p>I 1988, 1989 og 1990 er det utført vannkjemiske undersøkelser av 27 innsjøer innenfor en radius av ca 4 mil fra Mongstad-raffineriet. Deler av undersøkelsesområdet er blant de mest forsuringfølsomme områdene i Norge. Det er målt pH-verdier ned mot 4.5. Høye nedbørmengder i 1989 og 1990 førte til lavere konsentrasjoner av ikke-marin sulfat og nitrat enn i 1988. Episodisk forsuring grunnet den såkalte "sjøsalteffekten" har stor betydning i undersøkelsesområdet. Undersøkelsene tyder på at Mongstad-raffineriets bidrag til forsuring av innsjøene i området er relativt liten. Man har en forurensningssituasjon der ingen enkeltkilde er avgjørende for summen av påvirkning. Årsaken til sure episoder i bekker i området vil kunne avklares ved automatisk overvåking.</p>
--

- 4 emneord, norske:
1. Sur nedbør
  2. Innsjøer
  3. Forsuring
  4. Oljeraffineri

- 4 emneord, engelske:
1. Acid rain
  2. Lakes
  3. Acidification
  4. Oil refinery

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN 82-577-1909-9

0 - 88162

**OVERVÅKING AV INNSJØER  
RUNDT MONGSTAD  
1990**

Saksbehandler: Tor S. Traaen

Medarbeider : Arne Henriksen

**INNHALDSFORTEGNELSE**

	side
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
2. INNLEDNING	4
3. VALG AV INNSJØER. PRØVETAKING OG ANALYSEPROGRAM	5
3.1 Valg av innsjøer.	5
3.2 Prøvetaking.	8
3.3 Analyseprogram.	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1 pH.	9
4.2 Ikke-marine basekationer (ECM*).	9
4.3 Ikke-marin sulfat (ES04*).	13
4.4 Nitrat (NO3N)	16
4.5 Organisk karbon (TOC).	17
4.6 Sjøsaltenes innvirkning på surhetsgraden.	18
4.7 Alkalitet (ALK-E) og syrenøytraliserende kapasitet (ANC).	20
4.8 Vurdering av Mongstad-raffineriets bidrag til forsuring av innsjøene.	22
LITTERATUR	24
VEDLEGG	26

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Rapporten gir resultatene av vannkjemiske undersøkelser av 27 innsjøer rundt Mongstad i 1990. Overvåkingen startet i 1988 og er utført etter oppdrag fra Statoil Mongstad.

Forsuringssituasjonen i innsjøene er vurdert ut fra naturgitte forhold som innsjøenes motstandsevne mot forsuring, innhold av organiske syrer og hydrologiske forhold, samt fjerntransporterte forurensninger og mulige effekter av utlipp fra Mongstad-raffineriet.

Store deler av undersøkelsesområdet er blandt de mest forsuringfølsomme områdene i landet. Flere innsjøer har konsentrasjoner av basekationene kalsium og magnesium på under 10  $\mu\text{ekv/l}$ , og det er målt pH-verdier ned mot 4.5.

Flere kystnære innsjøer har en naturgitt surhet på grunn av høyt innhold av organiske syrer. I enkelte innsjøer er den naturgitte forsuring (på ekvivalentbasis) større enn bidraget fra luftforurensninger.

På grunn av høye nedbørmengder i området i 1989 og 1990 var konsentrasjonene av sulfat og nitrat markert lavere i 1989 og 1990 enn i 1988. Det var allikevel liten endring i innsjøenes pH. Den viktigste årsaken til dette var en markert "sjøsalteffekt". Denne effekten består i at natrium fra sjøsalt ionebyttes med hydroniumioner i jordsmonnet. En markert økning i kloridkonsentrasjonene fra 1988 til 1989 og 1990 viser at sjøsaltpåvirkningen var spesielt stor i 1989 og 1990. Høye nedbørmengder førte også til en fortykning av basekationene.

Utslippene fra Mongstad-raffineriet har variert mye de siste 3 årene. Det har ikke vært mulig å påvise sammenfallende endringer i innsjøene som ligger mest utsatt for nedfall fra raffineriet. De vannkjemiske endringene i innsjøene synes å være dominert av variasjoner i kvalitet og mengde av nedbør og langtransporterte forurensninger. Både denne undersøkelsen og andre referte undersøkelser tyder på at forurensningsbidraget fra Mongstadraffineriet er relativt lite. Man kan allikevel ikke utelukke en marginal effekt av utslippene. Man har en forurensningssituasjon hvor ingen enkeltkilde kan sies å være avgjørende for summen av påvirkning. For å avklare årsaken til sure episoder i bekker vil det være nødvendig med kontinuerlig overvåking.

## 2. INNLEDNING

Denne overvåkingsundersøkelsen av innsjøer rundt Mongstad er utført etter oppdrag fra Statoil Mongstad. Hensikten med overvåkingen er å undersøke om sure utslipp fra Mongstad-raffineriet påvirker innsjøene i området. Undersøkelsen startet i 1988 og ble videreført i 1989 og 1990. Undersøkelsen i 1988 og 1989 (Traaen og Henriksen 1989 og Traaen og Henriksen 1990) kunne ikke påvise noen sammenheng mellom forsuring av innsjøer og svovelutslipp fra Mongstad-raffineriet.

Konsesjonsgrensene for utslipp til luft fra Mongstad-raffineriet er 2500 tonn  $\text{SO}_2$ /år. Utslippene er oppgitt å ha ligget under dette de siste årene, med unntak av 1989 da det nye raffineriet ble startet opp. De siste 12 månedene før vannprøvetakingen i slutten av oktober 1990 ble det sluppet ut 2960 tonn  $\text{SO}_2$ , mot 2752 tonn i tilsvarende periode året før. Den høye årsverdien for 1990 skyldes at de høye utslippene i forbindelse med oppstartingen av nytt raffineri vedvarte t.o.m. februar 1990. De siste 6 månedene før prøvetaking var utslippene i 1990 1050 tonn  $\text{SO}_2$  mot 2103 tonn i 1989. Utslipsdata for svoveldioksid er vist i bilag nr.1.

Nedfallet av  $\text{SO}_4$  fra Mongstad-raffineriet er beregnet å utgjøre maksimalt 6% av bakgrunnsnedfallet i den mest utsatte sektor (345-067<sup>o</sup>) innen 6 mil fra Mongstad-raffineriet (Førland 1981). Spredningsstudier er referert i litteraturlisten. Det nye raffineriet har konsesjon på utslipp av 1400 tonn/år av nitrogenoksider (målt som  $\text{NO}$ ). Fra januar t.o.m. november 1990 var det gjennomsnittlige månedsutslippet 94 tonn  $\text{NO}$ , tilsvarende et årlig utslipp på ca 1100 tonn. Driftsdata før 1990 foreligger ikke.

### 3. VALG AV INNSJØER. PRØVETAKING OG ANALYSEPROGRAM

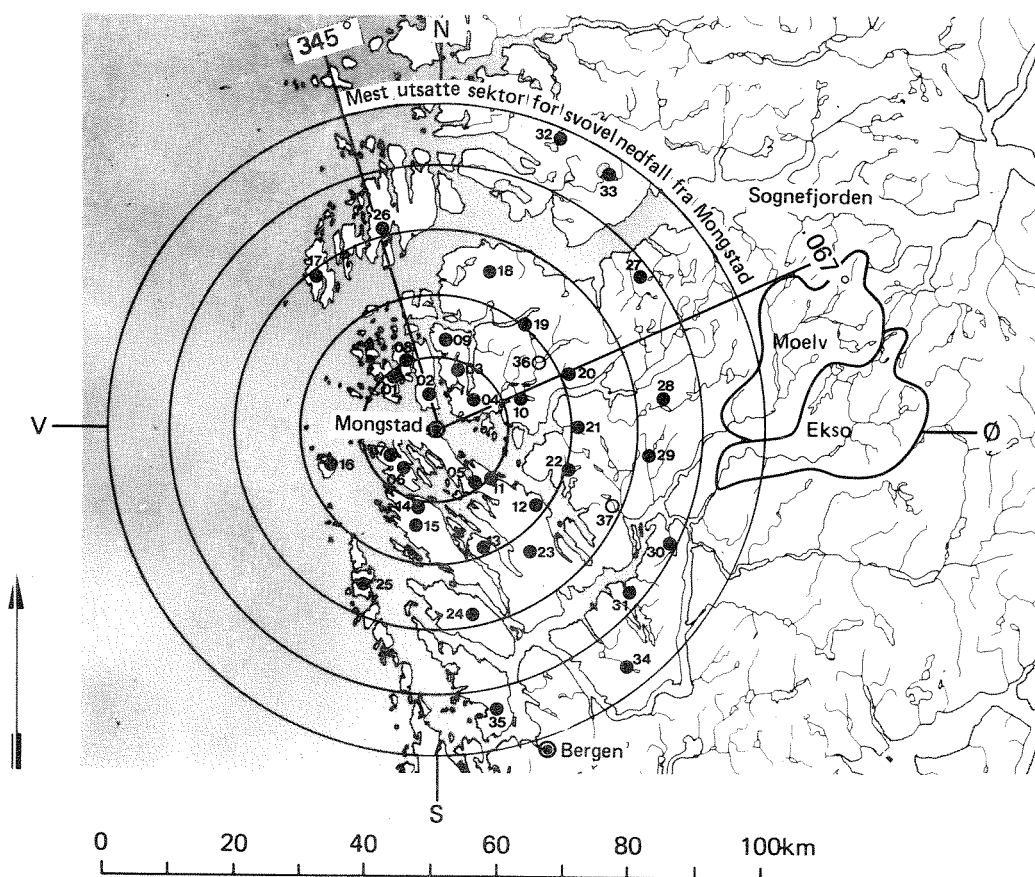
#### 3.1 Valg av innsjøer.

De utvalgte innsjøene ligger innenfor en radius av 5 mil fra Mongstad (se Figur 1). Det er lagt vekt på å få en spredning i alle retninger fra Mongstad slik at resultatene kan sammenholdes med de fremherskende vindretninger fra Mongstad. Videre er det fortrinnsvis valgt innsjøer som er større enn 0.2 km<sup>2</sup>. Det er også tatt hensyn til om innsjøene er undersøkt tidligere. Således er 9 innsjøer fra overvåkingsprogrammet til Statoil Mongstad og 10 innsjøer fra "1000"-sjøers-undersøkelsen inkludert. 16 innsjøer er nye, og er primært valgt ut fra beliggenhet i forhold til Mongstad. 2 innsjøer fra SFT/NIVA's årlige "100"-sjøers undersøkelse er inkludert i bearbeidingen. Disse er markert med åpne sirkler i Figur 1. 37 innsjøer ble undersøkt i 1988. 10 innsjøer ble tatt ut av programmet i 1989 fordi de enten var lite følsomme for forsurening, var kalket, hadde høyt innhold av naturgitte organiske syrer eller lå mer enn 4 mil fra Mongstad-raffineriet. I 1990 ble det tatt prøver i de samme innsjøene som i 1989. Innsjøene er listet opp i Tabell 1. I tabellen er innsjøene gruppert etter avstand i luftlinje fra Mongstad-raffineriet.

Tabell 1. Innsjøer i overvåkingprogrammet for Mongstad i 1988-1990.  
Innsjøer merket med asterix (\*) ble bare prøvetatt i 1988.

Innsjønr./innsjø	Kartblad	UTM	h.o.h. (m)
0-1 mil fra Mongstad			
M01 Nykksvatn	1116 IV	777579	ca 100
M02 Kvernhusvatn	1116 IV	835539	33
M03 Svardalsvatn *	1116 IV	875580	27
M04 Svelivatn	1116 I	908537	121
M05 Tjukketlavatn	1116 I	893419	10
M06 Førlandsvatn *	1116 IV	794424	14
M07 Rebnordsvatn	1116 IV	765462	23
1-2 mil fra Mongstad			
M08 Mjømnevatn *	1116 IV	794599	21
M09 Norddalsvatn	1116 IV	856628	98
M10 Ostavatn	1116 I	976534	48
M11 Fonnebostvatn	1116 I	923417	23
M12 Austrevatn (Fjellsende)	1116 II	941396	8
M13 Festevatn *	1116 II	880319	10
M14 Færevatnet	1116 III	800369	19
M15 Kvalheimsvatn *	1116 III	787345	6
M16 Langevatn	1016 I	666446	17
2-3 mil fra Mongstad			
M17 Gardvatn	1017 II	675740	33
M18 Nordgulvatn	1117 II	938723	133
M19 Klyvtveitvatn	1116 I	993654	407
M20 Grønefjellvatn	1116 I	019579	403
M21 Storevatn	1116 I	048493	135
M22 Blådalsvatn	1116 I	044421	272
M23 Tveitavatn	1116 II	007277	24
M24 Storavatn	1116 II	863203	10
M25 Rotevatn *	1116 III	717256	19
3-4 mil fra Mongstad			
M26 Storevatn (Hop)	1117 III	766791	30
M27 Kovevatn	1217 III	161720	532
M28 Littlematrestøylvatn	1216 IV	188521	608
M29 Botnavatn	1216 IV	169445	348
M30 Toskedalsvatn *	1216 III	188296	182
M31 Kleppesvatn	1216 III	119235	35
4-5 mil fra Mongstad			
M32 Markhusvatn *	1117 II	038924	214
M33 Nordstrandvatn *	1217 III	111864	238
M33B Sørestrandvatn *	1217 III	120871	238
M34 Storavatn *	1215 IV	122112	320
M35 Kleppevatn	1115 I	912047	70
"100-sjøer" (SFT/NIVA)			
TM36 Yndesdalsvatn	1116 I	014600	103
TM37 Båtevatn	1216 III	098375	451





Figur 1. Prøvetakingsstasjoner for overvåking av innsjøer rundt Mongstad. Tallene refererer til innsjønumre (Mxx) i Tab.1. Mest utsatte sektor ( $345^{\circ}$  -  $067^{\circ}$ ) for svovelnedfall fra Mongstad-raffineriet er inntegnet.

### 3.2 Prøvetaking.

Prøvene ble tatt i siste halvdel av oktober (etter høstsirkulasjonen). De fleste prøvene ble tatt ved utløpet av innsjøen, fortrinnsvis i utløpsbekken. Der det ikke var synlig eller tilgjengelig utløp ble prøvene tatt i god avstand fra tilløpsbekker. Prøvene ble tatt på spesialvaskede plastflasker og sendt til NIVAs analyselaboratorium.

De fleste innsjøene ble prøvetatt av Leif Lien, NIVA. Det ble benyttet helikopter til prøveinnsamlingen, men ingen prøver ble tatt direkte fra helikopteret. I 6 av innsjøene, hvor det ikke var ønskelig å lande med helikopter, ble prøvetakingen utført av personale ved Statoil Mongstad. Eli Nummedal organiserte denne prøvetakingen.

### 3.3 Analyseprogram.

Analyseprogrammet omfatter følgende parametre:

Komponent	Enhet	Analysemetode
pH		Orion Modell 801-A pH-meter med Radiometer kombinasjonselektrode.
Konduktivitet	mS/m 25°C	Philips PW 9509 digital meter.
Ca	mg/l	Atomabsorpsjon, flamme, Perkin Elmer 560.
Mg	"	" 0
Na	"	"
K	"	"
Cl	"	Ionekromatograf (Waters-ILC-1).
SO <sub>4</sub>	"	"
NO <sub>3</sub>	µgN/l	"
Alkalitet	µekv/l	Titring med syre til pH 4.5, med korreksjon til endepunktsalkalitet (ALK-E).
Organisk karbon (TOC)	mgC/l	ASTRO model 2850 TOC/TC Analyzer.
Reaktiv Al(RAL)	µg/l	AutoAnalyzer.
Ikke-labil Al(ILAL)	"	AutoAnalyzer med ionebytte.
Labil Al (LAL)	"	LAL = RAL - ILAL

#### 4. RESULTATER OG DISKUSJON

De kjemiske analyseresultatene er vist i Vedlegg nr. 4. For innsjøer som inngikk i "1000"-sjøers undersøkelsen er også data fra 1986 gjengitt. Forklaring til tabellen er vist i Vedlegg nr. 3. Resultater for pH, ikke-marin kalsium og magnesium (ECM\*), og ikke-marin sulfat (ES04\*) fra 1989 er også presentert på kart i figurene 2, 5 og 7. Endringer i kjemiske parametre fra 1989 til 1990 er vist i form av plot (figurene 3, 4, 6, 8, 9, 10 og 11), middelverdier (Vedlegg 5) og t-tester på endringene (Vedlegg 6). Middelverdier og t-tester er beregnet både for alle innsjøer samlet og for grupper av innsjøer ut fra beliggenhet i forhold til Mongstad-raffineriet.

##### 4.1 pH.

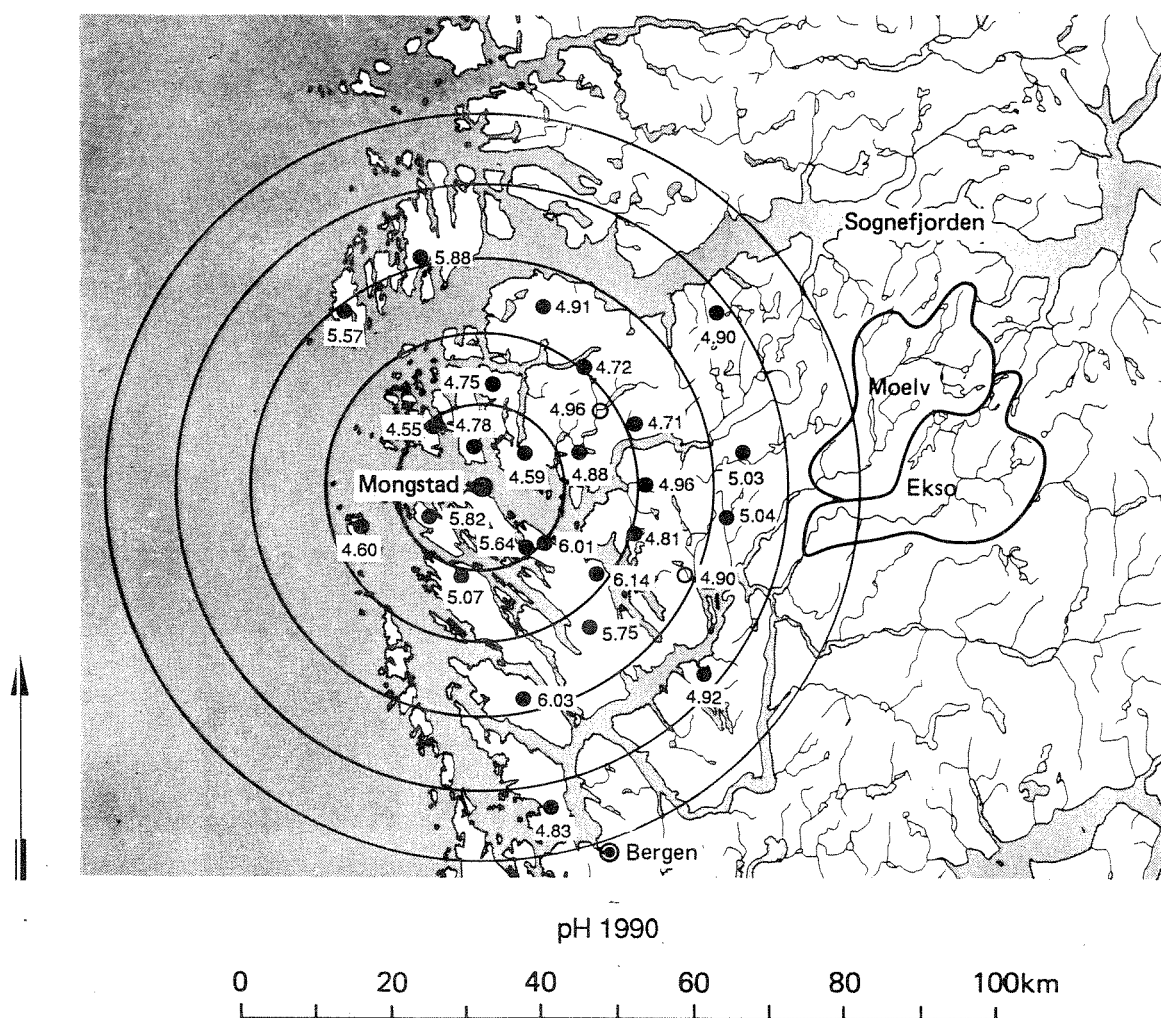
Det fremgår av figur 2 at de sureste vannene i undersøkelsen ligger i sektoren NV til Ø for Mongstad. De laveste pH-verdiene i 1990 hadde innsjø nr.01 Nykksvatn og nr. 04 Svelivatn med pH på h.h.v. 4.55 og 4.59. pH-verdier i 1990 var gjennomgående svært like verdiene i 1989 (figur 3). For de 10 innsjøene i den mest utsatte sektor for nedfall fra Mongstad var den gjennomsnittlige pH 4.91 i 1990 mot pH 4.87 i 1989. Tilsvarende tall for innsjøene i de øvrige sektorer var pH 5.28 i 1990 og pH 5.26 i 1989 (vedlegg nr. 5). Endringen er ikke signifikant (vedlegg nr. 6).

##### 4.2 Ikke-marine basekationer (ECM\*).

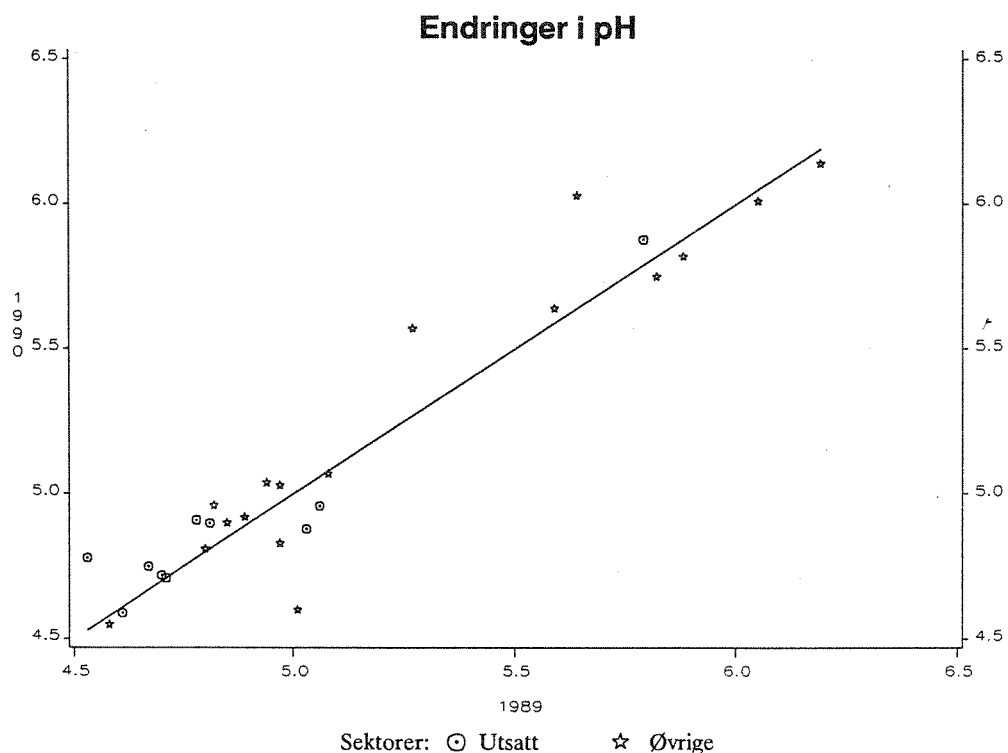
Vannets innhold av basekationene kalsium og magnesium gir et uttrykk for den opprinnelige forsuringfølsomheten. Så lenge vannet ikke er forsuret er basekationene balansert av bikarbonat (alkalitet). Ved forsuring med svovelsyre blir bikarbonat byttet ut med sulfationer. Fordi basekationer som stammer fra havet for det meste er balansert av andre anioner enn bikarbonat, må sjøsaltbidraget trekkes fra for å få et riktig uttrykk for den opprinnelige forsuringfølsomhet. Sjøsaltbidraget finnes ved å multiplisere kloridverdien med en faktor på 0.233, da det antas at alt klorid kommer fra havet gjennom nedbøren.

Det fremgår av figur 5 at lave verdier av basekationer (lav motstand mot forsuring) stort sett finnes i de samme områdene hvor pH-verdiene er lave. Flere innsjøer har verdier for basekationer under 10  $\mu\text{ekv/l}$ . Dette viser at området er blandt de mest forsuringfølsomme i Norge. Mange innsjøer i dette området har fra naturens side en marginal vannkvalitet for reproduksjon og oppvekst av fisk. I disse innsjøene er tålegrensen for sur nedbør tilnærmet null.

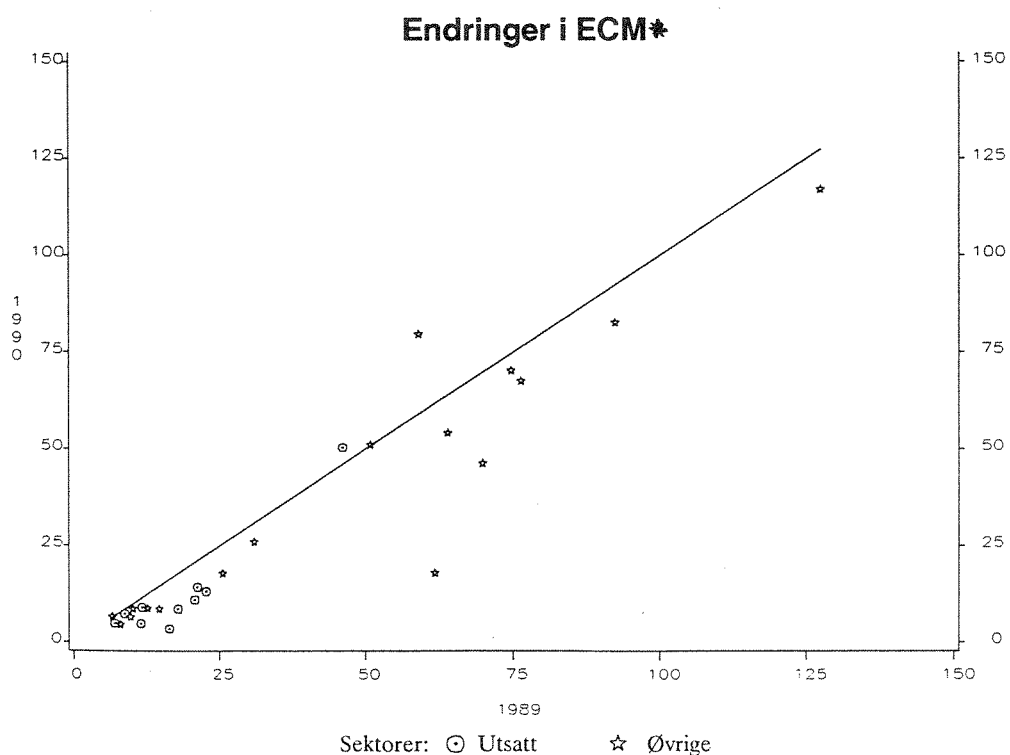
Verdiene av ECM\* var gjennomgående lavere i 1990 enn i 1989 (figur 4 og Vedlegg 5), og endringen var signifikant (Vedlegg 6). Årsaken til nedgangen er trolig fortynning grunnet store nedbørmengder i 1990.



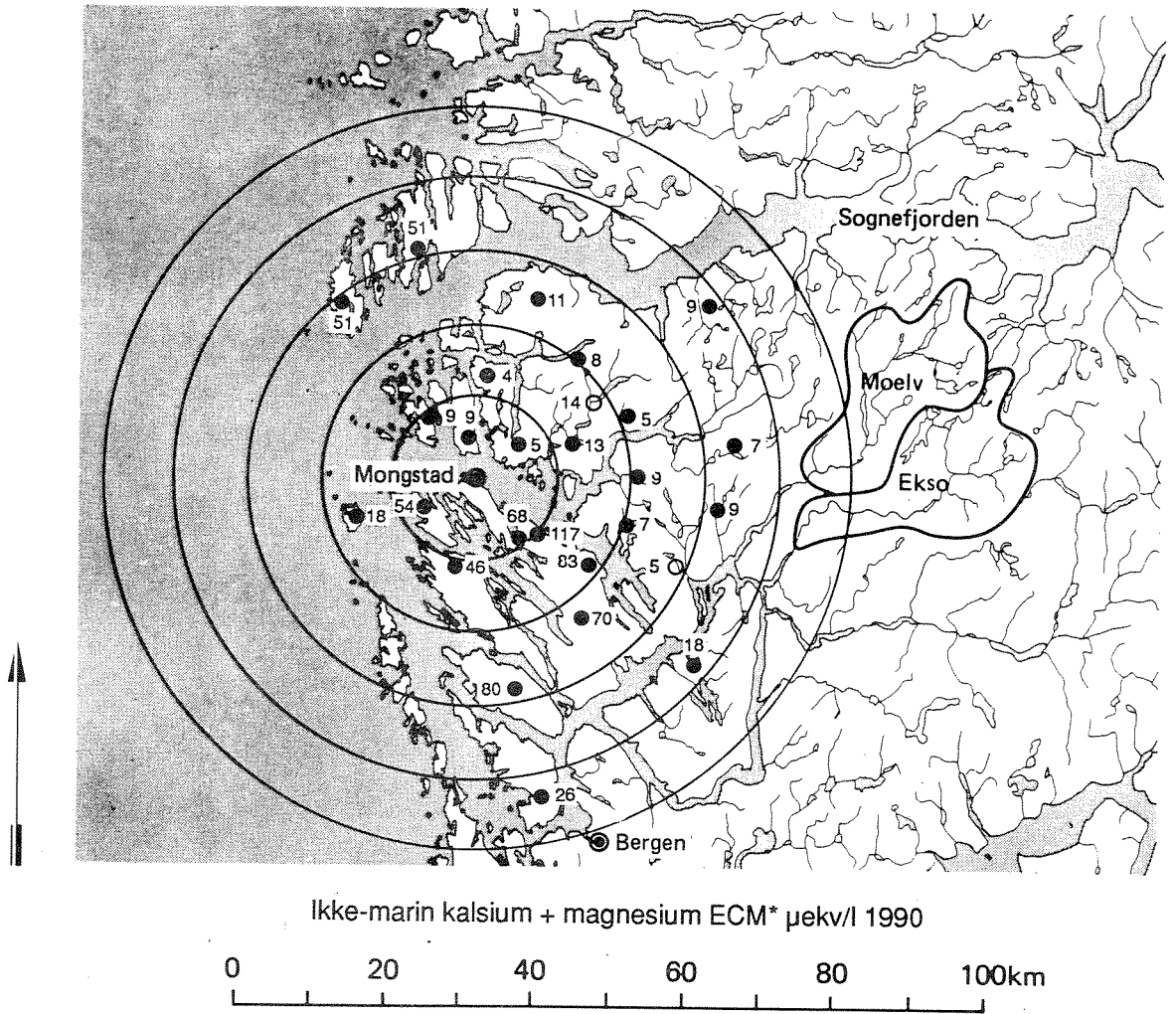
Figur 2. pH i innsjøer rundt Mongstad, høsten 1990.



Figur 3. pH i innsjøer rundt Mongstad i 1989 og 1990. 1:1-linjen er tegnet inn. Sirkler angir innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra Mongstad-raffineriet.



Figur 4. Ikke-marine basekationer (ECM\*) i innsjøer rundt Mongstad i 1989 og 1990. 1:1-linjen er tegnet inn. Sirkler angir innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra Mongstad-raffineriet.



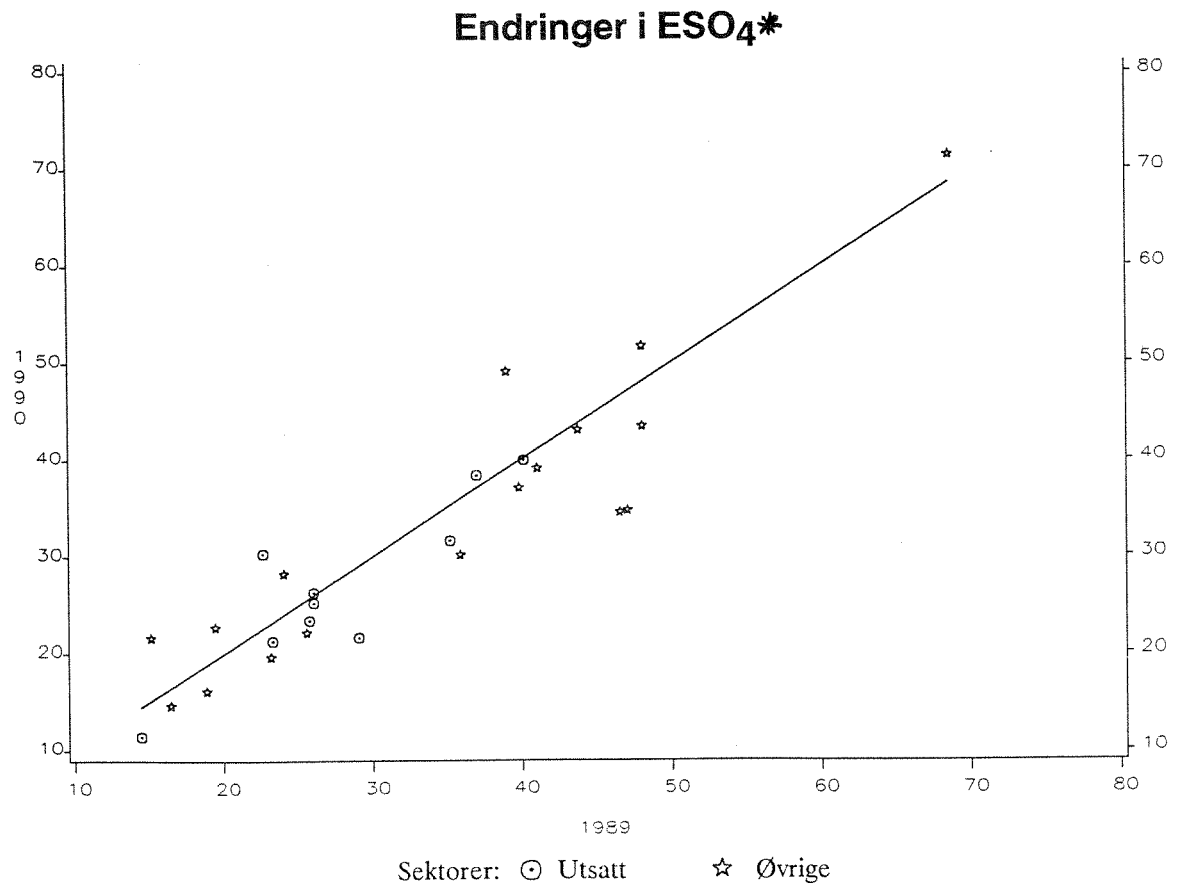
Figur 5. Ikke-marine basekationer (ECM\*) i innsjøer rundt Mongstad, høsten 1990. Enhet: µekv/l.

#### 4.3 Ikke-marin sulfat (SO<sub>4</sub><sup>\*</sup>).

Sulfat er det viktigste sure anionet i vannforsuring. Ved siden av antropogen sulfat (fra forurensning) inneholder overflatevann sulfat fra sjøsalter (mengden er avhengig av avstanden fra kysten). Dette kan man korrigere for ved å trekke fra kloridverdien (i  $\mu\text{ekv/l}$ ) multiplisert med en faktor på 0.103. I tillegg kan vannet inneholde noe sulfat fra geologiske kilder (vitring). Det finnes ingen pålitelig metode til å korrigere for geologisk sulfat. Vanligvis er imidlertid innholdet av geologisk sulfat lavt i forsuringsfølsomme områder, slik at man kan regne med at ikke-marin sulfat gir et rimelig godt uttrykk for påvirkningen fra forurenset luft og nedbør.

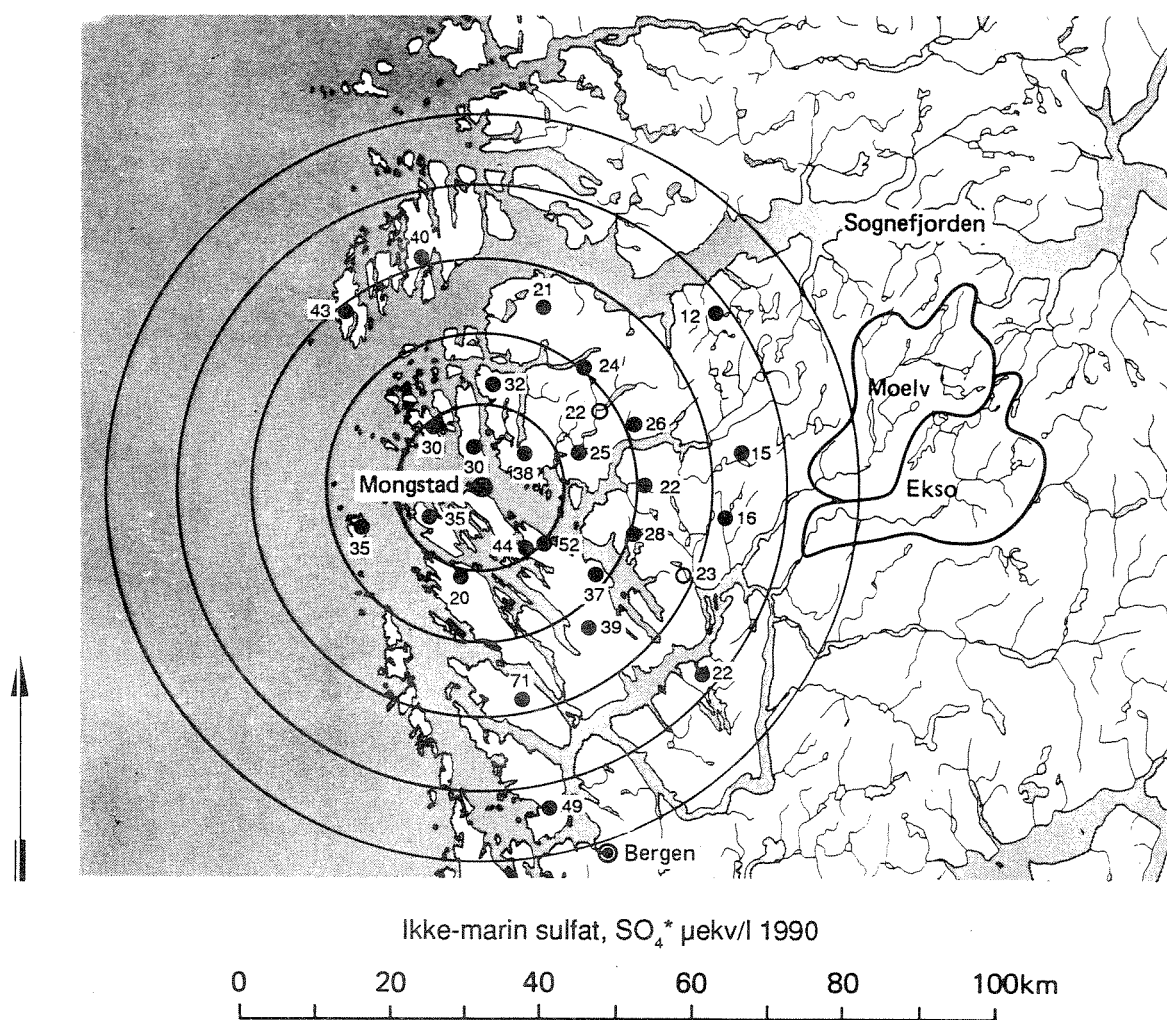
Figur 7 viser at påvirkningen er størst langs kysten og avtar innover i landet. I kystområdene ligger verdiene av SO<sub>4</sub><sup>\*</sup> gjennomgående i området 30-50  $\mu\text{ekv/l}$  mot 15-30  $\mu\text{ekv/l}$  lenger inn i landet. Det er ingen tendens til høyere verdier i områdene som er mest utsatt fra nedfall fra Mongstad.

Sulfat-verdiene var gjennomgående uendret fra 1989 til 1990. Dette gjelder både innsjøene i den mest utsatte sektor for nedfall fra Mongstad-raffineriet og de øvrige innsjøene. Sammenlignet med 1988 var imidlertid sulfatverdiene i 1990 signifikant lavere (ca. 8  $\mu\text{ekv/l}$ ) i begge gruppene av innsjøer (Vedlegg 6). Sulfatkonsentrasjonen i nedbør ved NILU's bakgrunnsstasjon på Haukeland var i 1990 som helhet noe lavere enn i 1989. De siste 3 månedene før prøvetaking var imidlertid konsentrasjonen av sulfat i nedbør den samme i 1989 og 1990 (Vedlegg 2).



Figur 6. Ikke-marin sulfat ( $\text{SO}_4^*$ ) i innsjøer rundt Mongstad i 1989 og 1990. 1:1-linjen er tegnet inn. Sirkler angir innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra raffineriet.





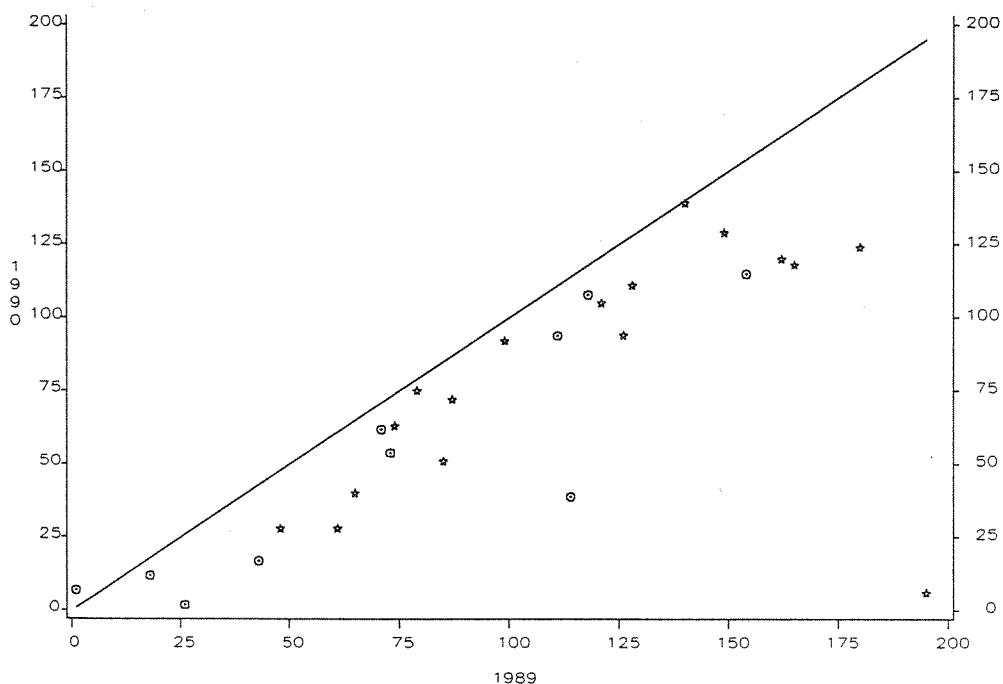
Figur 7. Ikke-marin sulfat ( $\text{SO}_4^*$ ) i innsjøer rundt Mongstad, høsten 1990. Enhet:  $\mu\text{ekv/l}$ .

#### 4.4 Nitrat (NO<sub>3</sub>N).

Nitrat er i likhet med sulfat et "surt" anion. Nitratets bidrag til forsureningen har fått økt oppmerksomhet fordi det synes å være en tendens til økende nitratinnhold i de mest belastede innsjøene på Sørlandet. Det er spesielt i perioder med lavt nitratopptak i nedbørfeltene (utenom produksjonssesongen) at nitratforsuring gjør seg gjeldene i innsjøene.

Nitratverdiene viste en signifikant nedgang fra 1989 til 1990 (figur 8 og vedlegg 6). Tendensen var den samme i hele undersøkelsesområdet. Dette er i god overensstemmelse med NILU's målinger av nedbør ved Haukeland som også viste lavere nitratkonsentrasjoner i 1990 enn i 1989.

Fra 1990 foreligger det driftsdata for NO<sub>x</sub>-utslipp fra Mongstad-raffineriet. Gjennomsnittlig utslipp de 11 første månedene var 94 tonn NO pr. måned, eller  $3133 \times 10^3$  kekv/mnd omregnet til nitrat. Det var liten variasjon i månedsverdiene (Vedlegg 1). Tilsvarende tall for utslipp av svoveldioksyd (302 tonn SO<sub>2</sub> pr. måned) tilsvarer 6300 kekv/mnd etter oksydasjon til svovelsyre. Nitrogenutslippene fra Mongstad-raffineriet må derfor antas å ha vesentlig mindre betydning enn svovelutslippene. Utenom vegetasjonssesongen kan man allikevel utelukke en marginal forsureningseffekt av nitrogenutslippene.



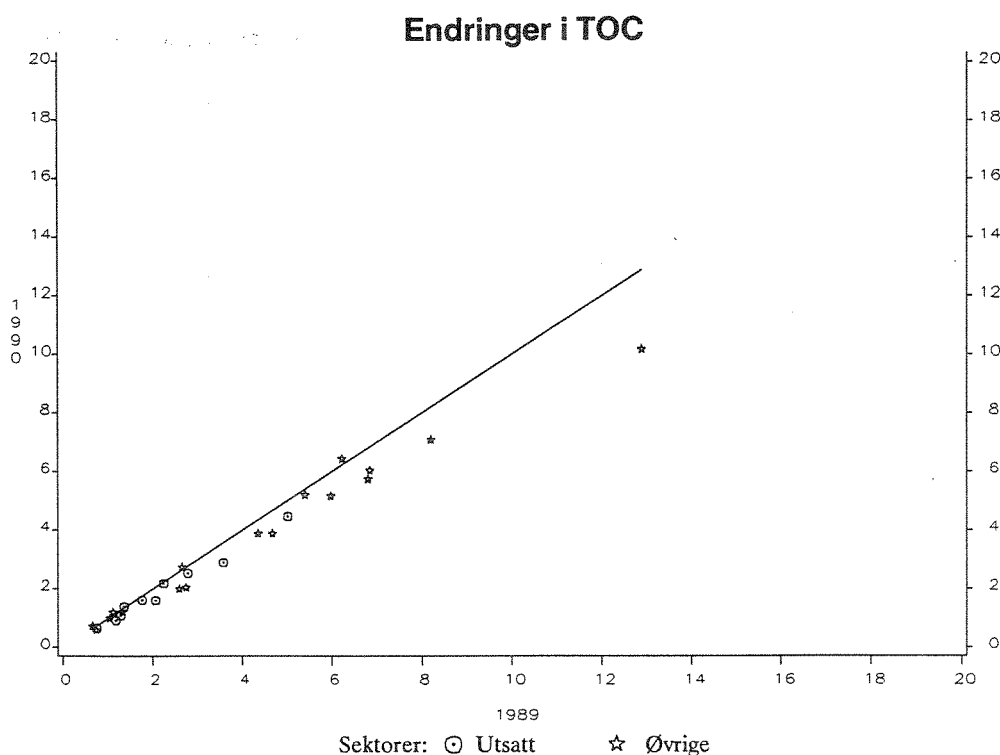
Figur 8. Nitrat (NO<sub>3</sub>N) i innsjøer rundt Mongstad i 1989 og 1990. 1:1-linjen er tegnet inn. Sirkler angir innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra raffineriet.

#### 4.5 Organisk karbon (TOC).

Organiske stoffer i vann inneholder mobile organiske anioner som gir vannet en naturgitt surhet. Innholdet av "sure" anioner er vanligvis ca 3-5  $\mu\text{ekv}/\text{mg}$  TOC når TOC-verdiene er høyere enn ca 2 mg TOC/l (mindre eller ubetydelig ved lavere TOC-verdier).

Flere av innsjøene i undersøkelsen har høye TOC-verdier som gir vannet en naturgitt lav pH. Eksempelvis ville innsjø nr. 14, Færevatnet (TOC= 10 mg/l, pH=5.1) trolig hatt en pH på over 6.0 hvis innholdet av TOC hadde vært lavere enn 2 mg/l. Også i de svært sure vannene nord for Mongstad gir de organiske syrene et vesentlig bidrag til de lave pH-verdiene. Eksempelvis ville innsjø nr 04, Svelivatn (pH=4.59, TOC= 4.5) trolig hatt en pH på ca 4.9 uten naturgitte organiske syrer.

Middelverdien for TOC i innsjøene gikk ned med 0.43 mg/l fra 1989 til 1990 (Vedlegg 6). Nedgangen er signifikant ( $p= 0.0007$ ) og skyldes trolig fortynning.



Figur 9. Organisk karbon (TOC) i innsjøer rundt Mongstad i 1989 og 1990. 1:1-linjen er tegnet inn. Sirkler angir innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra raffineriet.

#### 4.6 Sjøsaltenes innvirkning på surhetsgraden.

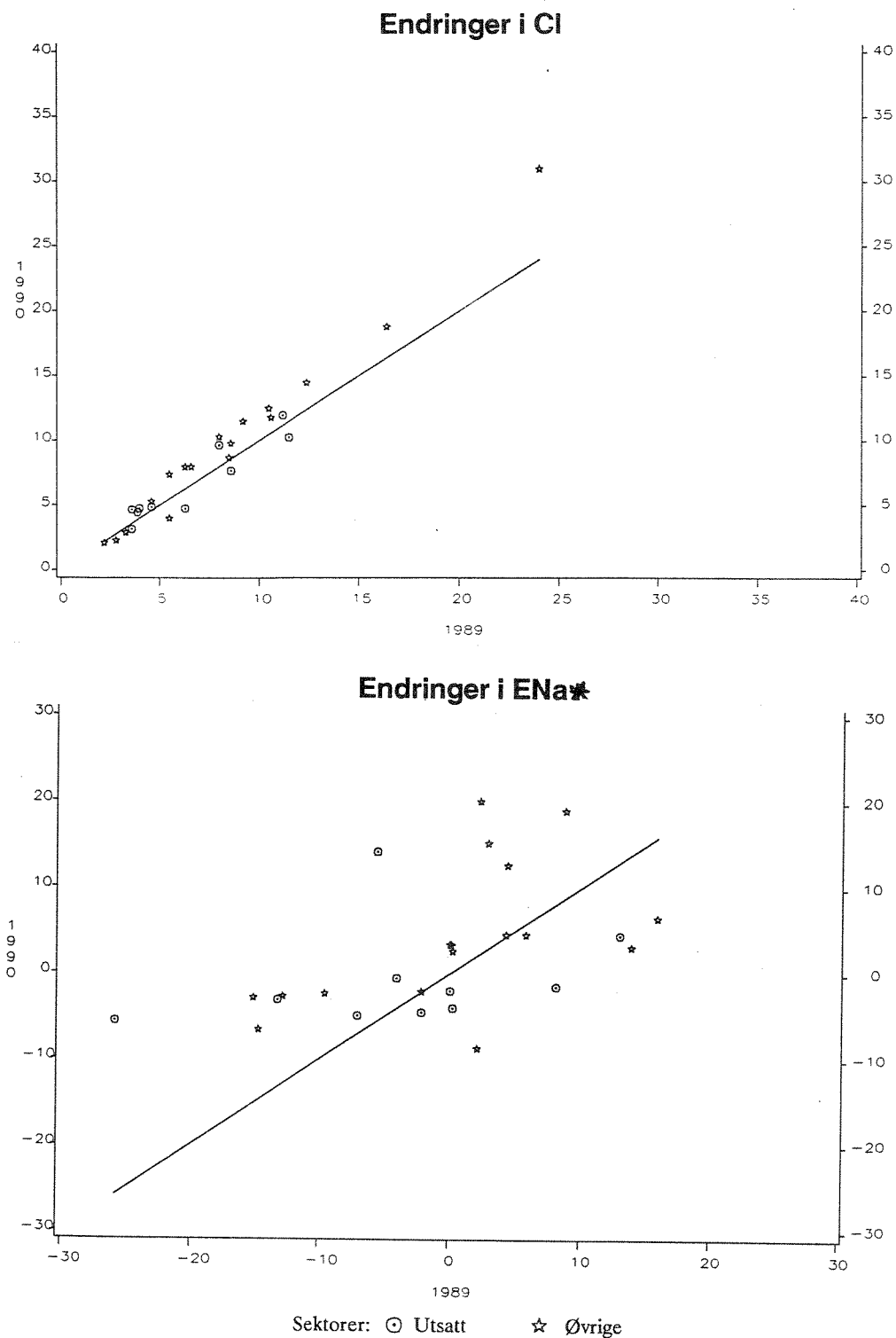
Under spesielt høye konsentrasjoner av sjøsalter i nedbøren vil endel av natrium-ionene byttes ut med  $H^+$ -ioner og aluminium i jorda og forsure avrenningsvannet. Dette blir betegnet som "sjøsalteffekten". Sjøsalteffekten har alltid opptrådt i områder nær kysten, men vil ha større negative effekter i områder som også mottar sur nedbør. Fordi sjøsalteffekten opptrer i forbindelse med kraftige nedbørepisoder vil effekten forsterkes ved at man samtidig får en fortykning av avrenningsvannets bufferevne. Dette vil imidlertid helt eller delvis kompenseres ved at også forurensningene (f.eks. svovelsyre) blir fortynnet.

Analyser av data fra elver og feltforskningsområder som inngår i statlig program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør (SFT 1991) viste at sjøsalteffekten oftest gjorde seg gjeldende når kloridkonsentrasjonen i vannet var høyere enn middelveien. Når mesteparten av natriuminnholdet i vann kommer fra sjøsalter vil man under sjøsaltepisoder få negative verdier for sjøsaltkorrigert natrium (ENA\*). Hvis det også er geologiske kilder for natrium vil sjøsaltepisodene medføre nedgang i positive verdier av sjøsaltkorrigert natrium.

Undersøkelsene av innsjøer rundt Mongstad i 1989 viste en markert sjøsalteffekt, noe som også ble registrert i vestlandselvene i det statlige overvåkingsprogrammet. Høstprøvene i 1990 viste også en markert sjøsalteffekt i innsjøene rundt Mongstad. Kloridverdiene var gjennomgående noe høyere i 1990 enn i 1991. Likevel var middelveien for ENA\* noe høyere i 1990 enn i 1989. Endringen i ENA\* var imidlertid ikke signifikant fra 1989 til 1990, men høyst signifikant fra 1988 til 1989 og fra 1988 til 1990. Nedbøren ved Haukeland hadde også høyere kloridkonsentrasjoner i 1990 enn i 1989. Det var spesielt under de store nedbørmengdene i perioden januar - mars 1990 at kloridkonsentrasjonene i nedbør var høye.

Det er rimelig å anta at styrken og varigheten av sjøsalteffekten er avhengig av hvor rask ionebyttersystemet i jorden kommer i likevekt med saltkonsentrasjonen i nedbøren. Effekten av en gitt nedbørepisode vil dermed være avhengig av nedbørens kvalitet og mengde både under episoden og i tiden før episoden. I innsjøer vil sjøsalteffekten bli dempet. Effekten vil reduseres ved økt oppholdstid i innsjøen. For å undersøke dynamikken av sjøsalteffekten vil en bekk i et lite nedbørfelt være mest egnet. Videre må man bruke kontinuerlig registrende instrumenter og automatisk prøvetaking av nedbør og avrenningsvann. En slik undersøkelse vil samtidig kunne klarlegge

episoder grunnet sur nedbør.



Figur 10. Klorid (Cl) og ikke-marin natrium (ENa\*) i innsjøer rundt Mongstad i 1989 og 1990. 1:1-linjen er tegnet inn. Sirkler angir innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra raffineriet. Stjerner angir øvrige sektorer.

#### 4.7 Alkalitet (ALK-E) og syrenøytraliserende kapasitet (ANC).

Alkaliteten (bufferkapasiteten) uttrykker innsjøenes motstandsevne mot ytterligere forsuring. De fleste av innsjøene i undersøkelsen har ingen eller liten alkalitet. Bare i området Lindåshalvøya - Radøy finner vi innsjøer med relativt høy bufferevne. Som helhet er derfor undersøkelsesområdet svært følsomt for en eventuell økt belastning med surt nedfall.

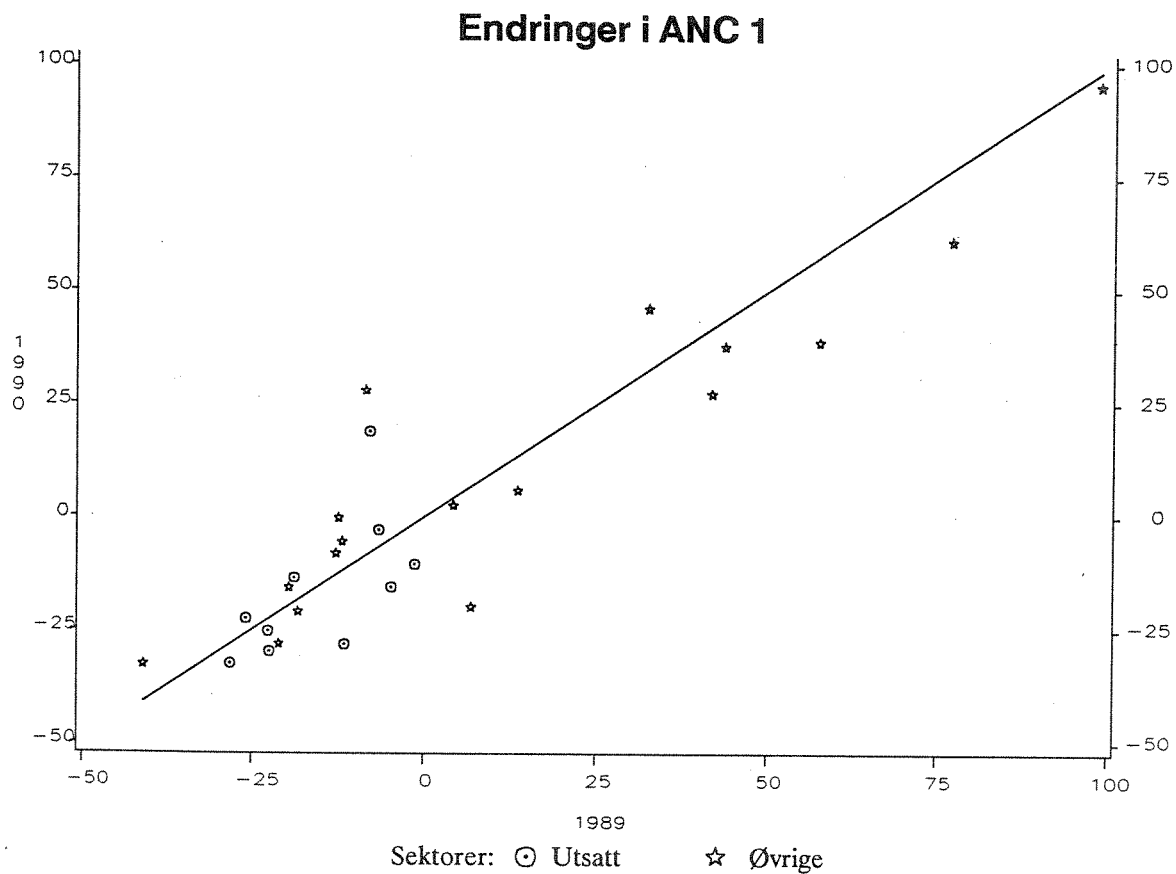
Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) er definert som differansen mellom basekationer ( $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}$ ) og sure anioner ( $\text{SO}_4 + \text{Cl} + \text{NO}_3$ ). ANC er en kontinuerlig funksjon, dvs. at ANC også kan gi negative verdier. ANC er derfor velegnet til å gi forsuringsstatus også når alkaliteten er null. Ovennevnte metode for beregning av ANC er i tabellene kalt ANC1. ANC kan også tilnærmet beregnes som:

(alkalitet + organiske anioner) - ( $\text{H}^+$  + labilt Aluminium).

Den sistnevnte metoden for å beregne ANC er i tabellene kalt ANC2. Forskjeller mellom ANC1 og ANC2 skyldes hovedsakelig usikkerheter i analysene av enkeltkomponenter.

Negative verdier av ANC betyr at vannets kjemisk definerte tålegrense for belastning av sure komponenter er overskredet. Den kjemiske definerte tålegrensen sammenfaller stort sett med grensen for når innsjøenes fiskebestander kan dø ut (Lien et al. 1989).

17 av de 27 innsjøene som ble undersøkt i 1990 hadde negativ ANC. Dette viser at undersøkelsesområdet er sterkt rammet av surt nedfall. Det var ingen signifikant endring i ANC fra 1989 til 1990.



Figur 11. Syrenøytraliserende kapasitet (ANC1) i innsjøer rundt Mongstad i 1989 og 1990. 1:1-linjen er tegnet inn. Sirkler angir innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra raffineriet. Stjerner angir øvrige sektorer.

#### 4.8 Vurdering av Mongstad-raffineriets bidrag til forsurening av innsjøene.

I undersøkelsesområdet er der store gradienter i nedbør og avrenning. Avrenningen i nedbørfeltene til de undersøkte innsjøene varierer fra ca 40 l/s.km<sup>2</sup> til 130 l/s.km<sup>2</sup>. Det generelle mønsteret i undersøkelsesområdet er at avrenningen øker fra kysten og innover i landet. Høyere nedbørmengder medfører større utvasking av forurensninger fra luften. På den annen side blir forurensningene mer fortynnet. I tillegg blir luften rensert for forurensninger når et nedbørområde beveger seg fra kysten og innover i landet. Totaleffekten av dette er at konsentrasjonen av ikke-marin sulfat avtar innover i landet (figur 4).

Ved overvåkingsstasjonen ved Haukeland målte NILU det årlige nedfallet av ikke-marin sulfat til 1096, 1426 og 1364 mgS.m<sup>-2</sup>.år<sup>-1</sup> i hhv. 1988, 1989 og 1990. (Vedlegg 2). (Haukeland ligger ca 4 km nordvest for vann nr. 29 og ca 5 km sørvest for vann nr. 28). Til sammenligning beregnet Førland (1981) maksimalt totalnedfall av sulfat fra Mongstad-raffineriet til 0.14 tonn SO<sub>4</sub>/km<sup>2</sup>.år eller 50 mgS.m<sup>-2</sup>.år<sup>-1</sup> innen 60 km fra Mongstad i sektoren 345 - 067<sup>0</sup>, tilsvarende 6 % av bakgrunnsnedfallet. Dette vil tilsvare et bidrag til sulfatkonsentrasjonen på ca 2 µekv/l. Utslippene av nitrogenoksyder (omregnet til nitrat) er på ekvivalentbasis ca halvparten av sulfat. Man kan derfor grovt anslå den maksimale forsureningseffekten av nitrogenutslippene til ca 1 µekv/l.

Økningen i sulfatdeposisjonen ved Haukeland fra 1988 til 1989 og 1990 skyldes svært store nedbørmengder i 1989 og 1990. Høy nedbør førte imidlertid til at konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i nedbør gikk ned, selv om totalnedfallet økte. Dette forklarer den generelle nedgangen i konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i innsjøene fra 1988 til 1989 og 1990. Denne nedgangen var like markert for innsjøene i den mest utsatte sektor for nedfall fra Mongstad-raffineriet som for de andre innsjøene (Vedlegg 6).

De siste 12 månedene før vannprøvetaking i innsjøene var utslippene av svovel fra Mongstad 1.6 ganger større i 1989 enn i 1988, 4 ganger større de siste 6 månedene og 10 ganger større de siste 3 månedene (Vedlegg 1). De siste 12 månedene før vannprøvetaking i 1990 var utslippene 7.5% høyere enn i 1989. De siste 6 månedene var imidlertid utslippene halvert fra 1989 til 1990. De siste 3 månedene før prøvetaking i 1990 var utslippene redusert til 38% av utslippene i 1989. Disse markerte utslippsendringene har ikke gitt merkbare utslag



i de mest utsatte innsjøene sammenlignet med øvrige innsjøer i området. Endringene i innsjøenes vannkjemi fra et år til et annet synes å være tilnærmet like i hele undersøkelsesområdet. De vannkemiske endringene i innsjøene er i rimelig god overensstemmelse med nedbørmengder og nedbørkjemiske analyser ved NILU's bakgrunnsstasjon på Haukeland. Dette tyder på at det er fjerntransporterte forurensninger, nedbørmengder og sjøsalteffekten som dominerer forurensningen av innsjøene. Mongstad-raffineriet gir små bidrag til forurensningen. Ut fra depositionsregninger (Førland 1981) kan forurensningen anslås til maksimalt 3  $\mu\text{ekv/l}$  i gjennomsnitt for de nærmeste 60 km i den mest utsatte sektor. En så liten påvirkning er det ikke mulig å bestemme i innsjøer, spesielt ikke når man har til dels store vannkemiske svingninger grunnet naturgitte forhold og fjerntransporterte forurensninger. Men fordi innsjøene er ekstremt følsomme i dette området kan man ikke utelukke en marginal effekt av utslippene fra Mongstad-raffineriet i innsjøer som fra før ligger like ved tålegrensen for surt nedfall. I innsjøene rundt Mongstad har man med andre ord en forurensningssituasjon hvor ingen enkelt forurensningskilde kan sies å være avgjørende for effekten av de samlede tilførsler.

En årlig overvåking av innsjøene etter høstsirkulasjonen gir et bilde av de gjennomsnittlige forhold i innsjøene. I de svært forurensningsfølsomme områdene rundt Mongstad må man regne med at man i bekkene har sure episoder med mer kritiske verdier enn de vi måler i innsjøene. Det kan være mange årsaker til slike episoder. Av mulige årsaker kan nevnes: 1) Episodisk sur nedbør, 2) Sjøsalteffekter, 3) Fortynningseffekter, 4) Utvasking av organiske syrer fra nedbørfeltet, 5) Konsentrering av forurensninger under snøsmelting, og 6) Overmetning av karbondioksyd.- Dette er forhold som vil kunne avklares med kontinuerlig, automatisk overvåking av en bekk i et forurensningsfølsomt nedbørfelt.

**LITTERATUR.**

- Bøhler, T. 1984: Dispersal calculations of emissions from the future expanded oil refinery at Mongstad. NILU, O-rapport 27/84.
- Bøhler, T. 1986: Stack emission dispersal study- Mongstad development Project.- NILU, O-rapport nr. 92/86.
- Dovland, H. 1973: Spredningsberegninger for SO<sub>2</sub>-utslipp fra et oljeraffineri på Mongstad.- NILU, O-rapport nr. 58/73.
- Fonnes, I. 1986: Målinger av pH og ledningsevne i vatn i Mongstad-området, 1986.- Notat. RAFINOR, Mongstad, 26.09.1986.
- Førland, E. J. 1981: Nedbørens kjemiske sammensetning i Nordhordland 1973-1976.- Lindåsprosjektet. NAVF. Rapport nr.33. Universitetet i Bergen.
- Lien, L., A. Henriksen, G. Raddum og A. Fjellheim 1989: Tålegrenser for overflatevann - fisk og evertebrater. Fagrapport nr.3 i MD's program Naturens Tålegrenser. NIVA-rapport nr.2373.
- NVE 1987: Avrenningskart over Norge (1930-60).- Norges vassdrags- og energiverk. Vassdragsdirektoratet. Hydrologisk avdeling.
- SFT 1987: "1000"-sjøers undersøkelsen 1986. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 282/87. SFT / NIVA. Oslo.
- SFT 1988: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1987.- Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 333/88. SFT, Oslo.
- SFT 1989: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1988.- Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 375/89. SFT, Oslo.
- SFT 1991a: Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1989.- Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 437/91. SFT, Oslo.
- SFT 1991b (in prep.): Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1990.- Statlig program for forurensningsovervåking. SFT, Oslo.

Traaen, T.S. og A. Henriksen 1989: Overvåking av innsjøer rundt  
Mongstad. - NIVA-rapport nr. 2263. 0-88162. Oslo, mai 1989.

Traaen, T.S. og A. Henriksen 1990: Overvåking av innsjøer rundt  
Mongstad, 1989. - NIVA-rapport nr. 2417. 0-88162.  
Oslo, mai 1990.

**V E D L E G G**

	side
Vedlegg nr. 1. Utslipp av svoveldioksid fra Statoil Mongstad.	27
Utslipp av nitrogenoksider fra Statoil Mongstad.	27
Utslipp av svoveldioksyd i ulike perioder før prøvetaking av innsjøene.	28
Vedlegg nr. 2. Data for våtdeposisjoner og konsentrasjoner i nedbør av forurensningskomponenter ved NILU's bakgrunnsstasjon Haukeland.	29
Vedlegg nr. 3. Forklaring til vannkjemiske tabeller.	30
Vedlegg nr. 4. Kjemiske analyser av innsjøer rundt Mongstad.	31
Vedlegg nr. 5. Middelerdier for kjemiske komponenter i 27 innsjøer rundt Mongstad. Middelerdier for innsjøer i den mest utsatte sektor for nedfall fra Mongstadraffineriet og middelerdier for øvrige sektorer er også angitt.	35
Vedlegg nr. 6. Parvise t-tester av endringer i konsentrasjoner av kjemiske komponenter i ulike år.	36

## Vedlegg nr. 1.

Utslipp av svoveldioksid fra Statoil Mongstad.

	Utslipp av svoveldioksid, tonn SO <sub>2</sub> /mnd.			
	1987	1988	1989	1990
januar		265.0	22.3	232
februar		149.7	28.1	380
mars		140.9	76.6	169
april		144.0	496.0	272
mai		144.6	311.1	177
juni		139.5	231.1	215
juli		120.8	206.5	143
august		121.3	234.4	176
september	165.9	11.6	447.4	206
oktober	242.4	7.5	672.0	133
november	201.5	10.3	497.9	132
desember	250.9	16.5	359	

Utslipp av nitrogenoksider fra Statoil Mongstad.

	Utslipp av nitrogenoksider, tonn NO/mnd.			
	1990			
januar	95			
februar	89			
mars	66			
april	96			
mai	99			
juni	97			
juli	101			
august	101			
september	92			
oktober	98			
november	98			
desember				

forts. Vedlegg 1.

Utslipp av SO<sub>2</sub> de siste 3, 6 og 12 måneder før vannprøvetaking i 1988, 1989 og 1990.

Periode	tonn SO <sub>2</sub> sum	tonn SO <sub>2</sub> gj.sn./mnd.
august 1988 t.o.m. oktober 1988	140	47
mai 1988 t.o.m. oktober 1988	545	91
november 1987 t.o.m. oktober 1988	1697	141
august 1989 t.o.m. oktober 1989	1353	451
mai 1989 t.o.m. oktober 1989	2103	350
november 1988 t.o.m. oktober 1989	2753	229
august 1990 t.o.m. oktober 1990	515	172
mai 1990 t.o.m. oktober 1990	1050	175
november 1989 t.o.m. oktober 1990	2960	247

Vedlegg nr. 2.

Data for våtdeposisjoner og konsentrasjoner i nedbør av forurensningskomponenter ved NILU's bakgrunnsstasjon Haukeland (SFT 1989, SFT 1991a, SFT 1991b in prep.)

Våtdeposisjoner ved Haukeland.

år	nedbør mm	H <sup>+</sup> µekv/m <sup>2</sup>	SO <sub>4</sub> -S mgS/m <sup>2</sup>	NO <sub>3</sub> -N mgN/m <sup>2</sup>	NH <sub>4</sub> -N mgN/m <sup>2</sup>	CL mg/m <sup>2</sup>
1988	3123	73552	1096	642	872	10299
1989	4525	87529	1426	798	691	17751
1990	5017	81957	1364	665	744	21936

Middelkonsentrasjoner i nedbør ved Haukeland.

år	pH	SO <sub>4</sub> -S mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	NH <sub>4</sub> -N mg/l	CL mg/l
1988	4.63	0.35	0.21	0.28	3.30
1989	4.71	0.32	0.18	0.15	3.92
1990	4.79	0.27	0.13	0.15	4.37

Nedbørmengder, samt våtdeposisjoner og middelkonsentrasjoner i nedbør av svovel ved Haukeland de siste 3, 6 og 12 måneder før vannprøvetakingen rundt Mongstad.

	år	siste 3 mnd.	siste 6 mnd.	siste 12 mnd.
mm nedbør	1988	1045	1445	2797
	1989	1136	1891	4929
	1990	968	1392	4647
mg S/m <sup>2</sup>	1988	368	591	1134
	1989	344	606	1398
	1990	294	502	1391
mg S/l	1988	0.35	0.41	0.41
	1989	0.30	0.32	0.28
	1990	0.30	0.36	0.30

Vedlegg nr. 3. Forklaring til vannkjemiske tabeller.

- LOK : Stasjonsnummer  
PH : pH  
K25 : Ledningsevne ved 25°C, mS/m.  
CA : Kalsium, mg/l.  
MG : Magnesium, mg/l.  
NA : Natrium, mg/l.  
K : Kalium, mg/l.  
CL : Klorid, mg/l.  
SULF : Sulfat, mg/l.  
NO3N : Nitrat, µgN/l.  
ALK : Alkalitet til pH 4.5, mmol/l. Bestemmes vanligvis ikke når pH < 5.2 fordi ALK-E da vil være 0.  
ALK-E : Beregnet endepunktsalkalitet, µekv/l. Manglende verdi = 0.  
TOC : Total organisk karbon, mg/l.  
RAL : Reaktivt aluminium, µg/l.  
ILAL : Ikke-labilt aluminium, µg/l.  
LAL : Labilt aluminium, µg/l.  
SKAT2 : Summen av kationer, µekv/l.  
SAN2 : Summen av anioner, µekv/l.  
DIFF2 : Avvik i ionebalansen, SKAT2 - SAN2, µekv/l.  
C-DIFF: Differanse mellom målt og beregnet ledningsevne, mS/m.  
C-PRO : Prosentvis avvik mellom målt og beregnet ledningsevne, C-DIFF \* 100 / K25.  
ECM\* : Ikke-marin kalsium + magnesium, µekv/l.  
ENA\* : Ikke-marin natrium, µekv/l.  
ESO4\* : Ikke-marin sulfat, µekv/l.  
ANC : Syrenøytraliserende kapasitet, µekv/l. Definert som differansen mellom basekationer (Ca + Mg + Na + K) og sure anioner (SO<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub> + Cl). Negative verdier av ANC betyr at den kjemisk definerte tålegrensen for tilførsler av sure komponenter er overskredet. Fisk vil da ofte ha problemer med å overleve.



## Vedlegg nr. 4. Kjemiske analyser av innsjøer rundt Mongstad.

LOK	AR	DATO	PH	K25	CA	MS	NA	K	CL	SULF	NO3N	ALK	ALK-E	TDC	RAL	ILAL	LAL	SKAT2
M01	1988	1029	4.64	4.48	.36	.55	4.12	.23	7.2	3.2	125	.007	0.0	2.50	91	19	72	281.8
M01	1989	1030	4.58	5.69	.42	.76	5.5	.32	10.5	3.2	126			2.60	101	18	52	266.4
M01	1990	1024	4.55	6.39	.43	.84	6.8	.27	12.5	3.2	94	.016	0.0	2.00	133	21	112	433.9
M02	1988	1029	4.80	3.74	.39	.50	3.46	.30	5.9	2.8	50			4.94	104	38	66	242.0
M02	1989	1030	4.53	6.10	.47	.85	5.8	.36	11.5	2.7	M 1			3.59	125	37	89	394.2
M02	1990	1024	4.78	4.93	.44	.66	5.6	.36	10.3	2.9	7	.014	0.0	2.91	110	28	82	354.8
M03	1988	1029	4.78	3.36	.38	.41	3.07	.17	4.8	3.2	78	.007	0.0	3.60	127	42	85	216.6
M04	1988	1029	4.64	3.73	.36	.42	3.23	.17	5.2	2.8	50			5.99	180	70	110	232.5
M04	1989	1030	4.61	4.72	.39	.54	4.75	.28	8.0	2.9	43			5.03	185	59	126	316.2
M04	1990	1024	4.59	5.26	.40	.54	5.5	.23	9.7	3.2	17	.042	12.0	7.33	91	57	34	342.4
M05	1988	1029	5.40	4.16	1.33	.76	4.19	.92	6.6	3.7	178	.039	8.7	6.82	80	51	29	395.7
M05	1989	1029	5.59	5.12	1.29	.88	5.25	.97	9.2	3.6	162	.045	15.3	5.76	76	50	26	453.0
M05	1990	1031	5.64	5.67	1.40	.89	6.5	.86	11.5	3.7	120	.085	57.7	13.33	73	52	21	430.8
M06	1988	1029	5.89	4.96	1.76	1.02	5.05	1.40	7.8	2.3	167	.058	29.3	6.46	77	56	21	392.2
M07	1988	1029	5.82	4.90	1.34	.82	5.50	.58	8.7	3.6	81	.050	20.7	5.99	68	43	25	474.6
M07	1989	1029	5.88	6.34	1.18	1.05	7.1	.64	12.4	4.0	65	.056	27.2	5.17	64	44	20	538.8
M07	1990	1030	5.82	6.80	1.26	1.05	8.5	.63	14.5	3.7	40	.013	0.0	5.41	71	30	41	248.4
M08	1988	1029	4.74	3.92	.38	.49	3.66	.28	6.2	2.6	80	.012	0.0	3.34	112	30	82	217.2
M09	1988	1029	4.74	3.38	.35	.42	3.01	.27	4.8	2.8	51			3.25	127	27	100	314.9
M09	1989	1030	4.67	4.77	.42	.63	4.62	.34	8.6	2.9	26	.006	0.0	2.25	127	27	100	314.9
M09	1990	1024	4.75	4.10	.31	.27	4.17	.25	7.7	2.6	2			2.20	116	26	90	269.7
M10	1988	1029	4.84	2.40	.33	.27	1.91	.15	3.2	1.9	84	.017	0.0	2.16	85	24	61	146.8
M10	1989	1030	5.03	2.72	.40	.40	2.56	.22	4.6	1.9	73	.020	0.0	2.07	80	27	53	185.1
M10	1990	1024	4.88	2.81	.30	.37	2.68	.17	4.9	1.9	54			1.62	83	23	60	186.2
M11	1988	1029	6.03	4.48	1.52	.84	3.92	1.18	5.6	3.7	285	.103	76.4	9.82	91	68	23	349.1
M11	1989	1029	6.05	5.31	2.17	.91	4.83	1.07	8.5	3.5	128	.092	65.0	8.21	82	57	25	424.3
M11	1990	1031	6.01	5.40	2.07	.86	5.13	1.13	8.7	3.7	111	.095	68.1	7.09	74	52	22	429.5
M12	1988	1029	5.99	3.64	1.12	.62	3.34	.81	4.8	2.8	172	.071	43.0	6.83	91	68	23	276.5
M12	1989	1029	6.19	4.13	1.56	.68	3.87	.83	6.3	2.8	140	.078	50.4	6.86	86	62	24	326.7
M12	1990	1031	6.14	4.54	1.62	.66	4.6	.86	8.0	2.9	139	.070	42.0	6.05	74	52	22	360.4
M13	1988	1016	6.23	4.56	2.11	.85	4.07	1.34	6.0	4.4	320	.099	72.3	6.45	74	48	26	390.0
M14	1988	1029	5.12	5.06	.95	.89	5.20	.46	8.2	3.8	86	.033	1.6	11.11	123	70	53	372.1
M14	1989	1030	5.08	5.64	1.16	.99	5.6	1.23	10.6	2.6	48	.031	0.0	12.9	80	57	23	425.2
M14	1990	1030	5.73	5.73	1.01	.89	6.5	.84	11.8	2.6	28	.022	0.0	10.19	68	52	16	438.1
M15	1988	1029	5.71	6.35	2.65	1.09	5.40	1.68	9.6	3.9	365	.074	46.2	24.93	108	83	25	504.5
M16	1986	1116	4.57	11.03	.70	1.51	13.5	.68	24	4.6	64			7.8	52	48	4	791.1
M16	1988	1029	5.08	9.49	1.31	1.49	11.1	.58	18.5	4.6	192	.028	0.0	8.44	57	38	19	686.0
M16	1989	1030	5.01	11.3	1.39	1.82	13.4	.75	24	5.6	195	.021	0.0	6.24	53	32	21	833.3
M16	1990	1024	4.60	14.2	.89	2.15	17.7	.57	31	6.0	6			6.45	61	26	35	1034.8
M17	1988	1029	5.62	5.98	1.24	.92	6.50	.24	11.0	3.7	189	.035	4.1	3.54	30	15	15	430.5
M17	1989	1030	5.27	7.62	1.23	1.18	8.9	.36	16.4	4.4	180	.031	0.0	2.75	33	11	22	562.6
M17	1990	1024	5.57	8.49	1.32	1.32	10.4	.39	18.8	4.7	124	.038	7.6	2.05	24	13	11	640.7
M18	1986	1016	4.94	2.38	.44	.34	2.05	.19	4.0	2.2	69			1.2	75	25	50	161.0
M18	1988	1029	4.94	2.52	.50	.32	1.99	.18	3.3	2.7	146	.019	0.0	1.57	71	15	56	160.1
M18	1989	1030	4.78	3.58	.47	.47	3.20	.29	6.3	2.0	114	.015	0.0	1.37	82	10	72	233.3
M18	1990	1024	4.91	2.74	.31	.33	2.60	.18	4.8	1.7	39			1.41	69	14	55	178.7
M19	1988	1029	4.74	2.44	.22	.24	1.82	.09	3.1	1.7	115	.011	0.0	1.34	69	11	58	136.8
M19	1989	1030	4.70	2.76	.22	.29	2.23	.15	4.0	1.8	111	.012	0.0	1.18	64	10	54	161.6
M19	1990	1024	4.72	2.97	.22	.34	2.58	.13	4.8	1.8	94			.94	71	10	61	190.3
M20	1986	1011	4.77	2.36	.22	.25	1.99	.12	3.6	2.0	111			.8	93	10	83	147.4
M20	1988	1029	4.73	2.46	.18	.24	1.83	.08	3.1	1.8	122	.010	0.0	.95	83	10	73	137.1
M20	1989	1030	4.71	2.66	.19	.28	2.12	.12	3.9	1.8	118	.012	0.0	.75	86	10	76	153.7
M20	1990	1024	4.71	2.85	.19	.31	2.40	.12	4.5	1.9	108			.67	91	10	81	170.4
M21	1988	1029	4.93	1.88	.27	.23	1.42	.12	2.2	1.9	102	.019	0.0	1.76	77	22	55	115.1
M21	1989	1030	4.82	3.05	.35	.38	2.71	.18	5.5	1.5	61	.018	0.0	1.04	92	10	82	195.5
M21	1990	1024	4.96	2.30	.24	.28	2.16	.14	4.0	1.6	28			1.00	69	10	59	150.1
M22	1986	1123	4.88	2.46	.34	.33	2.35	.20	4.4	2.2	89	.017	0.0	1.2	85	16	69	172.3
M22	1988	1029	4.83	2.34	.25	.27	1.93	.11	3.2	1.9	112	.016	0.0	1.38	96	15	81	145.2
M22	1989	1030	4.80	2.84	.27	.32	2.51	.17	4.6	1.8	99	.016	0.0	1.33	101	10	91	179.3
M22	1990	1024	4.81	3.08	.25	.35	2.90	.17	5.3	2.1	92			1.22	108	11	97	198.0

forts. Vedlegg 4.

LOK	AR	DATO	SAN2	DIFF2	D-PRO2	C-DIFF	C-PRO	ECM*	ENA*	ES04*	ANC1	ANC2
M01	1988	1029	282.7	-0.9	-0.3	0.27	6.1	16.0	7.7	45.6	-27.7	-26.8
M01	1989	1030	376.3	-9.9	-2.7	0.25	4.4	14.6	-14.7	36.0	-40.9	-31.0
M01	1990	1024	428.1	5.7	1.3	0.16	2.6	8.6	-6.5	30.2	-32.7	-38.4
M02	1988	1029	244.6	-2.7	-1.1	0.31	8.3	21.9	7.8	41.1	-9.5	-6.9
M02	1989	1030	389.8	4.4	1.1	0.35	5.8	17.9	-25.8	22.7	-25.8	-30.2
M02	1990	1024	357.3	-2.5	-0.7	-0.01	-0.3	8.7	-5.5	30.4	-22.4	-19.9
M03	1988	1029	216.8	-0.1	-0.1	0.21	6.3	21.2	17.5	52.6	-17.0	-16.9
M04	1988	1029	230.7	1.8	0.8	0.32	8.7	18.4	14.7	43.1	-11.2	-13.0
M04	1989	1030	305.9	10.3	3.3	0.24	5.0	11.4	13.1	37.1	-11.5	-21.7
M04	1990	1024	317.7	0.0	0.0	0.16	3.1	4.9	4.6	38.4	-27.9	-27.9
M05	1988	1029	355.3	24.8	7.2	0.07	1.7	85.6	22.6	57.6	58.7	34.0
M05	1989	1029	317.7	14.1	3.6	0.28	5.5	76.4	5.9	48.1	43.9	29.8
M05	1989	1029	381.6	6.8	1.5	0.05	0.8	67.6	4.6	43.5	37.8	31.0
M05	1990	1031	446.2	31.9	7.4	0.24	4.7	120.6	31.0	25.2	147.4	115.5
M06	1988	1029	398.9	12.0	3.1	0.19	4.0	77.3	28.8	49.6	62.2	50.3
M07	1988	1029	380.3	-6.1	-1.3	0.42	6.6	63.9	8.9	47.1	32.7	38.8
M07	1989	1029	480.6	5.2	1.0	0.14	2.0	54.1	19.1	34.8	46.2	41.0
M07	1990	1030	533.7	-5.3	-2.1	0.33	8.5	18.6	9.3	36.1	-9.1	-3.8
M08	1988	1029	253.7	11.9	5.5	0.25	7.5	20.5	14.8	44.3	-7.5	-19.4
M09	1988	1029	205.2	7.0	2.2	0.25	5.2	16.4	-7.0	35.3	-22.4	-29.4
M09	1989	1030	307.9	-4.7	-1.7	0.17	4.2	3.6	-4.8	31.7	-29.6	-24.9
M09	1990	1024	274.4	8.2	5.6	0.21	8.6	17.7	5.7	30.2	-10.2	-18.5
M10	1988	1029	138.6	8.1	4.4	0.18	6.6	22.7	0.1	26.1	-4.7	-12.8
M10	1989	1030	177.0	3.5	1.9	0.11	3.9	13.3	-1.9	25.3	-15.3	-18.8
M10	1990	1024	182.7	-26.0	-7.4	0.31	6.8	108.2	35.1	60.7	90.3	116.3
M11	1988	1029	375.1	2.9	0.7	0.28	5.3	127.4	4.5	48.1	98.8	95.9
M11	1989	1029	421.4	2.6	0.6	0.26	4.9	117.0	12.7	51.7	95.7	93.1
M11	1990	1031	426.9	0.6	0.2	0.39	10.6	75.4	29.2	44.3	66.9	66.4
M12	1988	1029	275.9	3.2	1.0	0.28	6.8	92.5	16.0	39.9	77.3	74.1
M12	1989	1029	323.5	-0.1	0.0	0.17	3.8	82.7	6.6	37.1	61.2	61.3
M12	1990	1031	360.5	9.2	2.4	-0.04	-0.9	135.9	31.9	74.1	102.8	93.6
M13	1988	1016	380.8	3.7	1.0	0.50	9.8	66.8	27.9	55.2	42.0	38.3
M14	1988	1029	368.3	9.4	2.2	0.42	7.5	69.8	-12.8	23.2	57.8	48.4
M14	1989	1030	415.8	3.9	0.9	0.23	4.0	46.2	-2.6	19.7	38.8	35.0
M14	1990	1030	434.3	-36.9	-7.3	0.48	7.6	158.9	2.7	53.2	121.7	158.6
M15	1988	1029	541.4	-18.6	-2.3	0.28	2.6	1.7	6.8	25.8	-13.6	5.0
M16	1986	1116	809.7	28.8	4.1	0.86	9.1	66.6	35.4	41.8	54.3	25.4
M16	1988	1029	667.2	2.1	0.3	0.59	5.2	61.7	2.4	46.6	13.6	11.5
M16	1989	1030	831.1	10.2	1.0	0.60	4.2	17.9	20.2	34.6	5.9	-4.2
M16	1990	1024	1024.6	16.7	3.9	0.62	10.3	65.4	16.7	45.0	25.6	8.9
M17	1988	1029	413.8	-9.6	-1.7	0.26	3.4	50.9	-9.5	43.8	-12.3	-2.7
M17	1989	1030	572.2	-6.3	-1.0	0.24	2.9	51.1	-2.3	43.1	-0.2	6.0
M17	1990	1024	647.0	-2.6	-1.6	-0.02	-0.9	23.7	-7.6	34.1	-19.6	-17.0
M18	1986	1016	163.6	-0.5	-0.3	0.15	6.0	29.6	6.8	46.6	-17.3	-16.9
M18	1988	1029	160.5	5.4	2.3	0.19	5.3	20.8	-13.2	23.3	-18.8	-24.2
M18	1989	1030	227.9	4.7	2.6	0.16	5.9	11.1	-3.0	21.4	-13.3	-17.9
M18	1990	1024	174.1	5.5	4.0	0.23	9.5	10.4	4.2	26.4	-18.9	-24.3
M19	1988	1029	131.4	3.4	2.1	0.16	6.0	8.6	0.3	25.8	-22.6	-25.9
M19	1989	1030	158.2	0.7	0.4	0.15	5.1	7.5	-3.9	23.5	-25.1	-25.8
M19	1990	1024	179.6	-3.7	-2.5	-0.01	-0.2	7.9	-0.5	31.1	-29.9	-26.2
M20	1986	1011	151.1	3.5	2.5	0.23	9.3	6.4	4.6	28.4	-23.3	-26.7
M20	1988	1029	133.6	-0.2	-0.1	0.14	5.3	6.9	-2.1	26.1	-28.1	-27.9
M20	1989	1030	155.9	-3.8	-2.2	0.12	4.3	5.0	-4.4	26.4	-32.3	-26.5
M20	1990	1024	174.2	4.8	4.1	0.13	7.0	18.0	8.6	33.1	-11.7	-16.4
M21	1988	1029	110.3	4.7	2.4	0.19	6.2	12.6	-15.1	15.2	-19.5	-24.2
M21	1989	1030	190.7	1.9	1.3	0.11	4.6	8.3	-2.8	21.7	-15.6	-17.5
M21	1990	1024	148.2	-4.0	-2.3	-0.13	-5.2	15.3	-4.2	33.0	-24.8	-20.8
M22	1986	1123	178.3	7.0	4.8	0.15	6.3	13.7	6.5	30.2	-16.4	-23.4
M22	1988	1029	138.2	-4.7	-2.6	0.17	6.1	9.6	-2.1	24.1	-21.0	-25.7
M22	1989	1030	171.6	-11.8	-7.8	0.11	4.5	6.5	-2.0	25.3	-23.0	-21.2
M22	1990	1024	199.1	-11.8	-7.8	0.11	4.5	6.5	-2.0	25.3	-23.0	-21.2

forts. Vedlegg 4.

LOK	AR	DATO	PH	K25	CA	MB	NA	K	CL	SULF	NO3N	ALK	ALK-E	TOC	RAL	ILAL	LAL	SKAT2	
M23	1986	1014	5.80	4.03	1.34	.66	3.60	.80	6.6	3.5	178	.053	24.0	5.1	61	56	5	300.4	
M23	1988	1016	5.87	3.61	1.30	.63	3.47	.78	5.6	3.3	129	.058	29.3	5.08	61	40	21	261.3	
M23	1989	1030	5.82	3.96	1.26	.67	3.72	.76	6.6	2.9	149	.053	24.0	4.69	59	59	0	300.8	
M23	1990	1028	5.75	4.38	1.29	.71	4.25	.67	8.0	3.0	129	.050	20.7	3.89	53	30	23	329.1	
M24	1986	1014	5.65	4.88	1.13	.78	5.6	.55	9.2	4.3	141	.038	7.6	2.3	44	34	10	391.6	
M24	1988	1029	5.76	4.31	1.10	.68	4.39	.43	7.4	3.6	152	.041	10.9	2.53	40	15	25	317.3	
M24	1989	1029	5.64	4.59	1.06	.76	4.85	.52	8.6	4.5	165	.033	1.6	2.66	48	18	30	345.3	
M24	1990	1024	6.03	5.41	1.45	.87	5.8	.65	9.8	4.8	118	.058	29.3	2.75	50	30	20	416.0	
M26	1988	1029	6.05	5.65	1.21	.92	6.20	1.21	10.1	3.7	116	.066	37.8	11.10	61	44	17	439.5	
M26	1989	1030	5.79	5.36	1.06	.81	6.1	.28	7.4	3.1	160	.041	10.9	1.44	35	15	20	304.8	
M26	1990	1024	5.88	5.96	1.09	.91	7.0	.27	11.2	3.5	154	.038	7.6	1.29	41	15	26	396.5	
M27	1988	1029	4.83	1.59	.21	.17	1.15	.08	12.0	3.6	115	.044	14.2	1.10	43	17	26	444.9	
M27	1989	1030	4.81	2.29	.26	.27	1.91	.12	1.8	1.1	26	.018	0.0	3.18	55	30	25	92.5	
M28	1988	1029	4.90	2.05	.21	.24	1.77	.08	3.6	1.2	18	.014	0.0	2.79	55	21	34	140.6	
M28	1989	1024	4.99	1.38	.15	.14	.96	.07	3.2	1.0	12	.020	0.0	2.55	65	26	39	126.2	
M28	1990	1024	4.97	1.58	.14	.17	1.23	.12	3.6	1.2	18	.021	0.0	.80	53	10	43	77.6	
M29	1988	1029	5.03	1.47	.13	.17	1.23	.10	2.2	1.1	74	.021	0.0	.60	44	10	40	92.7	
M29	1989	1029	4.98	1.38	.19	.23	1.56	.16	2.1	1.0	63	.020	0.0	.74	50	10	40	92.7	
M29	1990	1028	5.04	1.62	.18	.18	1.36	.12	2.2	1.1	74	.020	0.0	.60	44	10	40	92.7	
M30	1986	1012	5.31	2.08	0.43	.29	2.0	0.28	1.6	1.2	81	.020	0.0	.80	53	10	40	92.7	
M30	1988	1029	8.67	3.84	7.00	0.29	1.96	0.16	2.8	1.3	85	0.020	0.0	0.96	69	11	58	81.4	
M30	1989	1029	4.98	2.83	0.54	0.42	2.94	0.29	2.8	1.3	85	.016	0.0	1.12	59	10	49	117.3	
M31	1986	1020	4.89	3.32	.51	.44	3.16	.32	2.3	1.1	51	.015	0.0	1.21	56	10	46	100.2	
M31	1988	1029	5.01	2.80	0.52	0.39	2.67	0.27	3.7	1.9	61	0.354	333.6	2.0	68	40	28	147.5	
M31	1989	1030	4.89	3.32	.51	.44	3.16	.32	3.1	1.7	64	0.354	333.6	2.01	102	12	90	472.5	
M31	1990	1024	4.92	3.96	.54	.48	4.22	.40	4.9	2.3	84	0.025	0.0	5.71	148	113	45	212.3	
M32	1988	1022	5.63	2.61	0.63	0.42	2.77	0.27	4.1	1.9	93	.021	0.0	5.42	150	70	80	239.1	
M32	1988	1029	5.53	2.56	0.72	0.39	2.49	0.23	5.5	2.0	87	.021	0.0	5.21	154	72	82	281.4	
M32	1988	1029	5.41	1.82	.43	.28	1.73	.18	7.4	4.8	2.6	69	0.031	0.0	1.4	33	22	11	197.0
M32	1988	1029	5.44	2.20	.42	.31	2.29	.34	4.2	2.4	86	.033	1.6	2.85	42	30	12	186.5	
M33	1986	1128	6.08	1.97	.86	.58	1.80	.17	2.9	1.4	36	.055	26.1	2.7	46	24	29	131.5	
M33	1988	1029	4.95	3.98	.76	.59	3.95	.30	4.4	1.6	41	.055	26.1	2.90	35	38	8	159.3	
M33	1989	1105	4.57	4.50	.70	.59	4.77	.38	6.2	3.4	73	.021	0.0	4.98	116	58	58	279.2	
M33	1990	1024	4.83	5.42	.74	.69	5.8	.36	8.0	3.0	79	.021	0.0	4.37	125	55	70	319.2	
TM36	1986	1016	4.94	2.25	.29	.28	1.86	.17	10.3	3.8	75	3.89	145	3.89	145	48	97	380.8	
TM36	1987	1124	4.97	2.31	.29	.26	1.92	.19	3.5	1.9	93	1.2	83	1.2	83	25	58	140.7	
TM36	1988	1110	4.95	2.21	.30	.26	1.54	.11	3.4	1.9	73	1.2	76	1.2	76	17	59	123.9	
TM36	1989	1021	5.06	2.38	.37	.32	2.19	.19	3.6	1.9	71	1.77	72	1.77	72	14	58	160.1	
TM36	1990	1101	4.96	2.69	.33	.35	2.58	.18	4.7	1.7	62	.5	66	.5	66	10	56	178.6	
TM37	1986	1014	4.91	2.00	.18	.21	1.49	.10	2.8	1.6	101	.6	65	.6	65	10	55	112.2	
TM37	1987	1020	4.86	1.95	.18	.21	1.63	.11	2.9	1.7	112	.6	65	.6	65	10	55	119.9	
TM37	1988	1031	4.87	1.86	.17	.19	1.44	.07	3.3	1.4	121	.66	72	.66	72	M 10	62	133.7	
TM37	1989	1028	4.85	2.16	.18	.25	1.84	.12	2.9	1.4	121	.73	81	.73	81	M 10	52	118.1	
TM37	1990	0914	4.90	2.05	.16	.19	1.69	.10	2.9	1.5	105								

## forts. Vedlegg 4.

LOK	AR	DATO	SAN2	DIFF2	D-PRO2	C-DIFF	C-PRD	ECM*	ENA*	ES04*	ANC1	ANC2
M23	1986	1014	312.9	-12.6	-4.2	0.20	5.0	77.9	-3.0	53.6	26.4	39.0
M23	1988	1016	282.3	9.0	3.1	0.09	2.6	80.0	15.5	52.4	51.7	42.7
M23	1989	1030	296.1	4.7	1.6	0.25	6.2	74.7	2.2	41.1	42.0	37.4
M23	1990	1028	328.7	0.4	0.1	0.24	5.5	70.3	-8.6	39.1	27.4	27.1
M24	1986	1014	370.0	11.6	3.0	0.05	1.0	60.2	21.1	62.7	19.1	7.5
M24	1988	1029	309.7	7.6	2.4	0.31	7.3	62.3	12.0	53.4	18.2	10.6
M24	1989	1029	354.5	-9.2	-2.7	0.06	1.4	59.0	3.0	68.6	-8.4	0.8
M24	1990	1024	419.2	-3.2	-0.8	0.14	2.7	79.6	15.3	71.4	28.0	31.3
M25	1988	1029	458.0	-18.6	-4.2	0.32	5.7	69.8	25.4	47.6	66.5	85.0
M26	1988	1029	296.2	8.6	2.8	0.27	6.7	57.1	11.6	43.0	16.6	8.0
M26	1989	1030	407.6	-11.1	-2.8	0.20	3.8	46.1	-5.5	40.2	-7.8	3.3
M26	1990	1024	435.9	8.9	2.0	0.37	6.2	50.5	14.3	40.0	19.0	10.0
M27	1988	1029	82.6	9.9	10.7	0.16	9.8	12.7	6.5	17.7	1.0	-8.9
M27	1989	1030	133.1	7.5	5.3	0.15	6.6	11.6	-4.0	14.5	-6.5	-14.0
M27	1990	1024	116.2	10.0	7.9	0.20	9.6	9.2	-0.4	11.5	-2.7	-12.6
M28	1988	1029	75.9	1.7	2.1	0.12	8.8	8.5	3.1	20.3	-13.4	-15.0
M28	1989	1030	90.3	2.4	2.6	0.12	7.5	6.5	0.3	16.5	-12.7	-15.2
M28	1990	1024	84.6	5.1	5.7	0.11	7.2	6.7	2.7	14.7	-8.0	-13.1
M29	1988	1029	77.0	4.4	5.4	0.09	6.6	10.2	5.9	24.8	-12.5	-16.9
M29	1989	1029	112.1	5.1	4.4	0.07	3.6	10.0	0.1	18.9	-11.8	-16.9
M29	1990	1028	91.5	8.8	8.7	0.16	9.9	8.7	3.5	16.2	-5.4	-14.2
M30	1986	1012	150.5	-3.0	-2.0	0.04	2.0	21.0	-2.5	28.8	-8.8	-5.8
M30	1988	1029	463.2	9.3	2.0	-1.19	-31.1	352.8	10.3	26.4	335.1	325.8
M31	1986	1020	192.1	20.2	9.5	-0.03	-1.1	29.4	9.4	33.6	4.7	-15.5
M31	1988	1029	182.5	16.3	8.2	0.28	9.9	31.1	17.0	27.6	19.2	2.9
M31	1989	1030	222.0	7.1	3.1	0.24	7.3	25.6	4.4	25.6	4.3	-2.8
M31	1990	1024	275.4	5.9	2.1	0.23	5.8	17.9	4.6	22.2	2.6	-3.3
M32	1986	1022	194.9	2.0	1.0	0.03	1.0	34.5	4.4	40.1	-1.1	-3.1
M32	1988	1029	177.7	8.8	4.7	0.16	6.3	40.5	6.7	37.7	7.6	-1.2
M33	1988	1029	120.8	10.6	8.1	0.16	8.7	25.5	5.1	20.7	10.8	0.2
M33B	1986	1128	165.3	-6.0	-3.8	0.04	1.6	17.6	-6.8	20.5	-5.6	0.4
M34	1988	1029	146.4	12.7	8.0	0.12	6.3	56.5	13.0	27.5	42.3	29.6
M35	1988	1029	267.4	11.8	4.2	0.31	7.9	41.7	21.9	52.7	10.9	-0.9
M35	1989	1105	307.0	12.2	3.8	0.32	7.2	31.0	14.0	39.1	6.9	-5.3
M35	1990	1024	385.7	-4.9	-1.3	0.21	3.9	26.1	3.2	49.1	-19.8	-14.9
TM36	1986	1016	145.0	-4.3	-3.0	0.11	4.8	14.5	-3.7	29.4	-22.2	-17.9
TM36	1987	1124	141.6	-1.6	-1.1	0.22	9.4	13.6	1.3	29.6	-16.4	-14.9
TM36	1988	1110	131.5	-7.6	-6.1	0.26	12.0	16.0	-8.0	28.4	-25.3	-17.7
TM36	1989	1021	147.6	12.4	7.8	0.21	8.6	21.2	8.2	29.1	-1.3	-13.7
TM36	1990	1101	173.4	5.2	2.9	0.16	5.8	14.4	-1.4	21.7	-10.3	-15.5
TM37	1986	1014	119.5	-7.4	-6.6	0.18	9.0	7.9	-2.9	25.2	-25.9	-18.5
TM37	1987	1020	125.2	-5.3	-4.4	0.00	0.1	7.2	0.8	26.9	-25.2	-19.9
TM37	1988	1031	103.1	5.1	4.7	0.15	8.2	8.4	4.6	20.1	-14.5	-19.6
TM37	1989	1028	130.9	2.8	2.1	0.10	4.4	7.9	0.2	19.5	-18.2	-21.0
TM37	1990	0914	120.5	-2.5	-2.1	0.18	8.9	4.6	3.4	22.8	-20.9	-18.4

Vedlegg nr. 5. Middelerdier for kjemiske komponenter i 27 innsjøer rundt Mongstad. Middelerdier for innsjøer i den mest utsatte sektor for svovelnedfall fra Mongstad-raffineriet (345<sup>0</sup> - 067<sup>0</sup>) og middelerdier for øvrige sektorer er også angitt. Innsjø nr. 10 og 20 som ligger like ved 067<sup>0</sup>-linjen er inkludert i gruppen "utsatt sektor".

Parameter	Alle innsjøer 27 målinger		
	1988	1989	1990
pH	5.15	5.11	5.14
ECM*, µekv/l	38.8	36.2	29.7
ENA*, µekv/l	13.8	-1.04	2.4
ES04*, µekv/l	39.4	32.7	31.5
NO3N, µg/l	116	99.7	70.6
CL, mg/l	5.40	7.79	8.72
TOC, mg/l	3.92	3.57	3.14
LAL, µg/l	49.5	53.4	54.0
ANC, µekv/l	11.2	3.1	2.0

Parameter	Utsatt sektor 10 målinger			Øvrige sektorer 17 målinger		
	1988	1989	1990	1988	1989	1990
pH	4.92	4.87	4.91	5.29	5.26	5.28
ECM*, µekv/l	21.3	18.4	12.8	49.1	46.7	39.7
ENA*, µekv/l	7.31	-3.59	-0.64	17.6	0.45	4.2
ES04*, µekv/l	34.9	28.0	27.0	42.0	35.4	34.1
NO3N, µg/l	89.6	72.9	51.0	132	116	82.0
CL, mg/l	4.09	6.53	6.66	6.16	8.53	9.94
TOC, mg/l	2.61	2.21	1.95	4.70	4.38	3.84
LAL, µg/l	61.0	68.7	68.8	42.8	44.5	45.5
ANC, µekv/l	-10.1	-14.9	-16.0	23.8	13.7	12.5

Vedlegg nr. 6. Parvise t-tester av endringer i konsentrasjoner av vannkjemiske komponenter i ulike år. Testene er utført både på det samlede materialet (27 innsjøer), data fra utsatt sektor (10 innsjøer) og data fra øvrige sektorer (17 innsjøer).

N Obs	Variable	Mean	T	Prob> T
27	PH 88 - 89	-0.04	-1.61	0.1194
	PH 88 - 90	-0.01	-0.47	0.6427
	PH 89 - 90	0.03	0.90	0.3764
	ANC1 88 - 89	-7.97	-2.73	0.0113
	ANC1 88 - 90	-9.08	-3.37	0.0023
	ANC1 89 - 90	-1.11	-0.42	0.6751
	ANC2 88 - 89	-5.08	-3.48	0.0018
	ANC2 88 - 90	-5.14	-2.81	0.0094
	ANC2 89 - 90	-0.06	-0.03	0.9737
	ECM*88 - 89	-2.60	-1.74	0.0930
	ECM*88 - 90	-9.09	-3.87	0.0007
	ECM*89 - 90	-6.49	-3.21	0.0035
	ENA*88 - 89	-14.65	-6.24	0.0001
	ENA*88 - 90	-11.21	-6.43	0.0001
	ENA*89 - 90	3.44	1.96	0.0607
	ESO4*88 - 89	-6.75	-3.83	0.0007
	ESO4*88 - 90	-7.90	-4.39	0.0002
	ESO4*89 - 90	-1.15	-1.15	0.2592
	NO3N 88 - 89	-16.56	-2.63	0.0140
	NO3N 88 - 90	-45.74	-5.26	0.0001
	NO3N 89 - 90	-29.19	-4.15	0.0003
	CL 88 - 89	2.39	8.19	0.0001
	CL 88 - 90	3.33	6.79	0.0001
	CL 89 - 90	0.93	2.85	0.0084
	TOC 88 - 89	-0.35	-2.46	0.0207
	TOC 88 - 90	-0.78	-5.29	0.0001
	TOC 89 - 90	-0.43	-3.84	0.0007
	LAL 88 - 89	3.93	1.67	0.1074
	LAL 88 - 90	4.63	1.49	0.1481
	LAL 89 - 90	0.70	0.29	0.7777

forts. Vedlegg 6.

----- SEKTOR=Utsatt -----

N Obs	Variable	Mean	T	Prob> T
10	PH 88 - 89	-0.05	-1.17	0.2710
	PH 88 - 90	-0.01	-1.03	0.3305
	PH 89 - 90	0.04	1.07	0.3135
	ANC1 88 - 89	-4.39	-1.04	0.3238
	ANC1 88 - 90	-5.43	-1.59	0.1455
	ANC1 89 - 90	-1.04	-0.27	0.7907
	ANC2 88 - 89	-5.23	-2.02	0.0735
	ANC2 88 - 90	-3.76	-2.03	0.0731
	ANC2 89 - 90	1.47	0.85	0.4175
	ECM*88 - 89	-2.91	-1.73	0.1175
	ECM*88 - 90	-8.45	-4.18	0.0024
	ECM*89 - 90	-5.54	-3.38	0.0082
	ENA*88 - 89	-10.46	-2.43	0.0381
	ENA*88 - 90	-7.51	-3.19	0.0110
	ENA*89 - 90	2.95	0.87	0.4059
	ESO4*88 - 89	-6.90	-2.76	0.0222
	ESO4*88 - 90	-7.89	-3.58	0.0059
	ESO4*89 - 90	-0.99	-0.80	0.4439
	NO3N 88 - 89	-16.70	-3.54	0.0063
	NO3N 88 - 90	-38.60	-4.53	0.0014
	NO3N 89 - 90	-21.90	-3.10	0.0128
	CL 88 - 89	2.44	4.68	0.0011
	CL 88 - 90	2.57	5.80	0.0003
	CL 89 - 90	0.13	0.38	0.7100
	TOC 88 - 89	-0.40	-2.23	0.0528
	TOC 88 - 90	-0.66	-2.92	0.0170
	TOC 89 - 90	-0.26	-3.53	0.0064
	LAL 88 - 89	7.70	2.39	0.0406
	LAL 88 - 90	7.80	2.09	0.0664
	LAL 89 - 90	0.10	0.03	0.9763

forts. Vedlegg 6.

----- SEKTOR=Øvrige -----

N Obs	Variable	Mean	T	Prob> T
17	PH 88 - 89	-0.03	-1.09	0.2939
	PH 88 - 90	-0.01	-0.34	0.7411
	PH 89 - 90	0.02	0.45	0.6590
	ANC1 88 - 89	-10.08	-2.57	0.0208
	ANC1 88 - 90	-11.22	-2.99	0.0086
	ANC1 89 - 90	-1.15	-0.32	0.7529
	ANC2 88 - 89	-4.99	-2.76	0.0140
	ANC2 88 - 90	-5.95	-2.19	0.0439
	ANC2 89 - 90	-0.96	-0.36	0.7223
	ECM#88 - 89	-2.42	-1.10	0.2860
	ECM#88 - 90	-9.46	-2.64	0.0179
	ECM#89 - 90	-7.04	-2.27	0.0372
	ENA*88 - 89	-17.11	-6.44	0.0001
	ENA*88 - 90	-13.38	-5.86	0.0001
	ENA#89 - 90	3.73	1.83	0.0858
	ESO4#88 - 89	-6.66	-2.73	0.0149
	ESO4#88 - 90	-7.91	-3.04	0.0077
	ESO4#89 - 90	-1.25	-0.87	0.3984
	NO3N 88 - 89	-16.47	-1.69	0.1097
	NO3N 88 - 90	-49.94	-3.85	0.0014
	NO3N 89 - 90	-33.47	-3.22	0.0054
	CL 88 - 89	2.36	6.55	0.0001
	CL 88 - 90	3.77	5.22	0.0001
	CL 89 - 90	1.41	3.14	0.0064
	TOC 88 - 89	-0.32	-1.57	0.1350
	TOC 88 - 90	-0.86	-4.34	0.0005
	TOC 89 - 90	-0.54	-3.14	0.0064
	LAL 88 - 89	1.71	0.54	0.5976
	LAL 88 - 90	2.76	0.62	0.5420
	LAL 89 - 90	1.06	0.30	0.7653

-----



---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-1909-9