



## Rapport 411|90

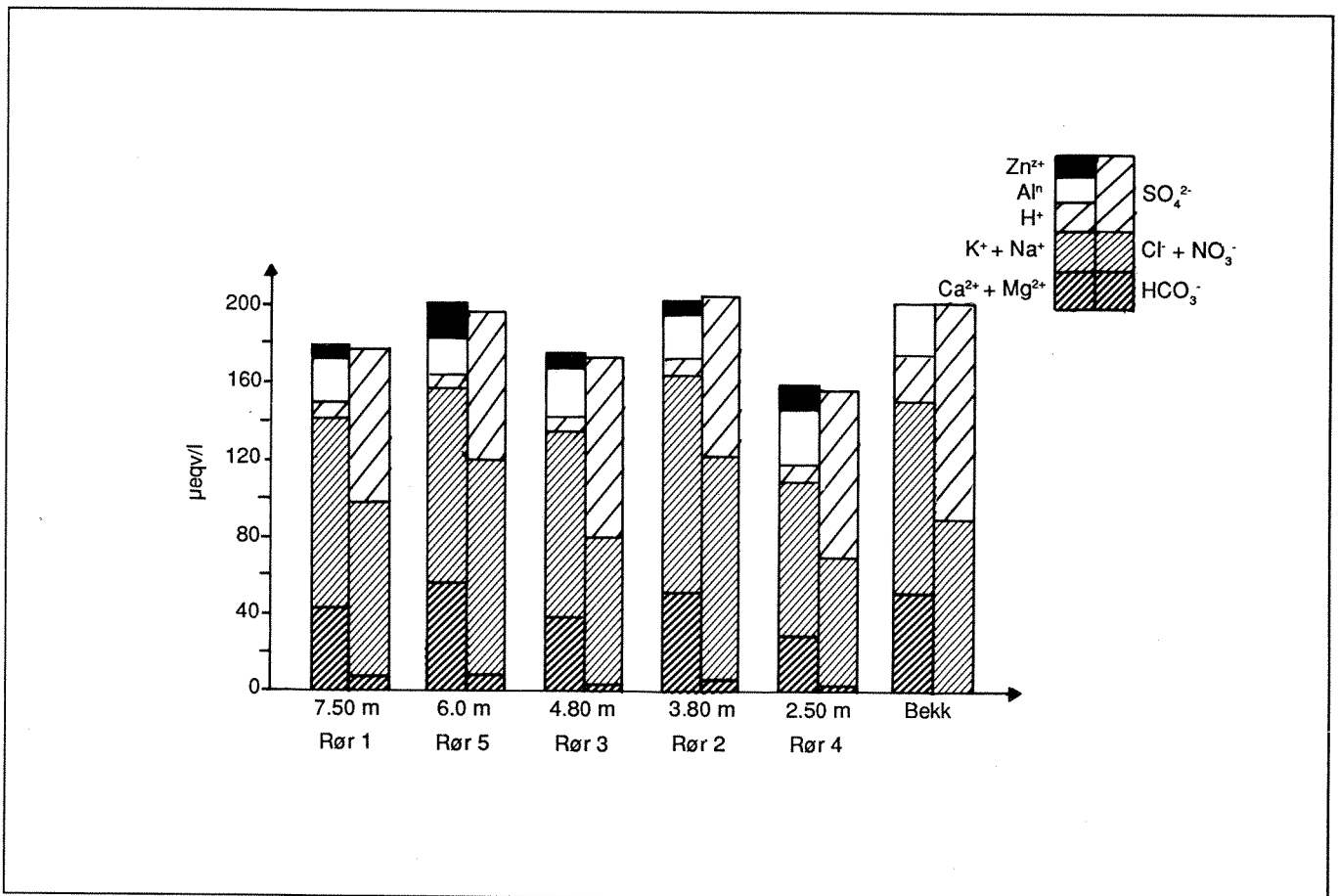
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner

 NIVA  
 NGU  
 NVE

### Landsomfattende grunnvannnett (LGN) Kjemiske variasjoner i et grunnvannsmagasin i Evje, Aust Agder





## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør  
grunnvann  
vassdrag og fjorder  
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

**gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.**

**registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.**

**påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.**

**over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.**

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1, tlf. 02 - 65 98 10.

# 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.:

0-80006-04

Undernummer:

Løpenummer:

2453

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Landsomfattende grunnvannnett (LGN)

Kjemiske variasjoner i et grunnvannsmagasin  
i Evje, Aust-Agder.

Dato:

Juni 1990

Prosjektnummer:

Forfatter (e):

Arne Henriksen (NIVA)  
Lars Kirkhusmo (NGU)  
Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA)  
Roar Sønsterud (NVE)

Faggruppe:

Sur nedbør

Geografisk område:

Aust-Agder

Antall sider (inkl. bilag):

36

Oppdragsgiver:

Statens forurensningstilsyn (SFT)  
(Statlig program for forurensningsovervåking.)

Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):

Ekstrakt:

Grunnvannet i en løsavsetning på Hannåsmoen, Evje i Aust-Agder, er undersøkt for vertikale og horisontale kjemiske variasjoner gjennom ett år. I samme felt er det også gjort undersøkelser på tungmetallinnhold i grunnvann. Undersøkelsene har vist at grunnvannskjemien varierer lite, både i løpet av året og i dypet. Grunnvannet lar seg derfor karakterisere ved en prøve tatt på vilkårlig tid på året og uavhengig av sted og dyp. Tungmetallkonsentrasjonene i grunnvannet i Hannåsmoen er lave.

4 emneord, norske:

1. Grunnvann
2. Vannkjemi
3. Tungmetaller
4. Forsuring

4 emneord, engelske:

1. Groundwater
2. Water chemistry
3. Heavy metals
4. Acidification

Prosjektleder:



Arne Henriksen

For administrasjonen:



Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1762-2

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
Oslo

O-80006-04

LANDSOMFATTENDE GRUNNVANNSNETT (LGN)  
Kjemiske variasjoner i et grunnvannsmagasin  
i Evje, Aust-Agder

5. juni 1990

Forfattere: Arne Henriksen  
Lars Kirkhusmo  
Brit Lisa Skjelkvåle  
Roar Sønsterud

## INNHOOLD

	Side:
SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	4
2. LOKALITETSBEKRIVELSE	5
3. PRØVEINNSAMLING	7
3.1. Betydning av pumpetid	8
3.2. Måling av tungmetallkonsentrasjoner: jern, mangan, kobber, sink, kadmium og bly	8
4. RESULTATER	11
4.1 Ionebalanse	13
4.2 Sjøsaltkorreksjon	13
4.3 pH og alkalitet	15
4.4 Aluminium	17
4.5 Kalsium og magnesium	18
4.6 Natrium	20
4.7 Kalium	20
4.8 Sulfat og klorid	22
4.9 Nitrat	22
4.10 Andre komponenter	22
4.11 Tungmetaller: Jern, mangan, kobber, sink, kadmium, bly	23
5. DISKUSJON	23
5.1 Variasjoner i dypet	23
5.2 Variasjoner gjennom året	24
6. KONKLUSJONER	25
7. LITTERATUR	27
APPENDIKS	28

## **SAMMENDRAG**

Grunnvannet i en løsavsetning på Hannåsmoen, Evje i Aust-Agder er undersøkt for vertikale og horisontale kjemiske variasjoner gjennom et år. I samme felt er det også gjort undersøkelser på tungmetallinnhold i grunnvann.

Det er i denne sammenheng sett på betydning av pumpetid ved prøvetaking av grunnvann, samt utprøving av utstyr for prøvetaking av tungmetaller i grunnvann.

Undersøkelsene har vist at variasjoner i grunnvannskjemi varierer lite, både i løpet av året og i dypet. Grunnvannet på Hannåsmoen er karakterisert ved at det er ionefattig, svakt forsuret og med liten motstand mot forsuring. Imidlertid ser denne situasjonen ut til å være stabil. Konsekvensen av dette er at grunnvannet lar seg karakterisere ved en prøve tatt på en vilkårlig tid på året og uavhengig av sted og dyp.

Tungmetallkonsentrasjonene er lave. Utstyret som ble utprøvet for prøvetaking av tungmetaller gir gode resultater, men egner seg likevel dårlig i regionale grunnvannsundersøkelser fordi det er tidkrevende å etablere og dermed faller dyrt.

## **1. INNLEDNING**

Landsomfattende grunnvannsnett (LGN) ble etablert i 1977 av Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Norges vassdrags- og energiverk (NVE) og har til oppgave å samle referansedata vedrørende grunnvannsforhold, øke kjennskap til grunnvann som en del av det hydrologiske kretsløp og å fremskaffe data til bruk i forskning og undervisning. Grunnvannsnettet består av 49 observasjonsområder som er antatt å være upåvirket av menneskelige aktiviteter, med unntak av langtransporterte luftforurensninger. Ulike geologiske, topografiske og klimatiske forhold er representert. I tillegg til grunnvannstanden måles en eller flere av parameterene: grunnvannskjemi, grunnvannstemperatur, snødyp, teledyp og avrenning. LGN-prosjektet ønsker bl.a å kartlegge grunnvannstandens og

grunnvannstemperaturens variasjonsmønster og langtidstrender.

LGN's data blir benyttet som referansedata i en rekke prosjekter, spesielt innenfor miljøkontroll og overvåking. Fire av observasjonsområdene inngår i det statlige programmet for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, som Statens forurensningstilsyn (SFT) administrerer.

Dataene fra LGN-stasjonene viser stabile vannkjemiske forhold gjennom tid ved hvert enkelt punkt (SFT 1989). Vertikale og horisontale kjemiske gradienter i et grunnvannsmagasin er derimot lite undersøkt.

For å studere denne problemstillingen ble det i 1986-1987 foretatt en undersøkelse av vannkvalitet på flere dyp i grunnvannsmagasinet på Hannåsmoen i Evje i Vest-Agder (LGN 48) (fig.1). Hensikten var å studere vertikale og horisontale kjemiske gradienter og variasjoner gjennom et år.

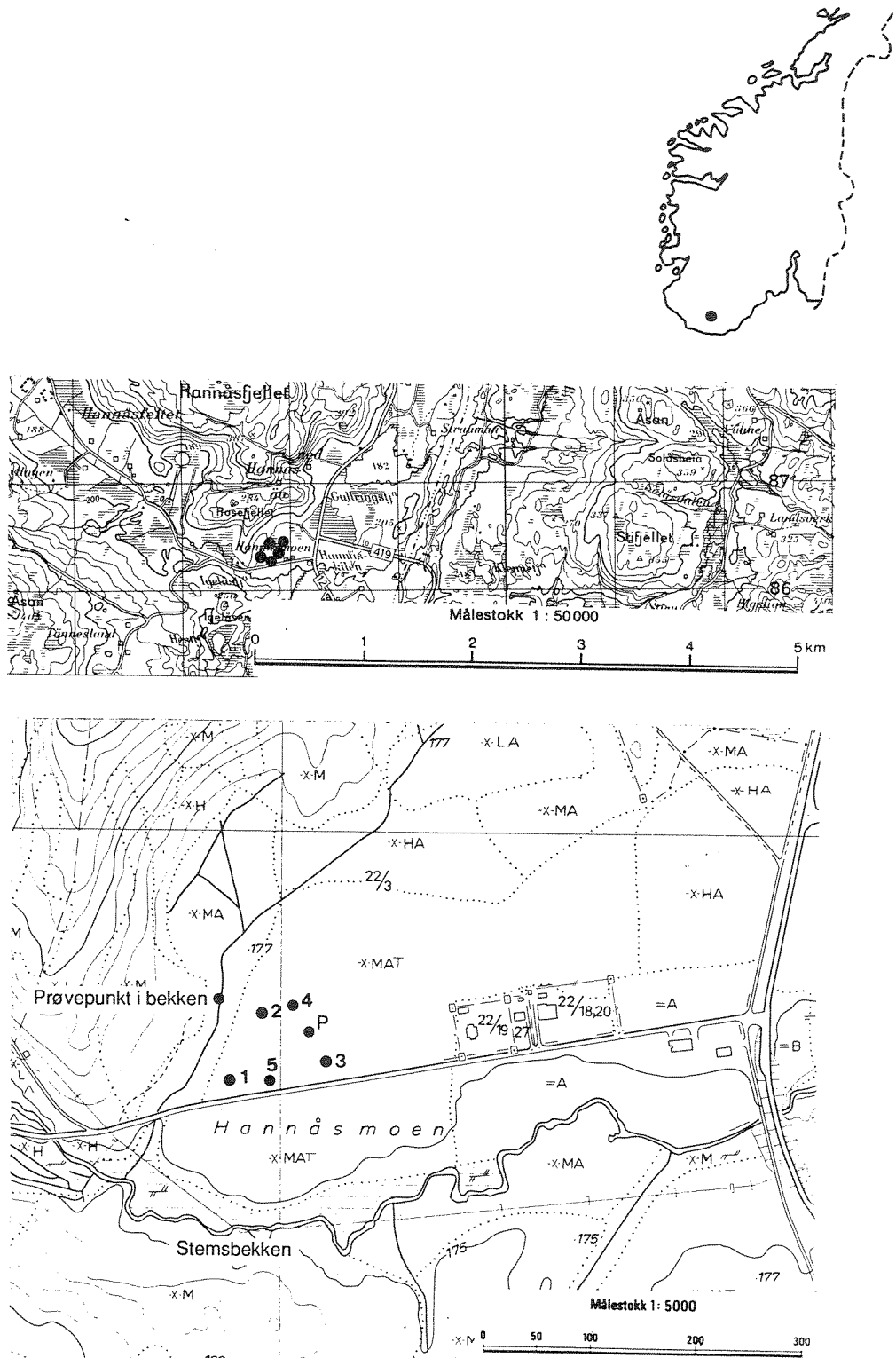
## **2. LOKALITETSBEKRIVELSE**

Undersøkelsene i grunnvannsmagasinet på Hannåsmoen i Evje kommune i Vest-Agder ble startet høsten 1982. Undersøkelser (1983-1984) viste at grunnvannet her er blant de mest ionefattige sammenlignet med grunnvann fra de andre LGN stasjonene. Dette vannet er derfor spesielt forsurningsfølsomt og på grunn av den vannkjemiske sammensetningen, ble stasjonen inkludert i det statlige program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør.

Hannåsmoen er en elveavsetning som består av materiale derivert fra bergartene i området. Dette er hovedsaklig granitt og granittiske gneisser (øyegneiss). Avsetningen består hovedsakelig av fin/medium sand og mineralogien er dominert av kvarts og feltspat.

Terrenget er tilnærmet flatt og dyp til grunnvannstand er fra 1-2 m under bakkenivå. Grunnvannspeilet har en gradient på 1%

og grunnvannsavrenningen skjer sydvestover mot Stemsbekken (fig.1).



Figur 1. Plassering av sandspisser i grunnvannsmagasinet på Hannåsmoen, Evje, og prøvepunkt i bekken. Rør 1-5 er sandspisser, rør P er et plexiglassrør til bruk for måling av metaller med lave konsentrasjoner.



### 3. PRØVEINNSAMLING

I august 1986 ble de tre eksisterende grunnvannsrørene supplert med to nye som ble slått ned til forskjellig dyp (fig.1 og tabell 1). Vannprøver for kjemisk analyse ble tatt fra alle de 5 rørene ca. hver 14 dag fra 20 august 1986 til 26 august 1987.

Rør nr.	Dybde på filter (cm under terreng)
4	200 - 300 cm
2	330 - 430 cm
3	430 - 530 cm
5	550 - 650 cm
1	695 - 795 cm

Tabell 1. Dybde av filtere (sandspisser) i Hannåsmoen grunnvannsmagasinet.

Prøvene ble tatt etter 15 minutters pumping fra hvert rør og sendt til NIVA samme dag for kjemisk analyse. Her ble prøvene behandlet og analysert ifølge NIVA's kjemiske laboratoriums rutineprogram for pH, konduktivitet,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , Alk, Al,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , permeabilitet og turbiditet, Zn, Mn og Fe.

Tungmetaller (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb) ble analysert i prøver tatt fra rør P (plexiglassrør) (se fig.1) i en kortere periode fra 8.7 - 27.10.87. Analyseresultatene er gitt i appendiks A1, A2 og A3.

I tillegg til prøvene fra grunnvannet ble det også tatt prøver fra en bekk som renner gjennom nedbørfeltet. Bekken mottar ikke vann fra grunnvannsmagasinet og dataene gir grunnlag for å sammenligne den kjemiske sammensetningen av overflatevann og grunnvann i samme nedbørfelt. Prøvertakningsted i bekk er merket av på fig.1.

### 3.1 Betydning av pumpetid

Ved prøvetaking av grunnvann fra sandspisser er standard pumpetid ca. 15 min etter at vannet er klart. For å teste betydningen av pumpetidene for vannkvalitet, ble det 8.juli 1987 tatt prøver fra rør 5 etter økende pumpetid (Tabell 2).

Tabellen viser at prøver tatt etter 15 min eller mer, er meget like i kjemisk sammensetning. Prøver som ble tatt før 15 min pumping, avviker noe fra de øvrige for noen komponenter. Resultatene viser at en pumpetid utover 15 minutter ikke er nødvendig.

Komponent	Pumpetid i minutter			
	5	15	30	35
pH	5.28	5.17	5.14	5.15
Kond. mS/m	2.69	2.74	2.83	2.80
Turb. NTU	0.9	0.45	0.42	0.63
Ca <sup>2+</sup> mg/l	0.62	0.62	0.62	0.61
Mg <sup>2+</sup> "	0.23	0.24	0.24	0.24
Na <sup>+</sup> "	2.41	2.40	2.41	2.38
K <sup>+</sup> "	0.75	0.25	0.25	0.24
Cl <sup>-</sup> "	4.0	4.0	4.0	4.0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> "	3.2	3.5	3.6	3.6
Alk $\mu$ ekv/l	16	8	5	4
RAL $\mu$ g/l	169	260	292	297
SiO <sub>2</sub> mg/l	4.9	5.0	5.0	5.0

Tabell 2. Betydningen av pumpetid for kjemisk sammensetning av vannprøvene.

### 3.2 Måling av tungmetallkonsentrasjoner: jern, mangan, kobber, sink, kadmium og bly

Tungmetaller kan ikke bestemmes i grunnvann som er pumpet opp fra sandspisser, fordi disse lett avgir forskjellige tungmetaller til vannet. De normalt lave metallkonsentrasjonene i grunnvann gjør at risiko for kontaminering ved prøvetaking er svært stor. Det svenske IVL (Instituttet for Vatten och

Luftvårdsforskning) har utarbeidet en metode for prøvetaking av metaller med lave konsentrasjoner i grunnvann (Bergmann *et al.*, 1986). Denne metoden er utprøvd på Hannåsmoen for å få erfaringer med metoden og for å få bakgrunnsverdier på endel metaller i grunnvann.

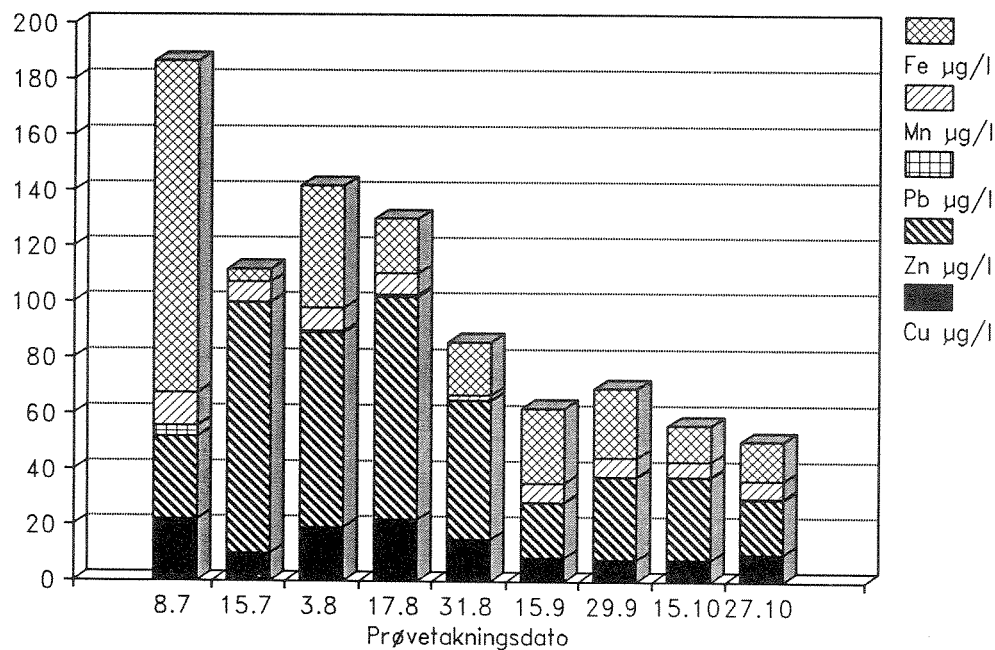
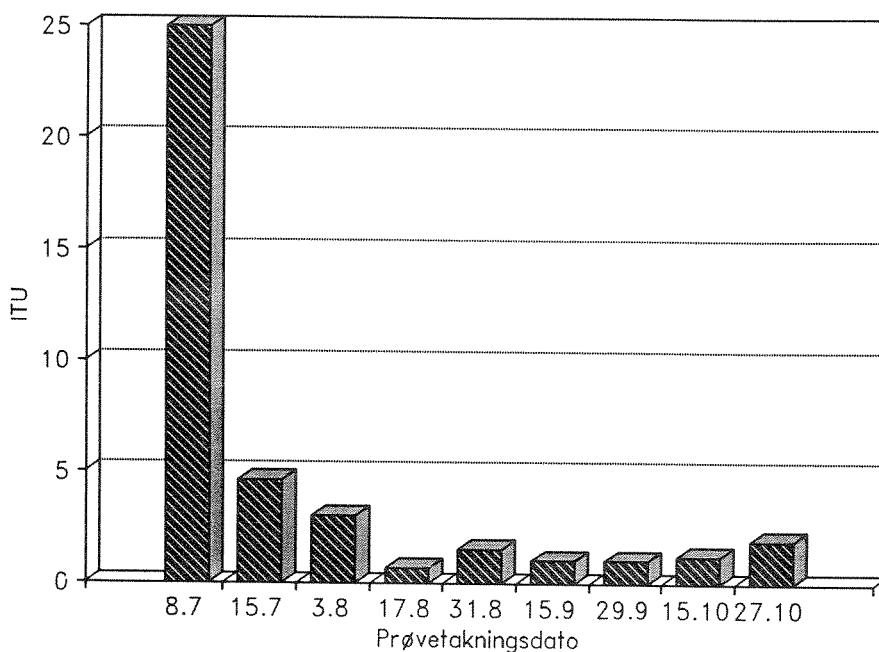
I 1987 ble det satt ned et eget rør (plexiglass) merket 6 på kartet på fig.1. Vanninntaket for dette røret er 350 cm under terreng. Det ble prøvetatt hver 14 dag i 18 uker, altså 9 prøver. Det ble tatt to prøver for hver gang; en av vannet som ble tatt ved lensing av røret og en etter at røret hadde fylt seg opp i en time. Prøvene ble behandlet på tre forskjellige måter; uten filter, med syrevasket filter og med sterilisert filter. Alle resultatene er presentert i appendiks A2, og middelerdi av de fire siste målingene er presentert i tabell 3.

	µg/l					
	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb
Filtrert	6-7	11-12	6.6-6.9	28-30	<0.1	<0.5-0.6
Ufiltrert	20	11	8.5	25	<0.1	1.5

Tabell 3. Middelerdien for de fire siste målingene av tungmetallkonsentrasjoner i Hannåsmoen grunnvannsmagasin. "Filtrert" inkluderer både syrevasket og sterilt filter.

Konsentrasjonene sank merkbart for jern (Fe), mangan (Mn), kobber (Cu), sink (Zn) og bly (Pb) gjennom de første målingene før verdiene begynte å stabilisere seg. Dette kan henge sammen med at turbiditet også avtok gjennom de første målingene (fig.2a og b). Kadmium (Cd) viste verdier under deteksjonsgrensen i alle målingene. De 4 siste målingene viste et stabilt konsentrasjonsnivå.

Prøver som ikke er filtrert viser høyere verdier enn de som er filtrert. Årsaken til dette er sannsynligvis et høyere innhold av leirpartikler i ufiltrert enn i filtrert vann.



Figur 2. a. Endring av turbiditet (i ufiltrert prøve tatt en time etter lensing av plexiglassrøret) med prøvetakningstidspunkt.  
 b. Endring av totalt innhold av tungmetaller (i ufiltrert prøve tatt en time etter lensing av plexiglassrøret) med prøvetakningstidspunkt.  
 Både turbiditet og totalt innhold av tungmetaller avtar gjennom de første prøvetakningene, mens de fire siste prøvetakningene viser stabile verdier m.h.p. alle parameterene.

Leirpartiklene har adsorbent metaller på overflaten som bidrar til å gi forhøyede verdier.

For de fleste prøvene er det høyere verdier for de prøvene som er tatt etter den første lensingen av røret enn for de prøvene som er tatt etter en time. Årsaken til dette er at partiklene felles ut ved henstand av vannet.

Etablering av prøvetakingsrør for måling av tungmetaller i grunnvann er tidkrevende. Prøvetakingen krever godt kvalifisert personell og må pågå over tid til man når et stabilt konsentrasjonsnivå. Regionale undersøkelser av tungmetaller i grunnvann er derfor ressurskrevende og bør istedenfor basere seg på prøvetaking av kilder.

#### **4. RESULTATER**

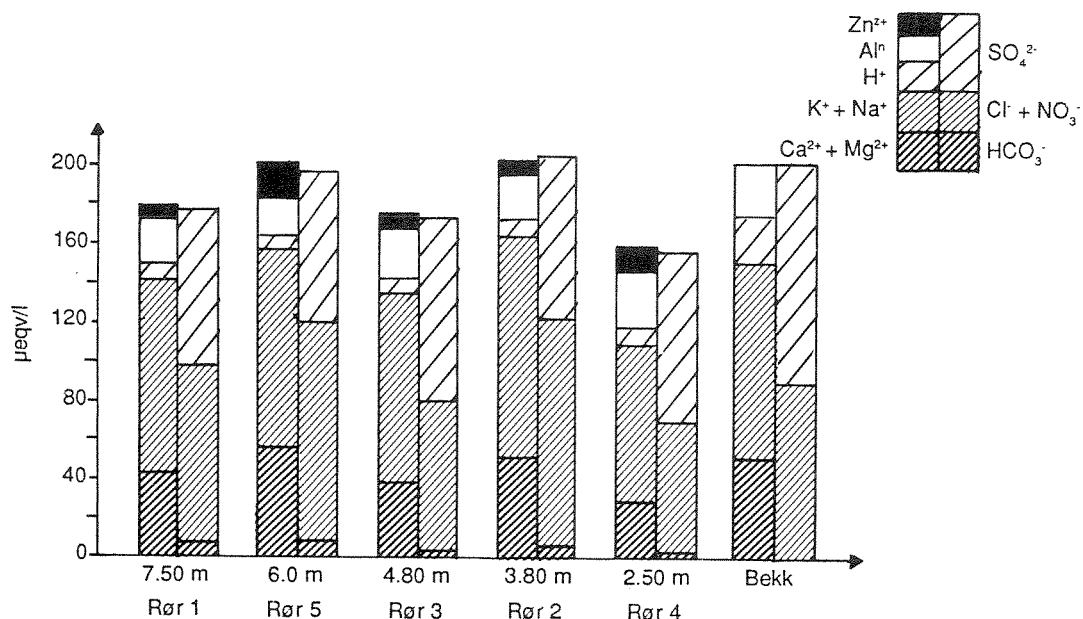
Grunnvannet i Hannåsmoen er prøvetatt månedlig fra november 1983. Denne prøveserien viser at grunnvannsmagasinet har lavt innhold av oppløste salter og er forsuret, men viser stabil kjemi og stabil forsureningsituasjon (SFT 1989).

Grunnvannskjemiske data fra Hannåsmoen som er tatt i perioden august 1986 til august 1987 er presentert i appendiks A1 og A2. Tabell 4 gir en oversikt over spennvidden i de kjemiske dataene i dypet og gjennom året. Variasjon i dypet er vist ved å beregne middelerdi for hvert av de fem rørene gjennom året, slik at man får en middelerdi for hvert dyp, og av disse er høyeste og laveste verdi presentert for hver kjemiske parameter. På samme måte er variasjonen gjennom året for grunnvannet vist ved å beregne middelerdi for alle fem rørene for hver prøvetaking og deretter presentere høyeste og laveste middelerdi for de enkelte komponentene i løpet av året. Tabellen viser at både variasjon i dypet og variasjon gjennom året er liten. Årsmiddelerdien for bekken presentert i samme tabell.

Ionesammensetning i grunnvannet og i bekken er vist på figur 3.

Komponent	Variasjon i dypet	Variasjon gjennom året	Bekk
pH	5.1 - 5.2	5.1 - 5.3	4.6
Kond mS/m	2.6 - 3.6	2.5 - 2.7	3.6
Ca <sup>2+</sup> mg/l	0.3 - 0.6	0.5 - 0.7	0.5
Mg <sup>2+</sup> mg/l	0.2 - 0.3	0.2 - 0.3	0.3
Na <sup>+</sup> mg/l	1.8 - 2.5	2.1 - 2.3	1.8
K <sup>+</sup> mg/l	0.1 - 0.3	0.2 - 0.2	0.9
Cl <sup>-</sup> mg/l	2.4 - 4.1	3.0 - 3.8	3.2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	3.8 - 5.3	3.7 - 4.2	5.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µg/l	6.0 - 23.5	7.6 - 18.2	53.4
Alk µeq/l	3.0 - 8.7	0.7 - 10.4	0
LAL µg/l	212 - 314	189 - 317	324
SiO <sub>2</sub> mg/l	4.7 - 5.4	4.8 - 5.4	3.6
F <sup>-</sup> µg/l	50 - 124		76
Fe µg/l	70 - 380		116
Mn µg/l	5.9 - 10.7		11.5
Perm	< 0.5		3.5
Turb JTU	0.4 - 0.9		1.0
ECM* µekv/l	18.0 - 28.6	13 - 29.4	29.5
ENa* µekv/l	0 - 25.1	3.0 - 19.3	19.3
ESO <sub>4</sub> * µekv/l	63.2 - 100	68.0 - 78.9	100.4

Tabell 4. Høyeste og laveste årsmiddelverdi for de fem rørene (variasjon i dypet), og høyeste og laveste middelverdi av de fem rørene i løpet av prøvetakningsåret.



Figur 3. Ionesammensetning i prøver fra 20.8.86 (samme data som tabell 5).

#### 4.1 Ionebalanse

I grunnvannet på Hannåsmoen er det underskudd av kationer hvis man regner summen av anioner og kationer som angitt for ikke-sure vann (tabell 5).

$$\begin{aligned}\Sigma \text{kationer} &= \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ \\ \Sigma \text{anioner} &= \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-\end{aligned}$$

De kjemiske analyseresultatene (tabell A1) viser imidlertid at det er betydelige mengder sink (Zn) som er pumpet opp fra de fem rørene. I surt vann (pH < 5.5 og  $\text{HCO}_3^- = 0$ ) vil også  $\text{H}^+$  og aluminium (Al) bidra til ionebalansen:

$$\begin{aligned}\Sigma \text{kationer} &= \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{Al}^n \\ \Sigma \text{anioner} &= \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-\end{aligned}$$

$\text{Al}^n$  er summen av positivt ladete aluminiumspesier som  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_n^{(3-n)+}$ ,  $\text{Al}(\text{F})_n^{(3-n)+}$ ,  $\text{Al}(\text{SO}_4)_n^{n+}$  (der  $n=1,2$ ).

Sink antas å være fullt dissosiert ved den pH prøvene har. For å anslå bidraget av aluminium til ionebalansen må en kjenne valensen av det ioniserte aluminium. Valensen er regnet ut med et spesieringsprogram for aluminium (ALCHEMI, Schecher 1980). Dette programmet tar hensyn til pH,  $p\text{CO}_2$  og kompleksering med  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$ , og  $\text{SO}_4^{2-}$ . Beregningene viste at gjennomsnittlig ladning for et aluminiumspecie er 2.5, det gir en ekvivalentvekt på 11. Tar vi aluminium og sink med i ionebalansen blir det god overenstemmelse mellom anioner og kationer (tabell 5).

#### 4.2 Sjøsaltkorreksjon av ionene

Ionene i grunnvann har tre kilder: sjøsalter fra nedbøren, forurensning fra atmosfæren og ioner frigitt ved forvitring og ionebyte i jordsmonnet. Sjøsaltbidraget kan estimeres fra antagelser om at all klorid kommer fra sjøsalter og at sjøsaltene transporteres med nedbøren i samme forhold som de finnes i havvannet. Forholdet mellom klorid og andre ioner i

IONE BALANSE					
Rør nr.	1	2	3	4	5
Prøvedato 20.8.86					
$\Sigma$ kationer $\mu\text{ekv/l}$ ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$ )	118	172	142	163	144
$\Sigma$ anioner $\mu\text{ekv/l}$ ( $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ )	156	204	174	196	176
Ionedifferanse	-38	-32	-31	-33	-27
$\Sigma \text{Zn}^{2+} + \text{Al}^n$ $\mu\text{ekv/l}$ Al <sup>n</sup> er LAL med ekv.=11	42	31	33	38	30
$\Sigma$ kationer - $\Sigma$ anioner	+4	-1	+2	-5	+3

Tabell 5. Sum av kationer og anioner er først regnet ut på vanlig måte for ikke-sure vann. Ionedifferansen viser stort underskudd av kationer. Legger vi til summen av  $\text{Zn}^{2+} + \text{Al}^n$  blir det god balanse mellom kationer og anioner.

sjøvann kan dermed brukes til å beregne ikke-marin  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  og  $\text{SO}_4^{2-}$ . Differansen mellom marint og ikke-marint bidrag utgjøres av det geolgiske bidraget fra forvitring og ionebytte og det antropogene bidraget.

Grunnvannet i Hannåsmoen er sterkt påvirket av ioner fra sjøsalter som er tilført gjennom nedbøren. Sjøsaltionene utgjør mellom 43-58% av den totale ionekonsentrasjonen i grunnvannet og i bekken.

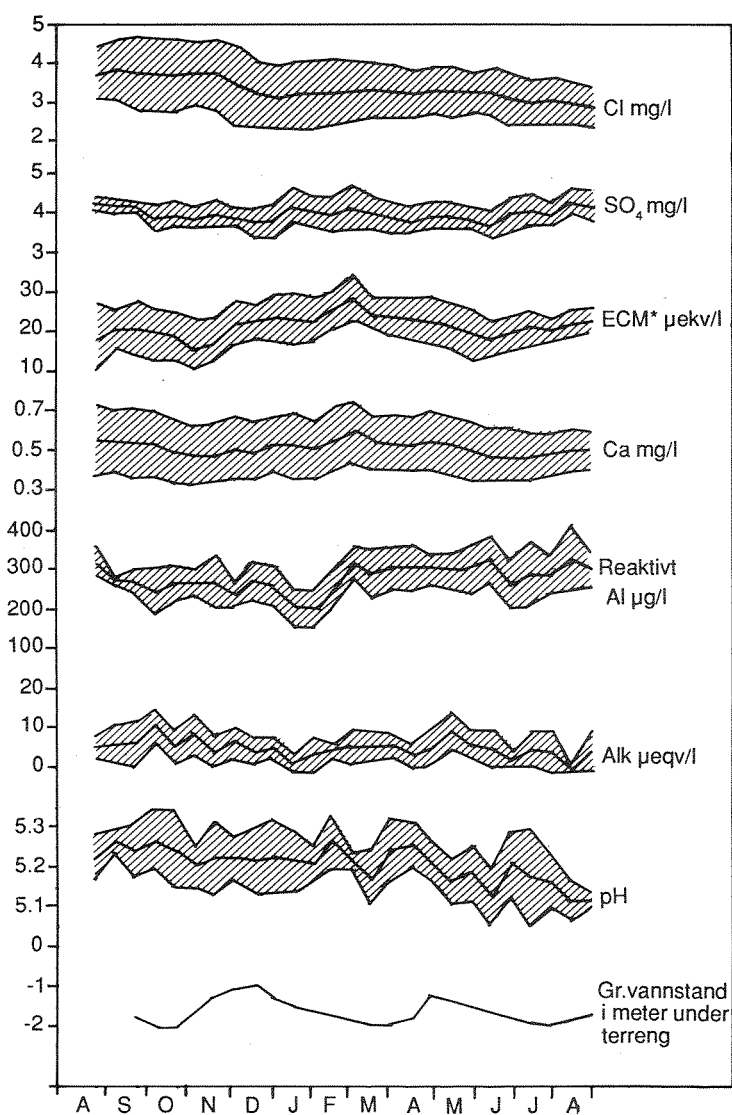
Bekken har omtrent samme total ionekonsentrasjon som grunnvannet, men andelen av sjøsaltioner er høyere for overflatevannet enn for grunnvannet. Årsaken til dette kan være en fortykningseffekt i grunnvannet eller at endel sjøsaltioner blir adsorbent på partikler i løsmassene og ikke når grunnvannet.



### 4.3 pH og alkalitet

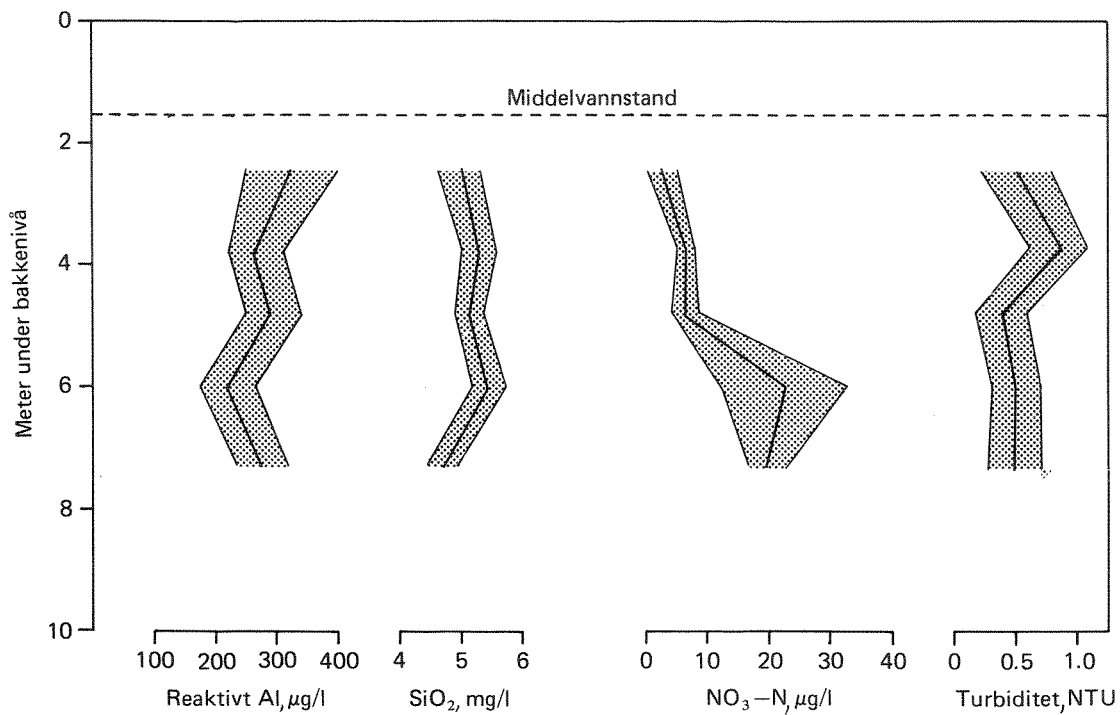
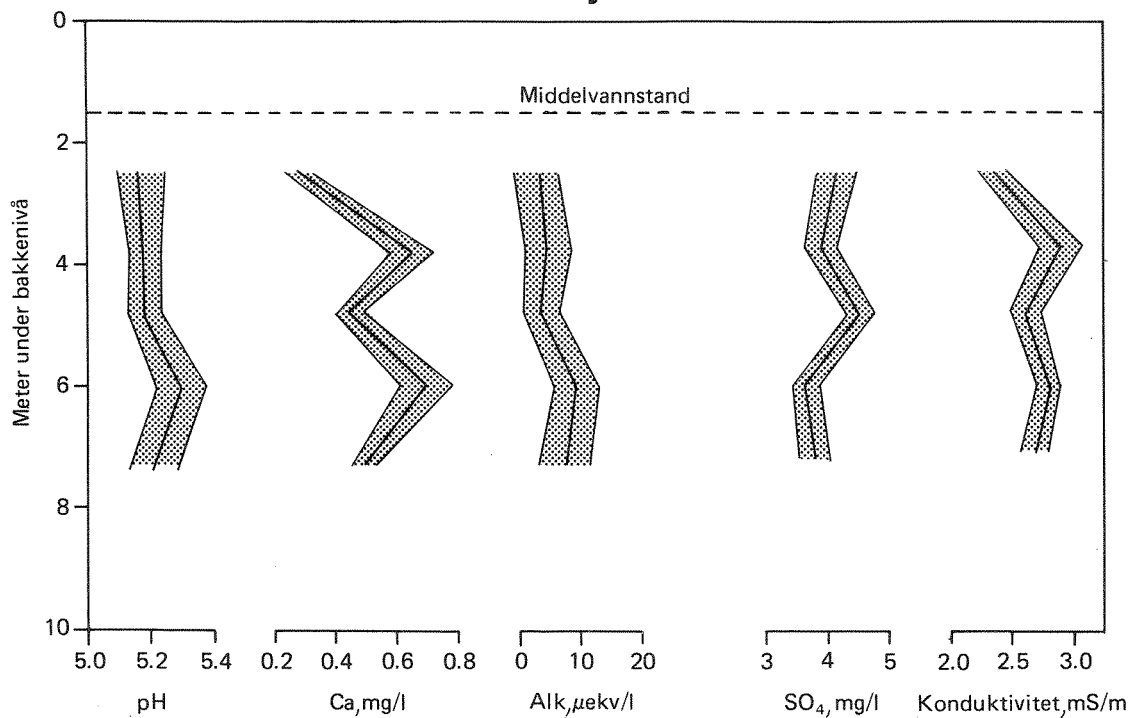
pH i grunnvannet varierer fra ca. 5.0 - 5.2 og viser liten variasjon både gjennom året og i dypet (fig.4 og 5). Bekken viser lavere pH med en middelværdi på 4.6.

Alkaliteten i grunnvannet er lav, bare såvidt over 0 og varierer lite både i dypet og gjennom året (fig.4 og 5, tabell 4). Alkalitet i bekken er 0. Den lave alkaliteten viser at vannet er svært forsuringfølsomt.



Figur 4. Årstidsvariasjon for endel komponenter (august 1986 - august 1987). Variasjon i grunnvannstanden er også tegnet inn. Det er ingen kovariasjon mellom kjemi og grunnvannstand. De fleste komponentene viser relativt små variasjoner gjennom året.

## Evje



Figur 5. Variasjon i dypet for endel komponenter. Figuren viser tydelig at det ikke er noen systematisk variasjon i kjemi som er korrelert med dypet.

Grunnvannet i Hannåsmoen har positiv alkalitet på tross av at  $\text{pH} < 5.5$ . Innholdet av  $\text{HCO}_3^-$  (alkalitet) er bestemt av  $\text{CO}_2$  innholdet i vannet på det tidspunktet pH måles. Tidligere LGN rapporter (SFT 1989) har vist at grunnvann har et gjennomsnittlig  $\text{CO}_2$  trykk på  $10^{-2.2}$  atm. dvs ca. 20 gangers overtrykk i forhold til overflatevann. Som en følge av  $\text{CO}_2$  trykk variasjonene kan grunnvann med positiv alkalitet ha lav pH (f.eks. 5.1), mens overflatevann med denne pH vil være dominert av sterk syre.

#### 4.4 Aluminium

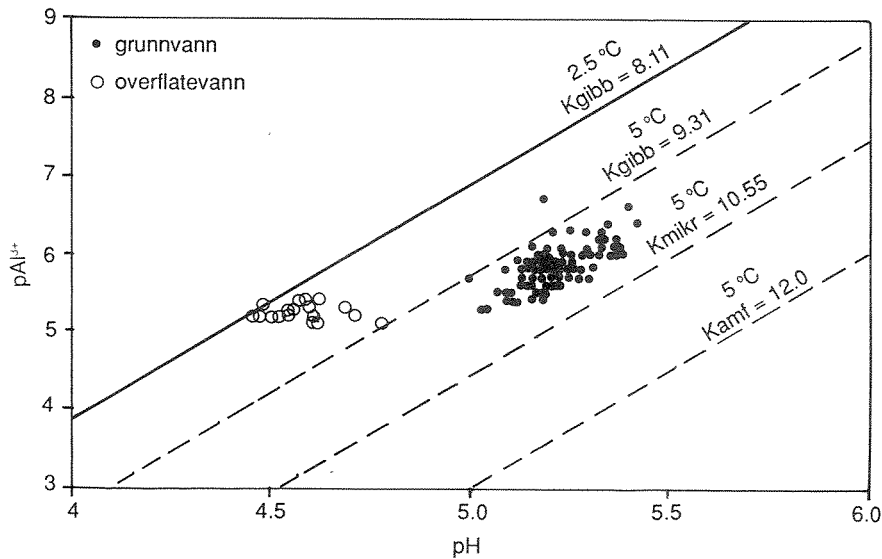
Aluminium (Al) i grunnvannet på Hannåsmoen er usedvanlig høyt, både i forhold til de fleste andre LGN stasjonene og ikke minst i forhold til pH i grunnvannet. Aluminium viser noe variasjon mellom de forskjellige rørene og også gjennom året (fig.4 og 5).

Grunnvannet har det samme konsentrasjonsnivået av aluminium som bekken på tross av at det er stor forskjell i pH. Løsligheten av aluminium er avhengig av pH og det er vanlig å anta at aluminium-likevekter er styrt av gibbsitt likevekten:



Konsentrasjonen av fritt aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) i grunnvannet og overflatevannet er tegnet inn i et aluminiumløslighets diagram på fig.6. Likevektslinjene på figuren er beregnet for  $5^\circ\text{C}$  som er middeltemperaturen for grunnvannet gjennom året (variasjonsbredde  $3.9 - 6.4^\circ\text{C}$ ). Figuren viser at grunnvannet ikke er i likevekt med noen kjent aluminiumtrihydroksydfase ved  $5^\circ\text{C}$ . Det er overmettet m.h.p. naturlig gibbsitt og undermettet m.h.p. mikrokrySTALLIN gibbsitt.

At aluminiumkonsentrasjonene i vann ikke kan forklares ved hjelp av en enkelt parameter, er en kjent problemstilling. Men i dette tilfellet er det tydelig at de lave temperaturene i grunnvannet kan gi noe av forklaringen på de overraskende høye aluminiumskonsentrasjonene.

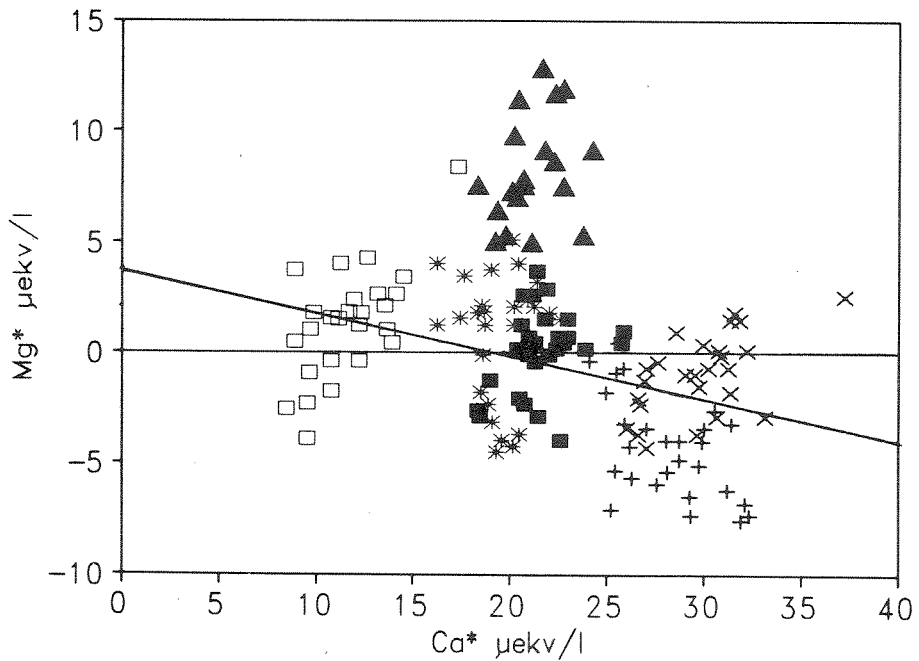
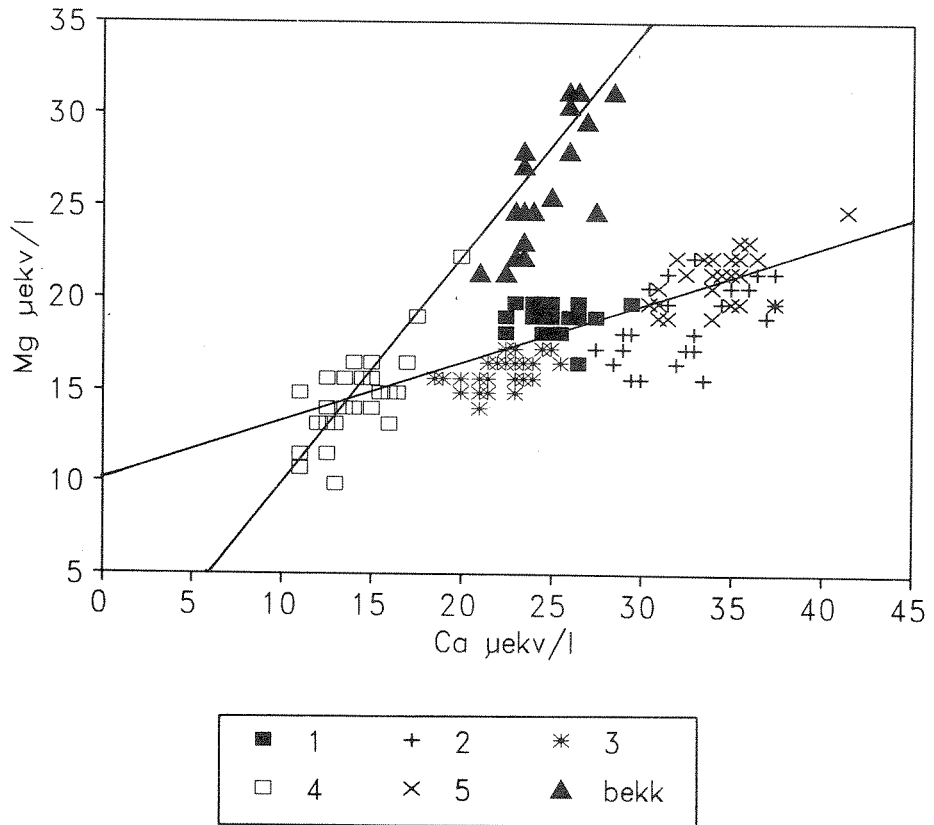


Figur 6. LAL  $\mu\text{g/l}$  mot pH viser at konsentrasjonen av aluminium i grunnvannet er like høyt som konsentrasjonen av aluminium i overflatevannet på tross av at pH er svært forskjellig. gibb - gibbsitt, mikr - mikrokrystallin gibbsitt, amf - amorf aluminiumtrihydroksyd.

#### 4.5 Kalsium og magnesium

Både kalsium (Ca) og magnesium (Mg) viser lave konsentrasjoner i grunnvannet, men med store relative variasjoner mellom de fem rørene. (tabell 2, fig.4 og 5). Variasjonen gjennom året er liten. De lave kalsium og magnesium konsentrasjonen gjør at vannet har liten motstand mot forsurening.

Korrelasjonen mellom kalsium og magnesium er positiv og svært god både i grunnvann ( $r=0.65$ ,  $n=134$ ) og i overflatevann ( $r=0.59$ ,  $n=19$ ) (fig.7). Mellom ikke-marin kalsium og ikke-marin magnesium er det en negativ men dårlig korrelasjon ( $r=0.20$ ,  $n=134$ ) slik at ikke-marin magnesium avtar og blir "negativ" med økende kalsium (fig.7). De negative verdiene for ikke-marin magnesium tyder på at det ikke er "nok" magnesium i grunnvannet i forhold til klorid. Dette kan bety at magnesium "fjernes" fra vannet ved at det adsorberes på partikler. Med så lave konsentrasjoner av ikke-marin kalsium+magnesium kan den sterke påvirkningen av sjøsalter alene forklare den gode korrelasjonen mellom kalsium og magnesium.



Figur 7. a. Magnesium mot kalsium. Regresjonslinjene for verdiene fra overflatevann og grunnvann er tegnet inn. Som man ser er det et mye høyere magnesium:kalsium forhold i overflatevann enn i grunnvann. b. Ikke-marin kalsium mot ikke marin magnesium. Regresjonslinjen for magnesium mot kalsium i grunnvann er tegnet inn, den er negativ og svært forskjellig fra forholdet for ikke-sjøsalt korrigererte verdier.

Grunnvannet har et høyere Mg/Ca forhold enn overflatevannet. Dette kan forklares ved at overflatevann er mer påvirket av sjøsalter enn grunnvann.

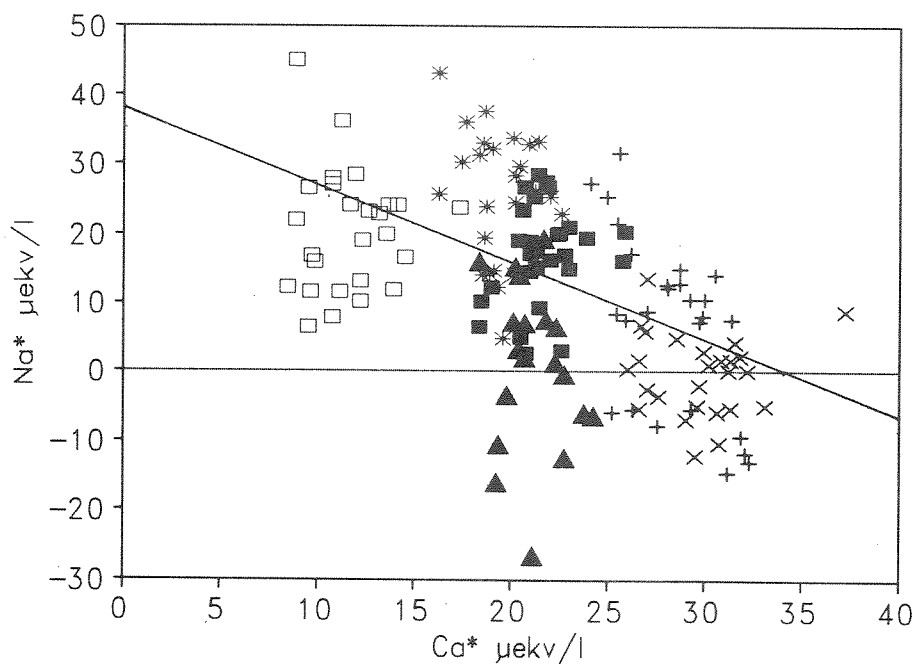
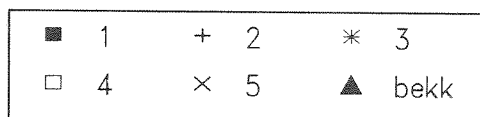
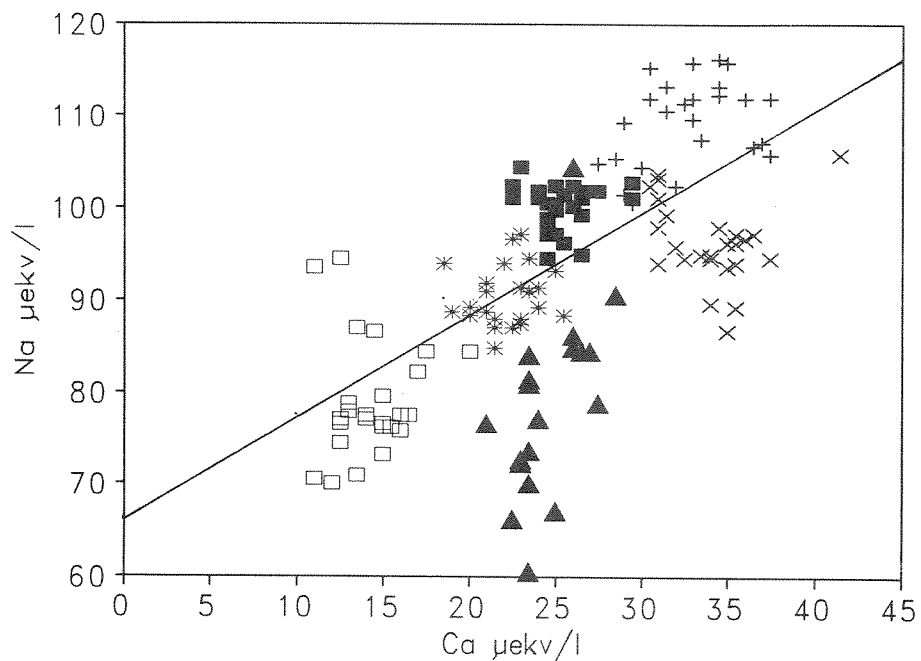
#### 4.6 Natrium

Kilden til natrium (Na) i grunnvannet er hovedsakelig sjøsalter (>70%), ikke-marin natrium kommer fra forvittring og ionebytte. Variasjonene i ikke-marin Na er svært store og kan også vise negative verdier. På samme måte som for magnesium er det ikke "nok" natrium i grunnvannet i forhold til klorid, noe som kan bety at natrium ionebyttes i jorda.

Natrium i likhet med magnesium er positivt korrelert med kalsium ( $r=0.56$ ,  $n=134$ ) (fig.8), Ikke marin natrium er på samme måte som ikke-marin magnesium negativt korrelert med ikke-marin kalsium ( $r=0.36$ ,  $n=134$ ).

#### 4.7 Kalium

Konsentrasjonene av kalium (K) i grunnvannet ligger i det samme konsentrasjonsområdet som grunnvann fra de andre LGN stasjonene i Sør-Norge og konsentrasjonen er stabil gjennom året. Bekken derimot viser høyere verdier. Middelerdien for bekken er 0.92 mg/l og variasjonen gjennom året er svært stor. Årsaken til dette er antageligvis at det er et hogstfelt i nedbørfeltet. I områder med lite menneskelige aktiviteter vil en normalt finne lite kalium både i overflate- og grunnvann. Dette skyldes at kalium er et næringsstoff som tas opp av vegetasjonen i nedbørfeltet. I et hogstfelt er det lite biologisk materiale som kan ta opp næringsstoffer som blir tilført med nedbøren og mesteparten vil derfor føres vekk med overflateavrenning.



Figur 8. a. Natrium mot kalsium. Regresjonslinje for verdiene fra grunnvann er tegnet inn. Det er en klar positiv forhold mellom kalsium og natrium.  
 b. Ikke-marin natrium mot ikke-marin kalsium. Regresjonslinjen for verdiene fra grunnvann er tegnet inn, som man ser viser de en klar negativ korrelasjon.

#### 4.8 Sulfat og klorid.

Grunnvannet er sterkt påvirket av sulfat som utgjør mellom 38-55% av anionsummen. Ikke-marin  $\text{SO}_4^{2-}$  utgjør over 80% av sulfatet i grunnvannet og mer enn 85% av sulfatet i overflatevannet. Grunnvannsmagsinet på Hannåsmoen ligger i et område som mottar store mengder sur nedbør og dette er mest sannsynlig årsaken til den sterke sulfat-påvirkningen. Berggrunnsgeologien i området består hovedsaklig av granitter og granittiske gneisser som er fattige på sulfidholdige mineraler, selvom det i området finnes noen kjente kisgruver. Det geologiske bidraget til sulfat er trolig lite og på grunnlag av dette kan vi anslå en maksimumsverdi for antropogent tilførte ioner mellom 25-40% av den totale ionekonsentrasjonen.

Klorid ( $\text{Cl}^-$ ) er ved siden av sulfat det viktigste anionet i grunnvannet (se fig.2). Dette utgjør fra 44 - 59 % av anionsummen og en antar at all klorid kommer fra sjøvann.

#### 4.9 Nitrat

Nitratverdiene er svært lave og utgjør et uvesentlig anion i grunnvannet. Variasjonen gjennom året er liten. Konsentrasjonen av nitrat i bekken er noe høyere med en middelvei på 54.1  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Variasjonen gjennom året er stor, fra 1-135  $\mu\text{g}/\text{l}$ . På samme måte som for kalium er årsaken til dette sannsynligvis et hogstfelt i nedbørfeltet.

#### 4.10 Andre komponenter

Grunnvannet i Hannåsmoen har lavt innhold av organisk materiale, < 0.5 mg/l. Turbiditetsverdiene er også lave. Fluoridverdiene ligger på samme nivå som prøver fra "1000-sjøers undersøkelsen". Silisiumoksidverdiene ( $\text{SiO}_2$ ) ligger på samme nivå som i grunnvann fra de andre LGN stasjonene.



#### 4.11 Tungmetaller: jern, mangan, kobber, sink, kadmium, bly

Tungmetallkonsentrasjonene er lave og representerer sannsynligvis de naturlig forekommende verdier for grunnvann i dette området. Det ser dermed ikke ut til at påvirkning av sur nedbør har innvirkning på tungmetallkonsentrasjonene. Grunnvannet i Hannåsmoen er generelt svært fattig på oppløste metallioner, selv av de metallene som finnes som hovedelementer i berggrunnen i området. Det er derfor ikke unaturlig at det også er svært fattig på tungmetaller som bare finnes i spormengder i berggrunnen.

Jern og mangan er analysert både på prøver tatt med vanlig prøvetakingsutstyr for prøvetaking av grunnvann (sandspisser) og med utstyr spesielt for tungmetaller (plexiglassrør). Mangan viser samme konsentrasjon i grunnvannet med begge disse prøvetakingsmetodene, men for jern er forskjellen stor. Sandsspisser gir jernkonsentrasjoner fra 70-380  $\mu\text{g/l}$ , mens plexiglassrør gir 6-7  $\mu\text{g/l}$ .

## 5 DISKUSJON

### 5.1 Variasjoner i dypet

Ingen av komponentene i grunnvannet viser noen tydelig korrelasjon mellom kjemi og dyp (fig.5). Noen parametere viser store og usystematiske variasjoner med dypet som f.eks. kalsium, mens andre parametere som f.eks. alkalitet og pH viser liten variasjon. Disse resultatene kan forklares ut fra prosesser som oppholdstid av vannet, mineralogi og kornfordeling i avsetningen.

Grunnvannsrørene er satt ned på forskjellig dyp og oppholdstid for grunnvannet er proposjonal med dybden. I en liten akvifer som Hannåsmoen og med de hastighetene vannet strømmer gjennom akviferen med, er likevel forskjellen i oppholdstid av grunnvannet mellom de fem grunnvannsrørene liten. Oppholdstiden for grunnvannet i Hannåsmoen er i størrelsesorden 4-5 måneder.

Dette er sannsynligvis tilstrekkelig lang nok tid til å nå likevekt i systemet.

Den relative variasjonen i vannkjemi kan være stor for enkelte elementer (opptil 100% for f.eks kalsium) men den absolutte variasjonen er liten, bl.a fordi konsentrasjonene av ionene er så lav.

Mineralogien i avsetningen er en viktig faktor for grunnvannskjemien. På Hannåsmoen består avsetningen av mineraler og bergartsfragmenter som er derivert fra berggrunnen i området. Dette er stort sett granitter og granittiske gneisser som består hovedsaklig av kvarts og feltspat med mindre mengder av enkelte andre mineraler som glimmer og amfibol. Mineralene er sannsynligvis ikke helt likt fordelt, slik at lag eller lommer i avsetningen kan ha noe høyere innhold av mindre forvittringsresistente mineraler kan avgi mer ioner til vannet. Små partikler forvittrer lettere en store og kornfordeling vil derfor være en viktig faktor for variasjon i vannkjemien.

Dette er årsak til, at på tross av store likheter i kjemi mellom de fem grunnvannsrørene, har hvert av prøvepunktene sin kjemiske signatur som troligvis er en funksjon av kornfordeling og små variasjoner i mineralfordeling.

Disse forskjellene er likevel så små at en vannprøve tatt på et vilkårlig dyp og sted i grunnvannsmagsinet vil være tilstrekkelig til å karakterisere vannet.

## 5.2 Variasjoner gjennom året

I Evjeområdet kan en observere to maksima og to minima for grunnvannstanden gjennom året. Det ene minimum opptrer på ettervinteren, like før snøsmeltingen, og det andre minimum på ettersommeren. Det ene maksimum opptrer like etter snøsmeltingen som en følge av denne, og det andre på slutten av året som følge av høstnedbøren.

Variasjon i vannkjemi gjennom året er tegnet inn på fig.4, sammen med variasjon i grunnvannstanden. Grunnvannet viser stabil kjemi gjennom året og ser ikke ut til å være influert av tømning/fylling av grunnvannsmagasinet.

Den stabile grunnvannskjemien har flere årsaker. Hannåsmoen er en relativt homogen avsetning på tross av små variasjoner i kornstørrelse og mineralfordeling, slik at vann som innfiltrerer avsetningen stort sett er utsatt for de samme kjemiske prosesser. Det infiltrerende vannet som når ned til grunnvannet vil ha noe forskjellig kjemi avhengig av variasjoner i nedbørkjemien og små forskjeller i mineralogien i avsetningen. Vannet som tilføres grunnvannet vil "fortynnes" i det eksisterende grunnvannet fordi dette har et mye større volum. Grunnvannet er kontrollert av likevektsreaksjoner og er altså i liten grad influert av variasjon i kjemi av nydannet grunnvann.

## 6 KONKLUSJONER

Grunnvannet i Hannåsmoen er svært fattig på oppløste salter og inneholder mellom 210-410  $\mu\text{eq}$  ioner/l. Vannet er sterkt dominert av sjøsalter som utgjør 43-58% av den totale ionekonsentrasjonen. Antropogent bidrag (sur nedbør) til ionekonsentrasjonen er anslått til å være maksimum mellom 25-40%. Tungmetallkonsentrasjonene i grunnvannet er svært lave, og er sannsynligvis ikke påvirket av sur nedbør.

Kjemien i grunnvannet ser ikke ut til å være påvirket av fluktuasjoner i grunnvannstanden (årstidsvariasjoner) eller dybde i grunnvannsmagasinet (oppholdstid). Grunnvannsmagasinet viser stabil kjemi.

Grunnvannet har lav pH (5.0 - 5.2) og lav alkalitet (0-10). Motstand mot forsuring er svak p.g.a. lavt innhold av kalsium+magnesium. Iflg. tidligere undersøkelser er grunnvannet forsuret men forsuringssituasjonen er stabil (SFT 1989).

De kjemiske variasjonene i grunnvannsmagasinet er små, selvom de relative variasjonene i konsentrasjoner for enkelte komponenter kan være store (opptil 100% for kalsium). Grunnvannet viser ingen systematiske kjemiske variasjoner korrelert med dypet. Årsaken til dette er sannsynligvis at forskjell i oppholdstid er for liten mellom de fem grunnvannsrørene. Hvert av de fem grunnvannsrørene har sin kjemiske signatur. Denne signaturen er troligvis mer et resultat av små forskjeller i mineralogi og kornstørrelse enn oppholdstid. Variasjon i vannkjemi både i dypet og gjennom året er så liten at en vannprøve tatt på et vilkårlig dyp og sted i grunnvannsmagasinet vil være tilstrekkelig til å karakterisere vannet.

Det er vanskelig å gi en entydig forklaring til de høye aluminiumkonsentrasjonene som er observert i grunnvannet, men den jevnt lave temperaturen i grunnvannsmagasinet kan være endel av forklaringen.

## 7 LITTERATUR

Bergmann, A.G., Laurent, S. og Astrup, M. 1986. Provtagning för analys av låga metallhalter i grundvatten. IVL-rapport B 804. Inst. för Vatten- och Luftvårdsforskning. Stockholm.

Henriksen, A. Kirkhusmo, L. og Sønsterud R. 1989. Landsomfattende grunnvannsnett (LGN). Grunnvannets kjemiske sammenstening. Statens forurensningstilsyn. Rapport nr. 352/89.

Schecher, W.D. and Driscoll C.T. 1987. An evaluation of uncertainty associated with aluminum equilibrium calculations. Water Resources Res. Vol:23 no.4, p. 525-534.

A P P E N D I K S

Forklaring av titler til tabellene A 1 og A 4.

<u>Tittelkode</u>	<u>Variabel</u>	<u>Enhet</u>
pH	pH	
K25	Ledningsevne	mS/m, 25°C
TURB	Turbiditet	ITU
PERM	Permanganattall	mg O/l
CL	Klorid	mg/l
NA	Natrium	"
K	Kalium	"
CA	Kalsium	"
AL	Aluminium	µg/l
MG	Magnesiumn	mg/l
SULF	Sulfat	"
NO3N	Nitrat	µg N/l
F	Fluorid	mg/l
SI02	Silisium	mg SiO <sub>2</sub> /l
ALK-E	Alkalitet, µeq HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l beregnet fra titrering til pH 4.5 og prøvens pH	µeq/l
RAL	Reaktivt aluminium	µg/l
ILAL	Ikke labilt aluminium	"
LAL	Labilt aluminium	"
FE	Jern	µg/l
MN	Mangan	"
ZN	Sink	"
CD	Kadmium	"
PB	Bly	"
CU	Kobber	"





Tabell A1 forts.

Dataset: DIVER

STNUM	LOK	AR	PH	K25	CA	NA	MG	K	CL	SULF	NO3N	ALK-E	RAL	ILAL	LAL	ZN	SI02	TURB	F	FE	MN	PERM
EV6	3	1986	5.26	2.70	.46	2.23	.18	.32	3.5	4.3	8	0.0	304	21	283		5.1		68	380	10.7	
EV6	3	1986	5.23	2.75	.49	2.24	.21	.25	3.8	4.3	8	0.0	268	M 10	258		5.5	1.				M 1.5
EV6	3	1986	5.19	2.75	.47	2.17	.2	.26	3.7	4.2	6	0.0	255	M 10	245		5.	1.2				
EV6	3	1986	5.24	2.72	.48	2.33	.19	.25	3.6	4.3	4	0.0	292	M 10	282		5.3					
EV6	3	1986	5.2	2.72	.46	2.4	.21	.24	3.7	4.4	4	0.0	306	M 10	296		5.4	.43				
EV6	3	1986	5.14	2.7	.45	2.22	.2	.26	3.4	4.3	8	0.0	266	M 10	256	230.	4.7	.93				
EV6	3	1986	5.22	2.49	.44	2.16	.2	.27	3.3	4.2	5	0.0	298	M 10	288	200.	5.4	.2				
EV6	3	1986	5.18	2.49	.5	2.14	.21	.28	2.8	4.2	7	0.0	279	M 10	269	220.	5.3	.23				
EV6	3	1987	5.12	2.83	.42	2.11	.19	.25	2.5	4.3	7	0.0	315	M 10	305	180.	5.	.2				
EV6	3	1987	5.23	2.39	.42	2.09	.17	.26	2.2	4.4	1	7.6	223	M 10	213	290.	5.1	.3				
EV6	3	1987	5.2	2.43	.37	2.16	.19	.24	2.1	4.7	M 1	1.6	150	M 10	140	260.	4.9	.31				
EV6	3	1987	5.25	2.43	.4	2.05	.19	.24	2.2	4.5	7	1.6	139	M 10	129	510.	5.	.5				
EV6	3	1987	5.22	2.53	.47	2.09	.19	.23	2.4	4.6	8	1.6	302	M 10	292	260.	5.	.2				
EV6	3	1987	5.2	2.52	.48	2.1	.2	.21	2.4	4.8	9	5.3	320	M 10	310	230.	5.1	.2				
EV6	3	1987	5.16	2.48	.43	2.02	.2	.2	2.3	4.7	8	6.4	352	M 10	342	250.	5.1	.3				
EV6	3	1987	5.22	2.48	.45	2.	.21	.23	2.2	4.6	11	5.3	317	M 10	307	220.	5.2	.2				
EV6	3	1987	5.27	2.49	.46	2.02	.21	.21	2.4	4.4	10	0.0	314	M 10	304	220.	5.1	.14				
EV6	3	1987	5.18	2.51	.51	2.03	.2	.24	2.7	4.5	9	4.1	313	M 10	303	190.	5.2	.3				
EV6	3	1987	5.13	2.55	.48	2.05	.2	.24	2.6	4.6	6	9.8	292	M 10	282	240.	5.	.5				
EV6	3	1987	5.19	2.46	.43	1.95	.18	.19	2.7	4.4	5	6.4	318	M 10	308	250.	5.2	.21				
EV6	3	1987	5.1	2.55	.38	2.04	.19	.2	2.6	4.3	4	1.6	348	M 10	338	220.	5.	.25				M 1.5
EV6	3	1987	5.27	2.43	.4	2.03	.18	.22	2.4	4.6	3	0.0	270	M 10	260	260.	5.	.4				
EV6	3	1987	5.09	2.41	.42	2.04	.18	.23	2.3	4.7	6	5.3	341	M 10	331	230.	4.8	.15				
EV6	3	1987	5.15	2.49	.43	2.	.19	.22	2.6	4.4	7	0.0	316	M 10	306	210.	4.9	.33				
EV6	3	1987	5.1	2.51	.46	2.01	.19	.24	2.6	4.5	7	0.0	336	M 10	326	190.	5.	.4				
EV6	3	1987	5.12	2.59	.46	2.1	.2	.24	2.6	4.4	6	9.8	328	M 10	318	190.	5.2	.2				
EV6	4	1986	5.17	2.75	.25	2.17	.14	.19	2.6	4.3	4	5.3	365	11	354		5.2		50	70	5.9	M 1.5
EV6	4	1986	5.31	2.51	.29	1.99	.19	.17	2.4	4.3	4	13.1	259	11	248		5.3	1.				
EV6	4	1986	5.3	2.4	.26	1.79	.16	.17	2.1	4.2	9	10.9	304	M 10	294		4.9	1.5				
EV6	4	1986	5.33	2.26	.26	1.81	.12	.16	2.1	4.1	3	13.1	169	M 10	159		5.2	.5				
EV6	4	1986	5.21	2.22	.22	2.15	.14	.14	2.	4.3	1	4.1	276	M 10	266		5.2	.72				
EV6	4	1986	5.19	2.25	.22	1.62	.13	.15	2.4	4.	3	10.9	269	M 10	259	790.	4.5	.72				
EV6	4	1986	5.22	2.09	.24	1.61	.16	.16	2.2	4.5	1	1.6	312	M 10	302	660.	5.1	.32				
EV6	4	1986	5.23	2.16	.22	1.62	.18	.16	2.	3.7	M 1	5.3	251	M 10	241	730.	5.1	.6				M 1.5
EV6	4	1986	5.23	2.26	.27	2.	.19	.17	2.1	3.8	M 1	1.6	317	M 10	307	560.	5.	.3				
EV6	4	1987	5.2	2.31	.32	1.78	.16	.17	2.2	3.8	M 1	2.9	297	M 10	287	520.	5.	.3				
EV6	4	1987	5.19	2.35	.28	1.78	.17	.17	2.2	4.7	M 1	0.0	210	M 10	200	550.	4.9	.5				
EV6	4	1987	5.16	2.4	.31	1.75	.18	.15	2.2	4.4	2	0.0	261	M 10	251	540.	4.9	.7				
EV6	4	1987	5.18	2.36	.3	1.76	.2	.15	2.2	4.4	1	2.9	215	M 10	205	460.	4.8	.3				
EV6	4	1987	5.08	2.45	.4	1.94	.27	.14	2.5	4.7	M 1	2.9	373	M 10	363	420.	4.9	.33				
EV6	4	1987	5.18	2.47	.35	1.94	.23	.13	2.8	4.	4	0.0	250	M 10	240	410.	4.8	.4				
EV6	4	1987	5.19	2.41	.34	1.89	.2	.15	2.9	3.8	4	0.0	376	M 10	366	390.	4.9	.16				
EV6	4	1987	5.19	2.26	.3	1.75	.19	.13	2.6	3.7	M 1	0.0	406	M 10	396	330.	4.8	.32				
EV6	4	1987	5.16	2.23	.3	1.68	.17	.14	2.6	4.	3	0.0	378	M 10	368	280.	4.8	.2				
EV6	4	1987	5.1	2.23	.27	1.63	.17	.14	2.6	3.8	M 1	1.6	368	M 10	358	330.	4.6	.53				
EV6	4	1987	5.11	2.27	.25	1.71	.16	.1	2.8	3.8	M 1	0.0	404	M 10	394	300.	4.7	.23				
EV6	4	1987	5.01	2.26	.25	1.77	.17	.12	2.7	3.7	M 1	0.0	427	M 10	417	280.	4.5	.3				
EV6	4	1987	5.17	2.31	.25	1.76	.19	.13	2.5	4.	M 1	0.0	380	M 10	370	300.	4.5	.5				
EV6	4	1987	5.04	2.34	.28	1.77	.2	.14	2.7	3.9	M 1	0.0	396	M 10	386	330.	4.4	.17				
EV6	4	1987	5.09	2.43	.3	1.83	.19	.14	2.5	3.7	M 1	0.0	378	M 10	368	320.	4.6	.3				
EV6	4	1987	5.03	2.42	.32	1.74	.18	.17	2.3	4.6	M 1	0.0	455	M 10	445	160.	5.2	.4				
EV6	4	1987	5.08	2.43	.33	1.78	.18	.16	2.2	4.6	M 1	1.6	372	M 10	362	160.	5.3	.6				

Dataset: DIVER

STNUM	LOK	AR	DATE	DYP	PH	K25	CA	NA	MG	K	CL	SULF	NO3N	ALK-E	RAL	ILAL	LAL	ZN	SI02	TURB	F	FE	MN	PERM																						
																							MYG/L																							
EV6	5	1986	0820		5.25	2.82	.71	2.05	.24	.29	3.9	4.1	18	5.3	325	M10	315	5.7	5.7	.6	92	41	6.7	M.5																						
EV6	5	1986	0910		5.3	2.84	.68	2.06	.27	.26	4.2	3.9	16.	6.4	265	M10	255	5.8	5.8	1.2																										
EV6	5	1986	0924		5.37	2.84	.7	1.99	.27	.27	4.	4.1	17.	13.1	217	M10	207	5.3	5.3	1.2																										
EV6	5	1986	1008		5.36	2.76	.68	2.18	.25	.26	4.	3.6	13.	16.4	190	M10	180	5.7	5.7	.34																										
EV6	5	1986	1022		5.46	2.76	.64	2.2	.27	.25	4.1	3.6	16.	9.8	173	M10	163	5.4	5.4	.42																										
EV6	5	1986	1105		5.32	2.82	.62	2.16	.25	.26	4.1	3.6	16.	14.2	207	12	195	740.	5.2	.42																										
EV6	5	1986	1119		5.4	2.69	.67	2.18	.27	.28	4.2	3.8	18.	9.8	141	M10	131	670.	5.6	.4																										
EV6	5	1986	1203		5.33	2.72	.68	2.18	.26	.28	3.8	3.6	22.	13.1	203	M10	193	680.	5.6	.5																										
EV6	5	1986	1217		5.37	2.74	.65	2.17	.26	.27	3.7	3.2	M1	4.1	211	11	200	710.	5.3	.35																										
EV6	5	1987	0107		5.41	2.73	.71	2.16	.27	.28	3.7	3.2	24.	8.7	165	M10	155	720.	4.5	.4																										
EV6	5	1987	0121		5.38	2.82	.71	2.21	.28	.28	3.9	3.9	24.	5.3	242	M10	232	740.	5.4	.5																										
EV6	5	1987	0204		5.29	2.91	.72	2.22	.28	.28	3.9	3.7	24.	10.9	179	M10	169	690.	5.2	.5																										
EV6	5	1987	0218		5.33	2.85	.73	2.23	.27	.27	4.	3.5	19.	6.4	240	M10	230	670.	5.5	.3																										
EV6	5	1987	0306		5.24	2.82	.83	2.43	.3	.29	4.	3.6	19.	13.1	245	M10	235	660.	5.5	.6																										
EV6	5	1987	0318		5.29	2.76	.69	2.25	.26	.26	4.	3.5	19.	5.3	184	M10	174	740.	5.5	.5																										
EV6	5	1987	0401		5.38	2.8	.71	2.23	.26	.28	4.	3.5	18.	8.7	218	M10	208	740.	5.5	.3																										
EV6	5	1987	0415		5.37	2.73	.7	2.21	.26	.27	3.9	3.4	23.	8.7	231	M10	221	710.	5.6	.3																										
EV6	5	1987	0429		5.27	2.73	.75	2.17	.24	.27	4.1	3.6	20.	8.7	248	11	237	540.	5.5	.4																										
EV6	5	1987	0513		5.27	2.78	.7	2.15	.24	.27	4.1	3.4	22.	15.3	224	M10	214	580.	5.4	.3																										
EV6	5	1987	0527		5.29	2.76	.68	2.17	.23	.24	4.1	3.6	24.	7.6	239	M10	229	610.	5.4	.4																										
EV6	5	1987	0609		5.17	2.79	.63	2.28	.23	.24	4.2	3.3	27.	7.6	277	M10	267	510.	5.1	.3																										
EV6	5	1987	0627		5.34	2.76	.62	2.32	.23	.26	4.1	3.3	32.	5.3	184	M10	174	540.	5.1	.41																										
EV6	5	1987	0715		5.32	2.77	.62	2.38	.24	.26	4.	3.5	31.	9.8	212	M10	202	610.	5.	.29																										
EV6	5	1987	0730		5.28	2.8	.61	2.35	.24	.26	4.2	3.4	38.	0.0	369	M10	359	210.	5.1	.4																										
EV6	5	1987	0814		5.14	2.81	.62	2.25	.24	.24	3.8	4.	53.	0.0	369	M10	359	210.	5.3	1.2																										
EV6	5	1987	0826		5.13	2.83	.62	2.37	.24	.23	3.7	3.5	51.	7.6	270	M10	260	270.	5.2	.73																										
DFTKFN																																														
EV6		1986	0820		4.61	3.69	.55	1.81	.30	1.23	3.5	6.2	21	580	167	413	4.2	4.2	.3	76	116	11.5	4.7																							
EV6		1986	0910		4.46	3.68	.48	1.77	.3	.64	3.1	6.2	12.	455	107	348	4.4	4.4	.4																											
EV6		1986	1022		4.62	3.88	.52	2.4	.38	1.57	4.	6.	33.	420	152	268	4.4	4.4	.4																											
EV6		1986	1105		4.6	3.69	.47	1.86	.33	1.23	4.	5.5	31.	505	121	384	20.	4.1	.32																											
EV6		1986	1119		4.58	3.67	.52	1.95	.37	1.22	4.6	5.1	20.	400	157	243	30.	3.5	.23																											
EV6		1986	1203		4.6	3.61	.54	1.94	.36	1.11	4.	5.1	36.	435	143	292	30.	3.4	.5					M.5																						
EV6		1986	1217		4.57	4.11	.47	1.93	.34	.84	3.9	4.9	50.	0.0	355	87	268	20.	3.6	.25																										
EV6		1987	0107		4.71	3.51	.47	1.87	.3	.55	3.5	4.4	74.	0.0	405	58	347	10.	3.7	.2																										
EV6		1987	0121		4.54	3.95	.52	1.98	.34	.54	3.5	5.7	118.	400	83	317	20.	4.5	1.3																											
EV6		1987	0218		4.53	4.31	.57	2.08	.38	.89	4.	5.1	115.	430	74	356	20.	4.	.22																											
EV6		1987	0401		4.56	3.93	.53	1.94	.38	1.2	3.5	5.4	135.	420	133	287	20.	3.7	.24																											
EV6		1987	0415		4.62	3.15	.5	1.54	.31	1.18	2.5	5.	68.	0.0	409	156	253	M10	2.8	.5																										
EV6		1987	0429		4.68	3.08	.47	1.61	.27	.85	2.6	5.1	111.	0.0	501	94	407	20.	3.2	.3																										
EV6		1987	0513		4.5	3.51	.47	1.69	.28	.72	2.9	5.	69.	406	95	311	20.	3.	1.1																											
EV6		1987	0527		4.48	3.45	.46	1.67	.27	.59	2.7	5.1	32.	395	95	300	20.	3.3	.45																											
EV6		1987	0609		4.69	3.08	.46	1.66	.3	1.08	2.4	5.	49.	0.0	493	176	317	M10	3.2	.4																										
EV6		1987	0627		4.45	3.31	.42	1.76	.26	.25	2.5	4.8	1.	398	52	346	20.	3.6	.6					5.3																						
EV6		1987	0814		4.61	2.98	.45	1.52	.26	.64	2.1	5.2	27.	465	100	365	10.	3.2	.5																											
EV6		1987	0826		4.54	3.19	.47	1.39	.27	.86	1.7	5.4	13.	481	146	335	20.	3.2	.7																											

Tabell A2. Middelerverdi, standardavvik, maksimums og minimumsverdier for hvert av de fem grunnvannsrørene og bekken på Hannåsmoen, Evje i Aust-Agder.

EVG-1

ELEMENTÆR STATISTIKK

	ANT.OBS.	SNITT	ST.AV.	MIN	MAX
PH	26	5.17	0.0807	5.01	5.33
K25	26	2.34	0.129	2.09	2.75
CA	26	0.284	0.0429	0.22	0.4
NA	26	1.81	0.145	1.61	2.17
MG	26	0.178	0.03	0.12	0.27
K	26	0.15	0.0193	0.1	0.19
CL	26	2.41	0.27	2	2.9
SULF	26	4.11	0.329	3.7	4.7
NO3N	26	2.27	2.03	1	9
ALK-E	26	3.01	4.2	0.00646	13.1
RAL	26	326	73.5	169	455
ILAL	26	10.1	0.266	10	11
LAL	26	316	73.5	159	445
ZN	21	420	168	160	790
SI02	26	4.89	0.261	4.4	5.3
TURB	25	0.476	0.289	0.16	1.5
F	1	50		50	50
FE	1	70		70	70
MN	1	5.9		5.9	5.9
PERM	3	0.5	0	0.5	0.5

EVG-4

ELEMENTÆR STATISTIKK

	ANT.OBS.	SNITT	ST.AV.	MIN	MAX
PH	27	5.2	0.053	5.13	5.33
K25	27	2.91	0.167	2.62	3.18
CA	27	0.653	0.0573	0.55	0.75
NA	27	2.51	0.105	2.31	2.67
MG	27	0.229	0.0236	0.19	0.27
K	27	0.2	0.0246	0.15	0.28
CL	27	4.2	0.609	3.2	5.1
SULF	27	3.9	0.199	3.6	4.3
NO3N	27	6	1.39	3	9
ALK-E	27	4.96	4.03	0.00646	14.2
RAL	27	269	42.8	165	332
ILAL	27	10	0	10	10
LAL	27	259	42.8	155	322
ZN	21	229	45.8	180	420
SI02	27	5.31	0.242	4.9	5.9
TURB	25	0.655	0.246	0.53	1.7
F	2	91		88	94
FE	2	106		76	136
MN	2	7.15	0.0501	7.1	7.2
PERM	3	0.5	0	0.5	0.5

EVG-2

ELEMENTÆR STATISTIKK

	ANT.OBS.	SNITT	ST.AV.	MIN	MAX
PH	26	5.31	0.0786	5.13	5.46
K25	26	2.79	0.0487	2.69	2.91
CA	26	0.68	0.0498	0.61	0.83
NA	26	2.21	0.0992	1.99	2.43
MG	26	0.256	0.0178	0.23	0.3
K	26	0.266	0.0162	0.23	0.29
CL	26	3.99	0.153	3.7	4.2
SULF	26	3.59	0.245	3.2	4.1
NO3N	26	23.3	10.7	1	53
ALK-E	26	8.59	3.96	0.00646	16.4
RAL	26	226	48.1	141	369
ILAL	26	10.2	0.455	10	12
LAL	26	216	48.1	131	359
ZN	21	412	142	210	740
SI02	26	5.36	0.268	4.5	5.8
TURB	25	0.482	0.237	0.29	1.2
F	1	92		92	92
FE	1	41		41	41
MN	1	6.7		6.7	6.7
PERM	3	0.5	0	0.5	0.5

EVG-5

ELEMENTÆR STATISTIKK

	ANT.OBS.	SNITT	ST.AV.	MIN	MAX
PH	26	5.19	0.0536	5.09	5.27
K25	26	2.55	0.122	2.39	2.83
CA	26	0.447	0.0349	0.37	0.51
NA	26	2.11	0.106	1.95	2.4
MG	26	0.195	0.0108	0.17	0.21
K	26	0.239	0.027	0.19	0.32
CL	26	2.75	0.531	2.1	3.8
SULF	26	4.45	0.169	4.2	4.8
NO3N	26	6.35	2.43	1	11
ALK-E	26	3.47	3.31	0.00646	9.83
RAL	26	291	51.3	139	352
ILAL	26	10.4	2.12	10	21
LAL	26	280	51.3	129	342
ZN	21	240	66.3	180	510
SI02	26	5.1	0.183	4.7	5.5
TURB	25	0.384	0.269	0.14	1.2
F	1	68		68	68
FE	1	380		380	380
MN	1	10.7		10.7	10.7
PERM	3	0.5	0	0.5	0.5

EVG-3

ELEMENTÆR STATISTIKK

	ANT.OBS.	SNITT	ST.AV.	MIN	MAX
PH	29	5.2	0.0601	5.12	5.38
K25	29	2.66	0.108	2.46	2.85
CA	29	0.505	0.0328	0.45	0.59
NA	29	2.3	0.0551	2.17	2.4
MG	29	0.23	0.00928	0.2	0.24
K	29	0.142	0.0143	0.11	0.17
CL	29	3.41	0.284	2.9	4
SULF	29	3.79	0.27	3.4	4.4
NO3N	29	20.2	3.55	13	27
ALK-E	29	6.82	3.7	0.00646	14.2
RAL	29	279	43.4	145	344
ILAL	29	11	3.02	10	25
LAL	29	268	43.1	135	334
ZN	23	179	18.9	150	230
SI02	29	4.71	0.157	4.2	5.1
TURB	28	0.493	0.22	0.2	1
F	1	124		124	124
FE	1	123		123	123
MN	1	9		9	9
PERM	5	0.51	0.02	0.5	0.55

BEKKEN

ELEMENTÆR STATISTIKK

	ANT.OBS.	SNITT	ST.AV.	MIN	MAX
PH	19	4.58	0.072	4.45	4.71
K25	19	3.57	0.363	2.98	4.31
CA	19	0.492	0.0381	0.42	0.57
NA	19	1.81	0.225	1.39	2.4
MG	19	0.316	0.042	0.26	0.38
K	19	0.905	0.321	0.25	1.57
CL	19	3.21	0.766	1.7	4.6
SULF	19	5.27	0.46	4.4	6.2
NO3N	19	53.4	39.4	1	135
ALK-E	5	0.00646	0	0.00646	0.00646
RAL	19	440	52	355	580
ILAL	19	116	36.7	52	176
LAL	19	324	48.1	243	413
ZN	16	18.8	5.99	10	30
SI02	19	3.63	0.494	2.8	4.5
TURB	18	0.473	0.293	0.2	1.3
F	1	76		76	76
FE	1	116		116	116
MN	1	11.5		11.5	11.5
PERM	3	3.5	2.14	0.5	5.3

**Tabell A3. Tungmetallkonsentrasjoner i grunnvann fra Hannåsmoen, Evje i Aust-Agder. Prøvetakingen har foregått etter en metode utarbeidet av IVL (IVL 804).**

Prøve dato	Fe			Mn			Cu			Zn			Cd			Pb																				
	UF	St.F	SY.F	UF	St.F	SY.F	UF	St.F	SY.F	UF	St.F	SY.F	UF	St.F	SY.F	UF	St.F	SY.F																		
8/7	a 220	b 119	a <5	b <5	a 13	b 7.8	a 53	b 22	a 28	b 14	a 28	b 15	a 70	b 30	a 50	b 30	a 60	b 20	a <0.1	b <0.1	a <0.1	b <0.1	a 8.1	b 4.0	a 5.9	b 3.1	a 5.9	b 3.2								
15/7	22	<5	<5	<5	7.9	20	7.5	20	7.5	20	7.5	20	9.8	30	90	30	40	(190)	50	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.0	0.6	1.7	0.8	1.8	0.8							
3/8	20	44	8	5	18	6	9	23	8.4	21	8.7	22	12	19	12	17	13	18	30	70	20	40	40	40	40	40	40	40	40	0.9						
17/8	20	20	<5	<5	10	5	8.4	19	8.2	19	8.3	19	12	22	10	19	11	21	(360)	80	50	60	30	60	30	60	30	60	30	60	0.8					
31/8	16	19	(43)	6	6	6	6.4	16	1.9	16	9.6	15	5.8	15	5.9	13	6.6	14	30	50	30	50	20	50	<0.1	0.17	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5					
15/9	18	27	8	5	16	7	7.3	10	6.8	10	7.3	9.9	6.6	8.3	5.2	8.4	5.6	8.5	20	20	30	30	20	30	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8					
29/9	21	25	6	5	15	<5	7.5	12	7.0	12	7.5	12	7.9	7.7	4.5	6.3	6.8	5.8	20	30	20	30	20	20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	4.0					
15/10	7.2	13	5	6	5.5	5	6.5	13	5.5	14	6.5	13	3.5	7.8	4.2	7.4	7.4	7.5	20	30	30	30	20	30	0.1	0.11	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5					
27/10	16	14	4.5	9.5	8	12	7.0	9.0	6.5	10	7.0	11	3.4	10.0	3.8	5.5	4.1	4.4	10	20	30	30	20	30	<0.1	0.11	<0.1	<0.1	0.10	<0.5	<0.5					
Middele (8)	16	21	6	6	10	6	7.5	15	6.5	15	7.8	15	6.5	13	7.1	12	6.9	11	23	49	23	35	21	39	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.6	0.6	0.9	0.7		
Middele (4)	13	20	6	6	11	7	7.1	11	6.5	12	7.1	11	5.3	8.5	4.4	6.9	6.0	6.6	18	25	28	30	20	28	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.5	<0.5	0.6	<0.5	0.7	0.6

Alle verdier er i µg/l  
 Middele (8) er middelverdi av alle analysene med unntak av den første.  
 UF - uten filter  
 ST.F - sterilisert filter  
 SY.F - syrevasket filter  
 Middele (4) er middelverdi av de fire siste.  
 a - før pumping  
 b - etter pumping

Tabell A4. Kjemiske analyseresultater for grunnvann tatt opp i plexiglassrør (tungmetallrør) på Hannåsmoen, Evje i Aust-Agder.

Dato	pH		K25		Turb.		Ca		Mg		Na		K		SO <sub>4</sub>		Cl		NO <sub>3</sub>		Al/R	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
8/7	5.15	5.34	2.57	2.76	(7.6)	(25)	0.79	0.98	0.27	0.29	2.24	2.33	0.32	0.40	4.2	3.9	3.9	3.9	1	7	212	161
15/7	4.58	5.17	2.93	2.89	2.3	4.6	0.67	1.02	0.24	0.29	2.22	2.26	0.30	0.35	4.2	4.2	4.0	4.1	1	6	413	199
3/8	5.19	5.50	2.96	2.84	1.2	3.0	0.74	1.19	0.22	0.28	2.24	2.21	0.34	0.37	4.0	4.2	4.4	4.1	1	15	380	151
17/8	5.00	5.43	2.87	2.74	0.56	0.64	0.77	1.10	0.26	0.30	2.17	2.18	0.35	0.37	4.0	4.2	4.3	3.9	20	21	307	133
31/8	5.07	5.35	2.75	2.72	1.2	1.5	0.69	1.02	0.25	0.30	2.20	2.19	0.35	0.37	4.2	4.3	3.8	3.6	15	19	318	170
15/9	4.96	5.16	2.80	2.77	0.53	1.0	0.72	0.88	0.25	0.28	2.76	2.27	0.33	0.35	4.3	4.5	3.8	3.4	14	(18)	292	220
29/9	5.12	5.25	2.83	2.83	0.50	1.0	0.73	0.91	0.26	0.28	2.22	2.25	0.33	0.34	4.0	4.0	3.8	3.7	15	21	302	223
15/10	4.97	5.19	2.89	2.82	0.70	1.2	0.74	1.01	0.26	0.28	2.25	2.19	0.35	0.34	4.3	4.4	4.1	3.6	19	18	322	197
27/10	4.97	5.12	2.77	2.60	1.0	1.9	0.70	0.78	0.24	0.24	2.24	2.13	0.30	0.31	4.3	4.3	3.5	3.1	17	14	289	217
Middel	5.00	5.28	2.82	2.77	0.89	1.64	0.73	0.99	0.25	0.28	2.23	2.22	0.33	0.36	4.2	4.2	4.0	3.7	11	15	315	186

1: før pumping.

2: etter pumping.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll  
0808 Oslo 8

ISBN 82-577 -1762-2