

# Kjemisk sammensetning av norsk drikkevann — En landsomfattende undersøkelse

Av Trond Peder Flaten

Siv.ing. fra NTH, 1980. Ansatt som amanuensis ved Kjemisk institutt, Den allmennvitenskapelige høgskolen (AVH), Universitetet i Trondheim.

## INNLEDNING

Det arbeidet som beskrives her, er en del av et dr.ing. prosjekt ved Norges tekniske høgskole (NTH). Analyser og annet praktisk arbeid er i hovedsak utført ved Norges geologiske undersøkelse (NGU). Prosjektet har to formål:

- Å skaffe en oversikt over norsk drikkevanns innhold av ulike bestanddeler.
- Å foreta kommunevise sammenstillinger av disse bestanddelene med forekomst av sykdommer, bl.a. kreft og hjerte/karsykdommer.

Denne artikkelen omhandler prosjektets første del. En fullstendig oversikt over resultatene, inkludert data for alle enkeltvannverk, kartframstilling av alle undersøkte parametere, og omfattende vurderinger av analyseresultatenes pålitelighet og representativitet, er gitt i Flaten (1985).

Prosjektet er støttet økonomisk av NTNFs utvalg for drikkevannsforskning, Norges tekniske høgskoles fond og Landsforeningen mot Kreft.

## PRØVETAKING OG ANALYSERING

Det er samlet inn vannprøver fra 384 norske vannverk som pr. 1.1. 1982 forsynte 2 913 700 fastboende personer (70,9 prosent av Norges befolkning). Innsamlingen ble foretatt i perioden oktober 1982—september 1983, og omfattet alle vannverk

> 1000 fastboende personer som forfatteren kjente til, samt 44 vannverk som forsynte mindre enn 1000 personer. 349 av vannverkene benyttet overflatevann, 35 grunnvann.

Rengjorte polyetenflasker ble, sammen med en instruks for prøvetaking, sendt ut i posten til de enkelte vannverkene. Hver forsendelse inneholdt 2 flasker, hvorav den ene var tilsatt 2 ml 1:4 HNO<sub>3</sub> (Suprapur, Merck). Vannverkspersonalet ble anmodet om å ta prøvene fra renvannskran på vannverket evt. hos en av de første abonnentene, etter å ha latt vannet renne fra kranen i minimum 5 minutter. Prøveflasker ble sendt ut 4 ganger til hvert vannverk i løpet av ett år, og personalet ble anmodet om å ta de 4 prøvene hlv.:

1. I en periode med stor vannføring om høsten.
2. I løpet av februar.
3. I forbindelse med snøsmelting og stor vannføring om våren.
4. I en periode med lav vannføring om sommeren.

Vannverkene viste stor interesse for undersøkelsen, og 99,0% av prøveflaskene ble returnert i posten.

I alt 30 ulike bestanddeler (Tabell 1) ble bestemt i vannprøvene. Analysemetodikken er beskrevet i Flaten (1985). Det er gjennomført en relativt grundig analyse-

kontroll: Prøvene for hver årstid er analysert i tilfeldig rekkefølge sammen med standarder, dubletter, null-løsninger og tidligere analyserte prøver. Analyseresultatene virker, med enkelte mindre unntak, pålitelige (Flaten 1985).

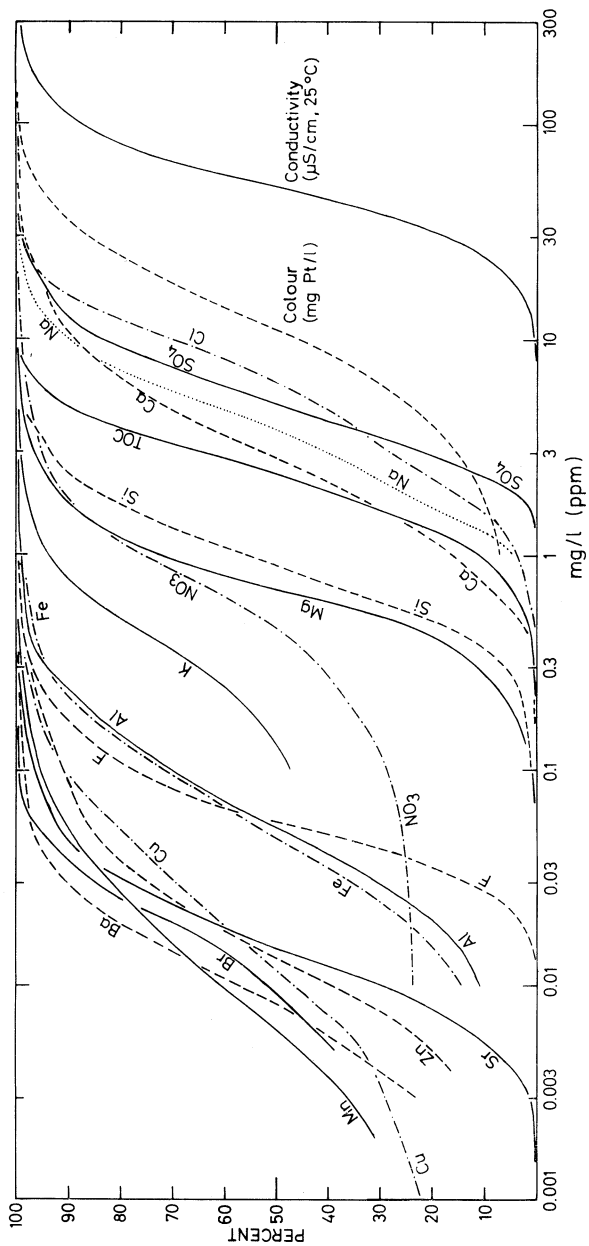
## RESULTATER

Resultater for de enkelte vannverkene er gitt i Flaten (1985). En statistisk oversikt over analyseresultatene er gitt i tabell 1. Kumulative frekvensfordellingskurver for 20 bestanddeler er gitt i fig. 1. Norske kva-

Tabell 1. Konsentrasjoner og kvalitetskrav for 30 bestanddeler i norsk drikkevann.

Bestanddel	Median-verdi	Konsentra-sjonsområde	Kvalit.-krav	Over- <sup>1)</sup> skridelser
Silisium (mg Si/l)	0,88	<0,30-9,17	-	-
Aluminium (mg Al/l)	0,055	<0,10-4,10	-	-
Jern ( $\mu\text{g}$ Fe/l)	47	<10-4373	<200	11,1%
Titan ( $\mu\text{g}$ Ti/l)	<4	<4-61,5	-	-
Magnesium (mg Mg/l)	0,69	<0,07-13,0	<10	0,2%
Kalsium (mg Ca/l)	2,87	0,17-57,4	<35	0,7%
Natrium (mg Na/l)	3,79	0,32-115,3	-	-
Mangan ( $\mu\text{g}$ Mn/l)	6,3	<50-991	<100	4,7%
Kopper ( $\mu\text{g}$ Cu/l)	11,7	<1-2886	<50	21,2%
Sink ( $\mu\text{g}$ Zn/l)	13,5	<6-3215	<300	2,6%
Bly ( $\mu\text{g}$ Pb/l)	<90	<90-675	<50	$\geq 0,07\%$
Nikkel ( $\mu\text{g}$ Ni/l)	<40	<40-57	-	-
Kobolt ( $\mu\text{g}$ Co/l)	<20	<20	-	-
Vanadium ( $\mu\text{g}$ V/l)	<10	<10	-	-
Molybden ( $\mu\text{g}$ Mo/l)	<10	<10	-	-
Kadmium ( $\mu\text{g}$ Cd/l)	<10	<10	<5	?
Barium ( $\mu\text{g}$ Ba/l)	8,5	<25-481	-	-
Beryllium ( $\mu\text{g}$ Be/l)	<2	<2	-	-
Strontium ( $\mu\text{g}$ Sr/l)	14,8	1,5-571	-	-
Litium ( $\mu\text{g}$ Li/l)	<5	<5-12,5	-	-
Kalium (mg K/l)	0,14	<0,5-5,27	-	-
Fluorid ( $\mu\text{g}$ F <sup>-</sup> /l)	58	13-1208	<1500	0
Klorid (mg Cl <sup>-</sup> /l)	6,40	0,46-117,0	<100	0,3%
Bromid ( $\mu\text{g}$ Br <sup>-</sup> /l)	11	<5-441	-	-
Nitrat (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	0,46	<0,05-21,4	<11	0,5%
Sulfat (mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /l)	5,28	1,36-39,6	<100	0
pH	6,75	4,50-10,28	8,0-8,5	98,0%
Konduktivitet ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	50,4	8,0-620	-	-
TOC (mg C/l)	2,35	0,22-10,02	-	-
Fargetall (mg Pt/l)	11	0-145	<15	35,1%

1) Prosentvis andel av enkeltobservasjoner i denne undersøkelsen som ikke oppfyller norske kvalitetskrav.



Figur 1. Kumulative frekvensfordelingskurver for 20 bestanddeler i drikkevann fra 384 norske vannverk. Alle verdier er gitt i mg/l (ppm) hvis ikke annet er påført kurvene.

litetskrav (SIF 1976) eksisterer for 14 av de undersøkte parametrene. Disse kravene er gitt i tabell 1, sammen med den prosentvise andelen av enkeltobservasjoner i denne undersøkelsen som ikke oppfylte kvalitetskravene. For de fleste bestanddelene var kravene stort sett oppfylt. Når det gjelder pH, fargetall, Cu og Fe, var det imidlertid mer enn 10% av vannprøvene som ikke oppfylte kvalitetskravene:

*pH.* Kvalitetskravet (8,0—8,5) var bare oppfylt for 2% av prøvene. Kravet må sies å være strengt. Det vil stort sett bare kunne oppfylles ved de vannverk som alkaliserer vannet, og også for disse kreves svært gode driftsrutiner for å holde pH-verdien innenfor et så trangt område. Kravet er begrunnet med at utløsningen av tungmetaller fra vannrør/armatur er lavt i dette pH-området. Dette har både helsemessig (toksiske tungmetaller) og bruksmessig (korrosjon) betydning.

*Fargetall.* 35,1% av prøvene overskred kvalitetskravet på  $< 15$  mg Pt/l, og verdier  $> 40$  mg Pt/l var ikke uvanlige (fig. 1). Kravet er først og fremst estetisk og smaks- og luktmessig begrunnet. Det at vannet har en uappetittelig farge, og lukter og smaker vondt, kan bevirke at befolkningen velger drikker som ut fra folkehelse-synspunkt er mindre ønskelige enn vann (mineralvann, øl etc.). Humusholdig vann kan også gi andre ulemper (Ødegaard m.fl. 1984). Høyt humusinnhold representerer et stort problem i drikkevannsforsyningen her i landet.

*Kopper (Cu).* 21,2% av vannprøvene hadde høyere Cu-innhold enn det norske kvalitetskravet ( $< 0,05$  mg Cu/l) til prøver som er tatt etter forutgående tapping. Årsaken til en del av de høye verdiene kan være at prøvetakerne ikke har fulgt instruksjonen om å la vannet renne i minimum 5 minutter før prøvetaking. Hoved-

begrunnelsen for kvalitetskravet er at høy korrosjon gir nedsatt levetid for varmtvannsberedere og andre installasjoner. Svært høye Cu-konsentrasjoner kan også gi smaksmessige ulemper.

*Jern (Fe).* Kvalitetskravet på  $< 0,2$  mg Fe/l ble overskredet i 11,1% av prøvene. Hovedbegrunnelsene for kravet er at høyt Fe-innhold gjør vannet misfarget og uklart, og at det kan oppstå avsetninger i ledningsnettets som gir grobunn for bakterier.

Tabell 1 og figur 1 viser at det er store variasjoner i sammensetningen av norsk drikkevann. For flere bestanddeler er de høyeste verdiene mer enn 100 ganger de laveste. De fleste bestanddelene viser også markerte geografiske mønstre. Mønstrene kan tolkes ut fra ulike typer prosesser som bidrar til drikkevannets kjemiske sammensetning:

— Kjemisk forvitring av berggrunn, løsmasser og sedimenter i vannkildenes nedslagsfelt (f.eks. Al, Ba, Ca, F, K, Mg, Na, Si og Sr).

— Tilførsel av havsalter (f.eks. Na, Cl, Br, Mg og  $SO_4$ ).

— Regional eller lokal forurensning (f.eks. Al, Mn,  $SO_4$ ,  $NO_3$  og TOC).

— Utløsning fra vannrør/armatur (f.eks. Cu, Zn, Fe, Ca og Sr).

— Vannbehandling (f.eks. Na, Ca, Sr, Cl, Al og  $SO_4$ ).

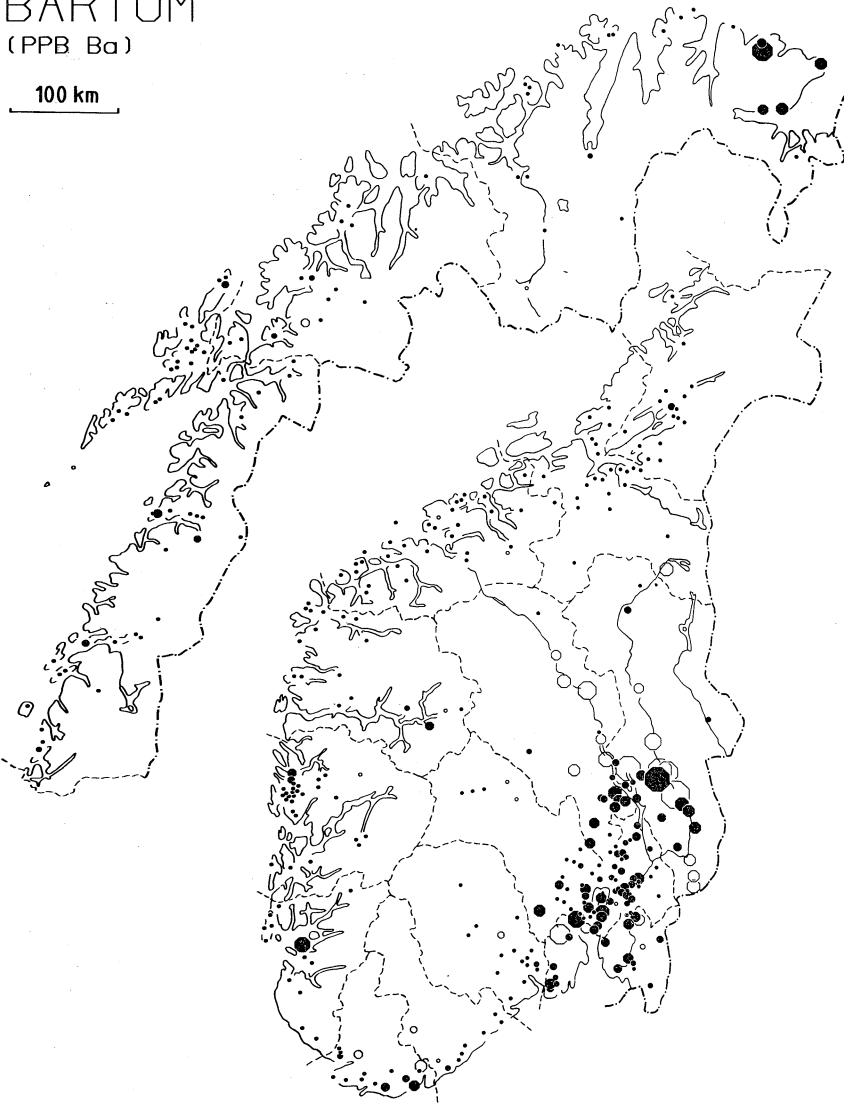
— Nedbrytning av planterester fra myrer og annen organisk jord (f.eks. TOC, fargetall og  $NO_3$ ).

Nedenfor er det gitt eksempler på geografiske mønstre som belyser enkelte av disse punktene. Alle geografiske fordelinger er forøvrig vist og kommentert i Flaten (1985).

# BAR IUM

(PPB Ba)

100 km



SYMBOL



UPPER LIMIT : 13 16 20 25 32 40 50 63 79 100 126 158 200 251 316 >316

Figur 2. Barium i norsk drikkevann. Konsentrasjonsgrenser gitt i  $\mu\text{g/l}$  (ppb). Vannverk som benytter overflatevann er markert med fylte symboler, grunnvannverk med åpne symboler.

*Barium (Ba)*. Bariuminnholdet i drikkevann er relativt høyt i to områder (Fig. 2), på indre Østlandet («sparagmittområdet») og på Varangerhalvøya. Disse to områdene har geologiske fellestrekk (Oftedahl 1980), idet begge er dominert av sandsteiner og andre bergarter av senprekambrisk alder, ca. 600 mill. år. Spesielt høye konsentrasjoner finnes ved en del grunnvannverk på Østlandet. Brønnene ved Elverum (0,156 og 0,184 mg/l) og Braskereidfoss (0,401 mg/l) ligger syd for sparagmittområdet, men tar vann fra løsmasser ved Glomma. Disse løsmassene er for en stor del transportert fra sparagmittområdet ved isens bevegelse i siste istid. Det er også interessant å legge merke til at konsentrasjonene i Glomma også er forholdsvis høye (0,023 — 0,042 mg/l), og avtar sørover fra Elverum etter som Glommavannet «fortynnes» med sideelver (se Flaten (1985), s. 65).

Det eksisterer ikke noe krav til Ba-innholdet i norsk drikkevann. I USA og Canada er kravet  $< 1$  mg/l, og i USSR  $< 2$  mg/l. Kravene begrunnes med de alvorlige toksiske effektene Ba kan ha på hjerte, blodkar og nerver. I Danmark stilles ikke noe krav til Ba, men det anbefales at konsentrasjonen er  $< 0,1$  mg/l. I dette arbeidet hadde 26 prøver (1,7%) høyere Ba-innhold enn 0,1 mg/l, høyeste enkeltverdi var 0,48 mg/l. Det bør derfor vurderes om det er nødvendig og hensiktsmessig å innføre krav til Ba-innholdet i drikkevann i Norge.

Imidlertid viser fig. 2 at konsentrasjonene, spesielt i overflatevann, er svært lave i størsteparten av landet. Siden dette skyldes regionale geologiske ulikheter over store områder, er det grunn til å vente at konsentrasjonene i andre vannforekomster i disse områdene også vil ligge godt under et eventuelt kvalitetskrav. Dersom en ny

grunnvannsbrønn skal bores i Østerdalen eller Solør, vil det derimot være større grunn til å undersøke bariuminnholdet. Dette illustrerer noen av fordelene ved geokjemisk kartframstilling, f.eks. av drikkevannskjemi. For mange parametere kommer det fram store geografiske mønstre (se også fig. 3 og 4). Dette betyr bl.a. at vannkjemien i en drikkevannskilde i et bestemt geografisk område til en viss grad kan forutsies.

*Bromid*. Bromidinnholdet (Fig. 3) er adskillig høyere nær kysten enn i innlandet. Havvann inneholder relativt mye bromid (ca. 70 mg/l). Når bobler brister på havoverflaten, føres små vanddråper opp i atmosfæren. Vannet i dråpene fordampes, og små saltpartikler blir tilbake. Disse saltpartiklene føres med vinden og er åpenbart en hovedkilde for bromid i ferskvann, siden bromidinnholdet i drikkevann avtar så tydelig med økende avstand fra kysten. For vannforekomster som ligger under den marine grensen, vil tilførsel fra de marine avsetningene også kunne gi et bidrag. Det geografiske mønsteret for klorid er praktisk talt identisk med det for bromid. Mønstrene for natrium og magnesium viser også klare fellestrekk med bromidmønstret (Flaten 1985).

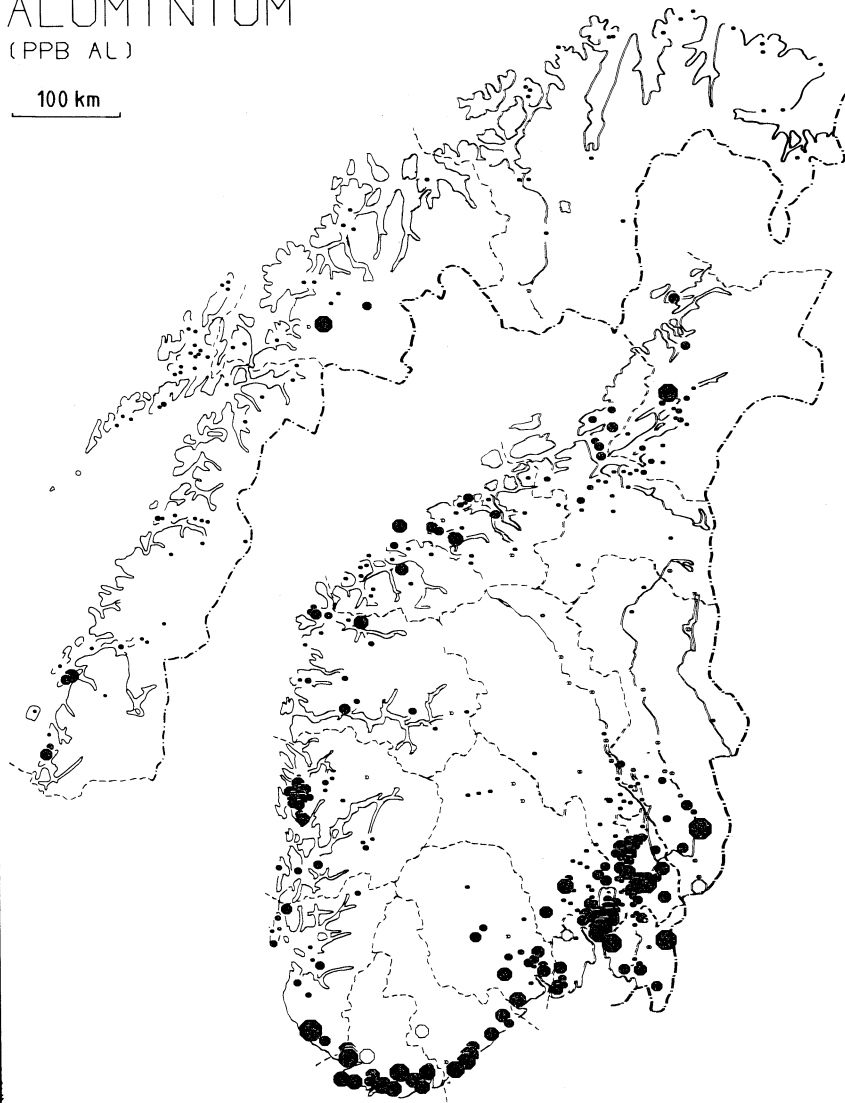
*Aluminium (Al)*. Al-innholdet (Fig. 4) er høyt langs kysten fra Jæren til Østfold. Dette er sannsynligvis en virkning av sur nedbør ved at Al-ioner løses ut fra jordsmonnet og havner i vassdragene. En tilsvarende geografisk fordeling for Al-innholdet i små innsjøer er tidligere rapportert i SNSF-prosjektet (s. 39—40 i Overrein m.fl. 1980). Mønstret for mangan i drikkevann er helt tilsvarende (Flaten 1985), og kan tolkes på samme måte. Det viser seg altså at langtransporterte forurensninger fra kontinentet og Storbritannia har markert innvirkning på drikkevannet



# ALUMINIUM

(PPB AL)

100 km



SYMBOL



UPPER LIMIT : 63 79 100 126 158 200 251 316 398 501 631 >631

Figur 4. Aluminium i norsk drikkevann. Konsentrasjonsgrenser gitt i  $\mu\text{g/l}$  ppb. Vannverk som benytter overflatevann er markert med fylte symboler, grunnvannverk med åpne symboler.



i deler av Norge. Langs Sørlandskysten er Al-konsentrasjonene jevnt over ca. 10 ganger høyere enn i indre og nordlige deler av Østlandet og i Finnmark og Troms.

Aluminiumsulfat benyttes som koagulant ved 17 av de undersøkte vannverkene (fullrenseanlegg). For noen av disse vannverkene er restinnholdet av Al etter vannrensingen høyt, opptil 4,1 mg Al/l. Dette indikerer at renseprosessen ikke fungerer optimalt. For andre fullrenseanlegg er Al-innholdet i renvannet lavere enn i råvannet. Fullrenseanleggene er konsentrert på Østlandet (Østfold, Akershus og Sør-Hedmark), men er for få til å gi markerte utslag i det geografiske mønsteret.

For enkelte vannverk (f.eks. Moss, Ørje, Østre Åmot, Egersund, Sandnessjøen og Setermoen) er det indikasjoner på at høye Al-verdier for en stor del skyldes partikulært materiale.

I lederartikkelen i Vann nr. 2 1986 ble det hevdet at «Vi vet for lite om Al-innholdet i drikkevannet i Norge. Det er derfor behov for forskning for å bringe større klarhet i dette.» I og med den foreliggende rapporten (Flaten 1985) kjenner vi imidlertid totalkonsentrasjonen av Al (og 20 andre parametere) i drikkevannet til mer enn to tredeler av Norges befolkning. I tillegg er det tatt 4 prøver fra hvert vannverk, en for hver årstid. Analysene er foretatt samtidig, i tilfeldig rekkefølge, med samme analysemetode og under nitid analysekontroll. Resultatene er derfor innbyrdes sammenliknbare, i adskillig større grad enn de analysedata som finnes (mer eller mindre tilgjengelig) på SIFF.

## ARBEID FRAMOVER

For tiden pågår arbeid med å sammenstille resultatene fra drikkevannsundersøkel-

sen med kommunevis data for ulike sykdommer.

### Eksempler:

— Antall registrerte dødsfall av senil/presenil demens (hvorav mer enn halvparten gjelder Alzheimers sykdom), Parkinsons sykdom og amyotrofisk lateralsklerose vil bli sammenstilt med Al-konsentrasjonen i drikkevannet.

— Norsk drikkevann inneholder ofte mye organisk materiale (Ødegaard m.fl. 1984), og klorering kan føre til dannelse av kloroform og andre mulige kreftframkallende stoffer. Data for TOC og fargetall vil bli kombinert med data for klorering ved de ulike vannverkene før sammenstilling med data for forekomst (innsidens) av kreft i de ulike delene av forøvelsessystemet.

## SAMMENDRAG

Det er tatt vannprøver fra 384 større norske vannverk som i 1982 forsynte 70,9 prosent av Norges befolkning. Prøvene er tatt av ferdig behandlet vann, og er analysert for 30 ulike bestanddeler, hvorav flere (f.eks. Al, Ba, Br, Si, Sr og TOC) ikke tidligere er undersøkt i nevneverdig grad i norsk drikkevann. Det er gjennomført en relativt grundig analysekontroll, og resultatene virker, med enkelte mindre unntak, pålitelige. De fleste bestanddelene viser store konsentrasjonsvariasjoner og markerte geografiske mønstre. De geografiske mønstrene for barium, bromid og aluminium er diskutert. Ved siden av en undersøkelse av fluorinnholdet i norske vannforsyninger (Natvig m. fl. 1973), er dette den eneste landsomfattende undersøkelsen av drikkevannskjemi som er foretatt i Norge. Alle analyseresultater er dokumentert i NGU-rapport nr. 85.207 (Flaten 1985).

## REFERANSER

- Flaten, T. P. (1985): «Drikkevann i Norge — en landsomfattende undersøkelse av geografiske variasjoner i kjemisk sammensetning.» NGU (Norges geologiske undersøkelse) — rapport nr. 85.207, Trondheim.
- Lederartikkel (1986): «Aluminium i drikkevann.» Vann nr. 2-86, 127—128.
- Natvig, H., Askevold, R. og Goffeng, I. (1973): «Fluorinnholdet i norske vannforsyninger.» Helsedirektoratet, Oslo.
- Oftedahl, C. (1980): «Geology of Norway.» NGU Bulletin 54, Universitetsforlaget, Oslo.
- Overreim, L. N., Seip, H. M. og Tollan, A. (1980): «Acid precipitation — effects on forest and fish.» Sluttrapport fra SNSF-prosjektet 1972—1980, Oslo.
- SIFF (Statens institutt for folkehelse) (1976): «Kvalitetskrav til vann.» Sosialdepartementet/Helsedirektoratet, Oslo.
- Ødegaard, H., Fløgstad, H., Flaten, T. P. og Bergan, E. (1984): «Humus i norsk drikkevann — en problemkartlegging.» SINTEF-rapport STF 21 A 84118, Trondheim.

### **GRUNNVANN — BRØNNBORING**

**Grunnundersøking — Grovhullsboring.**

**Vår allsidige maskinpark og lange erfaring gjør at vi kan utføre dei fleste typer boringar til fornuftig pris.**

### **HALLINGDAL BERGBORING**

Magne Veslegard

3570 Ål - Telefon: 067/84 200

5700 Voss - Telefon: 055/11 285