

Kjemisk grunnvannskvalitet i løsmassebrønner

Av Knut Ellingsen

Knut Ellingsen er ansatt som sjefingeniør ved Statens Institutt for folkehelse.

INNLEDNING

I 1986 var det i drift eller under anlegg i Norge mer enn 70 grunnvannsverk som forsynte flere enn 100 personer. Et flertall av disse hadde — i forbindelse med godkjenning — gjennomgått normalproseduren for prøveanlegg for grunnvannsverk, som innebærer

- lokalisering av egnet område for utprøving, av hydrogeologisk sakkyndig
- sonderboring, prøvetaking og analyse av bl.a. vannprøver
- nedsetting av brønn(er) og tiltrekking av filter
- prøvepumping et år etter nærmere definert prøveprogram (5).

Det foreligger således etter hvert på SIFF et betydelig datamateriale på kvalitetssiden fra pumpinger som kan sammenliknes. I denne artikkelen berøres bare grunnvannskvaliteten slik den fremstår når relativt stabile forhold er etablert under pumping.

Materialet er ikke så omfattende at det gir grunnlag for statistisk signifikante utsegn om forholdene på landsbasis. Bl.a. er det for «skjev» geografisk. Anvendelse av geologisk kunnskap på det foreliggende materialet gir imidlertid mulighet for bedre enn før å gi svar på hva vi kan forvente av vannkvalitet ut fra geografi, — fra vanngivertype, — allerede før sondering er gjort.

MATERIALE OG METODE

De kjemiske analysene er gjort på et standard sett parametre. Analysedata foreligger fra nesten alle stedene på parametrene TURB, FARG, KOF, PH, KOND, HARD, TOTALK, FE, MN, NH₄, NO₂, NO₃, SO₄, CL, LUK/SM og UTSE, dvs. 16 parametre. Data og detaljert bearbeiding finnes i (1). Orientering om betegnelsene finnes bak.

Data for F, NA, K, O₂, CO₂ og OMET foreligger bare i liten grad, og for bare et mindre antall anlegg. CA og MG ble analysert i stedet for hardhet først fra 1977, så bare data fra de siste 10 år foreligger for disse. TEMP-data foreligger i forbindelse med OMET-analysene.

Materialet omfatter brukbare tidsserier for kjemiske analyser av grunnvann fra 56 steder. Disse utgjør til sammen analyser av 707 prøver. I tillegg er det vurdert prøver fra 16 etablerte grunnvannsverk der det ikke foreligger brukbare tidsserier. Til sammen foreligger det data fra 72 steder.

Alle de prøveserier som er analysert på SIFF og funnet i arkivene og på annen måte fram til 1986, er tatt med. De fleste er framkommet i forbindelse med godkjenningen av vannkilde etter drikkevannsforskriftene. Eget feltarbeid er ikke gjennomført for denne undersøkelsen. Lokaliseringen framgår av figur 1. Praktisk talt alle akviferene er av strandinfiltrasjons type. (Unntak: Ullensaker, Tromøy).

Stedsregister til figur 1:

01	Alta	Raipas	46	Trøgstad I	Sandstangen I
02	Birkenes	Flakk	47	Trøgstad II	Sandstangen II
03	Bø	Hagadrag	48	Ullensaker Tr	Transjøen I
04	Dovre	Vigerustmoen	51	Vennesla	Drivnesøya II
05	Eidskog G	Grasmo	52	Øyer	Granrudmoen
06	Eidskog M	Matrand	53	Årdal	Årdalstangen
07	Evje & Ho. E	Evjeneset	54	Åsnes	Flisa/Myrmoen
08	Evje & Ho. R	Røyekilen I	55	Time I	Serigstad I
10	Fet	Øya/Tientj.v. H	56	Time II	Serigstad II
12	Fjaler	Dale/Steia	60	Hemsedal	Krikken
14	Fyresdal	Modølstykket	61	Kongsvinger G	Granli I
15	Hjartdal G	Gvammen	63	Eidskog Å	Åbogen
16	Hjartdal S	Sauland/Lehøl	65	Målselv	Råvann syd
17	Kautokeino E	Kautokeino/elvebredd	66	Kautokeino S	Saraholmen
18	Kongsberg BT	Bevertingen I	67	Lom	Prestøya
19	Kongsberg BI	Bikjen	68	Vinje L	Langnes
20	Kongsvinger A	Austmarka/Fagernessj.	69	Hof	Vikestranda
21	Kvinesdal	Kvitla	70	Våler	Braskereidfoss II
22	Lillehammer J	Jørstadmoen	71	Vinje E	Edland
23	Lillehammer K	Korgen	72	Elverum G	Grindalsmoen
24	Luster	Hafslovann	73	Åmot	Rena, v/Rv 3
25	Nes	Nesbyen I (gammelt)	74	Sykkylven	Kjemphol
27	Nord-Fron K	Kvam I	75	Elverum E	Elverum
29	Nord-Fron V	Vinstra I	76	Gjøvik	Biri
30	Nordre Land	Dokka/Mølla I	77	Gol	Eiklid
32	Odda	Jordal	78	Os	Dalsbygda
34	Ringebu F	Fåvang	79	Sel	Selsverket
36	Ringebu V	Vålebru	80	Sjåk	Bismo
37	Ringerike	Kilemoen	81	Sør-Fron Ha	Harpefoss
38	Røros	Hittersjøen/esker	82	Sør-Fron Hu	Hundorp
39	Salangen	Sjøvegan/Nervatn I	83	Ullensaker Td	Trandum leir
41	Stor-Elvdal	Koppang/Øverenga	84	Vang	Grindaheim
42	Stryn	Tjugen	85	Voss	Prestegårdsmoen
43	Tokke	Dalen/Hestøy	87	Trysil N	Nybergsund
44	Tromøy	Hove Skog	88	Rollag	Veggli
45	Trysil Ø	Innbygda v.v., Øyenget	89	Nes	Nesbyen (nytt)

Med to unntak har akviferene hydraulisk kontakt med overflatevann. Grovt kan en inndeling av dem gjøres slik:

Randavsetning:

Salangen, Tromøy, Trøgstad, Ullensaker, Årdal (hvorav Tromøy og Ullensaker i sin helhet er selvmatende).

Esker:

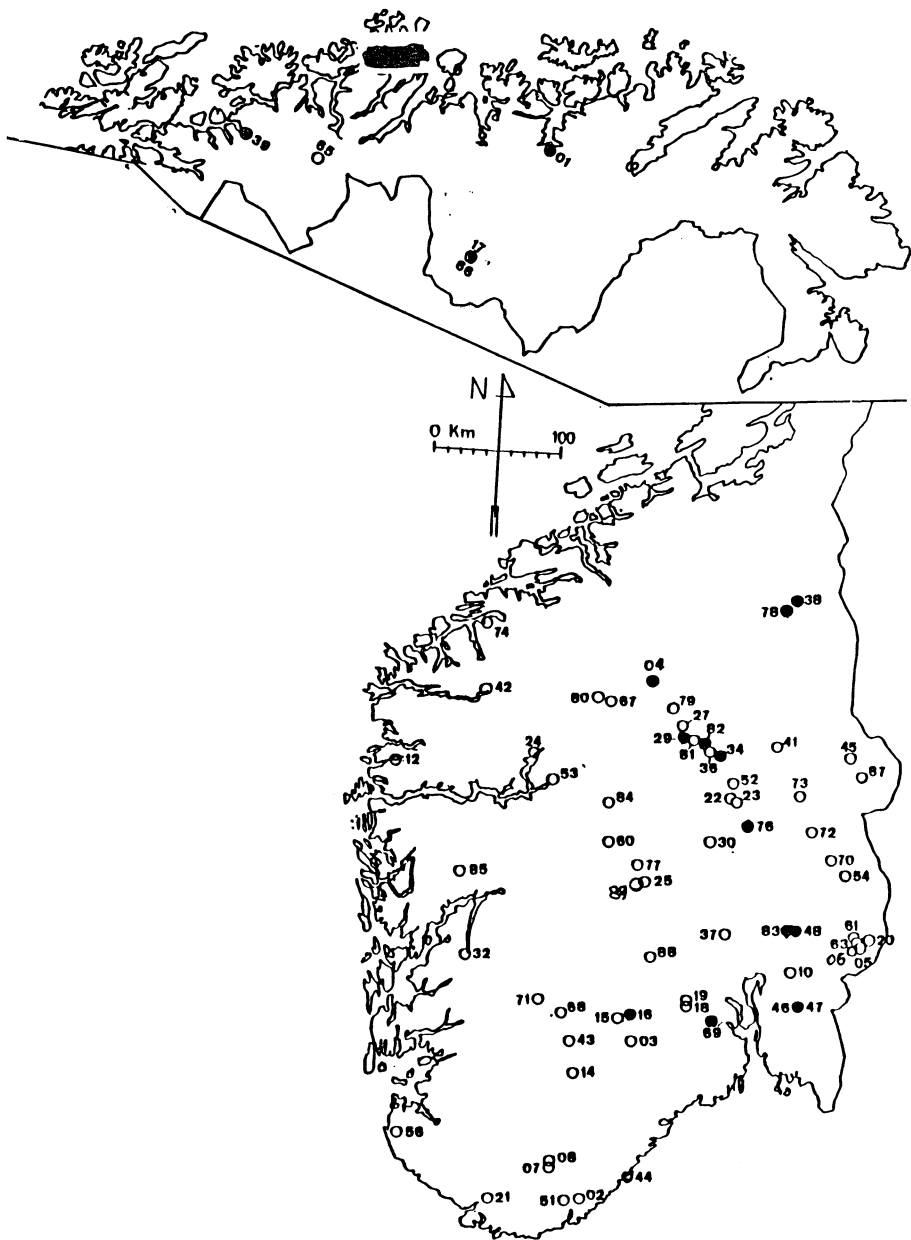
Dovre, Røros.

Lateraldelta til hovedvassdrag:

Gjøvik, Lillehammer J og K, Odda, Sel, Sykkylven, Vang.

Fluviale masser forøvrig:

Alle øvrige.



Figur 1. Lokaliseringskart med hardhetsangivelse for grunnvann. Steder i hardhetsgruppe 1 + 2 henholdsvis 3 + 4 er vist med åpne hhv. fylte sirkler.

Den mengdemessige fordeling av de fleste parametre er framstilt i histogrammer for prøver plukket ut som representative for framtidig vannkvalitet. Videre er seriene/stedene gruppert etter hardhet, og denne grupperingen tegnet inn på Norgeskartet (fig. 1).

GENERELL VANNKVALITET

Under prøvepumping av rørbrønner blir normalt kvaliteten ganske stabil etter 2—3 måneders pumping, med visse avvik i vårflommen i enkelte tilfelle. Normalt er disse svake eller fraværende.

Nedenfor er det gjort en gjennomgang

Tabell 1. Analyser som er forsøkt utplukket slik at de skal være mest mulig representative for kvaliteten i forsettelsen. De er tatt minst to måneder fra start av prøvepumping, og ikke i tiden 15. april—15. juni (vårflom). Prøveseriene er fordelt i grupper etter hardhet. Det er også medtatt enkeltanalyser fra øvrige steder med grunnvannsbrønner i drift, der prøvene er tatt lang tid etter at brønnene er tatt i bruk. Disse prøvene er merket *.

Kommune	st nr.	TOT													
		TURB	KOF	PH	KOND	HARD	ALK	FE	MN	NH ₄	NO ₃	SO ₄	CL	CA	M6
Gruppe 1, HARD < 1,1 (35 steder)															
Birkenes	02	0,1	0,3	6,0	5,5	0,5	0,2	0	0,1	0	0,8	5	4	3	0,7
Bø	03	0,08	0,2	5,8	3,7	0,5	0,2	0	0	0	0,34	3	2		
Eidskog G	05	0,15	1,3	6,2	7,0	0,9	0,3	0,04	0	0	0,91	8	4	4	1,4
Eidskog M	06	0,1	0,4	5,6	5,5	0,7	0,1	0	0,01	0	-	+	5		
Eidskog A	63	0,15	0,8	5,8	3,8	0,4	0,1	0	0,01	0	0,06	6	2	2	0,6
Elverum E *	75		1,0	6,3	12	1,1	0,4	0	0	0	2,9	+	9		
Elverum G	72	0,05	0,3	5,8	5,1	0,6	0,2	0	0	0	1,3	5	3	3	0,95
Evje & H. E	07	0,2	0,2	5,6	4,2	0,5	0	0	0	-	-	+	2		
Evje & H. R	08	0,25	0,6	5,6	3,7	0,4	0,1	0	0,02	0	0,19	6	4	2	0,4
Fjaler	12	0,15	0,2	5,9	5,1	0,5	0,1	0,11	0,02	0	1	4	6	2,5	0,6
Fyresdal	14	0,05	1,2	6,1	4,0	0,5	0,2	0	0	0	0,13	5	2	3	0,3
Göl	77	0,1	1,1	6,4	5,3	0,9	0,3	0	0	0	0,52	5	2		
Hemsedal	60	0,1	0,2	6,3	2,1	0,3	0,2	0	0,01	0	0,29	2	1	1,5	0,35
Kautokeino S	66	0,35	3,8	7,2	4,9	0,8	0	0	0	0,012	0	3	1	3,5	1,6
Kongsberg BT	18	0,3	0,2	6,4	5,1	0,8	0,2	0	0	0	0,62	6	2	4,5	0,6
Kongsberg BI	19	0,1	0,2	6,4	4,8	0,6	0,2	0	0	0,012	0,33	4	2	3	0,7
Kvinesdal	21	0,1	0,3	5,6	5,1	0,5	0,1	0,04	0,02	0	0,59	6	7		
Luster	24	0,1	0,9	5,3	2,7	0,1	0,1	0	0,04	0,02	0,13	1	2	0	0,2
Nes *	89	0,1	0	6,9	4,1	0,6	0	0	0	0,01	0,28	4	1	3,5	0,5
Nord-Fron K	27	0,1	0	6,9	3,8	0,6	0,2	0	0	0,006	0,16	4	1	3	0,6
Nordre Land	30	0,25	2,8	6,6	4,6	0,6	0,2	0,09	0,01	0	0,24	6	1	3,5	0,5
Odda	32	0,15	0,5	6,1	3,3	0,6	0,1	0,02	0	0	0,38	4	4		
Rollag *	88	0,25	0	5,9	5,7	0,8	0,6	0,09	0,04	0,011	1,3	3	3	4	0,9
Sel *	79	0,05	0,3	7,1	2,4	0,2	0,2	0	0	0	0,23	4	0	2	0,5
Skjåk	80	0,1	0,7	6,0	3	0,4	0,14	0	0,02	0	0,08	4	2		
Stryn	42	0,15	0,9	6,7	5,9	0,5	0,2	0	0,01	0	0,43	10	2	3	0,5
Sykkylven	74	0,05	0	5,9	6,6	0,8	0,2	0	0,01	0	0,5	3	7		
Sør-Fron Ha *	81	0,25	0	6,7	6,8	1	0,3	0	0,01	0	0,3	14	1	5	1,2
Tokke	43	0,05	0,2	6,4	3	0,3	0,2	0	0	0,024	0,28	3	1	2	0,25
Trysil Ø	45	0,05	0	6,5	3,2	0,6	0	0	0,01	0	0,13	2	1	3	0,7
Vang *	84	0,35	0	6,0	4,1	0,6	0,2	0,08	0,01	0,036	0,33	5	2	3	0,7
Vennesla	51	0,13	0,2	5,9	5,8	0,7	0,03	0	0,07	0	-	+	5		
Vinje E	71	0,1	0,2	6,3	3,4	0,4	0,2	0	0	0	0,16	3	2	2,5	0,3
Vinje L	68	0,1	0,4	5,9	3,3	0,4	0	0,06	0,03	0	0,12	4	1	2,5	0,35
Ardal	53	0,2	0,5	6,8	7,0	0,9	0,3	0	0,01	0	0,29	10	4		

Kommune	st nr.	TDT											CA	M6	
		TURB	KOF	PH	KOND	HARD	ALK	FE	MN	NH4	NO3	SO4			CL
Gruppe 2, HARD 1,1 - 3,4 (21 steder)															
Fet	10	1,9	0,8	6,1	20	2,4	0,9	2,7	0,57	0,078	0,09	25	12	9	5
Hjartdal G	15	0,1	0,2	6,6	8,5	1,4	0	0	0,01	0	0,68	9	3	8	1,3
Kongsvinger A#20	6	0,05	0,9	6,6	21	2,4	0,7	0	0,03	0,011	0,84	32	9	12,5	3
Kongsvinger B 61	6	0,1	0,1	6,4	6,5	1,2	0,3	0	-	0	+	+	2		
Lillehammer J#22	2,8	1,0	7,1	16	2,5	0,8	0,54	0,04	0,1	1,4	14	5			
Lillehammer K 23	0,12	0,5	6,8	12	2,8	0,5	0	0	0	++	2	0			
Lom	67	0,05	0	6,6	6,2	1,1	0	0	0	0	0,46	6	2	6	1,1
Målselv	65	0,15	0	7,1	12	2,5	0	0	0	0	0,1	12	2	14,5	2,1
Nes #	25	0,3	0,8	6,5	7,8	1,6	0,5	0,02	0	0	0,4	5	2		
Ringebu V	36	0,15	0	6,9	9,5	1,8	0,8	0	0,02	0,021	0,91	4	3	9	2,5
Ringerike	37	0,15	0,4	6,8	13	1,6	0,9	0,02	0	0	0,68	6	5	6,5	3
Stor-Elvdal	41	0,2	0,2	7,1	5,9	1,4	0,4	0,03	0	0	0,2	6	2		
Time I	55	0,2	0,8	6,3	19	2,8	0,5	0	0	0	3,6	11	18		
Time II	56	0,2	1,1	6,2	13	1,8	0,3	0,03	0,01	0	1,2	13	17		
Tronøy	44	1,5	1,0	6,3	16	1,8	0,5	0,42	0,03	0,008	0,06	20	24	9	2,5
Trysil N #	87	1,6	0,2	6,8	10	2,2	0,7	0,19	0,02	0	0,5	3	4		
Voss	85	0,08	0	6,4	7,4	1,3	0,4	0,02	0	0,033	-	-	5		
Våler	70	0,05	0,4	5,8	12	1,7	0	0	0	0	3,2	8	8	8	2,7
Øyer	52	0,15	0,5	7,0	18		0,6	0	0,04	0	2,1	22	5	16	1,6
Anot	73	0,15	0,7	6,4	17	3,3	0,7	0,05	0,24	0	1,8	16	6		
Åsnes	54	5,0	0,4	5,8	14	1,9	0,2	1,6	0,15	0,026	-	++	13		
Gruppe 3, HARD 3,5 - 5,5 (10 steder)															
Alta	01	0,3	0,3	7,9	20	4,3	1,4	0	0,01	0	0,12	7	7		
Gjøvik #	76	1,7	0,5	7,0	19	4,7	1,3	0,5	0,08	0,051	1,2	11	4		
Hjartdal S	16	0,4	0,6	8,1	19	3,5	1,6	0	0,03	0,015	0,11	9	2	18,5	4
Hof #	69	1,6	0,2	7,9	55	4,3	0	0,39	0,41	0	0,23	54	55	18	7,9
Kautokeino E	17	0,16	1,5	7,7	20	4,9	1,4	0	0	0	+	++	3		
Nord-Fron V	29	0,1	0,3	6,7	17	3,9	0,8	0,03	0	0	1,2	23	4		
Os #	78	0,3	0,2	8,0	16	4,2	1,5	0	0	0	0,09	6	2	25	3,2
Ringebu F	34	0,09	0,3	6,9	19	4,2	1,1	0	0	0	1,3	20	5		
Røros	38	0,2	1,2	8,1	18	5,1	1,3	0	0,1	0	0,09	14	2	30	4
Trøgstad I	46	0,4	0,6	8,0	43	4,4	1,7	0,06	0,08	0,14	0,19	21	54	15	10
Gruppe 4, HARD > 5,5 (6 steder)															
Dovre	04	0,35	0,6	7,8	29	7,5	2,8	0,04	0,02	0,013	0,34	15	3	45	5
Salangen	39	0,25	1,7	7,7	64	9,3	2,1	0,04	0,01	0	0	23	113	55	7
Sør-Fron Hu # 82	0,1	0,4	6,7	28	6,4	1,3	0	0	0	0	3,2	22	18	40	3,3
Trøgstad II	47	0,6	1,2	8,2	120	8,3	2,7	0,13	0,06	0,5	0	78	315	25	21
Vilensaker Id#83	0,15	0	7,5	30	8,1	2,7	0	0	0	0	0,34	15	3	53	3
Vilensaker Tr 48	0,75	0,4	7,9	31	7,4	2,5	0,11	0,16	0,023	0,01	16	5	48	2,9	

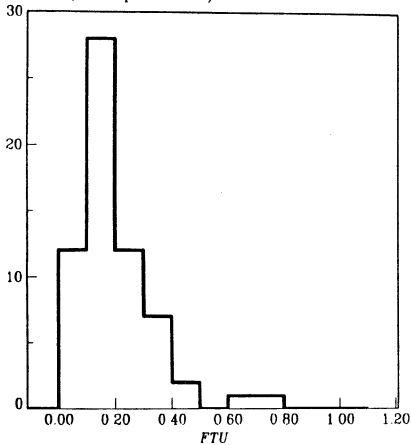
av de enkelte parametres mengdefordeling. Data er hentet fra tabell 1, som består av utplukkede analyser, en fra hvert sted ut fra en bedømmelse av deres representativitet for vannkvaliteten på sikt ved langvarig pumping. I tillegg er tabellen supplert med enkeltanalyser tatt fra vannverk i drift.

Figur 2 viser at i foreliggende materiale har 61% lavere turbiditet enn 0,2 FTU, og 80% lavere enn 0,3 FTU. Bare enkelte «problem»-steder har turbiditetsverdier av noen størrelse, og der er det forbundet med forhøyet jerninnhold. For farge gjelder at den er praktisk talt null eller «5» hele veien unntatt i spesielle

TURBIDITET < 1

65 av 70 serier Høyeste verdi 5.0 FTU

Frekvens (antall prøveserier)

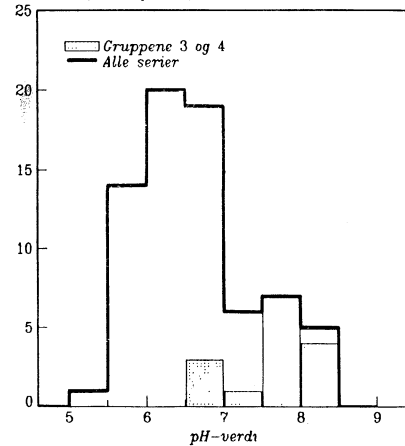


Figur 2. Turbiditet < 1.

pH

72 serier, hovedgrupper er vist separat

Frekvens (antall prøver)



Figur 3. pH.

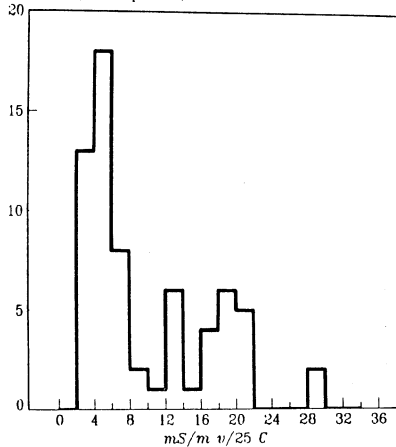
tilfelle. Den er derfor ikke framstilt grafisk her.

Surhetsgrad, pH, ligger hovedsakelig i det sure området, se figur 3. Dette har åpenbar sammenheng med geologien, som vi skal se er bestemmende også for andre parametre. Det skyldes generell mangel på karbonatbergarter i akviferens løsmasse-materiale. En viktig indikator er konduktivitet som er framstilt i figur 4. Vel 80% av verdiene er lavere enn 20 mS/m v/25 C, og ca. halvparten lavere enn 10. Dette innebærer at brorparten av grunnvannet er ganske saltfattig. Bare en svært høy verdi forekommer, 120 mS/m (sted 47).

KONDUKTIVITET < 32

67 av 72 serier Høyeste verdi 120 mS/m

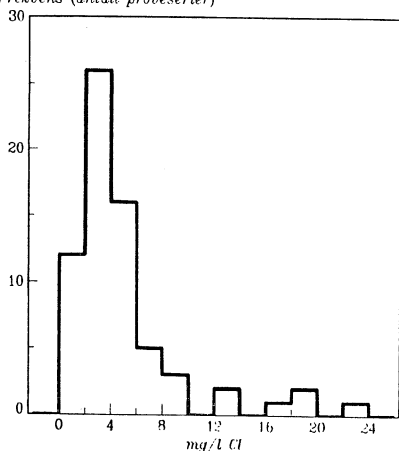
Frekvens (antall prøver)



Figur 4. Konduktivitet < 32.

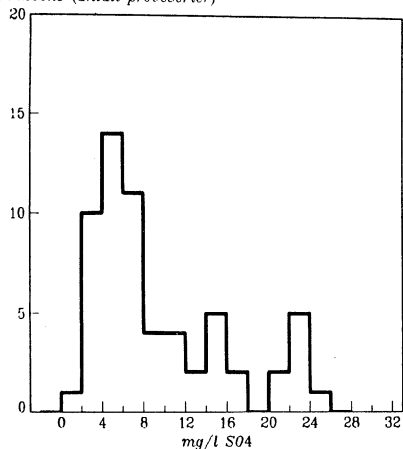
Det kommer derfor ikke som noen overraskelse at klorid, sulfat og kalsium for et stort flertall av prøveseriene har svært lave verdier. Av figur 5 framgår det at for klorid ligger mer enn 4/5 av prøvene lavere enn 9 mg/l Cl, og godt over

KLORID < 24
68 av 72 serier Høyeste verdi: 315 mg/l
Frekvens (antall prøveserier)



Figur 5. Klorid < 24.

SULFAT < 26
61 av 66 serier Høyeste verdi: 78 mg/l
Frekvens (antall prøveserier)

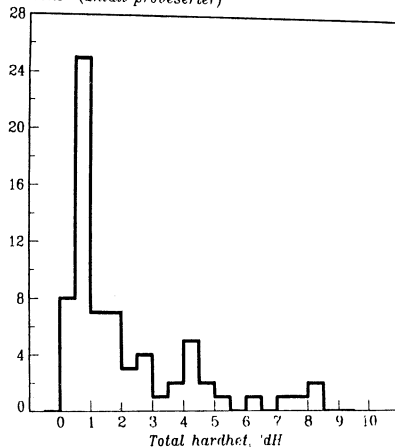


Figur 6. Sulfat < 26.

halvparten lavere enn 4 mg/l Cl. Høyeste verdi var her 315 mg/l Cl. Sulfat fordeler seg noe bredere, men det framgår av figur 6 at 95% ligger under 30 mg/l SO₄, langt over halvparten under 8, og høyeste verdi 78 mg/l SO₄.

For total hardhet i figur 7, er mer enn 90% av verdiene lavere enn 6°dH, nær 2/3 mindre enn 2 og nær halvparten lavere enn 1°dH. Høyeste verdi var 9.3°dH. For magnesium var nær halvparten mindre enn 1 mg/l Mg, 4/5 mindre enn 4. Høyeste verdi 21 mg/l Mg.

HARDHET TOTAL < 9
69 av 71 serier Høyeste verdi: 9.3°dH
Frekvens (antall prøveserier)



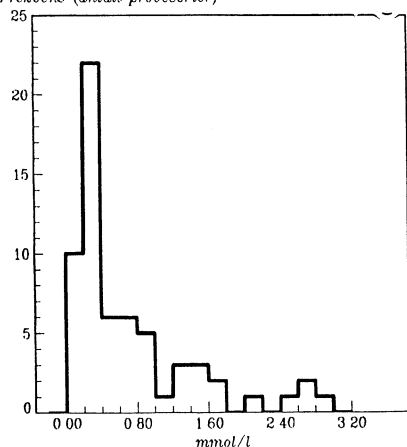
Figur 7. Hardhet total < 9.

Omlag samme fordelingsbilde gjenfinnes også for to øvrige parametre som for total hardhet. Totalalkalitet i figur 8, har lave verdier. 2/3 av verdiene var lavere enn 0,8 mmol/l, og halvparten lavere enn 0,4. Høyeste verdi: 2.8 mmol/l. Nitrat i figur 9 har 90% av verdiene lavere enn

TOTALALKALITET

63 serier

Frekvens (antall prøveserier)

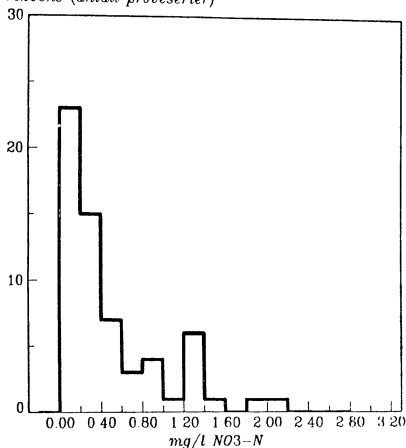


Figur 8. Totalalkalitet.

NITRAT - N < 2,5

62 av 69 serier Høyeste verdi 3,6 mg/l

Frekvens (antall prøveserier)



Figur 9. Nitrat-N < 2,5.

1.4 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$, og nær 60% lavere enn 0.4. Høyeste verdi var 3.6 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$.

Øvrige parametre er ikke framstilt diagrammatisk i samlediagrammer. Jern og mangan er null eller svært lave, nitrogenforbindelsene gjennomgående likeså, for begge del med visse unntak som blir behandlet særskilt. Kalium og natrium foreligger det langt for spinkelt materiale for, likeledes for totalt fosfor.

Karbondioksid og oksygenmetning er bare analysert for 20 (21) steder. CO_2 har i dette materialet en spredning helt opp til 40 mg/l CO_2 med en viss opphopning i området 15—20 mg/l. OMET fordeler seg noenlunde jevnt fra 10% metning og oppover. Det synes overhode ikke å være noen sammenheng mellom innholdet av de to gassene i det utpumpede vannet.

INDELING ETTER HARDHET

Tabell 1 er sammenstillet med tanke på å finne fram til den mest representative vannkvalitet som kan forventes ved langtidspumping. Tabellen er dernest gruppert etter vannets hardhet. Av nedenstående oppstilling framgår fordelingen av de øvrige parametre slik den kan leses ut av tabellen. Hardhetsgrensene er satt bl.a. med tanke på at de skal «passe» med hovedtrekkene i geologien.

Det framgår at *gruppe 1*, som forekommer hovedsaklig i de prekambriske bergartsområdene i Syd-Norge, frambyr et vann karakterisert ved å være surt og bløtt (og fargeløst) og ha et lavt innhold av mineralsalter. *Gruppe 2* forekommer stort sett i de samme områdene, og kan karakteriseres i hovedsak på samme måte, men har noe høyere hardhet.

I områder av landet med kraftig innslag av de kaledonske bergartene, særlig de med kalkmineraler, finner vi *gruppe 3*, med

Gruppe nr.	1	2	3	4
Parameter: ↓				
Hardhet, total	< 1.1	1.1 - 3.4	3.5 - 5.5	> 5.5
pH	5.3 - 7.1	5.8 - 8.1	6.7 - 8.1	6.7 - 8.2
Konduktivitet	< 12	5.9 - 21	16 - 55	28 - 150
Totalalkalitet	0 - 0.6	0.1 - 1.6	0.8 - 1.7	1.3 - 2.8
SO ₄ +CL	3 - 15	7 - 44	8 - 109	18 - 400
Antall serier:	35	21	10	6

hardhet 3.6—5.5 °dH. Vannet her er svakt surt til svakt alkalisk og har høyere innhold av mineralsalter enn gruppene 1 og 2.

I selvmatende forekomster (eks. Ullensaker) og steder der løsmasse materialet er dominert av spesielle fjellkjedebegarter (kalker og kalkholdige skifre), finner vi *gruppe 4*. Vannet her er alkalisk, har høyt innhold av mineralsalter, men er forøvrig ikke særlig avvikende fra de øvrige gruppene.

For alle gruppene gjelder at innholdet av jern, mangan, nitrogenforbindelser, klorid og sulfat er lavt, med visse unntak, som behandles i kapittel 5.

Naturgitte faktorerers innflytelse

Ved vurdering av vannkvaliteten er det viktig å ha en oppfatning om hvordan den kan være influert av naturgitte faktorer. Den viktigste enkeltfaktor er geologien. Et resonnement over dens innvirkning er gjengitt her.

1) Forskjellen i vannets innhold av kalk/bikarbonat skyldes hovedsakelig tilstedeværelse i grunnen av kalkmineraler.

2) Slike mineraler slites raskt ned, oppløses og føres vekk av vannet under elvtransport, men ikke av istransport i særlig grad.

3) Det er derfor stor forskjell m.h.p. innhold av slike mineraler mellom istransportert materiale som finnes igjen i bl.a. randavsetninger (eks. Raet, Romerikssletta) og det som er transportert med elvene lange strekninger. Istransportert materiale som senere er transportert av vann korte strekninger, inntar en intermedier stilling.

4) De nevnte mineraler finnes i hovedsak i de kambrosiluriske formasjonene i (den kaledonske) fjellkjeden Bergen—Svalbard, se det geologiske Norges-kartet, f.eks. ref. 2.

5) Nær fjellkjedebegartene nevnt ovenfor kan ventes vannkvalitet *gruppe 3*. Et stykke vekk fra lokalitetene for de karbonatholdige bergartene langs elvenes dreneringsretning, vil de sorterte sene elveavsetningene inneholde bare små mengder av de nevnte mineraler, og vannkvaliteten ha tendens til å falle i *gruppe 1* og 2.

6) Annerledes er det med de nevnte randavsetningene og øvrige glasiale avsetninger, se pkt. 2. Her kan ventes vannkvalitet fortrinnsvis av *gruppe 4*.

Inndelingen gjort ovenfor er grov og angir hva som med stor sannsynlighet kan forventes. Imidlertid kan likevel spesielle forhold endre realiteten i enkelte tilfelle.

I nedenstående liste er det forsøkt gjengitt det en generelt vil vente av vannkvalitet på bakgrunn av geologi og øvrige naturgitte faktorer. Mulige effekter på vannet er angitt i parantes:

1. Avsetningstype

- brelvavsetning (tendens til hardere vann. Stedvis kan det forekomme forøket turbiditet fra breslam)
- elveavsetning av senere dato enn deglaciasjonen (normalt relativt bløtt og mineralsaltfattig vann i de «bløte» områdene i figur 10).
- annen løsmasseavsetning (sterkt varierende).

2. Matningsforhold

- hovedsakelig selvmatning (høy hardhet, alkalitet, konduktivitet m.v.)
- hovedsakelig mating fra overflatevannsforekomst (moderat til lav hardhet m.v. og konduktivitet).

3. Geografi

- nærhet til havet (fare for saltvann i dalbunnene ytterst ved kysten Stadt — Kirkenes).

4. Regionalgeologi

- i fluvialt materiale i tilstrekkelig avstand fra kaledonske bergarter dvs. fjellkjeden Bergen — Svalbard (moderat til lavt mineralsaltinnhold og hardhet, avtakende med avstanden langs istidens deglaciasjonsretning).
- under den marine grense (enkelte steder forhøyet saltinnhold opp til 20—30 m lavere enn marin grense, MG).

Forventet hardhet etter geografi/geologi

Hva kan ventes av vannkvalitet etter geografi? Det er her gjort et forsøk på en grov angivelse av hvilken kvalitet som kan ventes i løsmassebrønner basert på strandinfiltrasjon i Norge. Grunnlagsmaterialet er spinkelt i det antall undersøkte steder er lavt.

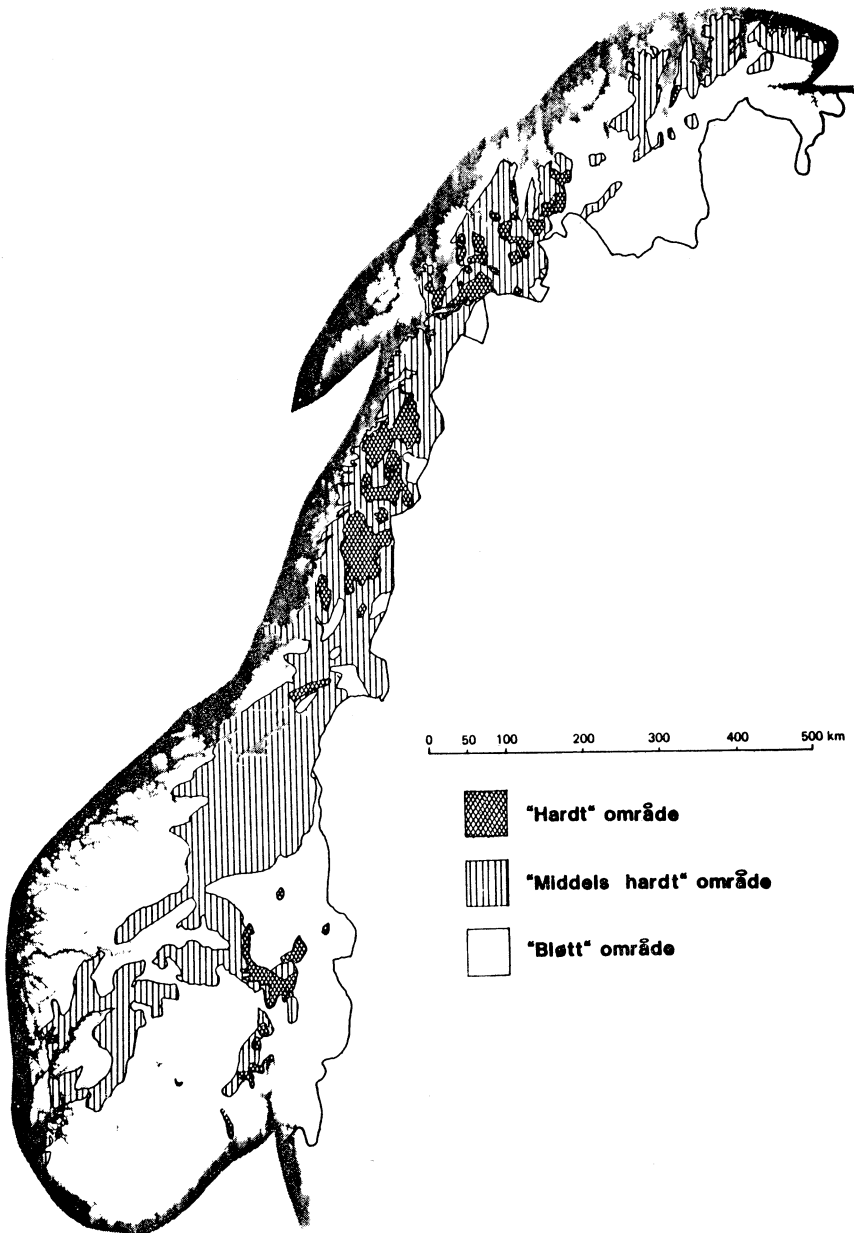
Det er gjort en tolkning i figur 10 basert på det geologiske bakgrunnskartet, glacialgeologisk kart (3), og resonnementet ovenfor. Landet deles her i «harde», «middels harde» og «bløte» områder etter forventet vannkvalitet fra dybbrønner i løsmasser basert på strandinfiltrasjon.

AVVIK FRA DET GENERELLE MØNSTER

Ved valg av lokalitet for en grunnvannsbrønn skjer det en utvelgelse hvor observert og forventet framtidig vannkvalitet basert på sonderingsresultater, spiller en dominerende rolle. Dette resulterer normalt i valg av brønner der vannkvaliteten er meget god. Enkelte steder er imidlertid de naturgitte forhold slik at en eller flere av de kritiske parametre er for høye, og en vannbehandling må introduseres.

For mye jern og/eller mangan, nitrat, klorid.

I foreliggende materiale er tre serier med for høyt jerninnhold. En serie er pumpet sammenhengende et og et halvt år, de to øvrige henholdsvis et år og omlag et halvt år. Felles for alle tre seriene er at jerninnholdet bare øker under hele pumpeperioden med visse avvik. Som en forsøksvis regel gjelder at ingen brønn som har for høyt jerninnhold etter 3—4 måneder får tilfredsstillende innhold i



Figur 10. *Hardbetskart (forventningskart) for strandinfiltrert grunnvann fra fluviale avsetninger i Norge. «Bløtt», «middels» og «hardt» område er skilt ut.*

løpet av prøveperioden (dvs. engang høyt, alltid høyt (?)).

Fire tilfelle overskrider SIFFs kvalitetsnormer for god vannkvalitet (4) angående nitrat, der grensen er satt til 2,5 mg/l NO₃-N.

Nitratinnholdet særlig i en serie (sted 55), er svært høyt til å være Norge, i størrelsene 5 mg/l NO₃-N. Influensområdet omfatter her store arealer som er intensivt dyrket. Årsaken antas å være landbruksvirksomheten i infiltrasjonsområdet som resulterer i svære mengder overskudd av nitrat som ender opp i grunnvannet. Årsaken til det relativt høye innholdet i den andre serien (70) er ikke fastlagt.

På førstnevnte sted ble det etter at første (dype) brønn ga mye nitrat, satt ned

en ny brønn med filter delvis over et (semi-)tett lag (sted 56). Denne fikk i langt større grad vann fra nærliggende overflatevannskilde enn første brønn, og fikk langt lavere nitratinnhold.

Bare to prøveserier hadde klorid høyere enn normen på 100 mg/l Cl. Dette er bemerkelsesverdig siden en betydelig andel av prøvestedene ligger til dels langt under den marine grense der enkelte steder kan risikere innflytelse av «fossilt» salt fra marine avsetninger av silt/leire og endog fra «fanget» sjøvann.

I teksten er det ofte anvendt uttrykk med store bokstaver som HARD, CA osv. Betydningen framgår av nedenstående oppstilling, der også parameterbetegnelsene som er anvendt framgår.

<i>Betegnelse som betyr dette angitt</i>		<i>i enheter</i>	
TURB	= Turbiditet	i	FTU
FARG	= Farge	i	mg/l Pt
KOF	= Kjem.o.forbr. (COD _{Mn})	i	mg/l O
PH	= Surhetsgrad	i	pH
KOND	= Konduktivitet v/25°C	i	mS/m
HARD	= Hardhet total	i	°dH
TOTALK	= Totalalkalitet	i	mmol/l
FE	= Jern	i	mg/l Fe
MN	= Mangan	i	mg/l Mn
NH4	= Ammoniakk	i	mg/l N
NO3	= Nitrat	i	mg/l N
SO4	= Sulfat	i	mg/l SO ₄
CL	= Klorid	i	mg/l Cl
CA	= Kalsium	i	mg/l Ca
MG	= Magnesium	i	mg/l Mg

REFERANSER

1. Ellingsen, K.: Grunnvannskvalitet i løsmasser. Kjemiske data fra prøvepumping av dybbrønner. SIFF-VANN rapport 1987; 60: 142 s. ISSN 0801-3519.
2. Sigmond, EOS: Berggrunnskart over Norge, målestokk 1:3 millioner. Norges geologiske undersøkelse 1985.
3. Høltedahl, O. and BG Andersen: Glacial map of Norway, scale 1:2 million. In NGU 1960; 208.
4. Weideborg, M. og andre: Kvalitetsnormer for drikkevann. Oslo. DRIKKEVANN 1987; G2: 72 s. ISSN 0800—7195. ISBN 82-7364-013-2.
5. Weideborg, M.: Veiledning i enkel vannkildeundersøkelse. Prøveprogrammer og uttak DRIKKEVANN 1984; A 2: 17 s. ISSN 0800—7160, ISBN 82—7364—003—5. av vannprøver. Oslo.
6. Ellingsen, K.: Sandstangen. En grunnvannsressurs i Østfold. Oslo SIFF-SK eksternt rapport 1977; 18: 46 s. ISSN 0333—4643.

Forskning og utredning innen feltene

- Drikkevann, prosessvann
- Kommunalt og industrielt avløpsvann
- Slambehandling
- Havbruk/akvakultur
- Vanninjeksjon

aquateam norsk vannteknologisk senter as

Postboks 6593 Rodelokka
0501 Oslo 5 (02) 37 13 00