

Grunnvann i Vestfold.

Meddelelser fra Vannboringsarkivet Nr. 11.

av

Fredrik Hagemann.

Med 11 tekstfigurer.

I de senere årene er det blitt mer og mer vanlig å ordne vannforsyningen på landsbygda ved boring i fjell og jord. Behovet for råd og veiledning i forbindelse med boring etter vann er av den grunn stadig økende. Norges geologiske undersøkelse opprettet derfor i 1952 Vannboringsarkivet som har til oppgave å kartlegge grunnvannsförekomster og å innhente opplysninger om de borer som foretas. Dette arbeidet utføres i samarbeid med brønnboringsfirmaer, jordstyrer o. l. Det innsamlede materiale gir gode muligheter for studium av grunnvannets opptreden her i landet og det danner grunnlaget for bedømmelse av mulighetene for nye borer i distriktene.

Vestfold er et av de fylker hvor det er flest borebrønner i forhold til arealet. Fig. 1 viser de borerne i Vestfold som Vannboringsarkivet kjenner beliggenheten av. Norges geologiske undersøkelse har også opplysninger om adskillig flere brønner hvor imidlertid den nøyaktige beliggenhet ikke er kjent. Dessuten finnes det mange brønner som Vannboringsarkivet ikke har nærmere kjennskap til. Kartet gir derfor ikke noen komplett oversikt over alle de borerne som er utført i fylket, men det illustrerer hvor tett borerne ligger i enkelte strøk og i hvilke områder det er særlig vanlig med borebrønner.

Det er flere årsaker til at det er boret såpass meget i Vestfold. Fylket er tett befolket samtidig som det er relativt få vassdrag og vann som egner seg til vannforsyning. Fjellgrunnen i store deler av fylket består av bergarter hvor nedtrengningen er stor. Forholdene ligger derfor dårlig til rette for alminnelig brønngraving. Disse bergartene er på den annen side meget gunstige for boring etter vann, slik at det er forbundet med liten risiko å sette igang brønnboring.

Etterhvert som det er blitt klart hvilke muligheter grunnvannet gir for en sikker og rimelig vannforsyning, er det satt igang en rekke større og mindre vannverk som er basert på vann fra borehull. Enkelte av Vestfolds kommuner, f. eks. Sem, er i dag — bortsett fra enkelte områder — helt forsynt med grunnvann.

Grunnvann oppstår ved at overflatevann trenger ned i grunnen. Under et bestemt nivå i jord og fjell vil alle porer og hulrom være fylt med vann. Vannet under dette nivået — *grunnvannspeilet* — er det som kalles grunnvann.

Vann i fjell.

Grunnvann opptrer i fast fjell enten i porerom i selve bergarten eller i sprekker av forskjellig slag. I Norge er grunnvannet i berggrunnen for det alt vesentlige begrenset til sprekker i fjellmassivet. Vannføringen i fjellgrunnen er derfor avhengig av sprekkenes utstrekning og størrelse og av forbindelsen mellom de enkelte sprekkenes. Den bestemte faktoren for berggrunnens vannføring og magasineringsevne blir derfor oppsprekningen. Denne er avhengig av bergartenes fysiske egenskaper og de geologiske prosesser som i tidens løp har virket på dem. De vannførende sprekkenes har en begrenset dybde som er bestemt av bergartens evne til å holde sprekkenes åpne under vekten av de overliggende massene.

Forutsetningen for å få vann ved boring i fjell er altså at en under boringen skjærer flest mulige av de vannfylte sprekkenes. Hvis en skal kunne uttale seg om mulighetene for å få vann på et sted, er det derfor nødvendig å kjenne de topografiske og geologiske forholdene. Dertil må en ha et inngående kjennskap til hvorledes sprekkenes er dannet og hvorledes de går mot dypt.

Av det geologiske oversiktskartet Fig. 2 fremgår det at bergartene i Vestfold kan deles i 3 store grupper:

1. *Kalkstein, sandstein og leirskifer.* Disse bergartene finnes hovedsakelig i området rett sør for Drammen, i Sandedalen, på kyststrekningen Horten—Sandebukt og på øyene utenfor Holmestrand.

Kalkstein og sandstein er relativt «stive» bergarter som når de utsettes for jordskorpebevegelser, vil danne åpne sprekker. For kalksteinens vedkommende er ofte disse sprekkenes senere blitt utvidet ved at vann har oppløst noe av kalken slik at det er utviklet store kanaler

og hulrom i kalksteinen. På den måten kan en få utvidet bergartens magasineringssevne betydelig.

Boringer i disse bergartene i Vestfold har gitt relativt gode resultater. I de aller fleste tilfelle vil en ved boring i kalkstein og sandstein kunne skaffe tilstrekkelige vannmengder til mindre vannverk og enkelthus-holdninger.

Leirskifrene er mer «bløte» og de sprekker ikke så godt opp. Sprekkene vil vanligvis være av subkapilær størrelse med liten sammenheng mellom de enkelte sprekke. Skifrene kan av den grunn ofte være helt tette. I Vestfold veksler imidlertid vanligvis skifrige lag med mer kalk og sandholdige lag. I slike vekslende lag kan det dannes større sprekker slik at en i mange tilfelle vil kunne oppnå en del vann ved boring.

Som et eksempel på et område hvor det er boret meget i denne bergartsgruppen, kan nevnes Konnerudkollen hvor det innen et meget begrenset felt er boret 30—40 brønner, de aller fleste med tilfredsstillende resultat.

2. *Lavabergarter* (rombeporfyr, basalt). Lava har en i østre og midtre Vestfold. Det er flere forskjellige lavatyper som hver representerer forskjellige vulkanske utbrudd. Lavabergartene er sterkt oppsprukket og de hører samtidig til de få norske bergarter som også er temmelig porøse. Boring etter vann i Vestfold-lavaene gir derfor vanligvis meget gode resultater. De største vannmengder en har fått her i landet ved boring i fjell er oppnådd i disse bergartene (opptil 40—50 000 l/time).

Den store oppsprekningen og den gode forbindelsen mellom sprekke-kene gjør at en i lavabergartene får et meget betydelig grunnvannsmagasin.

3. *Dypbergarter* (syenitt og granitt) finner vi i den sørlige og nordlige delen av fylket. Disse bergartene er oppstått ved at smeltede steinmasser har størknet dypt under jordskorpen. Gjennom senere tidsperioder er de overliggende bergartsmassene tæret bort og vi finner i dag dypbergartene helt i overflaten.

I den sørlige delen av fylket er disse bergartene meget massive og de er svært lite oppsprukket. Fjellmassivet blir imidlertid i mange tilfelle gjennomskåret av enkelte mer oppsprukne partier. Disse sprekkesonene danner vanligvis forsenkninger og søkk i terrenget. I disse opp-

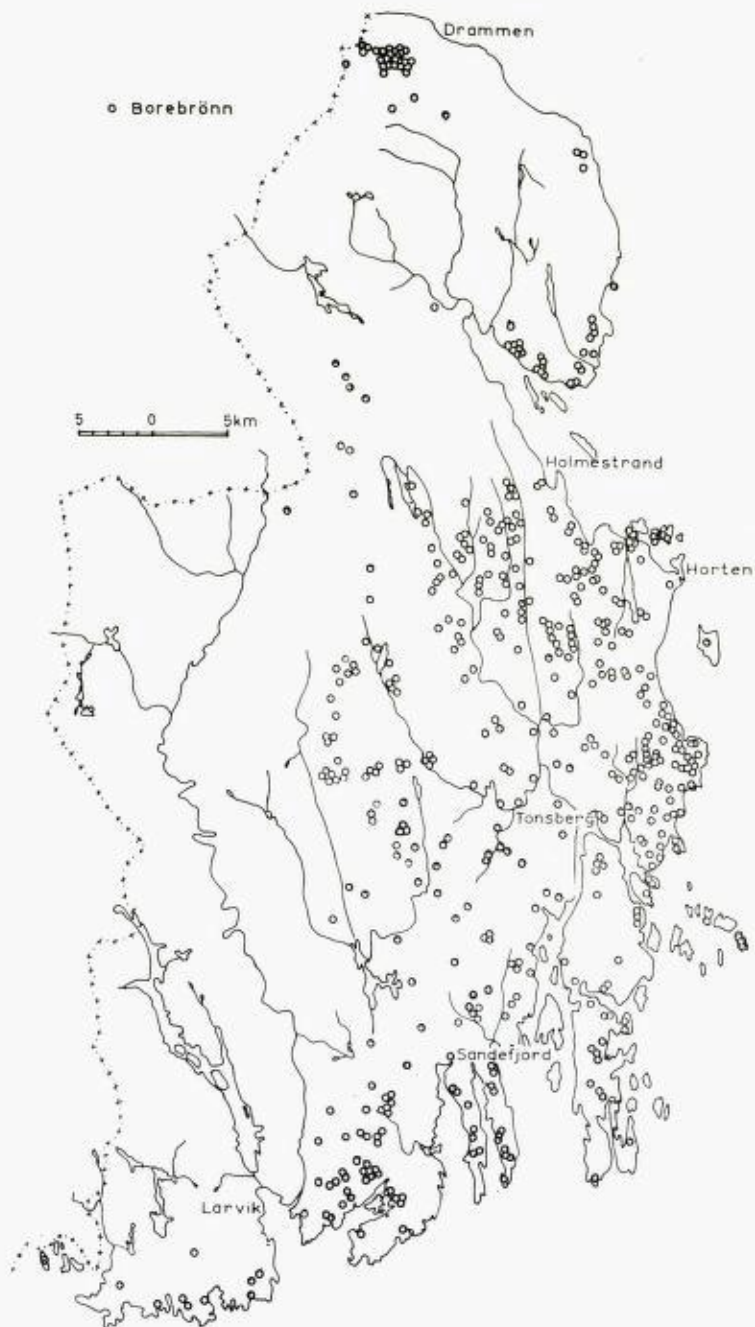


Fig. 1. Borebrønner i Vestfold som Vannboringsarkivet kjenner beliggenheten av.
The location of wells drilled in Vestfold.

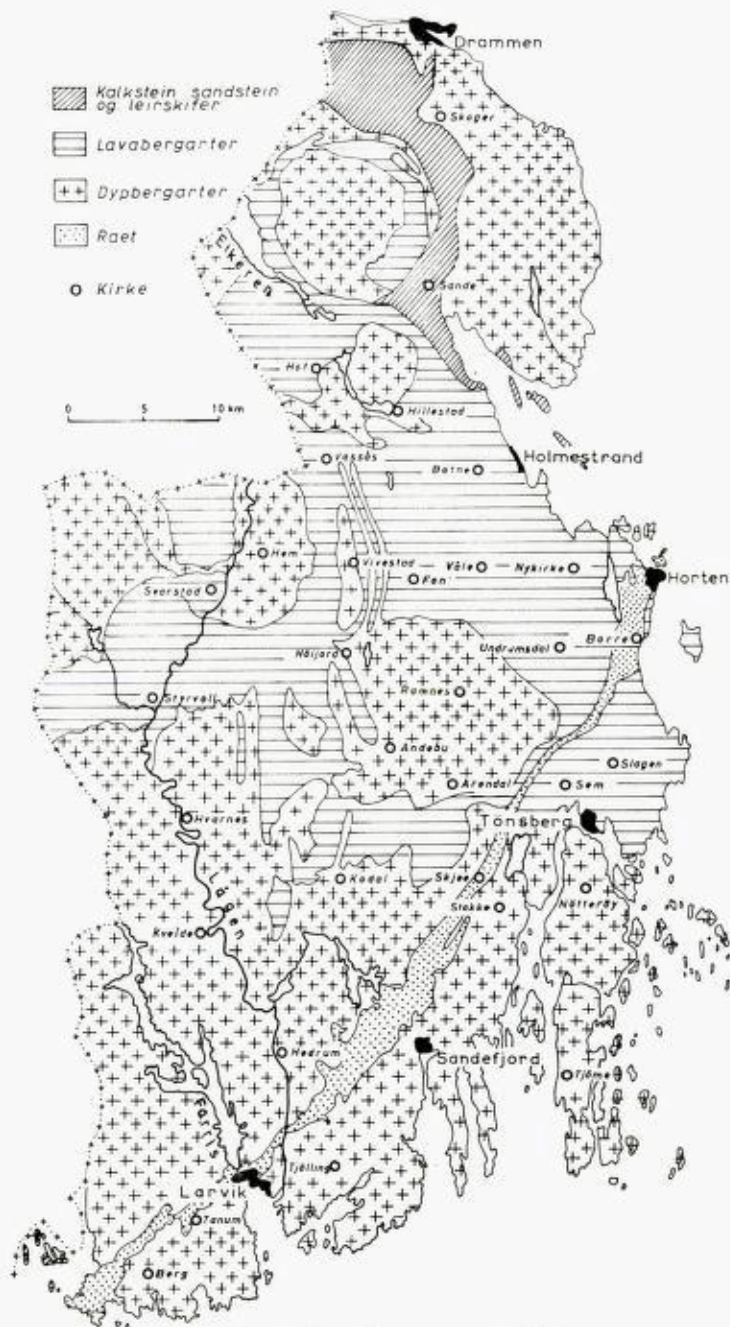


Fig. 2. Geologisk kart over Vestfold.
Geological map of Vestfold.

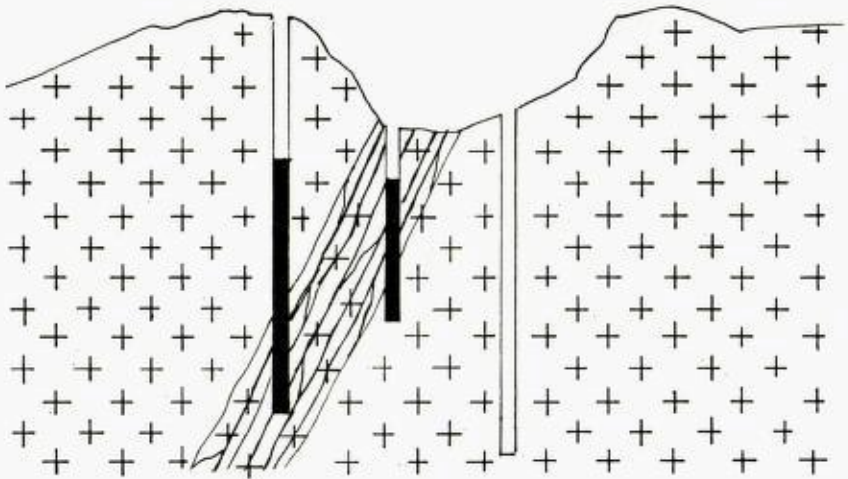


Fig. 3. Dybden av borehullene avhenger av på hvilket dyp en skjærer de vannførende sprekkenes. Den skjematisk tegningen (vertikalsnitt) viser at dybden og resultatet av borer i dypbergartene ofte lokalt varierer meget.

Schematic drawing (cross-section) to explain great variations in the depth and the yield of drilled wells in plutonic rocks.

sprukne partiene er det muligheter for å få vann ved boring. De vannmengder som oppnås er imidlertid i de fleste tilfelle relativt beskjedne og da det ikke er noen større sammenheng mellom de enkelte sprekkesonene, blir grunnvannsmagasinet ofte meget begrenset.

Fig. 3 viser at dybden og resultatene av borer kan variere meget selv innen meget små områder. Ved boring i disse bergartene må en derfor være særdeles omhyggelig ved valg av borested.

Når en kommer lenger nord i fylket, er dypbergartene adskillig mer oppsprukket og resultatene av borer i dette området gir i mange tilfelle bedre resultater enn borer lenger sør.

Resultater av borer i lava og dypbergarter.

På fig. 4 er sammenstillet resultatene av en del borer i lava og dypbergarter fra den sørlige delen av fylket. Av den grafiske fremstillingen fremgår det f. eks. at 50 % av brønnene i lava har gitt mer enn 4000 l/time, mens det tilsvarende tallet for dypbergarter bare er ca. 1000 l/time. 80 % av brønnene i lava har gitt minst 2000 l/time, mens bare 30 % av brønnene i dypbergartene har gitt et tilsvarende resultat.

I virkeligheten er forskjellen på borehullenes ytelse i de to bergarts-

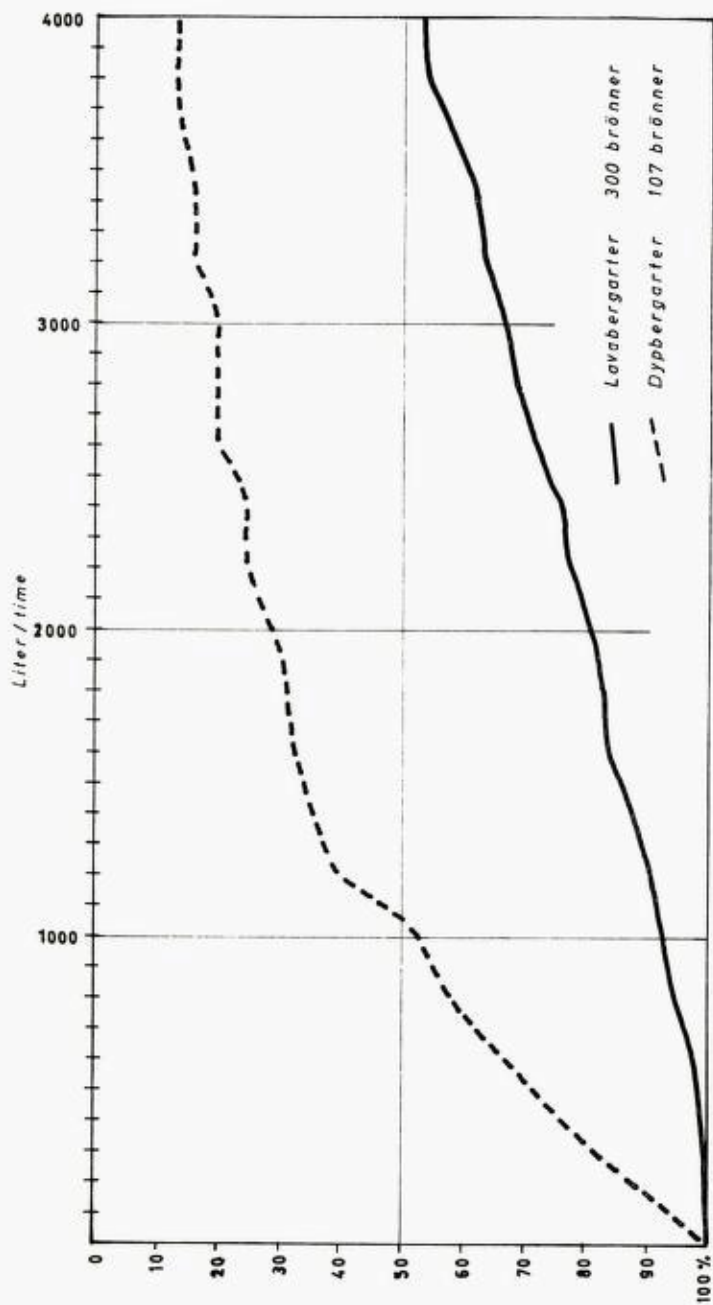


Fig. 4. Resultater oppnådd ved boring i dypbergarter og lavbergarter i Vestfold.
Water quantities obtained in wells drilled in Vestfold.

gruppene enda større enn kurvene på fig. 4 gir inntrykk av. Grunnen er at mens det er meget sjelden at borer i lava mislykkes, inntreffer det relativt oftere mislykkete borer i dypbergartene. Hvis disse «tørre» hullene hadde vært tatt med i beregningene, ville det ha ført til en forandring av kurvene i lavabergartenes favør.

Fig. 5, diagram A viser hvorledes brønnene er fordelt på de forskjellige dybder. Diagrammet er utarbeidet på grunnlag av 353 brønner.

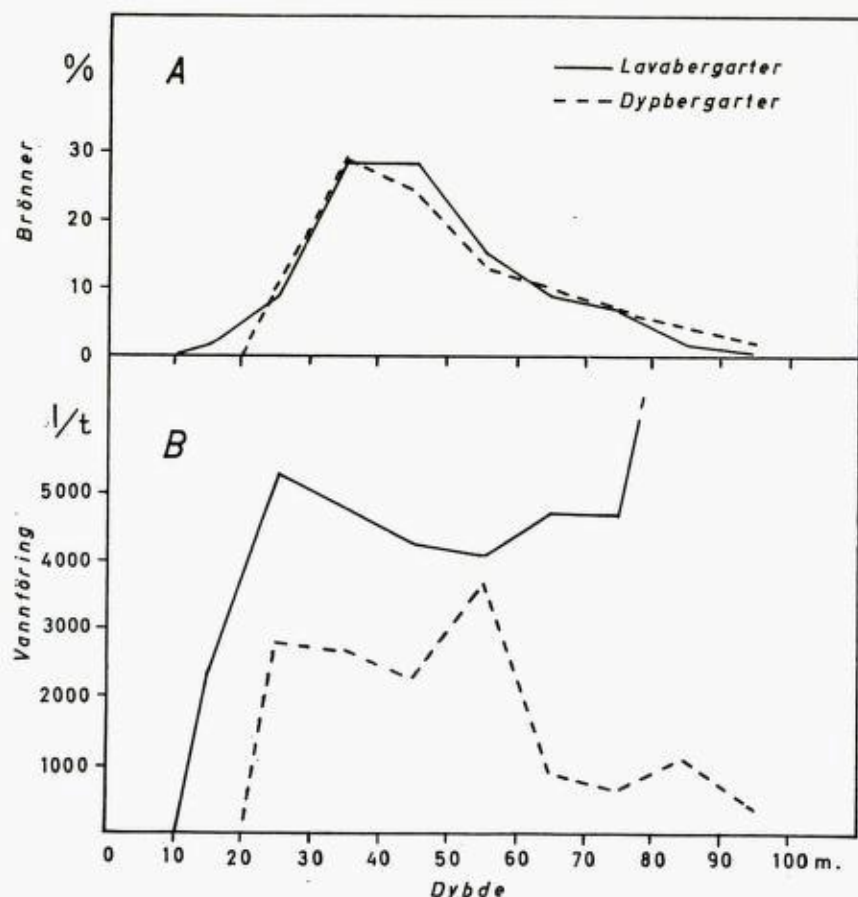


Fig. 5. Diagram A: Brønnenes fordeling på de forskjellige dybder. Diagram B: Den gjennomsnittlige vannføringen som er oppnådd ved de forskjellige brønndybder.

Diagram A: The connection between the number of wells and the depth.

Diagram B: The average yield obtained in the different depths.

(263 stk. i lava og 90 stk. i dypbergarter). Det viser seg at vel halvparten av de undersøkte brønnene er 30—50 m dype (56,8 % av brønnene i lava og 53,8 % av brønnene i dypbergarter). Kurvene viser også at det er forholdsvis flere dype brønner i dypbergartene enn i lavaene.

På fig. 5, diagam B er vist den gjennomsnittlige vannføringen som er oppnådd ved de forskjellige brønndybdenes. De beregnede vannføringerne gir ikke et helt riktig bilde av de eksakte forholdene, fordi de små og store dybdene er representert med så relativt få brønner. Materialet er også så lite og så tilfeldig at en ikke bør trekke for vidtgående konklusjoner på grunnlag av de fremkomne tallene.

Kurvenes forløp gjenspeiler imidlertid enkelte karakteristiske forhold ved boring i de 2 bergartstypene. Kurven for dypbergartene har 2 typiske topper. For det første er det stor vannføring i de relativt grunne hullene (20—40 m). Dette skyldes at oppsprekningen er særlig stor i overflaten. Neste topp er ved 50—60 meters dyp. Denne toppen kan skyldes vanningslag på mindre dyp. Mange brønner blir ikke prøvepumpet før en har nådd ned til 50—60 m som er en vanlig bore-dybde. Fra 60 meters dyp minker imidlertid de oppnådde vannmengdene sterkt. Dette kommer av at de dype hullene i dypbergartene i stor utstrekning representerer de hullene hvor en ikke har oppnådd tilstrekkelige vannmengder innen en rimelig dybde. Så borer en dypere i håp om å få et bedre resultat, noe som svært ofte ikke lykkes i dypbergartene, som har en tendens til å bli mer og mer massive mot dypet.

I lavaene representerer de dype hullene i første rekke de større vannverkene som har boret såpass dypt for å sikre seg størst mulige vannmengder.

Vann i grus og sand.

I løsavleiringer som grus og sand opptrer vannet i porerom mellom de enkelte partiklene. Den avgjørende faktoren når det gjelder å ta vann ut av løsavleiringer, er permeabiliteten eller gjennomstrømmeligheten. Permeabiliteten øker med kornstørrelsen. Den er altså stor i grus og grov sand, mens leire som er meget finkornet er tett.

Foruten kornstørrelsen er formen på kornene og sorteringsgraden avgjørende for de hydrologiske egenskapene. Permeabiliteten er størst i godt sortert materiale.

I løsavleiringer av en viss tykkelse vil grunnvannspeilet stort sett følge terrengoverflaten. Grunnvannet strømmet fra høyere til lavere nivå. Hvis nedtrengningen avtar, f. eks. i tørkeperioder eller ved frost, får vi en senkning av grunnvannsspeilet.

For å kunne vurdere mulighetene for uttak av grunnvann fra en løsavleiring, er det foruten kjennskap til avsetningens geologiske historie også i de fleste tilfelle nødvendig å foreta enkle grunnundersøkelser for å få klarlagt løsavleiringens karakter.

Under og etter siste istid ble store mengder løsmateriale transportert av isbreene og smeltevannselvene ut mot kysten og avsatt i havet. Foran brekanten ble det enkelte steder lagt opp store rygger av løsmasser, morener. Grunnen til at det enkelte steder er dannet morener, er at brefronten til sine tider har stått stille over et lengre tidsrom, d. v. s. at virkningen av avsmeltningen og isbevegelsen har opphevet hverandre.

Den mest markerte moreneryggen i Vestfold er raet. Her har brefronten stått på samme sted svært lenge, og det er avsatt store mengder med løsmateriale.

Så lenge landet var dekket av de store ismassene, sto havet meget høyere i forhold til landet enn det gjør i dag. Da isen smeltet, ble derfor havet stående over de lavereliggende områdene. Men ved at isen ble borte, minket også belastningen på jordskorpen og landet tok til å stige. Fig. 6 viser den maksimale utbredelse av havet på østlandet etter siste istid.

Like ved brefronten ble de tyngste partiklene som stein, grus og sand bunnfelt. De finere partiklene holdt seg svevende lenger og de ble bunnfelt som leire i større avstand fra breen.

Etter hvert som landet steg, kom avsetningene over havflaten og bølgen sorterte videre det materialet som tidligere var avsatt i havet. F. eks. er toppen av raet og leira inntil raet nå ofte dekket med sand.

Foruten i raet finner vi i Vestfold de største mengdene med løsavleiringer langs Lågen.

Måten raet er blitt dannet på gjør at oppbyggingen av det er meget ujevn. Vi finner en stadig vekslning av dårlig sortert grus, fin sand og leire. Det er derfor svært lite sannsynlig at en i raet vil kunne finne vannførende lag av stor tykkelse og utstrekning. Raet byr derfor ikke på noen særlige muligheter for uttak av svære vannmengder, men enkelte lokale sandavsetninger kan gi tilstrekkelige vannmengder til mindre vannverk og enkelt-anlegg.

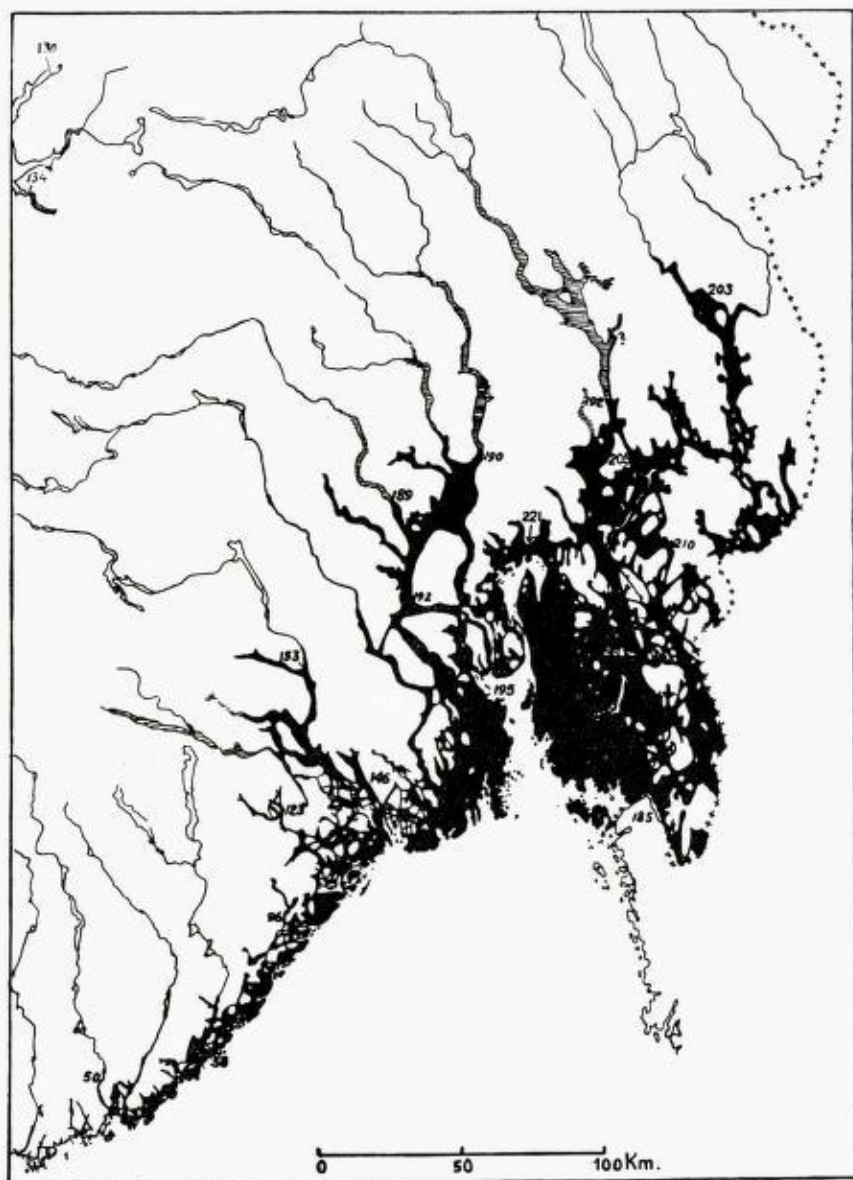


Fig. 6. Havets største utbredelse i Sørøst Norge etter siste istid (etter Holtedahl 1953). Innenfor dette område hender det at en får salt vann i borebrønner og kilder. Saltet skriver seg fra leire avsatt i havet eller fra avstengte sprekker i fjell.

(Fra Skjeseth 1957).

The parts of south-east Norway covered by the sea after the last Ice age. Inside this area (shown in black) salt water is here and there found in drilled wells and springs. The salt originates from marine clays or from sealed fissures in the rocks.

I forbindelse med vurderingen av mulighetene for grunnvannforsyning for Sandar—Sandefjord, ble det foretatt en undersøkelse av løsavleiringene langs Lågen så langt nord som til Gjone. Det viste seg at det langs denne strekningen, bortsett fra enkelte tynne sandlag, bare forekom finkornete jordarter som ikke egnet seg for uttak av grunnvann i store mengder. Flere steder i dette området er det mindre vannanlegg som forsynes med vann fra sandspisser som slås ned i de vannførende sandlagene. Disse lagene gir imidlertid mange steder svært jernholdig vann (f. eks. Hedrum). Lenger nord i Lågendalen er det enkelte steder, bl. a. sør for Hvittingfoss store sand- og grusavsetninger som byr på visse muligheter for uttak av grunnvann.

Ute ved kysten er det ofte små søkk og forsenkninger som er fyllt med sand og grus. Disse avsetningene vil i mange tilfelle kunne gi tilstrekkelig vann til mindre enkelt-anlegg. Disse grunnvannsforkomstene kan utnyttes enten ved alminnelige brønner eller ved å slå ned sandspisser (fig. 7).

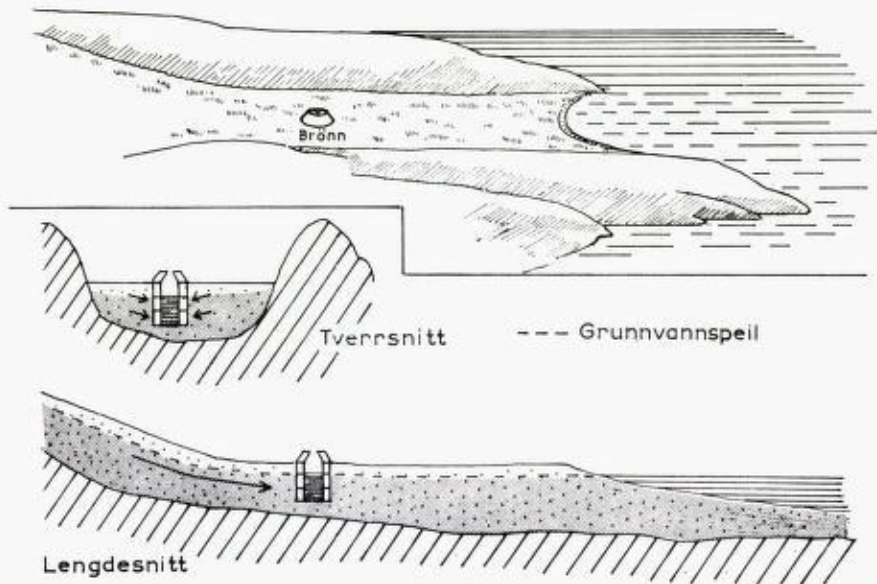


Fig. 7. Dalsøkk ute ved kysten som er fyllt med vannførende sand. Sanden danner det naturlige grunnvannsmagasin for brønnen.

Small depression filled with water-bearing sand.

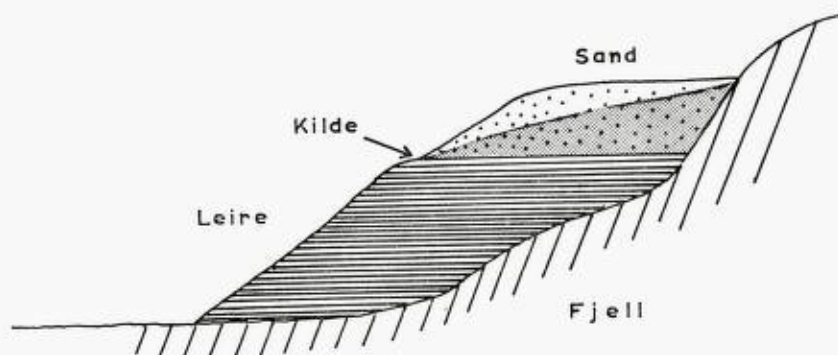


Fig. 8. Kilde på grensen mellom vannførende sandlag og tett leire.
Spring from pervious sand above clay.

Kilder.

Mange steder i fylket er vannspørsmålet løst ved at en har bygget ut naturlige kilder. Folk har dannet seg mange slags forestillinger om hvordan kildene er oppstått og hvor vannet kommer fra. Vi skal derfor nevne litt om de vanligste kildetyperne i Vestfold.

Kilder kan deles i 2 store hovedgrupper: 1. Kilder fra løsavleiringer og 2. Kilder fra fast fjell. I Vestfold hører de fleste kildene til gruppe 1.

Vannføringen i kilder som hører til gruppe 1 vil først og fremst være avhengig av løsavleiringenes karakter, utstrekning og tykkelse.

I de områdene som lå under havet etter siste istid, er det mange steder blitt avsatt store mengder sand og grus over leire. Senere har så elver og bekker skåret seg igjennom disse avsetningene og ned i den underliggende leira. På grensen mellom de vannførende sand- og grus-lagene og den tette leira vil en få kilder (fig. 8). Sand- og grusmassene danner et naturlig grunnvannsmagasin for disse kildene. Vannføringen vil derfor i mange tilfelle være omtrent konstant selv under lange perioder uten nedbør. Denne kilde-typen finnes særlig langs Lågen. Rett sør for Hvittingfoss har en f. eks. i forbindelse med store sand- og grusavsetninger en rekke kilder. Vannføringene er i flere av dem målt til over 10 000 l/time. Noen av disse kildene er nå utbygget til et større vannverk.

Innenfor og utenfor morenerygger finner en som tidligere nevnt ofte sekundært utvasket sand og grus. I forbindelse med slike forekomster av sortert sand og grus kan det oppstå kilder. Vannet vil følge sandlagene, og i naturlige hakk i moreneryggen hvor grensen mellom den



Fig. 9. Kilder fra sandlag på sidene av morenerygg. (Tverrsnitt)
Springs from sand (outwash) on the sides of terminal moraine.

vannførende sanden og den tette morenen er blottlagt, vil det skyte frem vann (fig. 9). Slike kilder er vanlige langs hele raet.

Ofte forekommer det vannførende sandlag i leiravsetninger. Der hvor en har et naturlig hull ned til det vannførende laget eller der hvor det vannførende laget munner ut i dagen, vil det oppstå kilder (fig. 10). Vannet i slike kilder står ofte under naturlig trykk. Vestfolds mest kjente kilde, Kong Haakons Kilde (Farris), hører til denne typen. Farriskilden ble i sin tid oppdaget ved at det boblet vann opp fra en naturlig kilde. Nå fåes vannet til Farrisproduksjonen fra en «kunstig» kilde som en har fått ved å slå ned et rør til det vannførende laget som ligger ca. 7 m under markoverflaten. Denne kilden yter ca. 60 000 millioner liter pr. år.

Av kilder fra fast fjell er det særlig en type som er karakteristisk for de geologiske forholdene i Vestfold. Under lavabergartene har en enkelte steder en flattliggende rød skifer. Denne tette skiferen demmer

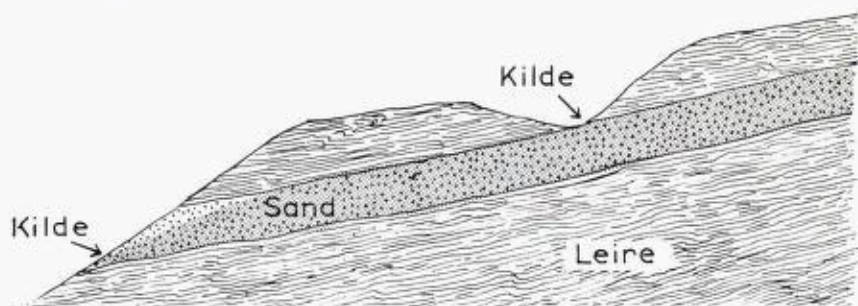


Fig. 10. Kilde fra sandlag mellom leire.
Spring from sand between clay.

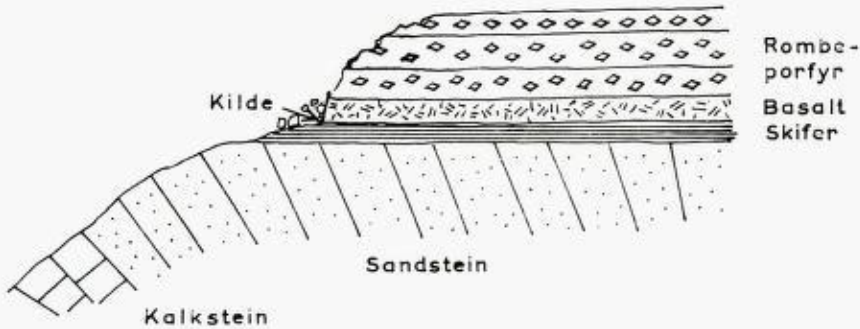


Fig. 11. Kilde på grensen mellom oppsprukne lavabergarter og underliggende demmende skiferlag. (Holmestrand).

Spring from pervious and fractured Permian lavas above impervious shale. (Holmestrand).

opp for vannet fra den vannrike lavaen, og ved grensen mellom de to bergartene vil en få kilder (fig. 11). Slike kilder finnes bl. a. ved Holmestrand.

Grunnvannets kvalitet.

Når vann trenger ned i jord og fjell, vil det oppløse og ta med seg stoffer fra det materiale det går igjennom. Grunnvann vil derfor ha et høyere innhold av oppløste mineralsalter enn vanlig overflatevann. Dette fører bl. a. med seg at grunnvann vanligvis er hardere enn overflatevann. Sammensetningen av jordsmonnet og bergartene som vannet passerer, vil være den bestemmende faktoren for grunnvannets kjemiske karakter i et område. For å gi et visst inntrykk av sammensetningen av grunnvann fra borebrønner i Vestfold, er det i tabell 1 vist en del tilfeldig valgte analyser av vann fra brønner som er boret i de 3 vanligste bergartsgruppene i Vestfold. Analysene er utført av Statens Institutt for Folkehelse.

Den mest iøynefallende forskjellen er at borer i kalk og leirskifer gir et gjennomgående hardere vann enn i de to andre bergartsgruppene. Dette skyldes at en del kalk fra de kalkrike bergartene vil oppløses i grunnvannet. Det vil føre til et høyere innhold av kalk og magnesiumsalter som vil gjøre vannet hardt.

I de områdene som lå under havet etter siste istid (fig. 6), hender det at en får salt vann i borebrønner og naturlige kilder. Dette saltet stammer fra leire som i sin tid ble avsatt på havbunnen eller fra sprek-

Tabell I.

		<i>Lavabergarter.</i>												
		42	165	123	9	77	217	145	220	221	213	211	150	
Borehull nr.		423	172	430	350	295	345	190	151	99	70	543	215	
Mineralsalter mg/l		8,3	6,4	7,3	7,8	7,6	8,9	7,0	7,1	6,9	7,4	8,3	8,0	
pH (surhetsgrad)		3,3		1,9	1,2	2,4	0,7	6,0	4,9	0,8	6,2	1,0	5,0	
Hårdhet		0,16	1,0	0,04	0,04	0,07	0,24	4,0	0,12	0,20	0,11	0,24	0,04	
Jern mg/l		0,09	1,0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,50	0,22	0,03	0,01	0,04	—	
Mangan mg/l		72	15		77	56	57	25	8	12	13	30	19	
Klorid mg/l														
		<i>Dypbergarter.</i>												
Borehull nr.		166	124a	124b	125	132								
Mineralsalter mg/l		381	223	157	516	110			348	200	216	85		
pH (surhetsgrad)		8,3	6,7	7,0	7,6	6,7			7,0	5,9	7,6			
Hårdhet		5,7	4,9	2,7	15,2	5,1			13,1	8,9	11,5			
Jern mg/l		0,10	1,0	0,9	0,04	2,0			0,55	0,48	0,12			
Mangan mg/l		0,03	0,11	0,04	0,05	0,01			—	0,13	0,08			
Klorid mg/l		116	47	26	79	10			23	11	1			

Kalkstein og leirskifer.

ker i fjellet hvor det enda står igjen saltvann eller hvor det er blitt utfelt salt. De stedene hvor en har fått slikt gammelt sjøvann i borebrønner, ligger nesten utelukkende på eller innenfor raet. Årsaken til dette er sannsynligvis at raet virket som en demning da landet hevet seg etter siste istid. En del sjøvann ble da avstengt innenfor raet. Sprekker i fjellet og løsavleiringene ble fylt med saltvann. De områdene hvor borer har gitt saltvann er særlig Barkåker, Sandar og Lauve. I disse områdene er det også flere saltkilder. De mest kjente er Ekeberg (Barkåker), Sandefjord og Kong Haakons Kilde (Farris) i Larvik.

Tabell II.

<i>Sandefjord.</i> 1893		<i>Hjertnes, Sandefjord.</i> 1885	
I 1000 vektdeler vann		I 1000 vektdeler vann	
NaCl	11.66550	NaCl	3.9066
K ₂ SO ₄	0.45982	KCl	0.0632
MgBr ₂	0.04572	KBr	0.0005
MgCl ₂	0.52854	LiCl	spor
MgCO ₃	0.52311	CaCl ₂	0.1221
CaCO ₃	0.54991	CaSO ₄	0.0248
CaSO ₄	0.08424	CaCO ₃	0.0832
Ca (H ₂ PO ₄)	0.02347	MgCO ₃	0.1806
SrSO ₄	0.00322	FeCO ₃	0.0016
BaSO ₄	0.00065	Al ₂ O ₃	0.0009
NH ₄ Cl	0.10958	SiO ₂	0.0167
MnCO ₃	0.00104		
FeCO ₃	0.01092		
SiO ₂	0.02715		
Org. bestanddeler	0.15490		
Sum	<u>15.18777</u>	Faste bestanddeler	<u>4.4002</u>

<i>Ekeberg, Sem.</i> 1916		<i>Kong Haakons Kilde, Farris.</i> 1915	
I 1000 g vann		I 10 000 g vann	
NaCl	5.78 g	NaCl	13.598 g
MgCl ₂	0.93 »	Ca(HCO ₃) ₂	0.735 »
CaSO ₄	0.06 »	Mg(HCO ₃) ₂	2.505 »
CaCl ₂	0.09 »	NaHCO ₃	0.700 »
Ca(HCO ₃) ₂	0.75 »	KCl	0.864 »
SiO ₃	0.01 »	CaSO ₄	0.250 »
		SiO ₂	0.352 »
Sum	<u>7.64 g</u>	Sum	<u>19.004 g</u>

Disse kildene er beskrevet av G. Holmsen (1930). Tab. II viser noen analyser hentet fra denne avhandlingen.

Analysene viser at sammensetningen varierer en del i de forskjellige kildene og den avviker fra sjøvannets sammensetning. Dette kan ha flere årsaker. Bl. a. holder leire bedre på enkelte stoffer enn på andre, samtidig som det salte vannet i tidens løp kan ha blitt blandet opp med sirkulerende grunnvann.

Holmsen refererer en undersøkelse som A. og H. Strecker gjorde i 1850-årene. De sammenlignet sammensetningen av salt kildevann fra Sandefjord med sjøvann. De fant at:

1. Kildevannet inneholdt mere faste bestanddeler enn vannet i fjorden.
2. Kildevannet inneholdt en stor mengde karbonater som manglet i fjordvannet.
3. Kildevannet inneholdt mindre svovelsyre, men derimot svovelvannstoff, hva fjordvannet manglet.
4. Kildevannet inneholdt oppløst organisk substans. Også dette manglet fjordvannet.

I kildevannet forekommer det organisk substans som reduserer sulfatene fra sjøvannet. Derved oppstår det oppløselige sulfider. Den kullsyre som oppstår ved at de organiske stoffene råtner, gir sammen med kalk og magnesium karbonater, frigjør svovel-vannstoff og oppløser kalsiumkarbonat. Når det kommer luft til slikt vann, vil det derfor lukte sterkt av svovel-vannstoff og smake svært salt og bittert. De organiske stoffene i kildevannet kommer muligens fra gammel tang.

Det hender også at en får saltvann ved boring nær sjøen. Det er ikke mulig å angi bestemte regler for hvor langt fra sjøen en må bore for å unngå sjøvannet. En må i hvert enkelt tilfelle vurdere de geologiske og topografiske forholdene på stedet. Rent generelt kan sies at sprekkesystem parallellt med sjøen og fall mot sjøen er det gunstigste. Faren for å få saltvannintrusjon er størst i granitter o. l. bergarter med benkning og flattliggende sprekker som fører direkte ut i sjøen. Et lag med tette jordarter, som leire, mellom fjellet og sjøen, kan i mange tilfelle hindre sjøvannet i å trenge inn. Størrelsen og retningen på grunnvannsstrømmen vil også i stor utstrekning være av avgjørende betydning. I vannrike bergarter med stort grunnvannsmagasin, f. eks. lava, vil denne strømmen ut mot sjøen være så sterk at en i mange tilfelle vil kunne bore helt nede ved sjøen, ja, det vil endog dannes fersk-

vannskilder som har sitt utspring et stykke ut i sjøen. Borehull i bergarter som gir lite vann og som har et begrenset grunnvannsmagasin, vil være mer utsatt. Eksempler på dette har en langs kysten, på Tjøme, Nøtterøy, Sandar og Tjølling. Borehullene her har ofte et så begrenset magasin at pumpingen under tørkeperioder kan bli større enn det naturlige tilsiget. Dette kan resultere i at en begynner å dra sjøvann inn i borebrønnen.

Det er en alminnelig oppfatning at sjøvannet ved å gå igjennom et visst stykke jord eller fjell vil bli «filtrert». Saltvann er imidlertid en oppløsning som ikke lar seg filtrere på denne måten.

Det blir også ofte hevdet at ferskvann i borehull og kilder på øyer stammer fra «vannårer» som kommer fra land. I de aller fleste tilfelle medfører dette ikke riktighet, da fjorder og sund som oftest er så dype at de vil bryte en eventuell grunnvannsstrøm fra land.

Sammenfatning.

Vannboringsarkivet har til nå fått inn opplysninger om ca. 750 borebrønner i Vestfold, og det bores stadig nye brønner. Erfaringene fra alle disse borebrønnene, sammen med kjennskapet til Vestfolds geologi, gjør at en allerede nå kan foreta en vurdering av mulighetene for grunnvannsforsyning i fylket.

Lavabergartene byr etter norske forhold på usedvanlig gode muligheter for uttak av betydelige vannmengder. I lava er det mulig å oppnå nok vann til selv meget store vannverk. I kalkstein og sandstein vil borebrønner i de fleste tilfelle kunne gi tilstrekkelige vannmengder for små vannverk. Vann fra borehull i kalkstein og leirskifer vil vanligvis være relativt hardt. De bergartene i fylket som er minst gunstige for vannboring er dypbergartene. Ved å bore i oppsprukne partier kan også disse bergartene i mange tilfelle gi tilstrekkelig vann til mindre vannanlegg. Ved boring i dypbergartene må en imidlertid regne med at det er en viss chance for at resultatet kan bli dårlig.

Lokale sandavsetninger i raet, langs Lågen og andre steder, byr på muligheter for uttak av grunnvann. I de fleste tilfelle vil imidlertid disse sandlagenes utstrekning og tykkelse være så begrenset at det ikke vil være mulig å basere store vannverk på disse grunnvannsforekomstene. Sand- og grusavsetninger i dalsøkk og forsenkninger ute ved kysten byr i mange tilfelle på gode muligheter for graving av brønner for gårdsbruk, hytter etc.

Flere steder er det naturlige kilder som lar seg bygge ut til vannverk.

Kartleggingen og undersøkelserne av grunnvannsforekomster fortsetter stadig. Bl. a. er det for Sem kommune nå satt igang en større undersøkelse av grunnvannsforholdene i Vestfolds lavabergarter. Formålet med disse undersøkelsene er å få klarlagt hvor store vannmengder som egentlig kan tas ut av disse bergartene.

Summary.

Ground water in Vestfold.

Drilling for water has become very common in the county of Vestfold since World War II. The water is mostly restricted to fractures, joints, fissures and solution openings in the rocks. The main rock-types found in Vestfold are: Cambro-Silurian sediments (limestone, sandstone and shale), Permian lavas and plutonic rocks. Wells drilled in the lavas usually yield considerable amount of water (up to 40,000 l/h), and several large waterworks utilize water from such wells. The Cambro-Silurian sediments usually give sufficient water for small waterworks. The plutonic rocks are very massive, therefore, the possibilities for obtaining water from these rocks are more doubtful. Some places Quaternary alluvial deposits offer favourable conditions for well construction.

Some analyses of water from drilled wells in Vestfold are shown in Tab. 1.

Common types of springs in Vestfold are shown in figs. 8—11.

Ingress of salt water may occur in wells near the coast. The conditions vary from place to place depending on the rock-type, dip of the beds, and fractures. Salt water also occurs occasionally in wells and springs within the area which was covered by the sea after the Quaternary glaciation (fig. 6). Here the salt originates from marine clays and from rock fractures with poor circulation. Analyses of water from salt springs are given in Tab. 2.

Litteratur.

- Holmsen, Gunnar.* 1930. Grundvandet i vore leravsetninger. N.G.U. nr. 135. Oslo.
Holtedahl, Olaf. 1953. Norges geologi. N.G.U. nr. 164. Oslo.
Skjeseth, Steinar. 1957. Kvaliteten av grunnvann. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 5 N.G.U. nr. 200, s. 55—67. Oslo.