

PRØVEPUMPING AV BOREBRØNNER TRÆNA
DISKUSJON AV SPRENGNING/HØYTRYKKS-
PUMPING AV MISLYKTE BOREHULL

NGU/ERT/O-80086

1. september 1981



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39 Postboks 3006
Tlf. (075) 15 860 7001 Trondheim

Postgironr. 5 16 82 32
Bankgironr. 0633.05.70014

Seksjon for hydrogeologi, Oslokontoret
Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 55 31 65

Rapport nr.	O-80086	Åpen/Fortrolig til
Tittel:	Notat angående innledende prøvepumping og høytrykks-pumping av borehull, Træna.	
Oppdragsgiver:	Træna kommune v/Weiby	Forfatter: Erik Rohr-Torp
Forekomstens navn og koordinater:	Div. steder, Træna kommune	Kommune: Træna
Fylke:	Nordland	Kartbladnr. og -navn (1:50000): 1728 II Træna og 1727 I Træna fyr
Utført:		Sidetall: 4 Tekstbilag: 1 Kartbilag: 0
Prosjektnummer og -navn:		
Prosjektleder: Erik Rohr-Torp		
Sammendrag: Opplegg for innledende prøvepumping av borebrønner, Træna. Diskusjon av sprengning/høytrykkspumping av mislykte borehull.		
Nøkkelord	Hydrogeologi	Vannforsyning
	Grunnvann i fjell	
	Sprengning/trykkpumping	

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.
Hydrogeologiske rapporter bestilles direkte fra Oslo-kontoret.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Træna kommune
v/Gjellebekk
8770 TRÆNA

OSLO-KONTORET
DRAMMENSVEIEN 230
TELEFON (02) 553165

DERES REF:

DERES BREV:

VÅR REF:

OSLO 2

NGU/O-80086

1. september 1981

Jnr. 463/81

ERT/msw

NOTAT ANGAENDE INNLEDENDE PRØVEPUMPING OG HØYTRYKKS-
PUMPING AV BOREHULL, TRÆNA

Uttalelse fra Norges geologiske undersøkelse ved stats-
geolog Erik Rohr-Torp.

Etter dypbrønnsboringene på Træna ble følgende resultater
opplyst i telefon av kommuneingeniør Weiby; borehulls-
nummerering refererer seg til tidligere NGU-rapporter:

HUSØYA

Hull nr. 1: 75 m, tørt

" " 2: " "

" " 3: 90 m, 4000 l/t (vanninnslag på 18, 80 og
90 m)

" " 4: 65 m, 7000 l/t (vanninnslag på 50 m)

" " 5: 66 m, 300 l/t.

" " 6: Ikke boret

Ekstrahull nær 4: 65 m, 3000 l/t (vanninnslag 20 og 50 m)

" " " 3: 65 m, tørt.

SANNA

Hull nr. 7: 60 m, 100 l/t (vanninnslag 50 m)

" " 8: 110 m, 100 l/t (vanninnslag 80 og 100 m)

" " 9: 90 m, 75 l/t (vanninnslag 75 m)

" " 10: 99 m, 50 l/t (vanninnslag 85 m)

SELVÆR

Samtlige hull tørre, ikke boret på Buøya.

Ettersom man ikke kan tillate seg svært store uttak fra enkelthull på grunn av saltvannsinntrengning, bør det søkes løsninger for om mulig å øke kapasiteten i hull som ga lite eller intet vann ved boring. Nedenfor listes endel momenter i denne forbindelse.

Gjenslamming av små vanninnslag ved boring

I endel tilfelle vil moderne boreutstyr kunne tette igjen små vanninnslag ved at borslam presses inn i små sprekker under høyt trykk. Vi har ved flere anledninger registrert at borebrønner som av brønnboreeren er oppgitt å være tørre, har gitt fra 100 til 300 l/t når de har stått urørt noen uker før prøvepumping. Dette skyldes antagelig at grunnvann som renner til brønnene etterhvert renser småsprekker for boreslam.

Sprenging i borehull

I mange tilfelle vil kapasiteten øke ved sprenging i borehull. Sprenging foretas først i bunnen, og om ikke tilstrekkelig ytelse oppnås, ved noterte vanninnslag oppover i hullet. Pumpe/ejektor vil sjelden kunne plasseres nedenfor sprengningsstedet.

Vanligvis benyttes dynamitt eller slurry. Ca. 30 kg pr. sprenging. Borehullet fylles med vann. Detonasjonene vil kunne åpne til vannførende sprekkesystemer omkring borehullet. Plast-foringsrør vil vanligvis kastes ut, og der løsmassedekket er relativt tykt vil det lett kunne rase masse inn i borehullet. I mange tilfelle vil en måtte komme tilbake med boreutstyr for å rense hullene etter sprenging.

Høytrykkspumping av borebrønner

Metoden er relativt ny, og vi har foreløpig lite erfaringsmateriale fra Norge. I Sverige har imidlertid høytrykkspumping vært benyttet i noen år, og erfaringene er gode. Metoden synes bedre enn sprengning m.h.t. å øke brønners kapasitet. Ved høytrykkspumping presses vann under meget høyt trykk ned i borehullet under en tett mansjett.

- ./.
- Vedlagt følger kopier av tre artikler om dette temaet, hentet fra "Vannet i Norden". Her diskuteres bl.a. høytrykkspumping kontra sprenging.

ANBEFALTE TILTAK

Borehullene bør stå minst en måned etter boring. De av hullene som det da står vann i, skal prøvepumpes. I denne omgang er det tilstrekkelig med kort tids pumping (2-3 timer pr. hull) for å bestemme de enkelte brønners kapasitet (ikke bergart-formasjonenes kapasitet).

Vannstand før og etter pumping, utgått vannmengde og pumpetid noteres for hvert hull. Utpumpet vann bør helst føres i tett slange til sjøen, tett sisterner e.l., så man unngår å sirkulere vannet i borehullene.

Hull 4 som er oppgitt å yte ca. 7000 l/t kan pumpes med samme pumpe som de andre hullene dersom ytelsen er 4-5000 l/t.

Vannstand i ekstrahullene nær 3 og 4 peiles regelmessig mens hull 3 og 4 prøvepumpes for å se om hullene påvirker hverandre. Peiling hvert 5 min. første time, deretter hvert 15. min.

Vannprøver for klor-analyser tas i begynnelsen og slutten av hver prøvepumping. Skyll evt. sjøvann av slangen før prøve tas.

Prøvepumpings- og analyseresultatene sendes NGU til vurdering. Vi vil da ta stilling til videre tiltak.

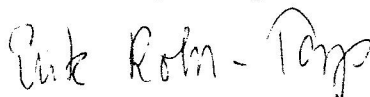
SPRENGING I BOREHULL KONTRA HØYTRYKKSPUMPING

Normalt ville vi ha anbefalt høytrykkspumping fordi metoden bl.a. synes mer effektiv enn en sprenging i borehull, og faren for ras i borehullene er svært liten. På relativt små øyer som Husøya og Sanna er vi imidlertid betenkte, fordi virkningsradien omkring en høytrykkspumping er langt større enn ved sprenging. Av vedlagte artikler fremgår at det er registrert virkninger 200 m fra brønner som trykkes.

Dette vil lett kunne åpne for sprekker som kommuniserer direkte med sjøen, og således bringe salt vann til borehullene. På Sanna vil man i uheldig fall også kunne påvirke den eksisterende vannkilden. Vi anbefaler derfor sprenging i de hullene som etter prøvepumping klart gir for lite vann.

Vennlig hilsen

Norges geologiske undersøkelse



Erik Rohr-Torp

Statsgeolog

Kopi til:

Nordland fylkeskommune,
Kommunalavdelingen v/Egil Hagen
8000 Bodø

Rødøy kommune
v/kommuneingeniøren
8180 Rødøy

Statsgeolog C.-F. Müllern, Sveriges Geologiska Undersökning
Civ. ingenjör A. Eriksson, Allmänna Ingenjörbyrå AB

KAPACITETSÖKNING HOS BERGBORRADE BRUNNAR GENOM HÖGTRYCKS- PUMPNING

En metod att något öka kapaciteten i bergborrade brunnar är att spränga i brunnen. Metoden finns beskriven av bl. a. Keilhack 1917 (3).

En på senare tid av Avanti-borrare använd metod att "högtryckspumpa" eller "trycka" brunnar synes av tillgängliga data att döma vara ett effektivare sätt att öka kapaciteten.

Vid tryckning användes en spolbil med spoltrycksmöjlighet på 100 - 120 kp/cm². En manschett placeras i borrhålet på som regel 12 m djup. Vatten trycks in i borrhålet med ett tryck på ca 50 - 55 kp/cm², vilket ibland höjs till 80 - 90 kp/cm². Efter avlastning av trycket strömmar en del av det nedpressade vattnet upp ur hålet. Trycket anbringas och avlastas upprepade gånger. Successivt erhålles då enligt uppgift bättre och bättre hydraulisk kommunikation med berggrundens sprickor kring borrhålet. Manometertrycket sjunker därmed ofta till mellan 20 och 40 kp/cm² i de sista tryckcyklerna. Dessa tryck kan jämföras med trycket förorsakat av tyngden av överlagrande bergmassor. På 50 m djup, dvs i dessa fall ungefär halva brunnsdjupet, är detta tryck mellan 13 och 14 kp/cm². På grund av spänningar i berggrunden, vilka kan variera mycket även mellan närbelägna platser, kan de rådande vertikala spänningarna avvika från de som beräknas utgående från tyngden av överlagrande bergmassor. Det är även vanligt att de horisontala spänningarna är betydligt större än de vertikala.

Den utströmning av vatten ur borrhålet som erhålles efter det trycket avlastats kan till viss del tänkas bero på expansion av lösta och komprimerade gaser. De pålagda trycken är dock så höga att det är sannolikt att en utvidgning av befintliga fina sprickor äger rum bl. a. genom hydraulisk lyftning av överlagrande berg. Vid avlastning av trycket återtar sprickorna till viss del sina ursprungliga dimensioner, varvid vattnet pressas ut. Sådana fenomen är väl kända från in situ-mätningar av berggrundens permeabilitet vid förundersökningar i samband med större berganläggningar. Vid sådana mätningar, där man ofta arbetar med övertryck av endast omkring 5 - 20 kp/cm² successivt ökande tryck, visar det sig ofta att

permeabiliteten ökat när trycket åter successivt sänkes, F. K. Ewert (2).
Se fig. 1. En hydraulisk uppspräckning av sprickfria partier är mindre trolig då vattnet måste få möjlighet att komma in i en spricka för att någon lyftkraft skall åstadkommas.

Vid tryckavlastningen rusar det i sprickorna inpressade vattnet ut i borrhålet och upp mot markytan. Därvid erhålles en rensande effekt på bergsprickorna, varvid naturlig sprickfyllnad och eventuellt kvarvarande borrhax följer med vattnet. Den utvidgning av sprickorna som sannolikt skett kan till viss del bli bestående, t. ex. genom omlagring av sprickfyllnadsmaterial. Ett sätt att göra sprickutvidgningen bestående har tillämpats i USA. Man har där blandat i sand i det vatten som tryckts in i berggrundens sprickor. Tanken är att sanden skall spolas in i sprickorna och sedan stötta upp och hålla isär sprickväggarna när övertrycket tas bort.

En högtryckspumpning av en brunn tar 2 - 3 tim. förutom resor till och från platsen.

Av de 30 högtryckspumpade brunnar, som redovisas i tabell 1, har endast en brunn ej givit ökad kapacitet. 20 stycken eller ca 65 % har fått en ökning av kapaciteten med mer än 100 l/h, därav fem stycken eller ca 15 % med mer än 500 l/h.

Som jämförelse redovisas i tabell 2 resultaten från 30 andra brunnar borrade i samma eller motsvarande geologiska miljö, där man sökt höja kapaciteten med hjälp av sprängning. Dessa uppgifter är hämtade från Brunnsarkivet vid SGU. Uppgifterna från de tryckta brunnarna har ställts till förfogande genom Avantiorganisationen eller direkt av brunnsbörare O. Skålberg, som är den som utvecklat metoden med högtryckspumpning av brunnar i Sverige. De allra flesta brunnarna är borrade i östra Svealand, i ådergnejs- och migmatitomvandlade sedimentgnejsar, leptiter och förskiffrade graniter (gnejsgraniter), vilka tillhör de bergarter i landet ur vilka det är svårast att utvinna grundvatten.

I fig. 2 åskådliggöres skillnaderna mellan resultaten från de brunnar som sprängts respektive tryckts. Medianvärdet på kapacitetsökningen för sprängda brunnar är i dessa fall 65 l/h och för tryckta 180 l/h. Förbättringen är således i dessa fall genomsnittligen cirka tre gånger högre för tryckta än för sprängda brunnar.

En brunns kapacitet bestämd genom korttidspumpning eller blåsning är inget helt säkert mått på den fortfarande uttagbara vattenmängden. Där kapacitetsbestämningen skett genom blåsning av borrhålet kan stora avvikelser uppstå, A. Möller (4). En ökning av en bergborrade brunns kapacitet genom högtryckspumpning bör dock öppna sådana hydrauliska förbindelser i berggrunden att även den fortfarande uttagbara vattenmängden ökar.

Den ovan beskrivna metodiken öppnar intressanta möjligheter att höja kapaciteten hos bergborrade brunnar. Den har hittills utnyttjats på brunnar med mycket låg kapacitet, mellan 0 och 200 l/h. Det bör undersökas om man genom användande av två manschetter även kan utnyttja metoden för att förbättra brunnar med kapaciteter kring 200 - 1 000 l/h. För att få säkra uppgifter som möjligt bör kontrollerande provpumpningar utföras både före och efter högtryckspumpningarna. Vid sådana vattenförlustmätningar med dubbel manschett, som A. Carlsson och T. Olsson (1) redovisat, är det uppenbart att bergets permeabilitet påverkas, vanligtvis så att den ökar.

Litteratur

- (1) Carlsson, A. & Olsson, T.: Bestämning av berggrundens permeabilitet genom vattenförlustmätning. Vannet i Norden nr 3, 1976
- (2) Ewert, F. K.: Investigations into the Permeability of Tertiary Rock at the Tavera Dam (Dominican Republic). Proceedings, Symposium on Percolation Through Fissured Rock. ISRM, IAEG, Stuttgart, 1972
- (3) Keilhack, K.: Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde, s. 491. Berlin, 1917
- (4) Möller, A.: Kapacitetsmätning vid bergborrade brunnar. Kommunal Tidskrift nr 9, 1969

Tabell 1

TRYCKTA BRUNNAR

Nr	Läge	Bergart	Djup m	Kap före 1/h	Kap efter 1/h	Ökning 1/h
31	Ingarö	Förskiffrad granit	109	0	0	0
32	Årla	Leptit	105	1	9	8
33	Finspång	Sedimentgnejs (?)	102	45	75	30
34	Saltsjö-Boo	Sedimentgnejs	135	5	36	31
35	Ingarö	Förskiffrad granit	120	0	35	35
36	Fellingsbro	Förskiffrad granit	96	15	60	45
37	Eklången	Leptit	105	1	60	59
38	Arboga	Förskiffrad granit	104	30	100	70
39	Värmdö	Sedimentgnejs	105	40	120	80
40	Kvicksund	Förskiffrad granit	101	5	90	85
41	Vingåker	Sedimentgnejs	111	10	150	140
42	Arboga	Leptit	96	20	160	140
43	Tidö-Lindö	Sedimentgnejs	106	5	150	145
44	Värmdö	Sedimentgnejs	113	20	180	160
45	Styrstad	Sedimentgnejs	112	5	180	175
46	Mariannelund	Massformig granit	121	10	200	190
47	Nybro	Massformig granit	100	100	300	200
48	Götlunda	Leptit	99	50	250	200
49	Strömsholm	Förskiffrad granit	96	11	220	209
50	Medåker	Förskiffrad granit	104	1	250	249
51	Torpa	Förskiffrad granit	99	120	450	330
52	Vingåker	Sedimentgnejs	104	160	500	340
53	Strömsholm	Förskiffrad granit	96	60	450	390
54	Värmdö	Förskiffrad granit	120	3	420	417
55	Tumbo	Leptit	99	1	450	449
56	Orminge	Sedimentgnejs	115	5	560	555
57	Vingåker	Leptit	111	25	600	575
58	Arboga	Förskiffrad granit	101	30	700	670
59	Vingåker	Sedimentgnejs	110	10	800	790
60	Eskilstuna	Leptit	89	120	2000	1880
		Medianvärde			180 1/h	
		Medelvärde			290 1/h	

Tabell 2

SPRÄNGDA BRUNNAR

Nr	Läge	Bergart	Djup m	Kap före 1/h	Kap efter 1/h	Ökning 1/h
1	Norrtälje	Förskiffrad granit	80	0	0	0
2	Norrtälje	"	92	300	300	0
3	Upplands-Tuna	"	80	35	35	0
4	Norrtälje	"	105	12	20	8
5	Brottby	"	77	40	60	20
6	Adelsö	"	82	2	23	21
7	Tyresö	Sedimentgnejs	80	10	37	27
8	Gustavsberg	"	90	3	30	27
9	Upplands-Bro	"	98	12	40	28
10	Väddö	Leptit	101	0	30	30
11	Singö	Leptit	103	0	30	30
12	Tyresö	Sedimentgnejs	77	12	47	35
13	Norrtälje	Förskiffrad granit	105	5	60	55
14	Tyresö	Sedimentgnejs	70	20	80	60
15	Börstil	Förskiffrad granit	100	10	70	60
16	Djurö	"	78	0	70	70
17	Huddungby	"	82	23	100	77
18	Österåker	"	103	2	80	78
19	Väddö	"	100	10	100	90
20	Heby	"	91	0	100	100
21	Gräsö	"	115	0	100	100
22	Norrtälje	"	97	35	170	135
23	Norrtälje	"	91	10	150	140
24	Heby	"	96	200	500	300
25	Uppsala-Näs	"	87	0	300	300
26	Vaxholm	"	118	0	320	320
27	Kristinehamn	Massformig granit	91	100	500	400
28	Heby	Förskiffrad granit	109	0	400	400
29	Singö	Leptit	87	0	640	640
30	Norrtälje	Förskiffrad granit	85	20	900	880
		Medianvärde			65 1/h	
		Medelvärde			150 1/h	

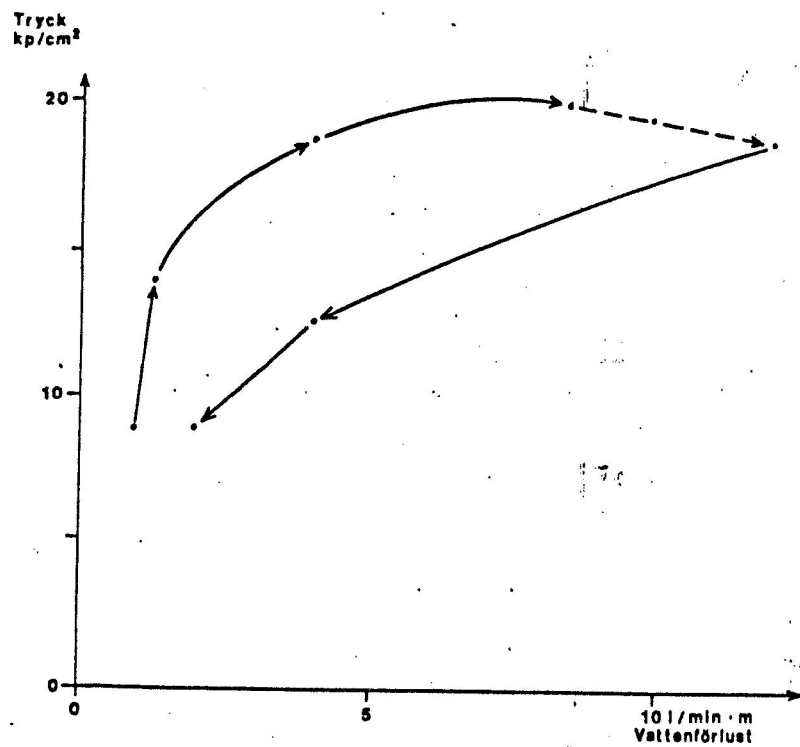


Fig. 1. Exempel på hur vattenförlusten (permeabiliteten) ökar under och efter en vattenförlustmätning.

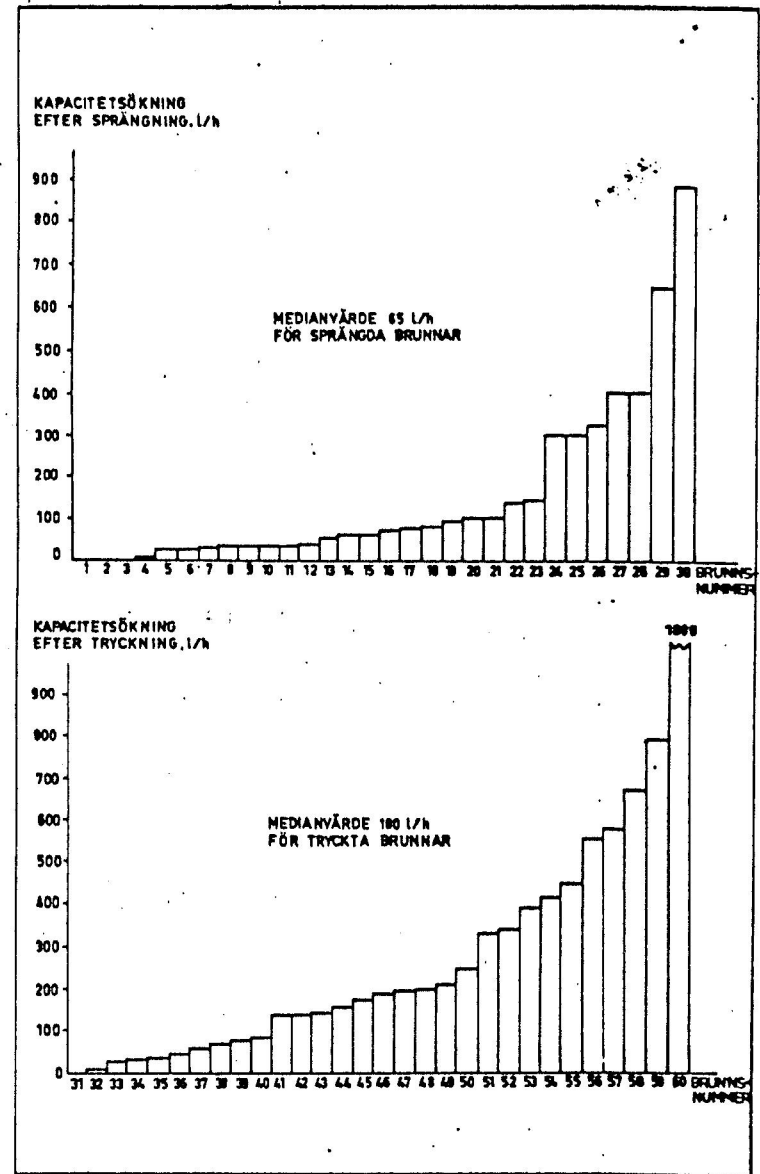


Fig. 2. Kapacitetsökning i brunnar efter sprängning och efter tryckning.

KAPASITETSØKNING HOS BERGBORRADE BRUNNAR GENOM HØGTRYCKSPUMPNING.
EN KOMMENTAR

I Vannet i Norden, nr 2, 1977 hadde C-F Møllern og A Eriksson en interessant artikkel med overnevnte tittel. Kort referert ble det redegjort for den kapasitetsøkning som er registrert etter pumping med vann under stort trykk ned i borebrønner i fjell. Ved gjentatte pumpinger, mellom to mansjetter, ble det oppnådd bedre og bedre hydraulisk kommunikasjon mellom sprekkene i fjellet rundt borebrønnen. Etter en kort gjennomgang av teorien ble det foretatt en sammenligning mellom denne metoden og spregning i borehull.

Høytrykkspumping av fjellborete brønner har såvidt vites ikke vært gjennomført i Norge. Artikkelen hadde noen uklare punkter så jeg håper på å få en avklaring på spørsmålene nedenfor.

1. Hvis trykket som benyttes er stort nok til å oppheve bergartstrykket, og dermed åpne sprekker i fjellet, hvorfor klemmes ikke sprekkene helt sammen igjen når høytrykkspumpingen opphører? Det synes mer sannsynlig at eksisterende sprekker blir spylt rene for slam, slik artikkelen også var inne på.

2. I tabell 1 vises kapasitetsøkningen som er oppnådd ved hjelp av høytrykkspumpingen. For en rekke av brønnene er det påvist en markert kapasitetsøkning, men for en del andre er endringen noe mer diffus. Det er nevnt at høytrykkspumpingen tar 2-3 timer, men prøvepumpingen - hvordan skjedde den? All erfaring viser at når brønnboreren "måler" en liten kapasitet med sine primitive målemetoder, har kapasiteten en klar tendens til å øke under bruk, sannsynligvis ved at boreslam vaskes vekk fra borehullets vegger og fra små sprekker i fjellet.

Det er derfor av stor interesse å få vite mer om prøvepumpingsrutiner både før og etter høytrykkspumpingen.

6
3. I tabell 2 vises kapasitetsøkningen som er oppnådd ved hjelp av å sprengne i andre brønner. Økningen er gjennomgående noe lavere, men alle spørsmål om prøvepumpingsrutiner under spørsmål 2 gjelder også her.

Videre er det av interesse å få opplyst hvilke ladninger det er sprengt med i de enkelte brønnene. I Norge var det tidligere vanlig å sprengne med ladninger som tilsvarer ca. 10-15 kg dynamitt, og kapasitetsøkningen var sjelden over 50-100 l/time. I de senere år er ladningen ca. 5-doblet og økning på ca. 1-3 000 l/time er oppnådd mange steder.

Det faktum at brønnene i tabell 2 gjennomgående er ca. 14 m grunnere enn de i tabell 1 har neppe stor betydning. Derimot vet vel alle som arbeider endel med borebrønner i fjell at resultater fra ulike boringer i samme type bergart, kan variere sterkt over korte avstander. Dette gjør sammenligninger mellom tabell 1 og 2 vanskelig.

Den gang borefirmaene brukte støtboremaskiner, rensket de opp i borehullene etter seg bl.a. med flere timers prøvepumping. Etter hvert som de gikk over til de nye maskintypene, har de sløffet prøvepumpingen, samtidig som alle borehull med liten kapasitet har fått trykk slam inn i sprekker og tildels er selve borehullet foret med hardt slam. Det finnes mange eksempler på at når et borefirma har boret et tørt borehull, har de med en gang boret en brønn til. Når også den er tørr, blir den første brønnen prøvet, og etter noen dager gir den et par hundre l/time fordi slammet er vasket vekk. Ut fra slike erfaringer bør alle borefirma automatisk tilby sine kunder høytrykkspumping eller spregning i borehull med liten kapasitet. Hvis borehullet står nær en bygning, er nok høytrykkspumping mest å foretrekke, og vi får håpe at norske borefirma også kan ta opp denna teknikken.

Knut Ørn Bryn
Førstestatsgeolog
Norges geologiske undersøkelse

KAPACITETSÖKNING HOS BERGBORRADE BRUNNAR GENOM HÖGTRYCKSPUMPNING
EN REPLIK

av Statsgeolog Carl-F Müllern, Sveriges geologiska undersökning

I Vannet i Norden, nr 4, 1977 har Knut Örn Bryn framställt tre frågor i en kommentar till artikeln "Kapacitetsökning hos bergborrade brunnar genom högtryckspumpning" av C-F Müllern och A Eriksson, införd i Vannet i Norden, nr 2, 1977. Som svar på dessa tre frågor får följande framhållas.

1. Sannolikt påverkar det vatten som under högt tryck, i vissa fall upp mot 100 kp/cm², pressas ned i en bergborrad brunn de i brunnen befintliga sprickorna i huvudsak på två sätt, dels genom urspolning och dels genom utvidgning. Av störst betydelse är förmodligen att naturlig sprickfyllnad (lera, silt, sand), och möjligen även kvarvarande borrhax, spolats ut ur sprickorna. Detta ger sig till känna genom att det ursprungligen rena vattnet som pressats in i brunnen ofta är mer eller mindre starkt uppblandat med lerigt-sandigt material när trycket släpps och vattnet strömmar upp ur brunnen. Orsaken till att en spricka inte helt tillsluts efter det att den blivit rensad och det pålagda övertrycket upphört kan vara att de grövsta partiklarna till viss del blir kvar, eventuellt omlagrade, och stöttar upp sprickan. Det kan också vara så att det även i fyllda sprickor förekommer kontakter berg mot berg som håller sprickväggarna isär, särskilt om sprickytorna är mycket oregelbundna.

Det kan kanske också tänkas att isärpressade sprickor utan sprickfyllnad under vissa förhållanden inte exakt återsluts till ursprungligt läge när övertrycket upphör. Små sidoförskjutningar mellan olika bergblock kan tänkas uppstå, förorsakade av existerande spänningar i berggrunden i kombination med att friktionen längs de av vattnet isärpressade sprickytorna minskar kraftigt. Eftersom sprickytorna sällan är helt plana kan på så vis nya stödpunkter uppkomma som medför att sprickorna får en annan vidd än den ursprungliga. Förfarandet med högtryckspumpning har hittills tillämpats endast på brunnar med mycket låg kapacitet, varför endast det fallet har spelat någon betydande roll, att en spricka efter högtryckspumpningen erhållit en större vidd än den ursprungliga. Det förefaller dock sanno-

likt att en viss del av sprickutvidgningen återgår när övertrycket tas bort.

2. De provpumpningar som utförts före och efter såväl högtryckspumpningarna som sprängningarna har utförts av respektive brunnborrare. Detta innebär att kapaciteterna bestämts dels genom blåsning med tryckluft i samband med borrningen eftersom samfliga borrhål borrats med tryckluftsmaskin, och dels genom korttidspumpning med sänkpump. Dessa förfaringssätt är, som framhållits i de båda tidigare nämnda artiklarna, inga helt säkra sätt att bestämma kapaciteter i brunnar. Kapacitetsbestämningarna efter högtryckspumpningarna är emellertid standardiserade så att de utförs som provpumpningar med sänk- eller ejektorpump under minst 24 timmar. Detta är den typ av kapacitetsbestämningar som finns att tillgå, och kommer sannolikt att förbli så, så länge vi arbetar med det stora och ständigt växande material som brunnborrare från hela landet förser oss med. Särare data från provpumpningar utförda enligt konstens alla regler kan vi få endast i samband med särskilda undersökningar vid viktiga vattentäkter. Dessa är emellertid så få och så oregelbundet fördelade geografiskt och geologiskt att det är svårt att behandla dem statistiskt. Vi är således tvingade att acceptera de eventuella brister som ligger i dessa kapacitetsbestämningar.

I artikeln i Vannet i Norden, nr 4, 1977, nämner Bryn att det finns många exempel från Norge då en brunn som just när den borrats färdig är torr, men efter några dagar ger ett par hundra liter i timmen, beroende på att borrhax o dyl efter en tid sköljts ut ur sprickorna. Detta förhållande har uppmärksamats av brunnborrare också i Sverige. Eftersom högtryckspumpning är relativt komplicerat, och högtrycksaggregaten vanligtvis inte ägs av brunnborrarna utan hyrs in, brukar högtryckspumpning tillgripas först flera dagar, ofta några veckor efter det att brunnen borrats. Man ger alltid brunnarna en möjlighet att "självrensas", och det är således endast de, som inte på detta sätt blir bättre, som behandlas med högtryckspumpning.

3. Kapaciteterna hos de sprängda brunnarna har, som redan nämnts under punkt 2, bestämts på liknande sätt som de bestämts hos de högtryckspumpade, möjligtvis med undantag för den nämnda "24-timmars"-pumpningen.

Jag delar helt Bryns uppfattning att det är mycket vanskligt att jämföra resultaten från olika borrhningar i samma bergart t o m om avstånden mellan dem är mycket små. Det synes ändå vara meningsfullt att försöka sig på en jämförelse mellan de två metoderna att förbättra brunnar, åtminstone om man bortser från de enskilda resultaten och mer ser till genomsnittliga skillnader.

Beträffande de laddningar som använts vid sprängningarna är dessa inte kända i de enskilda fallen. De varierar mellan 5 och ca 40 kg "Dynamex". Vanligast är att man laddar med 25 kg. I samband med sprängning måste man ju även ta hänsyn till avståndet till byggnader. I Sverige tillämpas enligt Arbetarskyddsstyrelsens Spränganvisningar följande skala för största laddningsmängder, som kan detonera på en gång vid olika avstånd från normal bostadsbebyggelse, utan att orsaka skada genom markskakningar:

Sprängämne	1	3	10	20 kg
Avstånd	10	20	50	100 m

Eftersom brunnar ofta borrar inom ett avstånd av ca 50 m från de byggnader där vattnet skall förbrukas, måste laddningarna följaktligen begränsas med hänsyn till skaderiskerna. Samma risker föreligger givetvis inte vid högtryckspumpning av brunnar. Däremot kan man kanske i vissa fall få in vatten i källare med dålig dränering och isolering.

Det finns flera exempel på hur grundvattennivån stigit kraftigt, ibland flödat över, i brunnar på avstånd av 50-100 m, i något fall ett par hundra meter, från den brunn som högtryckspumpats. De visar att metoden kan vara mycket effektiv och att hydraulisk kommunikation kan erhållas med vattenförande sprickor på relativt stort avstånd från den brunn som högtryckspumpas.

En del brunnsborrhare i Sverige, vilka tillämpar metoden att högtryckspumpa brunnar som är "helt torra" eller ger mycket litet vatten, lämnar numera ett slags kombinerad kapacitets - kostnadsgaranti. En sådan kan vara utformad så, att om mindre än t ex 25 l/h erhålls behöver beställaren inte betala borrhningen, under förutsättning att den är minst 90 m djup. Sedan sker en proportionell debitering av borrhningskostnaderna om brunnskapacitet blir mellan 25 och t ex 100 l/h efter förfarandet med högtryckspumpning. Blir brunnskapacitet mer än 100 l/h erläggs full betalning.