

Bruk av prøvepumpingsrutiner ved anlegg av grunnvannsbrønner

Av Sigurd Huseby

Sigurd Huseby er cand.real. og førstestatsgeolog ved Seksjon for hydrogeologi, Norges geologiske undersøkelse.

Sammendrag

Det foreslås systematisk bruk av prøvepumping ved anlegg av grunnvannsbrønner og prosedyre for et standard måle/observasjonsprogram.

Rutinene bør også omfatte prøvetaking for fysikalsk-kjemisk analyse. Resultatene brukes som grunnlag for sentrale og/eller lokale helsemyndigheters vannkildegodkjennelse.

1. Innledning

Hydrogeologiske data er av stor betydning for den offentlige vannbruksplanlegging og samfunnets bruk av grunnvann til vannforsyning, energiuttak, energilagring og forurensningskontroll. Det er dessverre et faktum at hydrogeologisk kunnskap er mangelvare i Norge. Det er viktig å finne et botemiddel for dette. Et virkemiddel kan være å etablere bedre undersøkelsesrutiner og rapporteringsrutiner for grunnvannsundersøkelser og brønnboringer.

2. Bruk av prøvepumpingsrutiner

Det er nødvendig å ha et stort, likeartet tallmateriale for å vurdere boringsmetoder, utstyrsutvikling, filterkonstruksjoner, borhullsbehandling (regenerering- og stimulering f.eks. sprengning, syrebehandling, luft/vann-injeksjonsbehandling etc.), så vel som magasinutnyt-

telse og grunnvannsressursforvaltning generelt sett.

Systematisk bruk av prøvepumping er et enkelt hjelpemiddel for å oppnå det nødvendige grunnlagsmateriale. Profesjonelt utførte prøvepumper med vannstandsobservasjoner i pumpebrønn (og eventuelt observasjonsbrønner) vil gi muligheter for å beregne f.eks.:

1. Grunnvannsmagasinetts størrelse og eventuelle begrensninger.
2. Den vannførende formasjons hydrauliske egenskaper som «vannlednings-evne» (transmissivitet) og «tilgjengelig vannmengde» (magasinkoeffisient).
3. Senkninger i nærliggende brønner/bo-ringer som følge av et uttak (konsekvensanalyse).
4. Påvirkning av kilder og vassdrag. (Vannbalanseberegninger).
5. Brønnens hydrauliske egenskaper og herved virkningsgrad og eventuelle endringer i brønnspeifikasjoner for optimal utnyttelse.

Prøvepumpingsprosedyren som blir foreslått i denne artikkel bør kunne utføres av alle som utfører brønnboringer. Den bør utføres rutinemessig på alle boringer f.o.m. 4"-diameter som skal benyttes til vannforsyning.

Måleresultatene kan f.eks. sendes Vannboringsarkivet ved Norges geologiske undersøkelse til nærmere analyse. Proseduren omfatter også prøvetaking for kjemisk analyse umiddelbart før pumpestopp i siste prøvepumpingsstrinn. Vannprøven analyseres på vanlige kjemiske parametre ved SIFF eller annet godkjent analyselaboratorium.

Analysene bør inngå som grunnlagsmateriale for lokale eller sentrale helsemyndigheters godkjennelse av vannkilder.

3. Noen alminnelig brukte hydrologiske begreper

Utnyttelse av en grunnvannsforekomst er bl.a. avhengig av de vannførende formasjoners evne til å magasinere og transportere vann. Dette er igjen avhengig av egenskaper hos de geologiske materialer som formasjonene er bygget opp av — f.eks. kornform, kornstørrelse, kornfordeling etc. i løsmasser og f.eks. sprekkhyppighet, sprekkutbredelse osv. i fast fjell.

Grunnvannsspeilet er det nivå i jordskorpen hvor væsketrykket (det hydrostatisk trykk) er lik atmosfæretrykket. Grunnvannsspeilet er øvre grense for mettet sone i et *grunnvannsmagasin med fritt vannspeil*, dvs. magasiner hvor grunnvannet står under atmosfæretrykk med «åpen» forbindelse til atmosfæren. Det er også magasiner hvor grunnvannet er skilt fra atmosfæren ved lite gjennomtrengelige lag, f.eks. tett fjell. Disse kalles artesiske grunnvannsmagasiner hvor grunnvannet står under større trykk enn atmosfæretrykket.

Som et mål for materialenes vanntransportsevne eller «hydraulisk ledningssevne» brukes begrepet *permeabilitet* (k , m/s) eller den vannmengde (m^3) som

strømmer gjennom et enhetsversnitt (1 m^2) pr. tidsenhet (s) under en hydraulisk gradient på 1, se fig. 1.

Med *hydraulisk gradient* (I) forstås endringen i trykknivå pr. lengdeenhet (m/m) målt vannrett i strømningsretningen (eller fallet på grunnvannsspeilet over en bestemt strekning).

Som mål for den vannmengde som kan avgis eller tas opp (magasineres) i en formasjon, kan vi bruke begrepet *magasin-koeffisient* (S) (eller effektiv porøsitet). Her menes den vannmengde (m^3) som kan tas opp/avgis i en loddrett søyle med enhetsversnitt (1 m^2) gjennom hele magasinet ved en trykknivåendring på 1 m. I et artesiske grunnvannsmagasin avgis vannet ved elastiske forandringer og utvidelser av vannet ved trykkavlastninger, f.eks. slike som oppstår ved pumping fra magasinet. Slike forandringer er små og magasin-koeffisientene for artesiske grunnvannsmagasiner blir små, med størrelsesorden 10^{-4} .

I grunnvannsmagasiner med fritt vannspeil avgis vannet ved fri drenering av porevolumet og magasin-koeffisientene er av størrelsesorden 10^{-1} .

Grunnvannsmagasinet vannledningssevne eller *transmissivitet* (T) defineres som den vannmengde (m^3) som pr. tidsenhet (s) strømmer gjennom et loddrett snitt med enhetsbredde (1 m) gjennom hele den vannmettede del av grunnvannsgiveren (akviferen) under en hydraulisk gradient på 1, se fig. 1. Dette vil med andre ord si produktet av formasjonens permeabilitet (k) i horisontal retning og magasinets tykkelse (M):

$$T = k \cdot M \text{ (m}^2\text{/s)}.$$

Transmissivitetsberegningene kan også gjøres ved hjelp av prøvepumpingsdata

og Theis formel (4):

$$s_w = \frac{Q}{4\pi T} W(u), \quad U = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

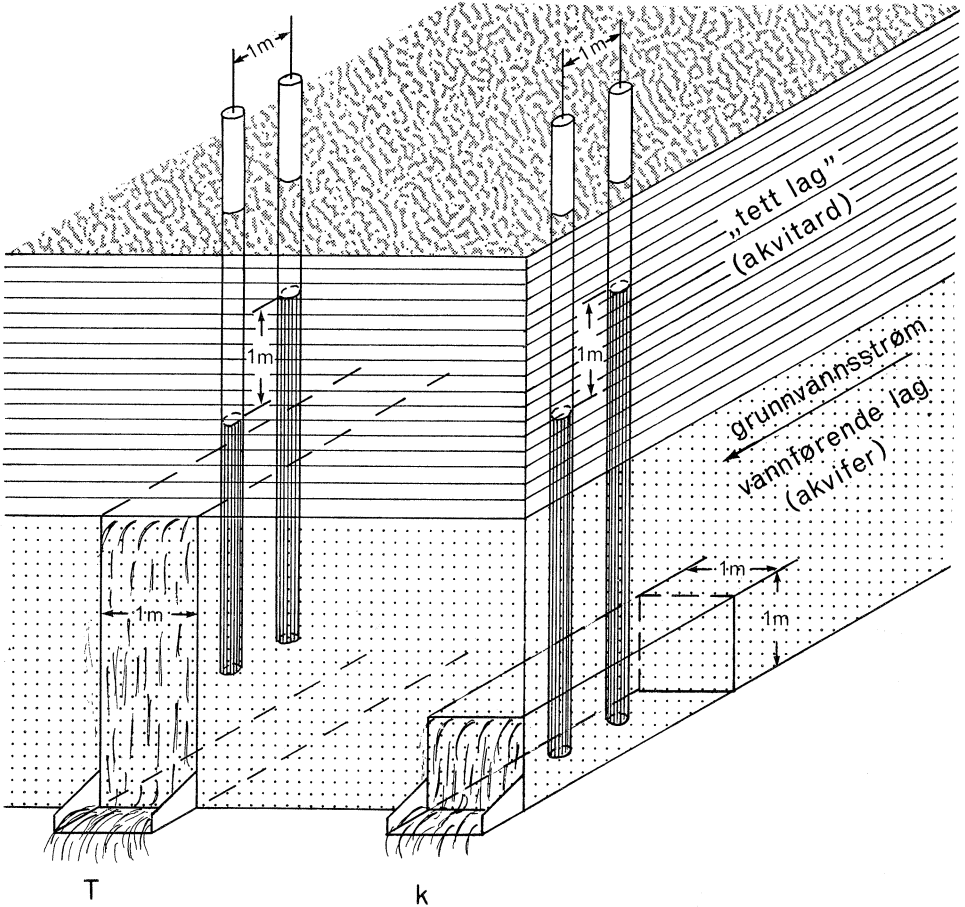
der $W(u)$ er den såkalte «boringsfunksjon»,

Q = utpumpet vannmengde

r = boringens radius

s_w = senkningen

t = pumpetiden



Figur 1. Grafisk framstilling av begrepene transmissivitet (T) og permeabilitet (hydraulisk ledningsevne) (k). (Modifisert etter Johnson (2)).

4. Spesifikk kapasitet og virkningstallet

I norsk brønnboringpraksis blir vannmengder angitt i l/time, l/døgn, l/min osv., men sjelden eller aldri relatert til den senkning av grunnvannsnivået som uttaket medfører. Denne vannstandssenkningen er et mål for det trykkfall som skal til for å drive vannet gjennom formasjonen og inn i borehullet/rørbrønnen. Senkningen (s_w) kan føres tilbake til to hovedtrykkatap. Det ene kalles formasjonstapet. Dette er tildels naturgitt og bestemt av vanngiverens vannledende evne (transmissivitet). Det andre trykk-tapsbidraget kalles brønntapet. Dette er for en stor del en følge av selve brønnkonstruksjonen (valg av filtertype, utforming, tilpasning til formasjonen, diameter, borhullsdyp/filterlengde osv.), men også av hvilke boremetoder etc. som er brukt. Som eksempel på dette vises til opplysninger fra Vestnorsk Brunnboring A/S (1). Ved boringer med bruk av kompressor med 20 kg's arbeidstrykk økte den gjennomsnittlige borhullslengde til ca. 20 m mer enn da man benyttet 12 kg's arbeidstrykk. Boringene foregår i de samme geologiske og geografiske provinser som tidligere, og rimeligste forklaring synes å være at borslam og støv i høyere grad enn før presses ut i de små, vannførende sperkkene i fjellet. En slik teknisk utvikling kan ikke uten videre sies å være fordelaktig. Den fører i mange tilfeller til små vannmengder, dype hull og unødige store kostnader for den enkelte kunde.

Forholdet mellom utpumpet vannmengde (Q) og senkningen av vannstanden i brønnen (s_w) kalles spesifikk kapasitet (Q_s):

$$Q_s = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/t)}}{s_w \text{ (m)}}$$

Under ideelle forhold tiltar senkningen i takt med et økende vannuttak — dvs. den spesifikke kapasitet er konstant uansett ytelse, men i praksis viser det seg at senkningen øker forholdsvis hurtigere og den spesifikke kapasitet blir avtagende med stigende uttak.

Virkingstallet for en brønnboring kan defineres (Sørensen (3)) som:

«Forholdet mellom brønnens spesifikke kapasitet etter 60 minutters pumping og den teoretisk mulige spesifikke kapasitet beregnet etter Theis formel»

Beregningen skjer på grunnlag av hvor raskt vannet stiger i brønnen etter pumpestopp, og virkingstallet angis sammen med pumpekapasiteten.

5. Prøvepumpingsprosedyre

En god beskrivelse av en brønns hydrauliske egenskaper og visse antydninger om formasjonsegenskapene kan oppnås ved følgende prosedyre:

1. Det prøvepumpes med økende vannuttak i fem trinn à 1 time. Intervallet mellom de enkelte trinn skal være tilnærmet like stort, og det kan fastsettes ved å dele det kapasitetsanslaget som framkommer ved avslutningen av boringen (eventuelt under filtertiltrekningen) på fem. (F.eks.: vannmengden er anslått til 500 l/t, brønnen prøvepumpes med trinn 1—100 l/t, trinn 2—200 l/t, osv.).

For hvert pumpetrinn foretas vannstandsmålinger i borhullet i henhold til måleprotokoll, se fig. 2. Kontroll med vannuttaket gjøres til tider som vist ved markeringsrutinene under «uttaks»-rubrikken i måleprotokollen. Det føres ett skjema for hvert trinn, og hvis det finnes muligheter for vannstandsmålin-

AVLESER:

MALEPROTOKOLL FOR TRINNVIS PRØVEPUMPING/STIGNINGSAVLESNINGER ¹⁾

Prøvepumpingssted:

Dato:

Brønn nr.

Diam. ø: mm

Filtertype:

Høyde brønnoverkant/målepunkt: m

Pumpetrinn nr.	I	II	III	IV	V	VI
Kapasitet l/min (1/t)						
Kl.	Tid (min.)	Avstand til GVS	S _w	Uttak l/t / l/min.	Merknad	
					*Måletider for stigningsdata	
					1) Stryk det som ikke passer	
	0		0	2)	2) Måling snarest mulig	
	1*				etter pumpestart	
	2*				3) Det tas vannprøve for	
	3*				fysikalsk-kjemisk ana-	
	4*				lyse i siste pumpetrinn	
	5					
	6*					
	7					
	8*					
	9					
	10*					
	12					
	14					
	15*				Kun stigningsdata	
	16					
	18					
	20*					
	25					
	30*					
	40					
	45*				Kun stigningsdata	
	50			3)		
	60*					
	90*				Kun stigningsdata	
	120*				Kun stigningsdata	

- ger i nærliggende borhull/observasjonsboringer, bør det også gjennomføres målinger og føring av måleprotokoll for disse.
2. Prøvepumpingen fortsettes med høyeste og konstant pumpekapasitet i minst 16 timer (natten over). Før pumpestopp måles pumpekapasiteten (uttaket) og vannstanden.
 3. Etter pumpestopp måles vannstandstigningen ved peiling som anvist på fig. 2 (tider merket *). Alle målinger må utføres nøye, og det er viktig at tidspunktet er korrekt notert.
 4. Måleresultatene analyseres og inngår i sentralt arkiv for hydrogeologiske data. Analysene vil bli brukt til statistikk for vannressursforvaltning, kartlegging av grunnvannsforekomster, grunnlagsmateriale for hydrogeologisk rådgivningstjeneste og analyse av boremetoder og boreteknisk utstyr. De vil således kunne bli et viktig bidrag til bedre kunnskap om våre grunnvannsforekomster.

REFERANSER:

1. *Husdal, S.*, 1981. Pers. medd.
2. *Johnson, E. E.*, 1966: Ground water and wells. 6 Ed. Minnesota 1980. 440 pp.
3. *Sørensen, T.*, 1981. Boringers virkningsgrad. Forelesningskompendium, Kalundborg 9 pp.
4. *Theis, C. V.*, 1935. The relation between the lowering of piezometric surface and duration of discharge of a well using ground-water storage. Trans. Am. Geophys. Union p 519—524.