

Er det behov for korttids prøvepumping av fjellbrønner?

Av Ola Kristian Fjeld

Ola Kristian Fjeld er siv.ing. og ansatt i A/S Geoteam.

Tørr brønn nå igjen!

Årlig bores mange fjellbrønner til vannforsyning for enkelthus eller små grender i Norge. Dessverre er det alt for mange som opplever at fjellbrønnene gir mindre vann enn det som ble lovet. Det er ofte verken eieren eller borfirmaet sin feil. Det hele kan faktisk bero på at en akseptert metode for kapasitetsmåling bygger på feil grunnlag. Forfatteren skal i denne artikkelen forsøke å belyse problemet, og foreslår en metode for å måle tilsiget fra magasinet til brønnen.

Det er tilsiget, eller skal vi kalle det matingen fra omgivelsene, som bestemmer hvilket gjennomsnittlig døgnforbruk brønnen kan dimensjoneres for. De fleste eiere av brønner er lite interessert i sprekkens hydrauliske egenskaper. En pedagogisk riktig brønntest bør derfor unngå å beregne parametre uten interesse for eieren. I denne artikkelen beskrives en test som kan utføres og tolkes uten vidløftige beregninger. Metoden er utprøvet på fjellbrønner i Mosvik kommune, Nord-Trøndelag.

Hva «føler» brønnen?

Det viktigste i en brønntest er å klarlegge hvordan brønnen «føler» seg. Hydrogeologen må finne ut hvilken «hydraulisk verden» brønnen befinner seg i. Det kan nemlig være stor forskjell på den geografiske og den hydrauliske verden.

En brønn gjennomlever 3 faser under en brønntest:

- 1) Tidlig transient perioden (TTP)
- 2) Midt transient perioden (MTP)
- 3) Pseudostasjonær periode (PSP)

Den første perioden, tidlig transient perioden (TTP), varer en kort stund etter at pumpa har startet. Det typiske er at pumpa trekker på volumet i brønnen, mens trykkfallet nesten ikke beveger seg inn i magasinet. Det oppstår en forsinkelse som skyldes at magasinet har en kompressibilitet. Det er reservoarets magasinkoeffisient som bestemmer varigheten av den første delen av TTP.

Ettersom pumpa går vil senkningen av grunnvannsspeilet bre seg lenger og lenger inn i magasinet. I tidlig transient perioden er senkningshastigheten bestemt av den tynne sonen rundt brønnen som ble påvirket under boring. Den påvirkede sonen kalles ofte for skin. Navnet stammer fra filterbrønner i løsmasser der det kan dannes en tettende hud — skin (eng.) — rundt filteret under drift av brønnen.

Først når brønnen har gjenopplevd den tidlig transiente perioden, er brønnen inne i den midlere transiente perioden (MTP). Brønnen tror nå at den står i sentrum av et uendelig stort grunnvannsmagasin (Hurra!). Dette er perioden vi skal benytte for å beregne magasinegenskapene.

Siste perioden i brønnens liv er den pseudostasjonære perioden (PSP). Her vil brønnen føle begrensninger i tilværelsen. Enten når brønnen er — hydraulisk sett — positiv eller en negativ grense. I praksis betyr det at brønnen pumpes med for lav

eller for høy kapasitet. Sagt med andre ord pumpes brønnen med mindre eller større kapasitet enn tilsiget til brønnen. Figur 1 viser hvordan vannivået i brønnen varierer med tiden. Tiden er tegnet i logaritmisk skala.

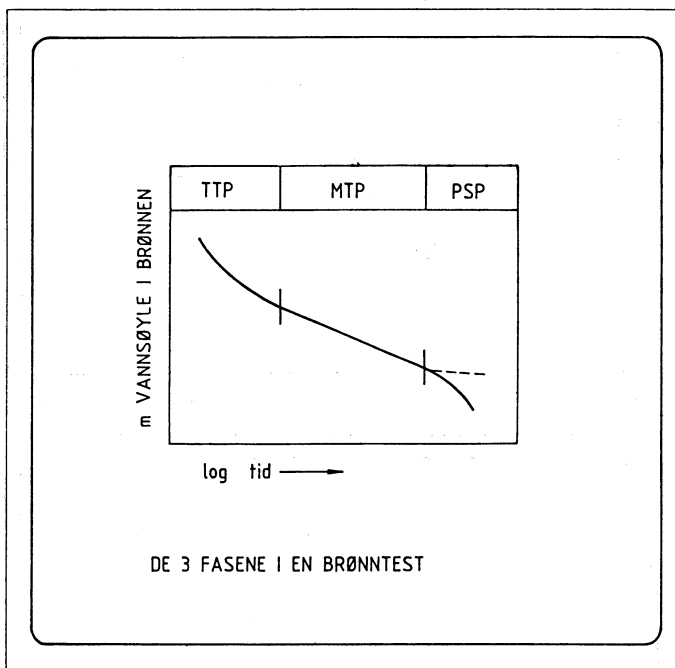


Fig. 1.

En vesentlig erkjennelse er altså at brønnen må pumpes inn i PS-perioden før tilsiget kan estimeres.

Hvor stor senkning som brer seg ut i magasinet, er avhengig av vannmengden som pumpes. Pumper vi lite vann blir senkningen liten, og motsatt blir senkningen stor (hvilket skulle være innlysende). Pumperaten og senkningen har en funksjonssammenheng. Med andre ord vil en

variasjon i pumpingen forårsake en variasjon i senkningen.

En god brønn skal ha følgende forløp av pumperate og senkning, (fig. 2).

Pumperaten holder seg konstant, mens senkningen flater ut etter som tiden går. Legg merke til at senkningen flater ut i PS-perioden. Her er altså tilsiget større eller lik pumperaten.

En dårlig brønn vil derimot ha et annet forløp (fig. 3).

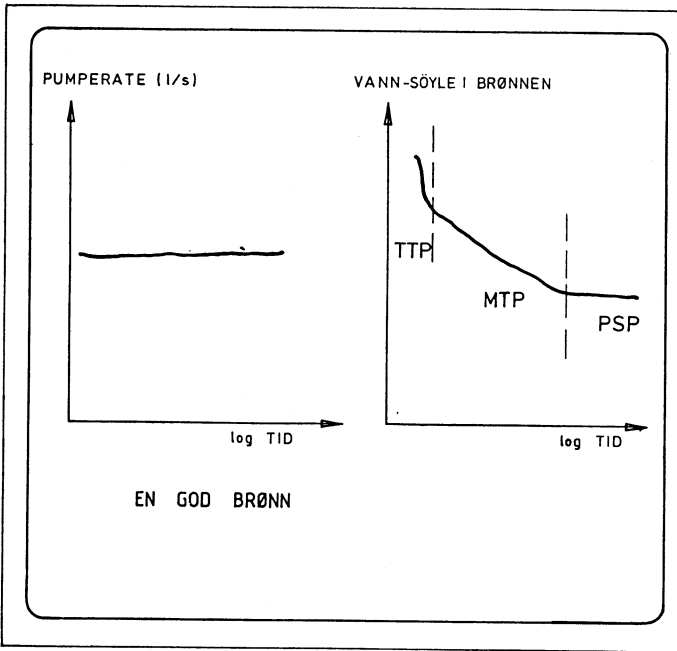


Fig. 2.

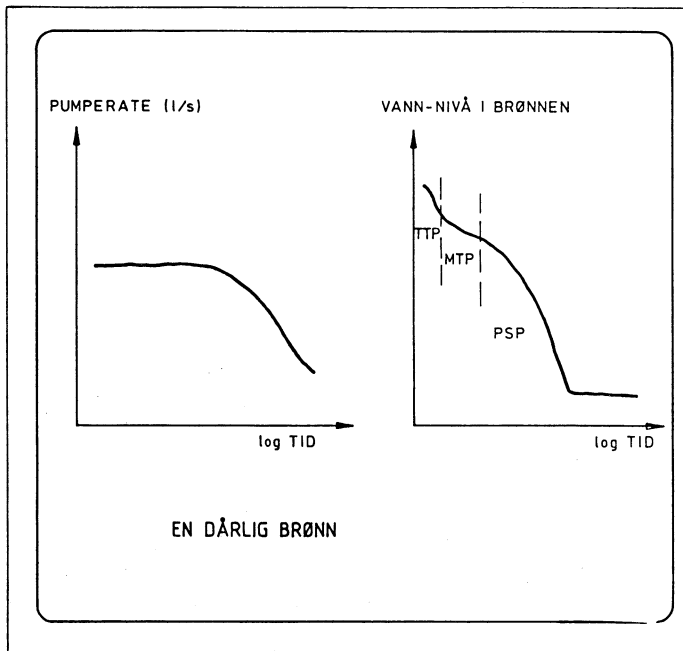


Fig. 3.

To trekk er typisk for en dårlig brønn. For det første er pumperaten avtagende, noen ganger raskt, andre ganger sakte. Samtidig vil vannstanden fortsette å synke med en aksellerende hastighet inntil brønnen «går tom». Det normale ville være at vannivået i brønnen skulle stabilisere seg etter hvert som pumperaten synker.

Hva er det som er feil med kapasitetsmålingen under boring?

Under boring blir som regel vanninnslagene registrert. Registreringen skjer på to måter.

Den ene måten er å la trykklufta blåse ned i borehullet, mens vannmengdene anslås ved å se hvor mye som renner over foringsrøret. Det sier seg selv at en slik visuell vurdering ikke er så pålitelig. Som tidligere nevnt i artikkelen, må brønnen pumpes inn i PS-perioden før tilsiget kan nås. Boremannskapet må altså stå å blåse i mange timer før resultatet er akseptabelt.

Den andre måte er å blåse tom brønnen med trykkluft og registrere hvor fort vannet stiger i brønnen.

Stigningen i brønnen følger en kurve som ser omlag slik ut, (fig. 4.)

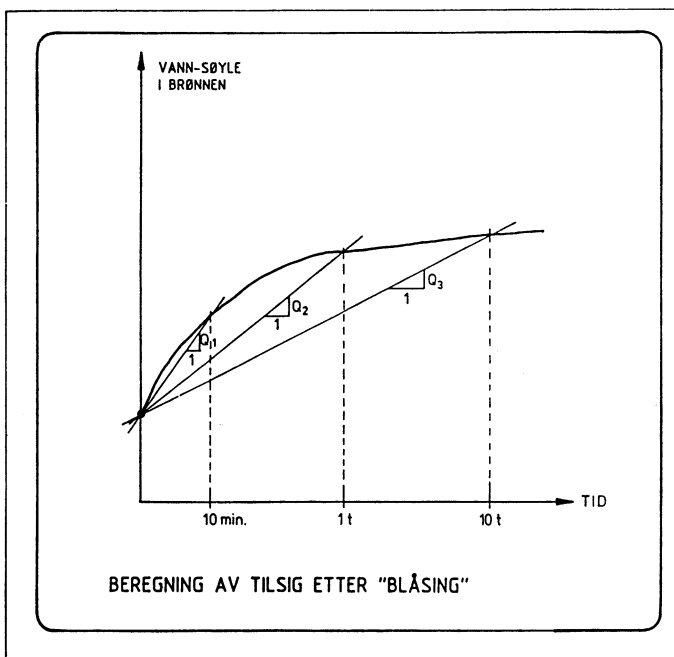


Fig. 4.

Brønnen vil etterfylles med en avtagende hastighet etter hvert som vannstanden stiger. Hellingen på de rette linjene Q_1 , Q_2 og Q_3 angir tilsiget målt ved forskjellige

tidsintervall. Hvilket tilsig som måles er altså avhengig av tidsintervallet det måles over. Av figuren kan man se at Q_1 , Q_2 og Q_3 er forskjellige i størrelse.

Tilsiget som målet ved blåsing av brønnen vil sannsynligvis være større enn det som kan måles ved lang tids pumping.

Hvor stor er brønnens kapasitet?

For en god brønn er brønnens kapasitet kun begrenset av pumpas kapasitet. Ved et større behov må en større pumpe installeres, og testen kjøres på nytt.

Hva er kapasiteten for en dårlig brønn?

Alt vi kan si på nåværende stadium er at kapasiteten er lavere enn den siste registrerte pumperaten. For å fastslå tilsiget introduseres en ny metode.

Når brønnen viser tendensen til «dårlig yteevne», skal pumpingen stoppe, og stigningen i brønnen skal måles med stor nøyaktighet.

Først kan det være riktig med en kort titt på hvordan det ser ut i brønnen i det øyeblikk pumpa stoppes (fig. 5).

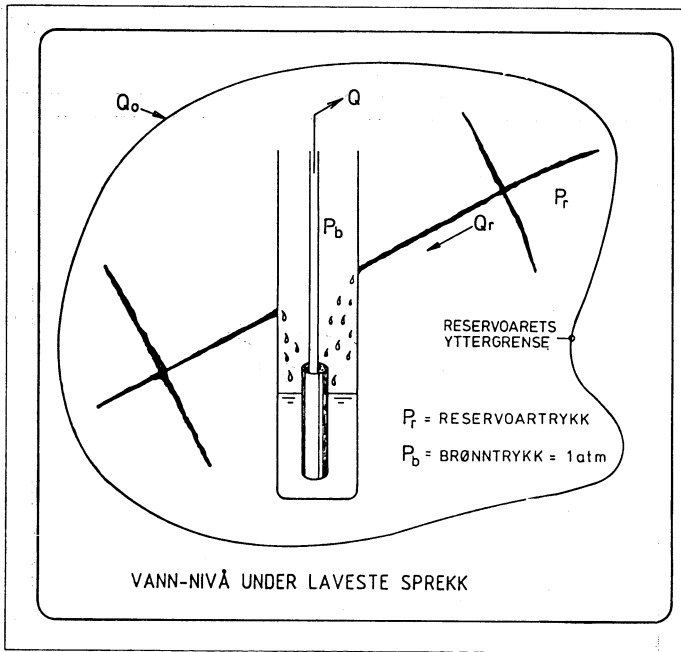


Fig. 5.

Dette er en vanlig situasjon. Vannivået er senket ned til pumpa, mens vannet renner inn fra sprekker lengre opp i brønnen. I sprekke, som dreneres inn i brønnen, er det opprettet en tilnærmet stasjonær tilstand, og følgelig er innstrømningen til-

nærmet konstant. Innstrømningen, Q , er summen av tilsiget fra omgivelsene, Q_o , og vannmengden som dreneres fra magasinet, Q_r .

$$(1) \quad Q = Q_o + Q_r$$

Strømningen inn mot en brønn styres av Darcy's lov. Ligningene som beskriver grunnvannsstrømningen er beskrevet i referansene.

Litt forenklet er tilsiget fra reservoaret, Q_r , en funksjon av avsenkning og tiden.

$$Q_r = f(\text{avsenkning/tid})$$

Når tiden, t , går mot uendelig, vil $Q_r \rightarrow 0$ og ligning (1) reduseres til

$$(2) \quad Q = Q_0$$

Forutsetningen for at ligningen gjelder er at brønnen på forhånd er pumpet inn i PS-perioden.

Tilsiget (stigning x areal), etter at

pumpa er stoppet, vil være konstant ($Q = Q_0$) inntil vannstanden i brønnen flukter med en sprekk. Når vannstanden ligger over sprekkene, vil tilsiget avta. Brønnen er ikke lenger i en stasjonær tilstand og påvirkes av brønnvolumeffekten. En teoretisk korrekt kurve for tilsiget til brønnen plottet mot logaritmen til tiden er vist på neste figur.

Den heltrukne linjen viser et eksempel med 1 sprekk. Den stiplede linjen viser et eksempel med 2 sprekker. Tilsiget, Q , kan tas direkte ut av figuren, som den verdien Q nærmer seg asymptotisk før sprekk 1 nås (fig. 6).

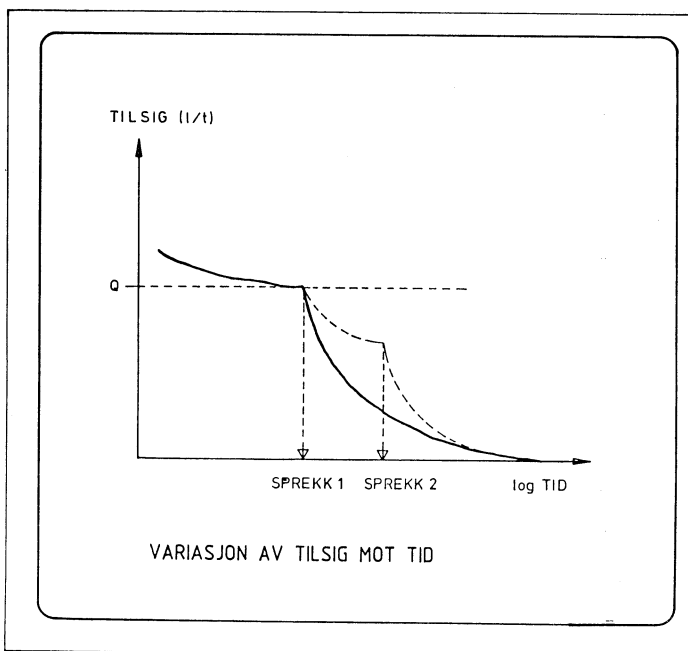


Fig. 6.

Metoden for å beregne tilsiget går i kort-
het ut på:

- 1) Pump og registrerer variasjoner i pumperate og vannivå i brønnen.
- 2) Plott pumperate og vannivå mot logaritmen til tiden.
- 3) Gjør en kvalitativ vurdering av tids-epokene, og bestem om det er god eller dårlig brønn.
- 4) Hvis det er en god brønn, er tilsiget større eller lik den registrerte pumperaten. Hvis det er en dårlig brønn, må pumpingen stoppe og stigningen i brønnen registreres.
- 5) Tilsiget, dvs. stigning x brønnens areal, plottes mot logaritmen til tiden. Vann-

førende sprekker og tilsiget kan tolkes kvalitativt fra plottet.

Eksempel fra Mosvik kommune

Mosvik kommune i Nord-Trøndelag valgte en utradisjonell løsning på vannforsyningen til Framverran. I stedet for en lang overføringsledning i det spredt bebygde området, ble det valgt å bore fjellbrønner hos alle som hadde behov for vann. I alt 15 brønner ble boret. Enkelte av brønnene ble testet for å fastslå om kapasiteten til brønnen lå over den minstevannmengden som ble garantert av borfirmaet.

Først skal det vises et eksempel på en god brønn. Figur 7 viser pumperaten mot

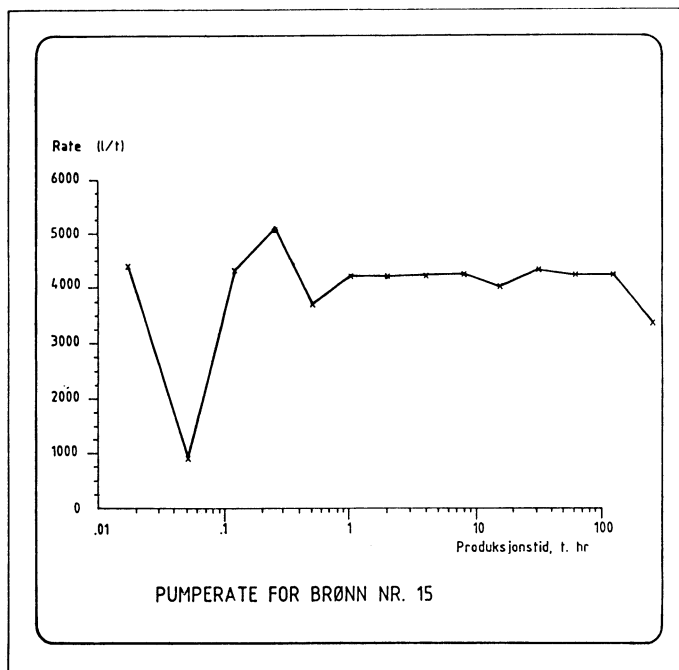


Fig. 7.

tid i brønn nr. 15. Kapasiteten ble målt til 4500 l/t ved blåsing etter boring.

Den tilsvarende senkningen i brønnen, figur 8, er nærmest ikke merkbar.

På grunn av fallet i kapasiteten mot slutten, ble dimensjonerende kapasitet satt til 3000 l/t selv om pumpa i gjennomsnitt gir 4200 l/t.

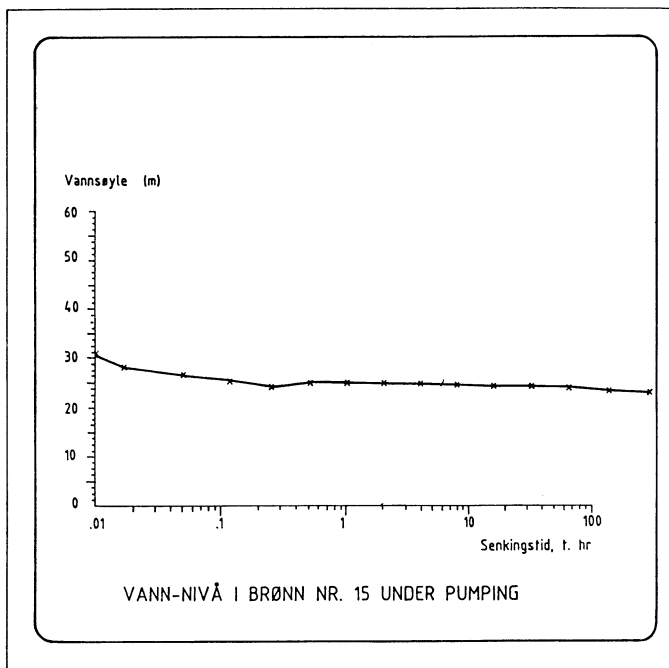


Fig. 8.

Brønn nr. 8 er et typisk eksempel på en dårlig brønn. Pumperaten viser en jevnt avtagende kapasitet. Den tilsvarende avsenkningen i brønnen er vist på figuren under. Som man ser av fig. 9, senkes vannstanden rett ned til pumpenivået. Hva er kapasiteten?

Figur 10 viser tilsiget målt etter pumpestopp. Som man kan se, er tilsiget nesten konstant fram til 0.6 timer etter pumpestopp. De to første målepunktene kan ikke

tillegges særlig vekt fordi de er påvirket av pumpa og dens innsnevring av brønnvolumet.

Etter 0.6 timer har vannsøyla nådd opp til en vannførende sprekke i brønnen. Et knekkpunkt kan tydelig sees på figuren. Etter at sprekken er nådd, følger kapasiteten ligning (3). Tilsiget til denne brønnen er 780 l/time mot 1000 l/time som ble målt ved blåsing.

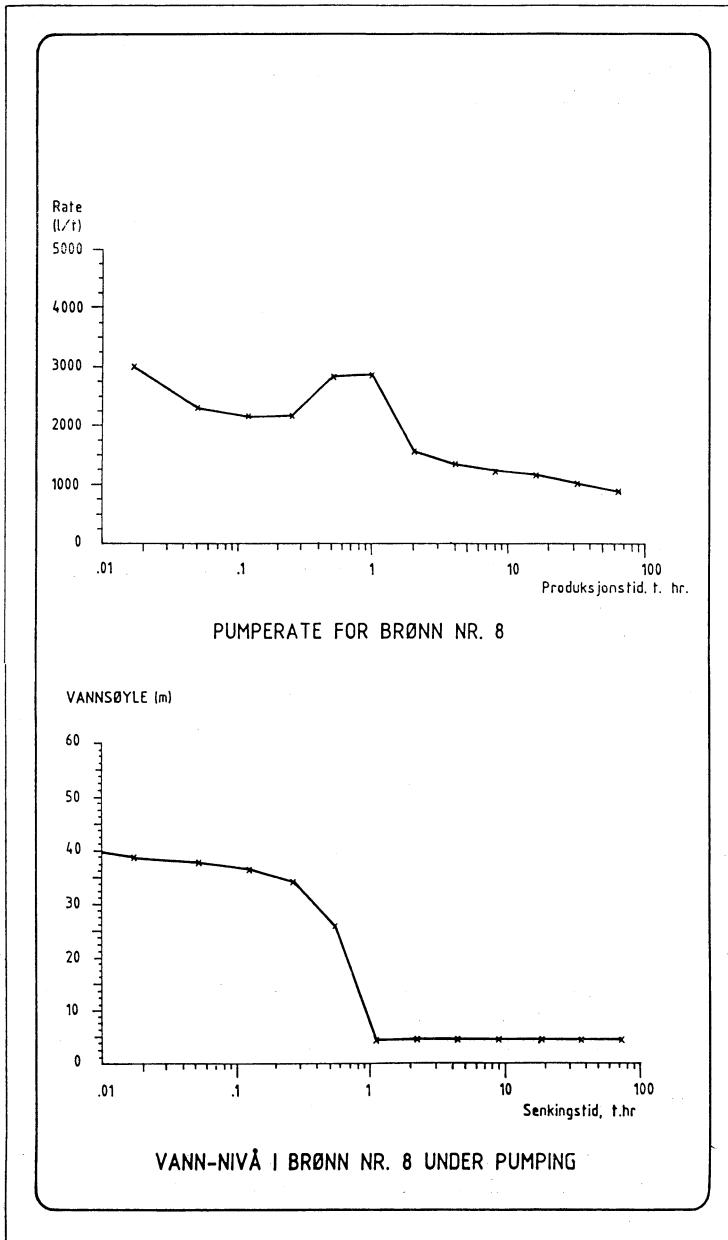


Fig. 9.

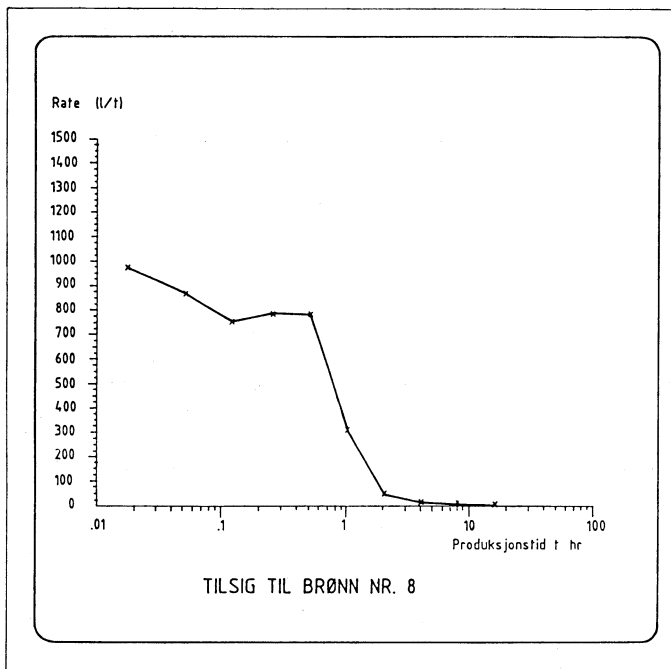


Fig. 10.

Konklusjon:

Brønntesting kan være svært komplekst med innviklede ligninger. I denne artikkelen er det foreslått en metode som bare baserer seg på uttegning av registrerte data. Tilsiget til brønnen kan estimeres uten beregning av brønnen hydrauliske egenskaper. Metoden er best egnet for brønner med lav kapasitet målt ved blåsing.

En brønntest er nødvendig for å fastslå tilsiget til fjellbrønner. Metoden som er foreslått er meget enkel, og kan redusere antallet negative overraskelser i form av «tørre» brønner. Brønntesten er også et hjelpemiddel for å fastslå effekten av f.eks. hydraulisk splitting eller sprengning.

REFERANSER

- J. Lee: Well testing, SPE Textbook series vol. 1, New York, 1982, ISBN O-89520-317.
 F. Kucuk: Analysis of Simultaneously Measured Pressure and Sandface Flow Rate in Transient Well Testing, Journal of Petr. Eng., Feb. 1985.