



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **315956**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

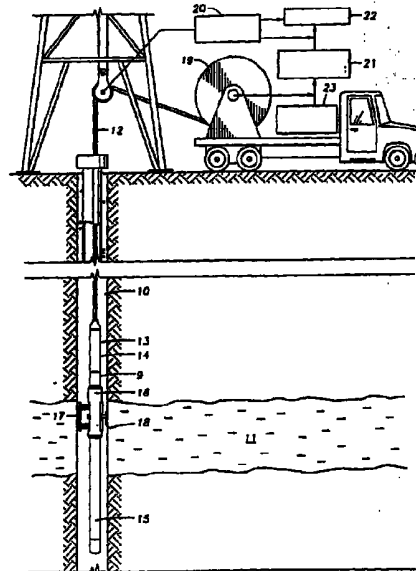
E 21 B 49/08

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19962230	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1996.05.30	(85) Videreføringdag	
(24) Løpedag	1996.05.30	(30) Prioritet	1995.06.15, US, 490944
(41) Alm. tilgj.	1996.12.16		
(45) Meddelt dato	2003.11.17		
(71) Patenthaver	Western Atlas International Inc, P.O. Box 1407, Houston, TX 77251-1407, US		
(72) Oppfinner	Michael Yesudas, Ormond, Vic 3163, AU John M Michaels, Houston, TX 77082, US Saced Rafic, Houston, TX 77079, US Than Shwe, Houston, TX 77099, US		
(74) Fullmektig	Harald Neergaard - ABC-Patent, Siviling. Rolf Chr. B. Larsen AS, 0602 Oslo		
(54) Benevnelse	Fremgangsmåte for bestemmelse av fluiders egenskaper		
(56) Anførte publikasjoner	US 5329811		

(57) Sammendrag

Fremgangsmåte for bestemmelse av mengden av oppløst gass, viskositet, kompressibilitet og/eller fasesammensetningen til et fluid-sampel. Fremgangsmåten omfatter en hydraulisk avgrensning og påfølgende ekspansjon av samplet mens måling av trykk og volum pågår. Et første volum og et første trykk bestemmes ved hvilke hastighetsforandringene i trykk med henblikk på volumet avviker fra en lineær funksjon. Et andre volum og et andre trykk ved hvilke fortsatt ekspansjon av fluidet forårsaker praktisk talt ingen forandring i trykket, bestemmes også. Det første trykk og volum ekstrapoleres ved hjelp av den lineære funksjon inntil det skjærer en annen ekstrapolering gjort fra det andre volum og det andre trykk uten endring i trykket, og derved bestemmes et boble- punkt som omfatter både et boble-punkt- trykk og et boble-punktvolum. Et tredje trykk som tilsvarer et målt trykk i fluid samplet ved boble-punkt-volumet bestemmes. Et ekstrapolert volum av samplet bestemmes ved dette tredje trykk ved ekstrapolering av den lineære funksjon fra boble-punktet til et samplingsvolum langs den lineære funksjon som tilsvarer det tredje trykk. Gassvolumet som er oppløst i fluid-samplet bestemmes ved å foreta en lineær skalering av forskjellen mellom et boble-punkt-volum og det ekstrapolerte samplingsvolum med hensyn på en differanse mellom det andre volum og boble-punkt-volumet.



Foreliggende oppfinnelse angår verktøy tilkoblet elektrisk kabel og benyttet for ivaretagelse av sampler av fluid fra formasjoner slik som bergformasjoner. Mer spesielt angår oppfinnelsen fremgangsmåter for fastleggelse av ulike egenskaper for fluider i formasjoner ved fortolkning av trykk- og temperaturavlesninger utført ved hjelp av testverktøy for formasjoner tilknyttet elektrisk kabel.

Testverktøy for formasjoner og tilknyttet elektriske kabler benyttes for å trekke ut prøver eller sampler og for å foreta trykk- og temperaturmålinger på fluider som rommes i porerom i formasjoner. Kalkulasjoner som utføres fra disse målinger kan benyttes for å bistå med estimering av det totale fluidinnhold i formasjonene.

Som tidligere kjent innenfor dette tekniske området senkes et typisk testverktøy for formasjoner ned, idet det henger ved en ende av en armert elektrisk kabel, i et brønnhull eller tilsvarende borehull tildannet gjennom formasjonene. Testverktøyet for formasjonen omfatter typisk et hus fra hvilket en rørformet probe strekker seg ut idet den er innrettet til å presses inn mot veggen til borehullet. Proben blir typisk forseglet eksternt ved hjelp av et elastomert pakningselement for å unngå at fluider som forefinnes i selve borehullet entrer probens innside mens fluider trekkes ut fra grunnformasjonen gjennom proben. Forskjellige selektive ventiler i verktøyet bringer proben i hydraulisk kommunikasjon med samplingskammeret som er innbefattet i verktøyet. Hydrauliske forbindelser som kobler proben til de ulike samplingskamre, kan også kobles til en svært nøyaktig trykksensor for å måle fluidets trykk inne i de hydrauliske forbindelser.

Andre sensorer i verktøyet kan foreta målinger relatert til volumet av fluidet som har trengt seg inn i enkelte av samplingskamrene under testing av en spesiell formasjon. Verktøyet for å teste formasjonen kan også omfatte en samplings-tank som på selektiv måte kan forbindes hydraulisk med proben, slik at en mengde av fluidet som trekkes ut fra

formasjonen kan bli samlet i samplingstanken og transportert til jordoverflaten for laboratorieanalyser.

Det er viktig for brønnoperatøren å være i stand til å bestemme at fluidet som virkelig fylles inn i samplingstanken primært består av såkalt "native" fluider (dvs. opprinnelige fluider i formasjonen) fra porerommet i formasjonen. Under visse betingelser kan andre fluider enn det native fluid bli fylt inn i samplingstanken. Når f.eks. en brønn bores gjennom grunnformasjoner, så vil den på typisk måte bli fylt med en flytende suspensjon som benevnes "boreslam". Slikt boreslam har vanligvis en egenvekt som er stor nok til å utøve et hydrostatisk trykk mot grunnformasjonene, og dette hydrostatiske trykk vil kunne hindre de native fluider i formasjonen fra å entre borehullet. Det er endog mer typisk at det hydrostatiske trykk til boreslammet i det minste i noen grad overskrider trykkene til det native fluid i formasjonene. Dersom boreslammet har et høyere hydrostatisk trykk enn det native fluid, vil den flytende fase av boreslammet, ofte benevnt "slamfiltrat", bli tvunget inn i porerommet til formasjonen av et differensialtrykk under en prosess som kalles "invasjon". Derved kan et ubestemt volum av slamfiltrat trekkes ut fra formasjonen når proben først blir hydraulisk forbundet med samplingskammeret eller samplingstanken. Dessuten blir proben på typisk måte hovedsakelig fylt med boreslam til å begynne med når den kobles hydraulisk til samplingskammeret.

Dersom et tilstrekkelig volum av slamfiltrat invaderer formasjonen, kan det bli nødvendig for operatøren av testverktøyet å trekke tilbake et ganske stort volum av fluid fra grunnformasjonen før det native fluid kan ekstraheres derfra og plasseres i samplingstanken. Det er av interesse for operatøren av testverktøyet å være i stand til å bestemme når fluidet som trekkes ut fra formasjonen omfatter bare native fluid slik at tidsrommet hvorunder formasjonens testverktøy

låses på plass kan reduseres til et minimum, av sikkerhetsgrunner som forstås av fagfolk på området.

US-patent nr. 5.329.811 omhandler et apparat og en fremgangsmåte for måling av en parameter til en hydrokarbonbærende brønnfluidprøve mens prøven befinner seg fremdeles på plass i brønnen og ved nedihulls trykk- og temperaturforhold. Et verktøy senkes ned i brønnen til en plassering som er lokalisert i borehullet. En brønnfluidprøve fanges i verktøyet ved denne plasseringen som er lokalisert i borehullet. Mens verktøyet befinner seg inne i brønnen, blir volumet til brønnfluidprøven ekspandert under gjentatt måling av trykket for den innfangede brønnfluidprøven ved forskjellige volumer, og derved generering av trykk/volumdata for den innfangede brønnfluidprøven. Fra disse dataene kan forskjellige parametere, så som boblepunkttrykk og kompressibilitet for samplet, lett bli fremskaffet. Apparatet er egnet til å trekke ut og til å suksessivt teste multiple sampler. Etter at hvert sampel er testet, blir det drevet ut fra verktøyet, slik at et annet sampel vil kunne tas inn. Dataene kan lagres for påfølgende analyse ved overflaten eller de kan bli oversendt til jordoverflaten for sanntidsanalyse.

Det er kjent innenfor dette fagfelt å bestemme hvorvidt fluidet som trekkes ut fra grunnformasjonen omfatter native fluid ved å foreta visse målinger av fluidet mens det trekkes gjennom proben. Fra US-patent nr. 4.994.671 (Safinya) er det f.eks. kjent å benytte en spektrograf som ligger nær det infrarøde området for å fastlegge sammensetningen av fluidet som trekkes gjennom proben.

En ulempe ved systemet som er vist i det ovennevnte US-patent for fastleggelse av sammensetningen av fluidet mens det trekkes gjennom proben, er at spektrografen er følsom overfor endringer i transparensten til vinduet i samplingskammeret, gjennom hvilket lys må passere for å kunne foreta spektrografiske målinger av fluidet under testingen. Avlei-

ring av opakt materiale på vinduet kan redusere dets transpa-
rens slik at spektrografen ikke kan betjenes. Opake materia-
ler kan omfatte visse hydrokarboner med høy molekylærvekt og
disse kan forekomme i enkelte native fluider eller i faste
5 stoffer slik som sandpartikler eller leirpartikler som kan
brytes løs og flyte fra grunnformasjonen under visse
betingelser.

En ytterligere ulempe med systemet som er omtalt i
ovennevnte US-patent er at gassbobler som kan forekomme i
10 enkelte fluidprøver, kan avbryte driften av spektrografen og
vanskeliggjøre bestemmelsen av hvorvidt det er native fluid
som trekkes gjennom proben. Gass kan forekomme i enkelte
prøver som et resultat av frigjøring av oppløst gass når
trykket i samplet reduseres for å tillate strømming inn i
15 samplingskammeret. Slike oppløste gasser kan foreligge i de
native råoljer i formasjonen. Et formål med foreliggende
oppfinnelse er å tilveiebringe en fremgangsmåte for bestem-
melse av egenskapene til fluid som trekkes gjennom proben fra
en formasjon i et testverktøy uten behov for anvendelse av en
20 spektrografisk sensor.

Et ytterligere formål med foreliggende oppfinnelse er å
tilveiebringe en fremgangsmåte for bestemmelse av egenskaper
til fluidet som trekkes gjennom proben i et testverktøy for
formasjonen, hvilken fremgangsmåte er brukbar også under
25 nærvær av gass i et sampel av fluidet.

Dette oppnås ved å benytte en fremgangsmåte som angitt i
de nedenfor fremsatte patentkrav.

Foreliggende oppfinnelse omfatter en fremgangsmåte for
bestemmelse av mengden av oppløst gass i et fluidsampel.
30 Fremgangsmåten omfatter en hydraulisk avgrensning og utvi-
delse av samplet mens trykket og volumet til samplet måles.
Et første volum og trykk bestemmes ved hvilket hastigheten
til trykkforandringen som funksjon av volumet avviker fra et
lineært forhold. Et andre volum og trykk hvor en fortsatt
35 ekspansjon av fluidet forårsaker praktisk talt ingen

forandring i trykket, bestemmes. Det første trykk og volum blir ekstrapolert ved hjelp av det lineære forhold inntil det oppnås et skjæringspunkt med en ekstrapolering fra det andre volum og det andre trykk uten noen forandring i trykket, 5 hvorved det bestemmes et boblepunkt som omfatter et boblepunkttrykk og et boblepunktvolum. Et tredje trykk som tilsvarer det målte trykk i fluidsamplet ved boblepunktets volum, blir bestemt. Et ekstrapolert samplingsvolum bestemmes ved dette tredje trykk ved å ekstrapolere det lineære forhold 10 fra boblepunktet til et samplingsvolum, langs det lineære forhold, som tilsvarer det tredje trykk. Et gassvolum oppløst i fluidsamplet bestemmes ved lineær skalering av en differanse mellom boblepunktets volum og det ekstrapolerte samplingsvolum som funksjon av en forskjell mellom det andre 15 volum og boblepunktets volum.

Ved en foretrukken utførelse av foreliggende oppfinnelse trekkes samplet inn i et samplingskammer i et testverktøy koblet til en elektrisk kabel og utstyrt med anordninger for måling av trykk og volum til samplingskammeret.

20 For å gi en bedre forståelse av foreliggende oppfinnelse vises til nedenstående detaljerte beskrivelse av utførelses-eksempler av foreliggende oppfinnelse og til de ledsagende tegninger, hvor:

- Fig. 1 viser et testverktøy for en formasjon, hvilket 25 verktøy i overensstemmelse med foreliggende oppfinnelse er anbragt inne i et brønnhull,
- fig. 2 viser en samplingspumpe i henhold til foreliggende oppfinnelse med et presist måleapparat for pumpekamrene,
- 30 fig. 3 viser en grafisk fremstilling av trykket som funksjon av volumet for et typisk fluidsampel fra grunnformasjonen,
- fig. 4 viser en grafisk fremstilling av et forhold mellom trykk og volum, nedenfor benevnt Y-korrelasjonen,

benyttet til å bestemme forekomster av hydrokarboner,

fig. 5 viser en grafisk fremstilling av trykk og volum som funksjon av tiden, for samplingskammeret i verk-

5 tøyet i henhold til foreliggende oppfinnelse, og

fig. 6 viser en grafisk fremstilling av trykk og temperatur i et fluid slik disse verdier er mens fluidet pumpes.

Et testverktøy koblet til en kabel er generelt vist i fig. 1 ved 13. Verktøyet 13 er festet til den ene enden av en armert, elektrisk kabel 12, og blir senket ned i et brønnhull 10 boret gjennom jorden. Kabelen 12 kan føres inn i brønnhullet 10 ved hjelp av en vinsj 19 anbragt ved jordoverflaten.

15 Verktøyet 13 omfatter en fastspenningssko samt en mekanisme for å bevege skoen sideveis, vist generelt som 17 på figuren, og denne er anbragt inne i et hus 16. Huset 16 omfatter dessuten en rørformet probe 18 som på selektiv måte kan føres ut av huset og settes i kontakt med veggen til 20 brønnhullet 10, som nærmere forklart nedenfor. En samplings-tank 15 kan festes til den nedre ende av huset 16 og kan på selektiv måte forbindes, på hydraulisk vis, med proben 18 for lagring av fluider trukket ut av formasjonen. Proben 18, fastspenningsskoen 17 og selektive ventiler (ikke vist) 25 anbragt inne i huset 16 for betjening av proben 18 og skoen 17, kan være av konvensjonell art tidligere kjent for fagfolk innen dette feltet, og kan betjenes hydraulisk ved krafttilførsel fra en hydraulisk kraftenhet 9 festet til den øvre ende av huset 16.

30 De ulike driftsfunksjoner for verktøyet 13, innbefattet utspenning av skoen 17 og utpressing av proben 18, kan styres av systemoperatøren ved innføring av kommandosignaler i styringskretser 23 som befinner seg ved jordoverflaten, og er elektrisk forbundet til kabelen 12, som kjent for fagfolk på 35 området. Kommandosignalene kan dekodes i en elektronisk enhet

14 anbragt inne i huset 16. Som forklart nærmere nedenfor, omfatter verktøyet 13 sensorer (ikke vist) for måling av trykk og volum inne i de hydrauliske forbindelser (ikke vist på fig. 1) koblet til et samplingskammer (ikke vist på fig. 5 1). Målinger som utføres av sensorer (ikke vist) overføres til jordoverflaten i form av elektriske signaler generert av den elektroniske enhet 14. Ved jordoverflaten blir signalene dekodet av en signalprosessor 21 som også er elektrisk forbundet med kabelen 12. De dekodete signalene blir omformatert 10 til målinger som kan observeres av systemoperatøren, og kan nedtegnes ved hjelp av en nedtegningsenhet 22 koblet til signalprosessoren 21.

Mens verktøyet 13 senkes ned i brønnhullet 10, blir dybden som verktøyet befinner seg ved indikert av en dybde- 15 indikator 20 som står i kontakt med kabelen 12 og måler lengden av kabel 12 som er ført inn i borehullet 10. Når verktøyet 13 etter disse angivelser er posisjonert inntil en formasjon som er av interesse, vist generelt ved 11 på figuren, innfører systemoperatøren kommandoer i styringskretsene 20 23 for å låse verktøyet 13 i denne stilling ved å skyve ut skoen 17. Proben 18 presses deretter også ut, og inntrekking av en fluidprøve eller et fluidsampel kan påbegynnes.

Måten hvorpå et fluidsampel kan trekkes ut fra formasjonen som er av interesse 11, vil forstås bedre under henvisning til fig. 2. En to-veis, hydraulisk drevet pumpe, vist 25 generelt ved 24, kan på styrbar måte trekke fluider ut gjennom proben (vist som 18 i fig. 1). Hvis det ønskes av systemoperatøren, kan pumpen 24 dessuten benyttes til å tømme fluider enten over i samplingstanken (15 i fig. 1) eller over 30 i brønnhullet (10 i fig. 1).

Pumpen 24 omfatter en drivsyylinder 44, og inne i denne befinner det seg et drivstempel 46. Drivstemplet 46 er forseglet mot den indre vegg av drivsyylinderen 44 av en O-ring 48 eller en lignende pakningsanordning. Drivstemplet 46 er på 35 sin ene side forbundet med en første drivforbindelse 54 og på

sin annen side med en andre drivforbindelse 56. Den første drivforbindelsen 54 er forbundet med én side av det første pumpestempel 58. Den andre drivforbindelse 56 er på lignende måte forbundet med et andre pumpestempel 60, anbragt på motsatt side av drivstemplet 46 i forhold til det første pumpestempel 58. De første 58 og andre 60 pumpestempler er henholdsvis anbragt inne i en første 66 og en andre 68 pumpe-sylinder anbragt ved motsatte ender av drivsylinderen 44. En aksiell bevegelse av drivstempel 46 translateres til tilsvarende aksiell bevegelse av såvel første 58 som andre 60 pumpestempler, og betydningen av dette vil bli nærmere forklart nedenfor.

Drivstempelet 46 beveges ved selektiv tilførsel av hydraulisk trykk til enten den ene eller den andre side av drivstempelet 46. Det hydrauliske trykk frembringes av en hydraulisk pumpe 104 som er anbragt i den hydrauliske kraft-enhet (9 i fig. 1). Den hydrauliske pumpe 104 er forbundet med en styrbar trykkregulator 106 som tilveiebringer hydrauliske trykk for å bevege drivstempelet 46. Utgangstrykket fra regulatoren 106 kan styres av systemoperatøren ved å føre inn egnede kommandoer i styringskretsene (23 i fig. 1). Den styrbare regulator 106 gir systemoperatøren en betydelig grad av kontroll med hastigheten ved hvilken drivstempelet 46 beveger seg, idet drivstempelet 46, som forklart nærmere nedenfor, må overvinne krefter fra fluidtrykkene som virker på pumpestemplene 58,60 for å kunne bevege seg.

Utgangen fra regulatoren 106 finner sted i retning mot de hydrauliske linjer 102. Linjene 102 fører til en første 86 og til en andre 88 selektiv, hydraulisk ventil. De selektive ventiler 86, 88 kan styres ved hjelp av styringssignaler som sendes fra styringskretsene (23 i fig. 1) og dekodes i den elektroniske enhet (14 i fig. 1). Styringssignalene fører til drift av ventilene 86, 88 i overensstemmelse med pumpens 24 funksjon valgt av systemoperatøren, ved å føre inn de egnede

kommandoer i styringskretsene 23, som forklart nærmere nedenfor.

Når den første ventil 86 åpnes, tilføres hydraulisk trykk gjennom en første, hydraulisk kontrollinje 82 til et
5 først kammer 50 i driftsylindern 44, som ved sin ene ende er avgrenset av drivstempelet 46 og ved sin andre ende av det første pumpestempel 58. Diameteren til den første pumpe-
10 sylinder 66, og dermed også til det første pumpestempel 58 (og følgelig også deres tverrsnittsarealer), er mindre enn diameteren (og tverrsnittsarealet) til drivstempelet 46. Hydraulisk trykk inne i det første drivkammer 50 utøver dermed en større kraft på drivstempelet 46 enn på det første pumpestempel 58, og dette forårsaker en bevegelse av driv-
15 stempelet 46 og dermed også alle tidligere omtalte komponenter som er festet til dette, i retning mot den andre pumpe-
20 sylinder 68. Hydraulisk olje (ikke vist på figuren) foreligger også i det andre drivkammer 52 som er vist på motsatt side av drivstempelet 46, og dette er igjen aksielt forbundet med drivstempelet 46 ved sin ene ende og det andre pumpe-
25 stempel 60 ved sin andre ende. Når drivstempelet 46 beveges mot den andre pumpe-
30 sylinder 68, blir den hydrauliske olje i det andre drivkammer 52 forflyttet gjennom en andre hydraulisk linje 84 til en andre tømmelinje 92 forbundet med en forrådstank (ikke vist) for hydraulisk olje gjennom en pilot-
35 styrt kontrollventil 96. Kontrollventil 96 holdes åpen av driftstrykket fra den hydrauliske olje fra linjen 102, tilført gjennom en kontroll-linje 98 koblet til den første hydrauliske linje 82. En lignende, men motsatt koblet kontrollventil, vist ved 94, er koblet gjennom en styrings-
line 100 til den andre hydrauliske linje 84, og vil, som forklart nedenfor, slippe ut overtrykket i den første hydrauliske linje 82 i retning mot forrådstanken (ikke vist) når drivstempelet 46 beveges i motsatt retning.

Bevegelsen av drivstempelet 46 kan reverseres ved å
35 lukke den første ventilen 86 og åpne den andre ventilen 88 og

derved tilføre hydraulisk trykk gjennom den andre hydrauliske linje 84 til det andre drivkammer 52. Driften av de to ventiler 86, 88 kan gjennomføres automatisk dersom systemoperatøren instruerer styringskretsene 23 om å betjene pumpen 42 kontinuerlig. Det andre pumpestempelet 60 kan ha i alt 5 vesentlig samme diameter som det første pumpestempelet 58, og kan dermed være mindre i diameter enn drivstempelet 46. Dermed vil det hydrauliske trykk som tilføres det andre drivkammer 52, forårsake bevegelse av drivstempelet 46 i retning 10 mot den første pumpesyylinder 66. Som forklart ovenfor blir trykket på den andre linje 84 også videreført gjennom styringslinjen 100 for å åpne den pilot-styrte kontrollventil ved 94, noe som muliggjør "ventilering" av det første drivkammer 50 i retning mot forrådstanken (ikke vist).

15 Aksiell bevegelse av drivstempelet som translateres til en tilsvarende aksiell bevegelse, som tidligere forklart, av det første 58 og det andre 60 pumpestempelet, resulterer i tilsvarende endringer av volumet i et første 62 og et andre 64 pumpekammer. Pumpekamrene 62, 64 kan på selektivt vis være 20 hydraulisk forbundet med proben 18 for å trekke fluid ut fra formasjonen, som nærmere forklart nedenfor.

Et særlig trekk ved foreliggende oppfinnelse som muliggjør direkte bestemmelse av volumet til det første 62 og det andre 64 pumpekammer, er en forskyvningssensor, som i foreliggende utførelse kan omfatte et lineært potensiometer 111 25 anbragt inne i drivsyylinderen 44 og koblet til drivstempelet 46 via en forbindelse 109. Aksiell bevegelse av drivstempelet 46 resulterer i en direkte, tilsvarende forandring i motstanden til potensiometeret 111 som er tilknyttet en 30 signaleringslinje 107. Motstanden som dermed blir tilknyttet signaleringslinjen 107, omformes til et tilsvarende signal i den elektroniske krets (14 i fig. 1), og dette signal kan dekodes i signalprosessoren (21 i fig. 1) og omformes til en måling av posisjonen av drivstempelet 46 og dermed gi det 35 eksakte volum for ett vilkårlig av de to pumpekamrene 62, 64

idet den aksielle bevegelse av alle tre stempler 46, 58 og 60, er ekvivalente. Det er tatt med i betraktning at andre anordninger for å måle den aksielle posisjon (og dermed volumet til pumpekamrene 62, 64) av drivstempelet 46 eller av 5 det første 58 eller andre 60 stempel, kan benyttes. For eksempel kan målingen benytte en sensor for detektering av den akustiske forplantningstid, og en slik sensor kan være anbragt inne i et eller begge drivkamre 50, 52. Det lineære potensiometer 111 i henhold til foreliggende oppfinnelse, 10 nevnes bare som en praktisk foranstaltning for måling av volumet og må ikke betraktes som en konkret begrensning av anordningene som benyttes for å bestemme volumet til pumpekamrene 62, 64.

Temperaturen inne i det andre pumpekammeret 64 kan måles 15 av en temperatursensor 109A. Temperatursensoren 109A kan være av en type som er kjent innenfor dette fagområdet og som kan arbeide under svært høye trykk. Alternativt kan temperatursensoren 109A være koblet til en fluidforbindelse som forbinder tilbakeslagsventilene (vist ved 80 og 74) til det 20 andre pumpekammer 64. Tilbakeslagsventilene vil bli nærmere forklart nedenfor. Det skal bemerkes at temperatursensor 109A også kan være koblet til det første pumpekammer 62.

Utvelgelse av pumpekamre som temperatursensoren 109A skal forbindes med, blir bare bestemt av rent praktiske forhold av 25 systemdesigneren. Som det vil forstås av fagfolk på dette felt, kan temperatursensoren 109A være av en type som genererer et elektrisk signal som tilsvarer temperaturen som sensoren 109A blir utsatt for. Det elektriske signal fra sensoren 109A kan bli overført til den elektroniske enhet 14 30 for videreføring til nedtegningsenheten 22. Bruken av målingene som blir utført av temperatursensoren 109A vil bli nærmere forklart.

Et annet fordelaktig trekk ved foreliggende oppfinnelse er at bevegelseshastigheten til drivstempel 46 kan styres av 35 systemoperatøren. Som forklart tidligere må drivstempelet 46

utøve en kraft som er tilstrekkelig til å overvinne motsatt rettede krefter forårsaket av formasjonen (11 i fig. 1) ved fluidtrykket i pumpekamrene 62, 64 som virker på de respektive pumpestempler 58, 60, for å kunne bevege seg. Størrelsen på de hydrauliske trykk som tilføres drivstempel 46 kan styres av systemoperatøren via regulatoren 106. Det er derfor mulig å betjene drivstempelet 46 ved et hydraulisk trykk som er nettopp så stort at det så vidt overvinner fluidtrykkene fra formasjonen, slik disse virker på pumpestemplerne 58, 60; og i dette tilfelle vil drivstempelet 46 bevege seg ytterst langsomt. En svært langsom bevegelse av drivstempelet 46 reduserer blant annet muligheten for at subtile endringer i forholdet mellom volumet til pumpekamrene 62, 64 og fluidtrykket vil gå upåaktet hen.

Når tilbaketrekning av et sampel fra formasjonen (11 i fig. 1) påbegynnes, er drivstempelet 46 på typisk måte posisjonert slik at enten det første 58 eller det andre 60 pumpestempel er fullstendig skjøvet inn i sitt respektive pumpekammer 62 eller 64. Tilbaketrekking av et sampel begynnes ved å tilføre hydraulisk trykk til det tilsvarende drivkammer 50 eller 52 (dvs. det kammer som er plassert inntil det fullstendig sammentrykkede pumpekammer inne i hvilket pumpestempelet 58 eller 60 er helt innpresset) hvorefter drivstempelet 46 beveges og på tilsvarende måte forskyver pumpestemplerne 58, 60 slik at volumet til de helt sammenpressede pumpekamre 62 eller 64 økes.

De første 62 og andre 64 pumpekamre blir forbundet, henholdsvis med en første 72 og en andre 74 kontrollventil ved inngangen, og begge er innrettet til å føre strøm fra proben (18 i fig. 1) til en inngående strømningsforbindelse 70 (koblet til proben 18 som vist ved 18A) under ekspansjonslaget til de respektive pumpekamre 62 eller 64. Den inngående strømningsforbindelse 70 blir dessuten forbundet med en presisjonstrykkomformer 108 (som i sin tur er koblet til elektronikkretsen 14) noe som gjør det mulig å foreta en i

alt vesentlig kontinuerlig måling av trykket i strømningslinjen 70. Bruken av trykkmålinger utført av transduseren 108 i foreliggende oppfinnelse, vil bli nærmere forklart nedenfor.

5 Under tømmeslaget for ett kammer 62 eller 64, noe som tilsvarer ekspansjon av det motsatte kammer 64 eller 62, blir uttømming fra det første 62 eller fra det andre 64 sammenpressede kammer gjennomført, henholdsvis gjennom en første 78 eller en andre 80 tømmeventil, til tømmelinjen 76.

10 Tømmelinjen 76 kan på hydraulisk måte bli selektivt forbundet med samplingstanken (15 i fig. 1) som står i hydraulisk kommunikasjon også med borehullet (10 i fig. 1), eller tømmelinjen 76 kan være hydraulisk lukket ved sin ende. Selektiv innkobling av tømmelinjen 76 kan utføres ved hjelp
15 av en fire-veis solenoiddrevet ventil som vist ved 120. Solenoidventilen kan betjenes som reaksjon på kommandoer ført inn i styringskretsene 23 av systemoperatøren. Drift av solenoiden kan forårsake at en felles port 120D på ventilen 120 blir koblet til en første selektiv port 120A, som er i
20 kommunikasjon med brønnhullet 10, til en andre selektiv port 120B koblet til samplingstanken 15, eller til en tredje selektiv port 120C som er lukket.

Dersom systemoperatøren f.eks. ønsker å fylle samplings-
25 tank 15 med fluid som trekkes gjennom proben 18, kan pumpen 24 bringes til å arbeide kontinuerlig inntil tanken 15 er fylt, ved en automatisk, selektiv drift av ventilene 86, 88 og 120. Automatisk ventilstyring kan gjennomføres ved hjelp av styringskretsene (23 i fig. 1).

En andre trykktransduser vist ved 108A, kan være hydrau-
30 lisk forbundet med tømmelinjen 76 ved et koblingssted som ligger foran den felles port 120A på fire-veis-ventilen 120. Hensikten med denne andre transduser 108A vil bli nærmere forklart.

Hjelpemidlene ved hjelp av hvilke fluidsampler på styrt
35 måte kan trekkes ut fra formasjonen som er av interesse (11 i

fig. 1), er blitt beskrevet og fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse ved hjelp av hvilken fluider kan bestemmes, vil nå bli forklart.

Ved et nytt aspekt ved foreliggende oppfinnelse kan
5 mengden av gass som er oppløst i et fluidsampel bli omtrentlig bestemt. Fig. 3 viser en grafisk fremstilling av forholdet mellom trykk og volum for et fluid ved i alt vesentlig konstant temperatur. Fluidet som er representert i den grafiske fremstilling i fig. 3, kan være en blanding av råolje
10 (flytende fase) og naturgass (gassfase). Et forhold mellom trykk og volum for forekomster av hovedsakelig gassfaser og hovedsakelig væskefaser som inngår i fluidet, er beskrevet ved hjelp av en kurve, vist på figuren som 120, og vil for fagfolk innenfor området være kjent som en "boblepunkt"-
15 kurve. Ved trykk som er betydelig høyere enn boblepunktkurven 120 for et hvilket som helst spesielt volum av fluid, vil den naturlige gassfase til blandingen tendere mot å bli oppløst i alt vesentlig i væskefasen. Ved trykk under boblepunktkurven 120 vil, ved et vilkårlig valgt volum, gass kunne frigjøre
20 seg fra oljen og deretter eksistere som en fri gassfase i likevekt med væskefasen.

Som tidligere omtalt kan et smpel trekkes ut av formasjonen og inn i inntaksforbindelsen (70 i fig. 2) av pumpen (24 i fig. 2). Tester kan gjennomføres på endel av fluid-samplet som trekkes gjennom inntaksforbindelsen 70 og inn i et av pumpekamrene (62 eller 64 i fig. 2) avhengig av hvilket som befinner seg i sin inntaksfase. Testing av samplet blir igangsatt av systemoperatøren ved å føre inn en kommando i styringskretsene (23 i fig. 1) for å betjene fire-veis-
30 ventilen (120 i fig. 2) slik at tømmelinjen (76 i fig. 2) lukkes hydraulisk. Slik lukking av tømmelinjen 76 fanger samplet inne i et styrbart volum. Det styrbare volum omfatter volumet til det ene pumpekammer (62 eller 64) i hvilket fluidet er trukket inn, og volumet av tømmelinjen 76 frem til
35 fire-veis-ventilen 120.

Testing kan fortsette, som forklart nedenfor, ved å betjene pumpen 24 slik at den beveger seg i motsatt retning av tidligere beskrevet og derved ekspandere volumet til fluidsamplet. Mens samplet blir ekspandert kan trykket
5 observeres av systemoperatøren. Som beskrevet ovenfor blir trykket ved tømmelinjen 76 målt av den andre transduser 108A.

Det vises på ny til fig. 3 og trykket som observeres av systemoperatøren under ekspansjonen av det innfangede sampel, kan representeres av en kurve som generelt er vist ved 128.

10 Kurven 128 fremviser en sterkt skrånende, i alt vesentlig lineær del som slutter ved et punkt kalt 122. Den lineære ekspansjonsdel av kurven 128 er typisk for karakteristikken til en ekspanderende væske. Helningen til kurven 128 ved volumer under det volum som representeres av punkt 122, er
15 karakterisert av en egenskap til væsken, kjent som dens kompressibilitet. Ved samplingsvolumer som er høyere enn volumet som tilsvare punkt 122, er volumet stort nok (og trykket er tilsvarende tilstrekkelig redusert) til at gassen som kan være oppløst i væsken kan begynne å frigjøre seg fra
20 væsken. Når volumet økes ytterligere kan mer gass frigjøres fra væsken inntil praktisk talt all gass er frigjort, og dette representeres ved punkt 124.

En "perfekt", eller ideell, løsning av gass i væske vil ikke oppvise en trykkreduksjon ved en volummessig økning på
25 den måten som er vist av kurven 122. Et perfekt flytende sampel som har gass oppløst i seg, vil isteden fortsette å ekspandere på en måte som tilsvare eksakt til væskens kompressibilitet (med den virkning at den lineære del av ekspansjonskurven fortsetter), inntil det såkalte bobletrykk er
30 nådd, og bobletrykket er vist ved punkt 130. Fortsatt ekspansjon av den "perfekte" løsning, ville resultere i at alle de ytterligere ekspansjonsvolum ville bli opptatt av frigitt gass, slik at praktisk talt ingen forandring vil inntreffe i trykket inne i det ekspanderende samplingskammer. Denne
35 virkningen er særpreget av en i alt vesentlig rettlinjens

ekspansjon som kan sees mellom punktene 130 og punkt 124 i fig. 3.

I kontrast med dette, vil det i et sampel av en "virkelig", eller et aktuelt fluid trukket ut fra formasjonen (11 i 5 fig. 1), kunne finne sted en langsom utskilling av gass under ekspansjon av samplet sett i forhold til den tid det tar å ekspandere samplet. Denne relativt langsomme utskilling av gass fører til at ekspansjonstrykket reagerer som fremvist av kurven 128. Ved en rettlinjert ekstrapolering av den lineære, 10 skrått forløpende væske-ekspansjonsdel av kurven 128 som befinner seg ved volumer lik eller mindre enn det som er vist ved punktet 122, og ved en rettlinjert ekstrapolering av den frigitte gass-ekspansjonsdel som inntreffer ved volumer større enn ved punkt 124, tilbake mot et skjæringspunkt, vil 15 bobletrykket til fluidsamplet kunne bestemmes. Som tidligere forklart er bobletrykket vist ved punkt 130.

Det foreligger en forskjell mellom det virkelige samplingstrykk og trykket ekstrapolert fra bobletrykket, ved det volum som tilsvare bobletrykket. Forskjellen i disse trykk 20 er en indikasjon på mengden av gass som er oppløst i den flytende fase av samplet. Det virkelige samplingstrykk som måles, ved et samplingsvolum som tilsvare det ekstrapolerte bobletrykk, er vist ved punkt 134. Et væskevolum, og da det spesielle volum som representeres av forskjellen mellom det 25 virkelige samplingsvolum ved bobletrykket, vist ved punkt 134, og volumet av et "perfekt" sampel av væske ved samme trykk som vist ved punkt 132, kan oppfattes som å være ekspandert slik at frigjort gass får et volum som representeres av ekspansjonen fra bobletrykkvolumet ved punkt 130, og 30 det fullstendige gass-utskilte volum ved punkt 124.

Det "perfekte" samplingsvolum er representert av den variable størrelse V_x og er vist langs volumaksen til den grafiske fremstilling ved punkt 136. Bobletrykkets volum er representert av den variable V_b som er vist langs volumaksen 35 til den grafiske fremstilling ved punkt 138. På tilsvarende

måte er det fullstendig utskilte samplingsvolum V_k vist ved punkt 140. Den utledede samplingsekspanasjon er karakterisert av en forandring i samplingsstrykket vist mellom punktene 133 og 134, og er representert av henholdsvis den variable størrelse P_a og P_b . Et gass/olje-forhold (GOR), som er kjent for fagfolk på området som en størrelse som beskriver et volum naturgass som er tilforordnet produksjon av en spesiell mengde råolje, kan bestemmes av uttrykket:

$$GOR = \frac{(V_k - V_b)}{(V_b - V_x)} \times \frac{(P_a + P_b)}{5,23} \quad (1)$$

hvor verdien 5,23 er en proporsjonal-konstant for å skalere GOR til enheter som er velkjente for fagfolk på dette området, nemlig kubikk-fot gass pr. standard-tønne (stock-tank barrel) olje. Som det er velkjent for fagfolk angir uttrykket standard-tønner ("stock-tank" barrels) av olje, oljevolumet etter at oljen er bragt til det trykk og den temperatur som gjelder ved jordens overflate.

Etter at bobletrykket, vist ved 130, er bestemt, er det mulig å fastlegge hvorvidt samplet omfatter et system av væske og oppløst gass som hovedsakelig omfatter hydrokarboner, ved å benytte en fremgangsmåte som kalles "Y-korrelasjon". Slik Y-korrelasjon er f.eks. beskrevet i "Volumetric and Phase Behavior of Oilfield Hydrocarbon Systems", av M.B. Standing i Society of Petroleum Engineers av AIME, Dallas 1977. Denne Y-korrelasjonen kan bestemmes i henhold til følgende uttrykk:

$$Y = \frac{\frac{P_b - 1}{V} - 1}{V_b} \quad \text{når } P < P_b \quad (2)$$

30

Som det forstås av fagfolk på dette området vil en grafisk fremstilling av den kalkulerte Y-verdi som funksjon

av trykket ved hvilket Y-verdiene blir kalkulert, gi en indikasjon på hvorvidt den oppløste gass i samplet hovedsakelig består av hydrokarboner eller ei. Et eksempel på en grafisk fremstilling av Y som funksjon av trykket, er vist i 5 fig. 4. Kurven i fig. 4 viser verdier av Y ved de tilsvarende trykk, slik som punktene 142A til 142E. En best mulig tilpasset kurve trukket gjennom disse punkter, vist som 142 i eksemplet i fig. 4, utgjør en rett linje. Som det forstås av fagfolk på området, vil det rettlinjede forløp av Y når det 10 betraktes som en funksjon av trykket, indikere at systemet av oppløst gass i væske i samplet kan omfatte først og fremst hydrokarboner.

Ved en annen utførelse av foreliggende oppfinnelse er det mulig å estimere gass/olje-forholdet (GOR) og kompressibiliteten til fluidet mens det trekkes ut av pumpen 24. Ved å 15 gjøre et estimat av fluidets kompressibilitet og gass/olje-forholdet mens uttrekningen av samplet foregår, kan systemoperatøren bli satt i stand til å bestemme når fluidet som trekkes gjennom proben 18 består hovedsakelig av nativt fluid 20 fra formasjonen 11 og ikke slamfiltrat. Slamfiltrat kan presses inn i formasjonen 11 fra innsiden av brønnhullet 10 av de rådende differensialtrykk, noe som vil forstås av fagfolk. Bestemmelse av når fluidet som trekkes ut består av nativt fluid, kan assistere systemoperatøren slik at han kan 25 minimere tiden som er nødvendig for å trekke et sampel ut fra formasjonen 11.

Det vises nå til fig. 5, som viser en grafisk fremstilling av samplets trykk og samplets volum som funksjon av tiden, og ved hjelp av denne vil en fremgangsmåte hvorved 30 kompressibiliteten og gass/olje-forholdet til fluidet mens det beveges av pumpen 24, blir forklart. En kurve slik som 146 i fremstillingen i fig. 5, representerer trykket inne i et utvalgt av de to pumpekamrene (vist f.eks. i fig. 2 som 64 og 62) i løpet av en pumpesyklus. En pumpesyklus omfatter ett 35 innsugningsslag, hvorunder kammeret 62 eller 64 oppviser et

volum som ekspanderes fra sin minste verdi til sin største verdi, og ett tømme­slag under hvilket den omvendte volum­forandring inntreffer. Trykket inne i hvert kammer 62, 64 kan måles ved hjelp av ytterligere trykktransdusere, i fig. 2

5 vist som 108B, henholdsvis 108C. Signaler fra de ytterligere trykktransdusere 108B, 108C, kan sendes til elektroniske enheter 14 for videresending til signalprosessen 21 og nedtegningsenheten 22 i fig. 1, hvorefter trykkmålingene kan observeres og nedtegnes. Kammerets volum i begge pumpekamre

10 62, 64, kan bestemmes kontinuerlig som tidligere forklart, f.eks. av det lineære potensiometer-apparat 107, slik at et nedtegn­et volum kan genereres. En andre kurve, vist stiplet som 144, tilsva­rer volumet til pumpekammeret 62 eller 64. Det skal forstås at fremgangsmåten som er beskrevet her enten kan

15 benyttes for kammer 62 eller 64. Utvelgelse av det andre pumpekammer 64 som beskrevet her, er bare et rent praktisk forhold for å klargjøre beskrivelsen. Idet innsugnings­slaget starter, vist på volumkurven 144 som et tidspunkt angitt med A, og dessuten indikert av referansenummer 148, begynner

20 kammeret 64 å øke i volum, mens trykket inne i kammeret 64 begynner å avta. For at fluidstrømmen inn i kammeret 64 skal starte, må imidlertid trykket inne i kammeret 64 synke til en verdi under trykket som forekommer ved inntakslinjen 70, og dette trykk er typisk lik fluidtrykket i formasjonen 11, noe

25 som er vist ved B og dessuten indikert ved referansetall 150. Derfor vil noe av økningen i kammerets 64 volum under innsugnings­slaget bli oppveiet av ekspansjonen av fluidet i kammeret 64, slik at dets trykk faller under inntakslinjens 70 trykk. Ved ytterligere ekspansjon av kammeret 64, starter

30 fluidet å flyte inn i kammeret 64. Ved slutten av innsugnings­slaget, vist ved C og indikert ved referansetall 152, kan noe fluid fortsette å strømme inn i kammeret 64 på grunn av treghet, og dette kan føre til en liten økning i trykket. Ved slutten av innsugnings­slaget begynner volumet til kammer

35 64 umiddelbart å avta, fordi avslutningen av innsugnings-

slaget faller sammen med begynnelsen av tømme­slaget. Fluid som strømmer ut av kammeret 64, kan imidlertid ikke starte før fluidtrykket i kammeret 64, i det minste i en svak grad, overskrider trykket til tømmelinjen 76. Påbegynnelse av fluidstrømmen inn i tømmelinjen 76 er indikert ved D (og er dessuten indikert ved referansetall 154). Fluid blir deretter forflyttet fra kammeret 64 inntil kammeret 64 er sammenpres­set til sitt minste volum, som indikert ved E, og dessuten angitt av referansetall 156. Ved dette punkt er én pumpe­syklus fullstendig gjennomført.

Som tidligere forklart kan fluiduttømmingen fra pumpen 24 under tømme­slaget, bli selektivt dirigert til samplings­tanken 15, eller det kan avledes til brønnhullet 10 av systemoperatøren ved at han selektivt betjener fire-veis­ventilen 120 til tilsvarende posisjon.

Som det vil forstås av fagfolk på dette området kan virkningsgraden η til pumpen 24, beskrives som volumet av det fluid som virkelig blir forflyttet av pumpen 24, som funksjon av volumforandringen i kammeret til pumpen 24 (også i denne fremstilling referert til som "slagvolumet" eller V_{stroke}). For pumpen slik den er representert av den grafiske fremstilling i fig. 5, blir effektiviteten til innsugningsslaget uttrykt av:

$$\eta_{intake} = \frac{V_C - V_B}{V_C - V_A} \quad (3)$$

og tilsvarende for effektiviteten til utblåsningsslaget:

$$\eta_{discharge} = \frac{V_E - V_D}{V_E - V_C} \quad (4)$$

hvor indeksen til "V"-leddene i den tidligere effektivitets­ligning refererer til de tilsvarende volum i pumpekammeret ved punktene A til E. Linje 18 leser følgende:

$$\beta = \left(1 - \frac{\eta_{discharge}}{\eta_{intake}} \right) \times \frac{1}{(P_{discharge} - P_{intake})} \quad (5)$$

Fluidets kompressibilitet kan bestemmes mens pumpingen pågår, f.eks. ved å programmere nedtegningsenheten 22 til å foreta kalkulasjoner i henhold til de tidligere uttrykk for pumpeeffektivitet og kompressibilitet. Systemoperatøren kan deretter observere den kalkulerte kompressibilitet for fluidet mens pumping pågår. Forandringer i fluidets kompressibilitet beregnet på denne måten og observert under pumping, kan tilsvare forandringer i sammensetningen til fluidet som blir pumpet, særlig dersom fluidet som pumpes slutter å bestå av det tidligere omtalte slamfiltrat og isteden består av det native fluid fra formasjonen 11.

Det er videre mulig å estimere det ovennevnte gass/olje-forhold til fluidet som blir pumpet mens pumpingen pågår, ved å foreta et tillegg til foreliggende utførelse av oppfinnelsen. Dersom systemoperatøren på selektiv måte har betjent fire-veis-ventilen 120 slik at den dirigerer tømningen fra pumpen 24 ut i samplingstanken 15, så kan kjennskap til volumet av samplingstanken 15 benyttes til å estimere gass/olje-forholdet til fluidet som tømmes inn i samplingstanken. I denne beskrivelse av tillegget til foreliggende utførelse av oppfinnelsen, er variablene som er betegnet som "inntak" (eller intake), tilsvarende til fluid som trekkes ut fra formasjonen 11, mens variablene som er benevnt som "discharge" tilsvarer fluid som er tømt inn i samplingstanken 15. Dersom fluidet fra formasjonen består av en blanding av væske og gass, så vil følgende forhold beskrive volumet til "inntaks"-fluidet:

$$V_{intake} = V_{gas(intake)} + V_{liquid(intake)} \quad (6)$$

og volumet som tømmes inn i samplingstanken 15, og volumet av denne er kjent, vil være uttrykt ved:

$$V_{discharge} = V_{gas(discharge)} + V_{liquid(discharge)} \quad (7)$$

5

Det innhentede gassvolum (intake) kan bestemmes av følgende uttrykk:

$$intake = \frac{V_{stroke} \times \eta_{intake} (1 - \beta_{liquid} (P_{discharge} - P_{intake})) - V_{discharge}}{\left(1 - \frac{P_{intake}}{P_{discharge}} - \beta_{liquid} \times (P_{discharge} - P_{intake})\right)} \quad (8)$$

10

Endelig kan gass/olje-forholdet (GOR) estimeres av uttrykket:

$$GOR = \frac{V_{gas(intake)}}{(V_{stroke} \times \eta_{intake}) - V_{gas(intake)}} \quad (9)$$

15

Ved en annen utførelse av foreliggende oppfinnelse er det mulig å estimere viskositeten til fluidet som trekkes av pumpen 24. Som tidligere omtalt og som det atter kan observeres under henvisning til fig. 2, vil trykket ved inntakslinjen 70 og ved tømmelinjen 76 kunne måles av trykktrans-

20 dusere 108 og henholdsvis 108A som er koblet til de respektive av disse linjer. Mens fluid forflyttes gjennom linjene 70 og 76, kan et differensialtrykk utvikles og dette vil være relatert til viskositeten av fluidet som blir pumpet. Differensialtrykket kan tilsvare viskositeten fordi pumpen 24, som

25 tidligere forklart, har to motsatt anbragte kamre 62, 64 og fluid kan samtidig trekkes inn i det ene kammeret 62 og tømmes ut fra det andre kammeret 64. Strøm i linjene 70, 76 kan derfor være i alt vesentlig kontinuerlig under pumpe-

30 inntakslinjen 70 og tømmelinjen 76, kan være relatert til fluidets viskositet μ som vist av følgende uttrykk:

$$\mu = \frac{\Delta P}{V} \times K_v \quad (10)$$

hvor K_v er en proporsjonalitetskonstant for hvert verktøy, og
 5 kan fastlegges under kalibrering under bruk av et fluid med
 en kjent viskositet som pumpes av pumpen 24, mens det over-
 strøkne V -leddet representerer den midlere hastighet til
 fluidet gjennom linjene. Denne midlere hastighet er relatert
 til volumet av fluidet som blir pumpet, og kan fastlegges som
 10 tidligere forklart i beskrivelsen, når det tilsynelatende
 tverrsnittsareal for linjene 70, 76 er kjent.

Ved å bestemme fluidets viskositet kan det være mulig å
 bestemme hvorvidt fluidet som trekkes inn av pumpen 24 er
 slamfiltrat eller nativt fluid. Nativt fluid kan dessuten bli
 15 karakterisert hva dets sammensetning angår når man kjenner
 dets viskositet, noe som forstås av fagfolk på området.

Ved et annet nytt aspekt av foreliggende oppfinnelse er
 det mulig å bestemme hvorvidt fluidet inne i pumpekammeret
 (slik som 64 i fig. 2) består hovedsakelig av gass eller av
 20 en væske ved å observere temperaturen til fluidet under
 pumping. Som tidligere beskrevet står en temperatursensor
 109A i hydraulisk kommunikasjon med det andre pumpekammer 64.
 Når fluid beveger seg på grunn av pumpebevegelsen i pumpen
 24, kan det observeres en forandring i temperaturen i
 25 fluidet. De observerte forandringer i temperaturen vil
 avhenge av fasesammensetningen til fluidet som blir pumpet.
 Fig. 6 viser en grafisk fremstilling av trykket, vist som
 kurven 162 og temperaturen, vist som kurven 160, for fluid i
 det andre pumpekammer 64 mens pumping pågår. Kurvene 160, 162
 30 i fig. 6 er fra en aktuell test foretatt med et testverktøy i
 henhold til foreliggende oppfinnelse. Toppene i trykk-kurven
 162 som kan sees ved referansetall 163 og 165, tilsvarer
 derfor ikke reelle endringer i trykket, men er forårsaket av
 feil i datatelemetri mellom de elektroniske kretser 14 og

signalprosessoren 21. Som vist i fig. 6 tilsvarer toppverdier i temperaturen avslutningen av tømme laget til pumpen 24, og kan observeres ved 166, 170 og 174, mens periodiske minimumspunkter i temperaturen som kan observeres ved 168 og 172

- 5 tilsvarer avslutningen av innsugningsslagene til pumpen 24. Forskjellen i temperatur mellom toppverdiene og de periodiske minimumsverdier tilsvarer fasesammensetningen av fluidet som blir pumpet. Temperaturkurven 160 i fig. 6 viser en indikasjon på gassforekomster. Væsker oppviser typisk temperaturforskjeller under pumping på omkring 1-2°C, avhengig av væskens kompressibilitet. En observasjon av forskjellene i temperatur kan gi informasjon som igjen kan stadfeste andre bestemmelser av kompressibilitet og fluidets sammensetning foretatt i henhold til foreliggende oppfinnelse.
- 10

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for bestemmelse av en egenskap for et fluidsampel fra en formasjon (11), omfattende følgende trinn:
- 5 - hydraulisk avgrensning av fluidsamplet,
- ekspandering av fluidsamplet mens trykket (108) og volumet (107) til samplet måles,
- bestemmelse (21) av et første volum og et første trykk ved hvilket hastighetsforandringen i trykkets størrelse som
- 10 funksjon av volumet avviker fra et lineært forhold,
- bestemmelse (21) av et andre volum og et andre trykk ved hvilket ytterligere ekspansjon av fluidsamplet ikke forårsaker noen vesentlig forandring i trykket til fluidsamplet,
- ekstrapolering av det første trykk og det første volum
- 15 ved hjelp av det lineære forhold inntil det skjærer en ekstrapolering av det andre volum og det andre trykk, idet ekstrapoleringen av det andre volum og det andre trykk ikke innebærer noen nevneverdig forandring i trykket som funksjon av volumet, og på bakgrunn av dette fastlegging av et
- 20 boblepunkt, hvilket boblepunkt omfatter et boblepunkttrykk (130) og et boblepunktvolum (138),
k a r a k t e r i s e r t v e d
- bestemmelse (21) av et tredje trykk, hvilket tredje trykk omfatter trykket til fluidsamplet som er målt ved
- 25 boblepunktvolumet (138),
- bestemmelse av et ekstrapolert samplingsvolum ved det tredje trykk ved å ekstrapolere det lineære forhold fra boblepunktet til et samplingsvolum med det nevnte lineære forhold som tilsvarende det tredje trykk,
- 30 - bestemmelse (21) av et gassvolum som er oppløst i fluidsamplet ved lineært å skalere forskjellen mellom boblepunktvolumet (138) og det ekstrapolerte samplingsvolum med henblikk på differansen mellom det andre volum og boblepunktvolumet.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som dessuten omfatter følgende trinn:

- måling av temperaturen (109A) til fluidsamplet nær et pumpekammer i en pumpe (24) som benyttes for å trekke ut
5 fluidsamplet, hvilket måletrinn gjennomføres mens pumpen (24) er i drift,
- bestemmelse av differansen mellom temperaturen (109A) under et innsugningsslag for pumpen og et tømmeslag for pumpen, og
- 10 - bestemmelse om fluidsamplet omfatter gass ved å sammenligne differansen i temperatur med differansene i temperatur som tilsvarer nærværet av gass.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, der fluidsamplet trekkes ut
15 fra formasjonen (11) ved hjelp av et testverktøy for formasjoner tilknyttet en elektrisk kabel (12), hvilket testverktøy omfatter et samplingskammer (15) med en anordning (111) for å måle volumet til samplingskammeret og en anordning (108) for å måle trykket til fluidsamplet i
20 samplingskammeret (15).

4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som dessuten omfatter et trinn med å bestemme sammensetningen av fluidsamplet ved å fastlegge en Y-korrelasjon.

25

5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, der fluidsamplet er bestemt til å omfatte et system med gass som er oppløst i væske, hvilken gass og hvilken væske omfatter hydrokarboner når den nevnte Y-korrelasjon utgjør en i alt vesentlig lineær
30 funksjon av trykket til fluidsamplet.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som dessuten omfatter følgende trinn:

- måling (21) av temperaturen (109A) til fluid nær et pumpekammer (64) i en pumpe (24) som benyttes for å trekke ut
5 formasjonsfluid mens pumpen er i drift,
- bestemmelse (21) av differansen mellom temperaturen (109A) under et innsugningsslag for pumpen og et tømme-
slag for pumpen, og
- bestemmelse om fluidet omfatter gass ved å sammenligne
10 differansen i temperatur med differansene som tilsvarer
nærværet av gass.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som dessuten omfatter følgende trinn:

- 15 - måling (21) av et volum (107) for fluidet som
transporteres av pumpen som funksjon av tiden mens pumpen er
i drift,
- måling (21) av forskjellen i trykk mellom en inntaks-
forbindelse koblet til et inntak til pumpen og en tømme-
20 forbindelse forbundet med et utløp fra pumpen,
- bestemmelse av viskositeten ved å kalkulere en midlere
fluidhastighet gjennom inntaks- og utløpsforbindelsene med
henblikk på trykkdifferansen, idet trinnet med å kalkulere
den midlere fluidhastighet omfatter bestemmelse av hastig-
25 heten hvormed volumet forandrer seg i pumpen i forhold til
tverrsnittsarealet til inntaks- og utløpsforbindelsene.

8. Fremgangsmåte ifølge krav 7, som dessuten omfatter bestemmelse av forandringer i sammensetningen av fluidet ved
30 å observere forandringer i verdien til viskositeten mens
pumpen er i drift.

9. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som dessuten omfatter følgende trinn:

- måling (21) av et inntakstrykk og et utløpstrykk for en pumpe som er innrettet til å trekke ut formasjonsfluid fra grunnformasjonen, 5
- måling (21) av et fortrenningsvolum (107) for pumpen,
- bestemmelse (21) av et første fortrenningsvolum som foreligger under et innsugningsslag for pumpen ved hvilket strømmingen inn i pumpen begynner,
- 10 - bestemmelse (21) av et andre fortrenningsvolum ved hvilket strømmen inn i pumpen stanser,
- bestemmelse av et tredje fortrenningsvolum som inn-treffer under et tømmeslag for pumpen ved hvilket uttømmingen fra pumpen påbegynnes,
- 15 - kalkulering (21) av en kompressibilitet ved å skalere pumpens inntaks- og utløpsvirkningsgrader med henblikk på differansen mellom inntakstrykket og utløpstrykket, hvilke virkningsgrader bestemmes fra de første, andre og tredje fortrenningsvolumer som er skalert i forhold til et 20 fullstendig slagvolum for pumpen.

10. Fremgangsmåte ifølge krav 9, som dessuten omfatter et trinn med å bestemme et volum av gass som er oppløst i en mengde av fluidet, hvilken fremgangsmåte omfatter følgende 25 trinn:

- pumping av fluidet inn i en beholder (15) med et forutbestemt volum,
- kalkulering (21) av en gassmengde pumpet inn i beholderen (15) ved å skalere virkningsgradene med henblikk 30 på dette forutbestemte volum, og
- skalering av gassmengden som pumpes ved en differanse mellom inntakstrykket og utløpstrykket med henblikk på kompressibiliteten for derved å bestemme gassvolumet som er oppløst i en mengde av fluidet.

11. Fremgangsmåte ifølge krav 9, som dessuten omfatter bestemmelse av en fasesammensetning av fluidet, hvilken fremgangsmåte omfatter følgende trinn:

- måling (21) av temperaturen (109A) til fluidet nær et pumpekammer i pumpen mens pumpen er i drift,
- bestemmelse (21) av forskjellen i temperatur mellom inntaksslaget til pumpen og utløpsslaget til pumpen, og
- bestemmelse (21) av fasesammensetningen ved å sammenligne differansen med differanser som tilsvarer kjente fasesammensetninger.

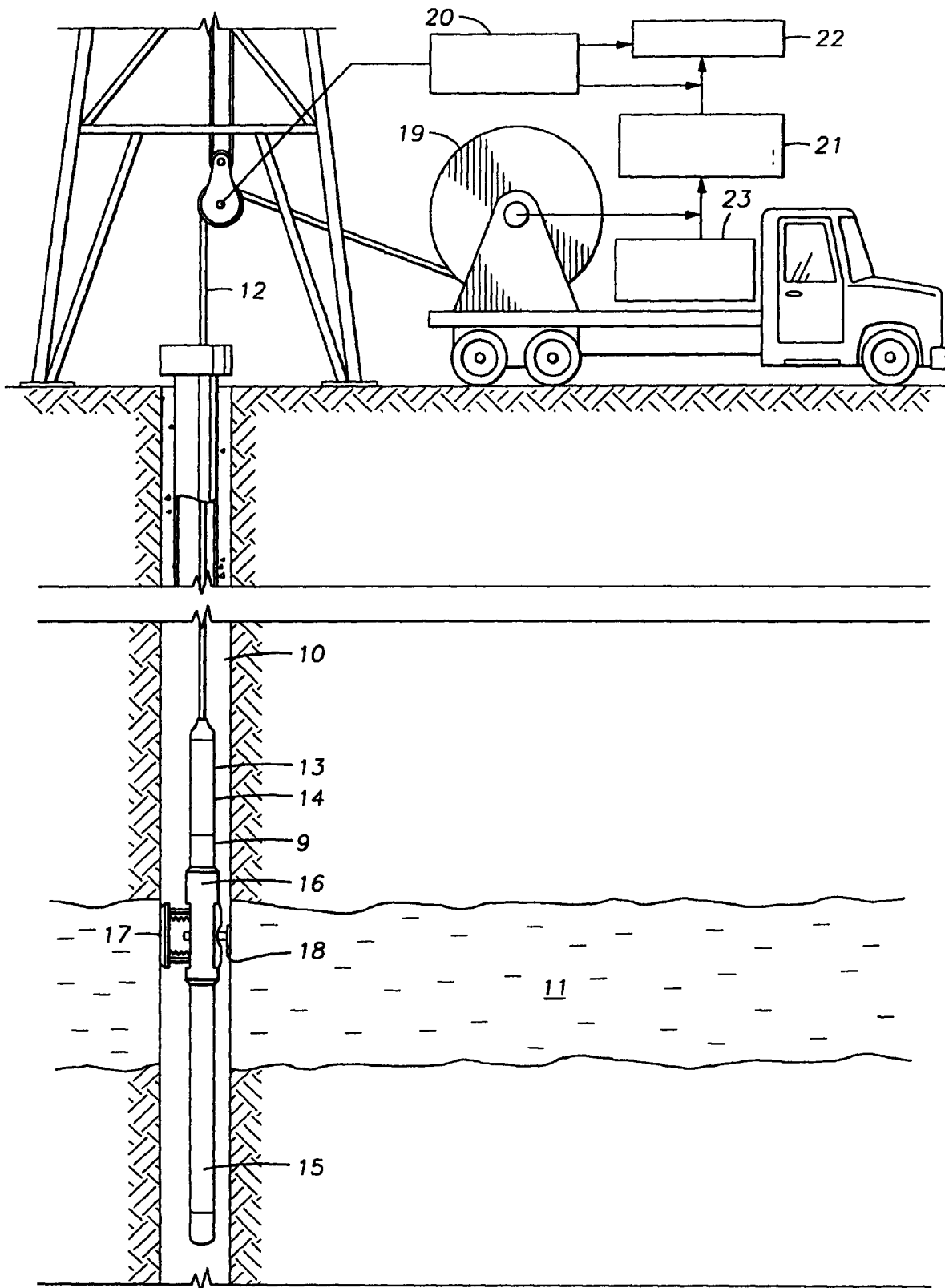


FIG. 1

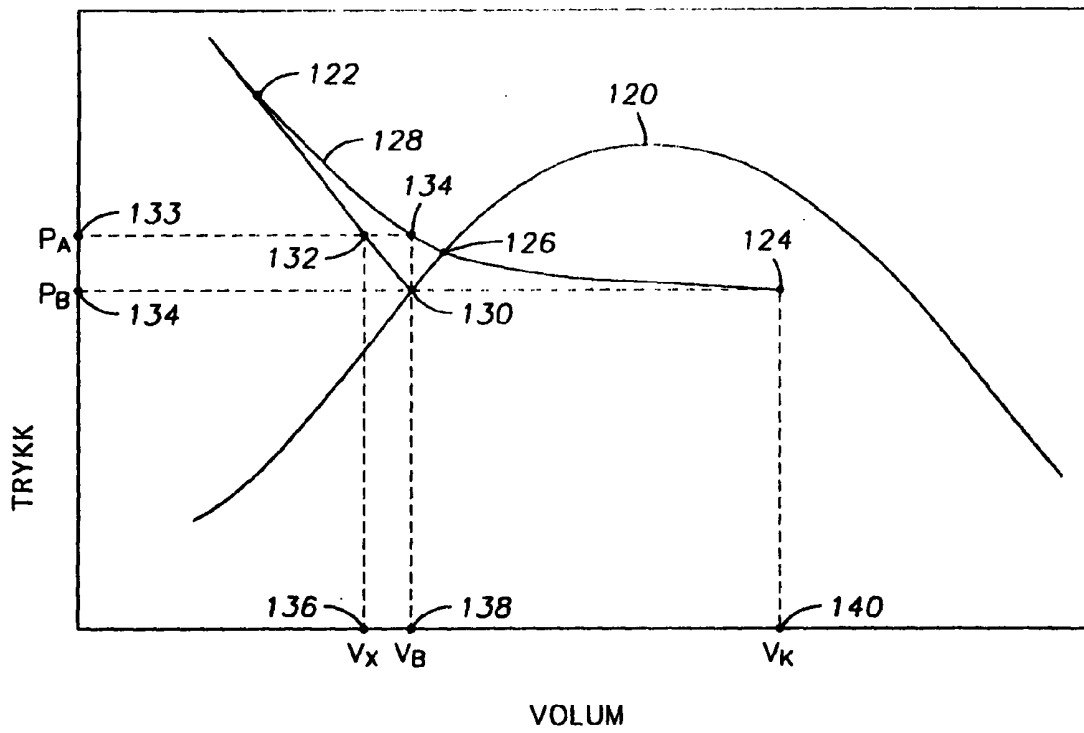


FIG. 3

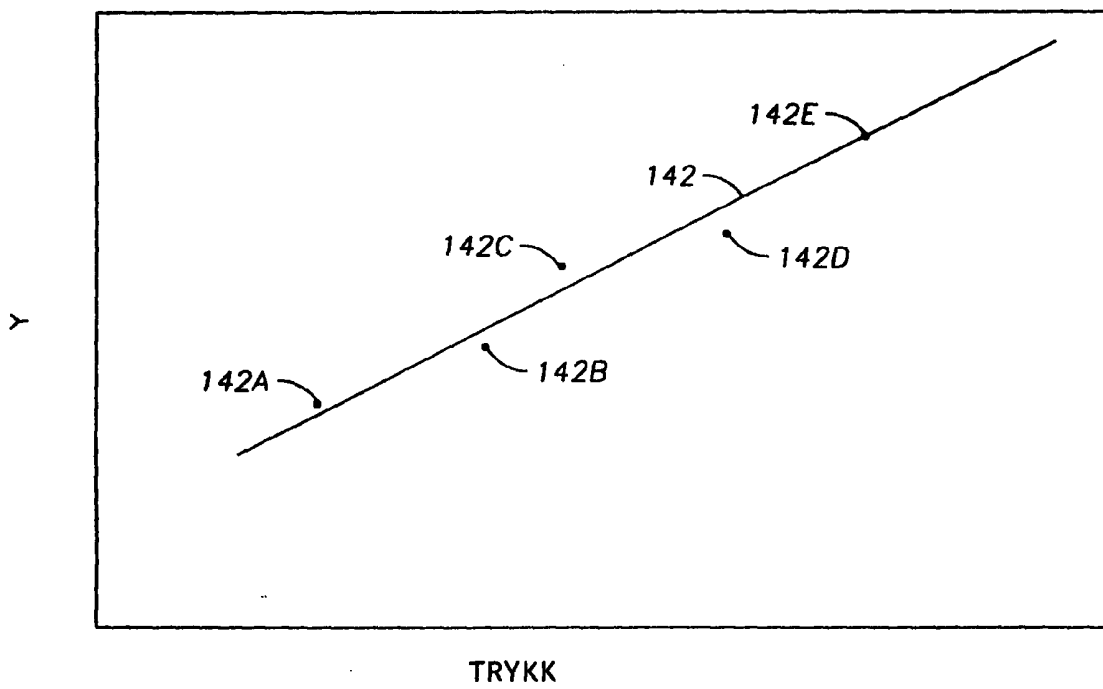


FIG. 4

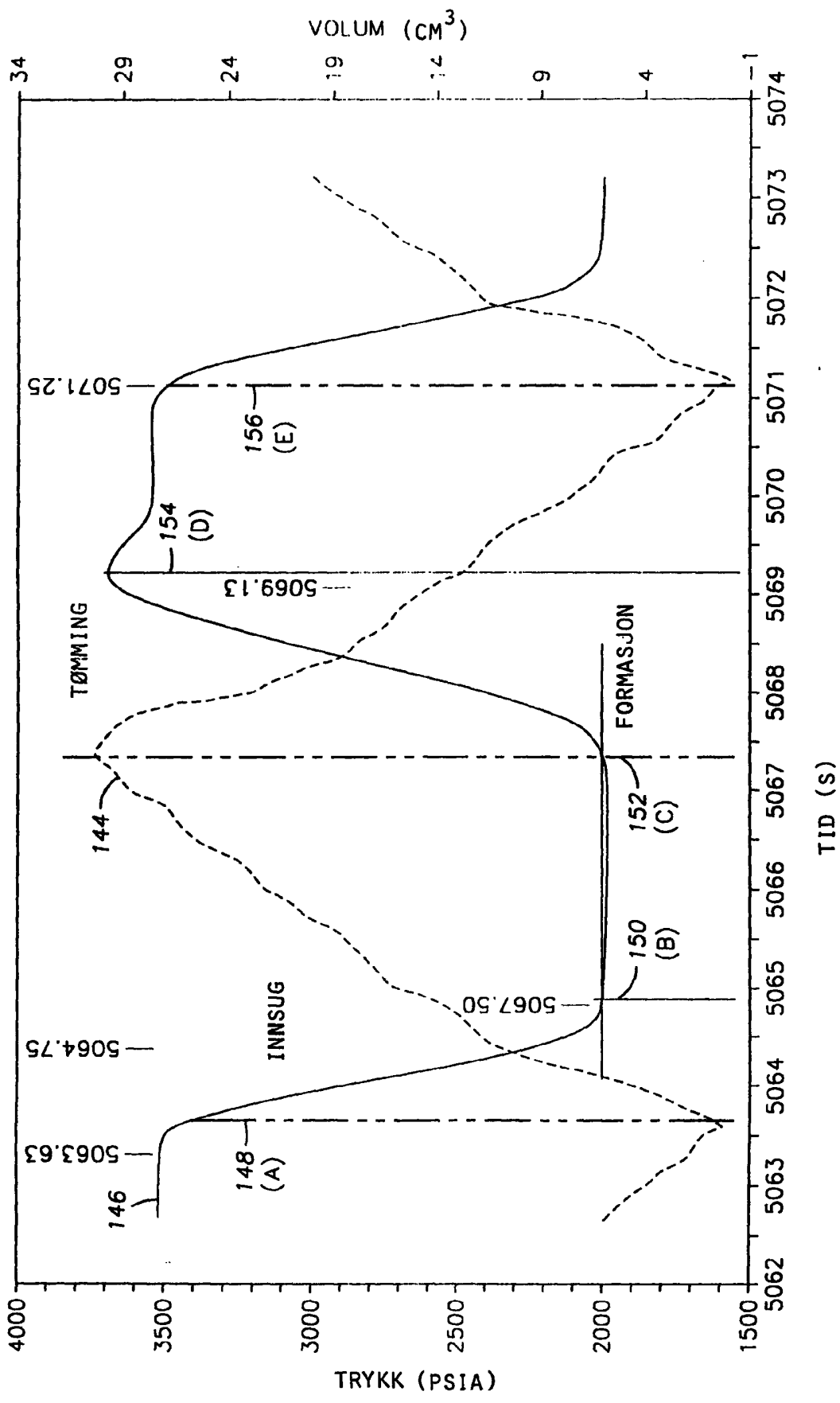


FIG. 5

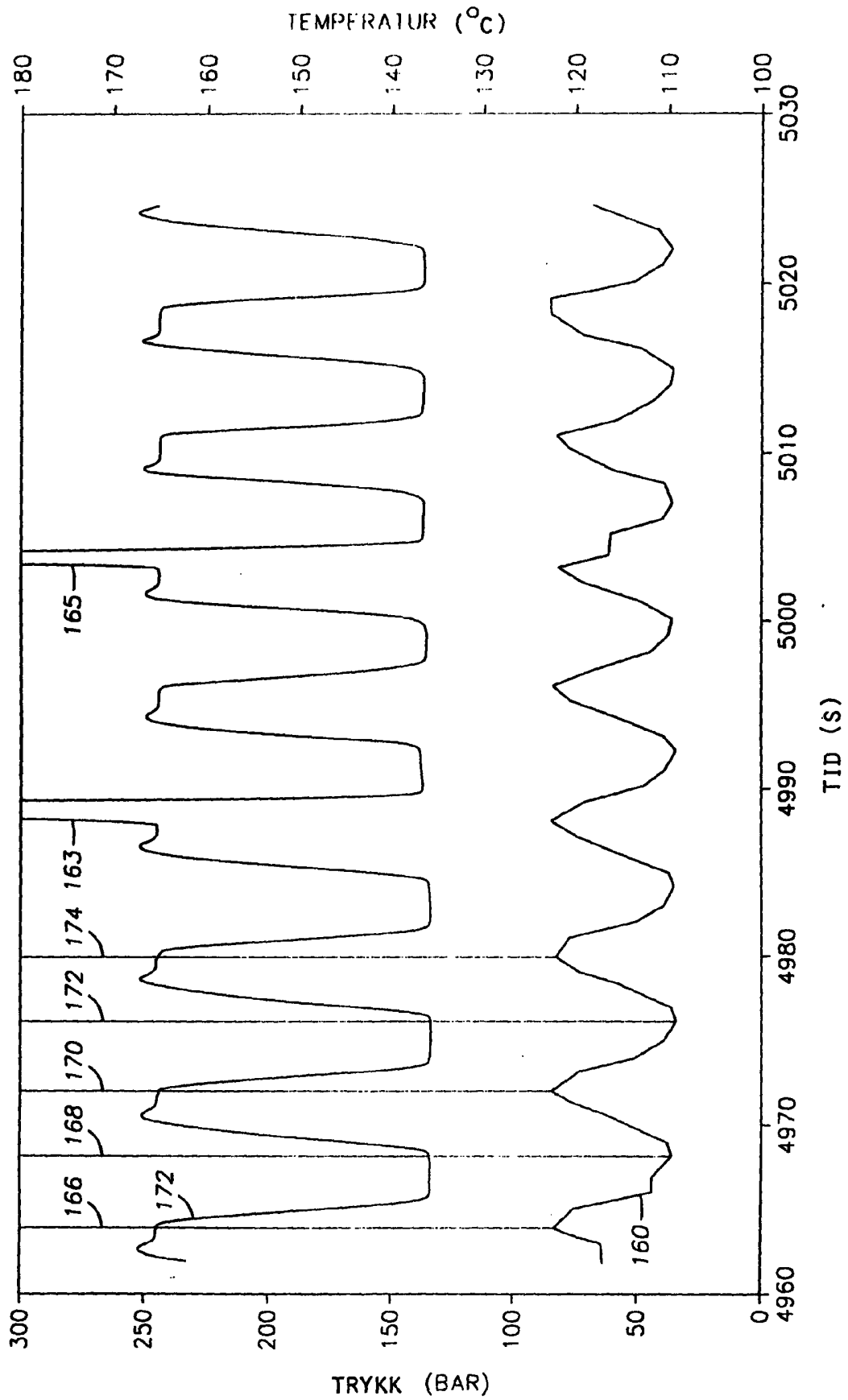


FIG. 6