



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **302255**

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 01 V 1/40

Patentstyret

(21) Søknadsnr	901432	(86) Int. inng. dag og	
(22) Inng. dag	29.03.90	søknadsnummer	
(24) Løpedag	29.03.90	(85) Videreføringsdag	
(41) Alm. tilgj.	01.10.90	(30) Prioritet	31.03.89, US, 331152
(45) Meddelt dato	09.02.98		

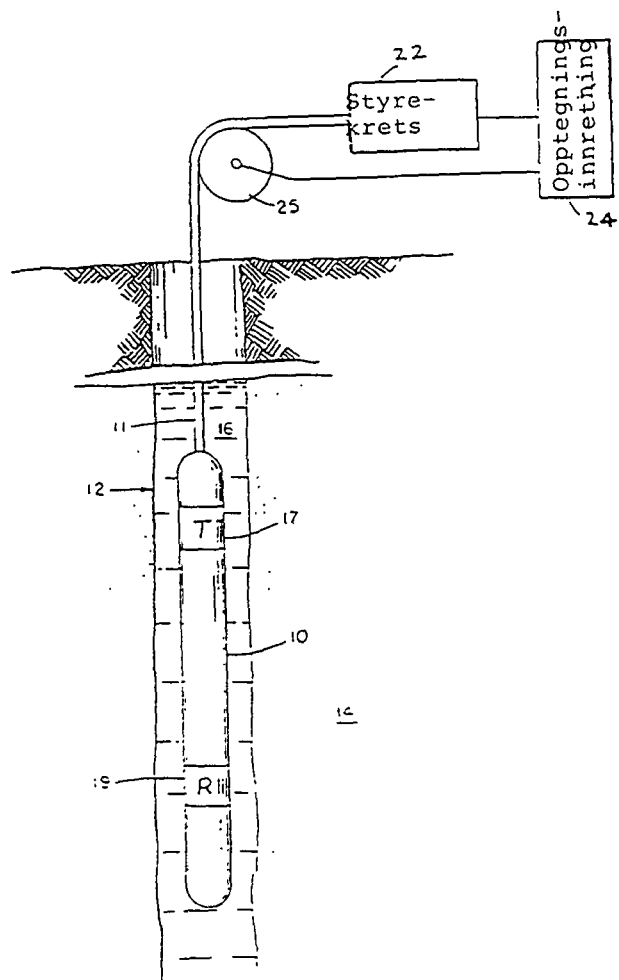
(73) Patenthaver	Mobil Oil Corp, 3225 Gallows Road, Fairfax, VA 22037-0001, US
(72) Oppfinner	Stephen Joseph Manzi, Carrollton, TX, US
	William Louis Medlin, Dallas, TX, US
(74) Fullmektig	Arthur Øvrebø, Bryns Patentkontor AS, 0106 Oslo

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte for akustisk borehull-logging**

(56) Anførte publikasjoner EP A1 284678, US 4354381, US 3747702, US 4255798, US 4718046

(57) Sammendrag

Fremgangsmåte ved akustisk borehull loggesystem, som anvender en akustisk sender 17 eksitert av et tone-utbrudd sveipet i frekvens for å frembringe et akustisk utgangssignal som har et fritt-felt frekvensspektrum med minst en resonans frekvensvibrasjon. En akustisk mottager detekterer et borehulls frekvensspektrum som er representativ for den akustiske senders frie-felt frekvensspektrum endret ved påvirkning av egenskapene til den underjordisk formasjonens materialer innbefattende borehullsveggen. Slik detektert borehulls frekvensspektrum opptegnes i korrelasjon med dybden som er logg for materialegenskapene til de underjordiske formasjonene som omgir borehullet.



Foreliggende oppfinnelse angår fremgangsmåte for akustisk borehull-logging.

5 Det har lenge vært kjent å logge åpne borehull for å måle akustisk bølgeenergi som utbreder seg gjennom fjellformasjonene som omgir borehullet. Loggeverktøy for borehull har blitt anvendt for dette formål med normalt innbefattende en lydkilde, eller akustisk sender og en eller flere mottakere anbrakt i avstand fra hverandre og i avstand fra
10 senderen. Ved å måle utbredelsestiden til slik akustisk energi mellom sender og mottaker er det mulig å bestemme arten eller egenskapene til omgivende fjellformasjoner.

Slike loggeverktøy frembringer typisk akustiske energibølger
15 i form av kompresjonsbølger, skjærbølger, rørbølger og normal modusbølger eller pseudo-Rayleigh bølger. Forskjellige signaltakt og bølgefront analysemetoder har blitt anvendt for å skille mellom disse forskjellige bølgene mottatt ved en gitt mottaker. Forskjellige loggeteknikker for innsamling og
20 analysering av akustisk bølgeenergi i borehullet er beskrevet i US-patentene nr. 3.333.238 til Caldwell; 3.362.011 til Zemanek, Re. 24.446 til Summers og 4.383.308 til Caldwell.

Fra US-patent nr. 4 718 046 er det kjent bruk av et sveip-
25 frekvenstoneutbrudd (frekvenslydsignal) for å eksitere et borehull. Ved denne publikasjonen detekteres frekvensinnholdet til akustiske bølger eksitert i borehullet, ved å bygge på borehull-frekvensreaksjonsfenomener. Borehull-frekvensreaksjonsfenomener bygger på frekvenskomponentene til
30 akustiske bølger som forplanter seg fra en sender til en mottaker ved hjelp av fjellformasjonene som omgir borehullet.

Hensikten med foreliggende oppfinnelse er imidlertid å utnytte borehull-romresonansfenomener, idet det gjøres bruk
35 av borehull-hulromsresonans som bygger på resonans etablert i et utett hulrom (dvs. ringrommet dannet mellom verktøyet og veggen til borehullet).

Ved bruk av borehull-frekvensreaksjonsfenomener som beskrevet i den ovenfor nevnte US-publikasjonen, fullføres frekvenssveipet til senderen i en tidsperiode som er av samme størrelsesorden som den virkelige tiden det tar for den akustiske energien å utbrede seg over senderen til mottakeren, idet dette er i størrelsesorden av et par millisekunder eller mindre. Under disse betingelsene vil det være utilstrekkelig tid til å etablere en form for resonans i borehull-rommet. Den detekterte akustiske energien av mottakeren inneholder således ikke noe informasjon om resonansamplituder. Den inneholder kun informasjon om frekvensinnholdet til de forplantede akustiske bølger. Denne mottatte akustiske energien ble opptegnet som en enkel liten bølge som inneholder forskjellige frekvenskomponenter som så blir anvendt empirisk for å karakterisere fjellformasjonen i forhold til litologi og fluidinnhold.

Fra US-patent 4 255 798 beskrives utnyttelse av resonansfenomen ved borehull-logging hvor denne metoden anvendes på innstøpt huslogging. Her brukes frekvenskomponentene i den reflekterte bølgen for å bestemme tykkelse på innkapslingen.

EP 284 678 beskriver karakterisering av forskjellige materialer, idet bergarter ikke spesifikt er nevnt i denne publikasjonen, ved å observere resonansfenomen forbundet med dielektriske egenskaper til materialer som testes. Resonansfenomen av denne typen (dvs. dielektrikum) forekommer ikke i akustisk bånd, men innenfor ultralyd (dvs. opptil 1 MHz).

Resonansen i borehull-rom ved foreliggende oppfinnelse genererer ikke frekvenser i ultralydbåndet slik som de generert av dielektriske egenskaper i materialer som blir testet i ovenfornevnte publikasjon, men istedet genereres frekvenser i det akustiske området som representerer egenskapene til et materiale som umiddelbart omgir brønnboringen.

Anordningen beskrevet i den ovenfornevnte publikasjon er rettet strengt på laboratorieteknikk hvor en generator må bli koblet til stikkprøver som testes. Selv om denne teknikken
5 kunne bli tilpasset for å bli utført i et borehull, og det er ikke klart at den kan bli anvendt til det, ville den kreve at senderen blir klemmt fast til borehull-veggen ved hvert sted hvor en måling skal bli utført. Ved foreliggende oppfinnelse er hensikten at både sender og mottaker skal henges ned i
10 borehullet, og ingen av de er klemmt eller festet til veggen av borehullet, og ved foreliggende oppfinnelse er det derfor mulig å foreta en kontinuerlig måling. I den ovenfornevnte europeiske publikasjonen måles frekvensmodulasjonen som en sentralfrekvens, mens det ved foreliggende oppfinnelse
15 anvendes amplitudemodulasjon av et sveipe-frekvenssignal for å tilveiebringe dens målinger.

Fra US-patent nr. 4 354 381 er kjent et loggeverktøy som anvender et fast frekvensutbrudd for å eksitere en sender.
20 Hendøingen av mottatte signaler analyseres og sammenlignes med et forutbestemt referansesignal for å frembringe ønskede målinger, og det blir ikke sett på resonansene i signalet som utbreder seg gjennom hulrommet.

Ifølge foreliggende oppfinnelse er tilveiebrakt en ny fremgangsmåte for identifisering av arten eller egenskapene til underjordiske formasjoner som omgir et borehull, hvor det ikke måles akustisk energi som utbreder seg gjennom slike formasjoner, men istedet anvendes effekten som stein-
30 materialet, som danner veggen til borehullet, har på resonanskarakteristikken til akustisk energi sendt fra den akustiske energi senderen over et bredt bånd av akustisk energi- frekvenser. Nærmere bestemt er det ved hjelp av foreliggende oppfinnelse tilveiebrakt en fremgangsmåte hvis
35 karakteristiske trekk fremgår av krav 1. Ytterligere trekk ved oppfinnelsen fremgår av de øvrige uselvstendige kravene.

Ved en utførelsesform blir en omhylling av amplitudemodulasjonen til det opptegnede borehull-frekvensspektrumet detektert og geologiske formasjonsegenskaper identifisert utfra amplitudetoppene på den detekterte omhyllingen.

5

Ved en ytterligere utførelsesform blir frekvensforskyvningen detektert med dybden i resonanstoppene til opptegnet borehull-frekvensspektrumet som en identifikasjon av forandringer i materialegenskapene til de underjordiske formasjonene.

10

Ved en ytterligere utførelsesform blir amplitudetoppene identifisert for fri-felt frekvensspektrum karakteristikken til den akustiske senderen. Amplitudetoppene er også identifisert for borehullets frekvensspektrum karakteristikken til den akustiske senderen som opptegnet av mottakeren til borehullets loggeverktøy innenfor borehullet. Forholdet mellom amplitudetoppene til fri-felts- og borehull-frekvensspektra bestemmes og endres i et slikt anvendt forhold som en indikasjon for endringer i materialegenskapene til de geologiske formasjonene.

15

20

Ved et ytterligere trekk blir den akustiske senderen eksitert med en frekvenssveipe-sinusbølges lydsignal ved periodiske intervaller innenfor borehullet i størrelsesorden av f.eks. 0,3 m. Hvert lydsignal er lineærsveip i frekvens over et område fra 0 til 20 kHz over en tidsperiode i størrelsesorden av et sekund eller mindre. Mottakeren er anbrakt med avstand ikke større enn 0,3 til 0,6 m fra senderen slik at utbredelsestiden fra den akustiske energien til mottakeren er betydelig mindre enn eksiteringsperioden til senderen. På denne måten blir opptegningen av borehullets frekvensspektrumet med dybden ikke påvirket i noen betydelig grad ved forskjeller i utbredelsestiden.

25

30

35

I det påfølgende skal oppfinnelsen beskrives nærmere med henvisning til tegninger, hvor:

Fig. 1 viser et akustisk borehull-loggesystem for bruk i utførelse av foreliggende oppfinnelse.

5 Fig. 2 viser et typisk lydsignal med sveipe-frekvens anvendt for å eksitere den akustiske senderen til det akustiske borehull-loggesystem på fig. 1.

10 Fig. 3 viser et typisk frekvensspektrum utfra den akustiske senderen til det akustiske borehull-loggesystem på fig. 1.

Fig. 4 viser et skjematisk blokkdiagram av en elektronisk krets for operasjon av det akustiske borehull-loggesystemet på fig. 1.

15 Fig. 5 - 7 er typiske akustiske mottaker bølgeformer som kan bli fremvist ved opptegningen av det akustiske borehull-loggesystemet på fig. 1.

20 Loggesystemet vist på fig. 1 innbefatter et langstrakt loggeverktøy 10 som er opphengt i en kabel 11 i et borehull 12 som går gjennom en geologisk formasjon som er av interesse, vist med henvisning til tall 14. Formasjon 14 kan være en antatt olje- eller gass-bærende formasjon som skal bli kjennetegnet med hensyn til sin porøsitet, fluidmetning, eller andre slike informasjoner som kan være av interesse. Borehullet 12 er fylt med væske, slik som boreslam, antydnet med henvisning til tall 16. Loggeverktøyet 10 innbefatter en akustisk sender 17 og med minst en mottaker 19.

30 Signaler fra loggeverktøy 10 blir sendt opp av borehullet av lederen i kabel 11 til et egnet anvendelsessystem ved overflaten. Anvendelsessystemet er for eksempel vist som innbefattende en analyse av styrekrets 22 utenfor borehullet og en oppteigningsinnretning 24 for at utgangssignal fra krets 22 kan bli korrelert med hensyn til dybde, da tilveiebrakt fra trinse 25.

Loggeverktøy 10 kan bli beveget gjennom borehullet ved enhver egnet hastighet mens det opereres for å generere og motta akustiske pulser. Verktøyet vil typisk bli senket ned til bunnen innenfor loggeintervallet og så trukket opp i løpet av loggemålingene ved en hastighet på minst 3 m per minutt. En noe større loggehastighet, for eksempel 6 m per minutt kan normalt bli anvendt.

I samsvar med fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen anvendes borehullets loggesystem på fig. 1 for å utføre en frekvens-avsøkning av geologiske formasjoner av interesse tilliggende borehullet. For å utføre en slik frekvensavsøkning innbefatter den anvendte akustiske senderen 17 i minst en karakteristisk resonansfrekvens mellom et par hundre Hz og flere kHz. En slik sender av resonatortypen kan fortrinnsvis ha form av en transduser av dobbelt bend-type, en transduser av fleksibel skivetype eller en transduser av Helmholtz-typen. En egnet transduser av bend-typen er beskrevet i US patent nr. 4.718.046 til Medlin. En egnet transduser av skivetyper er beskrevet i US patent nr. 3.363.118 til Sims og 4.742.495. En egnet transduser av Helmholtz-typen er beskrevet i US patent nr. 4.674.067.

Frekvensavsøkningen utføres ved å drive den akustiske senderen 17 med en kontinuerlig bølge med sveipet frekvens. Senderen drives fortrinnsvis med en slik kontinuerlig bølge av sveipe-frekvens i en periode på omkring et sekund. I løpet av denne driftsperioden blir frekvensen sveipet med lineær hastighet fra 0 til 20 kHz som vist i fig. 2. Mottakeren 19 er anbrakt med tett avstand fra senderen ikke mer enn 0,3 til 0,6 m for å detektere reaksjonen i borehullet på det sveipete båndet med frekvensen inneholdt i senderens utgangssignal. Mottaker 19 kan være enhver konvensjonelle anordning av for eksempel hydrofontypene eller keramikktypen som anvendes ved akustisk borehull-logging. En slik mottaker

kunne fortrinnsvis ha en flat reaksjon over det akustiske frekvensbåndet.

Når senderen 17 eksiteres med denne drivfrekvensen frem-
5 bringes et spektrum med vibrasjonsenergi. Dersom senderen er
opphengt i et svært stort vannlegeme har omgivelsene liten
effekt og frekvensspektrumet er karakteristikken til kun
senderen. Et slikt frekvensspektrum har blitt kalt det frie
felt spektrumet og er vist på fig. 3 for en Helmholtz-
10 resonator drevet med en kontinuerlig bølge med sveipet
frekvens fra 0 til 10 kHz. Hver amplitudetopp på fig. 3 er
tilknyttet en karakteristisk sender resonansfrekvens. Når en
slik sender er opphengt i et borehull blir imidlertid det
karakteristiske frifelt spektrumet stort sett endret av
15 omgivelsene til borehullet og den tetter til anordnede
mottaker 19 frembringer et borehull-frekvensspektrum som
adskiller seg mye fra det frifelt spektrumet. Dette
borehull-frekvensspektrumet er karakteristisk for både
senderen 17 og borehull-omgivelsen. Borehullet virker i
20 virkeligheten som et lekkasjeresonanshulrom som innfører nye
resonanstopper i frekvensspektrumet. Det relative amplituden
til toppen av frekvensene, ved hvilke de forekommer, er
sterkt påvirket av egenskapene til det geologiske formasjons-
materialet i borehull-veggen. Meter-for-meter frekvens-
25 spektrum tilveiebrakt på denne måten korreleres med slike
endringer i den geologiske formasjonen som litologi og
fluidmetningstilstander.

Med henvisning til fig. 4 tilveiebringer en frekvenssveip-
30 generator 20 et sveipe-frekvensdrev slik som sinusbølge-
drevet på fig. 2 for eksempel. Kommersielle anordninger
tilgjengelig for å generere et slikt lydsignal, slik som en
Modell 7060 Generator handelsført av Exact Electronics,
Hillsboro, Oregon, en annen modell er MC 2500 Power Amplifier
35 handelsført av McIntosh Laboratory, Binghamton, N.Y.
Amplituder er i området av 100 - 150 volt. Denne spenningen
er tilstrekkelig for å generere et akustisk kilde nivå fra

senderen som kan frembringe detekterbare akustiske signaler i konvensjonelle borehull-loggeverktøy. Denne sveipfrekvensen er ført av loggekabel 11 til en effektforsterker 21 ned i borehullet i loggeverktøyet 10. Denne forsterkeren 21 frembringer en drivstrøm som eksiterer den akustiske senderen 17 over sveipefrekvensområdet. Senderen 17 reagerer med sin karakteristiske resonans vibrasjoner og mottaker 19 måler reaksjonen til borehullet på disse vibrasjonene som således tilveiebringer et utgangssignal representativ for et borehull-frekvensspektrum. Utgangssignal til mottaker 19 blir forsterket av en signalforsterker 23 ned i borehullet og ført over kabel 11 til en amplitudedetektor 26 utenfor borehullet. Den kontinuerlige måling av mottakerens 19 utgangsamplitude blir tilveiebrakt i løpet av hver frekvenssveip til amplitudedetektoren 26. En slik amplitudedetektor tilveiebringer en måte å avføle opptegnede amplitude mye hurtigere enn ved konvensjonell signalanalysering. Dette tillater suksessivt opptegning av kurver ved 0,3 m intervaller mens loggeverktøyet beveges langs borehullet ved normal loggehastighet.

Amplitudedetektoren 26 tilveiebringer et utgangssignal som korresponderer med omhyllingen av amplitudetoppene i det mottatte signalet. Denne omhyllingen kan bli beskrevet som en amplitudemodulasjon av frekvenssveipet påvirket ved resonanser i sender og borehull. En slik modulasjonsomhylling blir omformet til et enkelt kurve ved hjelp av en signaldigitaliserer 17 opptegnet ved en opptegningsinnretning 24 slik som for eksempel en magnetisk båndopptager.

Den enkleste type amplitudedetektor er den velkjente dioder og RC-nettverket anvendt som lyddetektor ved AM-radioer. R og C komponentene må bli valgt for å tilveiebringe egnet tidskonstant. Dersom tidskonstantene er for stor vil utgangssignaler ikke følge de hurtige variasjonene i toppamplitudene. Dersom tidskonstantene er for liten vil utgangssignalet inneholde vekselstrømskomponenter forbundet

med de enkelte periodene ved lavfrekvensdelen til den kontinuerlige bølgen. En egnet tidskonstant ville være i størrelsesorden 10 millisekunder tilveiebrakt ved den motstand R lik $10\text{ k}\Omega$ og en kondensator C i størrelse av $1\text{ }\mu\text{F}$.
5 Mer innviklede detektorer kan bli anvendt slik som de basert på et fasesløyfe låseprinsipp for eksempel.

Med henvisning til fig. 5 er vist en rekke med slike kurver frembrakt ved forskjellige dybder i borehull fra utgangssignalet til amplitudedetektoren 26 og signaldigitalisereren 27 i løpet av en borehull-boreoperasjon. Loggeverktøyet blir beveget opp av borehullet ved en hastighet på 300 m/h . Meter-for-meter opptegning av kurven slik som vist på fig. 6 utgjør det som kan beskrives som en akustisk logg av frekvensavstrekningstypen. Frekvenssveipet ved $0,3\text{ m}$ intervaller blir trigget ved hjelp av dybdekoderen 28 på fig. 4. Denne koderen frembringer en triggerpuls ved hvert $0,3\text{ m}$ intervall ved dybden som verktøy beveges opp av borehullet. Pulsen ble også anvendt for å kondisjonere signaldigitalisereren 27 til å starte digitaliseringen av utgangssignalet til amplitudedetektoren 26. Digitaliseringen fortsetter for hele frekvensavsøkningen. Denne perioden blir gjentatt når dybdekoderen frembringer neste triggerpuls fra neste $0,3\text{ m}$ dybdepunkt. Siden sender-til-mottaker avstand er liten og varigheten av frekvensavsøkningen er stor kan forsinkelse på grunn av utbredelsen av akustiske bølger fra sender til mottaker bli neglisjert. Også frekvens sveipehastigheten er lineær. Derfor kan frekvensen bli identifisert som proporsjonal med avstanden langs tidsaksen på fig. 5 med frekvensene f_1 og f_2 markering av endepunktene. For riktig fremvisning av store amplitude variasjonsområder ved hver kurve vil denne fremgangsmåten for opptegningen kreve en utstrakt vertikal målestokk. Svært lang opptegning er nødvendig for å dekke borehull-intervallene av praktisk interesse.
35

Andre mulige opptegninger kunne bli frembrakt ved slike konvensjonelle metoder som komprimering av vertikal målestokken eller ved å anvende skyggeaktige grafikker for å vise amplitude som eksempler. En annen opptegning basert på relativ amplitude av individuelle resonanstopper er vist på fig. 6 for akustiske loggekurver med frekvensavsøkning generert med en fleksibel skyvekilde. Tre utpregede topper forekommer konsekvent ved frekvenser nær 1,2, 2,1 og 3,8 kHz. Disse er karakteristiske senderresonanser, hvis amplituder er følsomme for borehull-materialegenskaper.

Opptegningen av toppamplitudeforhold kan også bli anvendt for å fremvise frekvensavsøkning av akustiske data. Amplitudeforholdet til 1,2 og 2,1 kHz topper på fig. 6 kunne for eksempel bli anvendt på denne måten. 2,1 kHz toppen har blitt funnet å være dominerende ved sendekarakteristikker og er ikke i noen grad påvirket av borehullet. 1,2 kHz toppen har imidlertid blitt funnet å være dominert av borehullet og dets materialegenskaper. Ved å anvende forholdet til disse toppene tilveiebringes en normalisert amplitude som er svært følsom for endringer i borehull-formasjonsegenskapene.

Endringer i frekvensen til en fremherskende topp kan også bli anvendt som en opptegning. Toppen A nær 8 kHz på fig. 7 viser for eksempel viktige frekvensforskyvninger med dybden. En opptegning av en slik frekvens med dybden gir også en bekvem fremvisning for borehull-loggeanalyse.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte for akustisk borehull-logging, k a r a k-
5 t e r i s e r t v e d

a) føring av et borehull-loggeverktøy gjennom et borehull,
idet borehull-loggeverktøyet inneholder en sender for
akustisk energi med et frifelt frekvensspektrum med minst én
10 karakteristisk resonant vibrasjonsfrekvens, og en på noe
avstand anordnet mottaker, og

b) gjentatt eksitering av senderen med et lydsignal med
sveipefrekvens som varer tilstrekkelig lenge til at den
15 akustiske energien blir modulert av resonanser fra hulrommet
mellom loggeverktøyet og borehull-veggen,

c) detektering av akustisk energiamplitude modulert av
borehullets hulromsresonans med mottakeren anbrakt på noe
20 avstand, og

d) opptegning av en amplitude i forhold til frekvens-
utgangssignalet i mottakeren i samsvar med dybden som en
logg for borehull-frekvensspektrumet representativt for den
25 geologiske formasjonen som omgir borehull-veggen.

2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at formasjonen som omgir borehull-veggen identifi-
30 seres utfra borehullets hulromsresonans på den opptegnede
amplituden i forhold til frekvensloggen av borehull-frekvens-
spektrumet.

3.

Fremgangsmåte ifølge krav 2, hvor trinnet med å identifisere
35 materialegenskapene til formasjonene som omgir borehull-

veggen er k a r a k t e r i s e r t v e d at det innbefatter:

a) detektering av en omhylling av amplitudemodulasjonen til
nevnte borehull-hulromsresonanser på borehull-frekvensspek-
5 rumet, og

b) identifisering av materialelegenskapene til formasjonene
som omgir borehull-veggen fra amplitudetoppene til borehull-
hulromsresonansen på den detekterte omhyllingen av borehull-
10 frekvensspektrumet.

4.

Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t
v e d at detektering av frekvensforskyvninger med dybde av
15 hulromsresonanstoppe til opptegnet logg av borehull-
frekvensspektrumet foretas som en identifikasjon av
endringene i materialelegenskapene til formasjonen som omgir
borehullveggen.

5.

Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t
v e d

a) identifisering av amplitudetoppen på den opptegnede
25 loggen av borehull-frekvensspektrumet som kan tillegges
senderens frifelt-resonanskarakteristikker,

b) identifisering av amplitudetoppene til opptegnet logg av
borehull-frekvensspektrumet som kan tillegges til effekten av
30 borehullet på frifelt-resonanskarakteristikkene til senderen,

c) bestemmelse av forholdet til amplitudetoppene utfra
trinnene (a) og (b), og

d) detektering av endringene i forholdet som en iden-
35 tifikasjon av endringer i materialelegenskapene til forma-
sjonene som innbefatter borehull-veggen.

6.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d

5

a) at den akustiske mottakeren anbringes med en avstand ikke
større enn 0,6 m fra senderen,

10

b) den gjentatte eksitering av senderen når loggeverktøyet
senkes ned i borehullet foretas med et sveipfrekvenslydsignal
som varer i minst ett sekund for å tillate borehull-hulroms-
resonansen å bli etablert i hulrommet dannet mellom borehull-
loggeverktøyet og borehullveggen som bevirker frekvenssveipet
til den akustiske energien å bli amplitudemodulert av i det
minste en borehull-hulromsresonans bevirket av borehull-
veggen, og

15

c) opptegning av utgangssignalet til mottakeren som en logg
over amplitude mot frekvens for borehull-frekvensspektrumet.
til borehullet.

20

7.

Fremgangsmåte ifølge krav 6, k a r a k t e r i s e r t
v e d at senderen blir eksitert av et lydsignal med
sveipe-frekvens ved periodiske avstandsintervaller i
borehullet.

25

8.

Fremgangsmåte ifølge krav 7, k a r a k t e r i s e r t
v e d at avstandsintervallene er minst 0,3 m.

30

9.

Fremgangsmåte ifølge krav 6, k a r a k t e r i s e r t
v e d at lydsignalet er en sinusbølge som sveiper lineært
over et frekvensområde fra 0 til 20 kHz.

35

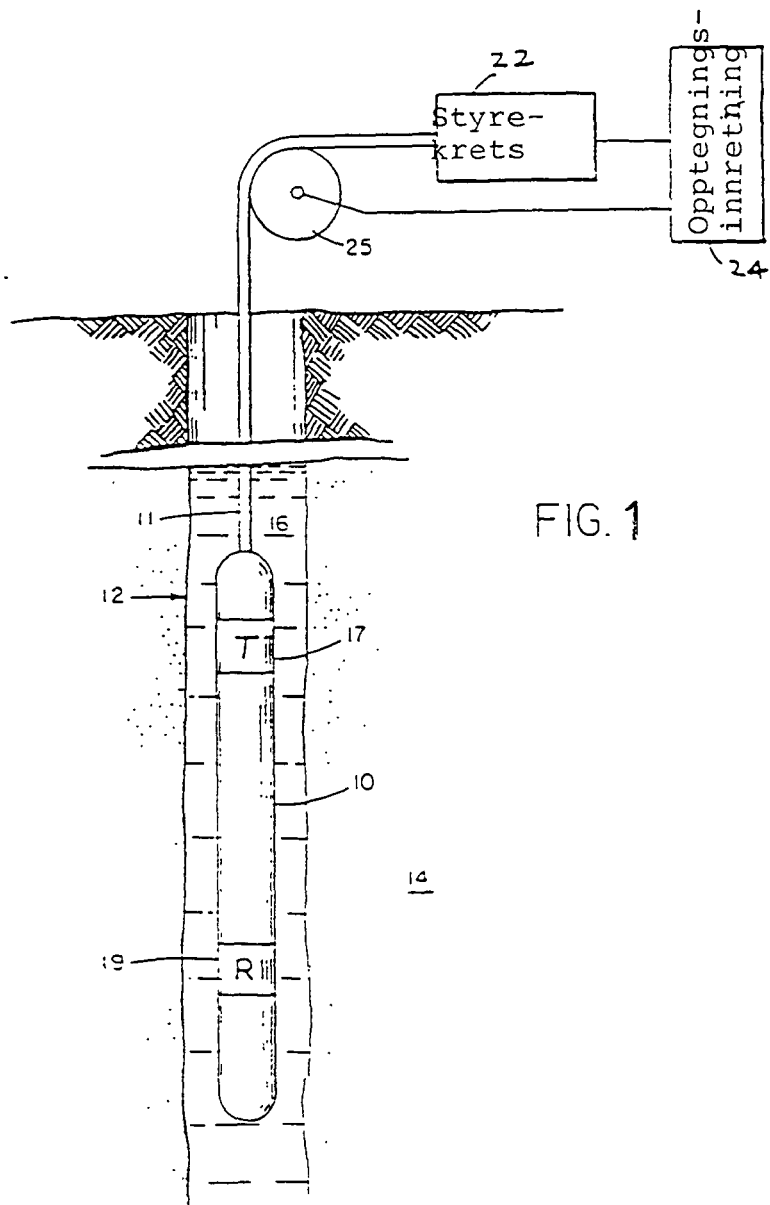


FIG. 1

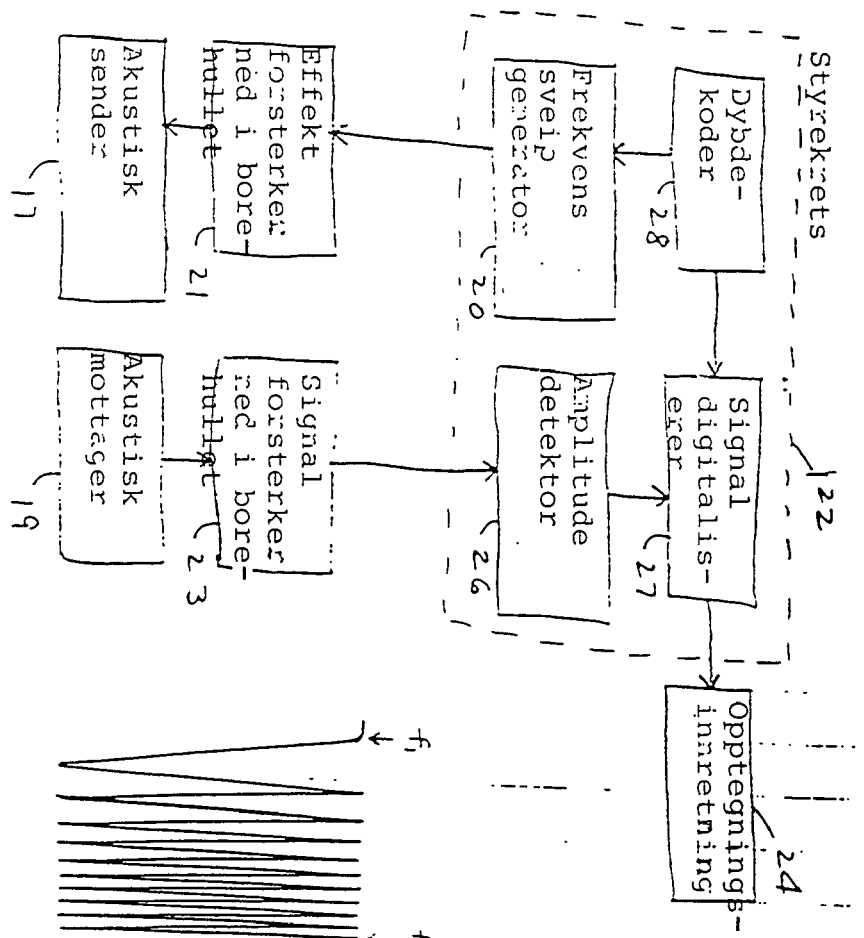


Fig. 4

Fig. 2

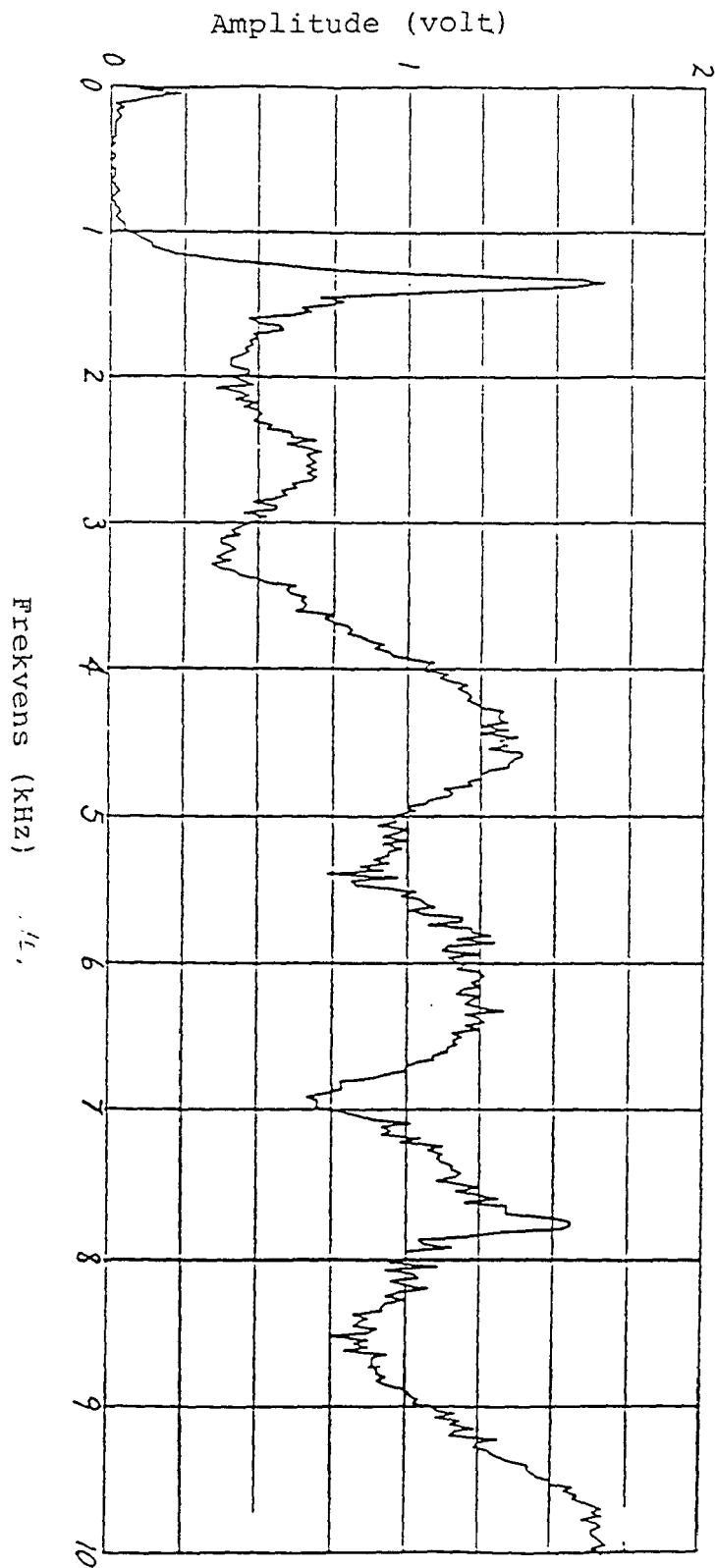
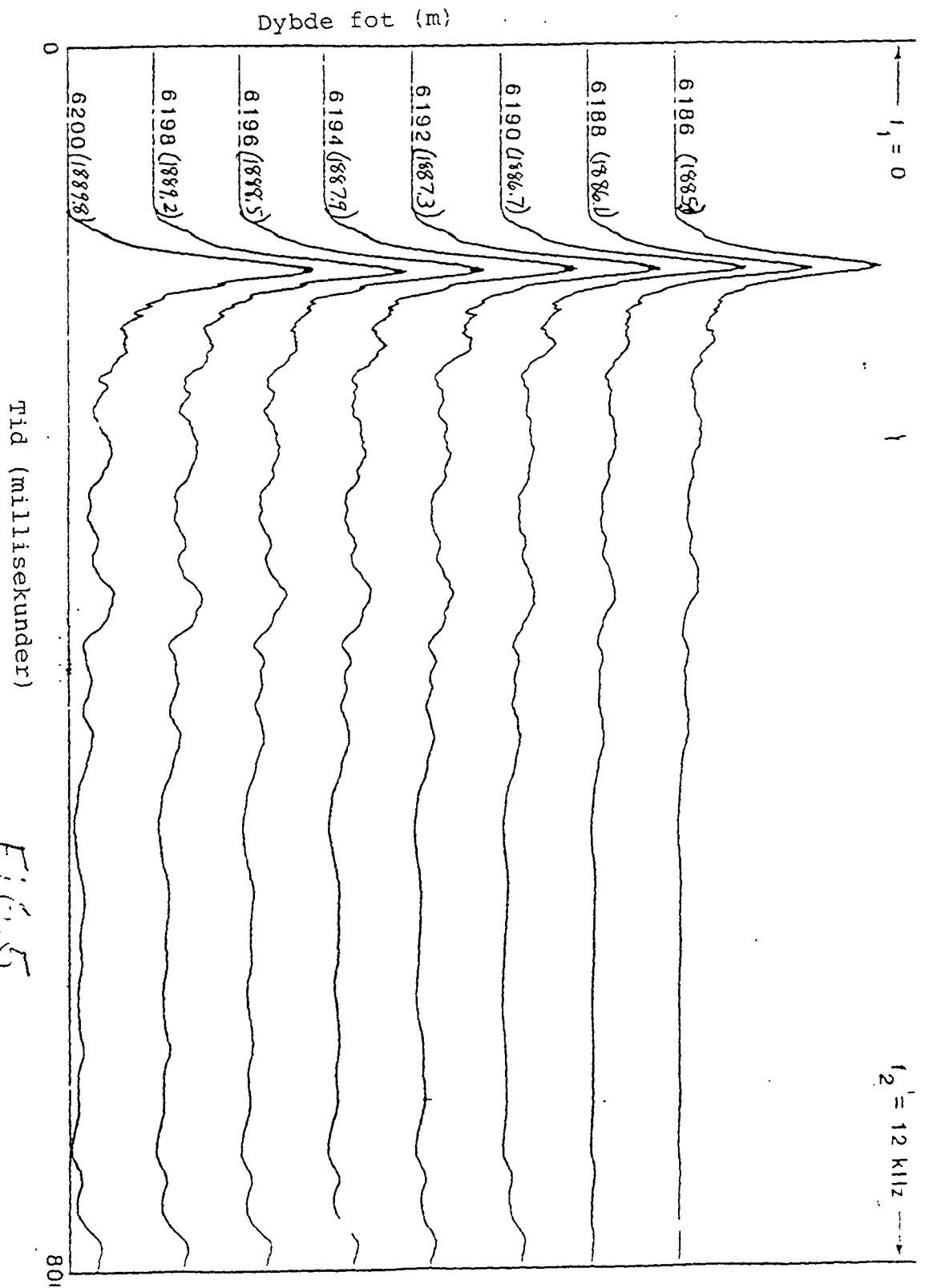
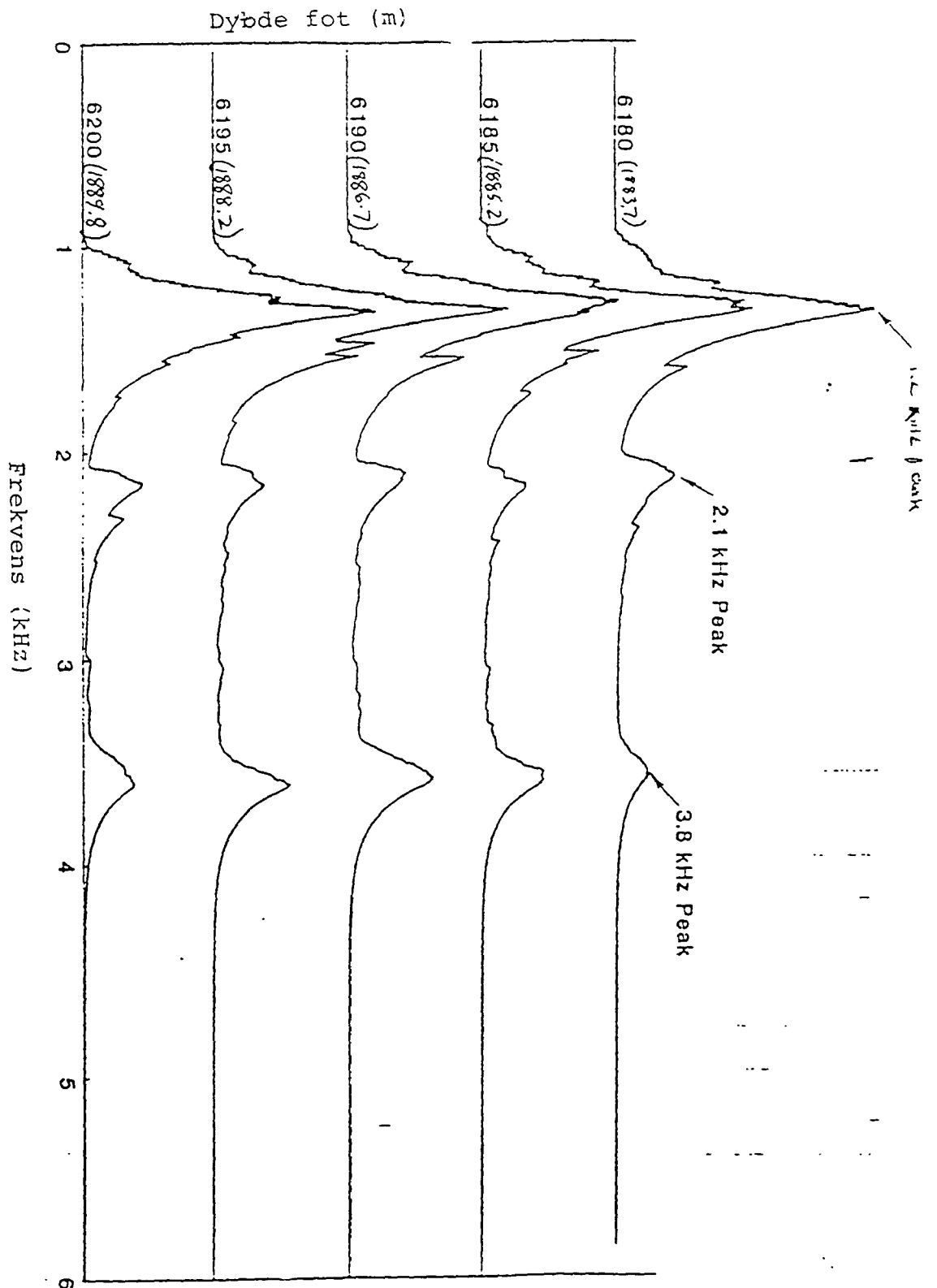


FIG. 3





F16.6

