



(12) PATENT

(19) NO

(11) 337075

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01V 1/28 (2006.01)  
G01V 1/34 (2006.01)

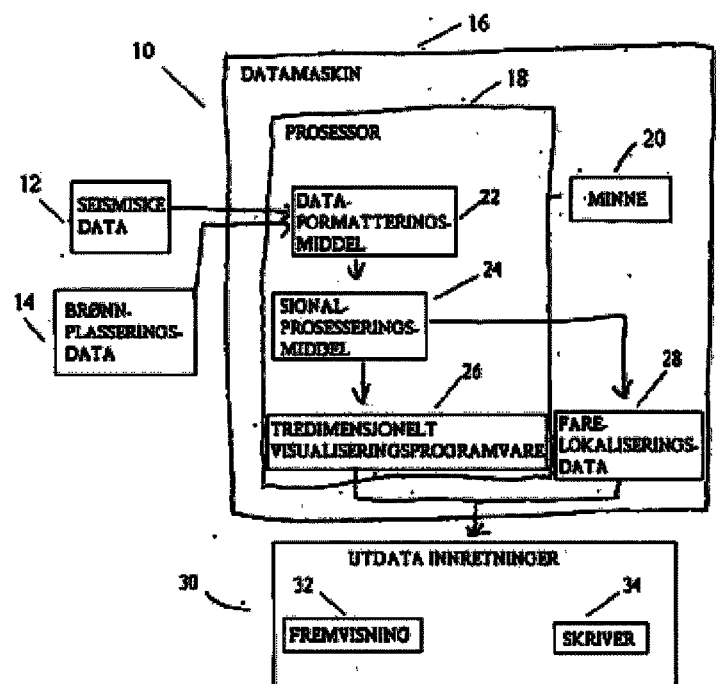
## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20063793	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2005.02.28 PCT/US2005/06643
(22)	Inng.dag	2006.08.24	(85)	Videreføringssdag	2006.08.24
(24)	Løpedag	2005.02.28	(30)	Prioritet	2004.02.26, US, 60/548,515
(41)	Alm.tilgj	2006.11.23			
(45)	Meddelt	2016.01.18			

(73)	Innehaver	Saudi Arabian Oil Company, R-3296, Administration Building, SA-31311 DHAHRAN, Saudi Arabia
(72)	Oppfinner	Stephen C Kellogg, 4172 Lilac, SA-31311 DHARAN, Saudi Arabia
(74)	Fullmektig	Acapo AS, Postboks 1880 Nordnes, 5817 BERGEN, Norge

(54)	Benevnelse	<b>Forutsigelse av risiko forbundet med boring på et grunt sted ved bruk av seismiske refraksjonsdata</b>
(56)	Anførte publikasjoner	US 5555531 A US 6480118 B1 US 5671136 A US 4924449 A
(57)	Sammendrag	

Grunne borrhøyer så som karst, huler, hulrom og ikke-konsoliderte diskontinuiteter som kan være en betraktelig risiko ved leting og utvikling av brønnboreoperasjoner, påvises ved bruk av seismiske refraksjonsdata, hvorpå en serie av analyser av vesentlige egenskaper utføres, og hvor de resulterende dataene videre prosesseres for å frambringe en tredimensjonal visualisering. Refrakterte bølgestråleveier blir svært forvrengte i møte med et karstlandskap med forekomst av tilbakespredende absorpsjon. Den resulterende energien som måles ved overflatemottakere blir betraktelig redusert ved sammenligning med brytningsbølger nedtegnet av andre mottakere hvor ingen karst er tilstedeværende. Et flertall av refraksjoner blir utsatt for en relativt enkel og rask prosessering ved bruk av kommersielt tilgjengelige programvarer for å følge disse forskjellene og kartlegge dem nær overflaten for å forbedre plasseringen av brønner, og for å gjøre boreingeniører og mannskap oppmerksomme på muligheten for å støte på en fare.



Denne søknaden er basert på provisoriske US søknad nr 60/548.515. med søknadsdato 26. februar 2004.

5

#### Oppfinnelsesfelt

Den foreliggende oppfinnelsen er på fagområdet for fremgangsmåter for å anvende tredimensjonale seismiske data fra land- eller sjøbunnskabel (OBC) for å forutse  
10 lokaliseringen av grunne borrefarer så som karsting og tomrom i formasjoner nær overflaten.

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for identifikasjon av grunne borrefarer under overflaten så som karster, tomrom, ikke-konsoliderte  
15 diskontinuiteten og delvise kollapser lokalisert under jordens overflate, ved bruk av seismiske kartleggingsdata fra petroleumsleting utarbeidet for en spesifisert del av en geologisk formasjon som inneholder eksisterende brønner.

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører også anvendelse av hydrokarbonleite  
20 seismiske data framstilt for en spesifisert del av en geologisk formasjon for prosessering og framvisning for å identifisere lokaliseringen av grunne borrefarer under overflaten.

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører i tillegg et databasert system for identifikasjon av grunne borrefarer under overflaten så som karster, tomrom, ikke-konsoliderte diskontinuiteter og delvise kollapser lokalisert under jordens overflate ved bruk av seismisk kartleggingsdata fra petroleumsleting forberedt for en

5 spesifisert del av en geologisk formasjon som inneholder eksisterende brønner.

### Oppfinnelsens bakgrunn

- 10 Det er velkjent at grunne borrefarer i letearbeid og utforskende boring kan representere en signifikant risiko under letearbeidet etter hydrokarboner. Grunne formasjonkarbonater utsettes for tilstedeværelse av grunnvann og oppløsning, noe som skaper tomme luftrom (huler) av varierende og svært irregulære dimensjoner. Noen av disse hulrommene kollapser totalt eller delvis, mens andre forblir intakte.
- 15 Dersom en borrekroner og borrestreng treffer på et slik karstlandskap fører det til et øyeblikkelig tap av sirkulerende fluid, og borrekronen kan også falle gjennom tomrommet i karsten. Dette kan resultere i totalt tap av brønnen og derved store omkostninger.
- 20 Tredimensjonale seismiske produksjonsdata blir normalt innhentet og brukt for avbildning av seismiske refleksjonsdata for målrettede mulige reservoarere. Disse dataene blir så analysert av seismiske interpreteringsprogrammer, i blant ved bruk av tredimensjonale visualiseringsteknikker for å tolke og kartlegge disse reservoarene for å lokalisere områder med hydrokarboner for påfølgende letearbeid
- 25 ved boring. For eksempel kan de seismiske refleksjonsdataene bli avbildet på en tredimensjonal kube eller del av en kube på en skjerm som et kart av data. Denne kjente teknikken er vist i figur 1, men slik den er framstilt der kan refleksjonsdata vise liten kontinuitet og kan derfor ikke hjelpe i å oppdage farer ved grunn boring.
- 30 Petroleumsindustrien har i mange år gjenkjent at det er ønskelig om enn ikke nødvendig å lokalisere og unngå grunne borrefarer. Disse farene under boringen er svært tidkrevende og derfor dyre, og representerer en potensiell fare for

borremannskapet. De fleste industrielle forsøkene på å løse dette problemet er publiserte og i noen tilfeller patenterte, og er forbundet med letearbeid i marine offshoremiljøer. Grunne hulrom under overflaten og potensiale for slamskred kan sette borreoperasjonen i fare. Andre problemer kan forårsakes av skipsvrak og andre obstruksjoner laget av mennesker. Det er også mulig at andre lokaliserte soner av naturgass under trykk kan eksistere i svært grunne steinstratum, og kan være en borrhisiko for utblåsing så vel som en strukturell risiko for plattformen.

I dagens marine letearbeid og utviklingsprogram er det vanlig for både selskaper og myndigheter å kreve anskaffelse av en seismisk fareutredning som vanligvis er todimensjonal for en planlagt borrelokalisering. Dette kravet er særdeles formålstjenelig når store og dyre boreplattformer må bygges og posisjoneres over et område som skal borres. Havbunnen må være i stand til å tåle påkjenningen til kreftene på borreutstyret og operasjonen. Dersom utfallet skulle være uheldig, kan det resultere i et mulig tap av plattformen og det assosierte utstyret, en fare for livene til operasjonspersonellet, og tap av millioner av dollar i kapitalinvestering. Miljørisikoene er åpenbare og betraktelige. Disse marine farene kan påvises ved bruk av streamer seismisk data, og ved forsiktig prosessering av signalet for å opprettholde fasen og relative amplituder på refleksjonsframkomstene i den grunne delen nedenfor vannbunnen. Borrefarer kan ofte påvises ved bruk av en fremgangsmåte så som beskrevet i USP 5.555.531, som anvender tredimensjonale seismiske data i et marint miljø.

Til dags dato har alle kjente forsøk på å lokalisere disse karstlandskapene i seismiske landdata fra karbonate omgivelser vært basert på bruk av seismiske refleksjonsdata. Resultatene har vært begrensede eller dårligere. For eksempel illustrerer figur 2 en dataskjerm som avbilder en todimensjonal visualisering av seismiske refleksjonsdata i følge kjent teknikk på et punkt der man mistet borrefluidsirkulasjon, hvor de tre vertikale linjene i dataene representerer brønnborrer. Som vist i figur 2 gjør bruken av konvensjonelle seismiske refleksjonsdata det umulig å nøyaktig påvise tap av sirkulasjon fordi bakgrunnsstøyen i dataene overdøver de

få sporene tilstedeværende i dataene. Selv om denne refleksjonstilærmingen vanligvis vil virke i et marint miljø, vil den ikke virke på land med høy bakgrunnstøy.

5 Tidligere forsøk på påvise grunne farer inkluderer den såkalte "seismisk i løpet av boring" (SWD) fremgangsmåten. Målet var å oppnå en mulighet til å se framfor borrehodet i løpet av boringen ved bruk av den senkende borrekronen som en kilde for akustikk i sammenheng med overflatelokaliserende mottakere. I USP 6.480.118 blir for eksempel en seismisk i løpet av boring-fremgangsmåte beskrevet som generer seismiske data anvendbare for å se framfor borrekronen som brukes som en kilde for akustikk. De prosesserte foranseende dataene blir anvendt for å maksimalisere borregjennombruddsraten basert på valg av mer effektive borrekroner. Det hevdes at framgangsmåten er anvendbar for å minimalisere risikoen for å støte på ikke-10 forutsette borrefarer. SWD-fremgangsmåten har den ulempen at brønnen allerede er posisjonert og boringen er underveis slik at brønnen kan ha blitt plassert i en ikke-15 ønskelig lokalisering uten at det finnes noe praktisk alternativ annet enn å fortsette å borre.

En annen innfallsvinkel har vært å bruke refleksjonsseismiskdata i et forsøk på å kartlegge karstlandskapet. Til nå har denne framgangsmåten ikke hatt full suksess. 20 Grunnen for denne mangelen på suksess er den relativt dårlige prøvetakingen av refleksjoner i en svært grunn del av den seismiske prestakker registreringen. Uten en svært kartlegging av svært følsom oppløsning som for store borreprogrammer ville det være uoverkommelig på grunn av tidsbruk og kostnader, og det finnes ingen åpenbar fremgangsmåte for å bruke refleksjonsdata som kan forbedres tilstrekkelig 25 for å med sikkerhet identifisere de grunne farene.

Andre forslag og forsøk på å bruke forskjellige typer data så som bakkepenetrerende radar (GPR) har vist seg ikke å være praktiske siden penetrering inn under karstoverflaten ikke er tilstrekkelig.

Fremgangsmåten i følge USP 4.924.444 bruker for eksempel reflektert energi fra en svært spesifikk lokalisering ved bruk av en posisjonelt oppstilling under overflaten. Selv om dette er anvendbart i marine miljøer, er det ikke brukbart på land.

- 5 En gjennomgang av patentlitteraturen har ikke frembrakt en tilfredsstillende løsning på problemet.

USP 6.593.746 beskriver en fremgangsmåte for radioavbildning av strukturer under bakken for kull-leier der etterfølgende analyse er utført ved bruk av full

- 10 bølgeinversjonshode (FWIC). Den kan brukes i gruveoperasjoner hvor sendere og mottakere plasseres i gruvepassasjer, og slike forhold er ikke tilstedeværende under leting etter olje og gass.

USP 6.501.703 beskriver en fremgangsmåte som bruker den første framkomsten av

- 15 seismiske bølger som er brukt for å beregne og korrigere tidsstatistikk.

USP 5.753.723 beskriver en fremgangsmåte for multippel seismisk undertrykking ved bruk av bare én invers spredningsfremgangsmåte for refleksjon og overføring av data.

20

USP 6.473.696 beskriver en fremgangsmåte for å fremskaffe og bruke seismisk hastighetsinformasjon for bestemmelse av fluidtrykk for bruk i analyse av fluidflyt i reservoarer, bassengmodulering og forkastningsanalyse.

- 25 USP 5.671.136 beskriver en prosess som fjerner refraksjonsinformasjonen som er tilstedeværende i dataene og så bruker de seismiske refleksjonsdataene til å definere hydrokarbonbærende stratum, aquiferer og potensielle borre- og gruvefarer ved bruk av visualisering.

- 30 En fremgangsmåte som spesifikt er rettet mot påvisning av borrefarer i marine miljøer ved bruk av høyresolusjonstredimensjonale seismiske data basert på refleksjonsdata som er prosessert for å beholde en bred båndbredde er diskutert i USP 5.555.531.

Den bruker refleksjonsseismisk dataanalyse til å identifisere slamras, skipsvrak, saltstrukturer, mudflyt og fluidutblåsingsegenskaper i dypere havmiljøer, for eksempel på vanddybder på 800 fot eller mer.

- 5 Seismisk data produseres når en seismisk kompresjon akustisk bølgeform er produsert ved overflaten av en kilde så som dynamitt eller en mekanisk kilde, for eksempel en anordning som solgt under varemerke Vibroseis™. Bølgeformen sprer seg ut som en sfærisk bølgepropogasjon inni bakken der den både refrakteres og sendes gjennom bergformasjonene under overflaten. Den reflekterte energien
- 10 vender tilbake til jordens overflate som reflekterte bølger, og der blir den målt av mottakerne, som for eksempel kan være geofoner som har blitt posisjonert på overflaten ved forhåndsbestemte punkter med avstand fra kilden.

Når en kilde genererer en bølgeform blir den spredt i dybden (Z retning) og lateralt (x og y retningene). Når en bølgeform spres ved en særskilt vinkel (den kritiske vinkel) vil den bli avbøyd eller reflektert og reiser videre langs formasjonsgrenseflaten i stedet for gjennom den. Denne delen av bølgeenergien vender tilbake til mottakerne som en brutt bølge.

- 20 Som nevnt ovenfor kan karster eksistere i relativt grunne bergstratum. Geologisk sett er de produsert av steinopløsning, det vil si, en kjemisk reaksjon mellom karbonater og vann. Disse underjordiske hulene eller hulrommene kan være svært irregulære av form og størrelser. Når det gjelder større kaster eller som resultat av en økning i overfjellskreftene kan ikke disse hulrommene lenger støtte vekten av
- 25 bergstratumene ovenfor og de kollapser. Disse kollapsene kan være ikke-konsoliderte, det vil si at det forblir en rekke mye mindre karster, eller de kan være konsoliderte, det vil si for eksempel som et resultat av flere kollapser.

Når en brytningsbølge reiser langs et relativt homogen berggrensesnitt vil

30 bølgeformen gjøre det med en spesifikk fart og reise tilbake til mottakerne på overflaten hvor de registreres over et visst tidsrom, frekvens og amplitud, over et forhåndsbestemt prøveintervall. Men når brytningsbølgen treffer på et tomrom eller

en heterogenitet blir bølgeformen brutt og den resulterende amplituden og/eller frekvensen på bølgen som kommer tilbake til mottakerne er avvikende.

5 På land derimot er situasjonen svært forskjellig. Selv om risikoene og farene for farer nær overflaten er lignende. Disse inkluderer men er ikke begrenset til tap av borrekronen, skade på brønnstrukturer og utstyr, utblåsninger, miljøskader og tap av borrefluidsirkulasjon. De uheldige effektene til et uforutsett møte med grunne borrefarer kan belyses som følger:

- 10 1. Tap av sirkulasjon av borrefluider
  - a) Ethvert plutselig tap av sirkulasjonsborrefluider påfører både et økonomisk tap og en økning i den mekaniske risikoen for utstyret.
  - b) Dersom farer kan identifiseres før boring kan borreingeniørene planlegge slaminjeksjonsprogrammet i forhold til dette, noe som de nå  
15 ikke er i stand til å gjøre. Dette vil resultere i en forbedret bruk av materialer og økonomiske besparelser i løpet av boring.
2. Uventede borrekronerfall.
  - a) Et fall gjennom et hulrom eller en karst kan resultere i mekanisk skade på borrestrengen og kronen.
  - 20 b) Borrestrengen kan bli sittende fast i hullet, noe som resulterer i tap av borrehullet, i hvilket tilfelle hele brønnen må bli gjenboret, noe som medfører enorme kostnader i både tid og penger.
3. Sikkerhetsfølger for personalet
  - a) Dersom grunne karstsoner er ukjente for borrepersonellet kan fallet av  
25 en borrekroner innebærer farer for arbeiderne som jobber på selve boreplattformen.
  - b) I noen tilfeller kan boreplattformen selv skades dersom borestringen faller gjennom borregulvet.
- 30 Problemet med omgivelsene på land, særlig de som er karakterisert ved grunne karbonater og hydritter, er at bruk av refleksjonsdata ikke vil virke slik de gjør i

marine omgivelser, og årsakene til dette inkluderer:

1. For normalt oppnådd seismisk data er undersøkelsene og dimensjonene rettet mot dypere mål som har kommersielt potensiale for hydrokarbonakkumulering. Disse kartleggingene er derfor ikke tilstrekkelig utført i området nærest jordens overflate.
2. Refleksjon og informasjon i den grunne overflaten (over omlag 1000 fot) vil dempes i prosesseringen av dataene. Senere blir dataene målt ved hvert tidspunkt korrigert for normal utoverbevegelse og stakket for å undertrykke bakgrunnsstøy. Problemet er at i disse grunne sonene er der vanligvis utilstrekkelig prøvetakning for å statistisk fjerne bakgrunnsstøyen.

Som brukt heri, blir uttrykkene reflekterte bølger, refleksjonsdata, reflektert energi og reflektorer anvendt vekselvist og synonymt. I tillegg som brukt heri har uttrykkene brytningsbølger, brutt energi, brytningsenergi og refraksjoner ekvivalente betydninger.

De tredimensjonale seismiske kartleggingene er utført primært for å avbilde endelige borreobjektiver som er på en størrelsesorden fra 5000 fot til mer enn 18000 fot under jordens overflate. Disse tredimensjonale kartleggingene er ikke beregnet til oppløsning av grunne mål.

Vanlig praksis innen industrien er å utføre kartlegging av grunne marine farer ved bruk av refleksjonsdata der man leter etter grunne gassinneholdende soner som kan representere en fare for lokalisering og strukturell integritet til offshore borreplattformer. Disse kartleggingene er todimensjonale seismiske profiler og de utføres i dag rutinemessig på grunn av de økonomiske størrelsene som er involvert. En todimensjonal seismisk profil er flere størrelsesgrader mindre kostbar enn kapitalkostnadene for en dypvannsborreplattform, og den marine kartleggingen kan betraktelig redusere risikoen for skade på eller tap av plattformen. Til dags dato har industrielle forsøk prøvd å bruke todimensjonale refleksjonsdata for å visualiserer refleksjonsdata i tredimensjonale avbildinger for å lokalisere grunne farer på samme

måten som marine todimensjonale kartlegginger blitt anvendt. Men man har funnet at klarlegging av farer på land er mer problematisk, særlig i grunne karbonat-sekvenser, på grunn av effekten nær overflaten og omgivelsesstøyforurensing av de seismiske dataene.

5

### Kort sammendrag av oppfinnelsen

Således er fremgangsmåten i følge den foreliggende oppfinnelsen kjennetegnet ved at den omfatter trinnene:

10

- a) å tilveiebringe de originale seismiske dataene som inkluderer refleksjons- og refraksjonsbølgedata innsamlet for den spesifiserte delen av den geologiske formasjonen;
- b) filtrering av de seismiske dataene for å fjerne eller undertrykke refleksjonsbølgedataene;
- c) innsamling og oppbevaring av brytningsbølgedataene;
- d) filtrering av de seismiske brytningsbølgedataene ved filtreringsmiddel valgt fra gruppen som består av tid FK, KL, kjørt data, og kombinasjoner derav;
- e) tidsskifting og korleksjon av de filtrerte dataene for lineær utflyttingsprosess LMO;
- f) separasjon av hver brytningsbølge og beregning av statikker valgt fra datumstatikker, høydestatikker og kombinasjoner av begge;
- g) beregning av gjenværende statikk for hver brytningsbølge for å frambringe refraksjonsminivolumer;
- h) sortering og staking av refraksjonsminivolumene som oppnådd i trinn (g); i lasting av dataene fra trinn (h) inni et tredimensjonalt visualiserings dataprogram og operasjon av programmet for å tilveiebringe visuelle avbildinger;
- j) generering av en likhetskube for hvert brytningsbølgeminikubevolum;
- k) utflating av tidsavbildingen for hver brytningsbølge og likhetsminivolumer;
- l) visuell avbildning av tidslukedomenet;
- m) sammenligning av minivolumenes visuelle avbildning fra trinn (k) med den historiske forventede informasjonen som oppnådd fra faktiske

35

borreoperasjoner i de eksisterende brønnene i den geologiske formasjonen; og

- 5 n) identifikasjon av lokaliseringen, størrelsen og de relative styrkene på enhver borrefare i den spesifiserte delen av formasjonen basert på sammenligning av dataene og informasjonene i trinn (m).

I følge en foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten, inkluderer den et trinn etterfølgende (k) for å prosessere og framvise dataene for analyse i x/y spatialet ved bruk av sammenfallende og tverrgående linjer.

10

I følge en annen foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten, utføres beregningen av datum eller høydestatikker før separasjon av hver brytningsbølge, og de gjenværende statikkene beregnes og er påført hvert refraksjonsminivolum.

- 15 I følge en annen foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten, filtreres de seismiske refraksjonsdataene i trinn (d) ved en fremgangsmåte valgt basert på brytningsbølgedataene.

- 20 I følge en annen foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten, er de visuelle framstillingene skrevet ut for sammenligning.

I følge en annen foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten inkluderer den i tillegg:

- 25 o) plassering av nye brønner for boring i områder som er på avstand av borrefarer som indikert i trinn (n).

I følge en annen foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten inkluderer den i tillegg trinnene:

- 30 inntegning av lokaliseringen av de foreslåtte brønnene i det samme visualiseringsprogrammet som bruk i trinn (i);  
beregning og lagring av refraktoramplituder og frekvensresponser; og  
beregning av dybde og/eller tidskorrelasjoner med de originale refleksjonsdataene fra trinn (a).

- 35 I følge en annen foretrukket utførelse av den foreliggende fremgangsmåten utføres analysen for borrefarer lokalisert ved omlag mindre enn 4000 fot under jordens

overflate. Fortrinnsvis bestemmes dybden ved utformingen av den originale seismiske akkvisisjonskartleggingen og det maksimale registrerte offset områdene.

5 Således er anvendelsen i følge den foreliggende oppfinnelsen kjennetegnet ved trinnene:

- a) analysering av brytningsbølger i en prosesseringsblokk;
- b) valg av offset områder og brytningsbølgehastigheter;
- c) identifikasjon av romslige forandringer;
- 10 d) romslig korrigerings for refraksjons lineær utflyting;
- e) påføring av datumstatikker;
- f) påføring av overflatebestandige gjenværende statikker;
- g) påføring av filtreringsanalyse;
- h) separasjon av refraktorer til separate datasett ved bruk av offset
- 15 områder
- i) påføring av filtrering;
- j) påføring av overflatekonsistente statikker til hvert datasett;
- k) sortering av hvert datasett separat til CMP og stakking;
- l) utdata av SEG Y;
- 20 m) lasting av SEG Y utdata inni tredimensjonal programvare visualiseringsprogram;
- n) utførelse av kvalitetskontroll for analyse og korreksjoner på refraksjonskubene ved bruk av programprosedyrer;
- o) generering av likhetskuber for hvert datasett;
- 25 p) lasting av på forhånd eksisterende brønnlokaliseringsskordinater eller forventede brønnborelokaliseringer inni programmet til trinn (m);
- q) kalibrering av hver brønnlokalisering mot enhver tilgjengelig seismisk data;
- r) analysering av hver brønnborevei gjennom hver refraktor datasett for å
- 30 identifisere bare frafall assosiert med karster;
- s) analysering av likhetskubene mot amplitudvolumene for samsvar; og
- t) valgfritt flatgjøring av refraktoroverflatene for tidslukeanalyser.

Således er det databaserte systemet i følge den foreliggende oppfinnelsen kjennetegnet ved at systemet omfatter:

en utdataanordning; og en prosessor som inkluderer:

- 5 a) midler for å motta de originale seismiske dataene innhentet for den spesifiserte delen av den geologiske formasjonen;
- b) første filtreringsmidler for filtrering av de seismiske dataene for å fjerne eller undertrykke refleksjonsbølgedataene;
- c) midler for å innhente og beholde brytningsbølgedataene;
- 10 d) andre filtreringsmidler for å filtrere de seismiske brytningsbølgedataene ved filtreringsmidler valgt fra gruppen som består av tids FK, KL, kjørt data og kombinasjoner derav;
- e) midler for tidsskifting og korrigerings av de filtrerte dataene for lineær utflyting (LMO);
- 15 f) middel for å separere hver brytningsbølge og beregne statikker valgt fra datumstatikker, høydestatus og kombinasjoner av begge;
- g) middel for beregning av gjenværende statikker for hver brytningsbølge for å frambringe refraksjonsminivolumer;
- h) middel for sortering og staking av refraksjonsminivolumene oppnådd ved beregningsmidlene;
- 20 i) middel for lasting av sorterte og stakkede data inni et tredimensjonalt visualiserings dataprogram og operasjon av programmet for å frambringe en visuell framstilling ved utdataanordningen;
- j) middel for å framstille en likhetskube for hvert brytningsbølge minikubevolum;
- 25 k) midler for å flatgjøre tidsavbildingen av hver brytningsbølge og likhetsminivolumer;
- l) midler for framlegging av utdata til utdatainnretningen av tidslukedomenedata som skal visualiseres;
- m) midler for å sammenligne de visuelle framvisningene av minivolumene fra flatgjøringsmidlene med historisk eksperimentell informasjon frambrakt fra faktiske borreoperasjoner i de eksisterende brønnene i den geologiske formasjonen; og
- 30 n) midler for å identifisere lokaliseringen, størrelsen og den relative graden av enhver borrefare i den spesifiserte formasjonen.

I følge en foretrukket utførelse av det foreliggende systemet omfatter det midler for prosessering og framvisning av data for analyse i x/y spatialet ved bruk av inngående og tverrgående linjer.

- 5 I følge en annen foretrukket utførelse av det foreliggende systemet at prosessoren ferdiggjør behandlingen av datum eller høydestatikker for separering av hver brytningsbølge, og hvori prosessoren beregner og påfører gjenværende statikker til hvert refraktorminivolum.
- 10 I følge en annen foretrukket utførelse av det foreliggende systemet filtreres det seismiske refraksjonsdataene ved først filtreringsmidler basert på brytningsbølgedata.

- 15 I følge en annen foretrukket utførelse av det foreliggende systemet inkluderer utdatainnretningen en skriver for utskrivning av visuelle framstillinger for sammenligning.

I følge en annen foretrukket utførelse av det foreliggende systemet inkluderer det i tillegg:

- 20 o) midler for å motta plasseringsdata for plassering av nye brønner for boring i områder som er på avstand av alle borrefarer identifisert ved identifikasjonsmidlene.

I følge en annen foretrukket utførelse av det foreliggende systemet omfatter det i tillegg:

- 25 midler for inntegning av lokaliseringen av foreslåtte brønner i det samme visualiseringsprogrammet;  
midler for beregning og lagring av refraksjonsamplituden og frekvensresponsene; og  
midler for beregning av dybden og/eller tidskorrelasjoner med de originale refleksjonsdataene.

30

I følge en annen foretrukket utførelse av det foreliggende systemet inkluderer prosessoren signalprosesseringsmidler for å utføre en analyse for borrefarer lokalisert ved omlag mindre enn 4000 fot under jordens overflate. Fortrinnsvis bestemmer prosessoren en dybde basert på utførelsen av den originale seismiske aquisitionskartleggingen og de maksimale registrerte offset områdene.

35

I følge en annen foretrukket utførelse av det foreliggende systemet inkluderer utdatainnretningen:

en avbildning for å framvise en tredimensjonal representasjon av det prosesserte seismiske data fra det tredimensjonale visualiseringsdataprogrammet.

5

Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen bruker refraksjonsinformasjonen som er registrert i løpet av konvensjonelle seismiske tredimensjonale

produksjonskartlegginger. De identifiserbare refraktorene blir separert ut, og

10 

prosessert for å oppnå en fordel ved økt romslig prøvetakning. Hver refraktor er

derved prosessert i et mini tredimensjonalt volum, som er begrenset både av

rekkevidder og tidsrammer. Hver av disse "minivolumene" er når prosessert

analysert ved bruk av kommersielt tilgjengelige tredimensjonale

avbildningsdataprogrammer. Hver refraktors tidsposisjon er korrelert til dens

15 

assosierte refleksjon, og denne informasjonen om tid og dybde beholdes i sammen

med en bedømmelse av den forventede tilstedeværelsen eller graden av

karstedlandskaper.

Fremgangsmåten i følge den foreliggende oppfinnelsen avviker fra konvensjonell

20 

bruk av seismisk refleksjonsdata, og bruker i stedet brytningsdata som er registrert

men vanligvis ikke brukt. Dette øker sterkt mengden prøver per areal. Nær

overflateeffektene av hver brutte bølge er fortrinnsvis behandlet uavhengig, og de

følgende tilleggsprosesseringstrinnene bruker kommersielt tilgjengelige

dataprogrammer, hvor hver refraktor er visualisert for tilstedeværelser av karster og

25 

andre potensielt farlige egenskaper.

På grunn av disse og andre grunner bruker den foreliggende oppfinnelsen

brytningsframkomster hvor prøvetagningen er svært forbedret for å effektivt

kansellere bakgrunnsstøy. Forbedringen av signal til støyforholdet tillater analyse av

30 

brytningsinformasjonen. Videre forsøker oppfinnelsen å nøyaktig påvise

tilstedeværelsen av karstedlandskaper så som tomrom under overflaten eller hulrom,

og brytningsbølger er ideelle for dette formål siden de reiser langs bergformasjonene

av interesse. Bruken av brytningsforkomster med målrettet prosessering av disse

bølgeformene i omgivelsene på land former basis for fremgangsmåten i følge oppfinnelsen.

5 Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen ser helt bort i fra refleksjonsdata og fokuserer i stedet på brytningsbølger nær overflaten. Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen er målrettet mot kilden til potensielle problemer og farer involvert i boring etter hydrokarboner i karbonate formasjoner hvor karsting og ikke-konsoliderte kollapser kan foregå. Fremgangsmåten tilveiebringer data (1) for å varsle borreingeniørene om nærværet av disse farene, og (2) for å tillate plasseringen av brønner på de beste 10 lokaliseringene for å unngå alle grunne farer under overflaten.

Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen har de fordeler at den forbedrer økonomien og tryggheten ved boring for hydrokarbonleting og utvinning ved bruk av elementer ved på forhånd eksisterende seismisk data som vanligvis ikke brukes eller undertrykkes 15 ved å prosessere dette på en ny måte og presentere det for tolkning i en form som tilrettelegger for identifisering av karster og andre grunne borrefarer.

Oppfinnelsen fremskaffer en ny prosess som bruker oljeletingsteknologier på en annerledes måte for et annerledes og spesifikt formål, det vil si for å identifisere 20 potensielle borreproblemer i grunne deler og soner hvor farene oftest eksisterer. De analytiske verktøyene som er brukt i denne nye prosessen er kjent for de med vanlige kunnskaper om seismisk prosessering og tolkning, men prosessen til oppfinnelsen har ikke tidligere blitt identifisert eller brukt av de med vanlige ferdigheter på disse feltene.

25

Den primære bruken av seismiske brytningsdata i følge tidligere kjedt teknikk har vært å opplaste tidsstatikken forårsaket av romslige fartsvariasjoner nær overflaten gjennom en variasjon av velkjente fremgangsmåter inkludert tomografi.

Brytningsdata blir normalt ikke brukt for konvensjonell brytningsbasert seismisk 30 dataprosessering.

Til sammenligning tilveiebringer bruken av brytningsframkomster en svært overlegen romslig prøvetakning. I prosessen i følge den foreliggende oppfinnelsen blir seismiske refleksjonsdata ikke brukt eller neddempet, og brytningsdata brukes i stedet for analyse. Man bør bemerke seg at dette særskilte aspektet i følge  
5 fremgangsmåten i følge oppfinnelsen ikke bare er en forbedring av tidligere fremgangsmåter, men i stedet er det en fundamentalt forskjellig måte å bruke brytningsbølger og brytningsenergi på.

Dataene som brukes i prosessen i følge oppfinnelsen er med fordel de allerede  
10 eksisterende seismiske produksjonsdataene som ble utviklet for å lete etter hydrokarbonakkumulasjoner. Men fremgangsmåter i følge oppfinnelsen kan også anvendes med seismiske refraksjonskartlegginger inkludert deler og kryssspredninger. Prosessering av de seismiske refraksjonsdataene begynner med identifisering av brytningsbølgene eller refraksjonene og deres lineære hastigheter  
15 som de beveger seg utover med. Refraksjonsdataene er filtrert, tidskiftet og korrelert for lineær bevegelse utover (LMO). Filtringen kan foregå ved tid, frekvensbølgenummerfiltrering (FK), Karhunen-Loewe (KL) dataprosessering, og datadrevne teknikker. Disse og andre filtreringsteknikker er velkjent på feltet og er sett på som standardteknikker.

20 Hver refraktor blir så separert. Datum eller hovedstatistikker blir beregnet og påført, og gjenværende statistikker blir utført på hver refraktor separat. Det senere trinnet kan utføres før separasjon, men bedre resultater oppnåes ved bruk av separerte refraktordata. Resultatet av disse trinnene er et flertall av refraksjons "minivolumer",  
25 som så sorteres og stakkes. Disse stakkede refraktor minivolumene kan så bli utsatt for etterstakkings signalprosessering dersom forholdene krever dette. Forhold som krever etterstakkingssignalprosessering kan inkludere sterk sammenhengende støy generert av omgivelsene på overflaten, så som motoriserte kjøretøy på en hovedvei, pumper, fly, hovedrørledninger og til og med sterk vind. Passende programvare for  
30 bruk i denne fasen i følge fremgangsmåten er tilgjengelig fra Paradigm Geophysical under varemerket Disco/Focus<sup>TM</sup>. Refraksjonsminivolumene blir så lagt inn i et kommersielt tilgjengelig tredimensjonalt visualiseringsdataprogram for analyse.

Passende visualiseringsprogrammer er solgt av Paradigm Geophysical under varemerkene VoxelGeo™ og GeoProbe™, og andre programmer inkluderer Earth Cube™ og Geo Viz™. Disse programmene tilveiebringer for analytikerens skjermbilder hvor fra analytikerens kan tegne inn eksisterende eller planlagte

5 brønnlokaliseringer. Minivolumene kan så analyseres separat. Det neste trinnet er å generere en lignende kube fra hver refraktor minikube/volum.

Tidsbildet av hver refraktor vil normalt sett variere i rom og tid, og dersom datakvaliteten tillater det, kan disse overflatene utflates for å tillate analyse og

10 fortsette i tidsdeldomenet med stor effekt. Effekten av tidsdelanalysen er å faktisk kunne se karstedslanskapene på et kart som en funksjon av tid. Dersom det er en god generell datakvalitet, gir denne analyseringsmåten de seismiske fortolkerne og borreingeniørene et anslått volum av karstedhulrommet. Dersom det er en ikke-konsolidert kollaps, kan den samme visuelle effekten observeres.

15

Dersom dataene er av forholdsvis dårlig kvalitet, kan analysen likevel gjennomføres med fordel gjennom å utføre den i x/y rom, ved bok av inliner og kryssliner eller overganger valgt av analytikerne.

20 Den basiske tilnæringsmåten i følge fremgangsmåten i følge oppfinnelsen er å analysere hver refraktor hvor data fra eksisterende brønner ikke viste noen hendelser i deres borrehistorie som tapt sirkulasjon, borrekronerfall, eller andre lignende problemer. Disse punktene vil vise en ikke-forstyrret refraktor amplitud/frekvens/likhetsrespons. Den samme analysen blir så utført for

25 problembønnene for å etablere en enkel og direkte kalibrering av dataene. De allerede nevnte lignende volumene blir brukt med det formål å bekrefte observasjonene sett i amplitude/tidsminivolumene. Dersom dataene er av veldig dårlig kvalitet, kan likhetsvolumene være svært anvendbare når man utfører analysen.

30

Foreslåtte brønnplasseringer blir så tegnet inn i visualiseringstilnærmelsen og korresponderende refraktor amplitud/frekvensresponser blir nedtegnet. Dybde og/eller tidskorrelasjoner med data blir så utført.

- 5 Resultatene av disse analysene blir kommunisert til borreingeniørene for å la dem foreta nødvendige forandringer på lokaliseringen av planlagte brønner. I det tilfellet hvor man borrar i et etablert felt med bestemte avstander mellom brønner, kan det være at det ikke er mulig å flytte på brønnplasseringen. I slike tilfeller kan borreingeniørene planlegge brønnboringsprogrammet med identifiserte farer slik at
- 10 passende forandringer kan bli gjort for slamkompensasjon og vekt, borrehastigheter og andre borreparametere.

Fra beskrivelsen ovenfor vil det være forstått at den nye prosessen bruker konvensjonelle seismiske data på en ny måte for imøtegå et gammelt problem ved

15 mekaniske borrhorisikoer i grunne dybder på mindre enn 3000 fot ved bruk av en kilde til mottaker forskyvelsen som ikke normalt er anvendt på felter for å påvise grunne borrefarer. Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen bruker refraksjonsinformasjonen på en ny uventet og ukonvensjonell måte for et nytt formål.

- 20 På noen lokaliseringer er det få brønner i det geografiske området som etterforskes, og da er det ikke mulig å kalibrere de prosesserte seismiske data fra brutte bølger for å kartlegge brønnene. Støy og statikk er også faktorer som man normalt møter på, særlig i områder hvor overflateinfrastrukturen er oppbygd så som hovedveier, hovedrørledninger, byer og lignende. Under slike forhold hvor kalibrering er
- 25 vanskelig, blir den maksimale likheten og amplitudene lokalisert, og det forventes at disse er områder med potensielt minimale men ikke ikke-eksisterende borrhorisikoer. Statikk og støyfaktorer kan forutsees og deres effekter blir minimaliserte ved bruk av konvensjonelle signalprosesserings teknikker som er velkjente på feltet.

- 30 Det vil også forstås av en med vanlige ferdigheter på feltet at dersom karster og ikke-konsoliderte kollapser blir identifiserte i karbonate stratum, og disse faremomentene ikke kan unngås på grunn av mangel på plass, vil deres

identifisering la borreingeniørene og personell planlegge i følge dette for å minimalisere uønskede konsekvenser i løpet av borreoperasjonen.

5 Prosessen i følge oppfinnelsen er med fordel brukt for å identifisere store karster og ikke-konsoliderte kollapsede elementer under overflaten før boringen, og kan også brukes når man skal velge brønnplasseringer som vil fjerne eller minimalisere borrheterisikoen for tapt sirkulering. Oppfinnelsen kan også brukes for å identifisere svært grunne og gassholdige soner. Flere fordeler inkluderer å gi borreingeniørene informasjon som lar dem planlegge boringen på en mer intelligent og effektiv måte  
10 for å redusere kostnader. Til sist kan det å gi ingeniørene en tidlig advarsel om disse farene føre til at borreplanene kan endres for å øke sikkerhetsprofilen ved å borre igjennom enhver farefull sone som ikke kan unngås på andre måter.

Oppfinnelsen kan anvendes til å borre brønner som bruker en borestring og krone  
15 inkludert boring av brønner for hydrokarboner, vannbrønner og observasjons/injeksjonsbrønner. Oppfinnelsen kan anvendes på land, for overgangssoner og grunt vann hvor en sjøbunnskabel (OBC) blir brukt. Oppfinnelsen er anvendbar ved enhver seismisk kilde/mottaker konfigurasjon eller type som er konsistent med de ovenfor nevnte fremgangsmåter, så lenge refraksjonsdataene har  
20 blitt registrert. Operasjonsdybden hvorved prosessen kan anvendes er begrenset bare ved den registrerte rekkevidden til de tredimensjonale seismiske kartleggingene.

## 25 Kort beskrivelse av tegningene

Foretrukne utførelser av oppfinnelsen er beskrevet nedenfor med referanse til tegningene hvori:

Fig. 1 illustrerer et kart i følge tidligere kjent teknikk av refleksjonsseismisk data.  
30 Fig. 2 illustrerer en konvensjonell framvisning av refleksjonsseismisk data i følge tidligere kjent teknikk.

Fig. 3 illustrerer et blokkdiagram av systemet i følge den foreliggende oppfinnelsen.

Fig. 4 illustrerer et sidesnitt av det konseptjonelle rammeverket for operasjon av den foreliggende oppfinnelsen.

Fig. 5 illustrerer et toppriss av en konseptjonell rammeverk av operasjon i følge den foreliggende oppfinnelsen.

5 Fig. 6 illustrerer en framvisning av et midtnivå av offset spor.

Fig. 7 illustrerer en framvisning av refleksjonsdata, prosessert i stakker av data med lange offsette spor.

Fig. 8 illustrerer et flytdiagram for den generelle fremgangsmåten for utførelse av den foreliggende oppfinnelsen.

10 Fig. 9 illustrerer et skjermbilde av seismisk data sortert inni offset eller azymuth data med fortegn.

Fig. 10 illustrerer applikasjon av et båndpassfilter på de sorterte dataene i figur 9.

Fig. 11 illustrerer applikasjon av høyde og/eller frekvens komponent statikk til det filtrerte dataene fra figur 10.

15 Fig. 12 illustrerer normalisering av de prosesserte dataene fra figur 11 ved automatisk vinningskontroll.

Fig. 13 illustrerer offsetting av verdiområdene til de normaliserte amplitudene i figur 12 ved bruk av massedataskift.

20 Fig. 14 illustrerer applikasjon av gjenværende statikk for hver offset rekkevidde for dataene i figur 13.

Fig. 15 illustrerer et flytskjema for en annen utførelse av fremgangsmåten for framførelse av den foreliggende oppfinnelsen.

Fig. 16-17 illustrerer flytskjema for en annen utførelse av fremgangsmåten av utførelsen av den foreliggende oppfinnelsen.

25 Fig. 18 illustrerer et flytskjema for en tilleggsutførelse av fremgangsmåten for utførelse av den foreliggende oppfinnelsen.

Fig. 19 illustrerer et kart av illustrerende brønner som går gjennom forskjellige brønner.

30 Fig. 20 illustrerer en kross-seksjon av et tredimensjonalt bilde av et medium offset stakkingskub.

Fig. 21 illustrerer en lignende gjengivelse av mellom offset stakkingskuben i figur 20.

Fig. 22 illustrerer en kryss-seksjon av en tredimensjonal avbildning av et lang offset stakkingskubene.

Fig. 23 illustrerer en lignende gjengiving av de langt offsette stakkingskubene i følge figur 22.

5 Fig. 24 illustrerer en mid offset stakkingskubene langs en annen gjennomgang vist i figur 19 for et første sett med brønner.

Fig. 25 illustrerer en mid offset lignende kube vist i et riss av det første settet med brønner.

10 Fig. 26 illustrerer et lang offset stakkingskubene avbildning i en kryss-seksjon på det første settet av brønner.

Fig. 27 illustrerer en lang offset lignende kube vist i et riss av kryss-seksjonen for det første settet brønner.

Fig. 28 illustrerer en mid offset stakkingskubene med riss av kryss-seksjon for et andre sett med brønner.

15 Fig. 29 illustrerer en mid offset lignende avbildning av det andre settet med brønner.

Fig. 30 illustrerer en lang offset stakkingskubene vist i et riss av en kryss-seksjon for det andre settet med brønner.

Fig. 31 illustrerer en lang offset lignende kube vist i et riss av kryss-seksjon for det andre settet med brønner.

20

### Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen

Referanse til figurene 3 til 31 er et system 10 og en fremgangsmåte framlagt for  
25 forutsigelse og definisjon av grunne borrefarer ved bruk av tredimensjonale  
produksjonsseismiske data. Som vist i figur 3 er system 10 datamaskinbasert for å  
motta seismisk data 12 og brønnplasseringsdata 14, og for å utføre programmer for  
å visualisere data og for å bestemme plasseringen av grunne borrefarer ved bruk av  
fremgangsmåter beskrevet heri i forbindelse med figurene 4 til 31. Disse er bedre  
30 enn resultatene i følge den kjente teknikk som nevnt ovenfor og illustrert i figurene 1  
og 2.

Med referanse til figur 3 inkluderer system 10 en datamaskin 16 som har en prosessor 18 for å motta seismisk data 12 og brønnplasseringsdata 14 og for å lagre slike data 12, 14 i et minne 20. Datamaskin 16 kan for eksempel være en Sun Microsystems™ datamaskin med en 64-bit Solaris 9™ operativsystem.

5 Dataprosessoren 18 inkluderer dataformateringsmidler 22 for formatering av innkommende data 12, 14 for prosessering ved signalprosesseringsmidler 24. Signalprosesseringsmidlene 24 utfører fremgangsmåtene i følge den foreliggende oppfinnelsen som beskrevet heri for å generere tredimensjonale data for bruk ved tredimensjonale visualiseringsprogramvarer 26 for å generere et tredimensjonalt kart  
10 av de seismiske produksjonsdataene, og for å generere farelokaliseringsdata 28 for å identifisere lokaliseringen av grunne borrefarer. Det tredimensjonale kartet og farelokaliseringsdata 28 er utmatet til minst én utmatingsanordning 30, som kan inkludere skjerm 32 og/eller en skriver 34 for utmatting til brukeren av det tredimensjonale kartet og/eller deler eller tverrsnitt derav for å fremme granskingen  
15 av seismisk data og enhver identifisert grunn borrefare som kan lokaliseres ved koordinater og tekstmeldinger i det utmattede farelokaliseringsdata 28.

I motsetning til kjent teknikk som bruker refleksjonsdata, bruker fremgangsmåten i følge oppfinnelsen brytningsinformasjonen registrert i løpet av vanlig tredimensjonal  
20 seismisk produksjonskartlegging. Som vist i figur 4 blir et begrepsmessig rammeverk 36 for utførelse av den foreliggende oppfinnelsen et skudd eller sprengstoff 38 detonert som sender seismiske bølger 40 inni bakken, inkludert det grunne borreområdet 42. Når en brutt bølge når en kritisk vinkel vil den reise langs grenseflaten hvor en positiv impedans kontrast eksisterer mellom de underjordiske  
25 lagene av materialet.

Et karst 44 eller andre unormale områder i den grunne borrhregion 42 vil generere tilbakespredt og/eller avbrutt brytningsenergi 46, mens den grunne borrhregion 42 vil generere en normal brytningsbølge 48 fordi i lag av materialet som er homogene  
30 uten kaster eller ikke-konsoliderte kollapser, vil den normale brytningsbølgen 48 vende tilbake til overflaten og bli normalt registrert av et flertall mottakere 50, 52.

Dersom bølgeformen møter på et tomrom eller en karst 44 vil bølgeformen til de seismiske bølgene 40 endres, og dette er avhengig av størrelsen av heterogenesiteten til undergrunnsområdet som inkluderer karst 44 så vel som sammensetning, så som dersom det er en underjordisk hule eller ikke-konsolidert kollaps. Bølgeformen til de seismiske bølgene 40 kan bli tilbakekastet for å generere den refrakterte energien 46 som også kan forvri tilbakebindingen av seismiske bølger 40 til mottakerne på overflaten 50, 52.

Flertallet av mottakere 50, 52 påviser egenskapene til brytningsbølgen inkludert retning, intensitet, lokalisering og tidspunktet for mottak av brytningsbølgene 46, 48. En første mottaker 50 kan muligens ikke oppdage noen tilbakevendende bølger mens en andre mottaker 52 detekterer en eller flere av bølgene 46, 48, så som den normale brytningsbølgen 48. Analyse av brytningsbølgekaraktistikkene påviser tilstedeværelsen av et hvert karst 44 som har innvirkning på de seismiske bølgene 40 og genererer brytningsbølgen 46.

Refraktorene som kan identifiseres blir separert ut og prosessert for å oppnå fordelene ved en økt prøvemengde i utstrekning. Hver refraktor prosesseres i et mini tredimensjonalt volum som er begrenset både ved offset områder og tidsrammer. Hver av disse "minivolumene" blir når prosessert analysert ved bruk av kommersielt tilgjengelig tredimensjonale bildevisualiseringsprogramvare 26.

Hver refraktorstidsposisjon blir korrelert med den assosierte refraksjon, og denne informasjonen på tid og dybde beholdes i sammen med en vurdering av det forventede nærvær eller størrelse på karstedlandskapene. I et begrepsmessig rammeverk av utførelsen av den foreliggende oppfinnelsen vist i figur 5 i et toppriss blir et flertall mottakere 50, 52 fordelt på et todimensjonalt gitter på overflaten for å motta brytningsbølge 40 generert ved et skudd eller sprengstoff 38, med et mulig antall av slike bølger 40 innfallende på karst 44. I følge dette eksempelet vil noen mottakere 50 detektere normalt brutte bølger og/eller ingen bølger refraktert ved karst 44 mens andre mottakere 52 detekterer bølger endret av karst 44.

Normale brytningsbølger som ikke møter på et tomrom eller karst 44 vil bli registrert av mottakerne 50 med en forutsigbar amplitud, frekvens og fase ved mottakerne 50, men dette vil ikke være tilfellet for de delene av bølgeformen som støter på karst 44 og som er detektert av mottakerne 52. Det er mulig og også til og med sannsynlig at  
5 minst deler av bølgeform 40 fra skudd 38 kan ramme et tomrom eller karst 44, og så vil undergå tilbakespredning som vist i figur 4, og kan registreres ved en nærliggende mottaker. Men slike tilbakespredte bølger 40 vil detekteres i sammen med en lengre strålevei enn forventet, og derved vil de registreres ved et senere tidspunkt enn forventet.

10

Slike brytningsdata fra et flertall mottakere 50, 52 kan avbildes på avbilding 32 på et skjermbilde som vist i figur 6 hvor i et midtområde av offsetspor er vist der de vertikale linjene representerer borrebrønner. Figur 6 viser en betraktelig forbedring i kontinuiteten og visualiseringen ved bruk av den foreliggende oppfinnelsen.

15

Et annet eksempel på en skjermavbilding er vist i figur 7 der brytningsdataene kan prosesseres i stakker av data med lange offsetspor som forbedrer visualiseringen av problemområdene. Hvor amplitudene i de seismiske produksjonsdataene er enten forstyrret eller mangler, kan brukeren som ser på de tredimensjonale  
20 visualiseringskartene og/eller deler eller tverrsnitt derav, lettere forutsi problemområder som har en økt sjanse for tilstedeværelse av grunne borrefarer.

25

Fremgangsmåten i følge den foreliggende oppfinnelsen avviker fra konvensjonell bruk av refleksjonsseismiske data og bruker i stedet brytningsdata som er registrert men vanligvis ikke brukt. Dette øker sterkt mengden prøver tatt per areal. Effektene nær overflaten på hver brytningsbølge som vender tilbake er fortrinnsvis sett på separat og etterfølgende tilleggstrinn som bruker kommersielt tilgjengelige programvarer, blir hver refraktor visualisert for tilstedeværelsen av karster og andre potensielt farlige trekk.

30

På grunn av disse og andre grunner bruker signalprosesseringsmiddelet 24 i følge den foreliggende oppfinnelsen brytningsframkomster hvor prøvetakningen er svært

forbedret for å effektivt kansellere bakgrunnsstøy. Forbedringen i signal til støyforholdet tillater analyse av brytningsinformasjonen. Siden denne oppfinnelsen er rettet mot å nøyaktig påvise tilstedeværelsen av karstedlandskaper så som underjordiske tomrom eller huler er brytningsbølger ideelt passene til dette siden de reiser langs bergformasjonene som er av interesse. Bruken av brytningsfremkomster med målrettet prosessering av disse bølgeformene i omgivelser på land får basisen for fremgangsmåten i følge oppfinnelsen. Fremgangsmåten i følge oppfinnelsens ser helt bort i fra refleksjonsdata og fokuserer i stedet på brytningsbølger nær overflaten. Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen er målrettet mot kilden til potensielle problemer og farer som er involvert i boring etter hydrokarboner i karbonate formasjoner hvor karsting og ikke-konsoliderte kollapser kan foregå. Fremgangsmåten framlegger data (1) for å gjøre borreingeniører oppmerksomme på tilstedeværelsen av disse faremomentene, og (2) for å tillate plasseringen av brønner på de beste lokaliseringene for å unngå grunne under overflaten farer.

15

Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen har de fordelene at den økonomiske vinningen og sikkerheten ved boring i leting etter hydrokarboner og utvinningen derav ved bruk av elementer som er tilstedeværende i allerede eksisterende seismiske data som vanligvis ikke brukes eller undertrykkes, og prosesserer dette på en ny måte og presenterer det for vurdering i et format som fasiliserer identifisering av karster og andre grunne borrefarer.

20

Oppfinnelsen frambringer en ny prosess som bruker oljeletingsteknologier på en annerledes måte for med et annerledes og spesifikt mål, det vil si til å identifisere potensielle borreproblemer i grunne deler og soner hvor farene ofte eksisterer. De analytiske verktøyene som er bruk i denne nye prosessen er kjent for de med vanlige egenskaper på feltet av seismisk prosessering og analyse, men prosessen i følge oppfinnelsen har ikke tidligere blitt vist eller bruk av dem med vanlige egenskaper på noen av disse feltene.

25

30

Den primære bruken av seismisk brytningsdata i tidligere kjent teknikk har vært å bestemme tidsstatistikk forårsaket av romslige fartsvariasjoner nær overflaten

gjennom en mengde velkjente fremgangsmåter inkluderer homografi. Brytningsdata blir normalt ikke brukt for konvensjonell refleksjonsbasert seismisk dataprosessering.

5 Til sammenligning gir bruken av brytningsfremkomster en svært overlegen romslig prøvetaking. I følge prosessen i den foreliggende oppfinnelsen blir seismisk refleksjonsdata ikke brukt eller undertrykt og brytningsdata brukes i stedet for analyse. Det bør bemerkes at dette spesielle aspektet av fremgangsmåten i følge oppfinnelsen ikke bare er en forbedring av tidligere fremgangsmåter, er men i stedet for fundamentalt forskjellig ved at det bruker brytningsbølger og brytningsenergi.

10

Data som brukes i prosessen i følge oppfinnelsen er med fordel på forhånd eksisterende seismisk produksjonsdata som opprinnelig var utviklet for å lete etter hydrokarbonakkumuleringer. Men fremgangsmåten i følge oppfinnelsen blir også brukt med seismiske brytningskartlegginger inkludert korrigeringer og

15

tverrsnittsområder.

Prosessering av de seismiske data brytningsdataene ved signalprosesseringsmidler 24 begynner med identifiseringen av brytningsbølgene eller refraktorene og deres lineære utgående hastigheter. Brytningsdataene blir så filtrert, tidsskiftet og korrigert for lineær bevegelse ut (LMO). Filtringen kan være med tid, frekvens- 20 bølgenummerfiltrering (FK), Karhunen Loewe (KL) dataprosessering, og datadrevne teknikker. Disse og andre filtreringsteknikker er velkjente på feltet og er ansett som standardteknikker.

20

25 Hver refraktor er så separert. Datum eller høydestatikk blir sammensatt og påført, og gjenværende statikker blir gjort separat for hver refraktor. Det siste trinnet kan utføres før separeringen, men man vil få bedre resultater dersom en bruker separerte brytningsdata. Resultatet av disse trinnene er et flertall av refraktor "minivolumer" som så sorteres og stakkes. Disse stakkede refraksjonsminivolumene 30 kan så utsettes for etterstakkingssignalprosessering dersom forholdene påkriver det. Forhold som krever etterstakkingssignalprosessering kan inkludere sterk sammenhengende støy generert av kilder i miljøet på overflaten så som motoriserte

30

kjøretøyer på en hovedvei, pumper, fly, hovedrørledninger og til og med sterk vind. Passende programvarer for bruk i denne fasen av den oppfinnsomme fremgangsmåten er tilgjengelig fra Paradigm, Geophysical under varemerket Disco/Focus™.

5

Refraksjonsminivolumene blir så lastet inn i en kommersielt tilgjengelig tredimensjonal visualiserings datamaskins programvareapplikasjon som programvare 26 brukt av datamaskin 16 for analyse. Slike visualiseringsprogrammer er solgt under varemerket VoxelGeo™ og GeoProbe™, andre programmer Earth 10 Cube og Geo Viz. Disse programapplikasjonene gir analytikerens skjermavbilder på avbildning 32 hvor i fra analytikerens kan tegne inn eksisterende eller planlagte borelokaliseringer. Minivolumene blir så analysert separat. Det neste trinnet er å generere en likhetskube fra hver refraktor minikube/volum.

15 Tidsbildet av hver refraktor vil normalt variere i rom med tid og dersom datakvaliteten tillater det kan disse overflatene bli utflatet til å tillate analyse og fortsette i tidsdomenet med bra effekt. Effekten av tidsstedsanalysen er at man faktisk kan se karstedlandskaper på en kartavbildning som en funksjon av tid. Dersom man har en god generell datakvalitet gir denne analysemetoden de seismiske fortolkerne og 20 boreingeniørene beregninger av volumene på karstedstomrommet. I tilfeller av ikke-konsolidert kollaps har den samme visuelle effekten blitt observert.

Dersom data er av en relativt dårlig kvalitet, kan analysen allikevel fortsette med fordel ved å gjøre det i x/y spatier ved bruk av lineære og tverrgående linjer, eller 25 kryssinger valgt blant analytikerne. Den grunnleggende fremgangsmåten i følge oppfinnelsen er å analysere hver refraktor hvori data fra eksisterende brønner ikke viser noen tilfeller i borehistoriene av tap av sirkulasjon, borekronefall, eller andre slike problemer. Disse punktene vil vise en uendret refraksjonsamplitud/frekvens/likhetsrespons. Den samme analysen blir utført for 30 problembørner for å etablere en enkel og rett fram kalibrering av dataene. De på forhånd nevnte likhetsvolumene blir brukt med det formål å bekrefte observasjonene

som er sett på amplitud/tidsminivolumer. Dersom data er av veldig dårlig kvalitet, kan likhetsvolumene være svært anvendelige når man utfører analysen.

5 Foreslåtte borreplasseringer blir så lagt inn som brønnlokaliseringsdata 14 som blir inntegnet i visualiseringsapplikasjon 26, og den korresponderende refraktoramplituden/frekvensresponsene blir notert. Dybde og/eller tidskorrelasjoner med refleksjonsdata blir ofte utført.

10 Resultatene av disse analysene blir kommunisert til borreingeniørene som tredimensjonale kart generert av tredimensjonale visualiseringsprogramvarer 26 og/eller ved farelokaliseringsdata 28, som er data plottet av minst en utdataanordning 30 for å tillate borreingeniørene å gjøre nødvendige forandringer på lokaliseringen av planlagte brønner på brønnplasseringsdata 14. Dersom man borrar i et etablert felt med bestemte brønnavstander er det mulig at man ikke kan forandre  
15 på plasseringen av brønnene. I slike tilfeller kan borreingeniørene så planlegge brønborringsprogrammet med hensyn til de identifiserte farene slik at passende endringer kan bli gjort med hensyn til slamkomposisjonen og vekt, borehastigheter og andre boreparametre.

20 Fra beskrivelsen ovenfor vil det bli forstått at den nye prosessen bruker konvensjonelle seismiske data på en ny måte for å løse det gamle problemet med mekaniske borrhorisikoer ved grunne dybder på mindre enn 3000 fot ved bruk av kilder til mottakeroffset som ikke normal blir anvendt på fagfeltet for å påvise grunne borrefarer. Fremgangsmåten i følge oppfinnelsen bruker brytningsinformasjon på en  
25 ny og uventet og unormal måte med et nytt mål.

På noen lokaliseringer hvor der er få brønner i et geografisk område som etterforskes vil det ikke være mulig å kalibrere de prosesserte brytningsbølgenes seismiske data til brønnhistorikker. Støy og statikk er også faktorer som man normalt  
30 møter på, særlig i områder hvor overflateinfrastrukturen er oppbygd, så som hovedveier, hovedrørledninger, byer og lignende. I slike tilfeller hvor kalibrering er vanskelig kan maksimum likheten og amplitudene lokaliseres og man går ut i fra at

- disse områdene har potensielt minimale men ikke ikke-eksisterende  
borrerisikofaktorer. Statikk og støyfaktorer kan forutsees og deres effekter  
minimaliseres ved bruk av konvensjonell signalprosesseringsteknikker som velkjente  
på feltet. De med vanlige ferdigheter på feltet vil også skjønne at hvor karster og  
5 ikke-konsoliderte kollapser identifiseres i karbonate stratum og disse faremomentene  
ikke kan unngås på grunn av fordelingsbegrensninger vil deres identifisering tillate  
borreingeniørene og personalet å planlegge i forhold til dette for å minimalisere  
negative konsekvenser i løpet av borreoperasjonen.
- 10 Prosessen i følge oppfinnelsen er med fordel brukt for å identifisere store karster og  
ikke-konsoliderte kollapsede elementer under overflaten før boring, og utvelgingen  
av brønnplasseringer vil fjerne eller minimalisere risikoer ved boring for tapt  
sirkulering. Oppfinnelsen kan også brukes for å identifisere svært grunne og  
gassholdige soner. Andre fordeler inkluderer å gi borreingeniørene informasjon som  
15 lar dem ta mer intelligente beslutninger og effektivt planlegge boringen for å  
redusere kostnadene. Til slutt kan man ved å gi ingeniørene en tidlig advarsel om  
disse farene endre borreplanene for å forbedre sikkerhetsprofilen på boringen  
gjennom farlige soner som ellers ikke kan unngås.
- 20 Oppfinnelsen er anvendbar for boring av brønner som bruker en borestring og krone,  
inkludert boring av brønner for hydrokarboner, vannbrønner og observasjons/  
injeksjonsbrønner. Oppfinnelsen kan anvendes for onshore eller fastlandsområder,  
for overgangssoner og i grunt vann hvor en sjøbunnskabel (OBC) blir anvendt.  
Oppfinnelsen er anvendbar med enhver seismisk kilde/mottakerkonfigurering eller  
25 type som er i overensstemmelse med fremgangsmåtene ovenfor så lenge  
brytningsdataene har blitt registrert. Operasjonsdybden hvorved prosessen kan  
anvendes er begrenset bare ved den registrerte offsetområdet i den tredimensjonale  
seismiske kartleggingen.
- 30 Med referanse til figur 8 i sammenheng med figurene 9 til 14 bruker den foreliggende  
oppfinnelsen signalprosesseringsmidler 24 for å utføre den generelle fremgangs-  
måten 54 ved utførelse av oppfinnelsen for å redusere registreringslengden på

innkommende seismisk data 12 som skal sorteres inni offset eller asymuth data med fortegn i trinn 56 i følge figur 8, som vist i avbildinger i figur 9. I den venstre eksempel skjermen 72 figur 9 blir det dypere dataene fjernet for å redusere lengden på registreringen, og i den høyre eksempel skjermen 74 i figur 9 blir dataene sortert i  
5 følge en offset med fortegn. Fremgangsmåtene kan også velges ut effektive områder for å prosessere data i trinn 58 i figur 8 for å unngå moduskonvertering og for å fokusere signalprosesseringsenhet 24 på de mest relevante dataene.

Fremgangsmåten filtrerer så de sorterte dataene i trinn 60 for å unngå skala-  
10 problemer med både bakkerulling og bakgrunnsstøy. På en eksempel skjerm 76 som vist i figur 10 blir et bandpassfilter påført de sorterte dataene fra skjerm 74. Fremgangsmåten påfører så en høyfrekvenskomponentstatikk i trinn 62 til det filtrerte data for eksempel som vist på skjerm 78 i figur 11, hvori en høyde og/eller høyfrekvenskomponentstatikk blir påført.

15 Amplitudene på de prosesserte dataene blir så normalisert i trinn 64 ved automatisk forsterkningsregulering (AGC), som vist i figur 12, hvorved offsetområder til dataene plukkes ut og ekstraheres i følge dere lineære utgående (LMO) hastigheter. I en foretrukket utførelse blir et sett brytningshastigheter og/eller offsetområder bestemt  
20 for eksempel i trinn 58 som vist i eksempel skjerm 8 i figur 12, for bruk i trinn 64 slik at brytningshastigheten og/eller offsetområdene er stabile i rom. Dersom slike brytningshastigheter og/eller offsetområder forandres blir slike forandringer tatt hensyn til i normaliseringsprosessen i trinn 64 ved bruk av datainterpolering.

25 Kjente fremgangsmåter for å korrigere LMO og kontrollere rominterpoleringen kan anvendes for eksempel ved å bruke kommersielt tilgjengelig fra Paradigm, Geophysical programvare tilgjengelig fra varemerket Disco/Focus™.

Fremgangsmåtene offsetter så dataområdene til de normaliserte amplitudene ved  
30 bruk av et skifte av hele dataene, for eksempel en 200 MS skift av hele dataene, og fremgangsmåten velger en LMO fart og/eller statikk i trinn 66 som påføres hvert refraksjonsdatasett som vist på eksempel skjerm 82 i figur 13. Fremgangsmåten

beregner så å påføre en gjenværende statikk for hvert offsetområde i trinn 68, som vist på eksempelskjerm 84 i figur 14. Når man utfører trinn 68 blir gjenværende statikker beregnet separat for hver refraktorbølge og påført data som var prosessert i trinn 66. Passende kvalitetskontrolltrinn kan også utføres i løpet av trinn 68 for å

5 forsikre nøyaktighet i prosesseringen av dataene. Det prosesserte data kan så lagres i trinn 70 i minne 20 i en stakk i følge felles midtpunkt (CMP) verdier for dataene. Slike prosesserte data blir utdata til den tredimensjonale visualiseringsprogramvaren 26 for generering av tredimensjonalt kart basert på seismisk data inkludert brytningsbølgene.

10

I en annen utførelse vil prosessen i følge oppfinnelsen innbefatte de følgende trinnene som vist i figur 15:

- a) datareformatering til det interne prosesseringsformatet som skal anvendes,
- b) bestemmelse ved inspeksjon, måling og testing av LMO hastigheter av hver

15 refraktor. En alternativ teknikk er statisk korreksjon som korresponderer til en LMO verdi/funksjon. Dette er i blant anvendbart for rominterpolasjon dersom refraksjonshastighetene forandres i rom,

- c) Påføring av LMO hastighetene til hver identifisert brytningsframkomst hvor refraksjonene blir separert inni tredimensjonale minivolumer for prestakking,

20 d) statikkapplikasjoner for hvert minivolum som kan inkludere datum, høyde, refraksjon og/eller gjenværende statikk, avhengig av om geologien til området som er under etterforskning og styrken på de grunne romvariasjonene under overflaten,

- e) signalprosessering inkludert tid og frekvens domenefiltrering, applikasjon av FK, KL eller andre filtreringsfremgangsmåter, hvis valg er avhengig av området som

25 etterforskes,

- f) CMP/CDP sortering,
- g) stakking av hver av de forstakkede refraksjons minivolumene,
- h) formatforandring for videre innmating i kommersielt tilgjengelig tredimensjonale appliseringsdataprogramvare, og

30 i) valgfritt avhengig av volumene bruk av kommersielt tilgjengelige programapplikasjoner enten prestakk eller etterstakking.

Visualiseringsanalysen som er del av oppfinnelsen inkluderer trinnene:

- j) innmating av hvert minivolum inni programapplikasjonen,
- k) databehandling av likhetsvolumet for hvert minivolum,
- l) innmating av eksisterende og/eller planlagte brønner i applikasjonen,
- 5 m) valg og flatning av hver refraktor for å tillate analyse og fortsette i både X/Y/T retningene så vel som i tidslukedomenet; og
- n) dersom brønndata er tilgjengelig, kalibrerer både seismiske og likhets minivolumer for hver refraktor til de eksisterende brønndataene. Med referanse til figur 15 inkluderer prosessen i følge den foreliggende oppfinnelsen trinnene for å
- 10 reformatere data 12, 14 i trinn 86 ved bruk av dataformateringsmidler 22 til intervallprosesseringsformatet som skal anvendes, og prosessering av de formaterte dataene i trinn 8-114 ved bruk av signalprosesseringsmidler 24, inkludert trinnene for å bestemme gjennominspeksjon, måling og testing av LMO hastigheter for hver refraktor i trinn 88, påføring av LMO hastighetene til hver identifisert
- 15 brytningsframkomst, hvor refraktorene separeres inni tre klare minivolumer for prestakking i trinn 90, og påføring av statikker i trinn 92 til hvert minivolum som kan inkludere datum, høyde, refraksjons og/eller gjenværende statikker, avhengig av geologien til området som etterforskes og graden på de grunne romslige variasjonene under overflaten.

20

- Prosesen inkluderer videre trinnene: utførelse av signalprosessering inkludert tids- og frekvensdomenefiltrering, påføring av FK, KL, eller andre filtreringsfremgangsmåter i trinn 94, utførelse av CMP og vanlig dybdepunkt (CDP) sortering i trinn 96, stakking av hver av prestakkefraksjons minivolumene i trinn 98, og endring av
- 25 formatet til dataene i trinn 100 for videre lasting inni kommersielt tilgjengelig tredimensjonale visualiseringsdataprogram 26 som beskrevet heri.

- Prosesen inkluderer også trinnene: utførelse av dybdemåling av volumene i trinn 102 ved bruk av kommersielt tilgjengelig dataprogramapplikasjoner, enten før
- 30 stakking eller etterstakking, påbegynnning av analyse av dataene ved visualisering i trinn 104, lasting av hvert minivolum inni programvareapplikasjonen i trinn 106, beregning av likhetsvolumet for hvert minivolum i trinn 108, lasting av eksisterende

og/eller planlagte brønner i brønnposisjoneringsdata 14 inni programvare-  
applikasjonen i trinn 110, valg og flatgjøring av hver refraktor i trinn 112 for å tillate  
analysen å fortsette i både X/Y/T retningene så vel som i tidslukedomenet, og  
dersom brønndata 14 er tilgjengelig kalibrering av både seismiske og likhets  
5 minivolumer for hver refraktor til de eksisterende brønndataene i trinn 114.

I en alternativ utførelse av fremgangsmåten i følge den foreliggende oppfinnelsen  
kan fremgangsmåten inkludere trinn 116-158 som illustrert i figurene 16-17, som har  
de følgende trinnene: Tilveiebringning av de originale seismiske data 12 innsamlet for  
10 den spesifiserte delen av den biologiske formasjon i trinn 116, filtrering av de  
seismiske data 12 i trinn 118 for å fjerne eller dempe brytningsbølgedataene,  
innhenting og oppsamling av brytningsbølgedataene i trinn i 120, og filtrering av de  
seismiske brytningsbølgedataene i trinn 122 ved filtreringsmiddel inkludert i  
signalprosesseringsmiddel 24. Filtreringsmiddelet blir valgt fra gruppen som består  
15 av tid, frekvens-bølge nummerfiltrering (FK), Karhunen Loewe (KL),  
dataprosessering, kjørt data, og kombinasjoner derav.

Fremgangsmåten i følge figurene 16-17 inkluderer videre trinnene som består av:  
Tidsskifting og korrigerings av de filtrerte dataene for LMO i trinn 124, separering av  
20 hver brytningsbølge og beregning av statikk valgt fra datumstatikker, høydestatus og  
kombinasjoner av begge, i trinn 126, beregning av gjenværende statikker for hver  
brytningsbølge i trinn 128 for å tilveiebringe refraksjons minivolumer, beregning av  
datum eller høydestatikker i trinn 130 kan fullføres før separasjonen av hver  
brytningsbølge, hvor gjenværende statikker beregnes å påføres til hvert refraksjons  
25 minivolum, sortering og staking av refraksjons minivolumene i trinn 132, og lasting  
av dataene inni et tredimensjonalt visualiserings dataprogram 26 i trinn 134.

Som vist i figur 17 inkluderer fremgangsmåten også trinnene som består av å utføre  
program 26 i trinn 136 for å tilveiebringe visuelle avbildinger på skjerm 32, og  
30 generere en likhetskube for hver brytningsbølge minikubevolum i trinn 138, utflating  
av tidsbildet for hver brytningsbølge og likhets minivolumer i trinn 140, prosessering  
og avbildning av dataene på skjerm 32 i trinn 142 for analyse av X/Y spatialet ved

bruk av innkommende og kryssende linjer, avbildning av tidslukedomene visuelt i trinn 144, valgfri utskrivning av avbildningene for sammenligning ved bruk av en skriver 34 i trinn 146, sammenligning av minivolumenes visuelle avbildning i trinn 150 med historisk eksperimentell informasjon hentet fra faktiske borreoperasjoner for de

5 eksisterende brønnene i den geologiske formasjonen, identifisering av lokalisering, størrelse og relativ styrke på enhver borrefare i den spesifiserte delen av formasjonen i trinn 152, valg av nye brønner i trinn 154 for boring i områder som er på avstand av ethvert identifisert borrefare, inntegning av lokaliseringen til foreslåtte brønner i trinn 154 i det samme visualiseringsprogrammet 26, beregning og lagring

10 av refraksjonsamplituden og frekvensresponsene i minne 20 i trinn 156, og beregning av dybden og/eller tidskorrelasjoner med originale refleksjonsdata i trinn 158.

De forskjellige trinnene i følge fremgangsmåten vist i figurene 16-17 kan utføres av

15 prosessor 18 ved bruk av forskjellige maskinvarer og/eller programvarer som utfører dataformateringsmidler 22, signalprosesseringsmidler 24, det tredimensjonale visualiseringsprogramvaren 26, og/eller andre midler inkorporert i prosessoren 18, inkludert midler for å motta de originale seismiske dataene innsamlet for den spesifiserte delen av den geologiske formasjonen, først filtreringsmidler for filtrering

20 av de seismiske data for å fjerne eller begrense refleksjonsbølgedataene, midler for innsamling og oppbevaring av brytningsbølgedata, og andre filtreringsmidler for filtrering av de seismiske brytningsbølgedataene ved filtreringsmidler valgt fra gruppen som består av tid, FK, KL, kjørt data og kombinasjoner derav.

25 De forskjellige midlene kan også inkludere midler for tidsskifting og korrigerings av de filtrerte dataene for lineær utflyting (LMO), midler for separering av hver brytningsbølge og beregning av statikker valgt fra datumstatikker, høydestatus og kombinasjoner av begge, midler for beregning av gjenværende statikker for hver brytningsbølge for å tilveiebringe refraksjonsminivolumer, midler for å sortere og

30 stakke refraksjonsminivolumene oppnådd ved beregningsmidler, midler for å laste de sorterte og stakkede dataene inni tredimensjonale visualiserings dataprogrammer og

bruk av programmet for å tilveiebringe visuelle avbildinger, og midler for å generere en likhetskube for hver brytningsbølge minikubevolum.

De forskjellige midlene kan videre inkludere midler for å flatgjøre tidsavbildingen av hver brytningsbølge og likhetsminivolumer, midler for å sende utdata til utdata-apparatet tidslukedomenedata for visualisering, midler for å sammenligne minivolumenes visuelle avbildinger fra flatgjøringsmidler med historisk eksperimental informasjon innhentet fra faktiske drilleoperasjoner i eksisterende brønner i den geologiske formasjonen, midler for å identifisere lokaliseringen, størrelsen og den relative graden på enhver borrefare i den spesifiserte delen av formasjonen, prosesseringsmidler for å prosessere og avbilde data for analyse i X/Y spatialet ved bruk av innledende og kryssende linjer, midler for å ferdiggjøre beregningen av datum eller høydestatikker før separasjon av hver brytningsbølge hvori prosessoren beregner og påfører gjenværende statikker til hvert brytningsminivolum, og midler for å motta plasseringsdata for plassering av nye brønner for boring i områder som ikke befinner seg på borrefarer identifisert ved identifikasjonsmidlene.

I en annen alternativ utførelse inkluderer fremgangsmåten i følge oppfinnelsen trinn 160-198 som illustrert i figur 18 for prosessering av seismisk data 12 ved bruk av signalprosesseringsmidler 24 inkludert trinnene: analysering av brytningsbølger over et prosesseringsområde i trinn 160, valg av offsetområder og brytningsbølge-hastigheter i trinn 162, identifikasjon av romslige forandringer i trinn 164, romslig korreksjon for refraktor eller lineær utflyting i trinn 166, påføring av datumstatikker i trinn 168, påføring av overflatebestandige gjenværende statikker i trinn 170, påføring av filtreringsanalyse i trinn 172, separering av refraktorer til separate datasett ved bruk av offsetområder i trinn 174, påføring av filtrering i trinn 176, påføring av overflatebestandige statikker til hvert datasett i trinn 178, sortering av hvert datasett separat til CMP data og en stakk i trinn 180, utlasting av data i trinn 182 i Society of Exploration Geophysicists "Y" (SEGY) dataformat som spares i minnet 20 eller er utdata et tredimensjonalt visualiseringsprogram 26.

For å utføre visualiseringen og kartleggingen inkluderer framgangsmetoden i følge figur 18 videre trinnene som består av å laste SEGY utdata i trinn 184 inni det tredimensjonale programvare visualiseringsprogrammet 26, utføring av kvalitetskontrollanalyse og korreksjoner av refraktorkubene ved bruk av

5 programprosedyrene i trinn 186, generering av likhetskuber for hvert datasett i trinn 188, lasting av på forhånd eksisterende brønnlokalisering koordinater eller forventede brønnboringslokaliseringer som brønnplasseringsdata 14 inni program 26 i trinn 190, kalibrering av hver brønnlokalisering mot enhver seismiske data 12 som er tilgjengelig i trinn 192, analyse av hver brønnborerretning gjennom hver refraktor

10 datasett i trinn 194 for å identifisere utfall assosiert med karster, analyse av likhetskubene mot amplitudvolumene for overensstemmelse i trinn 196 og utflating av refraktoroverflatene for tidslukeanalysene i trinn 198.

#### 15 Representative feltanvendelser

I utførelser derav ble den foreliggende oppfinnelsen påført et sett brønner med de følgende karakteristikene:

- 20 1. En brønn markert med "950" gjennomgikk tap av sirkulasjon og en borrekroner som satt seg fast og måtte skrues av. Handlingen ble utført for å korrigere dette inkludert sementering av borresonen nedi hullet til brønnen i mer enn en uke for å prøve å gjenvinne brønnen, men til slutt måtte man forlate den originale brønnen og gjenborre gjennom segmentet.
- 25 2. En brønn kalt "912" ble utsatt for 100 % sirkulasjonstap i tre dybdesoner: ved 377 fot, 430 fot og 510 fot.
- 30 3. En brønn kalt "654" ble utsatt for 100 % sirkulasjonstap i to dybdesoner: ved 435 fot og ved 490 fot.

En kartoversikt av brønnene ovenfor er vist i figur 19, hvori prøvekrystninger som definerer tverrsnittskutt som går igjennom forskjellige brønner til det nærliggende området til i det minste brønnene 950, 912 og 964 illustreres.

- 5 Ved å anvende den foreliggende oppfinnelsen på seismiske data og brønnplasseringsdata i det nærliggende området til brønnene 950, 912 og 654 frambringer den foreliggende oppfinnelsen et bilde av amplituder tilstedeværende i en snittende eller tverrsnittseksjon av et tredimensjonal avbilding i figur 20 av en mid-offset stakkingskubee hvor snittene inkluderer brønnene 912 og 950, og der
- 10 borrebrønnene er vertikale linjer. Som vist i figur 20 kommer små forstyrrelser i de seismiske dataene tilsyne når sammenlignet med den venstre siden av bildet uten brønner i et område med høy kontinuitet når brønnene skjærer gjennom sonene i det nærliggende området. Visuell inspeksjon av området i figur 20 som framlagt av den foreliggende oppfinnelsen, indikerer at små og håndterbare tap av sirkulasjon i
- 15 brønnene i området vist kan forventes.

Fig. 21 illustrerer en likhetsgjengivelse av mid-offset stakkingskuben fra figur 20, som viser det samme grunnleggende forholdet med forstyrrelser av de seismiske dataene relativt til posisjonen av posisjonerte brønner.

20

- Fig. 22 illustrerer en avbilding generert av den foreliggende oppfinnelsen som krysser gjennom, som en kross-seksjon, et tredimensjonalt bilde av en lang offset stakkingskubee for brønnene 912 og 950, der brønnene 912 og 950 er vist som vertikale linjer merket med henholdsvis "912" og "950". Som vist i figur 22 indikerer
- 25 amplitudene i de seismiske dataene rundt brønn 912 et potensiale for tap i denne brønnen, men også at slike tap kan kontrolleres. Men der foreligger et fullstendig tap av amplituder i de seismiske dataene rundt brønn 950, noe som indikerer en muligens signifikant tilstedeværelse av en begravet karst eller et tomrom.

- 30 Fig. 23 illustrerer en likhetsframstilling av langt offset stakkingskuben fra figur 22, som viser de forutsette massive tapene i denne sonen rundt brønn 950. Som beskrevet heri identifiserer den foreliggende oppfinnelsen karster og områder for

potensielt tap av sirkulasjon bekreftet ved faktiske reelle prestasjoner av brønn 950, som totalt mistet sirkulasjon og en borrekroner satt seg fast, noe som førte til over en ukes produksjonstap. Derved er den foreliggende oppfinnelsen anvendbar for å identifisere potensielle problemområder for boring og unngå problemer før de skjer.

5

I et annet eksempel på utførelsen av den foreliggende oppfinnelsen illustrerer figur 24 en mid-offset stakkingskubelangs en annen krysning vist i figur 19 for brønner merket 930, 950 og 654. De framlagte seismiske dataene for brønn 654 viser den høyeste og derfor beste amplitudene som indikerer en forutsett problemfri utførelse av boringen i områder rundt brønn 654. Som beskrevet heri, gjennomgikk faktisk brønn 654 to områder der sirkulasjonen var tapt, som var håndterbare, noe som indikerer at områdene av tapt sirkulasjon var svært små. Denne prestasjonen til brønn 654 er i overensstemmelse med utførelsen av den foreliggende oppfinnelsen som vist i figur 24, som indikerer en forholdsvis høy forventning av få problemer med brønn 654.

10  
15

På den andre siden indikerer figur 24 at når sammenlignet med brønn 654, ville brønnene 950 og 930 ha noen borreproblemer på grunn av tilstedeværelsen av områder med lav amplitud langs de vertikale linjene tilhørende brønnene 950 og 930 i figur 24. I hvertfall i forholdene ved brønn 950 ble noen problemer faktisk støtt på som forventet fra utførelsene av den foreliggende oppfinnelsen for å generere figur 24 fra de seismiske dataene og prøveplasseringsdataene. For krysningene av brønnene 930, 950 og 654 frambringer den foreliggende oppfinnelsen også en mid-offset likhetskubelangs som vist i kryss-seksjonen i figur 25, som viser de samme forholdene som indikert i figur 24. I figur 25 er en kant tilstedeværende i den relativt gode kontinuiteten og krysser den vertikale linjen som representerer brønnen 654 på grunn av den relativt store sorteringsstørrelsen på dataene sammenlignet med størrelsen på borrehullet til brønn 654, og den laterale oppløsningen av de seismiske dataene er svært tilnærmet. For utførelsen av den foreliggende oppfinnelsen er det blitt bestemt at tilstedeværelsen av en kant som er synlig i avbildingen av mid-offset likhetskubelangs indikerer en advarsel til borreingeniørene om potensielle problemer ved boringen.

20  
25  
30

Fig. 26 illustrerer en lang offset stakkingskubebildning i en kryss-seksjon for brønnene 930, 950 og 654. De seismiske dataene for brønn 950 viser massive forstyrrelser som indikerer tilstedeværelse av en karst, noe som er i overensstemmelse med tidligere indikasjoner i henhold til den foreliggende oppfinnelsen som vist i figurene 22-23 og også i overensstemmelse med den faktiske presentasjonen og problemene man hadde med brønn 950.

På lignende vis illustrerer figur 27 en langt offtset likhetskubebildning i en kryss-seksjon for brønnene 930, 950 og 654 som presenterer med synlige detaljer for brukeren. Når det gjelder brønn 950 er ikke en slik større synlighet av detaljer som er frambrakt ved den foreliggende oppfinnelsen av en likhetskubebildning påkrevd siden de tidligere avbildningene klart indikerer at et stort tomrom vil bli møtt på i brønn 950.

Fig. 28 illustrerer en mid-offset stakkingskubebildning med en kryss-seksjon for brønnene 643 og 950 der brønn 643 er plasseringen av en framtidig brønn. Som beskrevet før, selv om de seismiske dataene som vist i figur 28 har høye amplituder i den grunne delen som indikerer at brønn 950 vil gå gjennom en grunn sone uten noen videre problemer indikerer de seismiske dataene med lave amplituder for de dypere sonene en tilstedeværelse av mulige tomrom som kunne føre til flere vansker, noe som man faktisk støtte på for brønn 950.

Men på grunn av de relativt høye amplitudene i de seismiske dataene for foreslåtte plasseringer til brønn 643, kunne, ved bruk av den foreliggende oppfinnelsen med avbildningen som vist i figur 28, en operatør forutse få eller ingen problemer med boring i området for brønn 643. På lignende vis framlegger mid-offset likhetsavbildningen i figur 29 som korresponderer med den relaterte avbildningen i figur 28 en konsistent avbildning av de seismiske dataene av brønnene 950 og 643.

På lignende vis er en lang offset stakkingskubebildning avbildet i figur 30 i en kryss-seksjon for brønnene 643 og 950 som korresponderer med figurene 28-29. I overensstemmelse med indikasjonene i følge figurene 28-29 ville en operatør som så på avbildningen i følge den foreliggende oppfinnelsen ved bruk av avbildningen i

figur 30 forutse få tap for den foreslåtte brønn 643 på grunn av de relativt høye amplitudene i de seismiske dataene når sammenlignet med indikasjonene for betraktelige tap for brønn 950 på grunn av relativt lave amplituder som indikerer tomrom for brønn 950 i figur 30.

5

I tillegg er en lang offset likhetskubebilde vist i figur 31 for brønnene 643 og 950, og viser en kryss-seksjon som korresponderer med figurene 28-30. I motsetning til de tidligere avbildingene for den foreslåtte brønnen 643 viser de avbildede seismiske dataene små mulige tomrom som kan forventes for brønn 643 som ikke er opplagte fra de tidligere amplitudeavbildingene. Slike indikasjoner fra avbildingene i figur 31 generert av den foreliggende oppfinnelsen foreslår en advarsel til borreingeniørene om å forvente små tap i forbindelse med brønn 643.

10

Systemet 10 og fremgangsmåtene i følge den foreliggende oppfinnelsen, slik de er beskrevet heri, frambringer en prosess som forutser grunne borrefarer så som karsting og ikke-konsoliderte kollapser i karbonate bergstrata. Disse farene er svært kostbare og farlige for letearbeid og utviklings borreprogrammer. Prosessen krever ingen spesialiserte høyresolusjons seismiske kartlegginger, men bruker i stedet for eksisterende tredimensjonale seismiske data som vanligvis er brukt for wildcat-boring eller reservoar utvikling. Det er også en svært rask prosedyre som betyr at i tillegg til det normale seismiske produktet kan et andre sett med data raskt bli gitt til fortolkerne og borreingeniørene for å opplyse dem om tilstedeværelsen av grunne borrefarer. I tillegg kan den foreliggende oppfinnelsen øke nøyaktigheten til forutsigelsen av borrefarer, for eksempel ved å øke kategoriene på de seismiske produksjonsdataene.

20

25

Oppfinnelsen er svært anvendbar for optimalisering av brønnplanlegging, plassering og utførelse for å unngå slike farer der det er mulig, og når det ikke er mulig for å tillate at borreingeniørene kan modifisere borreplanen for å imøtegå slike farer for å minimalisere risikoen av tap av utstyr og skade på personalet, så vel som for å spare på assosierte kostnader og ressurser på grunn av reduksjon og unngåelse av slike farer.

30

Denne prosessen er kostnadseffektiv å implementere siden den ikke krever noen spesialisert programvare eller hardware. Normalt tredimensjonalt visualiseringsprogramvare som er kommersielt tilgjengelig fra en mengde forskjellige kilder kan brukes for interpreteringen av dataene når de presiseres i følge

5 oppfinnelsen.

Fordelene ved kostnadsbesparelser, økt sikkerhet for borrepersonalet og reduserte mekaniske borrheterisikoer oppnåes med bruk av minimal kapitalutgifter og på forholdsvis kort tid.

10

Patentkrav

1. Fremgangsmåte for identifikasjon av grunne borrefarer under overflaten så som karster, tomrom, ikke-konsoliderte diskontinuiteten og delvise kollapser  
5 lokalisert under jordens overflate, ved bruk av seismiske kartleggingsdata fra petroleumsletning utarbeidet for en spesifisert del av en geologisk formasjon som inneholder eksisterende brønner, k a r a k t e r i s e r t v e d a t fremgangsmåten omfatter trinnene:
  - 10 a) å tilveiebringe de originale seismiske dataene som inkluderer refleksjons- og refraksjonsbølgedata innsamlet for den spesifiserte delen av den geologiske formasjonen;
  - b) filtrering av de seismiske dataene for å fjerne eller undertrykke refleksjonsbølgedataene;
  - c) innsamling og oppbevaring av brytningsbølgedataene;
  - 15 d) filtrering av de seismiske brytningsbølgedataene ved filtreringsmiddel valgt fra gruppen som består av tid FK, KL, kjørt data, og kombinasjoner derav;
  - e) tidsskifting og korleksjon av de filtrerte dataene for lineær utflyttingsprosess LMO;
  - 20 f) separasjon av hver brytningsbølge og beregning av statikker valgt fra datumstatikker, høydestatikker og kombinasjoner av begge;
  - g) beregning av gjenværende statikk for hver brytningsbølge for å frambringe refraksjonsminivolumer;
  - h) sortering og staking av refraksjonsminivolumene som oppnådd i trinn (g); i lasting av dataene fra trinn (h) inni et tredimensjonalt  
25 visualiserings dataprogram og operasjon av programmet for å tilveiebringe visuelle avbildinger;
  - j) generering av en likhetskube for hvert brytningsbølgeminikubevolum;
  - k) utflating av tidsavbildingen for hver brytningsbølge og  
30 likhetsminivolumer;
  - l) visuell avbildning av tidslukedomenet;
  - m) sammenligning av minivolumenes visuelle avbildning fra trinn (k) med den historiske forventede informasjonen som oppnådd fra faktiske  
35 borreoperasjoner i de eksisterende brønnene i den geologiske formasjonen; og

n) identifikasjon av lokaliseringen, størrelsen og de relative styrkene på enhver borrefare i den spesifiserte delen av formasjonen basert på sammenligning av dataene og informasjonene i trinn (m).

- 5 2. Fremgangsmåte i følge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre inkluderer et trinn etterfølgende (k) for å prosessere og framvise dataene for analyse i x/y spatialet ved bruk av sammenfallende og tverrgående linjer.
- 10 3. Fremgangsmåte i følge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at beregningen av datum eller høydestatikker utføres før separasjon av hver brytningsbølge, og de gjenværende statikkene beregnes og er påført hvert refraksjonsminivolum.
- 15 4. Fremgangsmåte i følge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at de seismiske refraksjonsdataene filtreres i trinn (d) ved en fremgangsmåte valgt basert på brytningsbølgedataene.
5. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at de visuelle framstillingene er skrevet ut for sammenligning.
- 20 6. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre inkluderer:
- o) plassering av nye brønner for boring i områder som er på avstand av borrefarer som indikert i trinn (n).
- 25 7. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre inkluderer trinnene:
- Inntegning av lokaliseringen av de foreslåtte brønnene i det samme visualiseringsprogrammet som bruk i trinn (i);
- Beregning og lagring av refraktoramplituder og frekvensresponser; og
- 30 beregning av dybde og/eller tidskorrelasjoner med de originale refleksjonsdataene fra trinn (a).
8. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at analysen utføres for borrefarer lokalisert ved omlag mindre enn 4000 fot under jordens overflate.
- 35

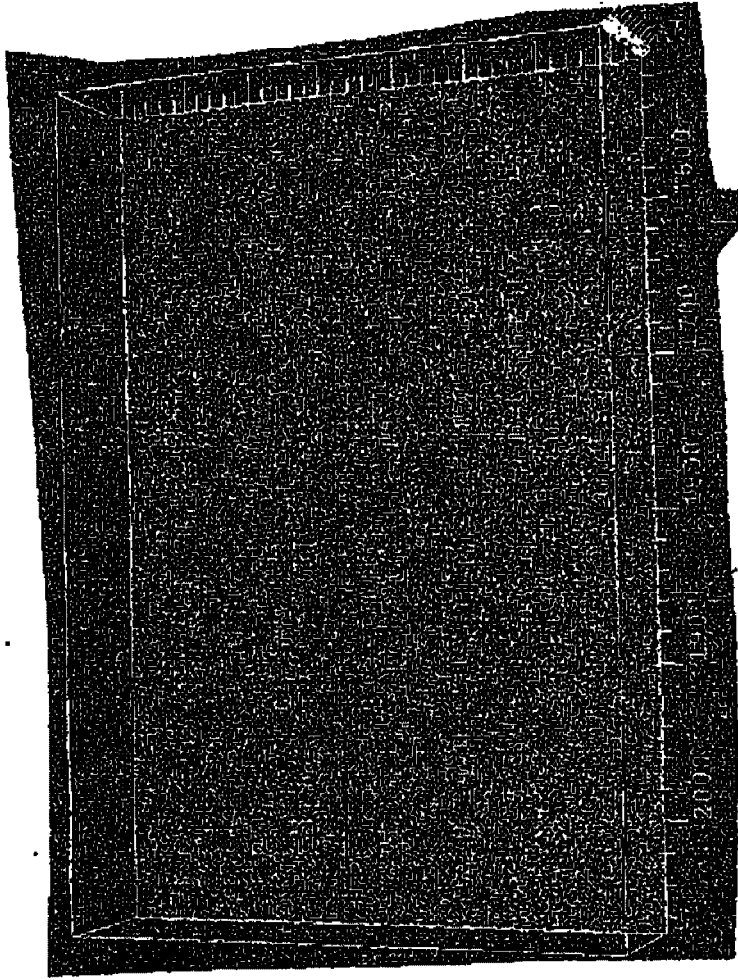
9. Fremgangsmåte i samsvar med krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at dybden bestemmes ved utformelsen av den originale seismiske akvisisjonskartleggingen og det maksimale registrerte offset områdene.
- 5 10. Anvendelse av hydrokarbonleite seismiske data framstilt for en spesifisert del av en geologisk formasjon for prosessering og framvisning for å identifisere lokaliseringen av grunne borrefarer under overflaten, omfattende trinnene:
- 10 a) analysering av brytningsbølger i en prosesseringsblokk;  
 b) valg av offset områder og brytningsbølgehastigheter;  
 c) identifikasjon av romslige forandringer;  
 d) romslig korrigerings for refraksjons lineær utflyting;  
 e) påføring av datumstatikker;  
 f) påføring av overflatebestandige gjenværende statikker;  
 g) påføring av filtreringsanalyse;
- 15 h) separasjon av refraktorer til separate datasett ved bruk av offset områder  
 i) påføring av filtrering;  
 j) påføring av overflatekonsistente statikker til hvert datasett;  
 k) sortering av hvert datasett separat til CMP og stakking;
- 20 l) utdata av SEG Y;  
 m) lasting av SEG Y utdata inni tredimensjonal programvare visualiseringsprogram;  
 n) utførelse av kvalitetskontroll for analyse og korreksjoner på refraksjonskubene ved bruk av programprosedyrer;
- 25 o) generering av likhetskuber for hvert datasett;  
 p) lasting av på forhånd eksisterende brønnlokaliseringsskoordinater eller forventede brønnborelokaliseringer inni programmet til trinn (m);  
 q) kalibrering av hver brønnlokalisering mot enhver tilgjengelig seismisk data;
- 30 r) analysering av hver brønnborevei gjennom hver refraktor datasett for å identifisere bare frafall assosiert med karster;  
 s) analysering av likhetskubene mot amplitudvolumene for samsvar;  
 og  
 t) valgfritt flatgjøring av refraktoroverflatene for tidslukeanalyser.
- 35 11. Databasert system for identifikasjon av grunne borrefarer under overflaten så som karster, tomrom, ikke-konsoliderte diskontinuiteter og delvise kollapser

lokalisert under jordens overflate ved bruk av seismisk kartleggingsdata fra petroleumsleting forberedt for en spesifisert del av en geologisk formasjon som inneholder eksisterende brønner k a r a k t e r i s e r t v e d at systemet omfatter:

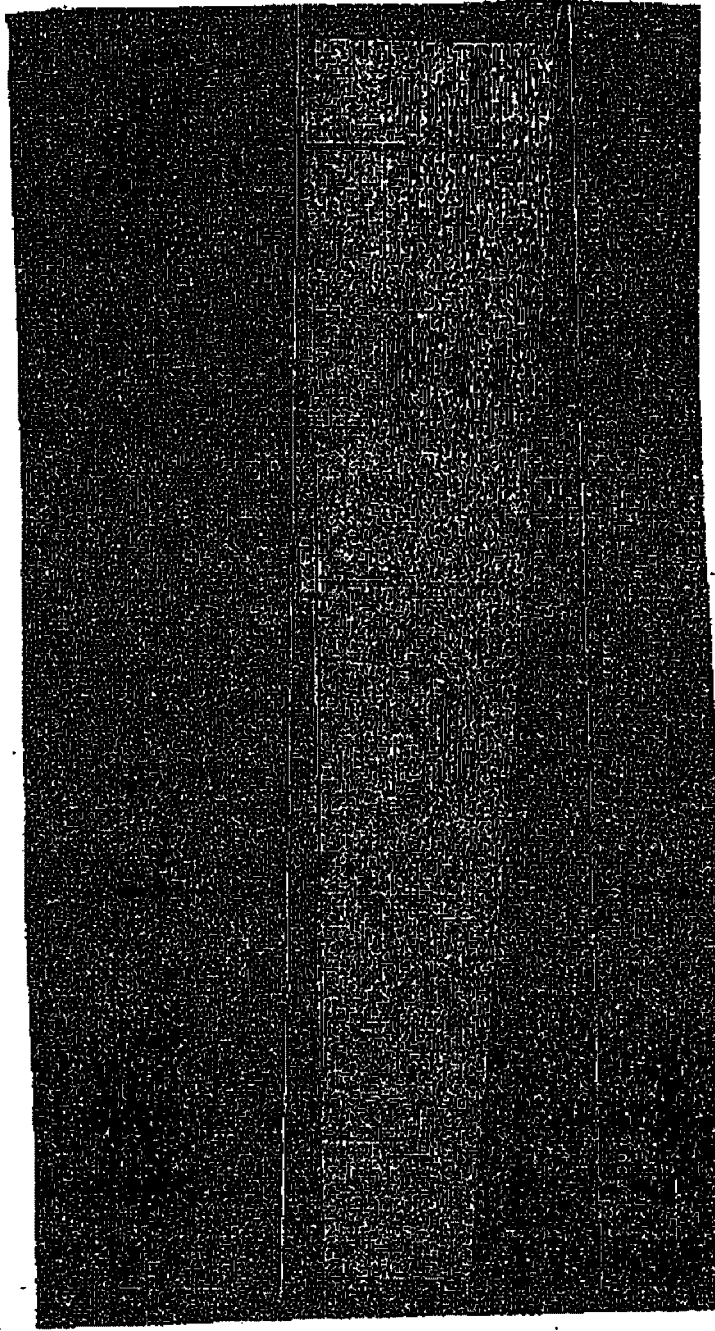
- 5 en utdataanordning; og en prosessor som inkluderer:
- a) midler for å motta de originale seismiske dataene innhentet for den spesifiserte delen av den geologiske formasjonen;
  - b) første filtreringsmidler for filtrering av de seismiske dataene for å fjerne eller undertrykke refleksjonsbølgedataene;
  - 10 c) midler for å innhente og beholde brytningsbølgedataene;
  - d) andre filtreringsmidler for å filtrere de seismiske brytningsbølgedataene ved filtreringsmidler valgt fra gruppen som består av tids FK, KL, kjørt data og kombinasjoner derav;
  - g) midler for tidsskifting og korrigering av de filtrerte dataene for lineær utflyting (LMO);
  - 15 h) middel for å separere hver brytningsbølge og beregne statikker valgt fra datumstatikker, høydestatus og kombinasjoner av begge;
  - g) middel for beregning av gjenværende statikker for hver brytningsbølge for å frambringe refraksjonsminivolumer;
  - 20 h) middel for sortering og staking av refraksjonsminivolumene oppnådd ved beregningsmidlene;
  - i) middel for lasting av sorterte og stakkede data inni et tredimensjonalt visualiserings dataprogram og operasjon av programmet for å frambringe en visuell framstilling ved utdataanordningen;
  - 25 j) middel for å framstille en likhetskube for hvert brytningsbølge minikubevolum;
  - k) midler for å flatgjøre tidsavbildingen av hver brytningsbølge og likhetsminivolumer;
  - l) midler for framlegging av utdata til utdatainnretningen av
  - 30 tidslukedomenedata som skal visualiseres;
  - m) midler for å sammenligne de visuelle framvisningene av minivolumene fra flatgjøringsmidlene med historisk eksperimentell informasjon frambrakt fra faktiske borreoperasjoner i de eksisterende brønnene i den geologiske formasjonen; og
  - 35 n) midler for å identifisere lokaliseringen, størrelsen og den relative graden av enhver borrefare i den spesifiserte formasjonen.

12. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at det videre omfatter midler for prosessering og framvisning av data for analyse i x/y spatialet ved bruk av inngående og tverrgående linjer.
- 5 13. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at prosessoren ferdiggjør behandlingen av datum eller høydestatikker for separering av hver brytningsbølge, og hvori prosessoren beregner og påfører gjenværende statikker til hvert refraktorminivolum.
- 10 14. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at det seismiske refraksjonsdataene filtreres ved først filtreringsmidler basert på brytningsbølgedata.
- 15 15. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at utdatainnretningen inkluderer en skriver for utskrivning av visuelle framstillinger for sammenligning.
- 20 16. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at det videre inkluderer:  
o) midler for å motta plasseringsdata for plassering av nye brønner for boring i områder som er på avstand av alle borrefarer identifisert ved identifikasjonsmidlene.
- 25 17. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at det videre omfatter:  
midler for inntegning av lokaliseringen av foreslåtte brønner i det samme visualiseringsprogrammet;  
midler for beregning og lagring av refraksjonsamplituden og frekvensresponsene; og  
30 midler for beregning av dybden og/eller tidskorrelasjoner med de originale refleksjonsdataene.
- 35 18. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at prosessoren inkluderer signalprosesseringsmidler for å utføre en analyse for borrefarer lokalisert ved omlag mindre enn 4000 fot under jordens overflate.

19. System i samsvar med krav 18, k a r a k t e r i s e r t v e d at prosessoren bestemmer en dybde basert på utførelsen av den originale seismiske aqvisjonskartleggingen og de maksimale registrerte offset områdene.
- 5 20. System i samsvar med krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at utdatainnretningen inkluderer:  
en avbilding for å framvise en tredimensjonal representasjon av det prosesserte seismiske data fra det tredimensjonale visualiseringsdataprogrammet.



**Fig. 1**  
**Bakgrunnteknikk**



**Fig. 2**  
**Bakgrunsteknikk**

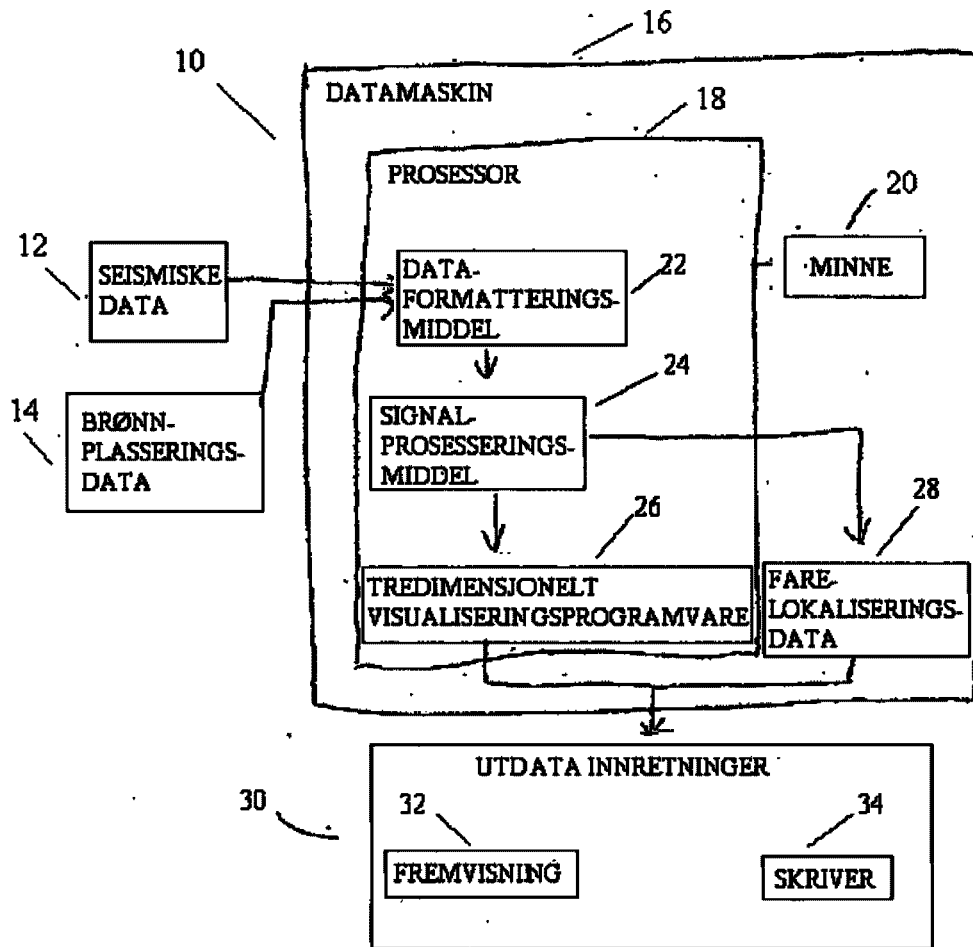


FIG. 3

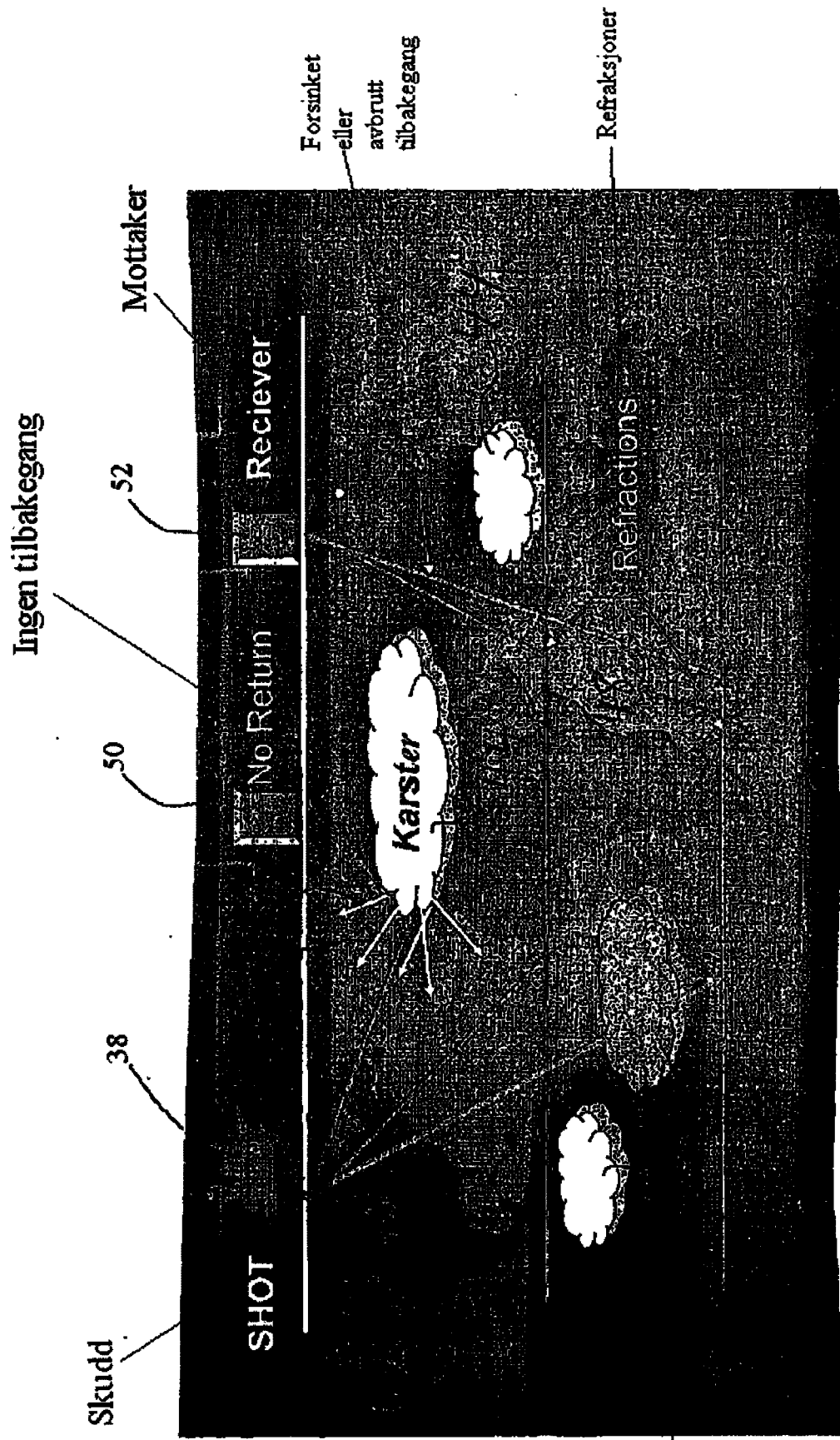
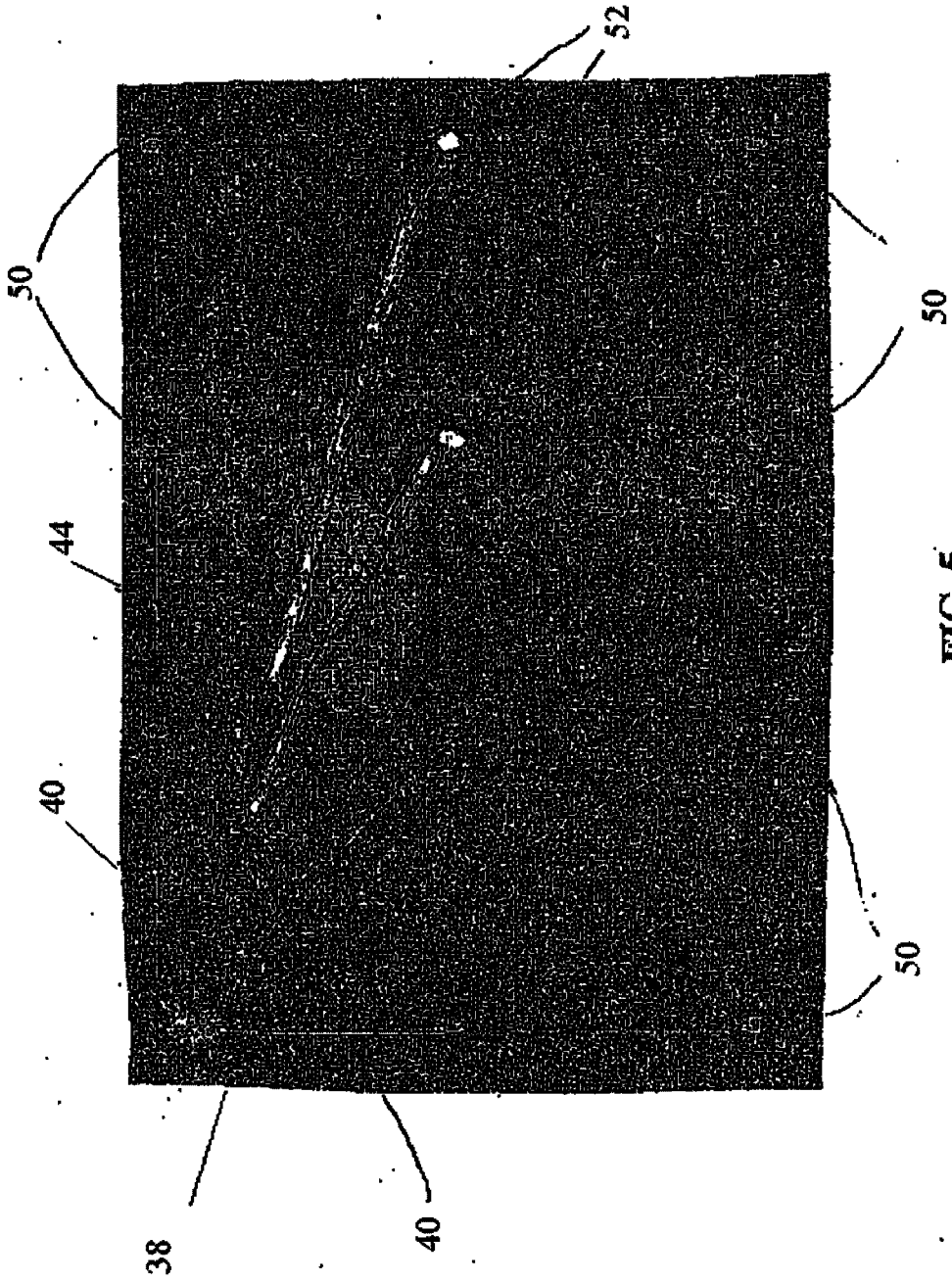


Fig. 4

36



**FIG. 5**

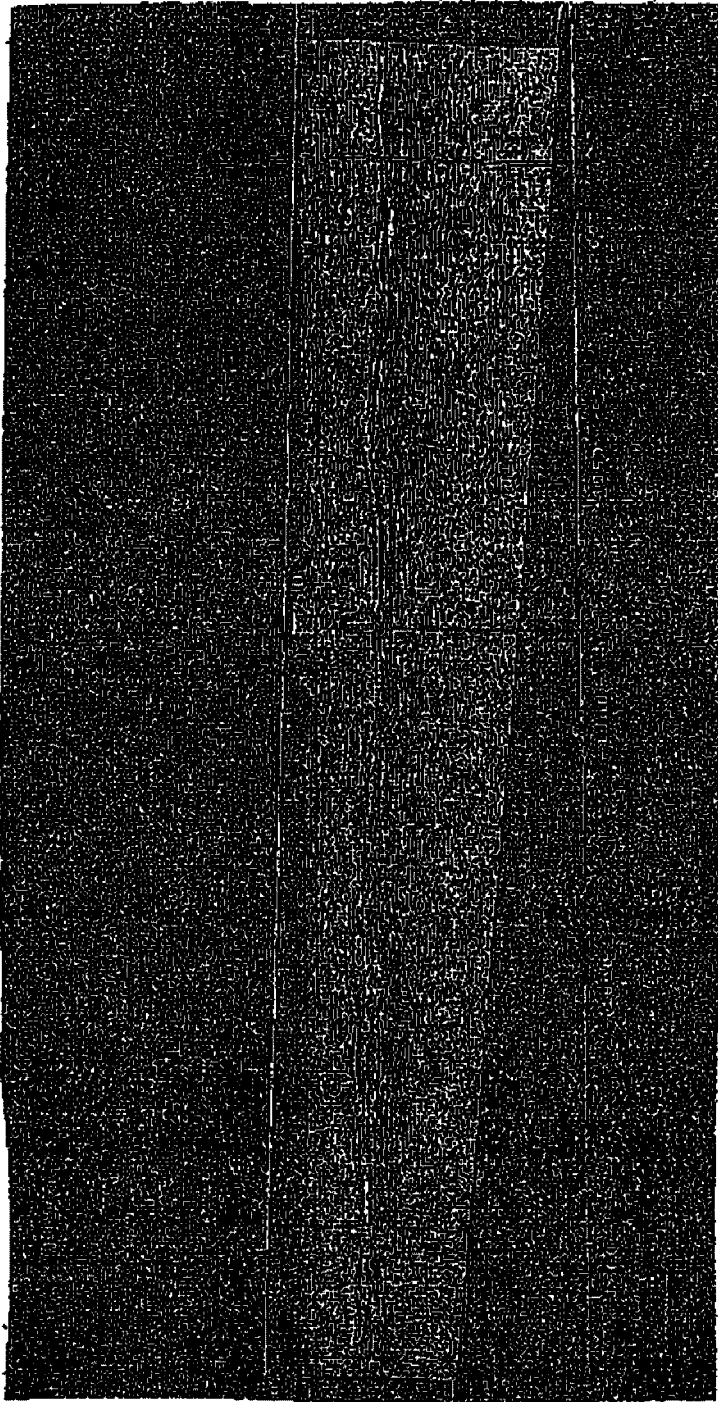


FIG. 6

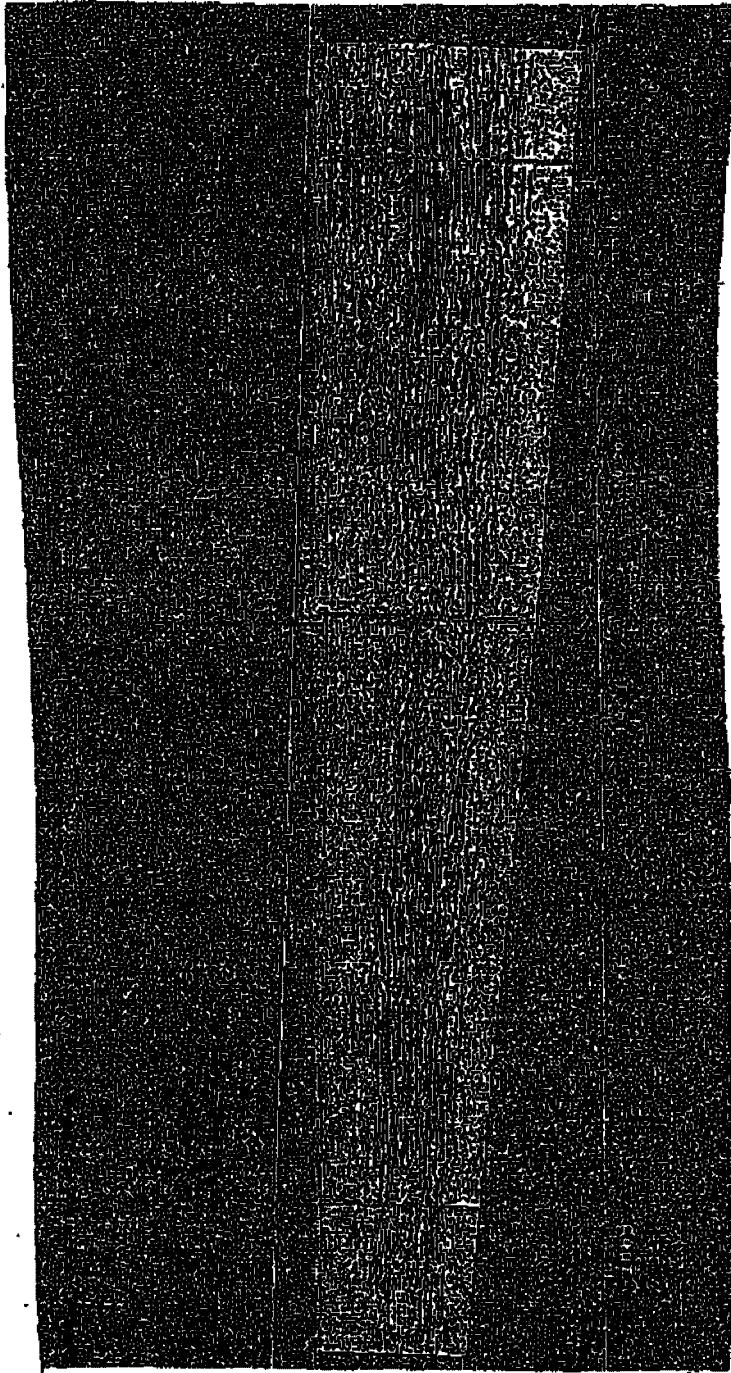


FIG. 7

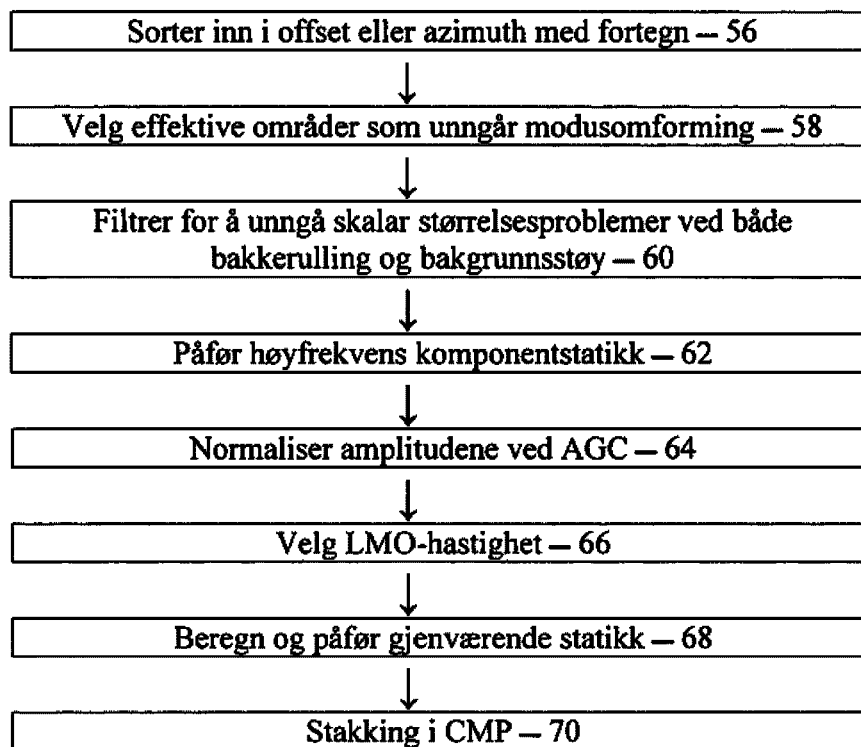
**Fig. 8**

FIG. 9

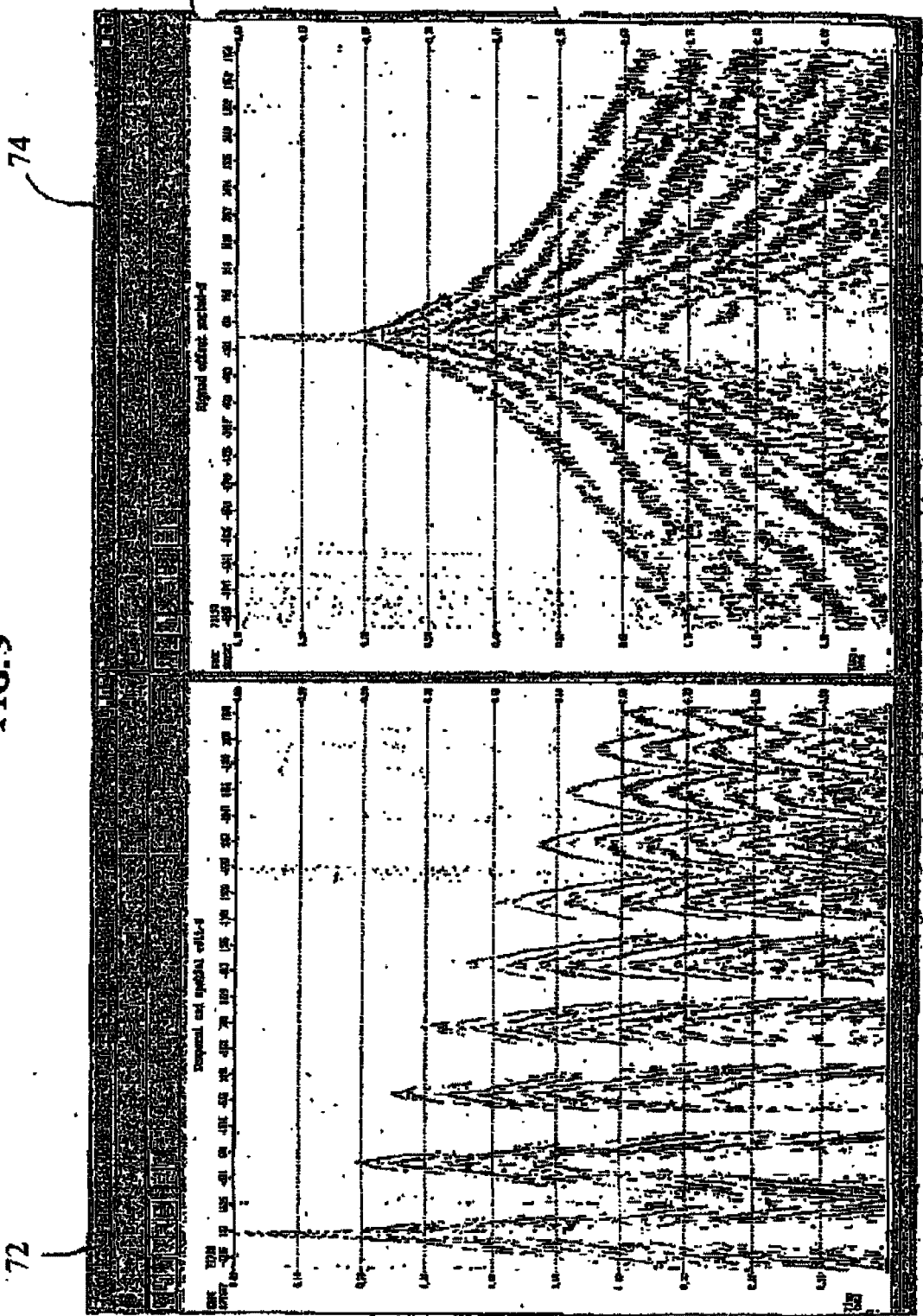


FIG. 10

74

76

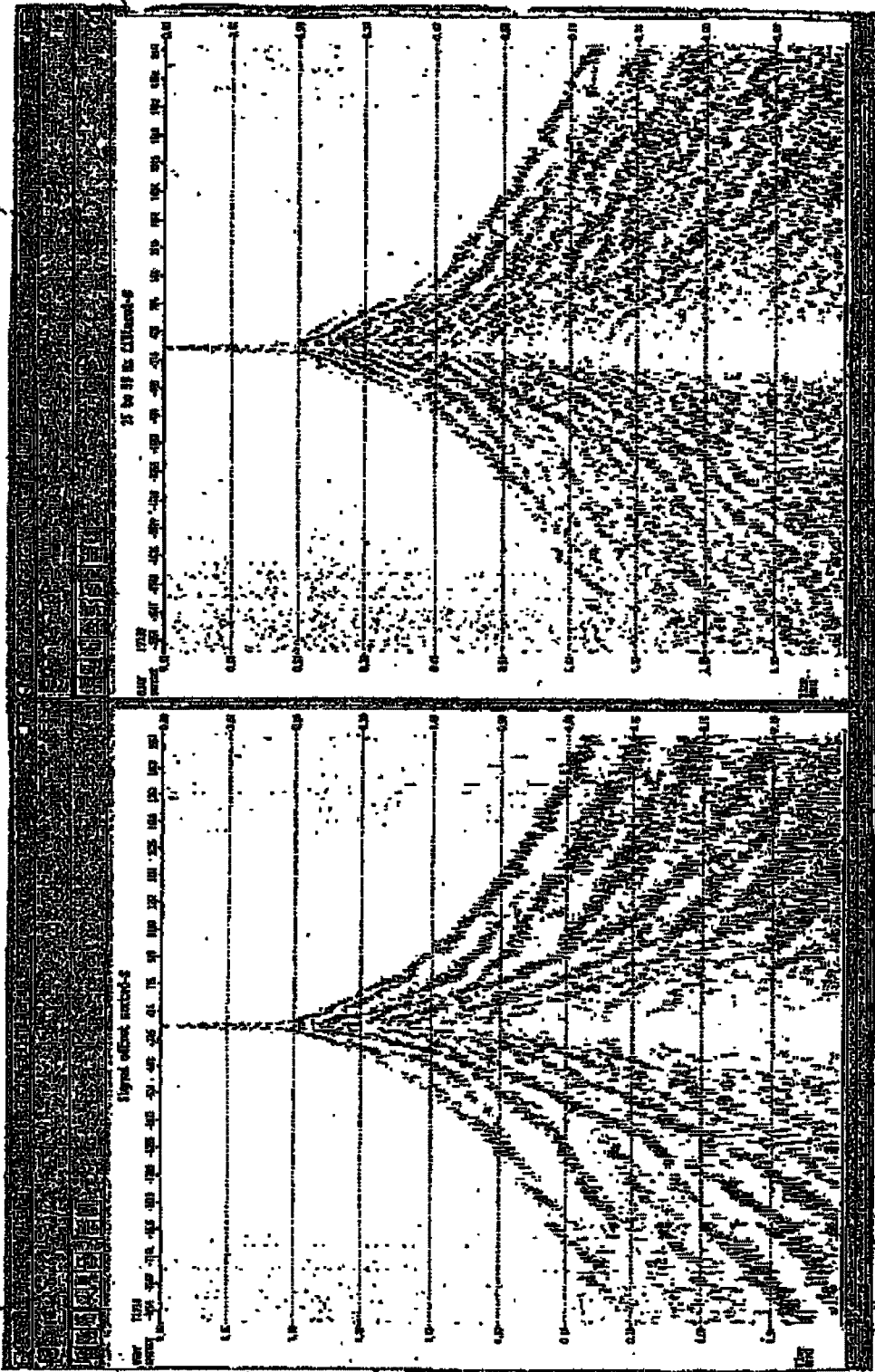


FIG. 11

76

78

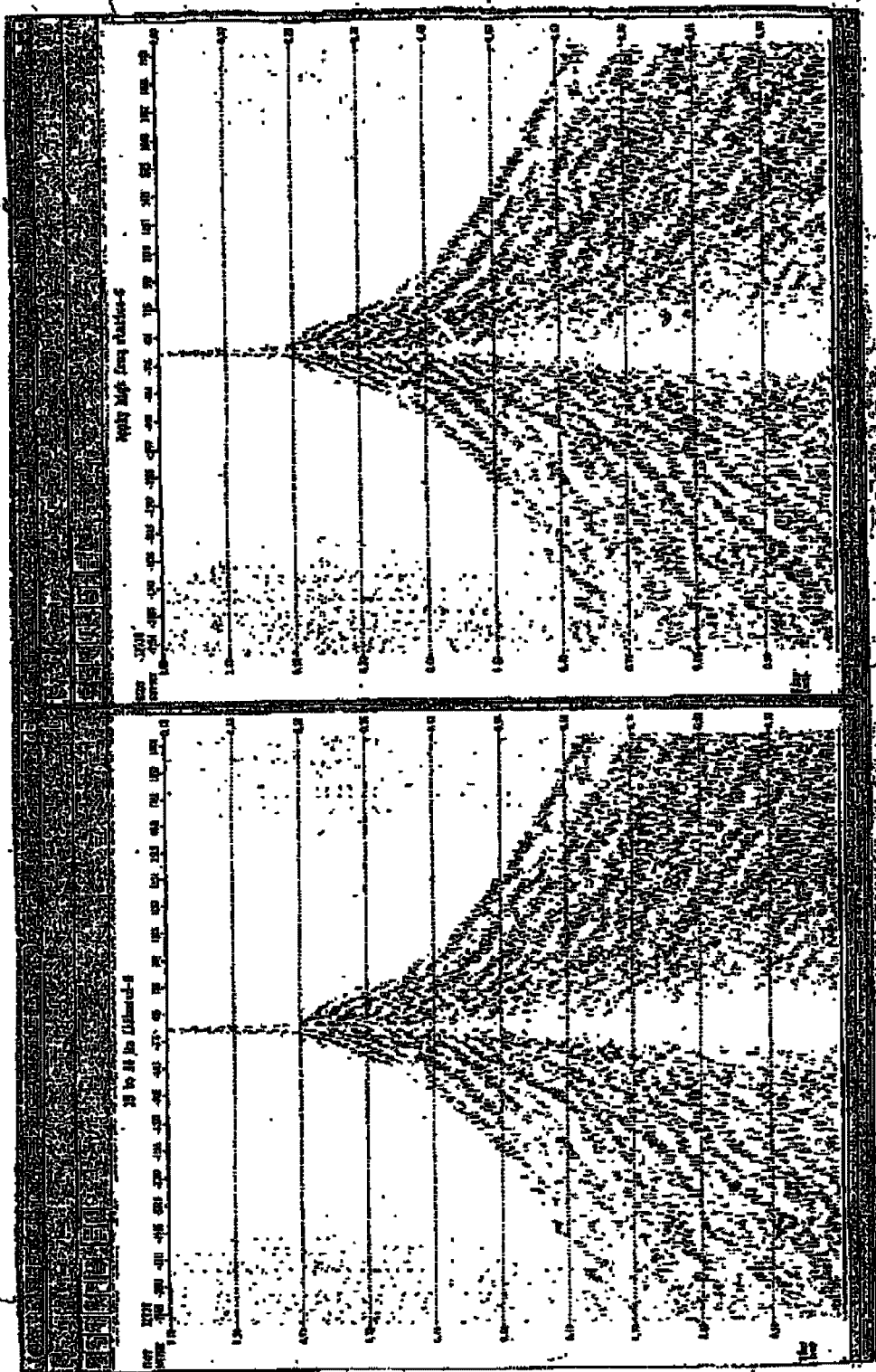
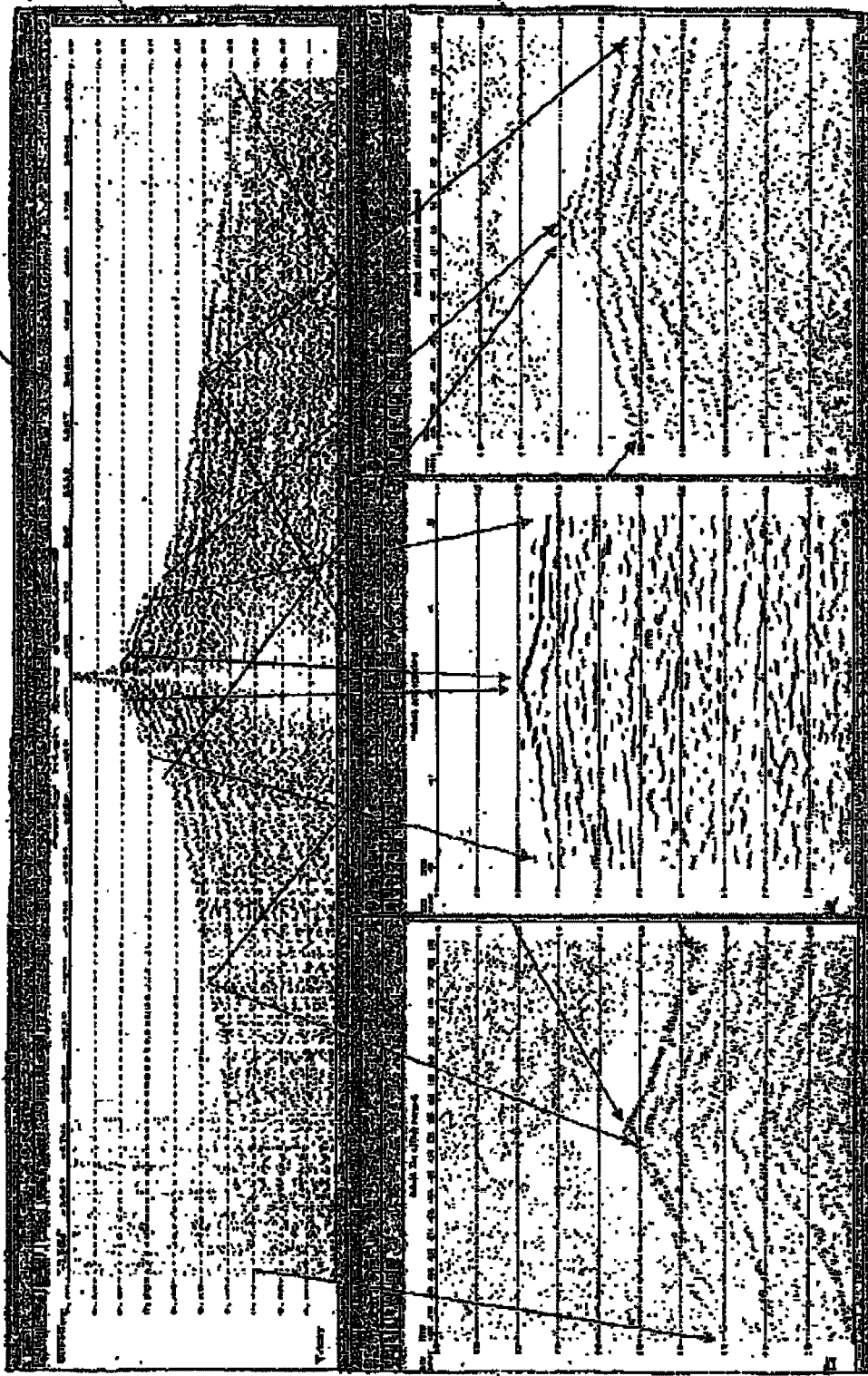


FIG. 12

80



82

FIG. 13

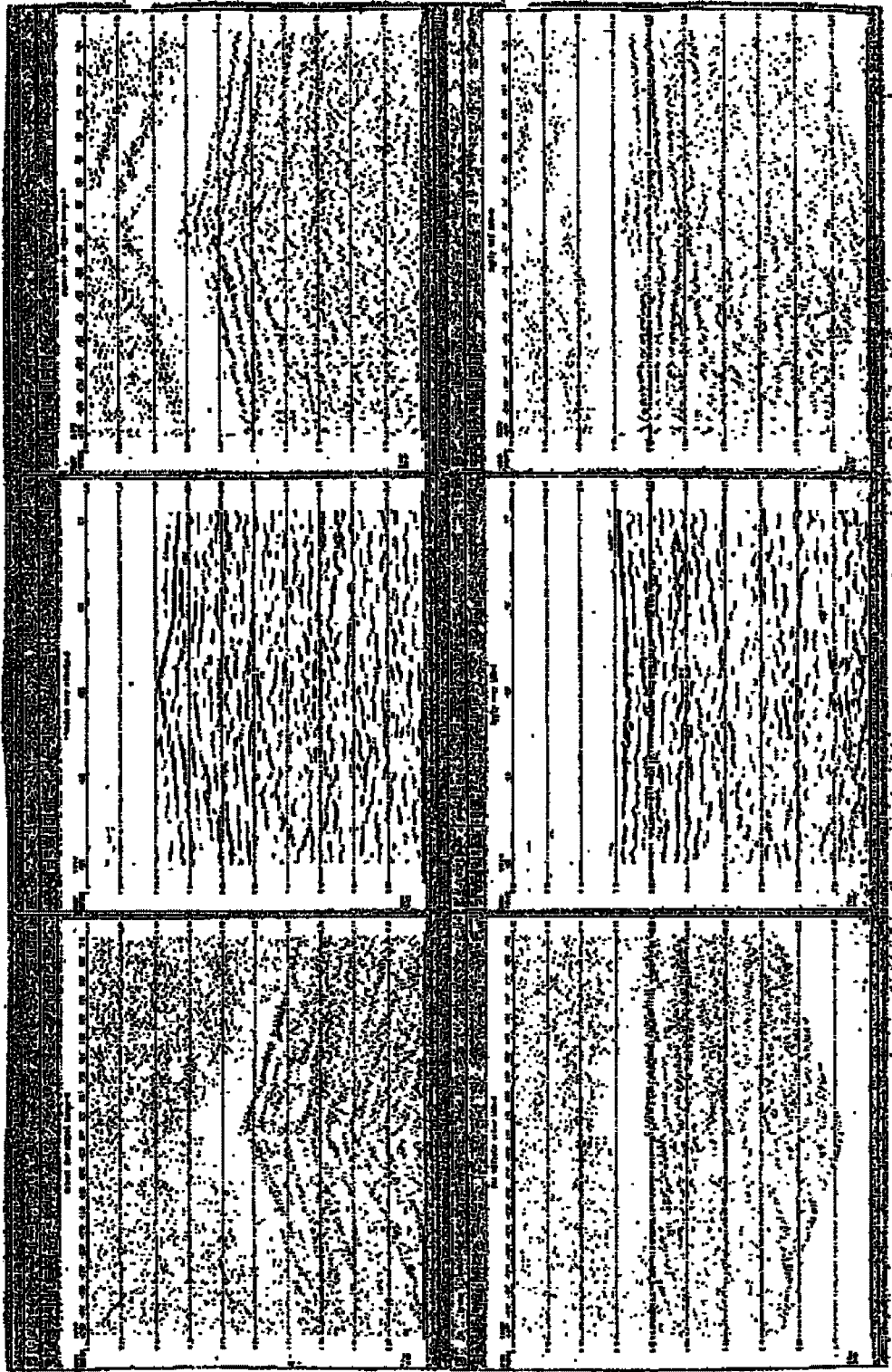
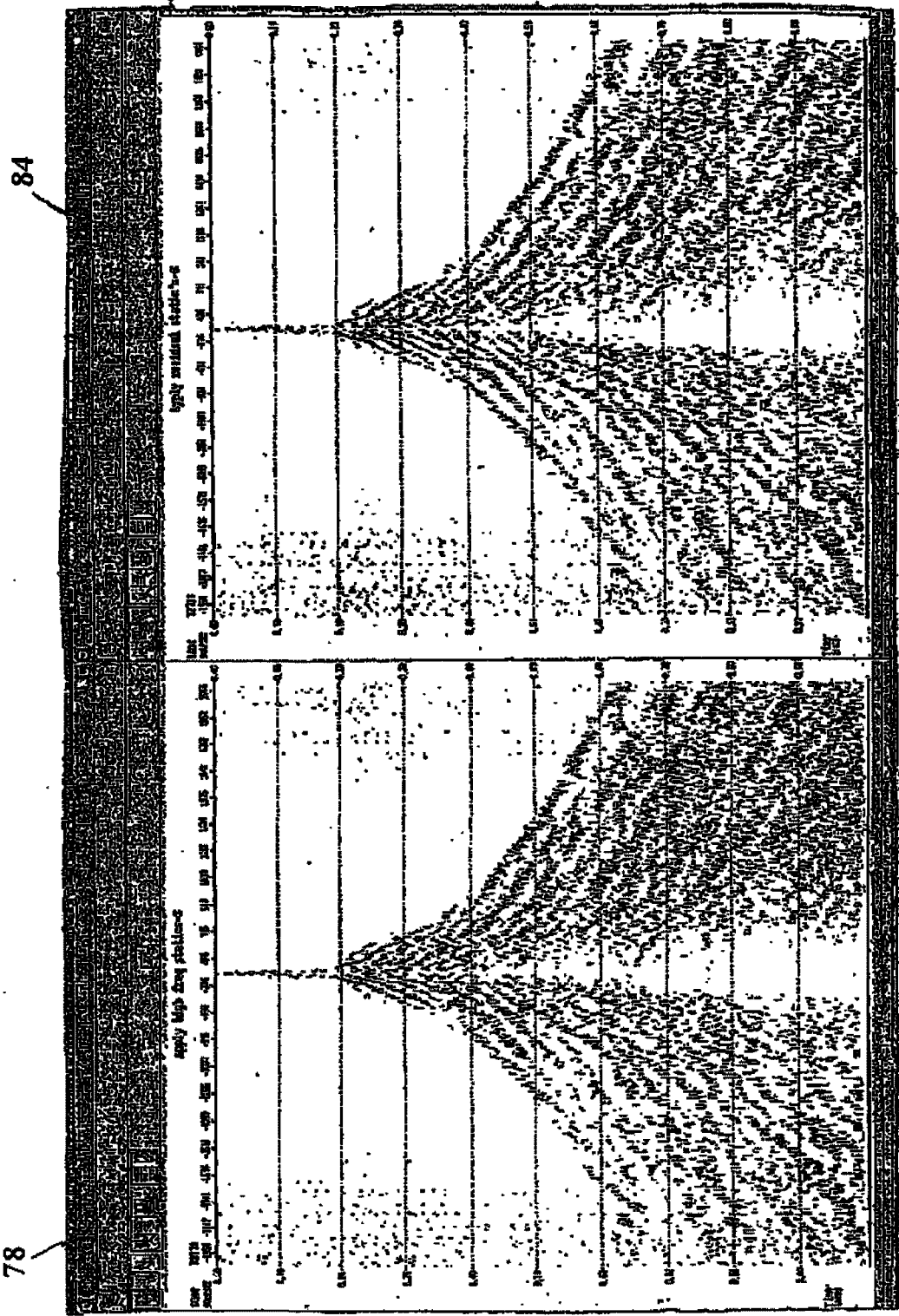


FIG. 14



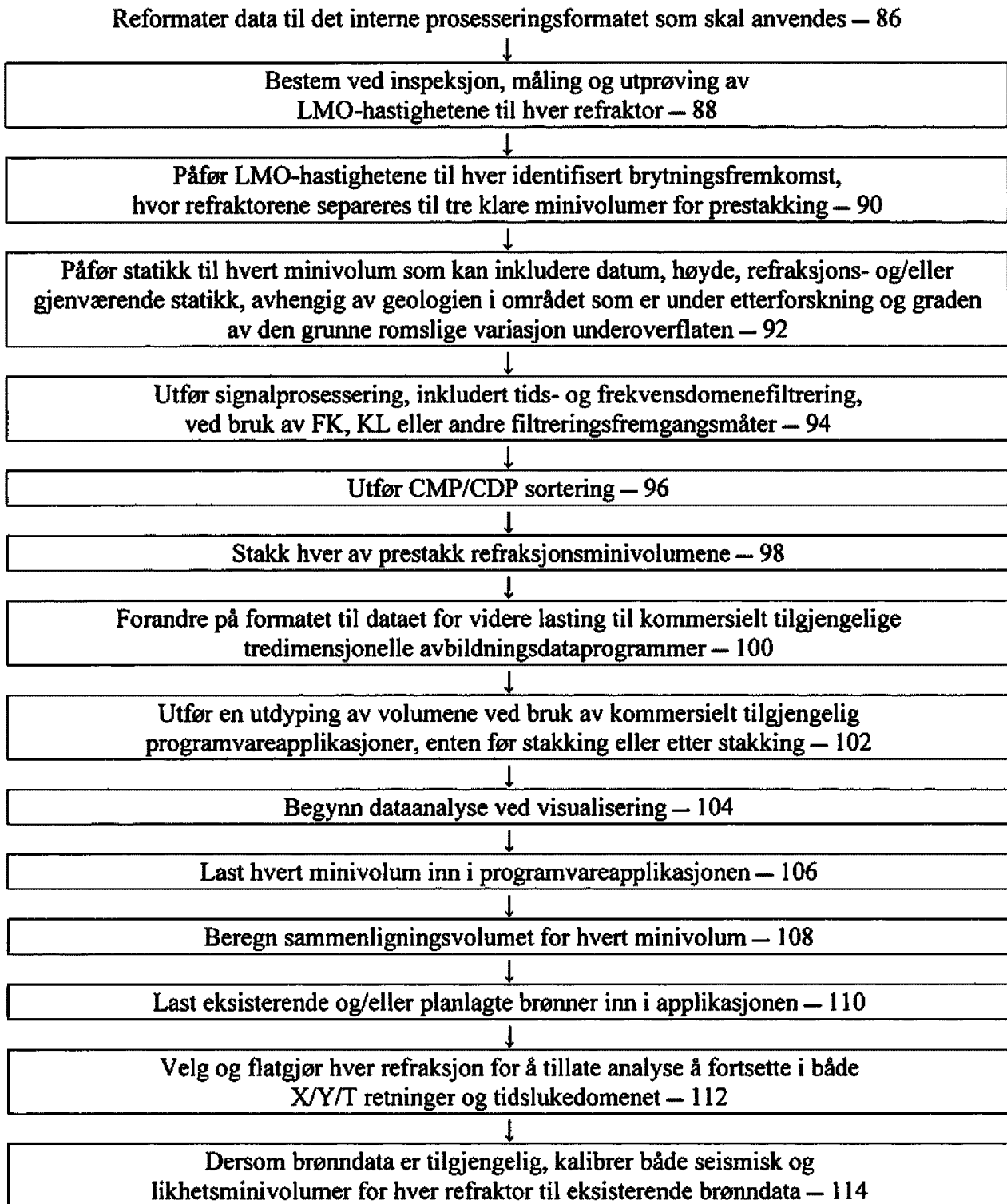
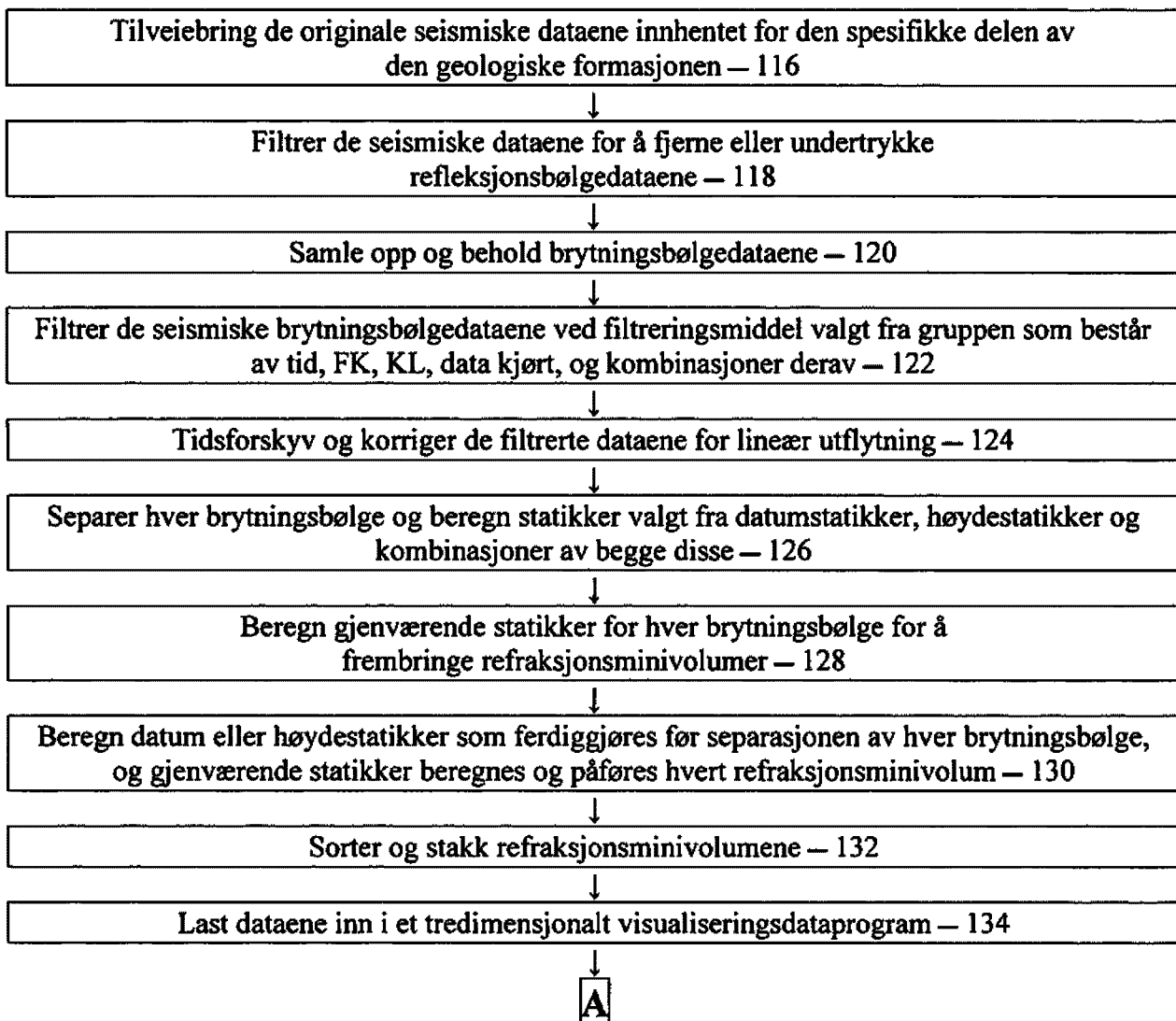
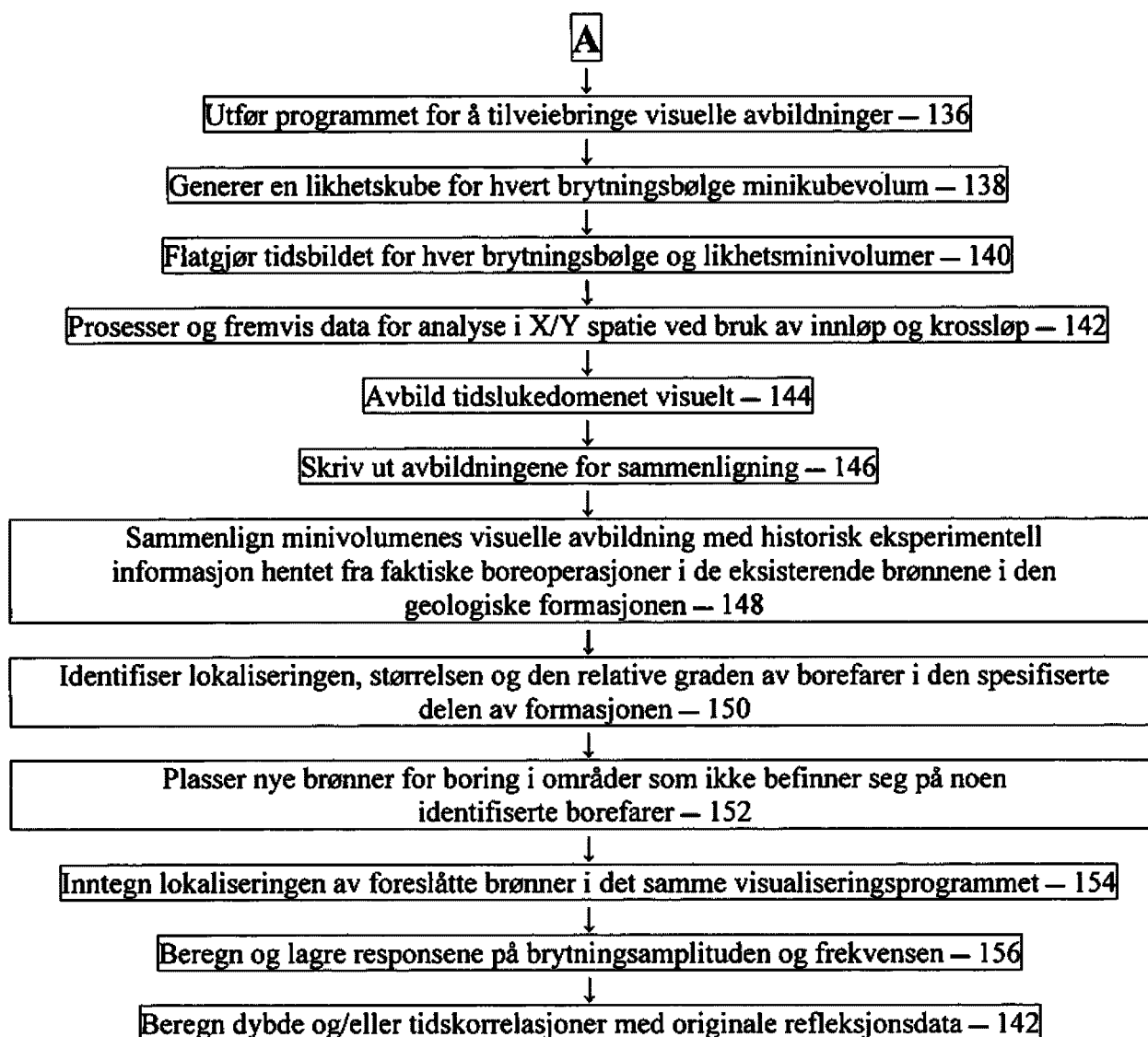


Fig. 15

**Fig. 16**

**Fig. 17**

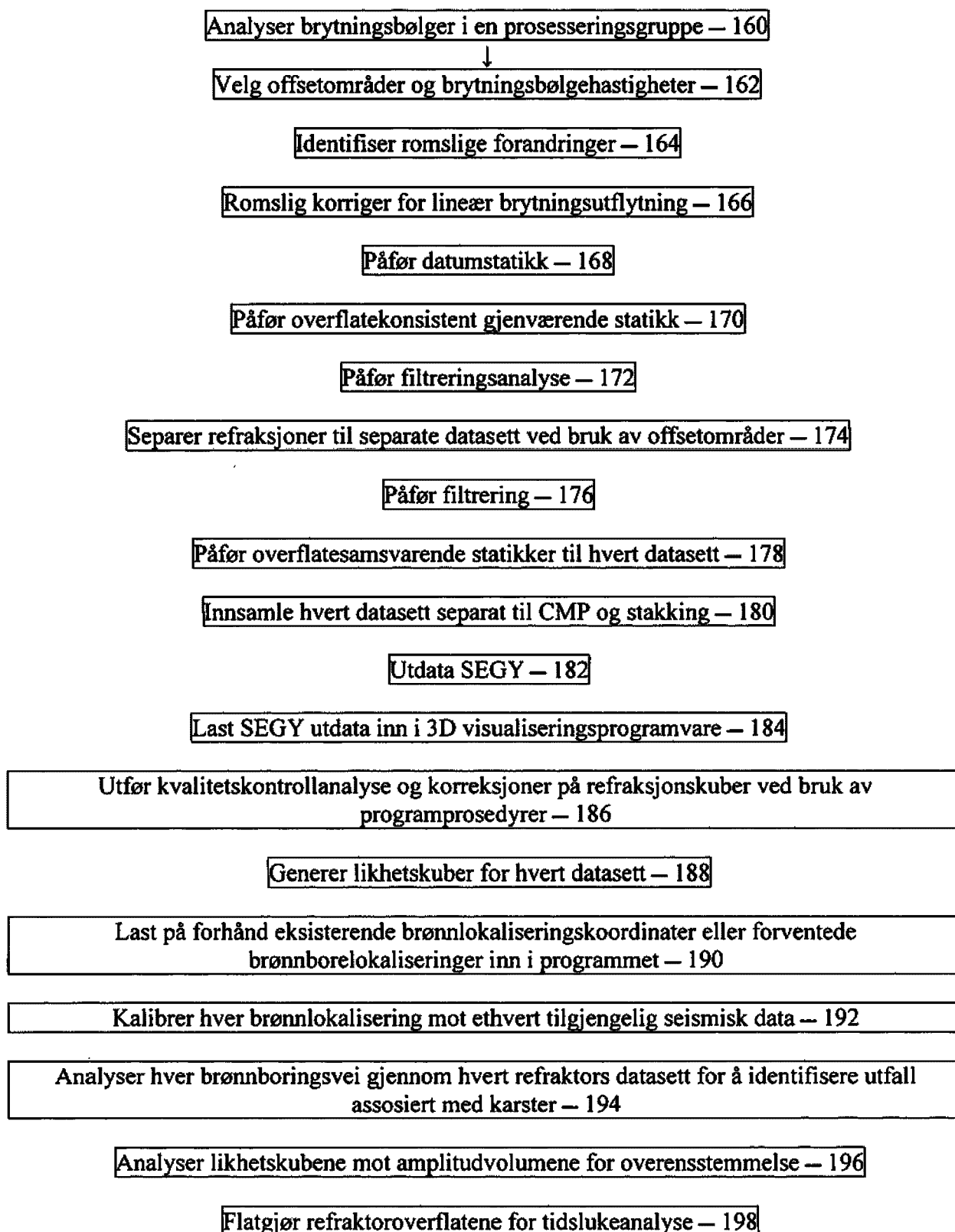


Fig. 18

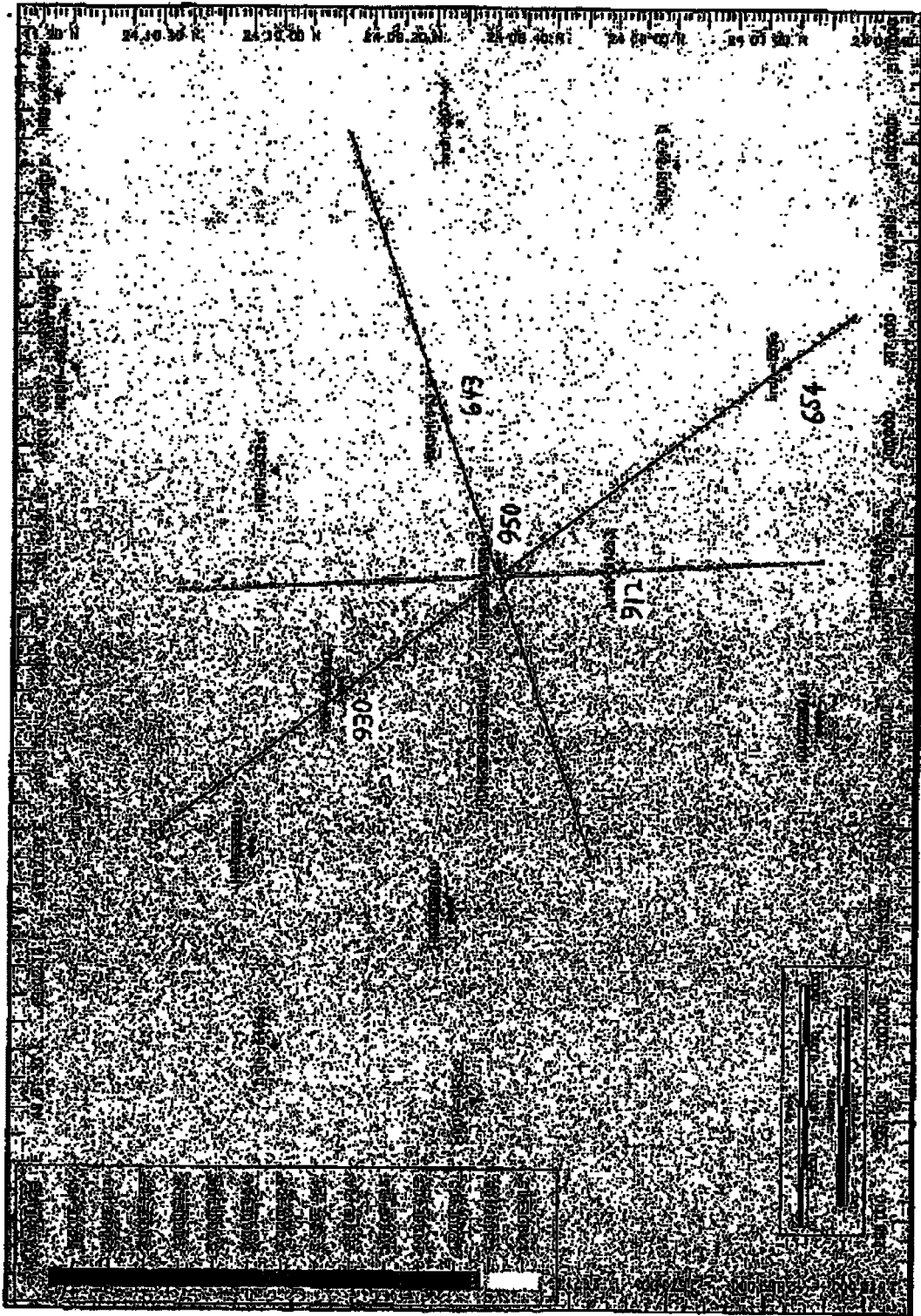


Fig. 19

Fig. 20

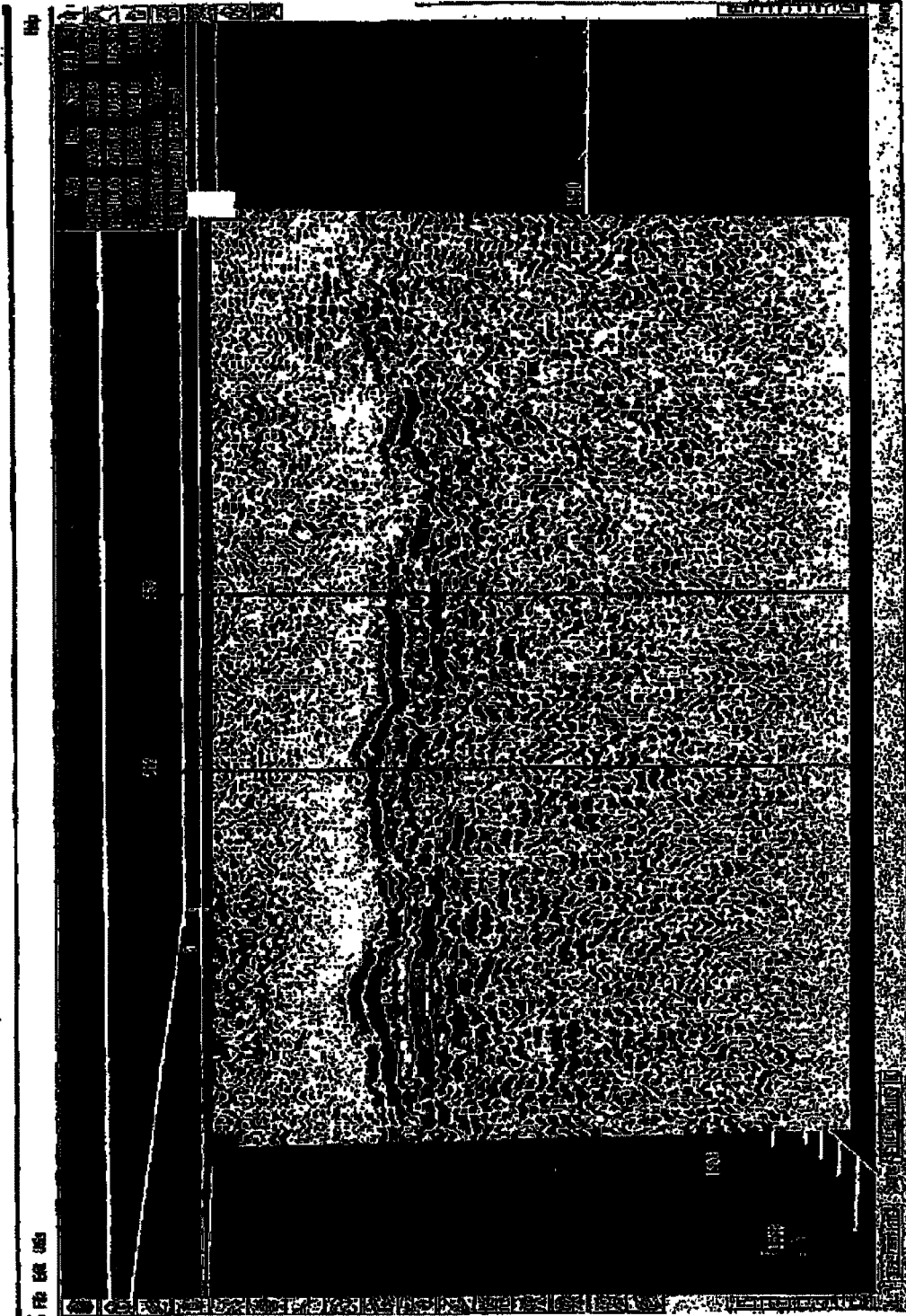


Fig. 21

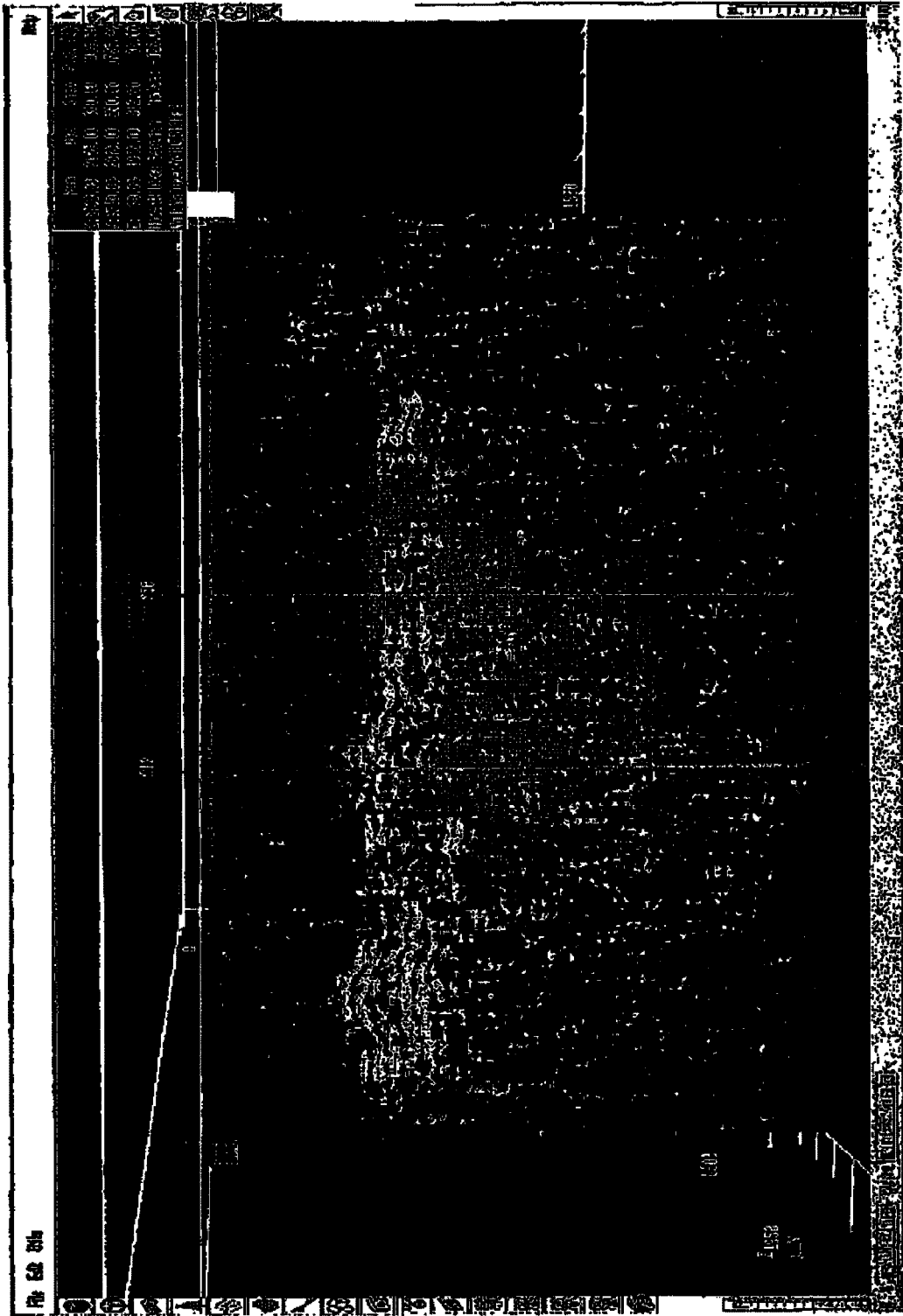


Fig. 22

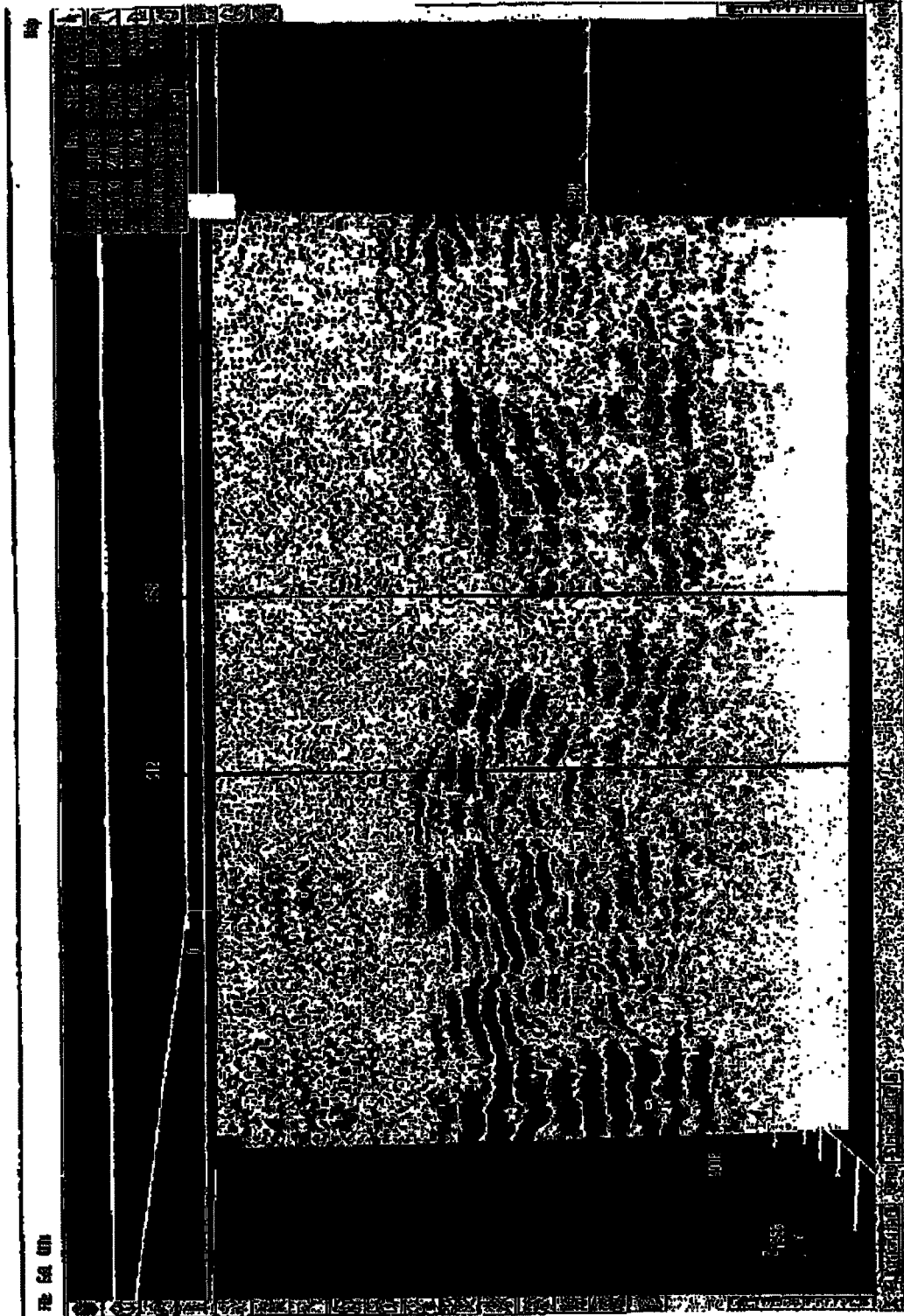


Fig. 23

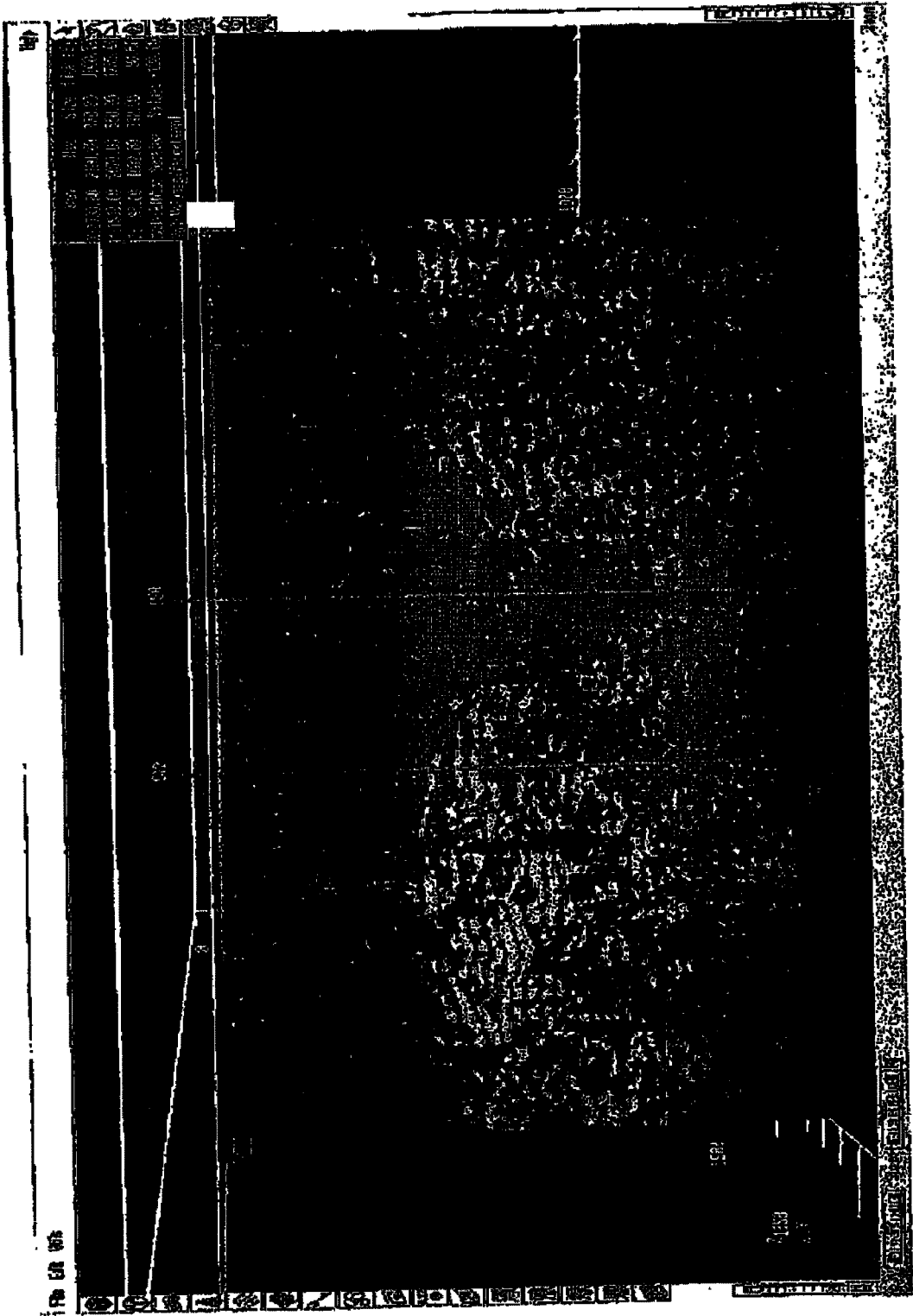


Fig. 24

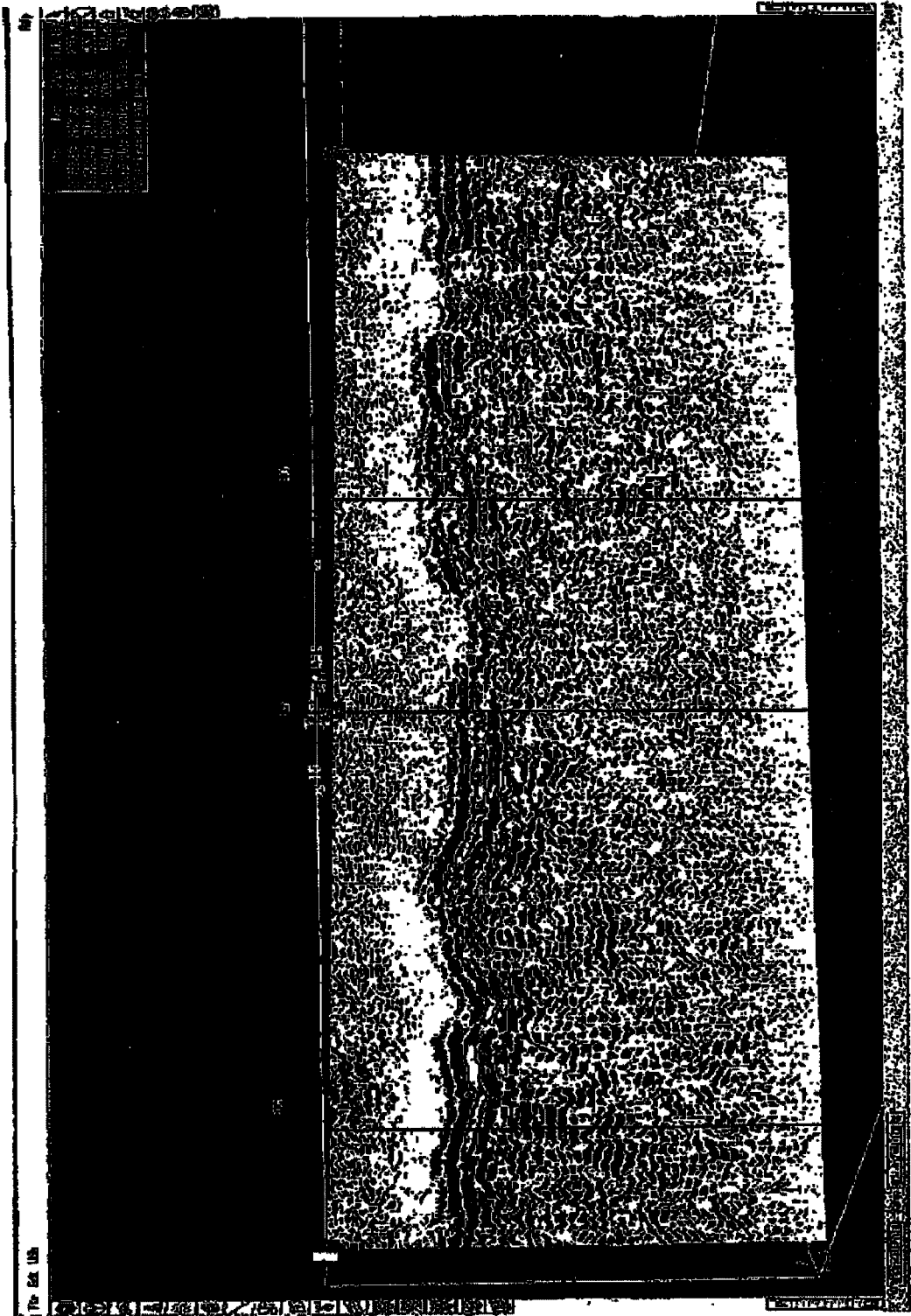


Fig. 25

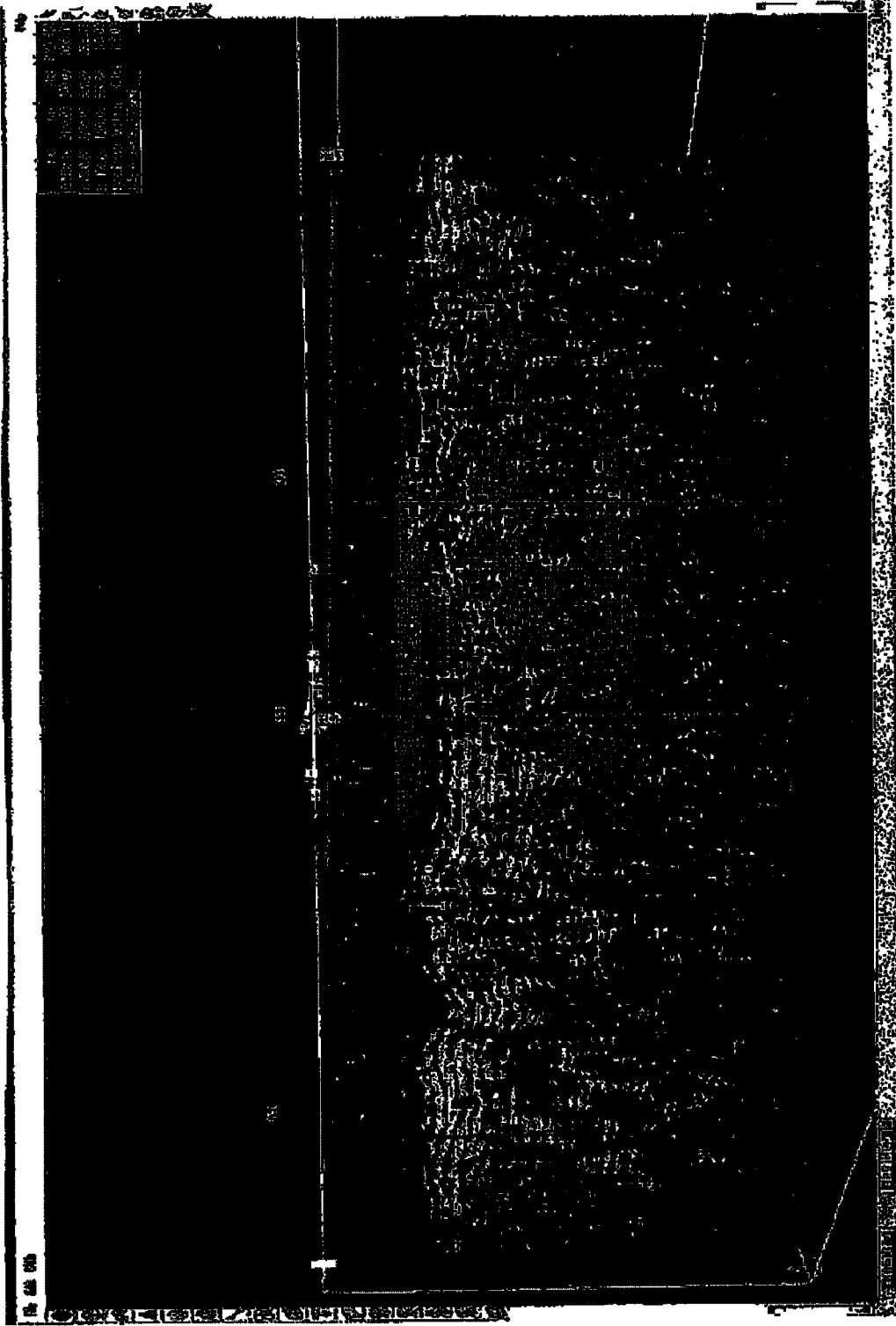


Fig. 26

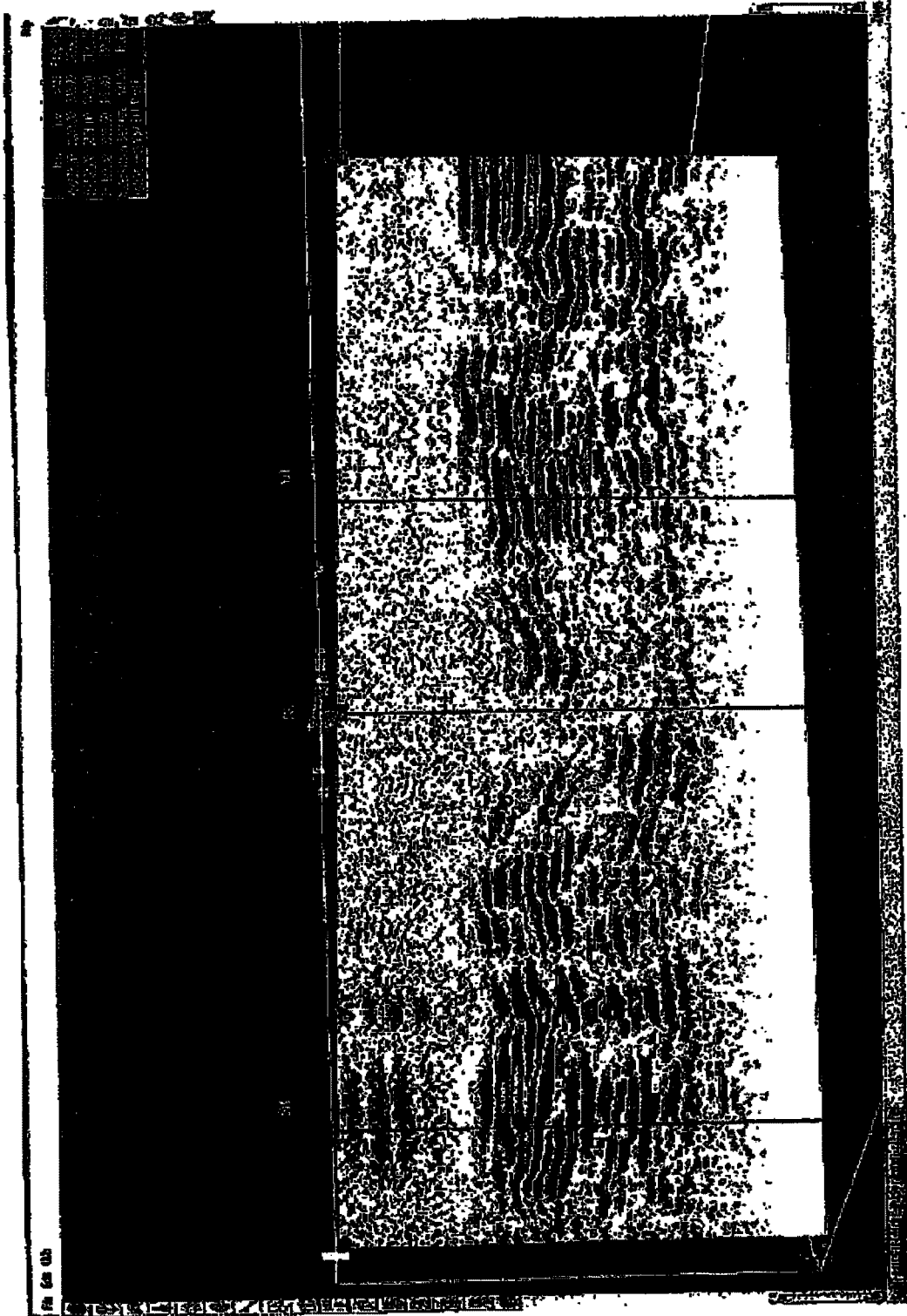


Fig. 27

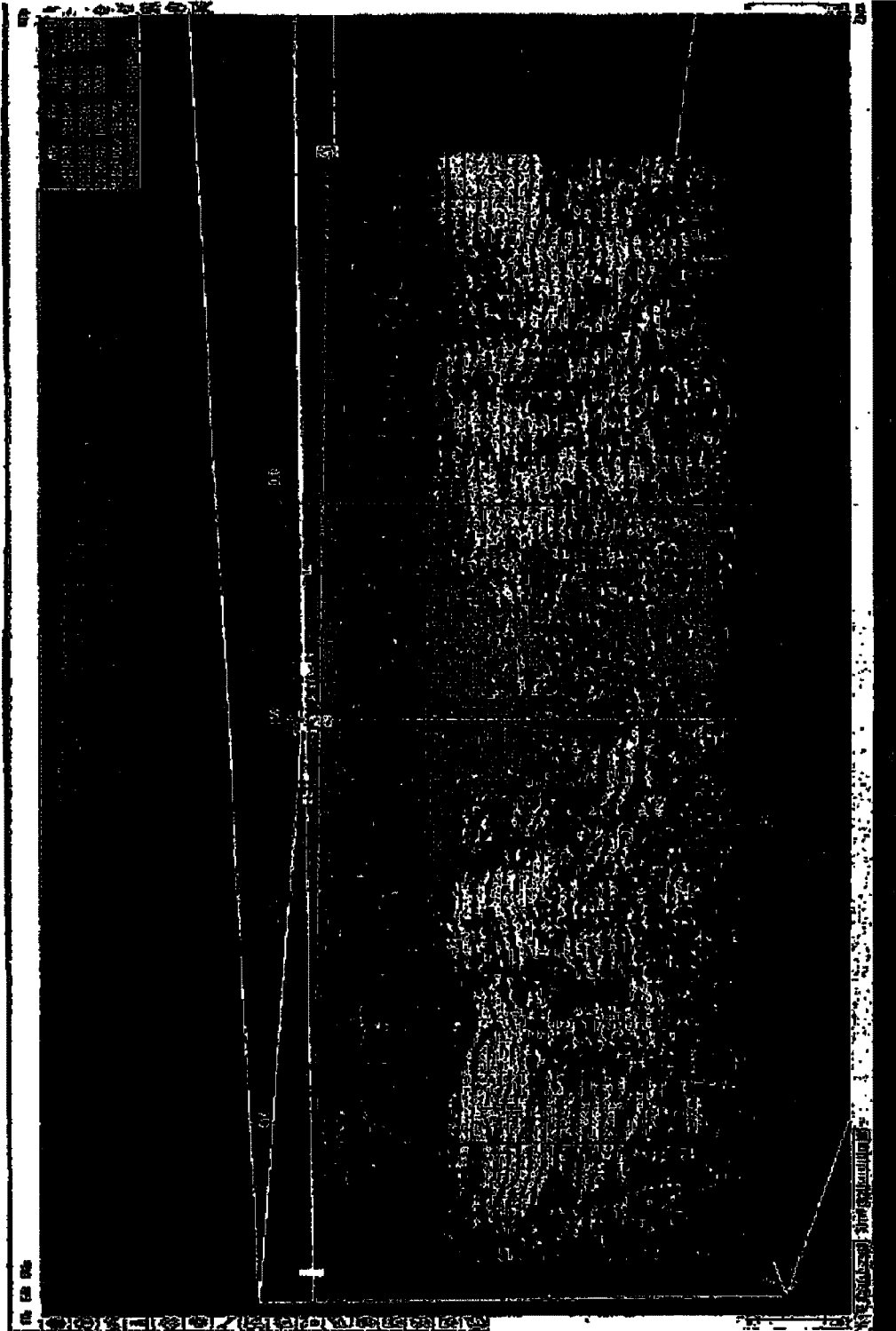


Fig. 28

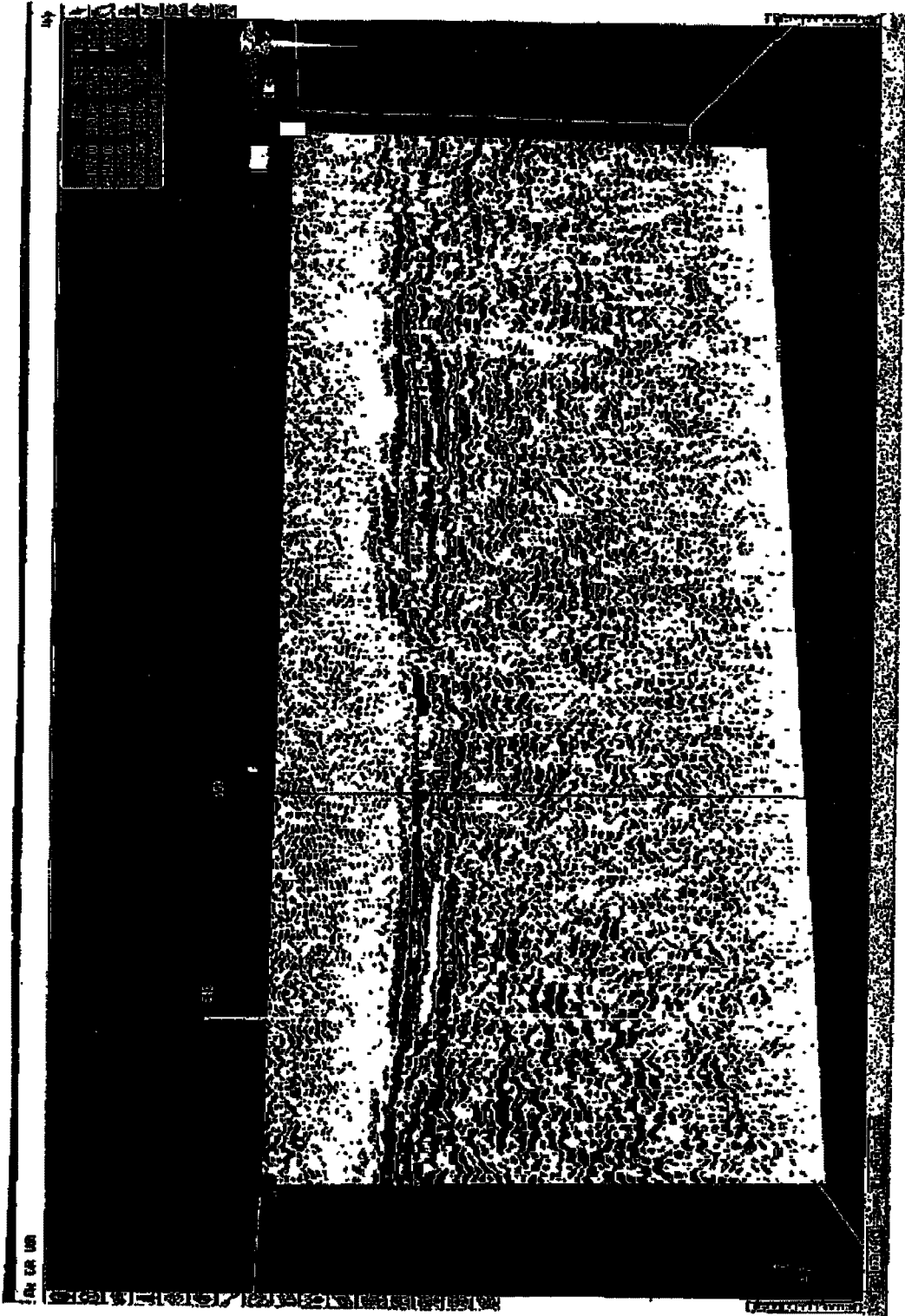


Fig. 29

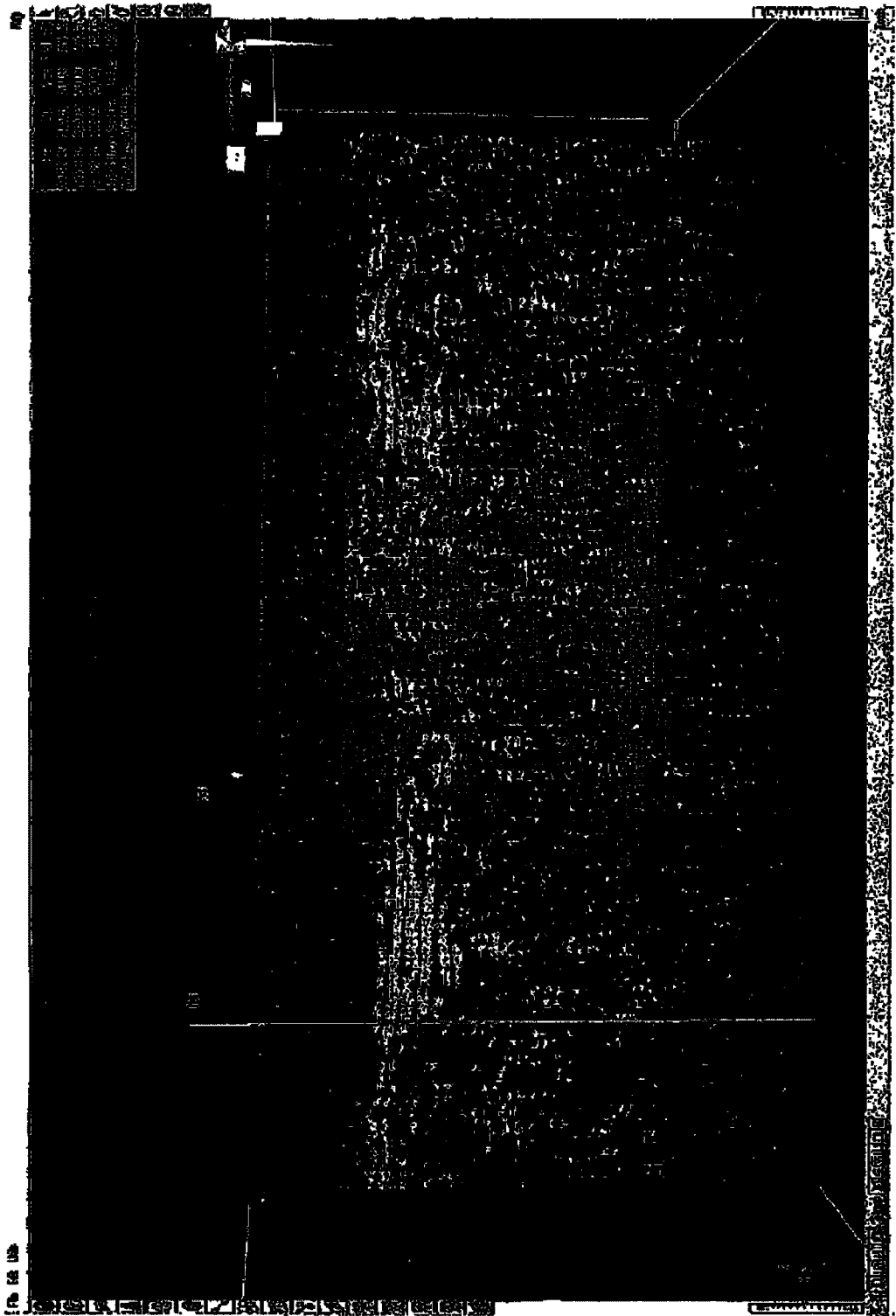


Fig. 30

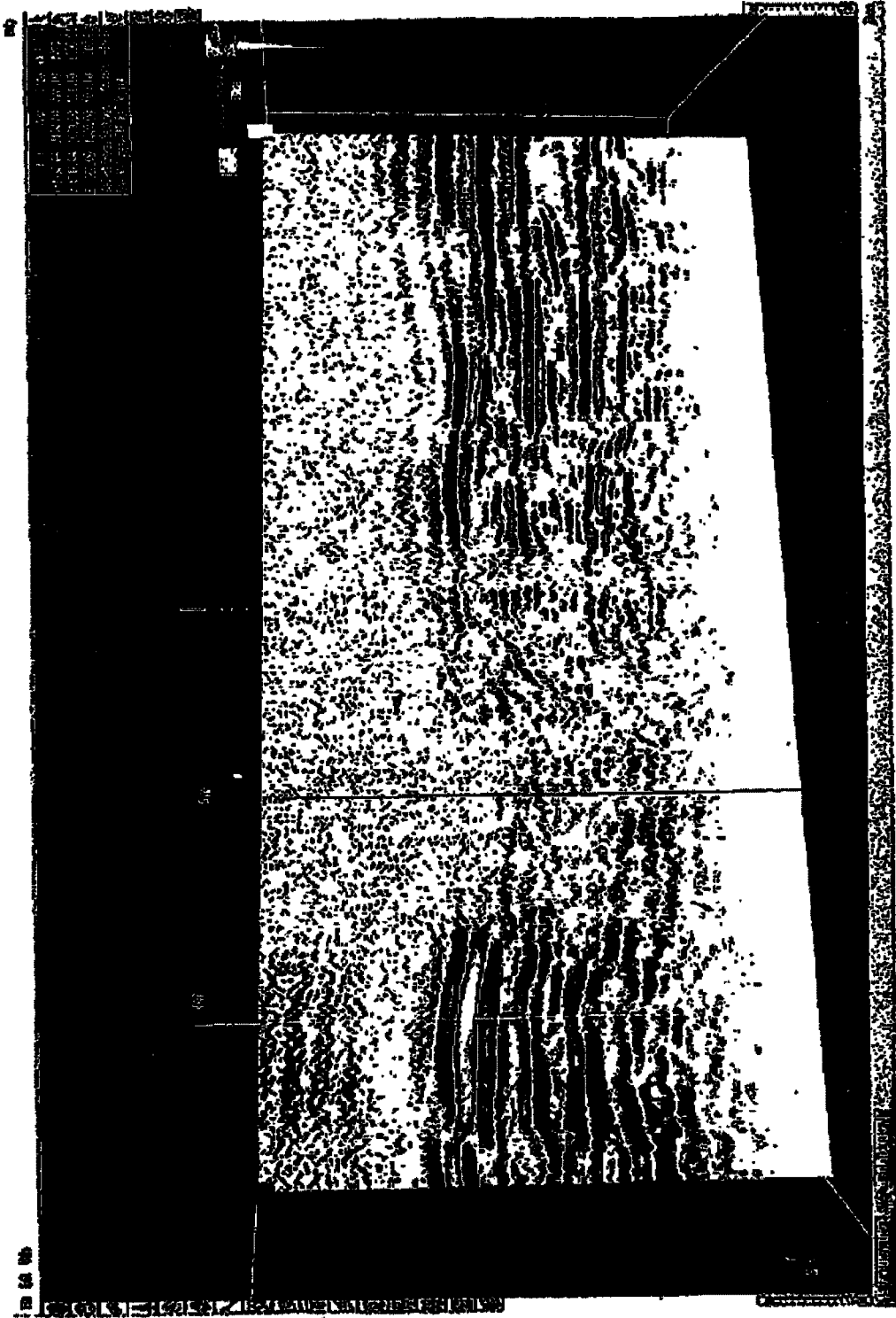


Fig. 31

