



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20131325

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 47/10 (2012.01)

E21B 49/00 (2006.01)

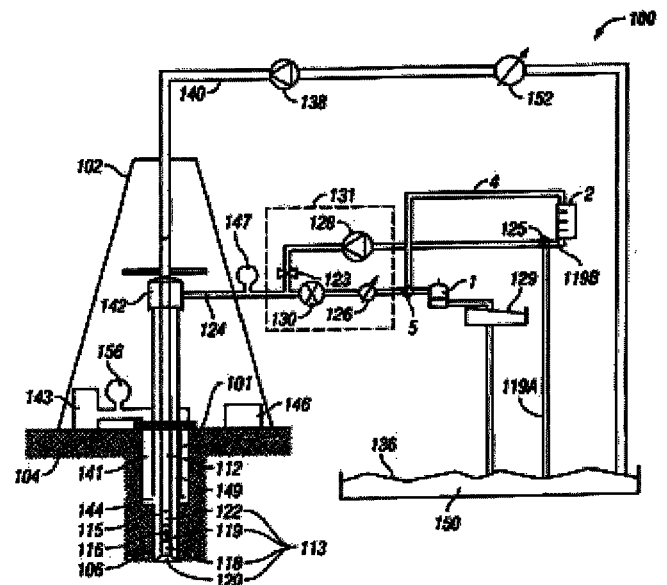
E21B 21/08 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20131325	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2012.03.09 PCT/US2012/028471
(22)	Inng.dag	2013.10.02	(85)	Videreføringsdag	2013.10.02
(24)	Løpedag	2012.03.09	(30)	Prioritet	2011.03.09, US, 61/450,651
(41)	Alm.tilgj	2013.10.07			
(73)	Innehaver	Prad Research and Development Ltd, P O Box 71 Craigmuir Chambers, VG-1110 ROAD TOWN, TORTOLA, De britiske jomfruøyene			
(72)	Oppfinner	Sehsah Ossama, 19806 Almond Park, US-TX77450 KATY, USA			
(74)	Fullmektig	Murgitroyd & Co, Mannerheimintie 12 B 5th floor, FI-00100 HELSINGFORS, Finland			

- (54) **Benevnelse** **Fremgangsmåte for å karakterisere formasjoner under overflaten ved å anvende fluidtrykkrespons under boreoperasjoner**
- (57) **Sammendrag**

En fremgangsmåte for å karakterisere en formasjon under overflaten ved å anvende en fluidtrykkrespons under borehulls boreoperasjoner innbefatter trinnene av å bestemme en endring i borehullstrykk i nærheten av overflaten, å beregne en endring i volumgjennomstrømning ut av borehullet som en funksjon av endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten, å bestemme et fluidtrykk nedihulls i borehullet som svarer til endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten, og å bestemme en produktivitetsindeksverdi som en funksjon av endringen i volumgjennomstrømning, fluidtrykket nedihulls og et reservoartrykk.



FREMGANGSMÅTE FOR Å KARAKTERISERE FORMASJONER UNDER OVERFLATEN VED Å ANVENDE FLUIDTRYKKRESPONS UNDER BOREOPERASJONER

Bakgrunn

5

Letingen etter og produksjonen av hydrokarboner fra bergformasjoner under overflaten krever innretninger for å nå og trekke ut hydrokarbonene fra bergformasjonene. Slike innretninger er vanligvis borehull som bores fra Jordens overflate til de hydrokarbonbærende

bergformasjoner under overflaten. Borehullene bores ved å anvende en borelegg. I sin
10 enkleste form er en borelegg en innretning som anvendes til å støtte en borkrone montert på enden av et rør, kjent som en «borestreng». En borestreng er vanligvis tildannet av lengder av borerør eller lignende rørformede segmenter som er gjengbart forbundet ende mot ende. Borestrengen er langsgående støttet av boreleggstrukturen på overflaten, og kan roteres ved hjelp av innretninger som er tilknyttet til boreleggen, slik som et toppdrevet rotasjonssystem,
15 eller kelly/drivrørmedbringersammensetning. Et borefluid som består av et basefluid, vanligvis vann eller olje, samt ulike tilsetningsstoffer, pumpes ned en sentral åpning i borestrengen. Fluidet forlater borestrengen gjennom åpninger som kalles «jets», i den roterende borkrones legeme. Borefluidet sirkulerer deretter tilbake mot overflaten i et ringformet rom som er tildannet mellom borehullsveggen og borestrengen, idet det bringer med seg borekaks fra
20 borkronen for på den måte å rengjøre borehullet. Borefluidet er også formulert slik at fluidtrykket som anvendes av borefluidet, vanligvis er større enn fluidtrykket i den omgivende formasjon, idet formasjonsfluider derved hindres i å trenge inn i borehullet og kollapsen av borehullet derved forebygges. Slik formulering må imidlertid også sørge for at det hydrostatiske trykk ikke overstiger trykket ved hvilket formasjonene som blottlegges av
25 borehullet, vil svikte (fraktur).

Det er kjent innenfor teknikken at det faktiske trykk som utøves av borefluidet («hydrodynamisk trykk») er relatert til dets formulering som forklart overfor, eller dets andre reologiske egenskaper, slik som viskositet, og hastigheten med hvilken borefluidet beveges
30 gjennom borestrengen inn i borehullet. Det er også kjent innenfor teknikken at ved hensiktsmessig kontroll over utstrømming av borefluid fra borehullet gjennom det ringformede rom, er det mulig å utøve trykk i det ringformede rom mellom borestrengen og borehullsveggen som overstiger de hydrostatiske og hydrodynamiske trykk med en valgt mengde. Det har blitt utviklet et antall boresystemer benevnt DAPC-systemer («Dynamic
35 Annular Pressure Control») som utfører den tidligere nevnte fluidutstrømningskontroll. Ett slikt system er beskrevet f.eks. i US-patent nr. 6,904,981 utstedt til van Riet og overdratt til rettsetterfølgeren av den foreliggende offentliggjøring. DAPC-systemet som beskrives i '981-patentet, innbefatter et fluidmottrykkssystem i hvilket fluidutstrømming fra borehullet

kontrolleres selektivt for å bibeholde et valgt trykk ved bunnen av borehullet, og fluid pumpes ned borefluidretursystemet for å bibeholde ringromstrykket på tidspunkter hvor slampumpene er slått av (og ingenting slam pumpes gjennom borestrengen). Et trykkovervåkingssystem er ytterligere tilveiebrakt for å overvåke detekterte borehullstrykk, modellere forventede borehullstrykk for videre boring, og å kontrollere fluidmottrykksystemet. I US-patent nr. 7,395,878 utstedt til Reitsma et al og overdratt til rettsfølgeren av den foreliggende offentliggjøring, beskrives en annerledes form for DAPC-system.

Formuleringen av borefluid og, når det benyttes, tilleggskontroll over fluidutstrømningen slik som ved anvende et DAPC-system, er ment å tilveiebringe et valgt fluidtrykk i borehullet under boring. Slik fluidtrykk er, som forklart ovenfor, valgt slik at fluidtrykk fra porerommene i visse formasjoner under overflaten ikke trenger inn i borehullet, slik at borehullet forblir mekanisk stabilt under fortsatte boreoperasjoner, og slik at blottlagt bergformasjon ikke frakureres hydraulisk under boreoperasjoner. Især DAPC-systemer tilveiebringer økt evne til å kontrollere fluidtrykket i borehullet under boreoperasjoner uten behovet for å omformulere borefluidet omfattende. Som forklart i patentene det vises til over, kan det å anvende DAPC-systemer også muliggjøre boring av borehull gjennom formasjoner som har fluidtrykk og frakturtrykk som er slike, at boring ved å anvende kun formulert borefluid og ukontrollert fluidutstrømning fra borehullet, i det vesentlige er umulig.

Det er ønskelig å være i stand til å karakterisere formasjonens fluidtrykkrespons så tidlig som praktisk ønskelig i borehullskonstruksjonsprosessen. Slik karakterisering kan bekrefte den kommersielle nytten ved en bestemt formasjon under overflaten som utsettes for senere testing og evaluering. Karakteriseringen kan anvendes til å medvirke i avgjørelser vedrørende hvilke former for reservoarproduksjonstesting som er anvendelige i en bestemt formasjon under overflaten og/eller karakteriseringen kan medvirke til å bestemme optimale fluidtrykk under borehullsboring for å unngå mekanisk skade og/eller permeabilitetsskade på formasjonene.

30

Sammendrag

En fremgangsmåte for å karakterisere en formasjon under overflaten ved å anvende en fluidtrykkrespons under borehullsboreoperasjoner, omfatter trinnene av å bestemme en endring i borehulls-/ringromstrykk i nærheten av overflaten, å beregne en endring i volumgjennomstrømning ut av borehullet som en funksjon av endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten, å bestemme et fluidtrykk nedihulls i borehullet som svarer til endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten, og å bestemme en produktivitetsindeksverdi som en funksjon av endringen i volumgjennomstrømning,

fluidtrykket nedihulls og et reservoartrykk.

I en prosess kjent som «fingerprinting» faller fluidtrykket i ringrommet helt til fluidstrømningen inn i borehullet fra formasjonen under overflaten detekteres på overflaten. En første

5 gjennomstrømningsmengde av fluid som trenger inn i borehullet fra formasjonen under overflaten, anslås fra en bestemt gjennomstrømningsmengde av borefluid inn i borehullet og i det minste én av en målt fluidgjennomstrømningsmengde ut av borehullet eller en anslått fluidgjennomstrømningsmengde, som er basert på det senkede trykk i ringrommet og fluidgjennomstrømningsmengden inn i borehullet. Fluidtrykket i ringrommet senkes deretter

10 ytterligere med en valgt mengde, og en andre gjennomstrømningsmengde av fluid inn i borehullet fra formasjonen under overflaten anslås på en lignende måte som den første gjennomstrømningsmengde. En fluidgjennomstrømningsmengde av formasjonen med hensyn til nedihullstrykk bestemmes ved å anvende en verdi av det senkede trykk, en verdi av det ytterligere senkede trykk, den første gjennomstrømningsmengde og den andre

15 gjennomstrømningsmengde. Forholdet mellom formasjonens fluidgjennomstrømningsmengde og nedihullstrykket har vist seg å være tilnærmet lineært ved lave fluidgjennomstrømningsmengder fra formasjonen. Ved å anvende et slikt lineært forhold anslås deretter reservoartrykket for en gitt borehulldybde når fluidgjennomstrømningsmengden fra formasjonen er null eller nær null.

20

Et borehull kan karakteriseres ved et forhold mellom volumgjennomstrømning ut av brønnen og endringer i borehullstrykk i nærheten av overflaten. Slik karakterisering forutsetter at det ikke finner sted noen strømning inn i eller ut av formasjonen. For å bestemme et slikt forhold måles overflatetrykket for uensartede volumgjennomstrømninger som passerer gjennom

25 borehullet. I det minste to forskjellige volumgjennomstrømninger og deres tilsvarende borehullstrykk i nærheten av overflaten, er nødvendig for å karakterisere borehullet, ytterligere data er imidlertid nyttig for å forbedre karakteriseringens nøyaktighet. Det har vist seg at det finnes et nesten lineært forhold mellom volumgjennomstrømning ut av brønnen og endringer i borehullstrykk i nærheten av overflaten. Derfor benyttes fortrinnsvis en lineær best fit av

30 dataene for å bestemme et slikt forhold. Ved å benytte dette bestemte forhold som er spesifikt for et bestemt borehull og geometri/dybde derav, kan endringer i borehullstrykk i nærheten av overflaten anvendes til å bestemme en tilsvarende endring i volumetrisk fluidstrømning ut av borehullet. Å benytte karakteriseringen av borehullet på denne måten kan være nyttig når målt volumetrisk strømning fra borehullet er utilgjengelig eller upålitelig.

35

I én eller flere fremgangsmåter i offentliggjøringen anslås reservoartrykket ved å anvende den tidligere beskrevne fingerprinting-prosedyre og/eller en dynamisk leakoff-test, som beskrevet heri. Borehullet karakteriseres deretter ved å bestemme det lineære forhold mellom

volumetrisk strøm overfor borehullstrykk i nærheten av overflaten for en gitt borehullsgeometri. Derneft beregnes produktivitetsindeksen, PI, for borehullet (for en gitt borehullsgeometri), som er en karakterisering av formasjonen under overflaten, som en funksjon av reservoartrykk, nedihullstrykk, og volumetrisk fluidstrømning ut av borehullet.

- 5 Etter at produktivitetsindeksen er beregnet, er det enklere å beregne og/eller overvåke den volumetriske fluidstrømning ut av borehullet som en funksjon av målt eller overvåket nedihullstrykk/bunnhullstrykk.

- Andre trekk og fordeler ifølge én eller flere utførelsesformer av oppfinnelsen vil fremgå av den
10 følgende beskrivelse og de vedlagte kravene.

Kort beskrivelse av tegningene

- I fig. 1 vises et eksempel på en borehullsboeenhet som innbefatter et dynamisk DAPC-
15 system (Dynamic Annular Pressure Control).

I fig. 2 vises en graf over formasjonens fluidstrømning som trenger inn i et borehull fra en formasjon under overflaten, som en funksjon av borehullsfluidtrykk på formasjonens nivå under overflaten.

- I fig. 3 vises en graf over en lineær best-fit av resulterende gjennomstrømningsmengde i
20 forhold til endringer i borehullstrykk som anvendes til å anslå fluidstrømningsmengde inn i borehullet fra en formasjon med hensyn til en endring i fluidtrykk i ringrom i nærheten av Jordens overflate.

Detaljert beskrivelse

- 25 Fremgangsmåte ifølge én eller flere utførelsesformer av offentliggjøringen anvender generelt et DAPC-system (Dynamic Annular Pressure Control) under boreoperasjoner, hvilket involverer et borehull for å justere fluidtrykket i et borehullsringrom (dvs. det ringformede rom mellom borehullets vegg og borestrengens ytre) til valgte verdier under boreoperasjoner, og å
30 teste formasjonenes respons på slike justeringer. Å teste borehullets respons kan innbefatte å bestemme hvorvidt fluid trenger inn i borehullet fra formasjonen eller går tapt inn i formasjonen.

- Et eksempel på en boeenhet som borer et borehull gjennom bergformasjoner under
35 overflaten, herunder et DAPC-system (Dynamic Annular Pressure Control), er vist skjematisk i fig. 1. DAPC-systemets betjening og detaljer kan være i det vesentlige som beskrevet i US-patent nr. 7,395,878 utstedt til Reitsma et al. og overdratt til rettsetterfølgeren av den foreliggende offentliggjøring, eller kan være som beskrevet i US-patent nr. 6,904,981 utstedt

til van Riet og overdratt til rettsetterfølgeren av den foreliggende offentliggjøring, idet det herved henvises til begge disse, og de skal i deres helhet betraktes som en del av nærværende oppfinnelse.

- 5 Boresystemet 100 innbefatter en heiseinnretning kjent som en borerigg 102 som anvendes til å støtte boreoperasjoner gjennom bergformasjoner under overflaten slik som vist ved 104. Mange av komponentene som anvendes på boreriggen 102, slik som en kelly (eller toppdrevet rotasjonssystem), krafttenger, slipper, vinsjer og annet utstyr er ikke vist av klarhetshensyn. Et borehull 106 vises idet det bores gjennom bergformasjonene 104. En
- 10 borestreng 112 henger fra boreriggen 102 og strekker seg inn i borehullet 106, idet det derved tildannes et ringformet rom (ringrom) 115 mellom borehullsveggen og borestrengen 112, og/eller mellom et føringsrør 101 (når innbefattet i borehullet) og borestrengen 112. Én av borestrengen 112's funksjoner er å føre et borefluid 150 (vist i en lagertank eller pit 136), anvendelsen av hvilken er av formål som er beskrevet i avsnittet Bakgrunn heri, til bunnen av
- 15 borehullet 106 og inn i borehullsringrommet 115

- Borestrengen 112 støtter en bunnhullsstreng (Bottom Hole Assembly, «BHA») 113 i nærheten av den nedre ende derav som innbefatter en borkrone 120, og kan innbefatte en slammotor 118, en sensorpakke 119, en tilbakeslagsventil (ikke vist) for å forhindre tilbakestrømning av
- 20 borefluid fra ringrommet 115 inni borestrengen 112. Sensorpakken 119 kan for eksempel være et MWD/LWD-sensorsystem (Measurement While Drilling og Logging While Drilling). Især BHA-en 113 kan innbefatte en trykkgiver 116 for å måle borefluidets trykk i ringrommet 115 i nærheten av borehullet 106's bunn. Den i fig. 1 viste BHA 113 kan også innbefatte en
- 25 telemetrisender 122 som kan anvendes til å sende trykkmålinger som foretas av giveren 116, MWD/LWD-målinger så vel som boreinformasjon som skal mottas på overflaten. Et datalager innbefattende et trykkdatalager kan tilveiebringes på et passende sted i BHA-en 113 for midlertidig lagring av målt trykk og andre data (f.eks. MWD/LWD-data) før sending av
- 30 dataene, ved å anvende telemetrisenderen 122. Telemetrisenderen 122 kan for eksempel være en kontrollerbar ventil som modulerer borefluidets strømning gjennom borestrengen 112 for å skape trykkvariasjoner som kan detekteres på overflaten. Trykkvariasjonene kan kodes til å representere signaler fra MWD/LWD-systemet og trykkgiveren 116.

- Borefluidet 150 kan lagres i et reservoar 136, som er vist i form av en slamtank eller pit. Reservoaret 136 er i fluidkommunikasjon med én eller flere slampumper 138's inntak som
- 35 under drift pumper borefluidet 150 gjennom en kanal 140. En valgfri strømningsmåler 152 kan tilveiebringes i serie med én eller flere slampumper 138, enten oppstrøms eller nedstrøms derav. Kanalen 140 er forbundet med passende trykkforseglede svivler (ikke vist) som er koblet til borestrengen 112's øverste segment («ledd»). Under drift løftes borefluidet 150 fra

reservoaret 136 av pumpene 138, det pumpes gjennom borestrengen 112 og BHA-en 113, og løper ut gjennom dyser eller løp (ikke vist) i borkronen 120, hvor det sirkulerer borekaket bort fra kronen 120 og returnerer det til overflaten gjennom ringrommet 115. Borefluidet 150 returnerer til overflaten og går gjennom en borefluidutløpskanal 124 og valgfritt gjennom en rekke trykkutjevningsbeholdere og telemetrisystemer (ikke vist), for til slutt å bli returnert til reservoaret 136.

En trykkisolerende tetning for ringrommet 115 er tilveiebrakt i form av et roterende kontrollhode som utgjør del av en blow-out-ventil («BOP») 142. Borestrengen 112 passerer gjennom BOP-en 142 og dens tilknyttede roterende kontrollhode. Når det er satt i gang, tetter det roterende kontrollhodet på BOP-en 142 rundt borestrengen 112, idet fluidtrykket isoleres derunder, men idet borestrengrotasjon og langsgående bevegelse stadig muliggjøres. Alternativt kan en roterende BOP (ikke vist) anvendes for i det vesentlige det samme formål. Den trykkisolerende tetning utgjør en del av et mottrykkssystem (en større del av hvilket er representert ved hjelp av stiplet boks 131) som anvendes til å opprettholde et valgt fluidtrykk i ringrommet 115.

Idet borefluid returnerer til overflaten, går det gjennom et sideutløp under den trykkisolerende tetning (roterende kontrollhode) til et mottrykkssystem 131 som er konfigurert til å tilveiebringe et justerbart mottrykk på borefluidet i ringrommet 115. Mottrykkssystemet omfatter en variabel strømning-reduksjonsinnretning, passende i form av en slitasjebestandig choke 130, som benytter et tilsvarende mottrykk på borefluidet i ringrommet 115 idet strømmingen reduseres gjennom en slik innretning. Det er klart at det finnes choker som er utviklet for å fungere i et miljø hvor borefluidet 150 inneholder vesentlig borekaks og andre faststoffer. Choken 130 er én slik type, og den er videre i stand til å fungere ved skiftende trykk, gjennomstrømningsmengder og gjennom mangfoldige arbeidssykluser.

Borefluidet 150 forlater choken 130 og strømmer gjennom en valgfri strømningsmåler 126 for å styres mot en valgfri gassutskiller 1 og faststoffutskillingsutstyr 129. Gassutskilleren 1 og faststoffutskillingsutstyret 129 er beregnet til å fjerne overskytende gass og andre kontaminanter, herunder borekaks, fra borefluidet 150. Etter å ha passert gjennom faststoffutskillingsutstyret 129, returneres borefluidet 150 til reservoaret 136.

Strømningsmåleren 126 kan være en massebalansetype eller annen strømningsmåler med høy oppløsning. En trykksensor 147 kan valgfritt tilveiebringes i borefluidutløpskanalen 124 oppstrøms av den variable strømning-reduksjonsinnretning (f.eks. choken 130). En strømningsmåler, lignende strømningsmåler 126, kan plasseres oppstrøms av mottrykkssystemet 131 i tillegg til mottrykksensoren 147. Et mottrykkskontrollmiddel, f.eks.

fortrinnsvis et programmert datamaskinsystem, men som også kan være en erfaren operatør, overvåker data som er relevante for ringromstrykket, herunder data fra et trykkovervåkingssystem 146 (dvs. trykksensordata), og tilveiebringer kontrollsignaler til i det minste mottrykkssystemet 131 (og/eller spesifikt til mottrykkspumpen 128) og valgfritt også til injeksjonsfluidinjeksjonssystemet.

På generelt grunnlag kan det påkrevde mottrykket for å oppnå det ønskede ringromstrykk i nærheten av bunnen av borehullet 106, bestemmes ved å oppnå på valgte tidspunkt informasjon om borefluidets eksisterende trykk i ringrommet 115 i nærheten av BHA-en 113, betegnet bunnhullstrykket (BHP), å sammenligne informasjon med en ønsket BHP og å anvende differensialet mellom disse for å bestemme et settpunkt for mottrykk. Settpunktet for mottrykk anvendes til å kontrollere mottrykkssystemet for å etablere et mottrykk nært settpunktet for mottrykk. Informasjon vedrørende fluidtrykket i ringrommet 115 i nærheten av BHA-en 113, kan bestemmes ved å anvende en hydraulisk modell og målinger av borefluidtrykk idet det pumpes inn i borestrengen, og hastigheten med hvilken borefluidet pumpes inn i borestrengen (f.eks. ved å anvende en strømningsmåler eller en «slagteller», vanligvis tilveiebrakt med slampumper av stempeltypen). BHP-informasjonen som således oppnås, kan periodisk kontrolleres og/eller kalibreres ved å anvende målinger som er tatt ved hjelp av trykkgiveren 116.

Injeksjonsfluidtrykket i en passasje for injeksjonsfluidtilførsel 143 utgjør en relativt nøyaktig indikator for borefluidtrykket i borefluidåpningen ved den dybde hvor injeksjonsfluidet injiseres inn i borefluidåpningen. Derfor kan et trykksignal som genereres av en injeksjonsfluidtrykksensor hvor som helst i injeksjonsfluidtilførselspassasjen, f.eks. ved 156, passende anvendes for å tilveiebringe et inngangssignal for å kontrollere mottrykkssystemet 131 (f.eks. choke 130), og for å overvåke borefluidtrykket i borehullringrommet 115.

Trykksignalet kan, dersom det er ønskelig, valgfritt kompenseres for densiteten til injeksjonsfluidsøylen og/eller for det dynamiske trykktap som kan genereres i injeksjonsfluidet mellom injeksjonsfluidtrykksensoren 156 i injeksjonsfluidtilførselspassasjen, og der hvor injeksjonen inn i borefluidreturpassasjen finner sted 144, for eksempel med henblikk på å oppnå en nøyaktig verdi på injeksjonstrykket i borefluidreturpassasjen ved dybden 144 hvor injeksjonsfluidet injiseres inn i borefluidåpningen.

Injeksjonsfluidets trykk i injeksjonsfluidtilførselspassasjen 141 benyttes med fordel til å oppnå informasjon som er relevant for å bestemme det aktuelle bunnhullstrykket. Så lenge injeksjonsfluidet injiseres inn i borefluidreturstrømmen, kan injeksjonsfluidets trykk ved injeksjonsdybden antas å være likt med borefluidtrykket ved injeksjonspunktet 144. Således

kan trykket som bestemt ved hjelp av injeksjonsfluidtrykksensoren 156, med fordel anvendes til å generere et trykksignal for anvendelse som et feedback-signal for å kontrollere eller regulere mottrykkssystemet 131.

5 Det skal bemerkes at endringen i hydrostatisk bidrag til nedihullstrykket som ville være et resultat av en mulig variasjon i injeksjonsfluidinjeksjonsmengden, er i tett tilnærming kompensert for av den overfor beskrevne kontrollerte omjustering av mottrykkssystemet 131 av mottrykkreguleringsmiddelet. Ved å kontrollere mottrykkssystemet 131 er fluidtrykket i borehullet 106 således nesten uavhengig av hastigheten på injeksjonsfluidinjeksjonen.

10

Én mulig måte å anvende trykksignalet som svarer til injeksjonsfluidtrykket på, er å kontrollere mottrykkssystemet 131 for på den måte å bibeholde injeksjonsfluidtrykket på en viss hensiktsmessig konstant verdi gjennom bore- eller kompletteringsoperasjonen. Nøyaktigheten økes når injeksjonspunktet 144 er i tett nærhet med bunnen av borehullet 106.

15

Når injeksjonspunktet 144 ikke er så nært bunnen av borehullet 106, foretrekkes det at størrelsen på trykkdifferensialet over delen av borefluidreturpassasjen som strekker seg mellom injeksjonspunktet 144 og bunnen av borehullet 106, etableres. I denne situasjon kan det benyttes en hydraulisk modell som vil bli beskrevet nedenfor.

20

I ett eksempel kan trykkdifferansen for borefluidet i borefluidreturpassasjen i en nedre del av borehullet 106 som strekker seg mellom injeksjonsfluidinjeksjonspunktet 144 og bunnen av borehullet 106, beregnes ved å anvende en hydraulisk modell som blant annet tar høyde for brønngeometrien. Siden den hydrauliske modellen generelt kun anvendes til å beregne trykkdifferensialet over en relativt liten del av borehullet 106, forventes det at presisjonen er mye bedre enn når trykkdifferensialet over hele borehullets lengde må beregnes.

25

I dette eksempel kan mottrykkssystemet 131 være tilveiebrakt med en mottrykkspumpe 128 i fluidkommunikasjon med borehullsringrommet 115 og choken 130, for å trykksette borefluidet i borefluidutløpskanalen 124 oppstrøms av strømningsreduksjonsinnretningen 130.

30

Mottrykkspumpen 128's inntak er via kanalen 119A/B forbundet med en borefluidtilførsel som kan være reservoaret 136. En stoppventil 125 kan være tilveiebrakt i kanal 119A/B for å isolere mottrykkspumpen 128 fra borefluidtilførselen 136. Valgfritt kan en ventil 123 være tilveiebrakt for selektivt å isolere mottrykkspumpen 128 fra borefluidutløpskanalen 124 og choken 130.

35

Mottrykkspumpen 128 kan koples inn for å sikre at tilstrekkelig strømming passerer choken 130 for å være i stand til å opprettholde mottrykk, selv når det kommer utilstrekkelig strøm fra

borehullringrommet 115 for å opprettholde trykk på choken 130. I noen boreoperasjoner kan det imidlertid ofte være tilstrekkelig å øke vekten på fluidet som inneholdes i borehullringrommets øvre del 149 ved å redusere injeksjonsfluidinjeksjonsmengden når borefluidet 150's sirkulasjonsmengde via borestrengen 112 er redusert eller avbrutt.

5

Kontrollmiddelet for mottrykk i det foreliggende eksempel kan generere kontrollsignalene for mottrykkssystemet 131, idet ikke kun den variable choke 130, men også mottrykkspumpen 128 og/eller ventilen 123 justeres på passende måte.

- 10 I dette eksempel omfatter borefluidreservoaret 136 også en etterfyllingstank 2 i tillegg til den illustrerte slamtank eller pit. En etterfyllingstank anvendes vanligvis på en borerigg for å overvåke borefluidøkninger og borefluidtap under bevegelse av borestrengen inn i og ut av borehullet 106 (kjent som «tripping»-operasjoner). Etterfyllingstanken 2 kan ikke anvendes i stor utstrekning når det ved boring anvendes et multifasefluidsystem som involverer injeksjon av en gass inn i borefluidreturstrømmen, fordi borehullet 106 ofte kan forbli levende (dvs. uavbrutt strømmende) eller borefluidnivået i borehullet 106 faller når injeksjonsgasstrykket tappes av. I den foreliggende utførelsesform bibeholdes imidlertid etterfyllingstanken 2's funksjonalitet i de tilfeller hvor et borefluid med høy densitet pumpes ned og inn i høytrykksbrønner.

20

Et ventilmanifoldsystem 5, 125 kan tilveiebringes nedstrøms av mottrykkssystemet 131 for å muliggjøre valg av det reservoaret som boreslam som returnerer fra borehullet 106, skal rettes mot. I det foreliggende eksempel kan ventilmanifoldsystemet 5, 125 innbefatte en toveisventil 5, som lar borefluid 150 som returnerer fra borehullet 106 eller rettes mot slampitten 136 eller etterfyllingstanken 2.

25

Ventilmanifoldsystemet 5, 125 kan også innbefatte en toveisventil 125 som er tilveiebrakt enten for å tilføre borefluid 150 fra reservoar 136 via kanal 119A eller fra etterfyllingstank/reservoar 2 via kanal 119B til mottrykkspumpe 128, valgfritt tilveiebrakt i fluidkommunikasjon med borefluidreturpassasjen 115 og choken 130.

30

- Under drift betjenes ventil 125 for å velge enten kanal 119A eller kanal 119B, og mottrykkspumpen 128 koples inn for å sikre at tilstrekkelig strøm passerer choken 130 slik at mottrykk på ringrommet 115 opprettholdes, også selv om det er lite eller ikke noe strøm som kommer fra ringrommet 115. Til forskjell fra borefluidpassasjen inne i borestrengen 112 kan passasjen for injeksjonsfluidtilførsel 143 fortrinnsvis være viet til én oppgave, som er å tilføre injeksjonsfluidet for injeksjon inn i borefluidåpningen, f.eks. ved injeksjonspunkt 144. På denne måten kan borefluidets hydrostatiske og hydrodynamiske interaksjon med

35

injeksjonsfluidet bestemmes på nøyaktig måte og holdes konstant under en boreoperasjon slik at vekten av injeksjonsfluidet og dynamisk trykktap i tilførselsspassasjen 141 kan etableres på nøyaktig måte.

- 5 Beskrivelsen av boresystemet overfor under henvisning til fig. 1 er for å tilveiebringe et eksempel på boring av et borehull ved å anvende et DAPC-system som kan bestemme og opprettholde fluidtrykket i ringrommet i nærheten av borehullet 106's bunn, dvs. den overfor beskrevne BHP, ved eller i nærheten av en valgt/ønsket verdi. Et slikt system kan innbefatte en hydraulikkmodell som, som forklart over, anvender som input de reologiske egenskaper til
- 10 boreslammet/fluidet 150, hastigheten ved hvilken slamm/fluidet strømmer inn i borehullet 106, borehullets og borestrengens konfigurasjon, trykk på utløpskanalen 124 og, hvis tilgjengelig, målinger av fluidtrykk i ringrom i nærheten av borehullets bunn (f.eks. fra giver 116) for å supplere eller forbedre beregninger utført av hydraulikkmodellen.
- 15 I én eller flere fremgangsmåter ifølge offentliggjøringen kan DAPC-systemet betjenes på en spesifikk måte for å tilveiebringe et anslag over formasjonens fluidtrykkrespons (dvs reservoartrykket) mens boreoperasjoner er underveis. I en prosess kjent som «fingerprinting» kan DAPC-systemet betjenes for selektivt å redusere bunnhullstrykket (f.eks. for å bestemme reservoartrykket). En slik reduksjon kan utføres i dekrementer, f.eks. som ikke-begrensede
- 20 eksempler, fem til tjuefem psi-reduksjoner. Målinger av (f.eks. ved hjelp av strømningsmåler) eller anslag av (f.eks. ved hjelp av modellering) fluidstrømningshastighet ut av borehullet og fluidstrømningshastighet inn i borehullet, utføres og sammenlignes for hvert slikt trykkdekrement. Strømningsmengder ut av borehullet som overstiger strømningsmengden inn i borehullet over en valgt terskelverdi eller mer, kan indikere fluidinnngang inn i borehullet som
- 25 et resultat av at bunnhullstrykk er under formasjonens fluidtrykk. Reservoartrykket bestemmes som nedihullstrykk/bunnhullstrykk slik at et hvilket som helst fall i nedihullstrykk/bunnhullstrykk vil forårsake strømning fra formasjonen (og således en større gjennomstrømningsmengde ut av borehullet sammenlignet med gjennomstrømningsmengde inn i borehullet). Den foregående prosedyre kan utføres under aktiv boring av borehullet (dvs. mens borehullet
- 30 forlenges ved hjelp av borkronens aksjon) eller under andre boreoperasjoner (f.eks. tripping av borestrengen osv.). Når det anvendes et DAPC-system som beskrevet over, kan endringer i fluidgjennomstrømningsmengde ut av borehullet detekteres i det vesentlige umiddelbart ved endringer i trykket i borehullets ringrom i nærheten av (på eller nært) overflaten. Eksempelvis for en hvilken som helst valgt fluidhastighet og trykk av fluid inn i borehullet, kan en økning i
- 35 ringromstrykk målt i nærheten av overflaten, være indikerende for fluidstrømning inn i borehullet fra de omgivende formasjoner.

I fig. 2 vises en graf over volumgjennomstrømning av fluid fra en formasjon inn i et borehull

med hensyn til nedihulls fluidtrykk i borehullet. Generelt følger gjennomstrømningshastigheten en hyperbolsk kurve 16 med hensyn til trykkendring, slik at volumetrisk strømning inn i borehullet fra formasjonen øker vesentlig idet nedihullstrykk faller. Ved volumgjennomstrømning inn i borehullet fra formasjonen på nær null, er kurven 16 tilnærmet lineær 16A. Slik karakteristikk av forholdet trykk/gjennomstrømningsmengde kan anvendes til å anslå en formasjonens produktivitet ved en gitt borehullsdybde, hvilket vil bli ytterligere beskrevet i det følgende. For å bestemme det tilnærmet lineære forhold mellom volumetrisk strømning og nedihullstrykk idet volumetrisk strømning nærmer seg null, kan borehullsfluidtrykket i det ringformede rom (ringrom) 115 (fig. 1) i en balansert brønn justeres i valgte dekrementer, som beskrevet over, helt til fluidstrømning inn i borehullet 106 (fig. 1) detekteres. Slik detektering kan utføres ved hjelp av måling av gjennomstrømningsmengde inn i borehullet (f.eks. slik som kan anslås ved hjelp av en slagsteller på pumpen 138 i fig. 1, eller ved direkte måling derav ved hjelp av strømningsmåler) og bestemmelse av gjennomstrømningsmengden ut av borehullet. Trykkreduksjon kan oppnås ved å redusere restriksjonen på fluidstrømning som tilveiebringes av mottrykkssystemet (forklart under henvisning til fig. 1) eller ved å redusere gjennomstrømningsmengden av fluid inn i borehullet, f.eks. ved å redusere arbeidshastigheten til pumpen (138 i fig. 1) ved overflaten. Strømningsmengden ut av borehullet kan måles f.eks. ved hjelp av en strømningsmåler (126 i fig. 1), endringsmengde i slamtankvolum osv. eller kan anslås ved hjelp av mengden av fluidstrømning inn i borehullet og borehullstrykket som målt (og forklart) under henvisning til fig. 1. Fluidtrykket i borehull/ringrom kan også måles, slik som ved å anvende en PWD-sensor (pressure measurement while drilling, trykkmåling under boring) i nærheten av borestrengens bunnendedel. Etter at en første reduksjon i borehullsfluidtrykket er satt i gang, bestemmes således en første volumgjennomstrømning av fluid ut av borehullet og et tilsvarende fluidtrykk for borehullet nedihulls/bunnhulls ved hjelp av faktisk måling (sensor) eller anslag (modellering). Volumgjennomstrømningen og borehullstrykk nedihulls/bunnhulls er vist ved punkt 10 på grafen i fig. 2.

Deretter kan borehullsfluidtrykket ytterligere senkes med en valgt mengde, og en andre volumgjennomstrømning av fluid fra formasjonen inn i borehullet kan bestemmes, på en måte som er tidligere beskrevet. Den ytterligere senkning i fluidtrykket i borehullet oppnås, som beskrevet over, enten ved å senke/lette restriksjonen (f.eks. choke) i borehullets strømningsutløp, eller ved å redusere gjennomstrømningsmengden av fluid inn i borehullet. Fluidet vil trenge inn i borehullet fra formasjonen ved en andre, generelt høyere volumgjennomstrømning ved det ytterligere senkede borehullsringromfluidtrykk enn etter den første handling av å redusere borehullsringromfluidtrykk. Det ytterligere reduserte borehullstrykk og tilsvarende økte volumgjennomstrømning inn i borehullet er vist ved punkt 12 i fig. 2.

Som tidligere angitt er forholdet mellom volumetrisk strømming fra formasjonen og nedihulls borehullstrykk tilnærmet lineært ved volumetrisk strømming nær null, disse første og andre gjennomstrømningsmengder kan derfor anvendes med deres tilsvarende borehullsfluidtrykk for å bestemme ligningen for dette lineære forhold. Ved å anvende denne ligning kan en

5 fluidstrømningkarakteristikk av formasjonen(e) under overflaten, dvs. reservoartrykket for en gitt borehullsdybde/formasjon, anslås. Reservoartrykket (dvs. det statiske trykk til formasjonen under overflaten) kan anslås, ved 14, ved å ekstrapolere den lineære ligning mellom de første og andre gjennomstrømningsmengder og deres tilsvarende borehullsfluidtrykk, til

10 borehullstrykket som ville bli målt ved null gjennomstrømningsmengde. Som tidligere angitt er reservoartrykket det nedihullstrykket ved hvilken som helst ytterligere reduksjon i nedihullstrykk vil bevirke strømming fra formasjonen.

I en prosess kjent som en «dynamisk leakoff-test» kan DAPC-systemet betjenes til selektivt å øke trykket i borehullet/bunnhullet. En endring i fluidgjennomstrømningsmengden ut av

15 borehullet bestemmes som tidligere beskrevet med hensyn til fingerprinting-prosessen. Borehullets/bunnhullets trykk kan økes ytterligere, og en annen endring i fluidgjennomstrømningsmengden ut av borehullet kan bestemmes, som tidligere beskrevet. En reduksjon i volumgjennomstrømming som er indikerende for fluidtap inn i formasjonen, med hensyn til trykkøkning i borehull/bunnhull, bestemmes deretter ut fra de foregående

20 målinger, på en lignende måte som den som er beskrevet med hensyn til fingerprinting-prosessen. Som det er kjent for fagfolk, kan den dynamisk leakoff-testen anvendes sammen med eller som et alternativ til den ovenfor beskrevne fingerprinting-prosess med henblikk på å verifisere reservoartrykket.

25 I én eller flere fremgangsmåter ifølge offentliggjøringen anvendes «fingerprinting» nedstrøms av overflatetrykksensoren 147 (fig. 1) til å bestemme/formulere forholdet (f.eks. som en ligning) mellom formasjonsfluidenes gjennomstrømningsmengde inn i borehullet og borehullets fluidtrykk, som videre beskrevet i det følgende. Et borehull kan karakteriseres ved et forhold mellom volumetrisk gjennomstrømningsmengde ut av brønnen og endringer i

30 borehullstrykk i nærheten av overflaten. Slik karakterisering forutsetter at det ikke finner sted noen strømming inn i eller ut av formasjonen. For å bestemme et slikt forhold måles borehullstrykket i nærheten av overflaten for uensartede volumgjennomstrømninger som passerer gjennom borehullet. I det minste to forskjellige volumgjennomstrømninger og deres tilsvarende borehullstrykk i nærheten av overflaten, er nødvendige for å karakterisere

35 borehullet, ytterligere data er imidlertid nyttig for å forbedre karakteriseringens nøyaktighet. Ved å variere (de målte) gjennomstrømningsmengder for borefluid/slam inn i borehullet (dvs volumgjennomstrømninger gjennom borehullet), kan de respektive borehullstrykk i nærheten av overflaten registreres. Det har vist seg at det finnes et nesten lineært forhold mellom

volumgjennomstrømning ut av brønnen og endringer i borehullstrykk i nærheten av overflaten. Derfor benyttes fortrinnsvis en lineær best fit av dataene for å bestemme et slikt forhold. Den lineære ligning (dvs. skråning og linjekonstant), og således forholdet mellom volumgjennomstrømningen og borehullstrykket i nærheten av overflaten, vil generelt være

5 uensartet for hver brønn på grunn av forskjeller i brønngeometrier, nedstrøms rørkonfigurasjon, fluidreologi og formasjonstemperatur. Ved å benytte dette bestemte forhold som er spesifikt for et bestemt borehull og geometri/dybde derav, kan endringer i borehullstrykk i nærheten av overflaten anvendes til å bestemme en tilsvarende endring i volumetrisk fluidstrømning ut av borehullet. Å benytte karakteriseringen av borehullet på

10 denne måten kan være nyttig når målt volumetrisk strømning fra borehullet er utilgjengelig eller upålitelig.

Som vist i fig. 3, viser eksempler på borehullstrykk i nærheten av overflaten ved uensartede volumgjennomstrømninger for en faktisk brønn et tilnærmet lineært forhold mellom fluidtrykk i

15 borehullet og gjennomstrømningsmengde. En lineær best fit av trykk- og gjennomstrømningsmengdedataene anvendes for å predikere forholdet gjennomstrømningsmengde/trykk, som i dette eksempelet er ca. 6,1539 gpm/psi.

I én eller flere fremgangsmåter ifølge offentliggjøringen anslås reservoartrykket ved å

20 anvende den tidligere beskrevne fingerprinting-prosessen og/eller av den dynamiske leakoff-testen. Deretter karakteriseres borehullet ved å bestemme det lineære forhold mellom volumetrisk strømning overfor borehullstrykk tilnærmet lik en gitt borehullsgeometri. Borehullstrykket i nærheten av overflaten overvåkes for eventuelle endringer, idet slike endringer er indikerende for en endring i volumgjennomstrømning ut av borehullet som et

25 resultat av en endring i formasjonsstrømning. Når en endring i borehullstrykk detekteres, bestemmes den tilsvarende endring i volumetrisk strømning ved å anvende det lineære forhold som tidligere ble etablert for den bestemte borehullsgeometrien. Nedihulls-/bunnhullstrykket måles likeledes ved hjelp av PWD eller anslås ved hjelp av modellering når endringen i borehullstrykk detekteres.

30

Ved å anvende disse oppnådde data beregnes en produktivitetsindeksverdi, PI , for borehullet (for en borehullsgeometri), som er en karakterisering av formasjonen under overflaten, ved å anvende den følgende ligning

35

$$PI = Q / (P_{\text{reservoar}} - P_{\text{nedihulls}})$$

hvor PI representerer formasjonens fluidgjennomstrømningsmengdeindeks (gpm/psi), Q representerer formasjonens fluidgjennomstrømningsmengde (gpm), $P_{\text{reservoar}}$ representerer

formasjonens fluidtrykk (psi) og $P_{nedhulls}$ representerer borehullstrykket (psi) ved den valgte formasjonsdybde. Som vil være kjent for fagfolk, tilveiebringer produktivitetsindeksen et matematisk hjelpemiddel for å uttrykke et reservoars evne til å levere fluider til borehullet, og angis vanligvis uttrykt i levert volum per psi.

5

I én eller flere fremgangsmåter ifølge offentliggjøringen beregnes således produktivitetsindeksverdien, PI, som en funksjon av de kjente størrelsene reservoartrykk, nedihullstrykk, og volumetrisk fluidstrømning ut av borehullet. Reservoartrykket bestemmes ved hjelp av fingerprinting-prosessen eller den dynamiske leakoff-testen, nedihullstrykket måles lett ved å anvende en PWD-sensor eller anslås ved hjelp av modellering, og den volumetriske fluidstrømning ut av borehullet oppnås ved hjelp av det tidligere karakteriserte forhold mellom volumgjennomstrømning og borehullstrykk i nærheten av overflaten. Etter at produktivitetsindeksverdien er beregnet, kan endringer i den volumetriske fluidstrømning ut av borehullet lettere beregnes og/eller overvåkes, for eksempel i sanntid og under boreoperasjoner, som en funksjon av det målte eller overvåkte nedihullstrykk/bunnhullstrykk, ved å anvende produktivitetsindefligningen med de kjente størrelsene: reservoartrykk og PI-verdi.

Trinnene ifølge fremgangsmåten, som beskrevet over, kan gjentas når borehullsgeometrien endres eller borehullsbetingelser endres som et resultat av boreoperasjoner, f.eks. når det bores inn i en ny formasjon. Slik periodisk repetisjon av trinn er nødvendig for på riktig måte å bestemme reservoartrykk på den valgte dybden, å karakterisere et nytt forhold mellom volumgjennomstrømning ut av borehullet og borehullstrykk i nærheten av overflaten, og å anvende disse størrelsene til å beregne en ny PI-verdi.

25

En eller flere fremgangsmåter, ifølge de ulike aspektene ifølge den foreliggende offentliggjøring, tilveiebringer et anslag over fluidproduktivitet i formasjon under overflaten mens borehullsboreoperasjoner er i gang. Slike anslag kan forbedre nøyaktigheten eller den prediktive verdi av etterfølgende formasjonsproduksjonstesting, hvordan enn slik testing utføres. Når volumgjennomstrømning beskrives heri, vil fagfolk lett forstå at alternative målinger av gjennomstrømningsmengder inn i og/eller ut av borehullet likeledes kan benyttes for de heri beskrevne fremgangsmåter.

Selv om oppfinnelsen har blitt beskrevet med hensyn til et begrenset antall utførelsesformer, vil fagfolk, idet de drar nytte av denne offentliggjøring, forstå at andre utførelsesformer kan tenkes som ikke avviker fra oppfinnelsens omfang som beskrevet heri. Følgelig skal oppfinnelsens omfang kun begrenses av de vedlagte krav.

35

Patentkrav:

1. Fremgangsmåte for å karakterisere en formasjon under overflaten ved å anvende en fluidtrykkrespons under borehulls boreoperasjoner, hvilken fremgangsmåte omfatter trinnene av:
5
å bestemme en endring i borehullstrykk i nærheten av en overflate på Jorden;
å bestemme en endring i volumgjennomstrømning ut av borehullet som en funksjon av endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten,
10
å bestemme et nedihulls fluidtrykk i borehullet som svarer til endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten, og
å bestemme en produktivitetsindeksverdi som en funksjon av endringen i volumgjennomstrømning, det nedihulls fluidtrykk og et reservoartrykk.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som ytterligere omfatter trinnet av
15
å formulere volumgjennomstrømning ut av borehullet som en funksjon av borehullstrykket i nærheten av overflaten.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor det nedihulls fluidtrykk bestemmes ved å anvende en PWD-sensor i nærheten av en bunnendedel av en borestreng.
20
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor det nedihulls fluidtrykk bestemmes ved modellering.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor reservoartrykket anslås ved hjelp av en fingerprinting-prosess.
25
6. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor reservoartrykket anslås ved hjelp av en dynamisk leakoff-test.
7. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som ytterligere omfatter trinnene av
30
å beregne en annen endring i volumgjennomstrømning fra borehullet som en funksjon av i det minste produktivitetsindeksverdien.
8. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor trinnet av å bestemme en endring i
35
volumgjennomstrømning ut av borehullet som en funksjon av endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten, innbefatter trinnene av.
å pumpe fluid inn i borehullet fra en overflateplassering ved ulike volumgjennomstrømninger, idet pumpettrinnet finner sted når ikke noe formasjonsfluid strømmer inn i borehullet, slik at volumgjennomstrømningen av fluid som pumpes inn i

- borehullet nærmer seg volumgjennomstrømningen av fluid som strømmer ut av borehullet;
- å måle borehullstrykk i nærheten av overflaten svarende til hver av de ulike gjennomstrømningsmengdene, og
- 5 å formulere volumgjennomstrømningen ut av borehullet som en funksjon av borehullstrykket i nærheten av overflaten.
9. Fremgangsmåte ifølge krav 1, som ytterligere omfatter trinnet av. å gjenta alle trinnene ved boring inn i en ny formasjon.
- 10
10. Fremgangsmåte for å beregne gjennomstrømningsmengden av fluid som strømmer fra et borehull, basert på en fluidtrykkrespons under borehulls boreoperasjoner, idet fremgangsmåten omfatter trinnene av.
- 15 å pumpe fluid inn i et borehull fra en overflateplassering ved ulike volumgjennomstrømninger, idet pumpetrinnet finner sted når lite eller ikke noe formasjonsfluid strømmer inn i borehullet, slik at volumgjennomstrømning av fluid som pumpes inn i borehullet nærmer seg volumgjennomstrømningen av fluid som strømmer ut av borehullet,
- 20 å måle borehullstrykk i nærheten av en overflate på Jorden svarende til hver av de ulike gjennomstrømningsmengder;
- å bestemme en ligning for å beregne den tilnærmede volumgjennomstrømningen ut av borehullet som en funksjon av det målte borehullstrykk i nærheten av overflaten;
- å bestemme en endring i borehullstrykk i nærheten av overflaten,
- 25 å beregne en endring i volumgjennomstrømning ut av borehullet som en funksjon av endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten ved å anvende den bestemte ligning;
- å bestemme et nedihulls fluidtrykk i borehullet som svarer til endringen i borehullstrykk i nærheten av overflaten; og
- 30 å bestemme en produktivitetsindeksverdi som en funksjon av endringen i volumgjennomstrømning, det nedihulls fluidtrykk og et reservoartrykk, deretter,
- å overvåke for eventuell påfølgende endring i borehullstrykk i nærheten av overflaten;
- å bestemme et annet nedihulls fluidtrykk når det detekteres eventuell påfølgende endring i borehullstrykk, og
- 35 å beregne gjennomstrømningsmengde ut av borehullet som en funksjon av produktivitetsindeksverdien, reservoartrykket og det annet nedihulls fluidtrykk.
11. Fremgangsmåte ifølge krav 10, hvor nedihulls fluidtrykk bestemmes ved å anvende en PWD-sensor i nærheten av en bunnendedel av en borestreng.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 10, hvor nedihulls fluidtrykk bestemmes ved modellering.
 13. Fremgangsmåte ifølge krav 10, hvor reservoartrykket anslås ved hjelp av en fingerprinting-prosess
- 5
14. Fremgangsmåte ifølge krav 10, hvor reservoartrykket anslås ved hjelp av en dynamisk leakoff-test.
- 10
15. Fremgangsmåte ifølge krav 10, hvor trinnene av å overvåke for eventuell påfølgende endring i borehullstrykk i nærheten av overflaten, å bestemme et annet nedihulls fluidtrykk når det detekteres eventuell påfølgende endring i borehullstrykk, og å beregne volumgjennomstrømning ut av borehullet som en funksjon av produktivitetsindeksverdien, reservoartrykket og det annet nedihulls fluidtrykk, utføres i sanntid.

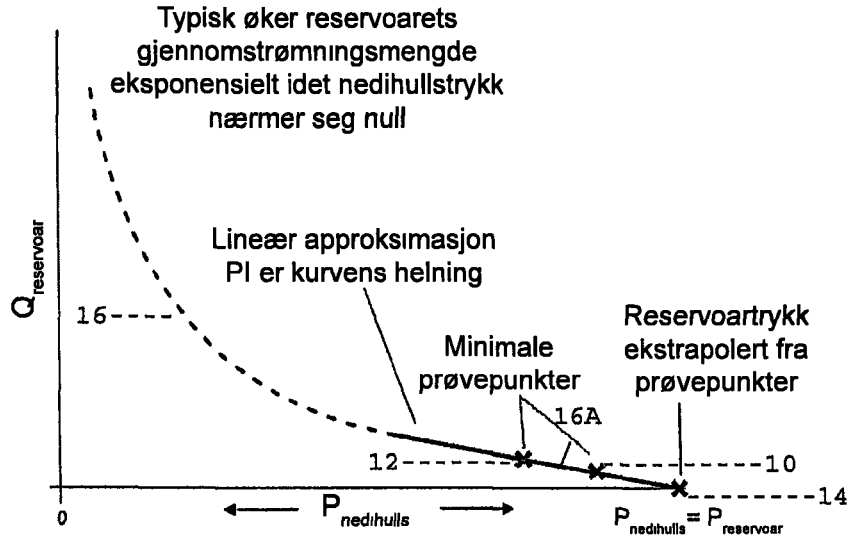


Fig. 2

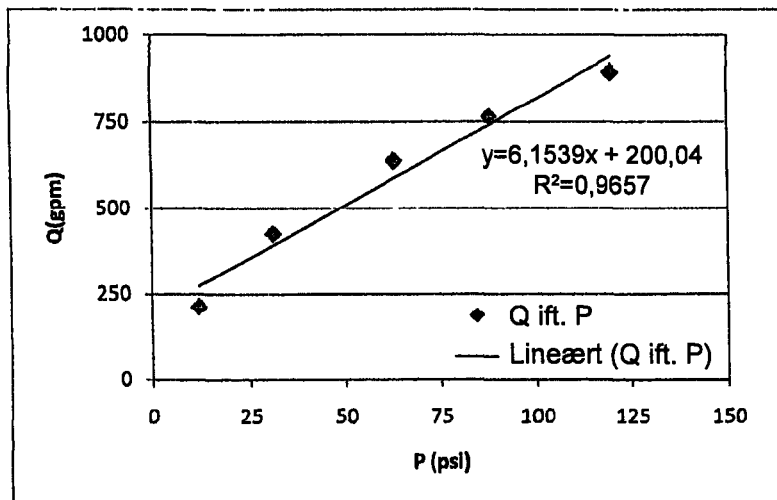


Fig. 3