



**NORGE**

(19) [NO]

**[B]** (12) **UTLEGNINGSSKRIFT** (11) Nr. 164676

STYRET FOR DET  
INDUSTRIELLE RETTSVERN

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> E 21 B 43/22

|                                    |                                                 |                                   |                                |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| (21) Patentsøknad nr.              | 840794                                          | (86) Internasjonal søknad nr.     | -                              |
| (22) Inngivelsesdag                | 02.03.84                                        | (86) Internasjonal inngivelsesdag | -                              |
| (24) Løpedag                       | 02.03.84                                        | (85) Videreføringsdag             | -                              |
| (62) Avdelt/utskilt fra søknad nr. |                                                 | (41) Alment tilgjengelig fra      | 05.09.84                       |
|                                    |                                                 | (44) Utlegningsdag                | 23.07.90                       |
| (71)(73) Søker/Patenthaver         | CHEMISCHE WERKE HÜLS AG,<br>D-4370 Marl,<br>DE. | (72) Oppfinner                    | DIETER BALZER, Haltern,<br>DE. |

(74) Fullmektig    Onsagers Patentkontor AS, Oslo.

(30) Prioritet begjært    04.03.83, DE, nr. 3307712.

(54) Oppfinnelsens benevnelse    FREMGANGSMÅTE TIL UTVINNING AV OLJE  
FRA RESERVOARBERGARTER.

(57) Sammendrag

Ved en fremgangsmåte til tensid-flømning av reservoarer med midlere og høy salinitet, hvor der foran og/eller etter en oppløsning eller dispersjon av karboksymetylert oksetylat flømmes en emulsjon av oljefase/vandig fase og karboksymetylert oksetylat, blir tensidet resp. emulgatoren slik utvalgt at faseinversjonstemperaturen av systemet reservoarolje/flømmevann/tensid/eventuelle tilsetninger resp. reservoarolje/flømmevann/emulgator/eventuelle tilsetninger ligger 0-10°C over temperaturen i reservoaret.

(56) Anførte publikasjoner    Norsk (NO) patent nr. 158824,  
BRD (DE) patent nr. 3033927, 3105913.

Ved utvinning av olje fra reservoarbergarter (Speichergestein) lykkes det vanligvis bare å utvinne en brøkdel av den opprinnelig foreliggende olje ved primære utvinningsmetoder. Ved disse kommer oljen opp til jordoverflaten som følge av det naturlige reservoartrykk. Ved sekundær oljeutvinning blir vann presset inn i formasjonen gjennom en eller flere injeksjonsboringer og oljen drevet frem til en eller flere produksjonsboringer og på denne måte bragt opp til jordoverflaten. Denne såkalte vannflømming som sekundærforholdsregel er forholdsvis billig og anvendes tilsvarende hyppig, men fører i mange tilfeller til bare en liten ytterligere oljeutvinning fra reservoaret.

En virksom fortrenkning av oljen som er dyrere, men samfunnsøkonomisk tvingende nødvendig i lys av den foreliggende oljeknapphet, er mulig ved hjelp av tertiære forholdsregler. Herunder forstås fremgangsmåter hvor enten viskositeten av oljen reduseres og/eller viskositeten av det etterflømmende vann økes og/eller grenseflatespenningen mellom vann og olje reduseres.

De fleste av disse prosesser kan karakteriseres enten som oppløsnings- eller blandingsflømming, termiske oljeutvinningsprosesser, tensid- eller polymerflømming, eller som en kombinasjon av flere av disse fremgangsmåter.

Termiske utvinningsprosesser omfatter injisering av damp eller varmt vann eller er et resultat av forbrenning under jorden. Oppløsnings- eller blandingsprosesser består i injisering av et oppløsningsmiddel for jordoljen i reservoaret, idet jordoljen kan være en gass og/eller en væske.

Tensidflømmeprosesser (alt etter tensidkonsentrasjonen, eventuelt tensidtypen og tilsetninger skiller man mellom tensidunderstøttet vannflømming, vanlig tensidflømming (low tension flooding), micellærflømming og emulsjonsflømming) beror i første rekke på en sterk reduksjon av grenseflatespenningen mellom olje og flømmevann. I visse tilfeller, spesielt i nærvær av høyere tensidkonsentrasjoner, oppstår der imidlertid VO-dispersjoner med tydelig økt viskositet i forhold til olje, slik at tensidflømmingen her også tar

164676

2

sikte på en reduksjon av mobilitetsforholdet, hvorved virkningsgraden av oljefortrengningen økes. Ren polymerflømming beror overveiende på den sist beskrevne virkning av det gunstigere mobilitetsforhold mellom olje og etterflømmende vann.

Den foreliggende oppfinnelse angår en fremgangsmåte til utvinning av olje ved tensid- resp. emulsjonsflømming. Som oljemobiliserende tensider er der hittil fremfor alt blitt beskrevet organiske sulfonater såsom alkyl-, alkylaryl- eller petroleumsulfonater. Disse har imidlertid en meget lav toleransegrense overfor saliniteten av reservoarvannet. Allerede saltkonsentrasjoner på 1000 ppm regnes som problematiske, og i denne forbindelse er ømfintligheten av disse tensider spesielt utpreget overfor jordalkaliioner. Her antas den øvre kritiske grensekonsentrasjon å være ca. 500 ppm (US patentskrift 4 110 228). I nærvær av høyere saltkonsentrasjoner danner der seg ved anvendelse av disse tensider utfellingsprodukter som kan føre til tilstopning av formasjonen. Da imidlertid mange reservoarvann har vesentlig høyere saliniteter (omtrent halvparten av de nord-amerikanske lettolje-reservoarer har saliniteter på rundt 100 000 ppm og mer, og i Nord-Tyskland finnes der mange oljefelter med saliniteter på opptil 250 000 ppm, samtidig som innholdet av oppløste jordalkaliioner som regel er betydelig), har man lett etter måter til å utnytte de ellers gode oljemobiliserende egenskaper av de organiske sulfonater også for reservoarsystemer med høyere salinitet. I blanding med kosurfaktanter (samvirkende overflateaktive midler) såsom alkoholer eller ikke-ioniske tensider, viser organiske sulfonater seg også mindre elektrolytt-ømfintlige.

I henhold til US patentskriftene 4 016 932 og 3 811 504 er det lyktes ytterligere å øke salinitetstoleransen av de organiske sulfonater i blanding med andre tensider.

I motsetning til gruppen av organiske sulfonater oppviser de karboksymetylerter alkyl- resp. alkylaryloksetylater på samme måte som gruppen av sulfaterte og sulfonerte oksetylater (US patentskrift 4 293 428) en god forenlighet selv med ekstremt høysalinære reservoarvann (250 000 ppm og

mer). Jordalkaliioner, selv i konsentrasjoner på 30 000 ppm, har ingen uheldig virkning; deres tilstedeværelse er tvertimot ønsket, slik det er vist i DE patentskrift 30 33 927. Da disse tensider virker sterkt oljemobiliserende og er stabile under reservoarbetingelser (som vist ved langtidsforsøk, se D. Balzer, Proceedings 2<sup>nd</sup> European Symposium Enhanced Oil Recovery, Paris 1982), samtidig som deres fremstilling er enkel og billig, er de meget velegnet for anvendelse ved oljefortrengning i reservoarsystemer med midlere eller høy salinitet (10 000-250 000 ppm samlet saltinnhold).

Ved tensidflømming foreligger imidlertid ikke bare et problem med hensyn til høyere salinitet av reservoaret, som er blitt overvunnet ved karboksymetylerede oksetylater som tensider, men der foreligger også et betydelig problem med den alltid forekommende tensidretensjon. Ved absorpsjon på bergartoverflaten og ved den såkalte "faseinnesperring", som er en innesperring av væskedråper med ofte høyt tensidinnhold i bergarten foran poreinnsnevninger, går en betraktelig mengde av injisert tensid tapt. Begge prosesser bidrar i høy grad til tensidretensjonen, hvormed til syvende og sist menes den samlede mengde tensid som holdes tilbake i porevolumet under tensidflømmingen. En økonomisk utvinning av olje ved tertiære metoder ved hjelp av tensider forutsetter derfor både at tensidene er høyeffektive, og at deres retensjon er lav.

I litteraturen beskrives der flere fremgangsmåter hvor en redusert tensidretensjon bevirkes ved at et ytterligere middel flømmes inn foran tensidoppløsningen resp. -dispersjonen eller blandes med denne. Således reduserer ligninsulfonat enten som sådant (se US patentskrift 4 157 115) eller i etoksylert resp. propoksylert form (se US patentskrift 4 236 579) eller i sulfometylert form (US patentskrift 4 269 270) tensidabsorpsjonen på bergartoverflaten. Også maleinater og suksinater (se US patentskrift 4 217 958) virker på lignende måte. Også en forflømming med en vandig LiCl-oppløsning skal ved tensidblandinger av petroleumsulfonat og etersulfonat redusere retensjonen (se US patentskrift 4 281 714). Dog virker disse "offersubstanser" i første linje adsorpsjonsreduserende, og adsorpsjonsprosessen er bare

164676

4

én av flere prosesser som bidrar til retensjonen. Sterkt retensjonsreduserende, i det minste i lavsalinære reservoar-systemer og med petroleumsulfonater som tensid, virker åpenbart forflømmede oppløsninger av natriumkarbonat eller natriumortosilikat, noe som er påvist i flere vitenskapelige offentliggjørelser (f.eks. J.S. Falcone et al., JAOCS 59, 826 A (1982)). Injeksjon av en sterkt alkalisk oppløsning betyr imidlertid også et massivt inngrep i de kompliserte likevektsforhold i reservoaret. Anvendelsen av disse oppløsninger er således forbundet med lignende problemer som alkaliflømmeprosessen..

En merkbar reduksjon av tensidretensjonen oppnår man ved en modifisert tensidflømmeprosess under anvendelse av karboksymetylerede oksetylater, idet man injiserer tensidet i form av en mest mulig systemlignende emulsjon (dvs. at reservoarvann anvendes som vandig fase og reservoarolje anvendes som organisk fase). Hvis herunder tensidet resp. emulgatoren velges slik at faseinversjonstemperaturen av systemet råolje/formasjonsvann/tensid (emulgator) ligger på reservoartemperaturen eller inntil ca.  $10^{\circ}\text{C}$  over denne, er det med denne emulsjonsflømmeprosess mulig å oppnå en vidtgående reduksjon av den opprinnelig foreliggende olje uten at der herunder oppstår ubeherskbart høye trykkgradienter (DE-A 31 05 913). En ulempe ved denne fremgangsmåte består imidlertid i at en del av den som emulsjon injiseres olje som ikke er ubetydelig sammenlignet med den tertiært utvinnbare oljemengde, ikke flømmes ut igjen. Derved blir det enda vanskeligere å overvinne den psykologiske barriere som oljeprodusentene ofte har mot fornyet injeksjon av kostbart utvunnet (eller innkjøpt) olje også på grunn av det betydelige tidsrom (årevis) som forløper mellom injeksjon og produksjon.

Der forelå derfor den oppgave for de karboksymetylerede oksetylater som ved reservoarer med midlere eller høy salinitet virker sterkt oljemobiliserende, å finne en fremgangsmåte som fører til en lignende lav tensidretensjon som emulsjonsflømningen uten at en stor oljemengde av den grunn må presses inn i reservoaret.

Denne oppgave er blitt løst ved en fremgangsmåte som

angitt i patentkravene. Som følge av oppfinnelsen ble det overraskende observert at der ved tensidflømming med karboksymetylerede oksetylater kan fås tilsvarende lave tensidretensjonsverdier som ved emulsjonsflømming, hvis man før injiseringen av tensidpluggen injiserer en emulsjonsplugg som kan ha relativt lite volum.

Likeledes er det fordelaktig for tensidretensjonen om der også etter injiseringen av tensidpluggen injiseres en emulsjonsplugg med lite volum. Naturligvis kan disse to fremgangsmåter også kombineres.

I DE-A 31 05 913 er det påvist at de karboksymetylerede oksetylater danner stabile emulsjoner også i nærvær av høysalinære reservoarvann. Likeledes er det der påvist hvorledes man kan tilpasse disse tensider til forholdene i et reservoar på en slik måte at der ikke opptrer noen ubeherskbar høy trykkgradient. En injeksjon av emulsjons- resp. tensidpluggen støter således ikke på noen spesielle vanskeligheter.

Kriteriet for tilpasningen av tensidene etter forholdene er faseinversjons-temperaturen (PIT) av både den eller de injiserte emulsjoner og av reservoarsystemet råolje/formasjonsvann/tensid/eventuelle tilsetninger, og verdiene for denne temperatur skal ligge 0-10°C over temperaturen i reservoaret.

Faseinversjons-temperaturene blir bestemt ved måling av den elektriske ledningsevne. Til måling av faseinversjonstemperaturen av reservoaremulsjonen blir reservoarolje, formasjonsvann (volumforhold o/v på 1:1, 1:2 eller 1:3) og tensidet i tensidpluggen (1 eller 2%, regnet på den vandige fase) samt eventuelle tilsetninger blandet med hverandre og blandingsens elektriske ledningsevne målt i avhengighet av temperaturen. Ved faseinversjons-temperaturen slår en OV-emulsjon over i en VO-emulsjon og omvendt, idet den elektriske ledningsevne avtar eller øker sterkt. Den temperatur hvor den elektriske ledningsevne har middelveiden mellom det øvre nivå (OV) og det nedre nivå (VO), registreres som PIT.

I sjeldne tilfeller av reservoarsystemer byr en entydig fastleggelse av PIT-verdien på vanskeligheter, slik at det kan være hensiktsmessig å komplettere PIT-målingene med målinger av grenseflatespenningen.

164676

6

Hvis der i den emulsjon som skal injiseres, anvendes et annet tensid enn i tensidpluggen, eller hvis der arbeides med andre tilsetninger, må også faseinversjons-temperaturen av dette tensidsystem i nærvær av reservoarolje og formasjons- resp. flømmevann måles som beskrevet foran.

Hvis der i den emulsjon som skal injiseres, anvendes en annen olje eller et annet vann, må også faseinversjons-temperaturen av denne emulsjon måles som angitt foran. I ekstreme tilfeller kan der også finnes en rekke forskjellige faseinversjons-temperaturer som alle skal ligge på eller inn- til ca. 10°C over reservoartemperaturen.

Den foreliggende oppfinnelse angår anvendelse av karboksymetylerede oksetylater som oljemobiliserende tensider med emulgerende virkning. Disse forbindelser kan fremstilles i henhold til DE-C 24 18 444 ved omsetning av oksetylater med formelen  $R-(OC_2H_4)_nH$  eller  $R-(OC_2H_3(CH_3))_m(OC_2H_4)_nH$  med et salt av kloreddiksyre i nærvær av alkalihydroksid eller andre baser, men også andre fremstillingsmåter er egnet. R betyr her et mettet eller umettet alkylradikal med rett eller forgrenet kjede og 6-20, fortrinnsvis 8-16, C-atomer, eller et alkylarylradikal med 3-18, fortrinnsvis 4-16, C-atomer i alkylkjeden eller et dialkylradikal med 1-18, fortrinnsvis 4-14, C-atomer pr. alkylkjede, samtidig som det samlede antall C-atomer i begge alkylkjeder er 5-30, fortrinnsvis 8-24, eller et trialkylaromatisk radikal med 1-18 C-atomer pr. alkylkjede, samtidig som det samlede antall av C-atomer i de tre alkylkjeder er 6-40, fortrinnsvis 8-30. m kan ha verdier på 0-20, fortrinnsvis 0-10. n kan ha verdier på 1-30, fortrinnsvis 1-20. Kationen kan være natrium, kalium, litium ammonium, kalsium eller magnesium. Som alkoholer hvis oksetylater ligger til grunn for karboksymetylatene, kan der f.eks. anvendes heksyl-, oktyl-, nonyl-, decyl-, undecyl-, lauryl-, tridecyl-, myristyl-, palmityl- og stearyl-alkohol, men også umettede alkoholer som f.eks. oleylalkohol. Alkylkjeden kan herunder ha normal eller forgrenet kjede. Som alkylfenoler kan der f.eks. anvendes: butylfenol, pentylfenol, heksylfenol, oktylfenol, nonylfenol, decylfenol, undecylfenol, dodecylfenol, tridecylfenol og de tilsvarende dialkyl-

fenoler såsom 2-metyl-4-tridecylfenol, 2-dodecyl-4-etylphenol, dinonylphenol etc. Alkylkjeden kan ha normal eller forgrenet kjede.

Oksetyleringen kan gjennomføres i nærvær av katalytiske mengder av alkalihydroksid med 0-20, fortrinnsvis 0-10 mol propylenoksid pr. mol hydroksylforbindelse og deretter med 1-30, fortrinnsvis 1-20 mol etenoksid pr. mol hydroksidforbindelse. De således dannede oksetylater er homologblandinger. Den etterfølgende karboksymetylering kan ved egnet gjennomføring være selvstendig, slik at de karboksymetylerede oksetylater er rent anioniske tensider. Ved ikke fullstendig karboksymetylering inneholder produktene alternativt fortsatt mer eller mindre store mengder ikke omsatt oksetylat. Med formelen  $R-(OC_3H_6)_m(OC_2H_4)_nOCH_2COOMe$  menes derfor ofte en blanding med forskjellige mengder ikke omsatt oksetylat. I henhold til dette er det mulig å definere en karboksymetyleringsgrad. Det har vist seg at blandinger med en karboksymetyleringsgrad på mellom 10 og 100%, fortrinnsvis mellom 50 og 100%, er i stand til effektivt å fortrenge oljen. For unngåelse av en kromatografisk separasjon ved transport av tensidet i reservoaret bør der tilstrebes mest mulig enhetlige produkter, dvs. produkter med en karboksymetyleringsgrad på nær opptil 100%.

Prosentangivelsen er alltid vektprosent.

De beskrevne blandinger av anionisk og for det meste ikke-ionisk tensid, kalt karboksymetylerede oksetylater, er oppløselige i vanlig reservoarvann eller i det minste godt dispergerbare i disse, idet der ikke iakttas noen utfelling.

Ved utvalg av blandingsene går man frem på følgende måte:

Ved kjennskap til reservoar-temperaturen, resp. eventuelt et temperaturområde, utføres der en orienterende måling av PIT av råoljen, formasjonsvannet, eventuelt gassen i reservoaret og et karboksymetylert oksetylat som synes egnet og har den ovenfor angitte formel. Denne måling må eventuelt gjentas med ytterligere tensider i denne klasse og eventuelt tilsetninger.

På basis av måleresultatet finner der sted en tilpasning av det karboksymetylerede oksetylat, hvis oljemobiliserende virkning for det angjeldende reservoarsystem

kan verifiseres gjennom ett eller flere for-forsøk i en sandfylling som modellformasjon, eller i original- resp. modellborkjerner.

De karboksymetylerete oksetylater gir som følge av sin kjemiske struktur en rekke holdepunkter for "molekylærarkitekturen" for innstilling av en ønsket faseinversjons-temperatur i et bestemt system. Det dreier seg om det hydrofobe radikal R, oksetyleringsgradene m og n samt karboksymetyleringsgraden. Innflytelsen av de enkelte strukturparametre på faseinversjons-temperaturen er allerede beskrevet (se D.Balzer loc.cit.). Der gjelder den lovmessighet at en forsterkning av hydrofobien av tensidionet reduserer faseinversjons-temperaturen og en økning av hydrofilien øker denne temperatur. En forlengelse av det hydrofobe radikal eller en økning av m fører dermed til en reduksjon av faseinversjons-temperaturen, mens en økning av n eller en økning av karboksymetyleringsgraden fører til en heving av temperaturen. Denne avhengighet er tildels meget utpreget og gjør det mulig å tilpasse de karboksymetylerete oksetylater optimalt til betingelsene i det foreliggende reservoar.

Ifølge oppfinnelsen blir nå tensidet injisert i reservoaret både som emulsjon og som oppløsning eller dispersjon. Da emulsjoner pr. definisjon er dispersjoner, skal det presiseres at man her med emulsjoner mener en fordeling hvor den ene av væskene er råolje, et hydrokarbon, en blanding av råolje og hydrokarbon, eller en hydrokarbonblanding. Tensid-dispersjonen inneholder derimot ikke råolje eller hydrokarbon.

Den emulsjon som skal injiseres, kan fremstilles fra original-råoljen, formasjonsvannet, tensidet og eventuelt tilsetninger etter de vanlige fremgangsmåter til fremstilling av emulsjoner (Se P.Becher, Emulsions Theory and Practice, New York, 1965), idet der ikke kreves noen spesielt høye skjærkrefter. Det er også mulig å oppvarme blandingen av olje, vann, tensid og eventuelt tilsetninger til faseinversjons-temperaturen og ved rask avkjøling å stabilisere den emulsjon som da danner seg ved svak omrøring, og som består av fine dråper. Emulsjonene er relativt stabile ved tempera-

turer på minst 15°C under PIT; eventuelt kan der anbefales en svak omrøring i oppbevaringsbeholderen.

Istedenfor original-råoljen kan der til fremstilling av emulsjonen ifølge oppfinnelsen også anvendes andre råoljer, råoljeblandinger, delvis raffinerte råoljefraksjoner, gassoljer, parafin eller bensiner, samt blandinger herav med råolje. Som organisk fase i emulsjonen ifølge oppfinnelsen er også blandinger av rene hydrokarboner egnet, men av økonomiske grunner vil de neppe bli anvendt.

Før eller etter emulsjonen blir ifølge oppfinnelsen en tensidoppløsning eller -dispersjon injisert i reservoaret. Det kan også være nyttig å injisere en vekslende følge av emulsjons- og tensidplugger. Vanligvis blir den overveiende del av tensidet eller tensidene injisert som dispersjon eller oppløsning.

Volumet eller volumene av den eller de emulsjoner som skal injiseres, deres faseforhold, tensidkonsentrasjonen, eventuelle tilsetninger og volumet eller volumene av den eller de dispersjoner eller oppløsninger som skal injiseres, disses tensidkonsentrasjon og eventuelle tilsetninger samt rekkefølgen av emulsjonene og dispersjonene resp. oppløsningene foruten arten og størrelsen av den polymeroppløsning som regulerer mobiliteten, kan optimaliseres ved hjelp av modell-flømmeforsøk, fortrinnsvis på originalborkjerner.

På grunnlag av disse for-forsøk blir en eller flere emulsjoner og dispersjoner resp. oppløsninger ført inn i reservoaret ved hjelp av injeksjonspumper. Dette finner i alminnelighet sted i form av plugger, dvs. et snevert begrenset volum på 0,01-2 PV (PV = porevolum av reservoaret), fortrinnsvis 0,02-1,2 PV. Størrelsen av de enkelte plugger retter seg fremfor alt etter tensidkonsentrasjonen og økonomiske hensyn. Regnet på den vandige fase utgjør emulgatorkonsentrasjonen vanligvis 0,1-30%, fortrinnsvis 0,5-15%. Faseforholdet eller faseforholdene av emulsjonen resp. emulsjonene av olje og vann, vil vanligvis ligge på mellom 1:20 og 4:1, og fortrinnsvis ligger faseforholdene på mellom 1:8 og 2:1. Tensidkonsentrasjonen av tensidoppløsningen eller -dispersjonen utgjør 0,1-30%, fortrinnsvis

164676

10

0,2-15%. Volumet av den emulsjonsplugg som benyttes foran eller etter tensidpluggen, skal ha et forhold til volumet av tensidpluggen på mellom 1:60 og 2:1, fortrinnsvis 1:20-1:2. Hvis den midtre væske skulle være en emulsjon, gjelder de samme volumforhold.

Hensiktsmessig foretas der forut for injeksjonen av tensidvæsken en vannflømming, idet der som flømmevann fortrinnsvis anvendes produsert formasjonsvann. I spesielle tilfeller kan det være hensiktsmessig å flømme med et vann med en annen sammensetning enn formasjonsvannet. Dette kan ha logistiske grunner, eller det kan være hensiktsmessig å kondisjonere reservoaret med hensyn til en bestemt salinitet. Størrelsen av flømmevannpluggen utgjør 0,01-4 PV, fortrinnsvis 0,1-1 PV.

Av hensyn til en gunstigere viskositetstilpasning av tensidvæskene til oljen i reservoaret eller for reduksjon av tensidretensjonen resp. eventuelt polymerretensjonen kan det være hensiktsmessig å tilsette en- og flerverdige alkoholer som kosurfaktanter til tensid resp. polymerpluggen.

Både av hensyn til mobilitetskontrollen og for beskyttelse av tensidvæskene mot inntrengende flømmevann kan man etter den siste tensidvæske injisere polymeroppløsning i reservoaret. Til dette formål blir en polymer eller en polymerblanding oppløst i flømmevannet i en slik konsentrasjon at viskositeten er 1,2-10 ganger så høy som viskositeten av oljen under reservoarbetingselsene. Ved reservoarer med midlere og høyere salinitet (1-25% samlet salinitet) kommer her spesielt slike biopolymerer eller cellulosederivater på tale som i nærvær av den økte saltkonsentrasjon fortsatt har tilstrekkelig viskositet og ikke oppviser utfellinger.

Hensiktsmessig slutter en vanlig vannflømming seg til injiseringen av polymeroppløsningen for å drive ut oljen. Denne vannflømming utføres så lenge olje ennå kan utvinnes økonomisk.

De etterfølgende eksempler skal belyse fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen:

#### Eksempel 1.

For fremstilling av en kunstig formasjon ble kantav-

rundet kvartssand fylt i et termostatiserbart høytrykksrør med en lengde på 70 cm og en diameter på 5 cm, idet røret var forsynt med temperaturmåleinnretning og manometer. Røret kunne lukkes i begge ender ved gjengepropper med kapillarinnløp og trykkløsløst utløp. Deretter ble sandfyllingen mettet med formasjonsvann A ved hjelp av en høytrykksdoseringspumpe og innstilt på den ønskede temperatur ved hjelp av en termostat. Ved hjelp av en trykkmåler ble permeabiliteten av sandfyllingen bestemt. Så fulgte metningen med råolje A, idet samtidig heftvanninnholdet ble bestemt. Deretter ble flømmevann injisert med en hastighet på ca. 1,5 m/d. Som flømmevann tjente formasjonsvann A. Etter injisering av ca. 1,5 PV flømmevann (1 PV = ca. 800 ml), hvorved der ble oppnådd en utvanningsgrad av den produserte væske på 98-100%, ble der etter tur injisert

0,05 PV av en emulsjon

0,1 PV av en tensid-dispersjon

0,4 PV av en polymeropløsning og

til slutt ca. 1,5 PV formasjonsvann A,

hver med en flømmehastighet på ca. 1 m/d. Emulsjonen besto av råolje A og formasjonsvann A (faseforhold 1:1) samt 6,6% (regnet på den vandige fase) karboksymetyleret nonylfenol-oksetylat-natriumsalt med ca. 6 mol etenoksid og en karboksymetyleringsgrad på ca. 75%. Tensid-dispersjonen besto av formasjonsvann A og det samme tensid likeledes i en mengde på 6,6%. Polymeren i mobilitetsbufferen var "Cellobond HEC 100 000 A" fra BP Chemicals i en konsentrasjon på 0,25%. Formasjonsvannet A inneholdt pr. liter ca. 200 g NaCl, 1 g KCl, 12 g  $\text{CaCl}_2$  og 4 g  $\text{MgCl}_2$ . Råolje A var på basis av alkaner (paraffinbasisch) og hadde en densitet på 0,86 g/cm<sup>3</sup>. Formasjonstemperaturen var 51°C og faseinversjons-temperaturen av olje/vann/tensid-systemet var 56°C.

Den kunstige formasjon hadde en porøsitet på ca. 47%. Dens permeabilitet var 3D, og heftvanninnholdet var ca. 25%. Ved vannflømningen ble der oppnådd en oljeutvinning på 71%, og ytterligere 29% olje ble frigjort av det injiserte tensid, slik at den samlede oljeutvinning var 100% av OIP-verdien (oil in place). Etter utflømningen av oljebanken brøt

164676

12

tensidet igjennom. Ytterligere olje ble frigjort som emulsjon. Under transporten av oljebanken ble der målt en midlere trykkgradient på høyst 0,5 bar/m. Det maksimale oljeinnhold i banken utgjorde ca. 50%. Ved analyse av porene ble der påvist 2,2 g tensid eller 9,9 mg pr. g sand og 25 ml olje. 20 ml olje var blitt injisert som emulsjon.

Eksempel 2 (sammenligningseksempel).

I dette eksempel ble tertiær-oljeutvinningen utført som normal tensidflømming. En formasjon som i eksempel 1 ble fuktet med formasjonsvann A og mettet med råolje A (porøsitet 47%, permeabilitet 1,2 D, heftvanninnhold 27%). Forsøks-temperaturen utgjorde 51°C. Der ble først flømmet med formasjonsvann A, hvorved der ble oppnådd en oljeutvinning på 79%. Ved den etterfølgende injeksjon av 0,2 PV tensidvæske (6,6% av det samme tensid som i eksempel 1 i formasjonsvann A) fulgt av den samme mobilitetsbuffer som i eksempel 1 ble ytterligere 19% OIP frigjort. Det maksimale oljeinnhold i oljebanken utgjorde ca. 40% og den maksimale trykkgradient 0,6 bar/m (flømmehastighet ca. 1 m/d). Etter utflømming av oljebanken brøt tensidet igjennom. Ved analyse av den kunstige formasjon ble der påvist 25 mm olje og 7,5 g tensid (3,2 mg pr. g sand). Mengden av tilbakeholdt tensid er således i dette eksempel meget høyere enn i eksempel 1 ifølge oppfinnelsen.

Eksempel 3 (sammenligningseksempel).

I dette eksempel ble tertiær-oljeutvinningen oppnådd ved emulsjonsflømming.

En formasjon som i eksempel 1 ble fuktet med formasjonsvann A og mettet med råolje A (porøsitet 47%, permeabilitet 1,1 D, heftvanninnhold 25%). Forsøkstemperaturen var 51°C. Ved vannflømming med formasjonsvann ble der oppnådd en oljeutvinning på 76%. En etterfølgende injisering av 0,3 PV emulsjon bestående av råolje A, formasjonsvann A (1:1) og 6% (regnet på den vandige fase) av det samme tensid som i eksempel 1, etterfulgt av den samme mobilitetsbuffer som i eksempel 1, medførte utvinning av ytterligere 24% OIP, idet oljebanken maksimalt inneholdt 50% olje. Deretter brøt tensidet igjennom, hvorved ytterligere olje ble flømmet ut som

emulsjon. Den maksimale trykkgradient under transporten av oljebanken utgjorde 0,9 bar/m.

Ved analytisk undersøkelse av porene ble der påvist 3,6 g tensid (1,4 mg pr. g sand) og 64 ml olje. Skjønt utvinningen av OIP var 100%, ble en betydelig mengde av den som emulsjon innflømmede olje holdt tilbake i porene. Den resulterende oljeutvinning ved samme eller endog ugunstigere tensidretensjon viser at dette eksempel er tydelig mindre fordelaktig enn eksempel 1 ifølge oppfinnelsen.

#### Eksempel 4.

Ved vannflømming ble der oppnådd en oljeutvinning på 78% fra en kunstig formasjon som i eksempel 1 (porøsitet 47%, permeabilitet 1,7 D, heftvanninnhold 30%, temperatur 51°C, fuktet med formasjonsvann A, mettet med råolje A). Deretter ble der etter tur injisert:

0,05 PV av en emulsjon bestående av formasjonsvann A og råolje A (i faseforhold 1:1) og 2% (regnet på den vandige fase) av det samme tensid som i de foregående eksempler,

0,15 PV av en 2%'s tensidvæske av dette tensid i formasjonsvann A,

0,4 PV "HEC 100 000 A" (0,25%'s i formasjonsvann) og ca. 1,5 PV formasjonsvann som drivplugg.

På denne måte ble der frigitt ytterligere 22% OIP, slik at der tilsammen ble utvunnet 100% OIP. Der ble målt en maksimal trykkgradient på 0,7 bar/m, og flømmehastigheten utgjorde ca. 1 m/d.

Ved en analytisk undersøkelse av porerommet ble der påvist en tensidretensjon på 1,6 g (eller 0,6 mg pr. g sand) og en oljemengde på 25 ml. Ca. 20 ml olje var blitt injisert i form av emulsjon.

#### Eksempel 5.

Ved vannflømming ble 79% OIP utvunnet fra en kunstig formasjon som i eksempel 1 (porøsitet 46%, permeabilitet 2,6 D, heftvanninnhold 30%, fuktet med formasjonsvann A, mettet med råolje, temperatur 49°C). Deretter ble der etter tur injisert:

164676

14

0,05 PV av en emulsjon bestående av formasjonsvann A og råolje A (i faseforhold 1:1) og 5% (regnet på den vandige fase) av et karboksymetylert alfol-1214-oksetylat med ca. 4,5 mol etenoksid pr. mol og en karboksymetyleringsgrad på ca. 75%,

0,1 PV av det samme tensid i samme konsentrasjon i formasjonsvann A,

0,4 PV "HEC 100 000 A" (0,25%'s i formasjonsvann) og ca. 1,5 PV formasjonsvann som drivplugg.

Faseinversjons-temperaturen av systemet formasjonsvann/råolje/tensid lå på 53°C.

Som følge av virkningen av tensidet var det mulig å utvinne ytterligere 20% OIP, slik at den samlede oljeutvinning lå på 99% OIP. Den maksimale trykkgradient ved en flømhastighet på 1,1 m/d var 0,6 bar/m.

Ved den etterfølgende analyse av porene ble der påvist 2,4 g tensid (eller 1 mg pr. g sand) og 31 ml olje.

#### Eksempel 6.

Ved vannflømming var det mulig å utvinne 78% OIP fra en kunstig formasjon som i eksempel 1 (porøsitet 48%, permeabilitet 1,6 D, heftvanninnhold ca. 30%, fuktet med formasjonsvann A, mettet med råolje A), men 144 cm lang og temperert på 56°C. Deretter ble der etter tur injisert:

0,05 PV av en emulsjon bestående av råolje A, formasjonsvann A og 5% (regnet på den vandige fase) karboksymetylert nonylfenoloksetylat med ca. 6 mol etenoksid pr. mol og en karboksymetyleringsgrad på ca. 100%,

0,1 PV av en tensiddispersjon bestående av 5% av det samme tensid i formasjonsvann A,

0,4 PV mobilitetsbuffer som i de foregående eksempler og ca. 1 PV formasjonsvann A som drivplugg.

Faseinversjons-temperaturen av systemet råolje/formasjonsvann/tensid lå på 63°C. Ved hjelp av tensidet ble ytterligere 22% OIP utvunnet, slik at den samlede oljeutvinning lå på 100% OIP. I tilslutning til oljebanken med et maksimalt oljeinnhold på 50% brøt tensidet igjennom, hvorved ytterligere olje ble utvunnet som emulsjon. En maksimal trykkgradient på 0,5 bar/m ble målt.

Ved den etterfølgende analyse av den kunstige formasjon ble der påvist 5,4 g tensid svarende til 0,9 mg pr. g sand og 51 ml olje. I porerommet, som i forhold til i de andre eksempler var dobbelt så stort, var der injisert 41 ml olje som emulsjon.

#### Eksempel 7.

En kunstig formasjon som i eksempel 1 (porøsitet 47%, permeabilitet 1,8 D, vanninnhold 18%, temperatur 51°C, fuktet med formasjonsvann A og mettet med råolje A) ble vannflømmet, hvorved der ble oppnådd en oljeutvinning på 76% OIP. Deretter ble følgende væsker injisert:

0,05 PV av en emulsjon bestående av råolje A og formasjonsvann (i faseforhold 1:1) og 2,5% (regnet på den vandige fase) av det samme tensid som i eksempel 1, men som her hadde fått tilsatt 20% (regnet på tensidmengden) isobutanol,

0,15 PV av en tensidvæske av det samme tensid og kotensid i samme konsentrasjon,

0,4 PV polymeroppløsning som i eksempel 1 og endelig ca. 1 PV formasjonsvann A som drivplugg.

Faseinversjonstemperaturen av systemet råolje/formasjonsvann/tensid/kotensid lå på 55°C.

Som følge av virkningen av tensidet ble ytterligere 19% OIP utvunnet, hvorved den samlede oljeutvinning økte til 95% OIP. Ved en flømmehastighet på 1,3 m/d utgjorde den maksimale trykkgradient 1 bar/m. Poreromanalysen viste et tensidinnhold på 2,5 g svarende til 1,1 mg pr. g sand og et oljeinnhold på 46 ml olje.

#### Eksempel 8.

En formasjon som i eksempel 1 (porøsitet 47%, permeabilitet 1,8 D, heftvanninnhold 20%, temperatur 51°C, fuktet med formasjonsvann A og mettet med råolje A) ble vannflømmet, hvorved der ble oppnådd en oljeutvinning på 75%. Deretter ble der etter tur injisert:

0,05 PV av en emulsjon bestående av råolje A og formasjonsvann A (i faseforhold 1:2) og 3,5% (regnet på den vandige fase) av det samme tensid som i eksempel 1,

0,1 PV vandig tensidvæske av det samme tensid i samme

164676

16

konsentrasjon,

0,4 PV polymeroppløsning som i eksempel 1 og

ca. 1,5 PV formasjonsvann A.

Som følge av virkningen av tensidet ble ytterligere 21% OIP utvunnet, slik at den samlede oljeutvinning økte til 96% OIP. Deretter brøt tensidet igjennom. Ved en flømmehastighet på ca. 1 m/d ble der målt en maksimal trykkgradient på ca. 0,8 bar/m. Ved den etterfølgende analyse av den kunstige formasjon ble der påvist et tensidinnhold på 1,9 g svarende til 0,8 mg pr. g sand og et oljeinnhold på 31 ml. 12 ml olje var blitt injisert som emulsjon.

#### Eksempel 9.

Av dette eksempel fremgår det at også en emulsjonsplugg som flømmes inn etter tensidpluggen, er fordelaktig sammenlignet med ren emulsjonsflømming eller tensidflømming.

Fra en kunstig formasjon som i eksempel 1 (porøsitet 46%, permeabilitet 1,4 D, heftvanninnhold 25%, temperatur 51°C, fuktet med formasjonsvann A og mettet med råolje A) ble der ved vannflømming oppnådd en oljeutvinning på 75%. Deretter ble der etter tur injisert:

0,1 PV av en tensid-dispersjon på 5% av det i eksempel 1 anvendte tensid i formasjonsvann A,

0,1 PV av en emulsjon bestående av råolje A og formasjonsvann A (i faseforhold 1:1) og 5% (regnet på den vandige fase) av det samme tensid,

0,4 PV av polymeroppløsningen fra eksempel 1 og ca. 1,5 PV formasjonsvann.

Som følge av virkningen av tensidet ble ytterligere 24% OIP utvunnet, slik at den samlede oljeutvinning økte til 99% OIP. Etter utflømmingen av oljebanken brøt tensidet igjennom. Trykkgradienten antok ved en flømmehastighet på 0,8 m/d verdier på høyst 0,5 bar/m.

Undersøkelsen av porerommet ga en tensidretensjon på 2,4 g svarende til 1 mg pr. g sand og et oljeinnhold på 34 ml. Som emulsjon var der blitt injisert 20 ml olje.

#### Eksempel 10.

Av dette eksempel fremgår det at den til fremstilling av emulsjonen nødvendige råolje, hvis den ikke er tilgjen-

gelig i tilstrekkelig mengde, også kan erstattes av en spesielt fremstilt hydrokarbonblanding.

Der ble fremstilt en blanding av n-dodekan og cyklooktan i en mengde svarende til masseforholdet mellom den alkaniske og den nafteniske andel i råoljen A. Til denne blanding ble der tilsatt så meget toluen at en emulsjon fremstilt med formasjonsvann A og det i eksempel 1 nevnte tensid får den samme faseinversjonstemperatur ( $56^{\circ}\text{C}$ ) som råolje A. Den på denne måte fremstilte modellolje er sammensatt av 79% n-dodekan, 13% cyklooktan og 8% toluen.

En kunstig formasjon som i eksempel 1 (porøsitet 47%, permeabilitet 1,1 D, heftvanninnhold 26%, temperatur  $51^{\circ}\text{C}$ , fuktet med formasjonsvann og mettet med råolje A) ble uttømmende flømmet med formasjonsvann, hvorved der ble oppnådd en oljeutvinningsgrad på 76% OIP. Deretter ble der etter tur injisert:

0,05 PV av en emulsjon bestående av formasjonsvann A og modellolje i faseforhold 1:1 og 5% (regnet på den vandige fase) av det i eksempel 1 anvendte tensid,

0,1 PV av en tensid-dispersjon av det samme tensid i samme konsentrasjon i formasjonsvann A,

0,4 PV av en polymeroppløsning som i eksempel 1 og ca. 1.5 PV formasjonsvann.

Som følge av virkningen av tensidet ble ytterligere 23% OIP utvunnet, slik at den samlede oljeutvinning utgjorde 99% OIP. Etter utflømming av banken brøt tensidet igjennom. Oljeinnholdet i banken lå på høyst ca. 50%. Ved en flømmehastighet på ca. 1 m/d ble der målt en trykkgradient på 1,4 bar/m.

En analyse av porerommet viste en tensidretensjon på 3,5 g svarende til 1,4 mg pr. g sand og et oljeinnhold på 20 ml. Den samme mengde modellolje var blitt injisert som emulsjon.

#### Eksempel 11.

Dette og det etterfølgende eksempel viser anvendelsen av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen på andre reservoar-systemer.

164676

18

Formasjonsvannet B hadde følgende sammensetning:

Na 38 g/l, K 0,4 g/l, Ca 8 g/l, Mg 1,5 g/l, Sr 0,4 g/l og Cl 80 g/l. Råoljen B besto av 58% alkaner, 26% naftener og 16% aromater. Densiteten var  $0,85 \text{ g/cm}^3$ .

En kunstig formasjon i likhet med i eksempel 1 (porøsitet 47%, permeabilitet 1,5 D, heftvanninnhold 27%), men med en temperatur på  $38^\circ\text{C}$ , fuktet med formasjonsvann B og mettet med reservoarolje B ble flømmet så langt som mulig med formasjonsvann, hvorved der ble oppnådd en oljeutvinningsgrad på 77%. Utvanningsgraden lå på ca. 99%. Deretter ble der injisert følgende væsker:

0,05 PV av en emulsjon bestående av råolje B og formasjonsvann B i faseforhold 1:1 og 2% (regnet på den vandige fase) karboksymetylert nonylfenoloksetylat med 4,9 mol etenoksid pr. mol med en karboksyleringsgrad på 100%,

0,15 PV av det samme tensid i samme konsentrasjon i formasjonsvann B,

0,4 PV av den samme polymer som i eksempel 1 i formasjonsvann B og

ca. 1,5 PV formasjonsvann.

Faseinversjonstemperaturen av systemet råolje/formasjonsvann/tensid lå her på  $45^\circ\text{C}$ .

Som følge av virkningen av tensidet ble ytterligere 23% OIP utvunnet, slik at den samlede oljeutvinning utgjorde 100% OIP. Det maksimale oljeinnhold i oljebanken utgjorde ca. 55%, og der ble målt en maksimal trykkgradient (flømmehastighet ca. 1 m/d) på 1,1 bar/m.

Ved den etterfølgende analyse av porene ble der påvist 1,5 g tensid svarende til 0,6 mg pr. g sand og 38 ml olje.

#### Eksempel 12.

Formasjonsvannet C hadde omtrent følgende sammensetning: 24,4 g/l NaCl, 0,13 g/l KCl, 0,45 g/l  $\text{CaCl}_2$ , 0,35 g/l  $\text{MgCl}_2$  og 0,03 g/l  $\text{SrCl}_2$ . Råoljen C besto av ca. 40% nafteniske, 35% alkaniske og 25% aromatiske hydrokarboner. Densiteten var ca.  $0,9 \text{ g/cm}^3$ .

En kunstig formasjon i likhet med i eksempel 1 (porøsitet 46%, permeabilitet 1,5 D, heftvanninnhold 23%

(ved en temperatur på 63°C), fuktet med formasjonsvann og mettet med råolje C) ble vannflømmet så langt som mulig, hvorved der ble oppnådd en oljeutvinning på 78% OIP. Deretter ble der etter tur injisert:

0,05 PV av en emulsjon bestående av råolje C og formasjonsvann C i faseforhold 1:1 og 6% (regnet på den vandige fase) karboksymetylert nonylfenoloksetylat med 3 mol propenoksid pr. mol og 5,7 mol etenoksid pr. mol svarende til formelen  $C_9H_{19}-C_6H_4O(C_2H_3(CH_3)O)_3(C_2H_4O)_{5,7}CH_2COONa$  (karboksymetyleringsgraden var ca. 70%),

0,1 PV av det samme tensid i samme konsentrasjon i formasjonsvann C,

0,4 PV av den samme polymer som i eksempel 1 i formasjonsvann C og

ca. 1,5 PV formasjonsvann.

Faseinversjonstemperaturen av systemet råolje/formasjonsvann/tensid var 68°C.

Ved hjelp av virkningen av tensidet ble ytterligere 18% OIP utvunnet, hvorunder det maksimale oljeinnhold i oljebanken utgjorde ca. 45%. Ved en flømmehastighet på ca. 0,9 m/d ble der målt en maksimal trykkgradient på ca. 0,6 bar/m.

Ved analyse av porehulrommet ble der påvist 3,1 g tensid svarende til 0,9 mg pr. g sand og 50 ml olje.

#### Eksempel 13.

Som modellformasjon ble der i dette eksempel anvendt en sylindrisk kjerne av Bentheim-sandsten og med en diameter på ca. 8 cm og en lengde på ca. 50 cm. Kjernen ble innleiret i epoksidharpiks, og endeflatene ble forseglet med metallflenser som var avtettet ved hjelp av O-ringer. Forsøks Temperaturen utgjorde 56°C. Etter fukting av formasjonen med formasjonsvann A, fastleggelse av porevolumet (575 ml) og permeabiliteten (1100 mD) ble der mettet med råolje A (heftvann 20%). Ved uttømmende flømming med formasjonsvann A ble der utvunnet 51% OIP. Deretter ble der etter tur injisert:

0,05 PV av en emulsjon bestående av formasjonsvann og råolje A i faseforhold 1:1 og 3% av et karboksymetylert dinonylphenoloksetylat med ca. 12 mol

164676

20

etenoksid pr. mol og en karboksymetyleringsgrad på ca. 85%,

0,15 PV av en tensid-dispersjon av det samme tensid i samme konsentrasjon i formasjonsvann A,

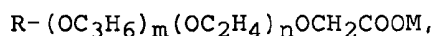
0,4 PV av en polymeroppløsning som i eksempel 1 og ca. 1 PV formasjonsvann.

Ved hjelp av virkningen av tensidet (PIT 59°C) ble ytterligere 34% OIP utvunnet, slik at den samlede oljeutvinning utgjorde 84% OIP. Etter utflømming av oljebanken brøt tensidet igjennom. Oljeinnholdet i banken lå på høyst 65%. Ved en flømmehastighet på ca. 0,5 m/d ble der målt en maksimal trykkgradient på 1,2 bar/m.

Ved analyse av porerommet ble der påvist en tensid-retensjon på 2,1 g svarende til 0,4 mg pr. g sand.

#### PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte til utvinning av olje fra reservoarbergarter (Speichergestein) med midlere eller høy salinitet ved injisering etter tur av minst to tensidholdige væsker i form av en oppløsning, dispersjon eller emulsjon, idet der som emulgatorer og tensider anvendes karboksymetylerede oksetylater med formelen:



hvor R betyr et alifatisk radikal med rett eller forgrenet kjede og 6-20 karbonatomer eller et alkylaromatisk radikal med 3-18 karbonatomer i alkylgruppen eller et dialkylaromatisk radikal med 1-18 karbonatomer pr. alkylkjede og et samlet antall karbonatomer i begge alkylkjeder på 5-30 eller et trialkylaromatisk radikal med 1-18 karbonatomer pr. alkylkjede og et samlet antall karbonatomer i alle tre alkylkjeder på 6-40, m betyr 0-20, n betyr 1-20, M betyr et alkali- eller jordalkalimetallion eller ammonium og karboksylmetyleringsgraden ligger på mellom 10 og 100 %, samtidig som det karbok-

symetylerte oksetylat er slik valgt at faseinversjonstemperaturen for systemet reservoarolje/tensidholdig injeksjonsvæske ligger 0-10°C over temperaturen i reservoaret, k a r a k t e r i s e r t v e d at enten den forflømmede eller den etterflømmede væske eller, ved bruk av tre væsker, enten den for- og etterflømmede eller den midterste væske utgjøres av emulsjoner bestående av en oljefase og en vannfase, mens den eller de andre injeksjonsvæsker er enten oppløsninger eller dispersjoner av karboksymetylert oksetylat i flømmevann.

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at de etter tur injiserte tensidholdige væsker inneholder det samme tensid.
3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at de etter tur injiserte tensidholdige væsker inneholder tensider med forskjellig struktur, men med omtrent lik faseinversjonstemperatur av systemet reservoarolje/tensidholdig injeksjonsvæske.
4. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at konsentrasjonen av tensid eller emulgator utgjør 0,1-30 % vektprosent, idet konsentrasjonen i tilfelle av emulsjoner regnes på den vandige fase.
5. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at der som organisk fase anvendes råolje fra reservoaret.
6. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at volumforholdet mellom organisk og vandig fase i den anvendte emulsjon ligger mellom 3:1 og 1:10.
7. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at pluggstørrelsen av de tensidholdige væsker som anvendes, er 0,01-2 PV.

8. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, karakterisert ved at der foran tensidpluggen injiseres en emulsjonsplugg med lite volum.
9. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, karakterisert ved at kosurfaktanter såsom én- og flerverdige alkoholer tilsettes de tensidholdige væsker.
10. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, karakterisert ved at der som tilsetninger anvendes vannoppløselige, viskositetsøkende polymerer.
11. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, karakterisert ved at der før injiseringen av den første tensidholdige væske injiseres 0,05-4 PV flømmevann i reservoaret.
12. Fremgangsmåte som angitt i et av de foregående krav, karakterisert ved at der etter injeksjonen av den siste tensidholdige væske injiseres flømmevann i reservoaret.
13. Fremgangsmåte som angitt i krav 12, karakterisert ved at der anvendes et flømmevann som inneholder en vannoppløselig viskositetsøkende polymer.