

STUDIUL INFLUENȚEI COMPOZIȚIEI MINERALOGICE ASUPRA CAPACITĂȚII DE UDARE

Asist. ing. Brănoiu Gheorghe-Adrian, UPG Ploiești

ABSTRACT

The paper aims to study the influence of mineralogical composition on the rocks wettability, for two porous media (Kliwa sand and limestone) at the contact with the two fluids: oil and connate water.

KEY WORDS: Wettability, mineralogical composition, capillary pressure, porous media

1. INTRODUCERE

Exploatarea zăcămintelor de hidrocarburi este un proces complex, fiind determinat de o serie de fenomene fizice, chimice, fizico-chimice, multe dintre ele încă necontrolate de operator, cercetările întreprinse având ca scop cunoașterea naturii și legitățile proceselor ce intervin în scopul cercetării factorului de recuperare a acestor zăcăminte.

De o deosebită importanță este studiul fenomenelor de interacțiune și de interfază în mediile poroase atât în ceea ce privește sistemul fluide de zăcământ-rocă, cât și în cazul utilizării, în vederea exploatării eficiente a unui zăcământ, de agenți de dezlocuire. Între fenomenele legate de interacțiunea rocă-fluid se remarcă și proprietatea numită capacitate de udare a rocii, atât în ceea ce privește fazele inițiale existente în zăcământ (țiței și apă de zăcământ) cât și eventuala modificare a capacității de udare în cazul folosirii altor agenți de dezlocuire, printre care și cei chimici (soluții alcaline și cu surfactanți).

Cercetările de laborator, precum și rezultatele din șantier au arătat influența mare pe care o are capacitatea de udare a rocii asupra procesului de dezlocuire. Cunoașterea exactă a capacității de udare inițiale, posibilele modificări rezultate prin injectarea în zăcământ a diversilor agenți de dezlocuire, precum și posibilitatea de a schimba în sens favorabil acest caracter, permite o programare judicioasă a metodelor de exploatare.

Studiul capacității de udare poate fi făcut sub aspectul însușirii mediului solid de a fi cedat preferențial de către un fluid în raport cu alte fluide (umidibilitate) sau sub aspectul cedării preferențiale a diferitelor solide de către același fluid (umidivitate). Ținând seama de faptul că în zăcământ rocile colectoare prezintă o mare varietate de minerale constitutive (importantă fiind distribuția mineralelor care câpтуșesc spațiul poros), precum și o varietate a fazelor prezente (cu atât mai mult în cazul injectiei de agenți chimici) la scara zăcământului există o anumită heterogeneitate a capacității de udare.

2. CAPACITATEA DE UDARE. CONCEPTE GENERALE

Capacitatea de udare este definită ca tendința unui fluid de a se împrăști sau de a adera la suprafața solidului în prezența altor fluide nemiscibile. În sistemul rocă / țitei / apă de zăcământ ea este o măsură a preferinței acelei roci de a fi udată de țitei sau de alte fluide. Când roca este udată preferențial de către apă, acolo există tendința ca apa să ocupe porii mici și să fie în contact cu majoritatea suprafeței rocii. În mod similar, într-un sistem unde țiteiul este fază umezitoare, roca este în contact cu țiteiul, poziția a două fluide este inversată față de cazul când apa este fază umezitoare și țiteiul ocupă porii mici și este în contact cu majoritatea suprafeței rocii. Este important de observat, totuși, că acest termen de capacitate de udare este folosit pentru udarea preferențială a rocii și nu face în mod explicit referire la fluidul ce este în contact cu roca la un moment dat. Udarea preferențială a rocii poate fi comparată cu următoarea situație: dacă în spațiul poros sunt două fluide, apă și țitei, având același volum, faza umezitoare este aceea care are o arie de contact cu suprafața rocii mai mare decât cealaltă, în echilibru static.

Depinzând de interacțiunile specifice ale rocii, capacitatea de udare a țiteiului și a apei de zăcământ se poate întinde de la cazul când apa este puternic umezitoare până la cazul când țiteiul este fază puternic umezitoare. Când roca nu are preferință puternică pentru țitei sau pentru apă, sistemul se spune că este neutru (sau intermediar) din punct de vedere al capacității de udare. În afară de capacitate de udare puternică, sau neutră, al treilea tip este capacitatea de udare fracțională, unde arii diferite ale carotei au diferite preferințe de udare.

Criteriul de bază specific capacității de udare la suprafață este unghiul de contact. Cu toate că unghiurile de contact sunt aproape universal acceptate ca o măsură de bază a capacității de udare, aplicarea lor la sistemul de zăcământ este limitată, deoarece măsurătoarea nu este făcută direct pe suprafața rocii colectoare.

Complexitatea mineralogică a rocii colectoare poate face capacitatea de udare să varieze pe loc la suprafața rocii pe o scară întinsă de la submicroscopic la microscopic. Mai mult, într-o parte dată a suprafeței, unghiul de contact poate diferi mult când adsorbția este implicată și poate fi sensibil la durata timpului de contact și rata mișcării interfaciale de-a lungul suprafeței solidului. Pentru că gresiile sunt adesea compuse din cuarț și calcarele din calcit, cuarțul și calcitul sunt folosite la simularea suprafețelor rocilor colectoare.

Sub condiții normale de carotare, când eșantioanele sunt aduse la suprafață, temperatura și presiunea existente scad. Pentru unele zăcăminte, depunerea parafinei este cunoscută ca apărând cu reducerea temperaturii. Scăderea presiunii determină precipitarea asfaltenelor, în particular sub punctul de vaporizare.

Dacă eșantionul de rocă este ținut în aer, există riscul ca depozitarea produșilor grei rezultați din evaporarea fracțiilor ușoare să se oxideze creând produși polari capabili să schimbe proprietățile la interfețele solid / lichid și lichid / lichid. Tensiunea interfacială apă / țitei descrește cu 20 - 30 % din valoarea inițială și țiteiul brut are tendința de a forma filme rigide la interfața apă / țitei.

Indicele capacității de udare (WI) definit de Cuiec (1978) este dat de relația:
 $WI = A / B - C / D$, în care:

A - țiteiul dezlocuit de apă prin îmbibare spontană;

B - țiteiul dezlocuit de apă prin îmbibare și dezlocuire;

C - apa dezlocuită de țiței prin îmbibare spontană;

D - apa dezlocuită de țiței prin îmbibare și dezlocuire.

Scara adoptată pentru cuantificarea capacității de udare a rocii este următoarea:

- 1,0 < WI < - 0,3	udată de țiței
- 0,3 < WI < - 0,1	ușor udată de țiței
- 0,1 < WI < + 0,1	neutră
+ 0,1 < WI < + 0,3	ușor udată de apă
+ 0,3 < WI < + 1,0	udată de apă .

3. STUDIUL EXPERIMENTAL AL INFLUENȚEI COMPOZIȚIEI MINERALOGICE ASUPRA CAPACITĂȚII DE UDARE

3.1. APARATURA ȘI METODOLOGIA FOLOSITE

Dintre metodele citate în literatura de specialitate și având în vedere aparatura existentă în laboratorul de fizico-chimia zăcămintelor din UPG Ploiești s-a folosit metoda USBM. Deoarece metoda este descrisă în literatura de specialitate, în lucrarea de față se vor arăta doar unele aspecte legate de determinările efectuate.

Centrifuga la care s-a efectuat determinările este prevăzută cu opt trepte de viteză și alimentată printr-un reostat, ceea ce face posibilă realizarea unei game foarte largi de turații. Turația maximă este de 4000 rot / min dar determinările au fost efectuate până la turații de cel mult 2500 rot / min, peste această valoare vibrațiile fiind destul de mari și introduc erori de determinare. Deoarece s-a lucrat cu probe neconsolidate, turația a fost suficientă pentru obținerea unei pante mari a curbei de presiune capilară care să indice limita de saturație ireductibilă. La fiecare treaptă de turație, durata centrifugării a fost de circa 30 minute, suficientă în cazul unor astfel de probe.

Determinările au fost efectuate la temperatura ambiantă la care se pot adăuga câteva grade Celsius, ca rezultat al încălzirii incintei centrifugii prin mișcarea forțată a aerului din aceasta. În urma determinărilor efectuate s-au ridicat curbele de presiune capilară în procesul combinat de drenaj - îmbibare - drenaj.

3.2. MEDIUL SOLID FOLOSIT

Probele s-au realizat din cuarț (nisip de Kliwa) și calcit, uscate și curate. S-au făcut determinări pentru două probe de cuarț și două probe de calcit.

S-a folosit cuarț și calcit din clasa granulometrică 0,4-0,6 mm. Tasarea cuarțului și calcitului s-a făcut cu ajutorul unei prese de mână până la stabilizare în celule de bronz, special construite și care fac parte din instalație.

Saturarea probelor cu apă de zăcământ s-a realizat cu ajutorul instalației existente în laboratorul de fizico-chimia zăcămintelor de hidrocarburi. Starea de saturație a probelor s-a făcut prin cântărirea probei înainte și după saturare. După saturare, probele au fost păstrate până la folosire cu apa de zăcământ ce a saturat proba.

3.3. FLUIDELE FOLOSITE

Pentru experimentele efectuate în care s-a urmărit influența compoziției mineralogice asupra capacității de udare, s-au folosit țiței și apă de zăcământ de pe structura Bărbuncești de vârstă Meoțian. În laborator nu s-a intervenit asupra acestor faze, făcându-se doar determinări ale unor proprietăți (densitate, vâscozitate) de care s-a avut nevoie în determinările experimentale. Valorile densităților fluidelor de zăcământ folosite sunt:

$$\rho_{\text{țiței}} = 815 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{apă}} = 1125 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta\rho = \rho_{\text{apă}} - \rho_{\text{țiței}} = 310 \text{ kg/m}^3$$

3.4. REZULTATELE OBȚINUTE

După prepararea probelor s-a trecut la:

- saturarea probei în apă de zăcământ la presiuni mari 100 - 150 bar timp de 10 -12 minute ;
- centrifugarea în țiței până la atingerea saturației ireductibile în apă, S_{ai} ;
- centrifugarea în apă de zăcământ până la atingerea unei saturații ireductibile în țiței, S_{pr} ;
- centrifugarea în țiței până la atingerea saturației ireductibile în apă, S_{ai} .

Pe parcursul centrifugării care are loc la diferite turații se măsoară volumul de apă sau țiței dezlocuit și se determină saturația în faza dezlocuită.

Gradientul de presiune motoare sub care are loc dezlocuirea se calculează cu relația:

$$P_m = 0,01088 R h \Delta\rho n^2, [\text{N} / \text{m}^2]$$

unde: R reprezintă raza cercului de rotație al probei, în m ;

h - înălțimea probei, în m ;

$\Delta\rho$ - diferența de densitate dintre cele două fluide, în kg / m^3 ;

n – turația, în rot / min .

Rezultatele obținute sunt totalizate în tabelele 1, 2, 3 pentru cuarț și tabelele 4, 5, 6 pentru calcit. Cu ajutorul datelor obținute se ridică curbele de drenaj (D_1 și D_2) și curba de îmbibare (I). Prin planimetrarea suprafețelor A_1 și A_2 de sub curbele D_2 și I se calculează coeficientul capacității de udare (WI):

$$WI = \log A_1 / A_2.$$

Rezultatele obținute pentru calcularea coeficienților capacității de udare sunt prezentate în tabelul 7. Pentru calcularea presiunii motoare s-au folosit următoarele date, care rămân constante pe toată durata centrifugării (din relația de calcul variaza numai turația):

$$R_{\text{drenaj}} = 0,113 \text{ m} ;$$

$$R_{\text{îmbibare}} = 0,158 \text{ m} ;$$

$$h = 0,034 \text{ m} ;$$

$$\Delta\rho = 310 \text{ kg} / \text{m}^3 .$$

Tabelul 1: Ridicarea primei curbe de drenaj D_1 pentru probele de cuarț

$V_1, [cm^3]$	$V_2, [cm^3]$	$n, [rot/min]$	$t, [min]$	$P_m, [N/m^2]$
0,80	0,70	310	30	1245
1,40	1,30	760	30	7485
1,90	1,80	1015	30	13350
2,50	2,40	1260	30	20573
3,20	3,50	1540	30	30732
3,60	4,00	1890	30	46289
4,10	4,20	2050	30	54458
4,15	4,25	2350	30	71562

Tabelul 2 : Ridicarea curbei de îmbibare I pentru probele de cuarț

$V_1, [cm^3]$	$V_2, [cm^3]$	$n, [rot/min]$	$t, [min]$	$P_m, [N/m^2]$
0,60	0,80	380	30	2617
1,30	1,60	710	30	9134
1,80	2,30	1060	30	20358
2,50	2,90	1340	30	32534
2,90	3,60	1680	30	51138
3,60	4,10	2015	30	73566
4,10	4,30	2200	30	87695
4,20	4,40	2450	30	108758

Tabelul 3 : Ridicarea curbei a doua de drenaj D_2 pentru probele de cuarț

$V_1, [cm^3]$	$V_2, [cm^3]$	$n, [rot/min]$	$t, [min]$	$P_m, [N/m^2]$
0,90	0,80	290	30	1090
1,40	1,40	630	30	5143
2,60	2,50	970	30	12193
3,30	3,30	1250	30	20248
3,80	4,60	1760	30	40140
4,50	4,90	2010	30	52353
4,60	5,00	2350	30	71562

Tabelul 4 : Ridicarea primei curbe de drenaj D_1 pentru probele de calcit

$V_1, [cm^3]$	$V_2, [cm^3]$	$n, [rot/min]$	$t, [min]$	$P_m, [N/m^2]$
0,50	0,70	360	30	1680
1,30	1,70	740	30	7096
2,10	2,80	1050	30	14287
2,80	3,60	1275	30	21065
4,10	4,30	1540	30	30732
5,00	6,00	1910	30	47273
6,30	7,00	2280	30	67363

Tabelul 5 : Ridicarea curbei de îmbibare I pentru probele de calcit

$V_1, [cm^3]$	$V_2, [cm^3]$	$n, [rot/min]$	$t, [min]$	$P_m, [N/m^2]$
5,00	5,00	450	30	3669
5,30	5,30	720	30	9393
5,60	5,70	1060	30	20358
5,95	6,10	1400	30	35513
6,20	6,50	1750	30	55489
6,50	6,80	2050	30	76144
6,60	7,00	2300	30	95848

Tabelul 6 : Ridicarea curbei a doua de drenaj D_2 pentru probele de calcit

$V_1, [cm^3]$	$V_2, [cm^3]$	$n, [rot/min]$	$t, [min]$	$P_m, [N/m^2]$
5,00	5,75	450	30	2624
5,10	5,85	720	30	6718
5,15	6,00	1060	30	14560
5,18	6,10	1400	30	25398
5,20	6,20	1760	30	40140
5,25	6,30	2050	30	54457
5,30	6,35	2300	30	68549

Tabelul 7: Caracteristicile de udare rezultate în urma ridicării curbelor de presiune capilară prin metoda USBM

Număr proba	Tipul mineralului	A_1 / A_2	$WI = \log A_1 / A_2$	Capacitatea de udare
1	Cuarț	0,481	- 0,317	udat de țitei
2	Cuarț	0,646	- 0,189	udat slab de țitei
3	Calcit	0,253	- 0,596	udat de țitei
4	Calcit	0,206	- 0,584	udat de țitei

4. CONCLUZII

În urma efectuării acestui studiu se desprind următoarele concluzii:

- 1) fiecare colector are propriul său litofacies ca rezultat al condițiilor de sedimentare și litificare;
- 2) proporția, distribuția, forma particulelor, originea mineralelor și a altor componente constituie particularități mineralogice specifice fiecărei roci colectoare în parte;
- 3) procesele diagenetice în condiții de mediu specifice schimbă mai mult sau mai puțin compoziția mineralogică a suprafeței interne a rocilor. Astfel, există o diferență între compoziția mineralogică globală și cea a suprafeței. Această diferență este irelevantă în nisipuri sau în unele calcare dar este foarte importantă în gresii. Spre exemplu, silicea

secundară care se formează în asociație cu unități de gresie cuarțoasă și carbonați clastici. Cuarțul secundar este depus ca supracreșteri pe granulele de cuarț libere inițial și pe granulele de cuarț din centrul oolitelor. Cuarțul secundar înlocuiește granulele și toate tipurile de ciment carbonatic, și este considerat un efect postdepozițional;

4) complexitatea mineralogică a rocii colectoare poate face capacitatea de udare să varieze foarte mult la suprafața rocii;

5) ținând seama de faptul că în zăcământ, rocile colectoare prezintă o mare varietate de minerale constituente (foarte importantă fiind distribuția mineralelor care captează spațiul poros) precum și o varietate a fazelor prezente, la scara zăcământului există o anumită heterogenitate a capacității de udare;

6) capacitatea de udare a gresiei este mult mai ușor alterată de țițeiul brut decât cea a calcarului;

7) prezența mineralelor impurități influențează și poate chiar schimba caracteristicile de udare;

8) cauza majoră a schimbării caracteristicilor de udare poate fi adsorbția țițeiului brut la suprafața rocii și unghiul de contact poate să difere mult dacă este implicată adsorbția la suprafața mineralelor;

9) compoziția mineralogică globală este cea mai reprezentativă și este importantă pentru inginerul de zăcământ însă mai importantă pare a fi distribuția spațială a mineralelor în rocă;

10) se remarcă o diferență între curbele de presiune capilară pentru faza umezitoare și cele pentru faza neumezitoare;

11) alura curbelor de presiune capilară indică deplasări mari la valori scăzute ale gradientului de presiune, fapt explicabil prin presiunile capilare scăzute datorate dimensiunilor mari ale porilor (probe neconsolidate);

12) având în vedere că orice proces de creștere a factorului final de recuperare presupune cunoașterea capacității de udare se recomandă ca fiecare studiu de creștere a factorului final de recuperare să fie însoțit de un studiu asupra capacității de udare a rocii colectoare.

ANEXE

Anexa I: Curbele de presiune capilară pentru proba nr. 1 de cuarț

Anexa II: Curbele de presiune capilară pentru proba nr. 2 de cuarț

Anexa III: Curbele de presiune capilară pentru proba nr. 1 de calcit

Anexa IV: Curbele de presiune capilară pentru proba nr. 2 de calcit

BIBLIOGRAFIE

1) Amott, E.: "Observations Relating to the Wettability of Porous Rock", Trans. AIME (1959) 216, 156 – 62.

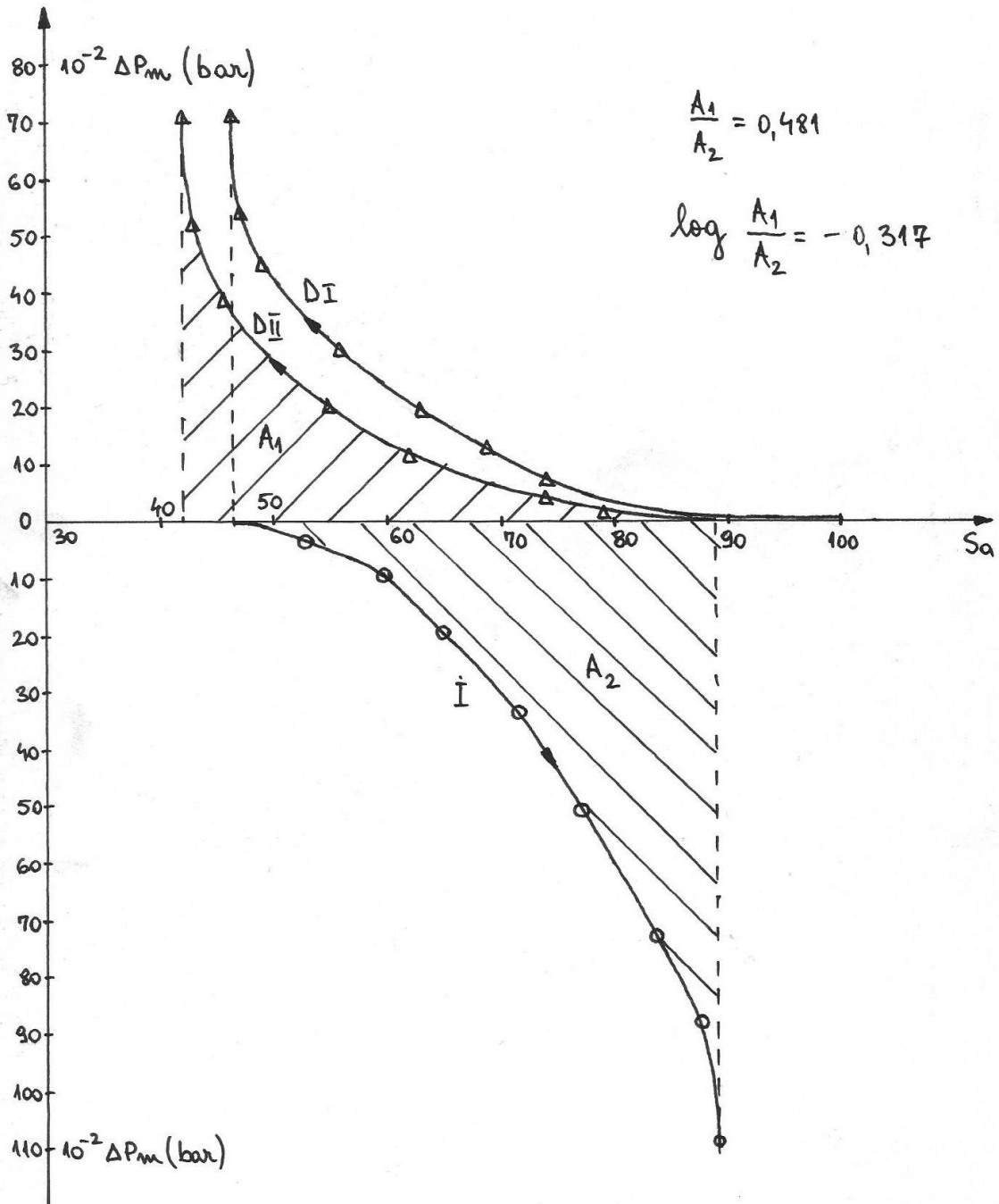
2) Anderson, W.G.: "Wettability Literature Survey", Part 2, JPT, Novembre, 1986.

3) Anderson, W.G.: "Wettability Literature Survey", Part 4, JPT, October, 1986.

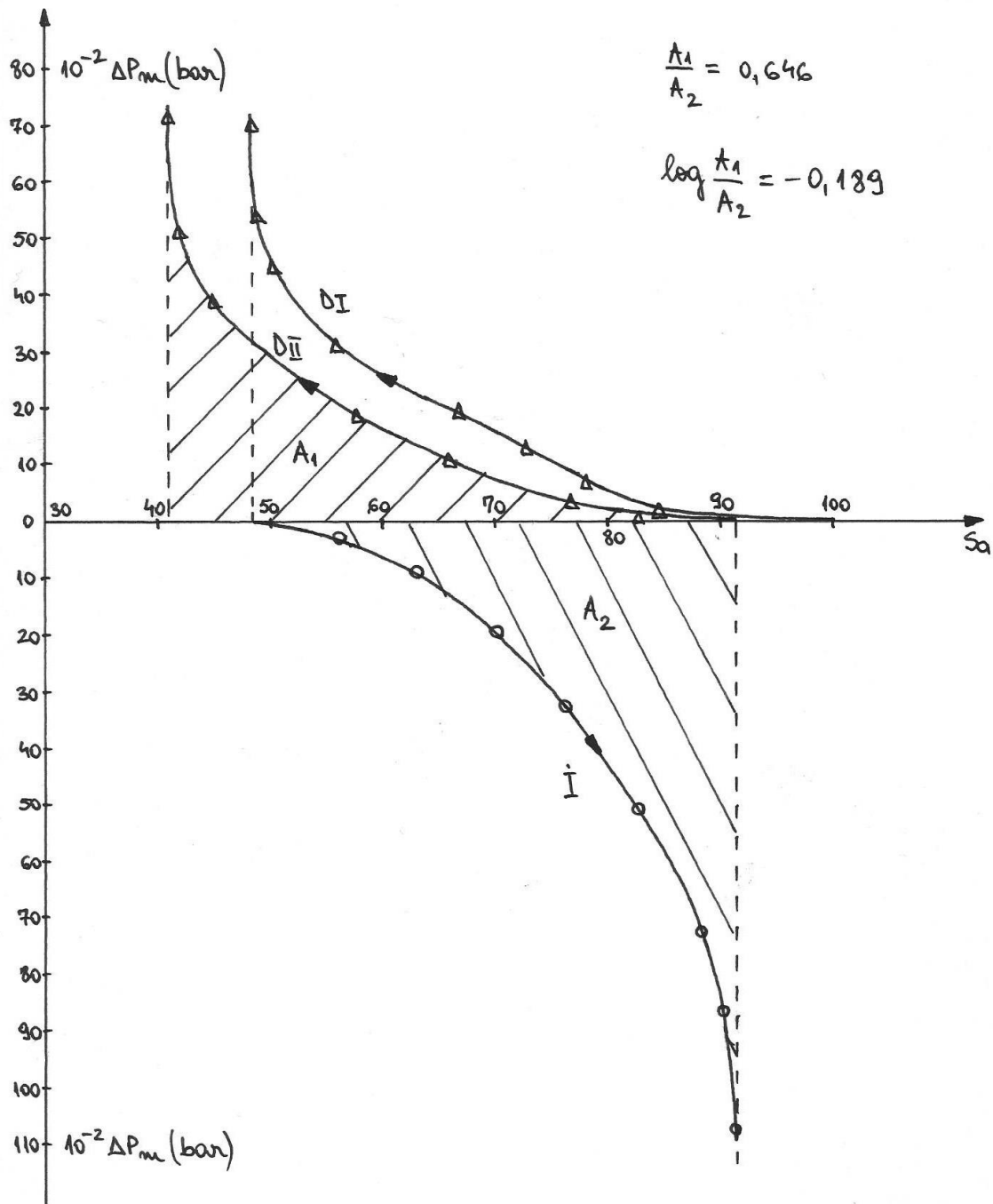
4) Cuiec, L.E. et al.: "Determination of the Wettability of a Sample of Reservoir Rock", Rev. Inst. Franc. du Petrole (Sept. - Oct. 1978) 33.

- 5) Donaldson, E.C., Thomas, R.D., and Lorenz, P.B.: “Wettability Determination and Its Effect on Recovery Efficiency“, SPEJ (March 1969).
- 6) Donaldson, E.C.: “Enhanced Oil Recovery“, vol. I, Elsevier Publ., 1985.
- 7) Treiber, L.E., Archer, D.L., and Owens, W.W.: “A Laboratory Evaluation of the Wettability of Fifty Oil Producing Reservoirs“, SPEJ (Dec. 1972) 531 - 40.

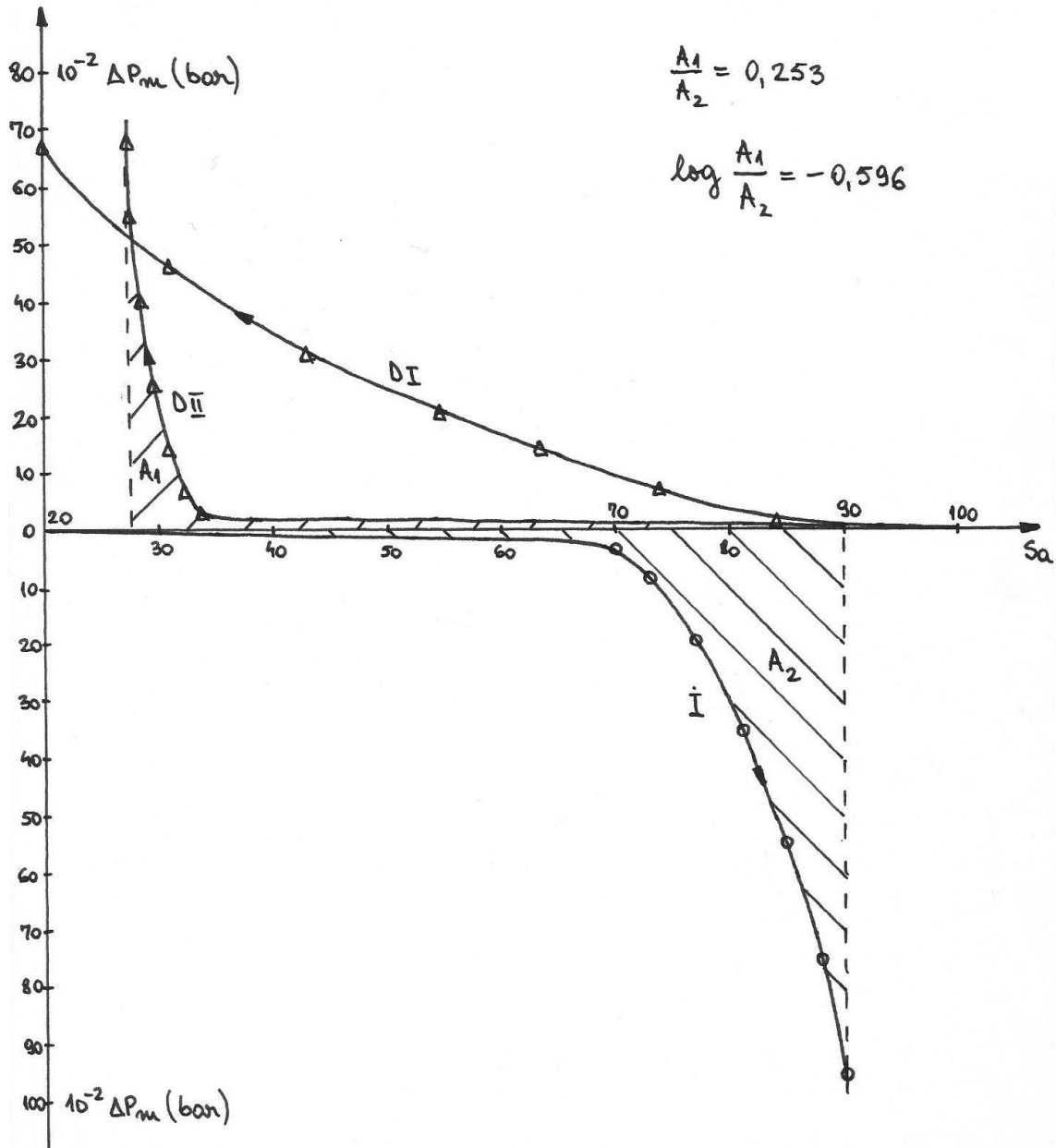
ANEXA 1
 CURBELE DE PRESIUNE CAPILARA
 PENTRU PROBA NR. 1 DE CUART



ANEXA 2
 CURBELE DE PRESIUNE CAPILARA
 PENTRU PROBA NR. 2 DE CUART



ANEXA 3
 CURBELE DE PRESIUNE CAPILARA
 PENTRU PROBA NR. 1 DE CALCIT



ANEXA 4
CURBELE DE PRESIUNE CAPILARA
PENTRU PROBA NR. 2 DE CALCIT

