

**UNIVERSITATEA PETROL- GAZE DIN PLOIEȘTI**

***ÎMBUNĂȚIREA PROCEDURILOR DE ALEGERE  
A SAPELOR CU ROLE ȘI A FLUIDELOR DE FORAJ  
PE STRUCTURI DIN ROMÂNIA***

**(REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT)**

Conducător științific de doctorat:  
**Prof. univ. dr. ing.: GHEORGHİȚOIU MIHAI**

Doctorand:  
ing. DUMITRU IORDACHE

2016



# CUPRINS

1 Cuprins	3
2 Prefață	5
3 Abstract	6
4 Introducere	7
<b>CAPITOLUL 1</b> DESCOPERIREA, EXPLORAREA, EXPLOATAREA ȘI VALORIFICAREA RESURSELOR NATURALE DE HIDROCARBURI FLUIDE	8
1.1 Resurse și rezerve de hidrocarburi fluide naturale	8
1.2 Considerații generale privind resursele și rezervele de hidrocarburi fluide naturale	8
1.3 Locul, rolul și importanța sondelor în programele industriale destinate descoperirii, explorării, exploatării, valorificării resurselor	9
1.4 Construcția și calitatea sondelor de exploatare în asigurarea funcționalității și eficienței sistemului de exploatare a zăcămintelor	10
1.5 Considerații generale privind dezvoltarea competențelor și capabilităților în domeniul proiectării, exploatării resurselor de hidrocarburi fluide	11
<b>CAPITOLUL 2</b> PROIECTAREA FORAJULUI SONDELOR DE EXPLOATARE A ZĂCĂMINTELOR GEOLOGICE DE HIDROCARBURI FLUIDE	14
2.1 Precizări inițiale	12
2.2 Structura proiectului pentru forajul sondelor de exploatare	12
2.2.1 Structura proiectului pentru forajul sondelor de exploatare a zăcămintelor	12
2.2.2 Metode de proiectare a forajului sondelor de exploatare a zăcămintelor	14
<b>CAPITOLUL 3</b> PROCEDURI DE ALEGERE A SAPELOR/ FLUIDELOR PENTRU FORAJUL SONDELOR DE EXPLOATARE A ZĂCĂMINTELOR DE HIDROCARBURI	15
3.1 Precizări și considerații introductive	15
3.2 Premizele proiectării programului fluidului/ sapelor de foraj	15
3.2.1 Caracterizarea complexă a coloanei stratigrafice	15
3.2.2 Premize științifice, tehnice, economice de proiectarea programului de fluide/sape	16
3.2.2.1 Observații introductive	16
3.2.2.2 Observații generale referitoare la fluidele de foraj	16
3.2.2.3 Elemente științifice privind caracterizarea situației de foraj a sondelor	19
3.2.2.4 Corelarea energiilor hidraulice și mecanice la forajul cu sape cu role	34
3.2.2.5 Observații generale referitoare la sapele de foraj cu role	36
3.3 Ghid procedural- calculatoriu pentru soluția optimă a fluidului de foraj	47
3.3.1 Ghid procedural- calculatoriu pentru proiectarea tehnologiei optime	47
3.4 Considerații inovative referitoare la alegerea fluidelor/sapelor de foraj	52
<b>CAPITOLUL 4</b> EVIDENȚIERI ȘI COMPLEMENTE ȘTIINȚIFICE, TEHNICE ȘI TEHNOLOGICE PENTRU CARACTERIZAREA ȘI ALEGEREA SAPELOR DE FORAJ	48
4.1 Clasificarea instrumentelor de dislocare. Descrierea sapelor cu role	48
4.1.1 Clasificarea instrumentelor de dislocare mecanică	48
4.1.2 Clasificarea sapelor cu role	50
4.1.3 Observații referitoare la construcția de bază, solicitările și cinematica sapelor cu role	51
4.2 Sisteme, metode și proceduri de dislocare	64
4.2.1 Sisteme, de dislocare a rocilor	64
4.2.2 Dislocarea rocilor prin foraj	66
4.3 Alegerea sapelor cu role	78
4.3.1 Premize introductive	78
4.3.2 Alegerea sapelor cu role în concordanță cu aspectul energetic al dislocării	81
4.4 Regimul de foraj	84
4.4.1 Precizări introductive	84
4.4.2 Caracterizarea Bingham a procesului de foraj	88
4.5 Uzura sapelor cu role	91
4.6 Recomandări pentru utilizarea sapelor cu role	95
<b>CAPITOLUL 5</b> APLICAȚII LA RECOMANDAREA FLUIDELOR ȘI SAPELOR PENTRU FORAJUL SONDELOR PE UNELE STRUCTURI GEOLOGICE DIN ROMÂNIA	98
5.1 Precizări introductive	98
5.2 Descrierea geologică sumară asupra zonei miopliocene a depresiunii din fața Carpaților Occidentali și zonei central- estice a Platformei Valahe	98
5.2.1 Studii geologice specifice pentru forajul unei noi sonde pe structurile: Colibași,	

Filipești- Moreni- Bana- Filipești și Făurei- Caragele	99
5.2.1.1 Descrierea geologică specifică pentru structura Colibași	99
5.2.1.2 Descrierea geologică specifică pentru structura Filipești- Moreni- Bana- Filipești	106
5.2.1.3 Descrierea geologică specifică pentru structura Făurei- Caragele	107
5.3 Studii de proces referitoare la forajul sondelor pe structurile geologice: Colibași, Piscuri- Filipești și Făurei- Caragele	111
5.3.1 Studiu de proces referitor la forajul sondelor pe structura geologică Colibași	112
5.3.1.1 Studiu de caz-pentru sonda: 262, Colibași	112
5.3.1.2 Studiu de caz-pentru sonda: 255, Colibași	115
5.3.1.3 Studiu de caz-pentru sonda: 254, Colibași	117
5.3.1.4 Studiu de caz-pentru sonda: 262, Colibași	119
5.3.1.5 Studiu de caz-pentru sonda: 290, Colibași	120
5.3.1.6 Studiu de caz-pentru sonda: 263, Colibași	122
5.3.1.7 Studiu de caz-pentru sonda: 262, Colibași	124
5.3.1.8 Studiu de caz-pentru sonda: 270, Colibași	125
5.3.1.9 Studiu de caz-pentru sonda: 261, Colibași	126
5.3.1.10 Studiu de caz-pentru sonda: 105, Colibași	128
5.3.1.11 Studiu de caz-pentru sondele: 205, 249 și 228 Colibași	129
5.3.2 Studiu de proces referitor la forajul sondelor pe structura geologică Piscuri- Filipești	131
5.3.2.1 Studiu de caz- Sondele: 108, 110, 111, 112, 103- 104, 54, 61 și 49 Filipești	132
5.3.2.2 Analiza corelativă a situațiilor de foraj pentru structura geologică Piscuri- Filipești	138
5.3.3 Studiu de proces referitor la forajul sondelor pe structura geologică Făurei- Caragele	140
5.3.3.1 Studiu de caz- Sondele: 4, 5, 7 și 8 Caragele	140
5.3.3.2 Considerații referitoare la premisele dezvoltării eficienței și calității sondelor pe structura geologică Făurei- Caragele	140
5.4 Studiu de performanță asupra sanelor de foraj- fundamentarea programului sanelor	151
5.4.1 Evaluarea potențialului de performanță a sanelor de foraj pe zone geologice	151
5.4.2 Evaluarea potențialului de performanță a sanelor de foraj și al fluidelor de foraj	152
5.5 Proceduri pentru alegerea sanelor și fluidelor de foraj	156
5.5.1 Procedură aproximativă pentru alegerea fluidului de foraj	156
5.5.2 Procedură aproximativă de alegerea programului sanelor de foraj	162
5.6 Observații, concluzii și considerații finale referitoare la aplicații privind recomandarea fluidelor și sanelor de foraj pentru forajul sondelor pe unele structuri analizate	169
<b>CAPITOL 6 RAPORT DE CERCETARE: CONCLUZII, CONSIDERAȚII, CONTRIBUȚII</b>	171
6.1 Premizele tezei de doctorat	171
6.2 Dezvoltarea de ipoteze	172
6.2.1 Observații, rezultate, ipoteze pentru îmbunătățirea alegerii fluidelor și sanelor de foraj	173
6.3 Concluzii	177
6.4 Considerații	178
6.5 Concluzii personale	179
<b>BIBLIOGRAFIE</b>	181

## COMPONENȚA LUCRĂRII

Teza cuprinde șase capitole, o bibliografie, alături de cuprins, prefață, abstract și introducere. Componenta celor șase capitole este următoarea:

**CAPITOLUL 1** intitulat DESCOPERIREA, EXPLORAREA, EXPLOATAREA ȘI VALORIFICAREA RESURSELOR NATURALE DE HIDROCARBURI FLUIDE se referă la: resursele și rezervele de hidrocarburi fluide naturale, considerațiile generale privind **resursele și rezervele de hidrocarburi fluide naturale**, locul, rolul și importanța sondelor în programele industriale destinate descoperirii, explorării, exploatării, valorificării resurselor

De asemeni construcția și calitatea sondelor de exploatare în asigurarea funcționalității și eficienței sistemului de exploatare a zăcămintelor ca și considerațiile generale privind **dezvoltarea competențelor și capabilităților în domeniul proiectării**, exploatării resurselor de hidrocarburi fluide ocupă un loc important.

**CAPITOLUL 2** PROIECTAREA FORAJULUI SONDELOR DE EXPLOATARE A ZĂCĂMINTELOR GEOLOGICE DE HIDROCARBURI FLUIDE are anumite precizări inițiale, apoi **structura proiectului pentru forajul sondelor** de exploatarea zăcămintelor, ca și structura proiectului pentru forajul sondelor de exploatare metode de proiectare a forajului sondelor de exploatare a zăcămintelor

**CAPITOLUL 3** intitulat PROCEDURI DE ALEGERE A SAPELOR/ FLUIDELOR PENTRU FORAJUL SONDELOR DE EXPLOATARE A ZĂCĂMINTELOR DE HIDROCARBURI FLUIDE are tot precizări și considerații introductive ca și **premizele proiectării programului fluidului/ sapelor** de foraj, caracterizarea complexă a coloanei stratigrafice, cât și premize științifice, tehnice, economice de proiectarea programului de fluide și sape. Observațiile introductive și cele generale referitoare la fluidele de foraj și sapele de foraj cu role preced **elemente științifice privind caracterizarea situației de foraj** a sondelor. Corelarea energiilor hidraulice și mecanice la forajul cu sape cu role

Capitolul cuprinde și observații generale referitoare la sapele de foraj cu role și, cu caracter de contribuție personală ghid procedural- calculatoriu pentru soluția optimă a fluidului de foraj și pentru proiectarea tehnologiei optime de foraj.

Considerațiile inovative referitoare la alegerea fluidelor/sapelor de foraj încheie capitolul trei.

**CAPITOLUL 4** se cheamă EVIDENȚIERI ȘI COMPLEMENTE ȘTIINȚIFICE, TEHNICE ȘI TECHNOLOGICE PENTRU CARACTERIZAREA SI ALEGEREA SAPELOR DE FORAJ și se referă: **clasificarea instrumentelor de dislocare** și de dislocare mecanică, clasificarea instrumentelor de dislocare, solicitările și cinematica sapele cu role, observații referitoare la construcția de bază, **clasificarea sapele cu role** Sistemele, metodele și procedurile de dislocare, în general și **sistemele de dislocare a rocilor**, completează dislocarea rocilor prin foraj.

Alegerea sapele cu role și **alegerea sapele în concordanță cu aspectul energetic** al dislocării, apoi premizele și precizările introductive, **regimul de foraj, caracterizarea Bingham** a procesului de foraj.

**Uzura sapele cu role și recomandări pentru utilizarea sapele cu role** dau finalul capitolului

**CAPITOLUL 5**, cu caracter de contribuții personale: APLICAȚII LA RECOMANDAREA FLUIDELOR ȘI SAPELOR PENTRU FORAJUL SONDELOR PE UNELE STRUCTURI GEOLOGICE DIN ROMÂNIA începe cu **descrierea geologică** sumară asupra zonei miopliocene a depresiunii din fața Carpaților Occidentali și zonei central- estice a Platformei Valahe. După precizările introductive urmează **studii geologice specifice** pentru forajul unei noi sonde pe structurile: Colibași, Filipești-

Moreni- Bana- Filipești și Făurei- Caragele și descrierile geologice specifice pentru structura Colibași, pentru structura Filipești- Moreni- Bana- Filipești, ca și pentru structura Făurei- Caragele.

**Studiile de proces** se referă la forajul sondelor pe structurile geologice: Colibași, Piscuri-Filipești și Făurei- Caragele, iar studiile de caz-pentru sondele: 262, 255, 254, 264, 290, 263, 256, 270, 261, 105, 205, 249 și 228 Colibași, pentru structura geologică Piscuri-Filipești, ca și pentru structura geologică Făurei- Caragele.

**Studiile de caz** se referă la sondele: 108, 110, 111, 112, 103- 104, 54, 61 și 49 Filipești, precum și la sondele : 4, 5, 7 și 8 Caragele

**Analiza corelativă** a situațiilor de foraj pentru structura geologică Piscuri- Filipești și considerațiile referitoare la premisele dezvoltării eficienței și calității sondelor pe structura geologică Făurei- Caragele.

**Studiul de performanță** asupra sabelor cu role, fundamentarea programului sabelor, evaluarea potențialului de performanță a sabelor de foraj pe zone geologice și evaluarea potențialului de performanță a sabelor de foraj și al fluidelor de foraj, întregesc acest capitol.

În final am prezentat două **proceduri pentru alegerea sabelor și fluidelor de foraj** și două **proceduri aproximative**, una pentru **alegerea fluidului de foraj** și alta pentru **alegerea programului sabelor de foraj**.

Observațiile, concluziile și considerațiile finale referitoare la aplicații privind recomandarea fluidelor și sabelor de foraj pentru forajul sondelor pe unele structuri analizate încheie capitolul cinci

**CAPITOLUL 6**, prezentat ca un RAPORT DE CERCETARE: cu CONCLUZII, CONSIDERAȚII, și CONTRIBUȚII PERSONALE CUPRINDE: premisele tezei de doctorat, dezvoltarea de ipoteze, observații, rezultate, **ipoteze pentru îmbunătățirea alegerii fluidelor și sabelor** de foraj, concluzii personale, **considerații și contribuții personale**.

#### Conținutul lucrării

Teza se extinde pe 186 de pagini, cuprinzând 14 figuri (scheme și diagrame 33 ), 48 tabele, 153 referințe bibliografice (3 sunt ale doctorandului ca unic autor).

Lucrarea conține: Introducere (o pagină), Cuprins (2 pagini).

## **THE IMPROVEMENT OF THE PROCEDURES IN ORDER TO CHOOSE THE ROLLER BITS END THE DRILLING MUDS OF ROMANIAN' S STRUCTURES GEOLOGICAL**

### **ABSTRACT**

*The work aims at the general lines of preoccupations in the domains connected to the certifications of drilling bits and mud, having the main research directions, as follows: detailed presentation of present state in manufacture technologies concerning 3-cone drilling bits and mud; influence of technological and environmental factors;*

*The present PhD thesis aims at contributions concerning studies upon reliability/ resistance of 3-cone drilling bits and fluids as certain improvements are being proposed.*

*The study contains six distinct chapters:*

*In the first three chapters the thesis talks about choosing drilling bits and establishing mechanical and hydraulic regimes. Subsections refer to the current state of knowledge of the issues raised by the manufacturer, noting and classification of drill bits with three cones, durability factors of the drill bit in the operation of this type of equipment, shape, teeth, selection criteria, remedy defects etc.*

*In the last four chapters the thesis refers to drilling fluids, functions, properties, types, uses, parameters aspects of the flow, processing, maintenance, storage, fluids programs, fluid selection, comparisons between the performance of drilling fluids on the same structure or different structures.*

*In several chapters are presented own contributions on the optimal choice bits and their operating system, as well as drilling fluids, health and safety rules, environmental protection, prevention and fire fighting.*

*The thesis ends with the bibliography containing more than 150 titles.*

**Chapter 1**, entitled *DESCOPERIREA, EXPLORAREA, EXPLOATAREA ȘI VALORIFICAREA RESURSELOR NATURALE DE HIDROCARBUR.*

**Chapter 2**, entitled *PROIECTAREA FORAJULUI SONDELOR DE EXPLOATARE A ZĂCĂMINTELOR GEOLOGICE DE HIDROCARBURI FLUIDE.*

**Chapter 3**, entitled *PROCEDURI PENTRU ALEGEREA SAPELOR / FLUIDELOR DE FORAJ LA PROIECTAREA SONDELOR DE EXPLOATARE A ZĂCĂMINTELOR DE HIDROCARBURI FLUIDE*

**Chapter 4**, entitled *EVIDENȚIERI ȘI COMPLEMENTE ȘTIINȚIFICE LA CUNOAȘTEREA, CARACTERIZAREA ȘI ALEGEREA FLUIDELOR DE FORAJ*

**Chapter 5**, entitled *APLICAȚII LA RECOMANDAREA FLUIDELOR ȘI SAPELOR PENTRU FORAJUL SONDELOR PE UNELE STRUCTURI GEOLOGICE DIN ROMÂNIA*

**Chapter 6**, entitled *RAPORT DE CERCETARE: CONCLUZII, CONSIDERAȚII, CONTRIBUȚII*

## **REFERIRI LA CAPITOLELE LUCRĂRII:**

**CAPITOLUL 1**, în afară de cele amintite anterior se remarcă următoarele:

### **Construcția și calitatea sondelor de exploatare în asigurarea funcționalității și eficienței sistemului de exploatare a zăcămintelor**

**Sondele terestre** sunt construcții miniere speciale realizate în scoarța terestră, prin lucrări de foraj, sub forma unei găuri cilindrice unice, cu traiect stabilit prin proiectare, de la suprafață până la o adâncime de deschidere a unui obiectiv geologic fundamentat științific; cu scopul dezvoltării cunoașterii geologice generale a subsolului național, regional, zonal și local; dezvoltării cunoașterii geologiei economice și, respectiv, în scopul caracterizării complexe a resurselor materiale și energetice prezente în scoarța terestră și, de asemenea, pentru exploatarea resurselor economice fluide.

#### **Precizări:**

- **La sondele geologice și de referință** obiectivul geologic se extinde pe întreaga adâncime a sondei, programul prevăzând caracterizarea complexă a coloanei stratigrafice și descoperirea de roci și minerale utile, acumulări de hidrocarburi, ori de fluide sub presiune și/ sau temperaturi ridicate.

- **La sondele de explorare** obiectivul geologic se extinde pe un interval/ intervale de adâncime, unde sunt evidențiate acumulări de hidrocarburi, care necesită o dezvoltare a cercetării. Pentru cercetarea complexă e necesară descrierea zăcămintelor și estimarea resurselor de hidrocarburi, apă termală, fluide sub presiune ridicată etc.

- **La sondele de exploatare** obiectivul geologic se extinde pe deschiderea în găura de sondă a zăcămintelor de hidrocarburi.

- **La sondele speciale**, cum sunt sondele de control al disipării forajului, sondele orizontale, sondele de fisurare hidraulică, sondele de drenaj pentru frontul de ardere, încălzire, spălare, în procesele speciale de producție - obiectivul este deschiderea găurii de sondă în zăcămintele.

**Diametrul găurii de deschidere prin foraj** a obiectivului și suprafața deschiderii, în dependență de **caracteristicile fluxurilor fluide** programate ce ar trebui să curgă prin zona de deschidere, cu luarea în considerare a fenomenului „skin” se proiectează aproximativ înainte de a proiecta construcția sondei. Cerințele deschiderilor mari conduc la realizarea de deschideri cu diametrul pe cât de posibil mai mare și la lungimi de deschideri cât mai mari. În

acest fel se explică soluțiile de deshidere prin: sondă cu dren, gaură lărgită sau excavată, sondă orizontală și prin sondă orizontală cu drenă și chiar derivații.

### **Considerații generale de dezvoltarea competențelor/ capabilităților în domeniul proiectării și exploatării resurselor de hidrocarburi fluide**

Pentru evitarea neajunsurilor ce se manifestă la proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi fluide de către colective de proiectare care aparțin concesionarului de zăcământ, sau de către societăți de proiectare private cu potențial redus sau foarte redus de cercetare-proiectare. Se consideră oportun **a se constitui controlul național, științific de legalitate**, inclusiv **calitatea** proiectelor, printr- o **instituție** cu statut de unitate de cercetare- dezvoltare- inovare, organizată corespunzător și încadrată cu personal corespunzător. Pe **plan internațional**, la solicitarea ofertelor de participare la licitațiile de proiectare **propun:**

- Pentru asigurarea conformității aplicării proiectelor de exploatare a zăcământului de hidrocarburi fluide se consideră oportun **controlul geologic al producției** și urmărirea legalității proiectelor, **încadrarea și dotarea personalului cu mijloace de lucru eficiente;**

- Pentru avizarea documentelor de proiectare a explorării zăcământului de hidrocarburi fluide, **ANRM** ia notă de controlul științific, de legalitate și stabilește **programul de control** asupra implementării proiectului; **Instituția națională** oportun de organizat trebuie să aibă **potențial de lucru** pentru lucrări științifice și tehnico economice colaborare cu alte instituții și societăți comerciale, la **solicitarea ANRM** sau alte foruri politice și administrative naționale; **INCDI-IPCUP Ploiești**, aflat ca societate într- o stare economică precară se consideră oportun a fi avută în vedere să fie reorganizat, încadrat și dotat pentru: control științific, legalitate pentru ANRM, Ministerul Economiei/ Finanțelor ș.a.

**CAPITOLUL 2** are, în afară de precizările și observațiile în legătură cu structura documentară a proiectului de foraj ca structură primordială și Structura proiectului pentru forajul sondelor de exploatarea zăcămintelor și **structura proiectului pentru forajul sondelor** de exploatarea zăcămintelor de hidrocarburi fluide este, în general formată din:

**Partea I: Studiul de fundamentare a premizelor de proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi fluide.** În timpul etapei de exploatare a zăcământului completarea cunoașterii geologice se realizează pe seama comportării în producție a zăcământului, testele de producție și rezultatele obținute de la sondele noi forate pe zăcământ;

**Partea a II-a: Proiectul de foraj al sondei/ sondelor de exploatare pe zăcământul de hidrocarburi fluide** (se realizează având ca premize studiul de fundamentare geologică);

**Partea a III-a: Proiectarea producției sondei/ sondelor de exploatare pe zăcământul de hidrocarburi fluide.** (Se realizează având ca premize studiul de fundamentare geologică corectat în funcție de rezultatele obținute la forarea și probarea sondei respective);

**Partea a IV-a: Proiectarea sistemului de asigurare a valorificării producției sondei/ sondelor prin exploatarea pe zăcământul de hidrocarburi fluide.** (Se realizează având ca premize studiul de fundamentare geologică a exploatării zăcământului). Se corectează, eventual dacă este necesar, în funcție de dezvoltarea producției în timpul exploatării.

**CAPITOLUL 3** are, în afara considerațiilor teretice și **elemente științifice privind caracterizarea situației de foraj a sondelor [80]**

#### **A. Temperatura din sondă**

\* **Temperatura  $t_{fi}$  la adâncimea  $H$** , în câmpul natural geologic are relația:

$$t_{fi} = t_o + \Gamma_t H_i ; ^\circ C , \quad (3.1)$$

unde:  $t_o$  este temperatura medie la suprafața specifică fiecărei regiuni,  $^\circ C/m$ ; iar  $H_i$  adâncimea,  $m$



\*Căderea de temperatură la talpa sondei ca urmare a circulației fluidului de foraj este:

$$\Delta_{t_i} \cong t_t - \frac{1}{\sqrt{Q(0,58) + 10^{-4} \cdot H}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.2)$$

unde:  $t_t$  este temperatura medie la începerea circulației la talpa sondei și, care se consideră, cel mai frecvent, egală cu temperatura determinată de corpul termic natural, adică de gradientul geotermic,  $^\circ\text{C}$ ,  $Q$ -debitul fluidului de foraj circulat, l/s;  $H$ - adâncimea găurii, m.

\* **Temperatura la talpa sondei în timpul procesului de dislocare** este dată de

$$t_i = t_t - \Delta t_t; \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.3)$$

\***Temperatura la talpa sondei în timpul circulației**, dacă nu a fost măsurată, este dată de:

-când  $\Gamma_t = 3,6 \dots 3 \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ m}$ ,

$$t_t = \frac{0,053 \Gamma_t \cdot (t_g + t_o) \cdot \sqrt{H}}{\sqrt[6]{H}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.4)$$

-când  $\Gamma_t < 3 \text{ } ^\circ\text{C} / 100\text{m}$ ,

$$t_t = \frac{0,01 \Gamma_t \cdot (t_g + t_o) \cdot \sqrt{H}}{\sqrt[6]{H}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.5)$$

în care:  $t_g$  ( $^\circ\text{C}$ ) este temperatura fluidului, măsurată după ce au fost circulate 1,5-2 volume de gaură de sondă.

\***Temperatura fluidului de foraj la gura sondei**  $t_g$ , când nu există valori măsurate, la debitul  $Q$  și adâncimea  $H$ , pentru un gradient geotermic

-când  $\Gamma_t = 3,6 \dots 3 \text{ } ^\circ\text{C} / 100 \text{ m}$ ,

$$t_g \cong \frac{(t_o - t_f) \sqrt[6]{H} - 0,053 \cdot \Gamma_t \cdot t_o \cdot \sqrt{H}}{\sqrt{H}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.6)$$

-când  $\Gamma_t < 3 \text{ } ^\circ\text{C} / 100\text{m}$ ,

$$t_g \cong \frac{(t_o + t_f) \sqrt[6]{Q} - 0,018 \cdot \Gamma_t \cdot t_o \cdot \sqrt{H}}{\sqrt{H}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.7)$$

unde:  $t_f$  este temperatura fluidului la talpa sondei înainte de reluarea circulației, determinată cu relația Dahnov, sau aproximată a fi cea dată de gradientul geotermic a adâncimii.

**Observații:** cunoașterea temperaturii maxime, alături de agenții contaminanți, ca și contactul cu alte fluide este o cerință de primă necesitate pentru alegerea programului fluidului de foraj; fiecare rețetă de fluid de foraj aleasă se testează pentru comportarea în funcție de temperatură și presiune; caracteristicile fizice, chimice și reologice ale fluidului trebuie să asigure controlul stabilității pereților, prevenirea filtrării fluidului, prevenirea pierderilor de circulație, echilibrarea presiunii în zona de dislocuire a sapei de foraj, realizarea eficientă a spălării tălpii și condiția de evacuare prin circulație și de suspendarea circulației.

### **B. Detectarea și evaluarea formațiunilor cu presiune anormală, respectiv evaluarea gradientilor de fisurare**

\* Pentru detectarea și evaluarea formațiunilor cu presiune anormală sunt disponibile **metode tehnice de sondă** (carotaj electric de rezistivitate, carotaj electric de conductivitate, carotaj de potențial spontan, carotaj sonic ș.a.)

\* La alegerea metodelor de detectare și evaluare a formațiunilor cu presiune anormală prin **metode geofizice** de sondă trebuie să se țină cont de: superioritatea tipului de carotaj pentru evaluarea cantitativă a presiunii; de combinația posibilă și eficientă, capabilă să pună în evidență schimbările presiunii din pori, de limitări și posibile erori inerente în schema aleasă.

Multitudinea de metode pentru detectarea și evaluarea formațiunilor cu presiune anormală (subpresiune/ suprapresiune), poate să varieze pe un grup de sonde sau, chiar de la o

sondă la alta, de la metode tehnologice de foraj până la testele de presiune cu mare probabilitate de evaluare a presiunii din formațiunile stratigrafice poroase și/ sau fisurate.

\* Pentru caracterizarea complexă a coloanei stratigrafice este avantajos, în procedura alegerii fluidului de foraj a cunoaște salinitatea formațiunii.

\* **Gradienții presiunii de fisurare** se determină prin **metoda testării**, modernă și precisă, dar mai scumpă. După caz, se folosește una din metodele aproximative :

- **Metoda aproximativă Hubert și Wills**, folosește relațiile:

$$\Gamma_{f \max} = 0,5 (\Gamma_1 + \Gamma_p), \text{ kgf / cm}^2 / \text{ m}; \quad \Gamma_{f \min} = 1/3 \Gamma_1 + 2/3 \Gamma_p, \text{ kgf / cm}^2 / \text{ m}; \quad (3.8)$$

în care  $\Gamma_{f \min}$  reprezintă gradientul presiunii litostatice, respectiv al presiunii din pori.

Pentru  $\Gamma_p$  se determină pentru diferite valori ale gradientului  $\Gamma_{f \min}$  și  $\Gamma_{f \max}$ .

Pentru  $\Gamma_1 = 0,231 \text{ kgf / cm}^2 / \text{ m}$  se determină  $\Gamma_{f \min}$  și  $\Gamma_{f \max}$ , pentru diferite valori ale gradientului  $\Gamma_{pi}$ .

-**Metoda Matheus și Kelly**, folosește relația:

$$\Gamma_f = \Gamma_p + K_i (\Gamma_1 + \Gamma_p), \text{ kgf / cm}^2 / \text{ m}, \quad (3.9)$$

unde  $k_i$  este un coeficient de solicitare al matricii rocii, care depinde de foarte mulți factori, dar, în primul rând depinde de adâncime. În tabelul 3.1 sunt date valorile coeficientului de solicitare C la diferite adâncimi pentru structuri geologice relativ normale.

**Tabelul 3.1 Coeficientul de solicitare a rocii, [80]**

Adâncime,m	500	1000	2000	3000	4000	5000
$K_i$	0,38-0,48	0,47-0,56	0,62-0,73	0,75-0,84	0,82-0,90	0,88-0,97

Pentru cantități normale, relația pentru  $\Gamma_f$  se scrie:

$$\Gamma_f = 0,1074 + 0,1236 K_i, \text{ kgf / cm}^2 / \text{ m}$$

\* **Metoda Eaton** folosește relația:

$$\Gamma_f = \Gamma_p + \left(\frac{\nu}{1-\nu}\right) (\Gamma_1 + \Gamma_p), \text{ kgf / cm}^2 / \text{ m}; \quad (3.10)$$

unde  $\nu$  este coeficientul lui Poisson pentru roca ce alcătuiește formațiunea geologică.

După alegerea diametrului **coloanei de exploatare, diametrului sapei pentru coloana care se introduce ( $D_{s,n+1}$ )**, diametrului interior minim al coloanei prin care se introduce sapa se corectează în funcție de tipodimensiunea burlanelor alese pentru toate grosimile de perete.

**Metoda EXPRES de stabilire a regimului optim la forajul sondelor** [80] (sape cu role)

**Conducerea procesului de foraj** trebuie să realizeze sonda conform cu proiectul, adecvat imaginii geologice din timpul forajului, urmărind: îmbunătățirea calității sondei, reducerea riscurilor tehnice și tehnologice și **creșterea eficienței procesului de foraj; testele de foraj** urmăresc caracterizarea Bingham a procesului dislocării. Se recomandă teste de cronometrare (pe intervale), teste suplimentare (la neconformități) sau testul drill- off. Testele sunt cuprinse într- un **program** care să nu determine accidente și complicații ca: **deteriorarea sapei**, fisurarea formațiilor deschise, alterarea găurii, **pierderi de fluid** ș.a.

- **Caracterizarea uzurii sabelor cu role** e dată de uzura la dantură și lagăre. Numărul maxim de cicluri se determină pentru fiecare turație și apăsare specifică:

$$(N T_s)_{\max} = LS, \text{ cicluri} \quad (3.21)$$

în care: L este funcția apăsării, în relația durabilității; N- turația sapei, rot/ min;  $T_s$ - timpul de lucru pe talpă, h; S- factorul fluidului de foraj determinat după datele unei sape urmărite folosind relațiile:

$$S = \frac{T_s N}{D_R L_s}, \quad (3.22)$$

unde  $D_R$  reprezintă uzura lagărelor sapei, în optimi

- **Determinarea rezistenței rocilor la foraj** se face la sapele cu role prin intersecția Bingham  $W_s/D_s$ , kgf/m și gradul final de uzură la dantură  $D_f$ , [x/8] se determină la foraj prin calculul  $\sigma_f$  cu relația:

$$\sigma_f = \frac{6,4 \sqrt{\frac{W_s}{D_s}}}{k_{ew} \cdot \cos \varphi} \text{ kgf/cm}^2, \quad (3.23)$$

unde  $\varphi$  este unghiul de frecare internă al rocii, valorile lui fiind evidențiate de tabelul 3.2:

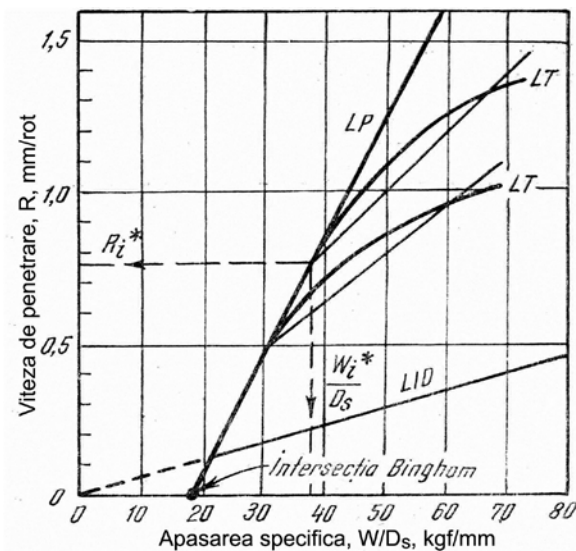


Figura 3.3 Reprezentarea Bingham a procesului de dislocare [80]

Notațiile din figura 3.3 sunt următoarele: LP- linia de performanță; LT- linia de transport; LID- linia inferioară de dislocare.

**Valorile pentru exponenții a și n se citesc din tabelul 3.5, în funcție de tăria rocii:**

$$\sigma_{fo} \cong 51,6 H_c I_1 / I_2, \text{ kgf/cm}^2; \quad (3.26)$$

$$\sigma_{fi} \cong 51,6 H_c I_2 / I_1, \text{ kgf/cm}^2; \quad (3.27)$$

valorile pentru raportul  $I_1 / I_2$  fiind determinat prin interpolare, în funcție de  $\varphi$

Cedarea de presiune în zona tălpii sondei se aproximează pentru un interval relativ omogen, cu relația:

$$\Delta p_1 \cong \frac{H_i - H_e}{2} (0,1 \gamma_f - \Gamma_p), \quad (3.32)$$

în care:  $H_i$  și  $H_e$  reprezintă adâncimea de intrare/ ieșire dintr-un pachet relativ omogen, m;  $\gamma_f$  – greutatea specifică a fluidului de foraj programat/ aplicat pentru forarea intervalului studiat  $\text{kgf/dm}^3$ ;  $\Gamma_p$ - gradientul presiunii în porii intervalului,  $\text{kgf/cm}^2/\text{m}$ .

-Dacă se urmărește rezistența la foraj  $\sigma_{fi}$  se aproximează densitatea  $H_{cp}$  cu relația:

$$H_{cp} \cong 0,194 \cdot \sigma_{fi} \cdot I_2 / I_1, \text{ kgf/mm}^2 \quad (3.33)$$

valorile raportului  $I_2/I_1$  fiind approximate prin interpolare, în funcție de unghiul frecării interioare a rocii  $\varphi$  și folosind tabelul 3.6.

Corelarea energiei hidraulice cu energia mecanică [80] este importantă atât pentru asigurarea performanțelor ridicate, cât și pentru eficientizarea energetică a procesului. Când caracterizarea rocii nu are un grad satisfăcător de fiabilitate se corelează aproximativ energia hidraulică cu energia mecanică de dislocare, astfel:

1.° Se notează:  $D_s$ - diametrul sapei, inches sau mm;  $W$ - apăsarea pe sapă, tf sau kgf;  $N$ -turația la sapă, rot/ min;  $\gamma_t$ – greutatea specifică a fluidului, kgf/ dm<sup>3</sup>;  $Q$ -debitul fluidului, l/s.

2.° Se calculează:

$$\frac{W}{D_s} \cdot N, \frac{\text{kgf}}{\text{mm}} \cdot \frac{\text{rot}}{\text{min}} \text{ sau } \frac{W}{D_s} N, \frac{\text{tf}}{\text{in}} \cdot \frac{\text{rot}}{\text{min}} \quad (3.54)$$

3.° Pentru  $\left(\frac{W}{D_s} \cdot N\right)$  din figura 3.12 se determină puterea hidraulică specifică,

4.° Pentru  $D_s$ , considerând tăria rocilor, cu figura 3.12 se estimează debitul minim necesar (recomandat)  $Q_m$ , l/s.

5.° Puterea hidraulică la sapă (diametrul  $D_s$ , mm) a fluidului cu densitatea  $\rho$ , kgf/ dm<sup>3</sup>,

$$P_{hs} = P^*_{hs} \cdot \frac{\gamma_f}{K}, \text{ CPh/ in}^2; \quad (3.55)$$

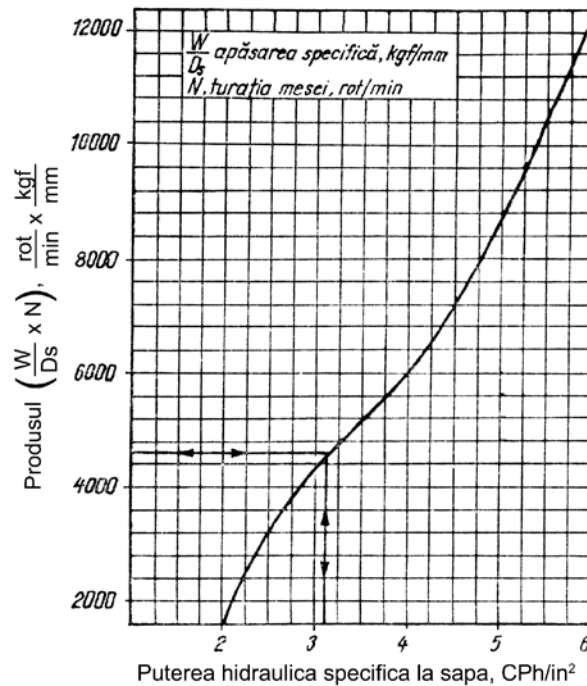


Figura 3.12 Corelarea regimului mecanic cu regimul hidraulic, în procesul de dislocare la talpa sondei (după „Hydraulic Flounder”- H. B. Fullerton) [81]  
factorul  $K$  fiind evidențiat în tabelul 3.8:

Pentru stabilirea combinației de duze funcție de puterea hidraulică, căderea de presiune, debitul de fluid și caracteristicile lui sunt disponibile modele de calcul specializate.

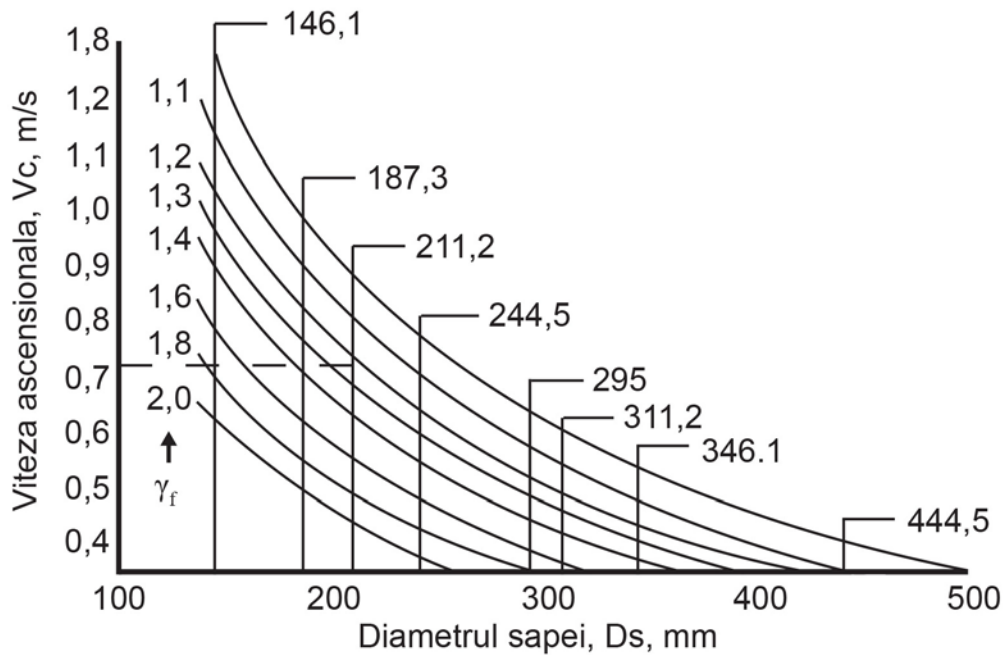


Figura 3.13 Nomogramă pentru corelarea vitezei ascensionale [81]

Pentru a corela viteza ascensională a fluidului în spațiul inelar,  $v_a$ , cu greutatea specifică a fluidului  $\gamma_f$  și diametrul sapei  $D_s$  se poate folosi **nomograma din figura 3.13**.

**Model procedural-calculatoriu pentru proiectarea soluției optime a programului fluidului de foraj [80]** se identifică prin următoarele etape

- evaluarea pachetelor omogene din coloana stratigrafică, în lungul traiectului;
- alegerea tipului fluidului recomandat pentru fiecare pachet stratigrafic omogen;
- determinarea domeniului tolerat al densității fluidelor pentru fiecare fluid recomandat la nivelul fiecărui pachet stratigrafic omogen;
- evaluarea compatibilității la foraj a pachetelor omogene și formarea seriilor stratigrafice compatibile la foraj cu fiecare tip de fluid de foraj;
- determinarea variantelor și alternativelor probabile ale programului de foraj;
- proiectarea variantelor și alternativelor probabile ale programului fluidului de foraj și alegerea soluției optime;

#### Procedura A

**1\*** Din caracterizarea complexă a coloanei stratigrafice pentru fiecare pachet se notează: denumirea pachetului; adâncimea intrării în pachet, pe traiect,  $H_i$ , m; adâncimea ieșirii din pachet, pe traiect,  $H_e$ , m; adâncimea intrării în pachet, pe verticală, în punctul de intrare,  $H_{iv}$ , m; adâncimea ieșirii din pachet, pe verticală, în punctul de ieșire,  $H_{ev}$ , m; descrierea litostratigrafică; densitatea aparentă a rocilor,  $\delta_{ra}$ ,  $\text{kg/m}^3$ ; densitatea reală a rocilor,  $\delta_r$ ,  $\text{kg/m}^3$ ; porozitatea,  $m$ , %; permeabilitatea,  $k$ , mD; rezistența mecanică la compresiune,  $\sigma_c$ , mPa; rezistența mecanică la tracțiune,  $\sigma_t$ , MPa; conținutul de minerale argiloase,  $c_a$ , %; conținutul de minerale argiloase active,  $c_{aa}$ , %; conținutul de nisip,  $c_n$ , %; umflarea relativă în apă dulce, la o oră  $v_1$ , %; umflarea relativă în apă dulce, la 24 de ore  $v_{24}$ , %; factorul pierderii de rezistență prin hidratare,  $f_c$ , %; salinitatea fluidelor din rocă,  $S_a$ , %; conținutul de carbonați în rocă,  $x_d$ , %;

**2\*** Folosind caracterizarea complexă adecvată fiecărui pachet stratigrafic omogen se stabilește caracteristica fiecăruia prin încadrarea în cinci grupe după opt criterii și anume:

#### 1° Încadrarea rocilor după densități: aparentă și reală și după porozitate [80]

Grupa	1	2	3	4	5
$\rho_a / \rho_r = 1\text{-}m$	<0,50	0,5-0,6	0,61-0,8	0,81-0,90	0,91-1
Gradul de tasare	foarte slab	slab	mediu	ridicat	accentuat

### 2° Încadrarea rocilor după rezistența la compresiune [80]

Grupa	1	2	3	4	5
$\sigma_c$ , MPa	7-15	15-30	30-70	70-100	100-140
Tăria matricii rocii	Slabă	Medie	Medie-tare	Tare	Foarte tare

### 3° Încadrarea rocilor după permeabilitate [80]

Grupa	1	2	3	4	5
k, mD	<1	2-10	10-50	50-100	>100
Rocă	impermeabilă	slab permeabilă	ușor permeabilă	permeabilă	foarte permeabilă

### 4° Încadrarea rocilor după rezistența la compresiune și tracțiune [80]

Grupa	1	2	3	4	5
$\sigma^*$	0-0,20	0,21-0,30	0,31-0,40	0,41-0,60	>60
grad de consolidare	foarte redus	redus	mediu	relativ accentuat	accentuat
factor de confinare	0,80	0,70	0,50	0,40	0,35

$$*) \sigma = 5[(\sigma_c + \sigma_t)/\sigma_c] \arcsin(\sigma_c - \sigma_t)/(\sigma_c + \sigma_t)$$

### 5° Încadrarea rocilor după conținutul total de argile și argile active [80]

Grupa	1	2	3	4	5
Ca.Caa	<100	100-750	751-3000	3001-7200	>7200
Factor de marnizare	Foarte redus	Redus	Mediu	Accentuat	Foarte accentuat

### 6° Încadrarea rocilor după umflarea relativă în apă dulce [80]

Grupa	1	2	3	4	5
$V_1$ , %	<1	1-3	3-6	6-10	>10
$V_{24}$ , %	<2	2-6	6-10	10-20	>20
Categoria de gonflabilitate	Slab gonflabilă	Ușor gonflabilă	Gonflabilă	Accentuat gonflabilă	Foarte gonflabilă

### 7° Încadrarea rocilor după factorul de reducere a rezistenței prin hidratare [80]

Grupa	1	2	3	4	5
$f_{\sigma_c}^*$	<10	11-20	21-30	31-40	>40
Alterabilitatea rezistenței rocii	slabă	semnificativă	medie	mare	deosebită

$$*) f_{\sigma_c}^* = (\sigma_{c.uscat} - \sigma_{c.umectat})^{100/\sigma_{c.uscat}}$$

3° Se însumează numărul grupei de încadrare a rocilor în pachetul relativ omogen, conform celor șapte teste și se obține un factor numeric S:

$$S = \sum_{k=1}^8 G_k, \quad (3.72)$$

unde  $G_k$  este numărul grupei de încadrare, iar  $k=1,2,\dots,7$  și, după valoarea factorului S se face caracterizarea condițiilor de stabilitate a pereților găurii de sondă ca în tabelul 3.14:

**Tabelul 3.14 Caracterizarea condițiilor de stabilitate a găurii de sondă [80]**

S, factor numeric	<10	10-20	21-30	31-35	>35
Categoria condițiilor de	ușoare	medii	grele	dificile	Foarte dificile

stabilitate a pereților găurii					
Gradul de tasare	A	B	C	D	E

4° Se alege tipul fluidului de foraj în funcție de categoria condițiilor de stabilitate, pentru:

- **A:** fluide de tip bentonită- apă, disperse, care asigură condiții normale de lucru, cu condiția  $\Gamma_h > \Gamma_{pi}$ ;
- **B:** fluide tip bentonită apă, disperse, tratate pentru a rezista contaminării cu pelite, nisip fin, electroliți și ioni de  $Ca^{++}$  sau/ și  $Na^+$ , care asigură condiții corespunzătoare de lucru cu obligația:  $\Gamma_h > \Gamma_p$  și, respectiv,  $\Gamma_h > \lg \Gamma_1$
- **C și D:** fluide de tip inhibitiv pe bază de  $Ca^{++}$  și adaos de motorină, fluide polimerice, negre (pe bază de petrol) și fluide tip emulsie inversă, echilibrate chimic
- **E:** fluidele de la C și D pentru traversarea rocii cu consolidare particularizată

**Observație** dacă nu există o caracterizare corespunzătoare a coloanei atunci se apreciază calitativ aceste criterii, toate sau parțial și se estimează categoria condițiilor de stabilitate a pereților găurii de sondă.

5° **Determinarea domeniului tolerat al densității fluidului pentru fiecare fluid recomandat, la nivelul fiecărui pachet stratigrafic omogen, respectiv**

5°/1° pentru fiecare pachet relativ omogen se calculează adâncimea maximă a fiecărui pachet omogen  $H_{bi}$ , m; gradientul geotermic pe pachete  $\Gamma_t$ , °C/m;

5°/2° pentru fiecare pachet se calculează temperatura maximă posibilă, °C:  $t_{ij} = t_o + \Gamma_{tj} H_{bj}$

5°/3° pentru o serie stratigrafică compatibilă la foraj sau în interval din coloana stratigrafică care se forează cu același tip de fluid se alege valoarea cea mai mare  $t_{Mj}$  a temperaturii dintre cele corespunzătoare pachetelor relativ omogene ale intervalului respectiv.

5°/4° se verifică dacă tipul fluidului pe intervalul j are temperatura limită recomandată  $t_r$  care îndeplinește condiția  $t_r > t_{Mj}$ ;

5°/5° dacă:  $t_{ij} > t_{Mj}$  tipul fluidului de foraj recomandat este corespunzător;

dacă  $t_{ij} < t_{Mj}$  tipul fluidului de foraj recomandat nu satisface (este respins)

5°/6° pentru fiecare pachet relativ omogen din coloana stratigrafică se determină:

denumirea pachetului; adâncimea maximă de plasare  $H_b$ , m; gradientul presiunii de formație  $\Gamma_p$ , KPa/m; gradientul presiunii fluidelor din pori  $\Gamma_{pm}$ , KPa/m; gradientul presiunii de fisurare  $\Gamma_f$ , KPa/m; gradientul presiunii de infiltrare  $\Gamma_i$ , KPa/m; gradientul presiunii de pierderi  $\Gamma_l$ , KPa/m; rezistența la rupere a rocii  $\sigma_{RC}$ , respectiv  $\sigma_{CC}$ ;

5°/7° la fiecare pachet relativ omogen se determină prin evaluarea raportului admisibil dintre presiunile  $p_p$ ,  $p_{pm}$ ,  $p_f$ ,  $p_i$ ,  $p_x$ ,  $\sigma_{RC}$  și  $\sigma_{CC}$  la presiunea hidrostatică din gaura de sondă

$K_1$ - factorul de prevenire a afluxului de fluide;  $K_2^{(1)}$  - factorul de prevenire a fisurării;

$K_2^{(2)}$  - factorul de prevenirea infiltrării;  $K_2^{(3)}$  - factorul de prevenire a pierderilor de fluid;  $K_3$  - factorul de asigurare a stabilității

5°/8° la fiecare pachet relativ omogen și fluidele de foraj recomandate se determină valorile pentru:  $\bar{\rho}_{fm}$  - densitatea fluidului minimum necesară,  $kg/m^3$ ;  $\bar{\rho}_{fM}$  - densitatea fluidului maximum admisibilă,  $kg/m^3$ .

**Procedura B Evaluarea compatibilității la foraj a pachetelor stratigrafice și formarea seriilor stratigrafice compatibile la foraj cu fiecare tip de fluid de foraj**

1° Se precizează adâncimea de tubaj a coloanei de ancoraj și incompatibilitățile determinate de alți factori în afara gradientului hidrostatic al fluidului.

2° Se stabilește ordinea de recomandare a tipurilor de fluide pentru pachetele omogene cuprinse pe intervalul de tubaj al coloanei de ancoraj.

3° Se verifică aplicabilitatea fiecărui tip de fluid pentru coloana de ancoraj: dacă se verifică, adâncimea rămâne fixată; dacă nu, se reduce la adâncimea apariției incompatibilității.

4° Se determină variația intersecției domeniului admisibil al densității fluidului pentru fiecare fluid recomandat până când se ajunge la compatibilitate parțială sau incompatibilitate.



5°. La întâlnirea incompatibilității se consideră încheierea seriei stratigrafice, în amonte.

6°. La întâlnirea compatibilității parțiale se consideră: încheierea seriei stratigrafice în amonte de aceasta; continuarea seriei stratigrafice cu stabilirea de măsuri pentru diminuarea/eliminarea compatibilității.

7°. După o incompatibilitate se formează o nouă serie stratigrafică compatibilă cu fluidele recomandate pentru pachetele care urmează.

8°. Se continuă formarea de serii compatibile la foraj până la adâncimea de proiect a sondei.

9°. Se recomandă a se lucra cu un tip de fluid pentru a regla ușor caracteristicile fizice inclusiv densitatea.

**Observație:** Sunt situații când, cu precauțiile de rigoare privind caracterizarea complexă a pachetelor relativ omogene se admite schimbarea tipului fluidului (de obicei cu altele mai inhibitive și care oferă posibilități de combatere a alterării permeabilității stratelor, ori se previne contaminarea periculoasă a fluidului).

### **Procedura C Determinarea variantelor și alternativelor probabile ale programului fluidului de foraj**

1° Se evaluează: disponibilitățile fluidelor recomandate; dificultățile folosirii lor

2° Se estimează: costul volumului aproximativ al fluidului, costul dotărilor suplimentare ( $c_{DS}$ , mii lei), al preparării fluidului ( $c_{PF}$ , mii lei), curățirii fluidului ( $c_{CF}$ , mii lei), întreținerii fluidului ( $c_{IF}$ , mii lei) și al condiționării fluidului ( $c_{\Delta VF}$ , mii lei).

3° Se evaluează condițiile de performanță la avansare, în corelare cu programul sabelor și anume: consumul corespunzător variației vitezei mecanice și a celei de uzare; consumul de timp datorat vitezei mecanice, a celei de uzare, a manevrelor și a operațiilor auxiliare; și operare/ neoperare cu instalația de foraj.

4° Se decide asupra ordinei de preferință a fluidelor.

5° Se decide asupra variantelor și alternativelor probabile ale programului fluidului: după disponibilitățile de aplicare; eficiența relativă și siguranța aplicării

**Observație:** Variantele și alternativele probabile ale programului, împreună cu cele ale tehnologiei de foraj definesc soluțiile probabile de proiectare/ realizare ale sondei.

### **Procedura D Proiectarea variantelor și alternativelor probabile ale programului de foraj și alegerea soluției optime**

1' Pentru fiecare interval de foraj programat cu fluidul cu caracteristici constante se apreciază: densitatea fluidului la începutul fazei de foraj,  $\delta_{f0}$ , kg/m<sup>3</sup>, densitatea maximă pe faza de foraj,  $\delta_f$ , kg/m<sup>3</sup>; diametrul sapei de foraj  $D_s$ , mm; coeficientul de escavare,  $k_{ei}$ ; și lungimea intervalului de avansare  $\Delta L$ .

2' Se calculează:  $x = \delta_f / \delta_{f0}$ ;  $\Delta V_{GS} = 0,785(k_e D_s)^2 \Delta L$ , m<sup>3</sup>. (3.73)

3' Pentru  $x$  și  $\Delta V_{GS}$  se aproximează eficiența optimă a curățirii de solide a fluidului,  $e_{CS}$ , %

4' Pentru  $\Delta V_{GS}$  și  $e_{CS}$  se aproximează conținutul optim de solide din detritus, dezirabile în fluidul de foraj,  $c_{SD}$  [% .vol/vol] .

5' În funcție de  $e_{CS}$  și  $c_{SD}$  se determină valoarea factorului optim de descărcare a detritusului,  $k_{DD}$  [% .vol/vol]

6' Se determină volumul fluidului de foraj pentru descărcarea solidelor în sistemul de curățire a fluidului cu relația:  $V_{FD} \approx \Delta V_{GS}(e_{CS} / k_{DD})$ , m<sup>3</sup>; (3.74)

7' Se determină volumul fluidului de condiționare în funcție de conținutul solidelor dezirabile din detritus cu relația:  $V_{FD} = \Delta V_{GS}(1 - e_{CS} / k_{DD})$ , m<sup>3</sup>; (3.75)

8' Pentru forarea intervalului  $\Delta L$  se precizează: că dacă  $V_{AD} > V_{FD}$  atunci:

$$V_{NF} = V_{AD} - \Delta V_{GS}(1 - e_{CS}), \quad (3.76)$$

$$\text{iar dacă: } V_{AD} < V_{FD} \text{ atunci: } V_{NF} = V_{FD} - \Delta V_{GS}(1 - e_{CS}); \quad (3.77)$$

9' Se precizează că:

$$\text{- volumul de fluid care se prepară este: } V_{FP} \approx V_{NF} - V_{AD}, m^3 \quad (3.78)$$

$$\text{- volumul de fluid care se condiționează: } V_{FC} \approx V_{AD}, m^3 \quad (3.79)$$



- volumul de fluid care se întreține:  $V_{FI} \approx V_{FGS} + V_{IS} + V_{NF}/2, m^3$ . (3.80)

10' Se precizează costurile pentru: preparare fluid ( $c_{pff}$ , mii lei/  $m^3$ ); condiționare fluid ( $c_{cff}$ , mii lei/  $m^3$ ), întreținere fluid ( $c_{iff}$ , mii lei/  $m^3$ ); transport deșeuri ( $t_{ds}$ , mii lei/  $m^3$ );

11' Se calculează costul programului fluidului de foraj cu relațiile (3.81):

$$C_{PPF} \approx V_{FP} \cdot c_{pff}, \text{ mii lei}; C_{CFF} \approx V_{FC} \cdot c_{cff}, \text{ mii lei}; C_{IFF} \approx V_{FI} \cdot c_{iff}, \text{ mii lei}; \quad (3.81)$$

12' Costul aproximativ al programului fluidului de foraj, în varianta specifică „i” caracterizată prin valorile pentru  $p_f, D_s, \Delta L, k_e, e_{cs}, c_{SD}, k_{DD}$  și costurile specifice:

$$C_{PPF} C_{CFF} C_{IFF} \text{ și } C_{TDF}; C_{FFI} \approx C_{PPF} + C_{CFF} + C_{IFF} + C_{TDF}, \text{ mii lei}. \quad (3.82)$$

### Observații:

- cu valorile  $C_{FFi}$  pentru mai multe variante ( $i=1,2,\dots,n$ ) se alege cea disponibilă tehnic și care asigură condiția:  $C_{FFI} = \min \{ C_{FFI} \}$ ;

- costul programului fluidului pe intervalul  $\Delta L$  se poate completa cu cheltuieli aferente: utilizare/ exploatare instalații de curățire sistem circulație  $C_{UISCI}$ , mii lei; asistențe tehnice la aplicarea programului fluidului  $C_{APFFI}$ , mii lei; alte cheltuieli neexplicitate  $C_{NPFFI}$ , mii lei;

- cu valorile  $C_{FFi}$  a multor variante  $i$  se alege cea disponibilă tehnic care asigură condiția:

$$C_{FFI}^* = \min \{ C_{FFI} + C_{UISCI} + C_{APFFI} \}, \text{ mii lei}; \quad (3.83)$$

- în funcție de caracteristicile fluidului se calculează factorul sinergetic al fluidului  $E_{FFI}$  și se compară cu valorile optime corespunzătoare tipului de fluid și densității lui  $E_{OI}$ .

- eficiența aproximativă a procesului de avansare în raport cu caracteristicile fluidului este:

$$e_{EFF} \cong \left( \frac{E_{FFI} - E_{FFR}}{E_{FFR}} \right)^{0.3} \cdot 100, \%. \quad (3.84)$$

unde  $E_{FFR}$  reprezintă factorul sinergetic al fluidului de foraj în situația de referință (comparativă) și, varianta optimă a programului sapelor, din punct de vedere a eficienței este aceea care dintre „k” variante probabile satisfac condiția:

$$C_{TAj} = \min. \left\{ \left( \sum_{i=1}^n C_{xi} \right) \right\}, \text{ ,. } j = 1,2,\dots,k \quad (3.85)$$

La fiecare program al sapelor, dintre variantele probabile, alături de eficiență (care este caracterizată prin costul sondei sau costul specific mediu al avansării) se remarcă, în mod deosebit caracteristicile de eficacitate, risc și calitate.

## Ghid procedural- calculatoriu pentru proiectarea tehnologiei optime

### Precizări:

- Pentru fiecare variantă sau alternativă probabilă rezultată din evaluarea corelată a programelor specifice de stabilire a traiectului sondei, de alegere a schemei de construcție și de determinare a programului fluidului/ sapelor de foraj se stabilesc:

- variantele și alternativele tehnologice de foraj (cu masa rotativă, cu turbina de foraj, cu motor elicoidal ș.a.) care sunt adecvate și posibil de aplicat;

- se optimizează regimul de foraj pentru fiecare situație probabilă (pachet relativ omogen sapă de foraj- fluid de foraj- tehnologie de foraj);

- se ordonează, în raport cu eficiența soluțiile tehnologice de avansare prin foraj și se structurează variante și alternative probabile de aplicare;

- se stabilesc variante/ alternative structurale ale tehnologiei și se ordonează după eficiență.

### Observații

- Metodologiile de optimizare a regimului de foraj au în vedere o caracterizare complexă a fiecărui pachet stratigrafic relativ omogen și sunt specifice tipului de sapă.

- De cea mai mare importanță în optimizarea regimului de foraj și chiar a regimului sapelor este studiul reprezentării globale a procesului de avansare prin foraj, atât pe baza

datelor experimentale, cât și analitic, folosind aprecieri cantitative referitoare la mediul de dislocare, tipodimensiunea sapei și caracteristicile regimului de foraj.

- Pentru proiectarea regimului de foraj, pentru motor elicoidal sau se aplică tehnologia cu amplificarea debitului circulat la sapă, modelul procedural- calculatoriu este adaptat. Pentru proiectarea regimului de foraj la programele sabelor cu conuri se aplică și metodele: metoda „Expres” [81] și metoda Young don Murphy [48].

#### CAP.4 CARACTERIZAREA SI ALEGEREA SAPELOR DE FORAJ are, în mod mai deosebit:

\***Sistemele de lagăre** reprezintă legătura dintre falcă și rolă și se realizează prin lagăre (radiale, axiale sau combinate) al cărui tip, formă și număr depind, în principal, de diametrul sapei. Principalele sisteme de lagăre întâlnite în prezent în construcția sabelor cu role sunt evidențiate de tabelul 4.7:

\***Sistemul de lagăre etanșe cu autoungere** [59] au etanșarea și autoungerea existente în interiorul falcilor sabelor, etanșarea se realizează cu o șaibă subțire de oțel aliat, dur și elastic, prin sistemul de ungere, format din: rezervor, compensator de presiune cu membrană dublă

\***Lagărele neetanșe**, la început sunt gresate cu vaselină consistentă, conținând grafit și bisulfură de molibden, apoi vaselina este spălată de fluid și, în continuare lagărele sunt lubrificate și răcite de fluidul de foraj, care pătrunde datorită unui efect de pompă centrifugă

\***Lagărele închise** se construiesc în două variante: cu inele din cauciuc sau din metal cauciucat, eventual inserții cauciucate. Au diverse forme și construcții: oring din cauciuc, inele metalice cauciucate, inele antifricțiune, etanșarea realizându- se la baza rolei.

Dintre **combinațiile cele mai întâlnite ale lagărelor radiale**: rulmenți cu **bile- B** și **role cilindrice-R**, sunt: RBR, BR– pentru lagăre cu diametre mici, RBRR– pentru lagăre cu diametre mari, BBBR, BBB, BBR, RBB (lagăre utilizate la turbine), lagăre cu rulmenți cu un lagăr de alunecare- L fixat la vârful butonului: RBL, LBR, RBBL (lagăre cu diametre mari), BB, și LB (lagăre cu diametre mici), rulment și două lagăre de alunecare: LBL, ori numai lagăre de alunecare **LLie (lagăr cu inel elastic) și LLii (lagăr cu inel înșurubat)**. Ordinea notării este de la bază spre vârful conului. Ultimele două notații le- am propus de pe vremea când lucram ca sculer S.D.V. (scule, dispozitive, verificatoare) la renumita secție Sculăria Centrală a și mai renumitei Uzine de Utilaj Petrolier „1Mai” din Ploiești și ele **au fost propuse** de mine inginerului Pavel Ilie, de la Serviciul Tehnologic Sape.

Din tabelul 4.8 se observă energiile specifice de dislocare ale fiecărui procedeu, cât și potențialul maxim de viteză mecanică față de procedeul mecanic rotativ, în procente

**Tabelul 4.8 Sisteme, metode, procedee de dislocare a rocilor [80]**

Sistem de dislocare	Metodă de dislocare Procedeu de dislocare	Procedeu de dislocare	Energie specifică de dislocare, kJ/cm <sup>3</sup>	Potențial maxim de viteză mecanică față de procedeul mecanic rotativ, %
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Dezintegre- tegrare mecanică	-clasică	-rotativ:	0,03-0,30	100
		-cu conuri		
		-cu lame		
		-cu diamante		
		-rotativ percutant		
		-percutant		
	-prin impact mecanic	-cu bile de oțel	0,20-0,40	27-16
		-cu scânteii	0,20-0,40	230-160
		-cu exploziv	0,20-0,40	170-80
-prin	-cu ultrasunete	20	2-0,7	

	abraziune	-cu jet abraziv	50-200	200-500
	-prin eroziune	-cu jet de mare viteză	1-60	200-1000
Dezintegrare termică	-cu jet	-cu plasmă	1,5	50-13
		-cu jet termic	1,5	60-20
		-cu jet de flacără	1,5	190-150
	-electrică	-dezagregare electrică	5	7-3
		-curenți de înaltă frecvență	1,5	20-7
-electro-mecanică	-cu microunde	1,5	7-2	
	-cu inducție	1,5	3-1	
Topire și vaporizare	-fuziune	-cu încălzitor electric	1,5	60-20
		-cu plasmă	5	13-3
		-cu arc voltaic	5	7-3
		-nuclear	5	7-3
		-cu laser	5	7-2
	-vaporizare	-cu fascicul de electroni		
-cu laser		5	2-0,7	
Chimic	dizolvare	-	-	-

### Dislocarea rocilor prin foraj [80]

**Dislocarea rocilor cu sapele cu role** are în vedere sapele cu dinți, cu știfturi sau cu dinți și știfturi fiind caracterizată de funcțiile:

$$W = W(h); \quad E_s = E_s(V_C) \quad (4.1)$$

care arată dependența **forței de apăsare în raport cu adâncimea de pătrundere** și, respectiv **dependența energiei consumate în funcție de volumul craterului** de dislocare. Forța de penetrare a rocii (indiferent de profilul dintelui) este caracterizată de funcția:

$$W = f(K_1\Omega_1 + K_2\Omega_2) \cdot \sigma_{Rp} \quad (4.2)$$

în care:  $\Omega_1$  este suprafața inițială de contact între elementul de pătrundere și rocă;  $\Omega_2$  – suprafața ipotetică de contact în condițiile pătrunderii;  $\sigma_{Rp}$  – duritatea rocii în condițiile stării de solicitare date de presiunea diferențială din zona de dislocare de la talpa sondei;  $K_1, K_2$  – constante dependente de caracteristicile rocii și, respectiv caracteristicile elementului mecanic de pătrundere;  $f(K_1\Omega_1 + K_2\Omega_2)$  reprezintă funcția caracterului ruperii ce depinde de forma elementului activ și de forma reală a dependenței  $W(h)$  având formele:

$$f(K_1\Omega_1 + K_2\Omega_2) = K_1\Omega_1 + K_2\Omega_2, \text{ pentru } \textbf{dezintegrarea fragilă}; \quad (4.3)$$

unde  $\chi$  este o funcție ce depinde de coeficientul de plasticitate  $f$ .

$$f(K_1\Omega_1 + K_2\Omega_2) = (K_1\Omega_1 + K_2\Omega_2)^\chi, \quad (4.4)$$

(5.4) reprezintă forma pentru **dezintegrarea elasto- plastică și plastică**;

$\chi = f(k)$ ; unde  $k$  este coeficientul de plasticitate.

$$K_1 = \frac{W_2^\kappa - W_1^\kappa \left( \frac{\Omega_{21}}{\Omega_{22}} \right)}{\Omega_{12} - \Omega_{11}} \cdot \left( \frac{1}{\sigma_{Rp}} \right)^\kappa, \quad (4.5)$$

Rocile au caracteristici diferite în raport cu  $W(h)$  și  $\chi^{(k)}$ . Pentru valorile  $K_1$  și  $K_2$  ale unui caz care corespund sau nu ca mod de comparare: fragilă, elastoplastică ori plastică, a situației:

$$K_2 = \frac{W_2^\kappa - W_1^\kappa \left( \frac{\Omega_{21}}{\Omega_{22}} \right)}{\Omega_{22} - \Omega_{21}} \cdot \left( \frac{1}{\sigma_{Rp}} \right)^\kappa. \quad (4.6)$$

Pentru aprecierea mai judicioasă a suprafeței intime de contact se tablează relațiile de calcul și tipul poansonului de amprentare.

**Tabelul 4.15 Rezultate experimentale [80]**

Roca	Tip apă din constr. de serie	Turația sapei, rot/min	Viteza mecanică, m/h	Moment rezistent, Nm	Raport de transmisie la rocă			Număr de dinți pe coloana exterioară la rolă		
					1	2	3	1	2	3
Marmură	K190 MTG	68	8,8	1050	1,40	1,40	1,33			
		337	25,9	880	1,41	1,41	1,33			
		514	38,9	810	1,42	1,41	1,33	17	17	17
Granit	K190 MTG	68	2,25	760	1,47	1,46	1,39			
		648	10	600	1,47	1,47	1,39			
Marmură	2V-190MT	68	6,35	930	1,34	1,42	1,28			
		339	25,1	880	1,34	1,41	1,27			
		603	36,1	730	1,34	1,41	1,27	18	17	19
Granit	2V-190MT	68	2,42	720	1,49	1,59	1,42			
		349	12,6	700	1,50	1,59	1,42	20	19	21
Granit	K190G	68	1,6	710	1,41	1,48	1,38			
		348	9,4	650	1,40	1,47	1,33			
	IV190T	68	1,6	560	1,50	1,58	1,43	20	19	21
		350	8,1	520	1,50	1,57	1,43			

Experimental s- a constatat că la  $K_o = I_c / \Omega_2$  este aproximativ constant pentru o rocă, un element activ și o stare de solicitare și poate fi folosit pentru a exprima pasul optim necesar.

**Concluziile specifice** care rezultă sunt:

- **eficiența dislocării crește cu creșterea dezaxării** la apăsare și turație constantă;
- **creșterea eficienței cu dezaxarea rolor** este aproape **proporțională** cu valoarea dezaxării până la valori de **4...8mm**. (La **apăsări și turații mici** se obțin **eficiențele mai mari**, iar la apăsări și turații mari se obțin eficiențele mai mici).
- în situația în care  $e = 10$  și  $e = 0$ , **creșterea eficienței este**, în general **50...100%**.

$$t_c = \frac{60}{\frac{D_s}{d_r} Z \cdot N \cdot \varphi}, s \quad (4.12)$$

reprezintă alunecarea rolor pe talpa sondei care acționează asupra timpului de contact  $t_c$  unde:  $D_s$  este diametrul sapei, mm;  $d_r$  –diametrul rolei, mm;  $Z$  –numărul de dinți pe coloana exterioară a rolei „primordiale”;  $\varphi$  –factorul de corecție al alunecării pe talpă, la contactul dintelui cu talpa sondei. (la  $S = 0$ ;  $\varphi = 1$  nu există alunecare; la  $S > 0$  –alunecare înainte-  $\varphi < 1$ , dacă  $S < 0$ ,  $\varphi > 1$  există alunecare înapoi).

\* Din **cercetări experimentale** s-a stabilit că rolele sapei cu **trei conuri**, cu **dinți prismatici** au mișcarea nesincronă. Raportul de transmisie la rolă este influențat de **numărul de dinți de pe coroana exterioară** și anume **este invers proporțional cu numărul de dinți**. Dacă la rotirea sapei pe talpă se formează cratere de dislocare în canalele cărora se plasează la rostogolirea rolei, dinții coroanei periferice, apar **două situații**: dacă pasul dinților este mai mare decât pasul craterelor, atunci rola își mărește viteza de rotație, în comparație cu rostogolirea pură; dacă pasul dinților este mai mic decât pasul craterelor, atunci rola își încetinește viteza de rotație. Când lungimea dinților de pe coroana periferică cu pasul cel mai mare este mai mică decât lungimea dinților la celelalte două role se creează condiții ca rola cu lungimea dinților mai mare să devină „determinată”. Tabelul 4.3 arată valorile experimentale ale rapoartelor de transmisie a unor tipuri de sape.

Raportul de transmisie a fiecărei role stabilește  $t_c$  și **condițiile de armare** a danturii:

- dacă **alunecarea este pozitivă** armarea se face pe fața dintelui dinspre sensul de rotație al sapei și, respectiv;
- dacă **alunecarea este negativă** armarea se face pe fața posterioară a dintelui.

**Factorul de corecție  $\phi$**  se determină cu relația:

$$\phi_x \cong \frac{i_d}{i_x} (1 - S_x), \quad (4.14)$$

în care:  $S_x$  este alunecarea specifică a unui dinte, de pe coroana exterioră, la contactul cu rola. Pentru  $S_x$  se acceptă relația:

$$S_x \cong \frac{2\pi}{Z_x} \sqrt{e^2 + \left[ \frac{d_r}{2} \cdot i - \frac{D_s}{2} \right]^2}, \quad (4.15)$$

unde „e” reprezintă dezaxarea axei rolei, iar „i” se determină cu relația:

$$i = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta}, \quad (4.16)$$

**Concluzie:** O sapă cu trei role e cu atât **mai eficientă** cu cât: **dezaxarea rolor e mai mare, pasul dinților e mai mare și timpul de contact dinte- rocă e mai mare.**

Dacă  $t_c = ct$ , din **cercetări experimentale** s-a stabilit că se pot verifica relațiile:

$$\frac{t_c}{\tau} = k_1 \cdot l_0^2; \quad (4.17)$$

$$E = 80 \cdot k_2 \cdot l_0, \quad (4.18)$$

unde:  $k_1$ ;  $k_2$  sunt coeficienți de proporționalitate; E- energia lovirii rocii de către dinții sapei, mN;  $l_0$  –pasul optim al lovirurilor, m. Valorile pentru  $\sigma$  și  $\sigma_{max}$  se stabilesc experimental, pe roci reprezentative și condiții de regim specific.

**•Randamentul energetic și consumul specific de energie la dislocarea mecanică a rocilor** definește cât la sută din procentul de energie consumată în procesul dislocării se regăsește în rezultatul procesului. Notând cu:  $e_d$ - energia specifică de dislocare care se consumă,  $e'_d$ - energia regăsită ca util folosită în rezultatul procesului de dislocare, randamentul energetic al procesului de dislocare a rocilor are expresia:

$$\eta_D = \frac{e'_d}{e_d} \quad (4.43)$$

Și, dacă se admite că spălarea nu contribuie la dezintegrarea rocii ( $e_s$ - energia integral neutil folosită) și ideal, dislocarea se produce la nivelul unei suprafețe plane,  $e'_d$  egală cu cea a tălpii) rezultă:

$$e_d = 10^{-3} \tau_0 N D_s / 60 V_m, \text{ kWh/m}^3, \quad (4.44)$$

atunci  $e'_d = e_d$  unde:  $\tau_0$  este coeziunea standard a rocii, daN/cm<sup>2</sup>;  $D_s$ - diametrul sapei, mm; V- viteza mecanică de avansare, m/h; N- turația sapei, rot/min.

Valoarea coeziunii  $\tau_0$  se stabilește prin  $\sigma_c$ ,  $\sigma_t$  și  $\phi$  cu relațiile:

$$\tau_c = \frac{\sigma_c \cdot (1 - \sin \phi)}{2 \sin \phi}; \quad \tau_c = \frac{\sigma_t \cdot (1 + \sin \phi)}{2 \sin \phi} \quad (4.45)$$

**\* Randamentul energetic al procesului de asigurare energetică a dislocării rocii în timpul forajului** se analizează, pentru a nu implica instalația de foraj în randamentul energetic al procesului de asigurare energetică a dislocării și implică **trei energii**:

$E_{din}$  - energia intrată în proces sub formă de energie hidraulică la nivelul presiunii măsurate la încărcător ( $E_{hin}$ )- și sub formă de energie mecanică la nivelul mesei rotative ( $E_{min}$ )

$E_{ud}$  - energia utilă, pusă la dispoziție procesului de dislocare sub formă de energie mecanică la sapă ( $E_{usm}$ ) și sub formă de energie hidraulică la sapă ( $E_{min}$ ), la nivelul mesei rotative;

$E_{ut}$ - energia utilă, pusă la dispoziție procesului de evacuare și transport la suprafață a detritusului, sub formă de energie hidraulică.

Randamentul energetic al procesului de asigurare energetică a dislocării rocilor, în timpul forajului este dat de relația:

$$\eta_{gd}^* = \frac{E_{ud} + E_{ut}}{E_{din}} = \frac{E_{usm} + E_{ush} + E_{ut}}{E_{hin} + E_{min}}. \quad (4.46)$$

Randamentul este cu atât mai mare, cu cât valoarea energiei ce intră e mai mică, iar valoarea energiei care iese este mai mare. Valoarea **randamentului optim** este dată de ecuațiile:

$$\eta_{gd}^* = \frac{OPTIM | E_{usm} + E_{ush} + E_{ut} |}{OPTIM | E_{usm} + E_{ush} + E_{ut} | + MINIM | \Delta E |}, \quad (4.47)$$

$$\eta_{gdo}^* = \frac{1}{1 + \frac{MIN | \Delta E |}{OPTIM | E_{usm} + E_{ush} + E_{ut} |}} \quad (4.48)$$

$\Delta E$  reprezintă pierderile de energie în desfășurarea procesului de dislocare

\* **Căile și posibilitățile de creștere a randamentului energetic ale procesului de asigurare energetică a dislocării rocilor** se obțin din analiza condiției:

$$MIN | \Delta P_{hi} + \Delta P_{he} + P_i + \Delta P_r + \Delta P_{hs} |. \quad (4.49)$$

Condiția este îndeplinită atunci când fiecare factor este minim admisibil, ceea ce conduce la următoarele precizări:

min  $| \Delta P_{hs} | = 0$ , **-corelarea energiei** la sapă **cu regimul mecanic** de dislocare;  
 min  $| \Delta P'_{hc} | = 0$ , **-proiectarea regimului de circulație**, pentru transportul detritusului în spațiul inelar de la talpă la suprafață este **corespunzătoare**.  
 min  $| \Delta P_r |$  - orientare cu precădere pentru un **număr minim de stabilizatori** cu role ( $k_s \min$ ); conform relațiilor (4.16) și (4.18).

- utilizarea **stabilizatorilor eficienți**, cu număr minim de: role, lame, muchii ( $e_{min}$ );
- utilizarea **fluidelor de foraj care reduc coeficientul de frecare rocă- stabilizator-** ( $\mu_{f \min}$ ) și care **nu crează condiții de escavare a găurii** ( $D_g = D_s + 3...5mm$ );
- proiectarea **traiectului găurii pentru un unghi de înclinare cât mai mic** ( $\alpha_{min}$ ) ca și **conducerea tehnologică corespunzătoare a sondei**;
- proiectarea **regimului de foraj (N și W)** ținând cont că puterea consumată de sistemul de stabilizare crește cam cu  $N^3$  și, respectiv, W, (se preferă **apăsări mari și turații mici**);  
 min  $| P_t |$ , conform relațiilor (4.4), (4.5) se poate obține cam în aceleași condiții **ca  $\Delta P_r$ :  $\alpha_{min}$ ,  $N_{min}$ ,  $\tau_{f \min}$ ,  $d_e \min$  admisibil.**
- min  $| \Delta P_{hi} | = \min | \alpha \cdot \tau_f \cdot L \cdot Q^3 |$  - în care  $\alpha = f(d)$  care **impune ca debitul volumului de fluid să fie cât mai mic posibil, ca și valoarea densității noroiului.**

Se observă că dacă  $W=0$  rezultă că  $\Delta P_r \approx 0$ . Condiția se realizează dacă zona de **stabilitate a garniturii prăjinilor grele** este menținută în **tensiune** (intercalând între stabilizatori prăjini speciale). Dacă se asigură condițiile, respectiv cerințele:

$$\Delta P_r = \min; \Delta P_{hs} = 0; \Delta P'_{he} = 0; \Delta P_{hs} = \min; \Delta P'_{he} = \min; P_r = \min \quad (4.50)$$

$$P_{hs} = P_{hs \text{ optim}}; P = P_{\text{optim}}. \quad (4.51)$$

Încrederea pentru obținerea **valorii maxime a randamentului energetic** în cadrul **procesului de dislocare**, la forajul sondelor de petrol și gaze este determinată prin:

- **alegerea tipului optim de sapă și optimizarea regimului mecanic** de foraj ( $W_0$ ;  $N_0$ ), în funcție de **caracteristicile de dislocare ale rocilor**;
- determinarea **puterii hidraulice optime necesare** la sapă pentru caracteristicile de dislocare ale rocii, **caracteristicile sapei optime și regimul mecanic optim** de foraj;
- stabilirea **debitului optim de foraj**, în raport cu viteza mecanică de avansare și stabilirea **debitului optim  $Q_0$  al fluidului**, care să asigure **transportul detritusului**;
- folosirea **dispozitivelor amplificatoare de debit** la talpa sondei- **tehnologie inovativă creată și experimentată cu succes de Grigore Tatu**, în funcție de  $P_{so}$  și  $Q_0$  se determină factorul de amplificare necesar pentru asigurarea **spălării optime; la**

**forajul cu motoare hidraulice** submersibile, când garnitura de foraj nu se rotește, **energia necesară dislocării fiind furnizată de motorul hidraulic**  $P_r$  este cam nulă iar  $\Delta P_r \approx 0$ ; randamentul fiind exprimat prin relația:

$$\eta_{gd}^{**} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta P_M + \Delta P_{he} + \Delta P_T}{P_{hs} + P_T + \Delta P_{he}}} \quad (4.52)$$

unde:  $P_T$ - este puterea utilă la axul motorului hidraulic;  $\Delta P_T$ - pierdere putere motor hidraulic

**Factorii de influență asupra consumului de energie la forarea sondelor** se divid în:

- factorii naturali**: coloana stratigrafică: factorul rocii și coeficientul forabilității;
- factorii tehnici** care se referă la instalație, instrumente de dislocare, material tubular
- factorii tehnologici**, adică regimul de foraj, de tubare, de cimentare ș.a.

**Instrumentele de dislocare**, cu rol determinant în dislocarea mecanică au dependențele:

$$1/e_E = f_1(K_{SR}; D_s; \lambda_{SR}; W^{0.5}; N) \quad (4.53)$$

$$e_v = f_2(C_{SR}; \bar{W}^{k_0}; f(N); \lambda_{SR}^*; K_{SR}); \quad (4.54)$$

**Optimizarea regimului de foraj** se face, aproximativ, în raport cu tăria și abrazivitatea rocii din caracterizarea petrografică a rocii prin alegerea din tabele a sabelor recomandate:

-**pentru sapele cu role când** se calculează **factorul de cost** al manevrei, cu relația:

$$A \cong \frac{(T_m + C_s / C_i) \cdot \bar{m} \cdot U}{T_s \cdot i \cdot k}, \quad (4.55)$$

unde:  $T_m$  este timpul de manevră/marș, h;  $C_s$ - cost sapă, lei/buc;  $C_i$ - cost orar al instalației, lei/oră;  $T_s$ - timp de sapă/marș, h; funcții:  $\bar{m}$ - apăsare;  $U$ - uzură;  $i$ -funcția turației;  $k$ -funcția sapei.

**Apăsarea pe sapă** se calculează cu relația:

$$W = w \cdot D_s, \text{ kN.} \quad (4.56)$$

**Puterea hidraulică optimă la sapă** se determină cu relația:

$$P_{hs} = 0,785 \cdot 10^{-3} \cdot D_s^2 \cdot P_{hss}, \text{ kW.} \quad (4.57)$$

**Puterea hidraulică redusă** se calculează cu relația:

$$P = \frac{0,736 \cdot P_{hs}}{\gamma_f}, \text{ CPh,} \quad (4.58)$$

și, conform recomandărilor din tabelele cu privire la viteza ascensională în spațiul inelar se calculează **debitul necesar Q**, folosindu-se următoarea relație:

$$Q = 0,785 \cdot 10^{-3} \cdot (D_s^2 - D_p^2) \cdot v_a, \text{ l/s} \quad (4.59)$$

Prin caracterizarea **condițiilor de spălare la talpa sondei** și de **evacuare a detritusului** din sondă, în funcție de **corelarea cu criteriile de eficiență energetică** și/ sau **de cost** se identifică soluțiile tehnologice pentru regimul de foraj optim.

**1) Îmbunătățirea caracteristicilor sondei** trebuie să aibă ca primă prioritate **reducerea consumului de energie** în procesul de foraj. Având în vedere o serie de factori care concordă la bunul mers al sondei și la diminuarea sau anularea factorilor de risc, se procedează la :

- alegerea unei scheme de construcție pentru reducerea volumului dislocat;**
- alegerea programelor de fluide** și tipurilor de sape cu eficiență mare în dislocare;
- dimensionarea** caracteristicilor fluidului pentru asigurarea presiunii minime la talpă;
- asigurarea** unei stabilități ridicate a pereților găurii de sondă;
- îmbunătățirea condițiilor** de desfășurare a **procesului de dislocare** la talpa sondei;
- corelarea optimă a energiei mecanice** transmisă la sapă **cu cea hidraulică;**
- asigurarea **controlului avansării** pe traiectul optim proiectat pentru gaura de sondă.

**2) Reducerea consumului de energie** trebuie privită **în ansamblu** și nu unilateral, deoarece există riscul de depășire a unor limite mai greu de stabilit. **Roca echivalentă** este



volumul de rocă dislocată, iar reducerea acestui volum pornește de la **lungimile coloanelor** în funcție de minimul posibil admisibil.

**3) Metodologia proiectării schemei de construcție** se desfășoară și în funcție de **complexitatea coloanei stratigrafice, obiectiv, material tubular și tehnologii de lucru.**

**4) Diametrul sabelor de foraj** este condiționat complex de **caracterizările coloanei stratigrafice și de posibilitățile consolidării prin tubare și cimentare.**

**5) Dintre multiplele variante ale schemei de construcție** pentru o sondă, orientarea primară la efectuarea **analizei energetice a procesului de forare**, se face către cea schemă de construcție care este caracterizată prin **volum minim de rocă echivalentă.**

**6) Alegerea programelor de fluide de foraj** se face având în vedere **problema stabilității pereților găurii și prevenirea manifestărilor eruptive** ale sondei și, în ultimă instanță **analiza procesului de dislocare.** Nu este cazul detaliilor, dar există **precizările:**

-cu **creșterea caracterului inhibitiv al fluidului de foraj**, scade **eficiența dislocării, care caracterizează** sinergetic un **fluid de foraj** și se exprimă cu relația [81]:

$$E = \frac{T \cdot \rho_f^2 \cdot \sigma_o \cdot \sqrt[3]{F}}{\eta^2 \cdot \sqrt{c^*} \cdot \rho_f}, \quad (4.60)$$

unde: T este turta fluidului;  $\rho_f$  –densitatea fluidului de foraj;  $\sigma_o$ - tensiunea dinamică de forfecare; f- filtratul;  $\eta$ - vâscozitatea;  $c^*$ - conținutul de solide.

Cunoscând măsura în care **fluidele de foraj alterează rezistența la compresiune a rocilor** ce alcătuiesc pachetele relativ omogene din coloana stratigrafică și, știind că **rezistența la foraj** este proporțională cu **rezistența la compresiune** rezultă că **influența tipului fluidului** e caracterizată prin **factorul  $\eta_f$**  dat de raportul:

$$\eta_{fi} = \frac{\sigma_{CU}}{\sigma_{Cfi}}, \quad (4.61)$$

unde:  $\sigma_{CU}$  este rezistența la compresiune simplă a rocii uscate;  $\sigma_{Cfi}$  - rezistența la compresiune simplă a rocii imersate în fluidul „i”.

În cazul rocilor care nu conțin pelite, influența fluidelor în raport cu tipul lor este, în general nesemnificativă. Tipul fluidului are un grad de influență care crește cu conținutul de pelite al rocii. Oricum, la alegerea fluidelor de foraj încă nu sunt suficient de clar rezolvate

**Alegerea sabelor cu role** se face se face în funcție de scopul urmărit (foraj propriu-zis, lărgire, corectare, deviere), de **metoda de foraj** (cu masa rotativă sau cu motoare submersibile), de **condițiile de sondă** (diametru, adâncime, **fluid circulat**, tip de rocă, tectonică) și, folosind toate **informațiile disponibile** sapa se alege dintre tipurile și modelele existente, cea mai potrivită, și în funcție de **prescripțiile constructorului** și, chiar de **performanțele anterioare**, în aceleași condiții.

.Deoarece sapele cu diamante policristaline (PDC), au cea mai mare capacitate de dislocare, sunt recomandate pentru roci slabe și medii, iar cele cu diamante policristaline termostabile și cu diamante naturale, cu dimensiuni și expunere mai mici, sunt eficiente în roci tari și foarte tari.

**La rocile slabe, cu tendința de încărcare, cum sunt rocile marnoase se vor folosi sape cu dinții frezați, având pasul și înălțimea mari, cu un sistem de spălare adecvat (cu duză centrală, eventual combinat), pentru o evacuare eficientă a detritusului, iar la rocile tari, cum ar fi rocile abrazive, se evită sapele dezaxate la care se uzează atât dantura, cât și suprafețele de calibrare, de aceea e indicată folosirea sabelor cu dinți inserați și cu zonele de calibrare întărite** pentru a oferi rezistența mecanică și cea la uzură necesară.

**Sapele cu tășuri fixe sunt preferabile la găuri cu diametre mici**, iar cele cu role au lagăre cu rezistența scăzută, dar, la găuri cu diametre mari, sapele cu diamante sau PDC devin prea scumpe și, deci nerentabile. Dacă se forează la adâncimi mari se pot folosi sapele cu lagăre etanșe și dinți inserați; sapele cu diamante, deși scumpe, devin, de obicei rentabile,



Deoarece turațiile sunt mari și nu influențează mult durata lagărelor, la forajul cu motoare submersibile, sunt preferabile sculele cu elemente fixe, pentru că durata lagărelor scade cu turația. **Dacă se folosesc sape cu role**, știindu-se că rulmenții suportă turații mai mari ca lagărele de alunecare, dar, **lagărele de alunecare rezistă la sarcini mai mari decât rulmenții**.

**Dacă se forează cu aer, se vor folosi sape cu role**, de preferință cu inserții din carburi de wolfram și lagăre răcite prin insuflare de aer; cele cu diamante și PDC nu sunt răcite corespunzător, deci, alegerea cea mai bună e a sabelor cu role, deoarece coeficientul termic de transmitere a căldurii este mai mic la aer decât la fluidul de foraj. Pentru a nu diminua viteza de avansare a sapei, în unele roci poros- permeabile, deoarece fluidele de foraj pe bază de petrol diminuează viteza de avansare a sabelor cu role, prin întârzierea reducerii diferenței de presiune sondă.

Dacă există **roci fisurate, ori cu alternanțe, de duritate se preferă sapele cu role** deoarece sapele cu diamante sunt sensibile în roci fisurate sau cu alternanțe de duritate;

În situațiile când există tendințe severe de deviere pe o anumită structură, sunt preferate sapele PDC, deoarece necesită apăsări axiale mai reduse decât celelalte sape, deci solicitări mecanice mai mici asupra stratului.

Alura diagramelor în roci tari are abscisa la origine mai mare, iar panta dreptei mai mică, decât în roci slabe (v. figura 4.18 a), iar, în timp ce dinții se tocesc, suprafața de contact cu roca se

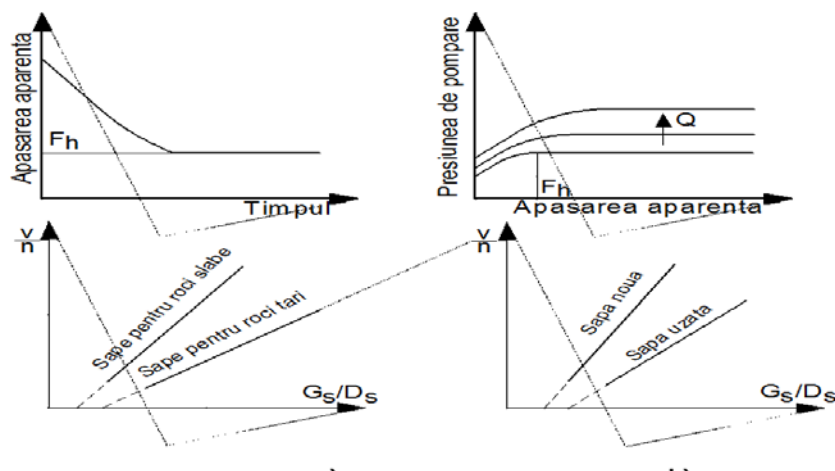


Figura 4.18 Reprezentarea Bingham [59]

a - Efectul durității rocilor; b - efectul gradului de uzură a sapei

### Alegerea sabelor cu role în concordanță cu aspectul energetic.[82].

Alegerea sabelor cu role este dinamică: s-au stabilit și încă se mai caută criterii: (rezistența la compresiune, intersecția Bingham, duritate Schreiner, coeficientul Poisson) [82].

#### Model procedural- calculatoriu pentru optimizarea programului sabelor de foraj

**Precizări:** alegerea sabelor de foraj este adecvată complexității coloanei stratigrafice și împărțirii în pachete relativ omogene și, respectiv, în strânsă corelare cu variantele și alternativele schemei de construcție a sondei, precum și în legătură cu variantele și alternativele programului fluidului de foraj. alegerea sabelor de foraj urmărește, în general următorul flux de lucrări:

-**selectia inițială:** alegerea sabelor în funcție de scopul urmărit (foraj, lărgire, corectare, deviere); alegerea sabelor în funcție de diametrul necesar; alegerea sabelor în funcție de metoda probabilă de foraj (rotary, turbine de foraj, motor elicoidal); alegerea sabelor în funcție de starea fizică posibilă a fluidului de foraj (fluid lichid, fluid gazos);

**-selecția secundară, se realizează atunci când** dintre sapele reținute în atenție de la prima selecție se procedează la alegerea sapelor în funcție de următoarele reguli generale:

-la **sapele cu role, capacitatea de dislocare de la tipul S spre tipul ETA** (în același sens crește **rezistența mecanică a danturii** ca și capacitatea de **încărcare a lagărelor**);

-în **roci lipicioase**, care dau tendința de **încărcare a sapei**, sunt recomandate **sape cu dinți frezați, mari, cu sistem de spălare adecvat: cu duză centrală, combinat cu duze exterioare și duză centrală**;

-în **roci abrazive** se evită sapele cu conuri, cu role dezaxate (cu alunecări mari), fiind **recomandate sape cu dinți insertați și zone de calibrare întărite**;

-la **diametre mici** sunt preferabile **sape cu elemente de dislocare fixe** (sapele cu conuri au lagăre de rezistență scăzute);

-la **diametre mari**, sapele cu diamante ori PDC sunt scumpe;

-la **adâncimi mari** sunt **recomandate sapele cu lagăre etanșe și dinți insertați**. sapele cu diamante care sunt mai scumpe devin rentabile, având o durată de lucru mai mare

-la **forajul cu motoare submersibile**, turațiile fiind în general mari se **recomandă sapele turaj cu elemente de dislocare fixe** (durata de lucru a lagărelor scade cu turația);

-la **forajul cu sape cu conuri**, în funcție de adâncimea de lucru se preferă **sapele cu lagăre de alunecare** sau cu **lagăre pe rulmenți**, după cum **turația optimă pentru dislocare** este mai mică sau mai mare (lagărele pe rulmenți suportă turații mai ridicate decât cele de alunecare, care, însă rezistă la apăsări mari);

-la **forajul cu aer** sunt **recomandate sapele cu role**, de preferință **insertii** din carburi de wolfram și **lagăre răcite prin insuflare cu aer**;

-în situațiile în care se lucrează cu **fluide de foraj** care diminuează **viteza de avansare**, când se lucrează cu sape cu conuri se recomandă sapele cu diamante și cu PDC, la care efectul de întărire a rocii nu are urmări;

-în **rocile fisurate sau neomogene ca duritate** (alternante ca duritate) nu sunt recomandate sapele cu diamante (recomandate în roci omogene) se pot folosi **sapele cu role**;

-dintre **sapele reținute**, parcurgând regulile generale se procedează la **alegerea sapelor** ca urmare a evaluării **performanțelor și caracteristicilor de uzare, a sapelor (viteză de avansare, productivitate, durată efectivă de lucru, modul și gradul de uzură a danturii, gradul de uzură și etanșeitatea lagărelor, modul de uzare a diametrelor și a componentelor cristaline ale matricei și ale duzelor, uzura suprafețelor de curbare)**;

**-selecția terțiară: sapele reținute în a doua selecție și posibil disponibile** sunt cuprinse în procesul **selectării** în funcție de caracterizarea complexă a **pachetelor relativ omogene**, urmărind **recomandările constructorilor de sape și ale normelor corespunzătoare** (IADC etc);

-în funcție de **variantele și alternativele referitoare la sapele** probabil reținute după etapa aplicării recomandărilor constructorilor și normativelor adecvate se realizează **corelații cu mărimi rezultate din carotajele geofizice**.

**-selecția cuaternară: evaluarea analitică a performanțelor și eficienței sapelor reținute** în atenție după **selecția terțiară**;

-**structura variantelor și alternativelor programului sapelor de foraj** cu sapele reținute în atenție după **evaluarea analitică a performanțelor și eficienței sapelor**;

-**optimizarea programului sapelor de foraj prin ordonarea variantelor și alternativelor** după criteriul **eficienței**, în **corelație cu cerințele eficacității, calității, riscului și impactului ecologic**.

Dintre mărimile care caracterizează **relația dintre forță și pătrundere- criteriu de alegere pentru sapele cu dinți**, indicatorul de **rezistență la dislocare** poate fi definit prin relația:

$$\alpha_{ki} = \frac{P_{ki}}{\Omega_o} \cdot \sigma_c, \quad (4.63)$$

unde:  $\alpha_{ki}$  este un indicator de rezistență la dislocare, corespunzătoare saltului „i” de pătrundere;  $p_{ki}$ - forța de contact al saltului „i”;  $\Omega_0$ - suprafața inițială de contact element activ-rocă;  $\Omega_0 = 1\text{mm}^2$ - pentru elemente active cu vârf semisferic și conic;  $\Omega_0 = b.l$ , mm; pentru elemente active sub formă de pană, unde: b- lățimea la vârf și l- lungimea la vârf;  $\sigma_c$  = limita de curgere a rocii determinată la pătrunderea poansonului cilindric.

Pentru elementele de bază se determină pentru cele trei salturi de pătrundere:

$$\alpha_{k1} = a; \quad \alpha_{k2} = b; \quad \alpha_{k3} = c. \quad (4.64)$$

La fiecare sapă de foraj cu role, cunoscând suprafața inițială de contact cu roca  $\Omega_0'$ , pentru  $\sigma_c$  stabilit și la diferite valori W, se calculează  $\alpha_k$  ale cărui valori se compară cu a, b și c:

$$\alpha_k = \frac{W}{\Omega_0' \cdot \sigma_c}, \quad (4.65):$$

$\alpha_k < a$ , consumul specific de energie se micșorează cu creșterea apăsării; (domeniul I)

$a < \alpha_k < b$ , creșterea consumului specific de energie, trecerea spre al doilea salt;

$\alpha_k \geq b$ , micșorarea consumului specific de energie, producerea celui de al doilea salt;

$b < \alpha_k < c$ , creșterea consumului specific de energie, trecerea spre al treilea salt;

$\alpha_k \geq c$ , din nou micșorarea consumului specific de energie, producerea celui de al treilea salt.

**Alt criteriu de alegere a sabelor** este factorul de criteriu  $\eta$  stabilit cu una din relațiile:

- pentru dinți sferici;

$$\eta_s = \frac{6 \cdot p_i \cdot G^2 \cdot d}{0,75 \cdot \pi^2 \cdot \sigma^3 \cdot R^2} \left( \frac{p_p}{p_h} \right); \quad (4.66)$$

-pentru dinți pană,

$$\eta_p = \frac{p_i}{0,75 \cdot \sigma \cdot b} \left( \frac{p_p}{p_h} \right); \quad (4.67)$$

- pentru dinți cilindrici cu cap semicerc,

$$\eta_c = \frac{p_i \cdot G}{0,75 \cdot \pi \cdot \sigma^2 \cdot r} \left( \frac{p_p}{p_h} \right), \quad (4.68)$$

unde:  $p_i$  este intensitatea sarcinii axiale stabilită cu relația:

$$p_i \cong (1 / \eta^*) (W / D_s), \text{ N/mm}, \quad (4.69)$$

și, respectiv:  $\sigma$ - rezistența rocii la pătrundere, la primul salt,  $\text{N/mm}^2$ ; b- lățimea penei la vârf, mm; G- modul de deformare a rocii la pătrundere,  $\text{N/mm}^2$ ; r- raza suprafeței de lucru a dintelui, mm;

d- diametrul mediu al dinților, mm; R- raza sferei, mm;  $p_p$ - presiunea din porii rocii, MPa;  $p_h$ - presiunea hifraulică la talpa sondei

**Tabelul 4.22** Limitele domeniilor de dislocare după criteriul  $\eta$  și tipul sabelor recomandate [80]

Domeniul de dislocare	Turația la sapă, rot/min	$\eta_p$ (dinți pană)	$\eta_c$ (dinți cilindrici)	$\eta_s$ (dinți sferici)	Tipul sapei recomandate
Superficial	90-100	<0,55	-	-	T, FT, FTA
	360-370	<0,60	-	-	
Oboseală	90-100	0,55-0,80	-	-	T, TA, FT
	360-370	0,60-0,75	-	-	
Volumetric: -primul salt	90-100	0,80-1,00	-	-	FT,MT,MTA
	360-370	0,75-0,90	-	-	
	$\approx 600$	-	<2	3,5	
Volumetric: -al doilea salt	90-100	1,00-1,25	-	-	M, MA
	360-370	0,90-1,00	-	-	

	≈600	-	2-4	35-50	
Volumetric:	90-100	1,25-1,70	-	-	SM
-trecerea de	360-370	1,00-1,55	-	-	
la al doilea la	≈600	-	4-7	-	
al treilea salt	≈750	0,90-1,25	-	50-80	

În funcție de valoarea factorului  $\eta$  calculat, ca medie ponderată, se **alege** din tabelul 4.22 tipul sapei recomandate.

\* ) **Randamentul energetic și consumul specific de energie la dilocarea mecanică a rocilor** definește cât la sută din procentul de energie consumată în procesul dislocării se regăsește în rezultatul procesului; Notând cu  $e_d$ - energia specifică de dislocare care se consumă,  $e'_d$ - energia regăsită ca util folosită în rezultatul procesului de dislocare, randamentul energetic se calculează cu relația:

$$\eta_D^* = \frac{e'_d}{e_d}, \quad (4.73)$$

și, respectiv:

$$e_d = \frac{10^{-3} \cdot \tau_0 \cdot N \cdot D_s}{60 \cdot V_m}, \text{ kWh / m}^3, \quad (4.74)$$

-se admite că spălarea nu contribuie la dezintegrarea rocii, ( $e_s$ - energia inegral inutil folosită);

-ideal, dizlocarea se produce la nivelul unei suprafețe plane,  $e'_d$  egală cu cea a tălpii:

unde:  $\tau_0$  este coeziunea standard a rocii, daN/cm<sup>2</sup>;  $D_s$ - diametrul sapei, mm;  $V$ - viteza mecanică de avansare, m/h;  $N$ - turația sapei, rot/min.

Alăturat, pentru ilustrarea unui astfel de procedeu de proiectare a programelor sapei de foraj pentru sonde, oferit de firma Smith Bits pentru sonda 4 Caragele, din cadrul Societății S.N.G.N. Romgaz Ploiești (tabelul 4.23).

Firmele de specialitate recomandă societăților și companiilor de petrol sau, în ultimă instanță chiar proiectantului ori sondelor, în funcție de litologia și programul de construcție al acestora programe de sape cu propuneri privind: diametrul, tipul și codul IADC al sapei, adâncimea de extragere, intervalul săpat, ore/ săpă, viteza mecanică, apăsarea și turația sapei, combinațiile de duze, debite, prețul sapei, tipuri de duze etc

Cercetări privind avansarea prin foraj și optimizarea programului tehnologic [80]

Reprezentarea grafică de tip Bingham a **procesului de avansare prin foraj** este redată în figura 4.23. Concret, în desfășurarea procesului de **avansare prin foraj** (CGMD; CRHT; CSPRS; CFF) la la turația la săpă  $n_s$ , **prin creșterea apăsării specifice maximum admisibilă pe tipu construcția sapei**, admițând că **uzura elementelor active de dislocare mecanică** rămâne neschimbată, așa cum arată figura 4.23 sunt identificate **cinci zone**:

- zona I: procesul dislocării mecanice este caracterizat ca fiind superficial și de oboseală, funcția de eficiență având exprimarea matematică de forma:

$$R_i^{(I)} \equiv C_{f1} \cdot w_i^{\alpha_1} \frac{r^{\alpha_1}}{n_s}; \quad 0 < w_i \leq w_A, \quad (4.78)$$

- zona a II- a: procesul dislocării mecanice este caracterizat ca fiind volumetric, spălarea tălpii fiind „perfectă”, funcția de evidență având exprimarea matematică de forma:

$$R_i^{II} \cong C_{f2} \left( w_i^{\alpha_2} - w_0 \right) \frac{r^{\lambda_2}}{n_s}; \quad w_A < w_i \leq w_B, \quad (4.79)$$

- zona a III- a: procesul dislocării mecanice este caracterizat ca fiind volumetric, spălarea tălpii fiind „imperfectă”, funcția de evidență având exprimarea matematică de forma:

$$R_i^{III} \cong C_{f3} w_i^{\alpha_3} \frac{r^{\lambda_3}}{n_s}; \quad w_B < w_i \leq w_C, \quad (4.80)$$

- zona a IV- a: procesul dislocării mecanice este caracterizat ca fiind volumetric, puternic afectat de evacuarea nesatisfăcătoare a detritusului format și acumulat pe talpa sondei, funcția de evidență având exprimarea matematică de forma:

$$R_i^{IV} \cong C_{f4} w_i^{\alpha_4} \cdot \frac{r^{\lambda_4}}{n_s}; \quad w_C < w_i \leq w_D, \quad (4.81)$$

caracterizate de relația (4.76), respectiv, cele cinci relații reprezentative: (4.77), (4.78), (4.79), (4.80) și (4.81).

- zona a.V- a: procesul dislocării mecanice este caracterizat ca fiind independent de creșterea apăsării pe sapă.

**-în zona I (dislocare superficială și prin oboseală),**

- apăsarea foarte mică și chiar discontinuă aplicată pe talpă de către sapa de foraj este insuficientă pentru a determina pierderea de elemente de dislocare în rocă și numai eroziunea, abraziunea și oboseala determină eficacitatea procesului de avansare;

Tabelul 4.23 Propunere de sape Smith Bits pentru Sonda 4 Caragele [116]

**PROGRAM DE SAPE RECOMANDAT  
SONDA: 4 CARAGELE**

Litologie & Program de constructie	Diam. sapa (in)	Tip sapa	Cod IADC	Adincime extragere (m)	Interval sapat (m)	Ore	Vm (m/h)	Apasare (to)	Turatie (rpm)	Duze (in 1/32")	Debit (l/s)	Pret sapa, inclusiv duze (USD)
Program de constructie	17.1/2	DSJC	1-1-1	100	100	10	~10.0	1 - 10	80 - 120	3x20+C 16	56	12.654
	12.1/4	XR+i	1-1-7	600	500	65	~8.0	5 - 15	80 - 120	3 x 18 C  14	38	11.577
Dacian	8.1/2	XR+i	1-1-7	1200	600	80	~8.0	10 - 15	100 - 120	3 x 14	24	7.327
		XR+i	1-1-7	1700	500	90	~5.5	10 - 15	100 - 120	3 x 14	24	7.137
1700 m		XR+i	1-1-7	2000	300	90	~3.5	10 - 15	100 - 120	3 x 14	24	7.137
Pontian		MFDGH	1-3-7	2200	200	90	~2.5	10 - 15	80 - 100	3 x 14	24	6.151
2100 m												
Meotian												
2200 m												

- cerințele de energie hidraulică pentru spălarea tăpii sunt relativ puțin pretențioase însă sunt cazuri când fluidul circulat conține multe solide bentonitice (marnă, argilă) și să

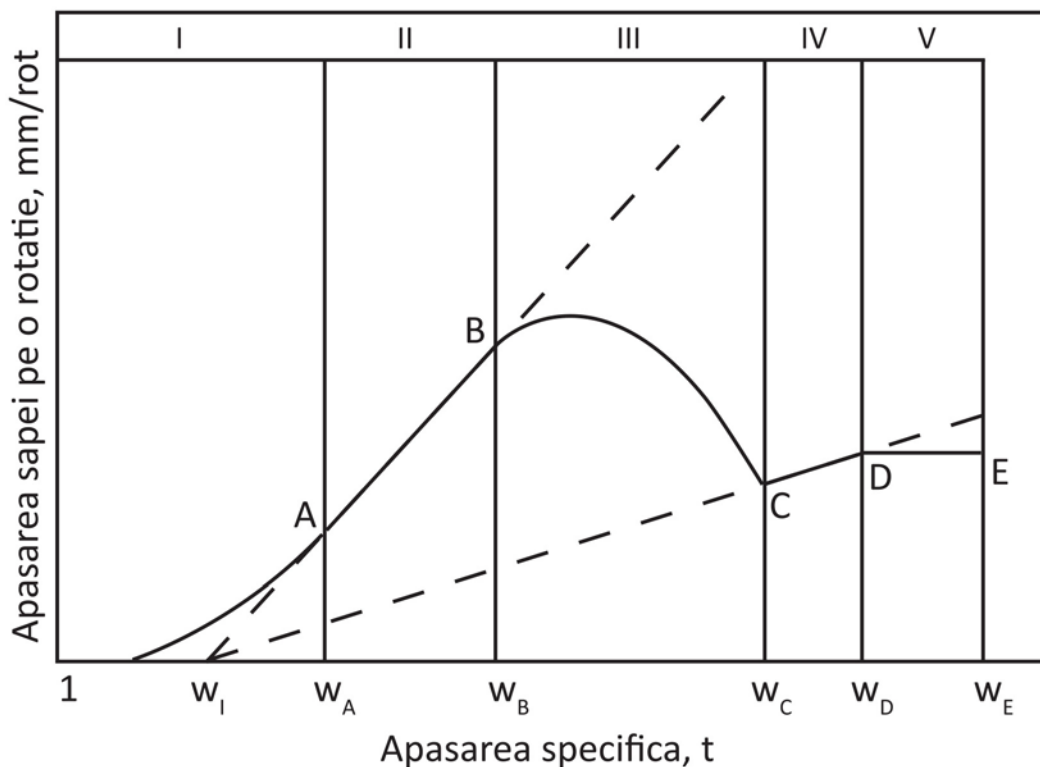


Figura 4.19 Reprezentarea globală a procesului de avansare prin foraj [81]

manifeste condiția de cădere a procesului de avansare, când  $w_i > w_c$ , pe LIF în acest caz prin continuarea creșterii apăsării specifice nu se mai intră pe LP și LT;

- în mod normal, când fluidul de foraj este corespunzător, la o anumită apăsare specifică  $w_\lambda$  – corespunzătoare situației când elementele active ale sapei de foraj încep să disloce volumetric roca din talpă și cât timp energia hidraulică este satisfăcătoare pentru a realiza o spălare perfectă a tălpii, se intră pe LP;

- în zona a II- a (linia de performanță - LP),

- la  $w_i > w_\lambda$  și până la  $w_B$  unde puterea mecanică de dislocare ( $e_{wn}$ ) și puterea hidraulică specifică ( $p_{hs}$ ) se află în echilibru, asigurând însă spălarea perfectă a tălpii, procesul avansării prin foraj se desfășoară cu un consum relativ inutil de energie hidraulică, acest consum fiind maxim în punctul „A” și în punctul „B”;

- pe LP performanța este influențată de apăsarea specifică, viteza de penetrare fiind relativ nesemnificativ influențată de turația sapei;

- în zona a III- a (linia de transport- LT),

- la  $w_i > w_B$ , procesul avansării se plasează pe o linie de transport corespunzătoare turației la sapă;

- când  $w_i$  crește de la  $w_B$  la  $w_c$ , performanța avansării prin foraj variază trecând printr-o situație de maximum și ajunge la un minimum  $w_c$ , influență majoră manifestând spălarea „imperfectă”, care se accentuează cu creșterea apăsării pe sapă (în domeniul LT o influență mare o are turația sapei, care totodată poate modifica valorile pentru la  $w_B$ ,  $w_c$  și  $w_{max}$ );

- în zona a IV- a (linia inferioară de performanță- LIP),

- la  $w_i > w_B$ , procesul avansării cade pe o linie inferioară de performanță de pantă cam de 1/3...2/3 din panta LP, cauza acestei căderi fiind spălarea necorespunzătoare a tălpii.

-  $w_i > w_c$ , performanța procesului de avansare crește pe LIP și cât timp condițiile de spălare nu se modifică semnificativ nu se părăsește LIP pentru a trece pe o LT sau LP;

- în zona a V- a (liniile de limitare volumetrică a dislocării- LDV),

- la  $w_i > w_D$ , condițiile de dislocare de la talpă sunt restricționate la stratul de detritus neevacuat și de încărcarea sapei cu material de rocă, dislocarea efectivă care se mai realizează fiind pusă pe seama dislocării indirecte (abraziune, oboseală, substrat de detritus).

- la creșterea  $w_i > w_D$  condițiile de dislocare sunt suficient de improprie încât influența apăsării specifice se manifestă relativ nesemnificativ;

- sub influența turației, în această zonă, se produce o modificare a performanței, care este relativ mai importantă decât sub influența schimbării apăsării.

#### Observații:

- Reprezentarea globală a procesului de **avansare prin foraj** (v.figura 4.19) este **proprie tuturor tipurilor de sape de foraj** care lucrează **prin pătrundere și așchiere**;

- Extinderea reprezentării globale a procesului de avansare este cea mai completă și riguroasă la sapele cu conuri, dar este satisfăcătoare și pentru celelalte tipuri (cu lame, cu diamante, PDC). Prin această reprezentare se creează bune condiții de studiere a posibilităților de creștere a performanțelor sabelor și de optimizare a regimului de foraj;

- În caracterizarea globală a procesului avansării prin foraj (v.figura 4.20) se arată :

- intersecția  $w_{oi}$  este specifică construcției de bază a sapei;

- la diferitele construcții de bază ale sabelor de foraj, pentru diferite roci, intersecția  $w_{oi}$  se află într-un raport relativ determinat, funcție de caracteristicile rocilor;

- influența diferenței de presiune din zona tălpii asupra intersecției  $w_{oi}$  este relativ semnificativă și se accentuează de la sapele cu diamante până la sapele cu conuri.

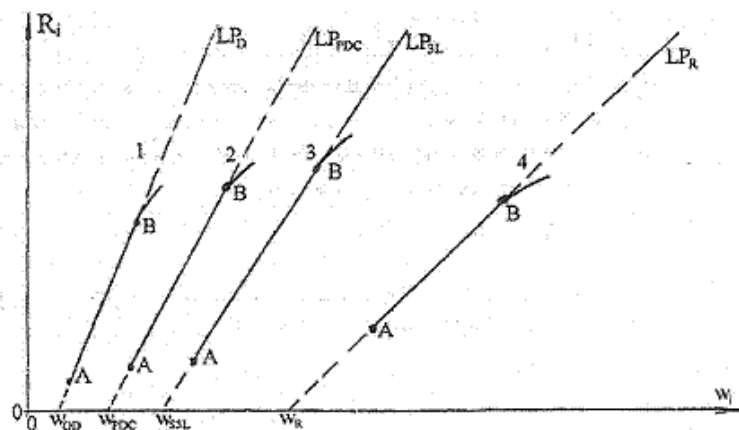


Figura 4.20 Caracterizarea globală a procesului de avansare prin foraj cu [80] :

Notațiile sunt: 1- sape cu diamante; 2- sape PDC; 3-sape cu lame; 4 – sape cu role;

Linia de performanță este situată pe intervalul AB.

#### PROPUNERI PENTRU MODIFICAREA SEMNIFICAȚIEI NOTAȚIILOR UNOR CARACTERIZĂRI ALE UZURII SAPELOR

Am căutat să adaptez, în următoarele două tabele semnificații și explicații, acolo unde este nevoie din limba engleză a principalelor coduri cu caracterizarea uzurilor (D), folosind cuvinte care să aibă literele identice, apropiate sau măcar pe jumătate față de literele din coduri. Am reușit în procent de 71-74%. Dacă englezii explică prin cât mai puține cuvinte (uneori două sau chiar unu), noi, românii de ce să folosim mai multe, de multe ori cu mult mai multe? Exemple: Rundel Gange, cu simbolul RG semnifică „Rotunjirea în zona de ghidaj” ar



putea fi tradus mai simplu cu „Rotunjirea ghidajului” ori „Racordarea ghidajului” care este tot o rotunjire deoarece denumirea provine de la „rază”. Croked Cone, simbolizat CC care este tradus cu „Rolă fisurată” s-ar putea adapta la „Con crăpat”, care ar fi același lucru, sau, în loc de CI- „Interferența rolelor” am putea spune „Conuri interferate”... Și exemplele pot continua. Vi le-am ordonat în două tabele: 4.26 și 4.27.

**Tabelul 4.26 Semnificații propuse ale unor modalități de exprimare ale caracterizării uzurii sapeilor**

Nr.crt. din cod	Codul	Semnificația codului/ Semnificația propusă	Semnificația din limba engleză
3	BT	Elemente de tăiere rupte./ Buton torsionat (tăiat).	Broken Cutters/Teeth
5	CC	Rolă fisurată./ Con crăpat.	Cracked Cone
6	CD	Rolă blocată./ Con dus (dragat sau târât).	Cone Dragged
7	CI	Interferența rolelor./ Conuri interferate.	Cone Interference
8	CR	Uzură centrală./ Centralizarea roaderii (uzurii).	Cored
9	CT	Elemente de tăiere sparte./ Cioplirea tăișului (dinților).	Chipped Cutters/Teeth. Chipped = cioplit; Teeth = dantură, tăiș
11	FC	Aplatizarea vârfulilor./ Flatarea creștelor.	Flat Crested Wear
12	HC	Supraîncălzirea sapei./ Supraîncălzirea conurilor.	Heat Checking
14	LC	Supraîncălzirea sapei./ Lăsarea conului (la puț)/ Lipsă con.	Last Cone
15	LN	Duză expulzată (pierdută) / Lipsa duzei/ (Lăsat nasul!)	Last Nozzle
16	LT	Elemente de tăiere pierdute./ Lipsa tăișurilor.	Last Cutters/Teeth Teeth = tăiș, dantură
19	PN	Duză/canal de răcire înfundat./ Pasaj necomunicabil (pentru duză ori canal)	Plugged Nozzle/flow passage
20	RG	Rotunjirea în zona de ghidaj./ Rotunjirea ghidajului.	Rounded Gange
23	SS	Uzură prin autoascuțire./ Stricarea structurii (autoascuțirii).	Self-Sharpening Wear
24	TR	Uzură prin târârea sapei pe talpă./ Târâre cu rotunjire.	Tracking
26	WT	Elemente de tăiere uzate./ Uzarea tăișurilor.	Worn Cutters/Teeth
27	NO	Nu prezintă uzură./ Fără uzură. /Ne uzată.	No Dull Other Wear

## EVALUAREA UZURII SAPELOR CU ROLE

În vederea unei analize cât mai corecte, rezultatele obținute din utilizarea sapeilor de foraj cu trei conuri, atât în țară, la sonde aflate în patrimoniul SNP PETROM S.A., cât și în străinătate, la sonde din Kazakhstan executate de S.C. UPETROM FOSERCO S.A. pentru diverși beneficiari, în aceleași condiții de exploatare, sau, consultând diverse lucrări de specialitate, între care - „Mic îndrumar pentru alegerea sapeilor de foraj”, aparținând prof.univ.dr.ing. Mihai Gheorghioiu, Ploiești și teza de doctorat a conf.ing. Neacșa Adrian.

Informații prețioase în legătură cu lucrul sapei se pot obține și din raportul de foraj al sondei, atât despre sapa introdusă, cât și despre cea extrasă: dantură, hidraulică, fluid de foraj, formație, date de la sapele din zonă etc.

La cauzele extragerii sapei înainte de termen propun următoarele semnificații (tabelul 4.27)

**Tabelul 4.27 Semnificații propuse ale unor modalități de exprimare  
ale extragerii sabelor**

Nrcrt	Co- dul	Semnificația codului/ Semnificația propusă	Semnificația din limba engleză
2	CM	Condiționarea fluidului de foraj./ Condiționare mâl (noroi).	Condition Mud
3	CP	Recoltarea unei carote mecanice./ Carotă prelevată.	Core Point
5	DP	Executarea unui dop de ciment. / Dop podire (ciment).	Drill Plug
6	DSF	Avarierea garniturii de foraj. / Deteriorare sistem (garnitură) foraj.	Drill String Failure
8	DTF	Avarierea unor scule de operare. / Deteriorare scule instrumentație	Dawn Hole Tool Failure Tool = instrument
9	FM	Schimbarea litologiei formației geologice. / Formație (geol.) modificată	Formation Change
10	HP	Dificultăți de foraj. / Probleme foraj./ Hibă Petrolieră	Hole Problems
11	HR	Realizare timpi de menținere a sapei pe talpă. / Ore realizate (săpate).	Hours on Bit
12	LOG	Efectuare de investigații geofizice. / Lucrări (investigații), operații geofizice.	Run Logs
13	LIH	Resturi metalice pe talpă. / Metal pe talpă.	Left in Hole
14	PP	Creșterea presiunii de pompare./ Plus presiune de pompare	Pump Pressure
15	PR	Scăderea vitezei de avans. / Penetrare rărită.	Penetration Rate
16	RIG	Reparații la instalația de foraj. / Reparații instalație garnitură	Rig Repairs
17	TD	Atingerea adâncimii finale sau de tubaj. / Talpă definitivată/ sau de tubaj	Total Depth/Cassing Depth
19	TW	Ruperea prăjinilor datorită torsiunii. / Torsionarea prăjinilor.	Twist Off
20	WC	Condiții climaterice nefavorabile. / Vreme crudă! / Condițiile vremii.	Weather Conditions

În final am prezentat anumite considerente legate de performanțe, randament energetic, căi și posibilități de mărire a acestuia.

## **CAP. 5 APLICAȚII REFERITOARE LA RECOMANDAREA FLUIDELOR ȘI SAPELOR DE FORAJ PENTRU FORAJUL SONDELOR DE EXPLOATARE, PE UNELE STRUCTURI GEOLOGICE DIN ROMÂNIA**

Capitolul cuprinde descrieri geologice sumare a diferitelor structuri geologice, studii geologice specifice pentru forajul unei noi sonde de exploatare pe structurile geologice Colibași, Filipești- Bana, Filipești și Caragele- Făurei. M-am oprit mai mult asupra zonei structurii Colibași, deoarece prezintă interes deosebit și acolo numărul de sonde este mai mare

**Structura geologică Colibași** este localizată pe cel mai nordic aliniament structural: Runcu- Câmpina- Drăgăneasa- Provița- Colibași- Ocnîța, aparținând zonei mio- pliocene a depresiunii din fața Carpaților Orientali.

**Structurile: Moreni- Piscuri- Filipești- Băicoi**, localizate la sud de falia Câmpina- Drăgăneasa și reprezintă zona centrală de mare ridicare a aliniamentului structural Gura Ocnîța- Moreni- Piscuri- Filipești- Călinești- Băicoi, aparținând cutelor diapire exagerate, cu sare la zi (6 km), între Gura Ocnîței și Piscuri, cu diapirism mai puțin intens spre est;

**Structura geologică Caragele** situată în partea central estică a Platformei Valahe, la nord de aliniamentului structural Urziceni- Gârbovi- Brăgăneasa-Padina- Jugureni.

### **Descrierea geologică generală pentru structura Colibași [8]**

Structura geologică Colibași este prezentă în sectorul vestic al cutelor diapire dintre văile Prahovei și ale Dâmboviței; aparține Avandosei interne în cadrul Depresiunii Precarpatice. Are formate sedimente evidențiate în două arii depoziționale, respectiv:

1) **Aria flișului extern** este încadrată de cele două terminații de sud-vest ale Unității Medio-Marginale (Pânza de Tarcău) și Pinteniei de Homorâciu și de Văleni cu depozite de vârstă Cretacic- Miocen Inferior, având caracter plurifacial.

2) **Aria Avandosei neogene** (flancul intern) numită și Unitatea Pericarpatică (zona de molasă), datorită depozitelor Oligocenului Miocenului și Pliocenului. Depresiunea Pericarpatică e o depresiune premontană cu geosinclinalul flișului (Cr-Pg) și Avandosa neogenă. **Substratul depozitelor paleogene** dă informații de la N de Valea Zăbalei (din Unitatea Medio Marginală), unde sunt **succesiuni stratigrafice** din Cretacicul Inferior.

Faciesul Intern (median) specific pentru Pintenul de Homorâciu ce aflurează între Vulcana Băi și râul Prahova este dezvoltat tipic pe Valea Ialomiței fiind reprezentat de

1) **Orizontul marno-calcarelor brune-bituminoase**, grosime 30- 40 m, cu argile fine, gresii cenușii micacee, marno-calcaroase brune, foarte fine, casante, bine stratificate.

2) **Orizontul (formațiunea) disodilelor inferioare** (40-50m) aflurează pe valea Prahovei și este constituit din șisturi disodilice brun-negriceoase, fine, tari;

3) **Orizontul (formațiunea) stratelor de Pucioasa**, cu gresii de Fusaru (Mrazec, 1911), 550-1100m, aflurează începând din vest (văile Vulcaniei și Ialomiței) până la est (Valea Prahovei și a Doftanei) și în partea central nordică a regiunii (la nord de sinclinalul Valea Lungă

4) **Orizontul stratelor de Vinetișu (175-200m)** aflurează la E de culele diapire pe pâraiele Lupei și Morăreasa alcătuit din marne siltice cenușii verzui, micacee curbicorticale. Nisipurile cenușii gălbui micafere, argilele disodiliforme și disodile

Oligocenul dezvoltat în facies extern (marginal), (Băncilă)- pentru pintenul de Văleni împărțit de Pătruț în **cinci orizonturi**

1) **orizontul inferior al șisturilor disodilice**, (100m): șisturi disodilice cu fragmente și sol

2) **orizontul inferior al gresiei de Kliwa** (120m) cu alternanță gresie- șist

3) **orizonturile structurii de Podu Morii** (Teisseire, 1911)- 700m, cu alternanțe de argile brune, marne, rar tufuri dacitice dispuse pe trei nivele de litologie (nivelul inferior, 170m,

4) **orizontul superior al gresiei de Kliwa**, 370m, în care se disting trei nivele (nivelul inferior, 130m, cu alternanțele gresiei Kliwa cu disodile; nivelul mediu, 130m, alternanțele gresiei Kliwa- dominantă și disodile cu frecvență redusă; nivelul inferior, 10m,

**Formațiunea Stratele de Cornu** de grosime: 25-30m aflurează la N-E pe Valea Rea, pârâul Lupei (afluent al Doftanei) și pârâul Câmpinița, afluent al Prahovei, cu trei nivele

**Formațiunea saliferă** inferioară aflurează pe un km<sup>2</sup> pe pârâul Ocnița, pârâul Rogozului (zona Glodeni- Ochiuri) și este alcătuită din brechie, micașist și cuarțit, gresii cenușii calcaroase (Oligocen Eocen), calcare mezozoice, slab sortate

**Formațiunea de Brebu**, (450-550m), aflurează în E (râul Doftana) și în cadrul perimetrului pârâului Tisa, afluent al râului Cricov și pe pârâul Scăunele, având două orizonturi: orizontul conglomeratic cu elemente de calcare jurasice și cretacice,

**Formațiunea Vărgata**, (750-800m) aflurează pe flancul de sud al sinclinarului Valea Lungă (pâraiele Lăculețe și Scăunele) și în zona Ocnița, pârâul Clinului. Are caracter eterogen cu roci pelitice, marne siltice cenușii, micacee masive, cu stratigrafie paralelă, gresii

Din **forajele** de la sondele **Brătești și Bucșani** s-au separat doar **patru orizonturi**:

1. **orizontul brun, grezo-grosier**, cu evaporite (100m), din brechie de sare (1000m) gresii calcaroase, marne sau anhidrit (echivalent conglomeratelor Brebu);

2. **orizontul brun, grezo-marnos** (950m), cu gresii calcaroase, cenușii-brune, marne sau anhidrite;

3. **orizontul cenușiu, grezo-marnos** (1050m), din grupa calcarelor marnoase cenușii verzui, nisipuri, intercalații de gipsuri și anhidrit;

4. **orizontul șistos**, 300m, din marne nisipoase cenușii verzui, șisturi calcaroase care cronostratigrafic sunt la nivelul Burdigalianului Inferior (orizontul 1). Orizonturile celelalte s-au depus în Burdigalianul Superior după Asociația Microfaunistică și Grobicealină

Din **forajele** de la sondele **Brătești și Bucșani** s-au separat doar **patru orizonturi**:

1. **orizontul brun, grezo-grosier**, cu evaporite (100m), din brezii de sare (1000m) gresii calcaroase, marne sau anhidrit (echivalent conglomeratelor Brebu);

2. **orizontul brun, grezo-marnos** (950m), cu gresii calcaroase, cenușii-brune, marne sau anhidrite;

3. **orizontul cenușiu, grezo-marnos** (1050m), din grupa calcarelor marnoase cenușii verzui, nisipuri, intercalații de gipsuri și anhidrit;

4. **orizontul șistos**, 300m, din marne nisipoase cenușii verzui, șisturi calcaroase care cronostratigrafic sunt la nivelul Burdigalianului Inferior (orizontul 1). Orizonturile celelalte s-au depus în Burdigalianul Superior după Asociația Microfaunistică și Grobicealină

**Badenianul** are aria de sedimentare ce aparține Paratethysului Central și e continuarea celei existente în Miocenul Inferior. Are **patru orizonturi**:

1). **orizontul marnelor și tufurilor cu globicerine**, cu grosime de 10-15m, caracterizat de Asociația cu *Orbulina suturalis*.

2) **orizontul formațiunii salifere superioare**, cu grosime de 1-600m, caracterizată de Asociația cu *Spiraplectamine*.

3). **orizontul șisturilor cu radiolari**, cu grosime de 70m, partea superioară a zonei cu *Spiraplectamină*.

4). **orizontul marnelor cu Spiratella**, 200m, zona cu *Bulimina* și *Bolivina*.

**Sarmațianul** are arie de răspândire la premeoțian mai mică decât cea a Pliocenului. E situat pe valea Cricovului Dulce. Puține sonde au interceptat Sarmațianul. Microfaunistic s-au stabilit **cinci asociații**:

**Sarmațianului bazal** îi revin depozite cu *anomalinooides pretcarpaticus* și *A. Badenensis*, ce ar corespunde cu Volhinianul bazal, cu caractere litologice asemănătoare

**Bessarabianul superior Badenianul** are aria de sedimentare ce aparține Paratethysului Central și e continuarea celei existente în Miocenul Inferior. Are **patru orizonturi**

1). **orizontul marnelor și tufurilor cu globicerine**, cu grosime de 10-15m,

2) **orizontul formațiunii salifere superioare**, cu grosime de 1-600m

3). **orizontul șisturilor cu radiolari**, cu grosime de 70m,

4). **orizontul marnelor cu Spiratella**, 200m, sonde la: Gura Șuții, Mărgineni, Brătești, Drăgănești

**Sarmațianului bazal** îi revin depozite cu *anomalinooides pretcarpaticus* și *A.*

**Bessarabianul superior** complexe nisipoase **Me I, Me II, Me int.și Me III** în coloana stratigrafică.

**Meoțianul inferior** este o predominantă a nisipurilor și gresiilor, prezente în toată zona

**Meoțianul superior** e mai răspândit ca anteriorul, datorită afundării treptate a bazinului

**Sonde în Meoțianul superior: Doicești, Drăgoiești, Vârfuri, Glodeni, Aninoasa, Târgoviște, Colibași, Moreni, Filipești, Runcu, Măgurele, Cârjari**

**Ponțianul** are sedimente depuse în raport continuu cu cele meoțiene, faciesul dominant pelitic pare că nu are dificultăți de delimitare fiind împărțit în trei complexe litologice

**Dacianul**, delimitat cu controverse privind limitele (inferioară) cu Ponțianul și (superioară) cu Romanianul (Levantin), drept pentru care s-a făcut o separare aproximativă

**Romanianul** încheie succesiunea stratigrafică a Pliocenului și în partea de N regiunea e parțial ridicată și erodată. Uplete sinclinalele Valea Lungă și Măgureni

**Cuaternarul** are sedimente pe toată regiunea fiind reprezentat prin aluviuni și proluvii (terase, conuri de dejecție) și cu depozite proprii Câmpiei Române

**Tectonica** stabilește două subunități majore: subzona flișului extern (**Unitatea Medio Marginală**- Pânza de Tarcău) și Avanfosa internă (flanc intern= molasă= cute diapire= **Unitate Pericarpatică**) (v.figura 5.1). Unitatea Medio Marginală- Pânza de Tarcău

**Paroxismul moldavic** din Sarmațianul timpuriu duce la încălecarea formațiunilor Avanfosei peste Platforma Moesică, în lungul liniei Pericarpatice interceptată prin **foraje la: Cobia, Brătești, Gura Șuții, Finta, Tinosu.**

**sinclinalul Valea Lungă** se unește în N-E (Provița) cu sinclinalul Melicești

se dezvoltă un **anticlinoriu** vast, profund erodat, între sinclinalul Valea Lungă (N) și sinclinalul Târgoviște-Ulmi-Ghirdoveni-Filipești (S).

**Accidentul ruptural major** este falia Gheboeni-Șotânga-Doicești-Roșca ce afectează depozitele paleogene și neogene ale structurii Șotânga-Doicești-Roșca și încălecat pe flancul sudic Dragomirești- Aninoasa. La N de Răzvad sunt ramificații:

**Curgerea sării burdigaliene inferioare** din ariile depresionare a condus la formarea unor aliniamente de cute diapire revărsate, exagerate, cu structuri cute-solzi:

1). **Sinclinalul Siliștea-Măgureni-Mislea**, orientat VSV-ENE, cu sedimente romaniene, în ax cu flancul de sud bine dezvoltat și cel de N complicat tectonic

2). **Aliniamentul structural Ocnîța-Colibași-Câmpina-Drăgăneasa-Provița** e prelungirea spre vest a Pintenului de Văleni forat la 1300m la Ocnîța și 2400m la Provița Prin foraje și cartare de suprafață se confirmă ipoteza că încălecarea pintenilor a început în faza stirică și a continuat în fazele moldavică și attică

**Oligocenul** este întâlnit în foraje pe aliniamentul Moreni-Piscuri-Băicoi nu prezintă caracter tipic al faciesului bituminos cu Gresia de Kliwa, în sensul că gresia silicioasă e rar întâlnită și s-a emis ipoteza că Oligocenul aliniamentului ar aparține Unității Pericarpatice **Sinclinalul Târgoviște-Filipești**, orientat V-E separă structurile Dragomirești-Teiș-Răzvad-Gura Ocnîței-Moreni-Piscuri-Filipești (la N) de aliniamentul structural Șuța Seacă-Brătești-Bucșani-Caragiale-Mărgineni, unde înclinarea flancurilor crește cu adâncimea. **Aliniamentul Bucșani-Mărgineni-Aricești** este ultima structură anticlinală care a dovedit prezența Oligocenului, împreună cu aliniamentul sudic Finta-Gheboieni-Frasin-Brazi-Mănești-Vlădeni reprezintă aliniamentele cu diapirism denaturat.

**Ca probleme de foraj**, mai deosebite sunt:

- pierderile de fluid de foraj în Miocenul de suprafață, Dacian și Oligocen;
- instabilitatea pereților găurii de sondă în: Dacian, Pontian, Meoțian și Oligocen;
- străngeri pe gaura de sondă în Pontian și Meoțian;
- țineri pe gaura de sondă, corectări și posibile prinderi de garnitură de foraj în Pontian, Meoțian și Oligocen;
- gazeificări ale fluidului de foraj în formațiunile de suprafață, care se pot atenua sau chiar evita prin menținerea densității la valori minime și creșterea ei doar la nevoie.

Agenții contaminanți pentru fluidul de foraj rezultați din analiza coloanei litologice relevă prezența gipsului din Miocenul inferior și, posibile secvențe predominant pelitice care, dispersându-se în fluidul de foraj pot să-l încarce cu materiale solide.

Pentru fiecare din cele trei structuri: Colibași, Piscuri- Filipești și Făurei- Caragele am prezentat studii de caz și studii comparative privind comportarea sabelor cu role și a fluidelor de foraj pe structuri din România, cu tabele și concluzii. Am prezentat și secțiunile geologice a altor structuri ca: Structura Ocnîța sau Aninoasa.

De asemeni am realizat o analiză comparativă pe structuri cuprinzând: litologia, adâncimile, felul presiunilor, sapele de foraj și fluidelor utilizate. Pe structurile Colibași și Piscuri-Filipești am prezentat tabele comparative între șase sonde referindu-mă la: numărul și talpa sondei, limitele litologice, diametrele sabelor, densitatea fluidelor de foraj pe intervalele

respective, probleme de foraj, măsuri și operații de remediere, recomandări, propuneri și analite comparative.

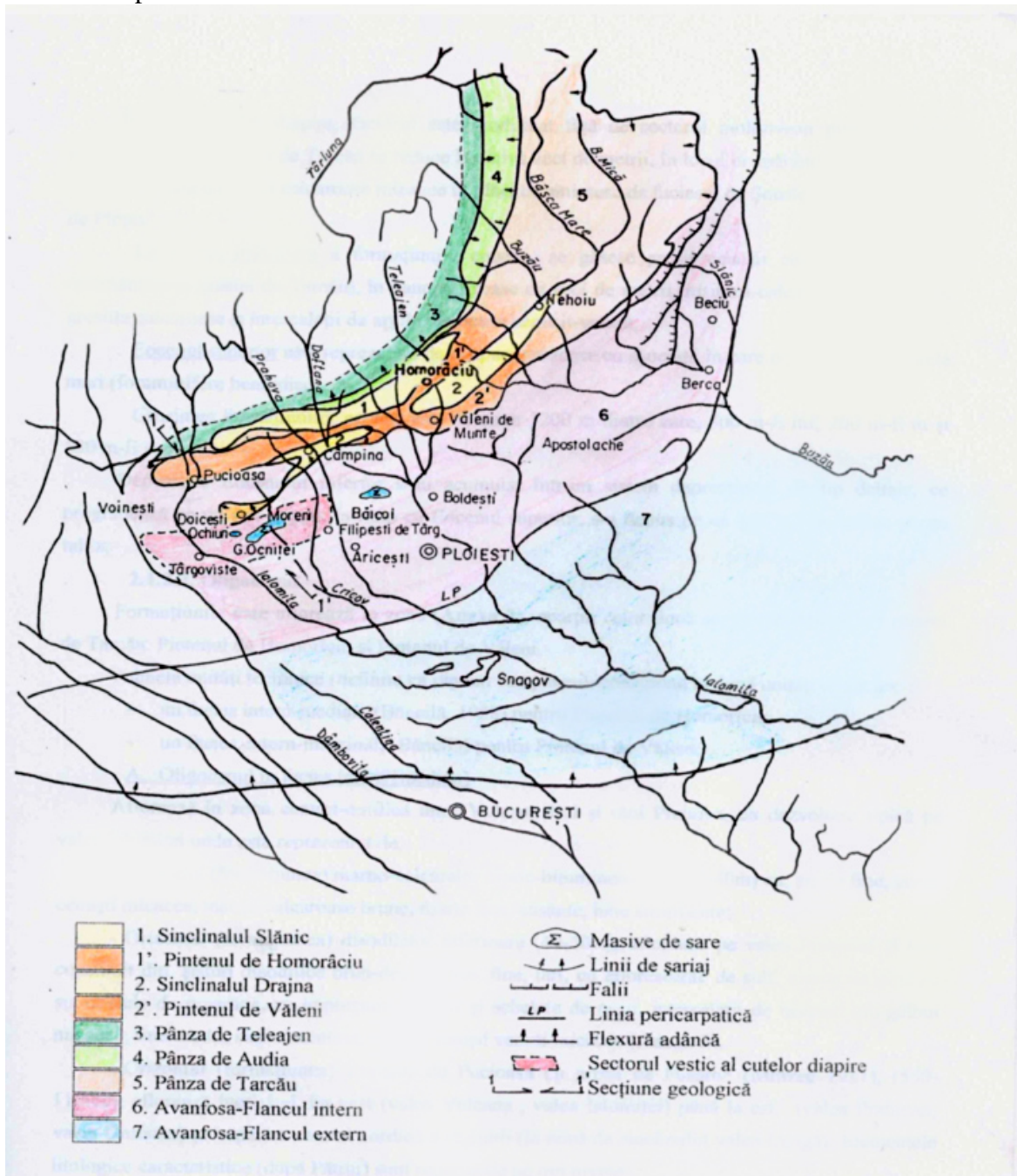


Figura 5.1 Schița tectonică a zonei cutelor diapire.[8]

Urmează desrierile celorlalte structuri geologice și un studiu de proces pe structura Colibași.

### Studiu de caz- Sonda 264 Colibași

A:În tabelul 5.4 este caracterizată sinoptic situația de foraj a sondei 254 Colibași Sondă de corelare, forată în intervalul nov.-dec. 2010. H=2484m, foraj direcțional, Dc; Po; Me; „Hv”. F.f: 1 natural, 2 KCl și polimer

**Tabelul 5.4 Caracterizare sinoptică- situația de foraj a sondei 264 Colibași:**

Struct. geol. Limite	Nr., diam., tipul sapei	h <sub>s</sub> , m	t <sub>s</sub> , h	v, m/h	G <sub>s</sub> , t	n,rot /min	Q, l/s	v <sub>j</sub> , m/s	ρ,kg / dm <sup>3</sup>	η, s	F, mm
Burdi.încalecă tect. depozite plioc. repreznt. de altern. marn gresie și calcar	s1:17½ in, STCSTSHC, IADC115,S/NPM 1852	503	97	5,2	1-10	100-110	60	125	F.f.1 1,15	74	1-2
În Meoțianul inferior sunt posibile pierderi masive de noroi.	s2:12½in, STCST1519 HBPX, IADCS123, S/NJD 3971	1547	124	12,5	1-12	25 MM	41	135	F.f.2 1,3	56	2-2,5
Meoțian, intercalații de gresii și anhidrit	s3:12½in,ST CXR+10, IADC117, S/NPM8281	0	49	0	1-2	75-90	40	87	1,3	56	2-2,5
Miocen nisipuri și gresii oolitice	s4:8 ½ in, STCMTS16 16LBPH,IAD CM223,S/NJ Y9830	268	42	6,4	5-8	70-110	30,8	145	1,28	51	1,5-2
Oligocen intercalații de gresii și anhidrit	s5:8 ½ in, STCGFO8 BODPX,IA DC437,S/N PM0027	52	18	2,9	5-8	100	30	80	1,3	52	1-2

### B. Analize specifice. Concluzii (specifice)

Pentru determinarea condițiilor geologo-fizice se folosesc informații de la sondele de corelare 255, 201MP, 234 și 254 Colibași.

Cu o viteză de jet aproape dublă 145 comparativ cu 80 l/s sapa s4 obține, față de sapa s5 o viteză mecanică aproape dublă: 6,4/ 2,9 m/h, dar și un număr de metri foraj de peste 5 ori mai mare: 268/52m. Ambele sape au același diametru: 8 ½ in, regimul de foraj, debitul și caracteristicile fluidului de foraj fiind aceleași. Totuși viteza de jet destul de mare implică deteriorarea echipamentului de foraj, a găurii de sondă, iar folosirea ei mai îndelungată duce la distrugerea echipamentului dar și la accidente de foraj.

Deoarece, în general în zonă se înregistrează pierderi de circulație, rezultate bune au dat: utilizarea sabelor cu role cu diametre mai mari, mai ales în Oligocen, ca și utilizarea sabelor cu inserții, în situația de față neputându-se aplica prima variantă, deoarece numai ultima sapa, de 8 ½ in a putut foră în Oligocen, cu respectarea programului de construcție.

De asemenea utilizarea ansamblului de fund (BHA), mai flexibil (mai scurt ori cuWDP în paralel și fără stabilizatori) a dat rezultate mai bune în zonele cu pierderi de circulație.

Sapa s3 de la sonda 264 Colibași a fost folosită timp de 49h la corectare după care a fost refolosită la o sondă vecină. În multe situații de acest gen, pe lângă pierderile de fluid în Miocenul de suprafață, Dacian și Oligocen, instabilitatea pereților găurii de sondă din Dacian, Pontian, Meoțian și Oligocen, strângeri de gaură în Pontian și Meoțian; țineri pe gaură, corectări și posibile pierderi de garnitură în Pontian, Meoțian și Oligocen, stări de fapt care obligă la o alegere judicioasă și întemeiată a sapei.

Există situații când sapele trebuie să răspundă și altor scopuri impuse de un regim restrictiv, ori să fie folosită doar în anumite zone ale găurii de sondă (cum este sapa s3 de la această sondă), sau să fie extrase pentru efectuarea unor anumite determinări, cum s-a

întâmpat cu sapa s2, la adâncimea de 488m, deși aceasta avea cea mai bună performanță la acel moment: 12,5m/h, în final ea realizând 1044m, adică 44% din numărul de metri foraj.

Măsuri întemeiate trebuie luate și cu fluidul de foraj, pentru ținerea în permanență sub control a proprietăților acestuia și securitatea sondei. Ca și la sonda 254, alte măsuri ce se impun sunt: utilizarea debitului și vitezelor mecanice reduse și urmărirea atentă a puțului la extragerea garniturii de foraj pentru evitarea pistonajului, evitarea staționărilor ce pot acumula gaze, care duc, în cazul cel mai ușor la circulații suplimentare crescând prețul forajului, ori funcționarea permanentă a sistemului de curățire, care înseamnă, în final tot o mărire de preț, dar și o sporire a siguranței sondei, dar și a personalului.

### *Analiză corelativă a situațiilor de foraj pentru structura Piscuri- Filipești*

**Tabelul 5.18 Analiză corelativă a situației de foraj- structura geologică Piscuri- Filipești**

LITOLOGIE	Adâncime, m	Tip presiune	Tip sapă	Tip fluid foraj
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Levantin (L): depozite grosiere, pietrișuri, gresii și nisipuri grosiere și faună dulcicolă Dacian (D) cu depozite în facies arinitic, marne, nisipuri, argilă, gresii nisipoase, cărbuni (Dr.)	0- 1700 gros.350-650 cărbuni, int.: 714-975m	-Normală  -normală	IADC11 5;17½	Natural, pe bază de apă
Romanian (L III+II), productiv pe fercul sudic la Moreni D are șase complexe: Drăder (Dr), Moreni (Mo), Dinterm, Gross (Gr) și Grup I(GrI). Dr are 25% din vol., DrIII e productiv pe ambele flancuri, DrII e prod.pe flercul stâng (nisipuri cenușii în N și nisipuri grezoase, în S) Dr.Ochiuri e cel mai import.complex productiv Dr. din D (90% din resurse+11% din rezerve); e împărțit în: DrIII, DrII, DrI. Colectoare: nisip cuarțos 12-15int/5-6 intervale	grosime: 200  grosime: 70  gros:90m pe fl.N 60m pe fl.S gros:2-4 fl.S gros1015fl.N	Anormală $\Gamma_p=0,97-$ $1,03 \text{ at/m}$ $\Gamma_{fis}=1,33-$ $1,75$  $\Gamma t =3^\circ\text{C/m}$	IADC11 5; 17½ in	$\rho =1,25 \text{ kg/dm}^3$ filtrat 3-5mm fluid dispersat, gazeificări ale fluidului în formațiunile de suprafață; contaminare cu cărbuni: Drăder (Filipești)
Ponțianul cu litofaciesul preponderent marnos cu marne, marne slab nisipoase, fin micafer. Este formațiunea protectoare a acumulărilor hidrocarburilor în Meoțian	1022-1722 gros:500-600	Anormală		tratat cu CaCl, KCl $\rho =1,21-1,25$ $\text{kg/ dm}^3$
Meoțianul are predominant facies arenitic cu nisip cenușiu gălbui, marne și gresii oolitice. Are 1-3 lumașele între marne și nisipuri	1722-1912 gros:500-600	$\Gamma_p=1,05-$ $1,07 \text{ at/m}$ $\Gamma_{fis}=1,9-2$	IADCM 223; 12 ¼ in	Densit.mărită $\rho = 1,21-1,25$ filtrat redus
Miocen = complexul productiv al Burdigalianului, compus din gresii carbonatice, gresii silicioase: Miocen productiv= capete de strate; excepție face Structura Ochiuri	gros:10-30;V gros:50-60	$\Gamma_p=1,4-$ $1,35 \text{ at/m}$ $\Gamma_{fis}=1,78-1,9$ $\Gamma t =3,8^\circ\text{C/m}$		Netratat în Mi. sup.,tratat, cu KCl (Mioc.inf.) pierderi fl.Mi.s
Helvețianul se întâlnește în partea finală a sondei și este dezvoltat în facies marnos. Sect. Piscuri- Filipești este un anticlinal puternic tectonizat de falii longitudinale și transversale, străpuns de diapirele de sare și subordonat argile și marne. -Strat.de Podu Morii: altern.argile brune-marne -superior.al gres.Kliwa, trei nivel: inf, med,sup, altern.gres.Kliwa disod, disodil., spre nisip alb	1912-1915 grosime:1300 -1500m  gros:175-200  gros: 100	Normală $\Gamma_p=1,2-1,3$ $\text{at/m}$ $\Gamma_{fis}=1,9-$ $2,05$  anormală	IADC 117; 8 ½ in	$\rho = 1,30-1,32$  Fluid de foraj pe bază de KCl Glydrill $\rho = 1,32-1,34$  Filtrat 2-3mm
Neogenul. Miocenul cu strate Aquitanian-Burdigalian.				



Tabelul 5.18 (continuare)

(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Stratele de Cornu, Aquitanian Burdigalian cu trei nivele de gresii: inferioare, cu Operculine,	gros:25-30			$\rho = 1,32-1,37$
Formația saliferă inferioară cu: brechie, cuarțite, micașisturi, gresii cenușii-calcaroase, calcare				
Formația Brebu, cu două orizonturi: unul cu conglomerate și altul grezos-microconglomerat	gros:450-550			
Form.Vărgată, cu patru orizonturi: -brun grezo-grosier cu evaporite, brechie de sare -brun grezo-marnos, gresii calcaroase, marne -cenușiu, grezo-marnos: gresii calcaroase, marne, nisipuri, gips -șistos: marne nisip.cenuș-verzui, șisturi calcar.	gros:750-800 gros: 1000 gros: 950  gros: 1050 gros: 300	Normală	IADC 117; 8 ½ in	Fluid de foraj pe bază de KCl Glydrill
Badenian-continuare a Mi inf: cu patru orizont: -marne- tufuri cu globicerină, orbulina saturalis -formații salifere superioare cu spiroplectamine	gros: 10-15 gros: 1-600	$\Gamma_p=1,7-1,73$ at/m $\Gamma_{fis}=2,05$		
-șisturi cu radiolari cu spiroplectamine -marne cu Spiratela Bullimina și Bolivina, tuf d	gros: 70 gros: 200			Filtrat 2-3mm
<b>Sarmațianul</b> e premeoțian; are cinci asociații:		$\Gamma_t = 4^\circ\text{C/m}$		$\rho = 1,36-1,45$
-Bessarabian superior asociat. cu Bolivinae -Bessarabian inferior cu asoc. cu Paramysis -Volhinianul superior-Volhin. inferior cu asociații de Miliolidae (Elfidiu) -Buglovian, asoc.Anomalino de Badenensis			IADC 117; 8 ½ in	Gazeificări în timpul săpatului și la circulația fluidului $\rho = 1,98-2,10$
<b>Buglovianul</b> este predominant pelitic cu: marne cenușii și gresii nisipoase	gros: 50	Normală		
-Volhinian bazal: gresii nisipoase, marne -Bessarabianul inferior este etajul întâi al Sarmațianului cu: intercal. nisipuri- marne	gros:100-150 gros:200-250		IADC 117; 8 ½ in	
-Bessarabianul superior cu nisipuri gălbui grezoase și calcaroase.	gros: 50-400			$\rho = 1,95-1,97$
<b>Pliocen.</b> Me e continuu și discontinuu, cu: nisipuri și gresii alternând cu marne. Este superior și inferior; după complexe nisi-poase MI, MIII Me inferior e dominat de nisipuri alternând cu ape salmastre, la sedi mentare M.int, MIII și Me superior cu nisipuri cenușii-gălbui, alternând cu marne oolitice	gros:150-250	$\Gamma_p=1,1-1,15$ $\Gamma_{p.actual}=0,6-0,5$ $\Gamma_{fis}=1,9-2,05$ $\Gamma_{fis.actual}=1,75-1,80$		Filtrat redus: 2-3mm  Materialele pelitice pot dispersa în fluidul de foraj
<b>Ponțian</b> are trei complexe: marno-argilos, nisipos-marnos, marne cenușii; nisipuri cu hidrocarburi, la Măgurele (notate Pși P1)	gros: 50-500	$\Gamma_t = 4^\circ\text{C/m}$		instabilități ale fluidul. creștere densității
<b>Dacian</b> are două orizonturi: unul inferior (slab salmastru) și altul superior, cu apă dulce.	gros:400-500	Anormală		
<b>Romanianul</b> încheie succesiunea stratigrafică cu marne, strate de lignit (jos) și nisipuri și pietrișuri (sus).	gros: 1000			$\rho = 1,98-2,10$
<b>Cuaternar</b> cu sedimente pe toată regiunea prin aluviuni și proluvii cu: pietrișuri, nisip. gresii, trovanți cu intercalații de argile, marne cu strate de lignit.	gros: 1000		IADC 117; 8 ½ in	Filtrat cu valori mici: 1- 1,5mm

### C. Analiză comparativă globală pentru structura geologică Caragele

În tabelul 5.23 este prezentată analiza comparativă globală a procesului de foraj pe structură

**Tabelul 5.23 Analiza globală asupra procesului de foraj pe structura geologică Caragele**

LITOLOGIE	Adâncime, m	Tip presiune	Tip sapă	Tip fluid foraj
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>Dacian</b> cu depozite în facies pelitic, marne, nisipuri, argilă, gresii nisipoase, cărbuni (Dr.)	0- 1700 gros.350-650	-normală	IADC1 15;17½	Natural, pe bază de apă
<b>Romanian</b> (L III+II), productiv pe fâncul sudic la Moreni D are șase complexe: Drăder (Dr), Moreni (Mo), Dinterm, Gross (Gr) și Grup I(GrI). Dr are 25% din vol., DrIII e productiv pe ambele flancuri.,DrII e prod.pe flancul stâng (nisipuri cenușii în N și nisipuri grezoase, în S) Dr.Ochiuri e cel mai import.complex productiv Dr. din D (90% din resurse+11% din rezerve); e împărțit în: DrIII, DrII, DrI. Colectoare: nisip cuarțos 12-15int/5-6 intervale	grosime: 200  grosime: 70  gros: 90m pe flancul Nord 60m pe fl.S gros:2-4 fl.S gros1015fl.N	Anormală $\Gamma p=0,97-1,03$ at/m $\Gamma fis=1,33-1,75$ at/m  $\Gamma t =3^{\circ}C/m$	IADC1 15; 17½ in	$\rho =1,25$ kg/ dm <sup>3</sup> filtrat 3-5mm fluid dispersat gazeificări ale fluidului în formațiunile de suprafață; contaminare cu cărbuni: Drăder (Caragele)
<b>Ponțian</b> cu litofaciesul preponderent pelitic cu marne, marne slab nisipoase, fin micafer. Are două complexe psamitice cu alternanțe de nisipuri, nisipuri marnoase și marne	1670-2020 gros:500-600	Anormală Anormală		tratat cu CaCl, și KCl $\rho =1,21-1,25$ kg/ dm <sup>3</sup>
<b>Meoțianul</b> are predominant facies arenitic cu nisip fin micafer și / sau gresii calcaroase. Subordonat cu intercalații de material pelitic: marne, marne nisipoase, fin/foarte fin micafer	2020-2500 gros:500-600	$\Gamma p=1,05-1,07$ at/m $\Gamma fis=1,9-2$ at/m	IADC M223; 12 ¼ in	Densit.mărită $\rho = 1,21-1,25$ kg/m filtrat redus
<b>Miocenul</b> este complexul productiv al Burdigalianului, compus din gresii carbonatice, gresii silicioase: Mi productiv= capete de strate; excepție: Structura Ochiuri	1300-2000 gros:10-30;V gros:50-60	$\Gamma p=1,4-1,35$ at/m; $\Gamma fis =$ 1,78-1,9at/m $\Gamma t =3,8^{\circ}C/m$		Netratat (Miocen superior), tratat, cu KCl (Miocen inferior)
<b>Oligocen productiv</b> , Struct Colibași, opt orizont -marno-calcaros brun, bituminos 0-1500 m -disodile superioare (șisturi disodilice cu intercalații nisipoase) -stratele de Pucioasa, cu gresia de Fusaru -Vinețu: marne silitice, gresii calcaroase. -disodilelor inf.: șist.disod.și fragm.solzi pește -inferior al gres.Kliwa: altern. gres.cu șist.disod -Strat.de Podu Morii: altern.argile brune-marne -superior.al gres.Kliwa, trei nivel: inf, med,sup, altern.gres.Kliwa disod, disodil., spre nisip alb	2000-2800 grosime.:130 gros: 30-40 gros: 40-50 gros550-1100 gros:175-200 gros: 100 gros:120  gros: 700 gros: 370	Normală $\Gamma p=1,2-1,3$ at/m $\Gamma fis=1,9-2,05$ at/m  Anormală	IADC 117; 8 ½ in	$\rho = 1,30-1,32$ kg/m  Fluid de foraj pe bază de KCl Glydrill $\rho = 1,32-1,34$ kg/m  Filtrat 2-3mm
Neogenul.Miocenul cu str.Aquitanian Burdigal.				
Stratele de Cornu, Aquitanian Burdigalian cu 3 nivele gresii: inferior, cu Operculine, cu Pecten	gros:25-30			$\rho = 1,32-1,37$ kg/m
Formația saliferă inferioară cu: brechie, cuarțite, micașisturi, gresii cenușii-calcaroase, calcare				
Formația Brebu, cu două orizonturi: unul cu conglomerate și altul grezos-microconglomerat	gros:450-550			
Formațiunea Vărgata, cu patru orizonturi: -brun grezo-grosier cu evaporite, brechie de sare -brun grez-marn.gresii calcaroase, marne/anhid -cenușiu, grezo-marnos: gresii calcaroase,marn -șistos: marne nisip.cenuș-verzui, șisturi calcar.	gros:750-800 gros: 1000 gros: 950 gros: 1050 gros: 300	Normală	IADC 117; 8 ½ in	Fluid de foraj pe bază de KCl Glydrill

Tabelul 5.23 (continuare)				
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
Badenian-continuare a Mi inf: cu patru orizont: -marne- tufuri cu globicerină, orbulina saturalis -formații salifere superioare cu spiroplectamine	gros: 10-15 gros: 1-600	$\Gamma_p=1,7-1,73$ at/m $\Gamma_{fis}=2,05$		
-șisturi cu radiolari cu spiroplectamine -marne cu Spiratela Bullimina și Bolivina, tuf d	gros: 70 gros: 200			Filtrat 2-3mm
<b>Sarmațianul</b> e premeoțian; are cinci asociații:		$\Gamma t = 4^\circ\text{C/m}$		$\rho = 1,36-1,45$ kg/dm <sup>3</sup>
-Bessarabian superior cu asociații cu Bolivinae -Bessarabian inferior cu Paramysis -Volhinianul superior -Volhinianul inferior cu asociații de Miliolidae (Elfidiu) -Buglovian, cu Anomalino de Badenensis			IADC 117; 8 ½ in	Gazeificări în timpul săpatului și la circulația fluidului $=1,98-2,10$ kg/dm <sup>3</sup>
<b>Buglovianul</b> este predominant pelitic cu: marne cenușii și gresii nisipoase	gros: 50	Normală		
-Volhinian bazal: gresii nisipoase, marne -Bessarabianul inferior este etajul întâi al Sarmațianului cu: intercalații de nisipuri și marne.	gros:100-150 gros:200-250		IADC 117; 8 ½ in	
-Bessarabianul superior cu nisipuri gălbui grezoase și calcaroase.	gros: 50-400			$\rho = 1,95-1,97$ kg/dm <sup>3</sup>
<b>Meoțian</b> e continuu și discontinuu, cu: nisipuri și gresii alternând cu marne. Este superior și inferior; după complexe nisipoase MI, MIII Me inferior e dominat de nisipuri alternând cu ape salmastre, la sedimentare M.int, MIII și Me superior cu nisipuri cenușii-gălbui, alternând cu marne oolitice.	gros:150-250	$\Gamma_p=1,1-1,15$ $\Gamma_{p.\text{actual}}=0,6$ -0,5 at/m $\Gamma_{fis}=1,9-2,05$ at/m $\Gamma_{fis.\text{actual}}=$ 1,75-1,80 at/m		Filtrat redus: 2-3mm
<b>Ponțian</b> are trei complexe: marno-argilos, nisipos-marnos, marne cenușii; nisipuri cu hidrocarburi, la Măgurele (notate Pși P1)	gros: 50-500	$\Gamma t = 4^\circ\text{C/m}$		instabilități ale fluidului de creșterea dens.
Dacian are două orizonturi: unul inferior (slab salmastru) și altul superior, cu apă dulce.	gros:400-500	Anormală		
<b>Romanianul</b> încheie succesiunea stratigrafică cu marne, strate de lignit (jos) și nisipuri și pietrișuri (sus).	gros: 1000			$\rho = 1,98-2,10$ kg/dm <sup>3</sup>
<b>Cuaternar</b> cu sedimente pe toată regiunea prin aluviuni și proluvii cu: pietrișuri, nisip. gresii, trovanți cu intercalații de argile, marne cu strate de lignit.	gros: 1000		IADC 117; 8 ½ in	Filtrat cu valori mici: 1- 1,5mm

### Procedură aproximativă pentru alegerea fluidului de foraj

Reprezentarea grafică a factorului de influență reologică  $F_{Re}$  pe baza criteriului Reynolds

Criteriul Reynolds caracterizează semnificativ capacitatea de foraj a procesului de dislocare cu sape cu role, cu un anumit fluid de foraj. Performanțele de avansare sunt influențate (global) în mod pozitiv la creșterea valorii numărului Reynolds, pentru curgerea prin sapa de foraj.

Relația de definiție a factorului numărului Reynolds are expresia:

$$Re^* = \frac{\rho_f \cdot v_f \cdot D^*}{\eta_f},$$

unde:  $\rho_f$  este densitatea fluidului de foraj,  $kg/dm^3$ ;  $v_f$  - viteza de curgere a fluidului în duzele sapei de foraj,  $m/s$ ;  $D^*$  - factorul diametrului hidraulic al duzelor sapei ( $D^* \cong \Sigma d_d^2$ );

$\eta_f$  - vâscozitatea plastică a fluidului de foraj,  $cP$ .

Factorul global de influență a fluidului de foraj, asupra performanțelor de avansare este exprimat prin:

$$F_{Re} = \frac{Re_i}{Re_s},$$

în care:  $Re_s$  este numărul Reynolds al unei situații de foraj dat de valorile de referință ale densității fluidului, vitezei de curgere a fluidului în duzele sapei, diametrul hidraulic echivalent al duzelor sapei și vâscozitatea plastică a fluidului;  $Re_i$  - numărul Reynolds în situația specifică programării fluidului ales.

Se consideră:

$$\rho_{fs} = 1,0 \text{ kg/dm}^3; \quad \rho_{fi} = 1,0 \dots 2,0 \text{ kg/dm}^3; \quad v_{fs} = 50 \text{ m/s}; \quad v_{fi} = 50 \dots 130 \text{ m/s};$$

$$D^*_s = 300 \text{ mm}^2; \quad D^*_i = 300 \dots 600 \text{ mm}^2; \quad \eta_{fs} = 18 \text{ cP}; \quad \eta_{fi} = 18 \dots 50 \text{ cP}.$$

Factorii specifici de influență asupra performanțelor de foraj dinspre fluidul circulat sunt:

$$F_{\rho f} = \rho_{fp} / \rho_{fs}; \quad F_{vf} = v_p / v_r; \quad F_{D^*f} = D^*_p / D^*_r; \quad F_{\eta f} = \eta_r / \eta_p.$$

Observații:

-Factorul  $F_{\rho f}$  evidențiază influența densității fluidului de foraj programat la forajul unui pachet stratigrafic echivalent situației de foraj.

-Factorul  $F_{vf}$  arată influența vitezei fluidului din duzele sapei și orientează regimul hidraulic de foraj.

-Factorul  $F_{D^*f}$  evidențiază influența diametrului duzelor sapelor, iar, împreună cu  $F_{vf}$  orientează proiectarea regimului de foraj.

- Factorul  $F_{\eta f}$  arată influența caracteristicilor reologice ale fluidului de foraj și orientează, împreună cu  $F_{\rho f}$  proiectarea rețetei fluidului de foraj.

Factorul global de influență a fluidului de foraj este definit prin funcțiile:

$$Y_1 = 0,0036; Y_2 = 0,00166; Y_3 = 0,00126; Y_4 = 0,001; Y_5 = 0,00026;$$

$$X_1 = 300; \quad X_2 = 400; \quad X_3 = 600; \quad X_4 = 1000; \quad X_5 = 2000.$$

$$F_{Re} \cong Y_i \cdot (i = 1,2,3,4,5) \cdot X_j \cdot (j = 1,2,3,4,5) \cdot \rho_{fi} \cdot (i = 1,2,3,4,5)$$

Cu cât crește efectul factorului global  $F_{Re}$ , pentru densitatea fluidului  $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ , cauza este datorată următoarelor elemente:

a) numărul  $Re$  ce caracterizează capacitatea de foraj pentru fluidul ales are valoare dependentă de diametrul hidraulic al duzelor și caracteristicile fizico- mecanice ale fluidului de foraj (densitate și viteza de curgere);

b) datorită vâscozității plastice, ce variază în timp, sub influența condițiilor de lucru (viteza de curgere și diametrul duzei) factorul global  $F_{Re}$  se comportă invers proporțional.

Din reprezentarea grafică a factorului  $F_{Re} \cong Y_i \cdot (i = 1,2,3,4,5) \cdot X_j \cdot (j = 1,2,3,4,5) \cdot \rho_{fi} \cdot (k = 1,2,3,4,5)$  se obțin diagramele, pentru  $\rho_{fi} < 1,25 \text{ kg/dm}^3$ , figura 5.8a,  $\rho_{fi} < 1,50 \text{ kg/dm}^3$ , figura 5.8b,  $\rho_{fi} < 1,80 \text{ kg/dm}^3$ , figura 5.8c,  $\rho_{fi} < 1,90 \text{ kg/dm}^3$ , figura 5.8d,  $\rho_{fi} < 2 \text{ kg/dm}^3$ , figura 5.8e,

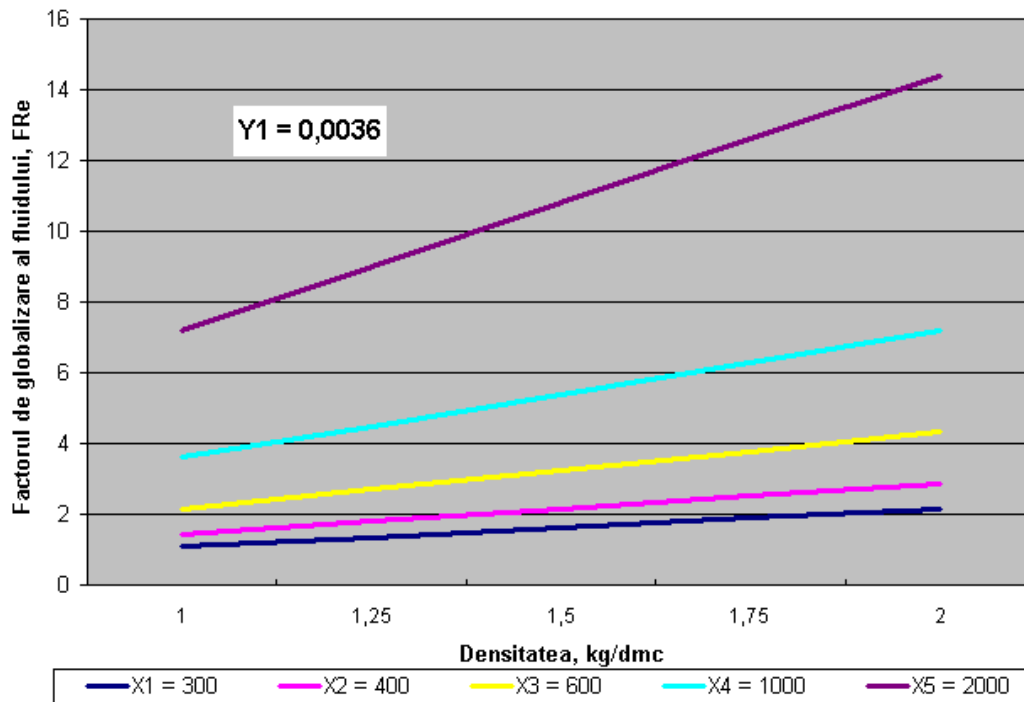


Fig 5.8a Reprezentarea grafică a factorului de influență reologică  $F_{Re}$ , pentru  $Y1 = 0,0036$

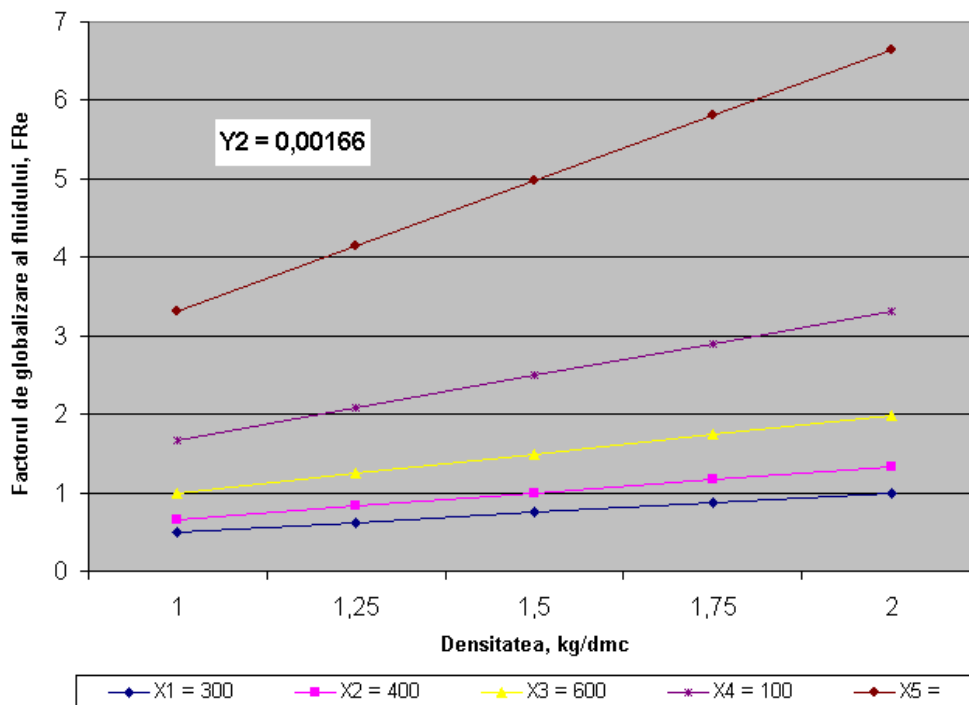


Fig 5.8b Reprezentarea grafică a factorului de influență reologică  $F_{Re}$ , pentru  $Y2 = 0,00166$

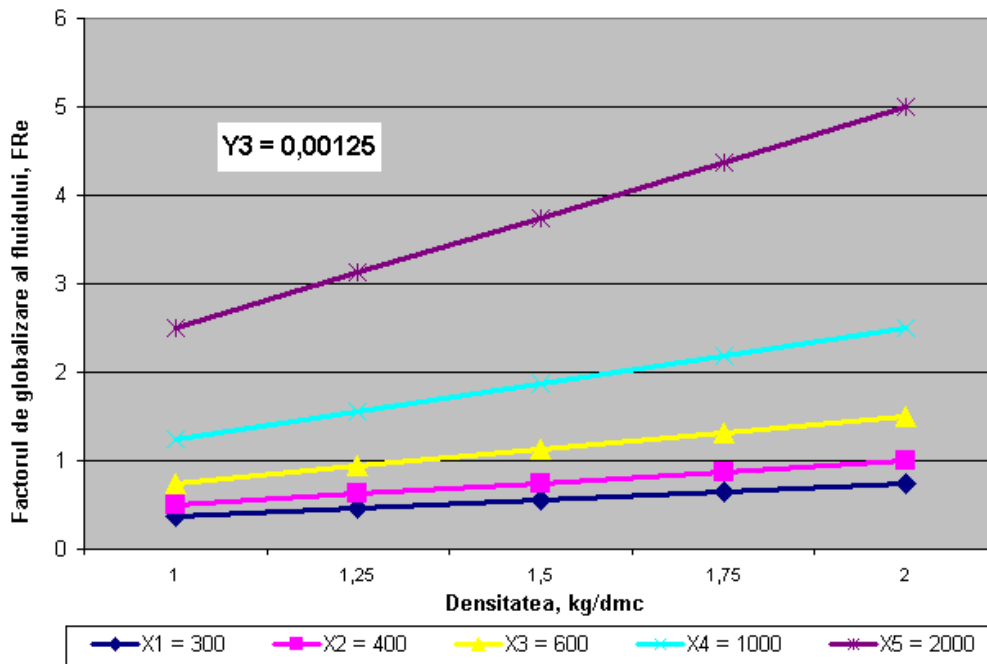


Fig 5.8c Reprezentarea grafică a factorului de influență reologică  $F_{Re}$ , pentru  $Y3 = 0,00126$

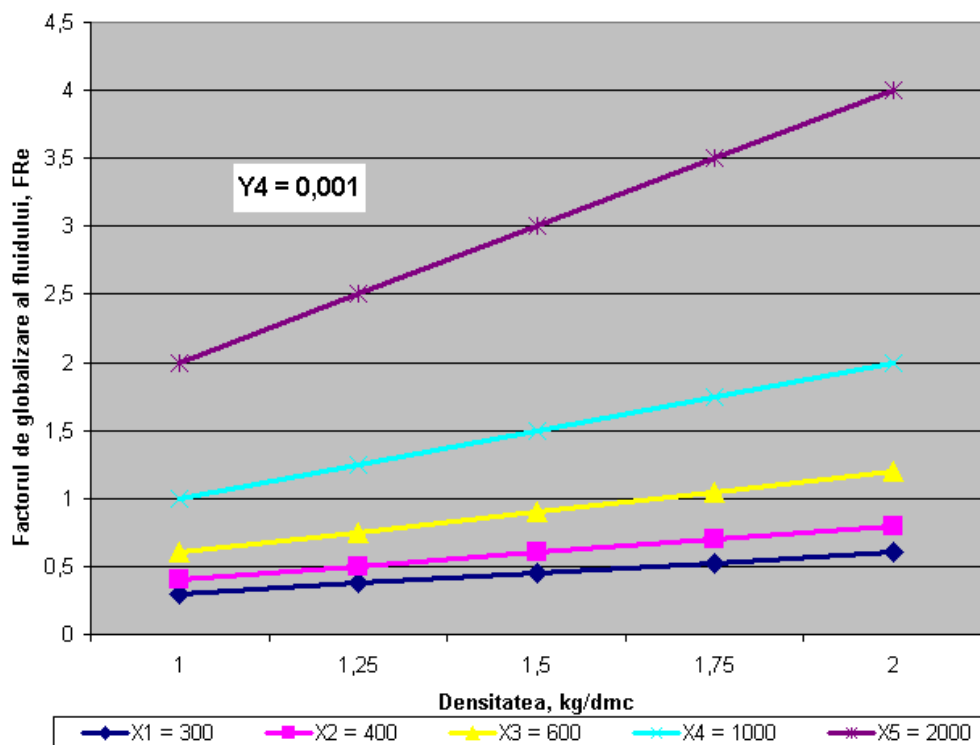


Fig 5.8d Reprezentarea grafică a factorului de influență reologică  $F_{Re}$ , pentru  $Y4 = 0,001$

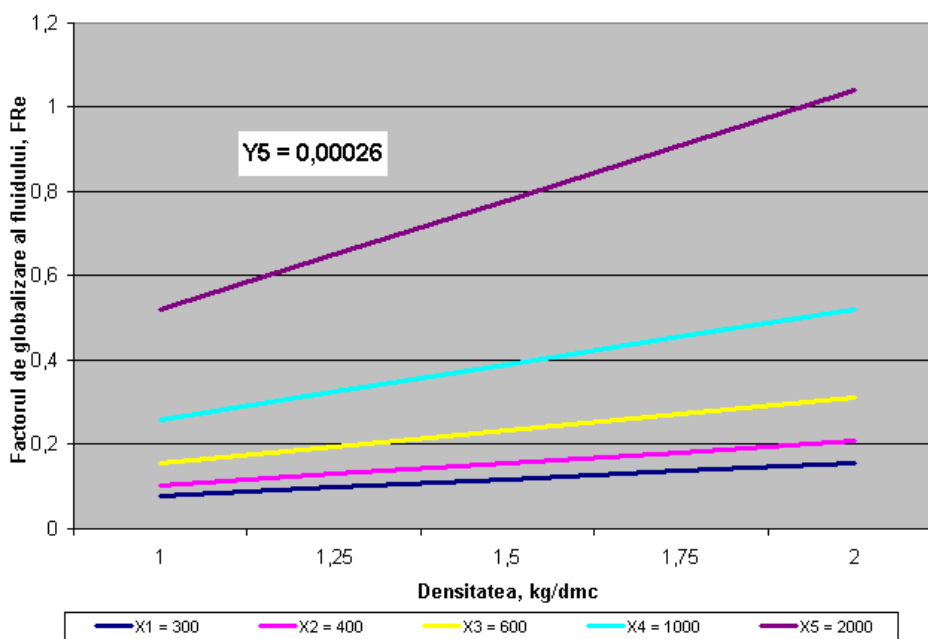


Fig 5.8e Reprezentarea grafică a factorului de influență reologică  $F_{Re}$ , pentru  $Y_5 = 0,00026$

Situația de calcul a funcției  $F_{Re}$  se prezintă astfel:

k, j, i	$X_k$	$Y_j$	Densitatea $\rho_i$ , kg/dm <sup>3</sup>
1	300	0,0036	1
2	400	0,00166	1,25
3	600	0,00125	1,5
4	1000	0,001	1,75
5	2000	0,00026	2

- Se precizează pentru situația de referință:  
 $\rho_{fr}$ , kg/ dm<sup>3</sup> = 1,3 kg/ dm<sup>3</sup>;  
 $d_{dr}$ , mm = 18 mm;  $D_{dr} \cong d_{dr}^2 = 18^2 = 324$   
 $v_{fr}$ , m/ s = 80 m/ s;  $\eta_{fr}$ , cP = 20 cP.
- Se alege diagrama corespunzătoare pentru domeniul densității fluidului Y.  
 -pentru  $\rho_f < 1,50$  kg/ dm<sup>3</sup>  
 $Y = Y_2 = 0,00166 \rightarrow$  diagrama de lucru, figura 5.8 b'.
- Se calculează factorul  $X_r$  cu relația:  

$$X_r = \frac{v_r \cdot D_{xr} \cdot \rho_{fr}}{\eta_p} = \frac{80 \cdot 324 \cdot 1,3}{20} \cong 1685$$
- Pentru  $\rho_{fr} = 1,3$  kg/ dm<sup>3</sup> și  $X_r = 1685$ , din diagrama figurii 5.8 b rezultă punctul  $M_r$ .
- Pentru punctul  $M_r$ , din figura 5.8 b rezultă pe ordonată  $F_{Re} \cong 3,8$ .

Am prezentat modul de lucru pentru câteva din cele 30 de aplicații de la Capitolul 5:

6). Se evaluează situația de referință:

a)  $F_{Re} \cong 3,8$  este apropiat de curba de maximum  $X = 2000$ , ceea ce arată că fluidul de referință (folosit) este corespunzător pentru eficiența dislocării și chiar caracterizarea reologică a fluidului de referință este corespunzătoare.

b) Dacă se urmărește îmbunătățirea performanțelor de avansare cu fluidul de tipul celui de referință se ridică punctul  $M_r$  pe ordonata  $\rho_{fr} = 1,3$  până la  $X=2000$ , obținându-se  $M_r'$ , a cărui ordonată  $F_{Re} \cong 4,5$ , ceea ce evidențiază posibilitatea creșterii performanței de foraj cu până la 18%.

Condițiile de ridicare a punctului  $M_r$  în  $M_r'$  se identifică aplicând relația:

$$C = \frac{v_s \cdot D_r^*}{\eta_{fr}} = \frac{X}{\rho_{fr}} = \frac{2000}{1,3} = 1538.$$

Prin corectarea în limitele acceptate de rețeta fluidului de foraj se poate modifica  $\eta_{fr}$  în sensul creșterii/ scăderii valorii și, corelat cu schimbarea vitezei de jet  $v_{jp}$  și a factorului diametrului hidraulic  $D_p^*$  pentru a realiza condițiile  $C=1538$

c). Pentru situațiile în care alegerea fluidului de foraj trebuie făcută pentru o densitate  $\rho_{fp}$ , mai mică/ mai mare decât  $\rho_{fr}$  se mută poziția punctului  $M_r$  în funcție de  $\rho_{fp}$  pentru ordonata  $F_{Re}$  într-un punct  $M'$  sau  $M''$ . La creșterea  $\rho_{fp}$  valorile pentru  $X$  scad, iar la scăderea  $\rho_{fp}$  valorile lui  $X$  cresc pentru a se asigura aceleași performanțe de foraj.

Pentru funcțiile  $M_p'$  sau  $M_p''$ , după caz se calculează:

$$X_p = \frac{F_{Re}}{Y_j \cdot \rho_{fp}}, \text{ respectiv: } X_p' \cong \frac{3,8}{0,00166 \cdot 1,5} \cong 1526 \quad X_p'' \cong \frac{3,8}{0,00166 \cdot 1,118} \cong 2047$$

d) Dacă se urmărește creșterea performanțelor prin proiectarea fluidului de foraj programat se procedează astfel:

-pentru situația  $M_p'$ , unde  $X_p' \cong 1526$  nu este necesar a urmări creșterea valorilor pentru  $X_p$ ,  $\eta_{fp}$ , ci se corectează în funcție de recomandările specifice rețetei fluidului și se corelează cu  $v_{jp}$  și  $D_p^*$  pentru a obține  $X_p = F_{Re} / Y_j \cdot \rho_{fp}$ .

-pentru situația  $M_p''=1526$ , creșterea performanțelor de avansare la o valoare  $F_{Rep} > F_{Rer}$  se poate stabili prin creșterea  $X_p > X_r$ , respectiv: se calculează:

$$X_p = X_R \cdot \left( \frac{\rho_{fr}}{\rho_{fp}} \right) \cdot \left( \frac{F_{Rep}}{F_{Rer}} \right)$$

Și pentru raportul  $F_{Rep} / F_{Rer}$  acceptat se determină  $X_p$  pentru care se identifică valorile posibile pentru:  $v_{jp}$ ,  $D_p^*$  și  $\eta_{fp}$  care satisfac valoarea  $X_p$  sau, pentru raportul  $X_p / X_r$ , unde  $X_p > X_r$  se calculează:

$$F_{Rep} = F_{Rer} \cdot \left( \frac{X_p}{X_r} \right) \cdot \left( \frac{\rho_{fr}}{\rho_{fp}} \right) \quad \text{Pentru:}$$

$$F_{Rer} = 3,8 \quad X_p = 2000 \quad X_r = 1685 \quad \rho_{fp} = 1,5 \text{ kg/ dm}^3 \quad \rho_{fr} = 1,3 \text{ kg/ dm}^3 \quad \text{rezultă:}$$

$$F_{Rep} = 3,8 \cdot \left( \frac{2000}{1685} \right) \cdot \left( \frac{1,5}{1,3} \right) = 5,2,$$

ceea ce evidențiază **posibilitatea îmbunătățirii performanțelor de foraj** (viteza de avansare), față de situația de referință, cu

$$\frac{F_{Rep}}{F_{Rer}} = \frac{5,2}{3,8} \cong 1,37, \quad \text{adică aproximativ } 37 \%.$$

## Procedura aproximativă de alegerea programului sabelor de foraj.

**Principiile procedurii:** caracterizarea Bingham a procesului de foraj, folosind datele obținute prin monitorizarea obișnuită (curentă) a forajului; caracterizarea sabelor de foraj cu role; caracterizarea generală a pachetelor stratigrafice relativ omogene.



### Procedura:

1'. Se precizează **datele situației de referință**: pachetul stratului relativ omogen; **tipul sapei de foraj** folosite (referință):  $D_{sr}, in; D_{sr}, mm$ ; **tipul fluidului** de foraj folosit (referință).

**Regimul de foraj** folosit (referință): regimul **mecanic**:  $G_{sr}, tf; N_{re}, rot/min$ ; regimul **hidraulic**:  $Q_r, l/s; P_{hsr}, CP_h; v_{jr}, m/s$ ; Performanțele de foraj (tab.3.10, pag.37-38).

2'. În funcție de caracterizarea complexă a pachetului stratigrafic și tabelele științifice ajutătoare [81] **se estimează apăsarea specifică**, adică **intersecția Bingham** (fig.3.3, pag.24). Relația pentru determinarea apăsării specifice ( $G_c/D_s$ ) este:

$$R_{ir}^* = \left( \frac{h_{sr}}{T_{sr}} \right) \cdot 16,66 \left( \frac{1}{\Theta_r} \right) \left( \frac{1}{N_r} \right), mm/rot, :unde:$$

$\Theta$  este funcția uzurii danturii (v. fig. 5.8 b') care, în situații de nedisponibilitate, în momentul extragerii sapei se acceptă condiția:  $\Theta \cong 0,6$ ;  $G_{sr}/D_s = G_{sr} \cdot 1000/D_s, kgf/mm$

$$m_{cr}^* = \frac{R_{ir}^*}{\frac{G_{ir}^*}{D_s} - \frac{G_c}{D_s}}, \quad K_{sri}^* = 10^{-6} m_{cr}^* \sqrt{10^3 \frac{G_c}{D_s}}.$$

3'. Când:

a)  $K_{sri}^* \cong K_{sr}$ , performanța realizată (de referință) se află pe linia de performanță LP, în condiții minime de spălare perfectă. (Valoarea pentru  $W_c/D_s$  este corespunzător stabilită, iar sapa folosită este adecvată forajului pachetului stratigrafic, relativ omogen);

a<sub>1</sub>) Când  $K_{sri}^{**} \cong K_{sr}$ , rezultă că, în situația de referință procesul s-a aflat pe linia inferioară de performanță LIP, sapa cu care s-a lucrat este corespunzător aleasă, dar trebuie evaluat tipul fluidului și regimul hidraulic.

b)  $K_{sri}^* \ll K_{sr}$ , se calculează:

$$m_{cr}^{**} = \frac{2 \cdot R_{ir}^*}{\left( \frac{G_{ir}^*}{D_s} - \frac{G_c}{D_s} \right)}, \quad K_{sri}^{**} = 10^{-6} \cdot m_{ci}^{**} \cdot \sqrt{10^3 \cdot \frac{G_c}{D_s}},$$

b<sub>1</sub>) Când  $K_{si}^{**} \cong K_s$  rezultă că procesul de foraj s-a desfășurat pe linia de performanță LP și sapa recomandată poate rămâne în forma cea de referință sau una cu  $K_{sr}$  ușor mai mic decât cel de referință și trebuie evaluat tipul fluidului și regimului hidraulic;

b<sub>2</sub>) Când  $K_n^{**} > K_{si}$ , rezultă că procesul de foraj s-a desfășurat între linia de performanță și linia inferioară de foraj, caracterizarea pachetului stratigrafic este bine făcută prin  $W_c/D_s$  și îmbunătățirea performanțelor de foraj se poate realiza prin recalcularea regimului hidraulic la sapă;

b<sub>3</sub>) Când  $K_{si}^{**} < K_{si}$ , rezultă că procesul de foraj s-a desfășurat pe linia de performanță LP, dar caracterizarea pachetului prin intersecția  $W_c/D_s$  s-a exagerat. (Este posibil să se recomande alegerea unei sapei cu  $K_s$  relativ mai mic decât  $K_{si}$ ).

c) când  $K_{si} \gg K_s$ ,

$$m_{ci}^{**} = \frac{2 \cdot R_{in}}{\left( \frac{G_{ir}^*}{D_s} - \frac{G_c}{D_s} \right)}, \quad K_s^{**} = 10^{-6} \cdot m_{ci}^{**} \cdot \sqrt{10^3 \cdot \frac{G_c}{D_s}},$$

c<sub>1</sub>) Când  $K_{si}^{**} \cong K_s$  rezultă în situația de referință că procesul de foraj s-a aflat pe linia de performanță LP și sapa recomandată poate rămâne cea de referință sau cu un  $K_{sr}$  ușor mai mic decât cea de referință;

c2) Când  $K_{si}^{**} > K_{si}$  rezultă că procesul de foraj s-a desfășurat pe linia de performanță LP, și linia inferioară de performanță LIP, caracterizarea pachetului stratigrafic este relativ conformă cu prin  $G_c/D_s$  și cu posibilități de îmbunătățire a performanțelor de foraj prin reevaluarea regimului hidraulic la sapă;

c3) Când  $K_{si}^{**} < K_{si}$  rezultă că procesul de foraj s-a desfășurat pe linia de performanță LP, dar caracterizarea pachetului prin intersecția  $G_c/D_s$  s-a făcut puțin exagerat. (Este posibil să se recomande alegerea unei sape cu  $K_s$  relativ mai mic decât  $K_{si}$ ).

### Aplicație:

1. Se precizează **datele situației de referință**: pachetul stratigrafic relativ omogen; structura geologică: Caragele-Făurei; adâncimea aproximativă: 1800-2000m; intervalul denumit: V– Miocen; descrierea litologică: gresie cuarțoasă; caracterizarea tăriei (estimată); tărie medie (M); intersecția Bigham: 25-50 kgf/mm; sapele de foraj aplicate: tip de sapă: Smith XR-IADC 117; diametrul sapei:  $D_s=8\frac{1}{2}$ in, 215,9mm; factorul de capacitate al sapei:  $K_{sr} \cong 8,39 \cdot 10^{-6} (m^3/kgf)^{0,5}$ ;  $h_s$ : 310 m/sapă;  $t_s$ : 29 ore/sapă;  $D_D$ : fără precizare;  $D_R$ : fără precizare; fluidul de foraj folosit: tip fluid: tratat cu KCL; caracteristici: densitate: 1,32-1,50 kg/dm<sup>3</sup>; vâscozitate:  $\eta_p=17-25$ cP;  $v_m=57$  s; alte caracteristici: regim hidraulic: debit de fluid:  $Q_f$ : 22-26 l/s; duze la sapă:  $d_1= \dots$  mm,  $d_2= \dots$  mm,  $d_3= \dots$  mm; viteza de jet:  $v_j=88$  m/s; alte caracteristici: - ; regim de foraj: apăsarea pe sapă:  $G_{sr}=10-14$  tf; turația la sapă: ROP=90-120 rot/min; debitul de fluid:  $Q=22-26$  l/s;

2. În raport de caracterizarea situație de referință **se aproximează**:

$$\frac{G'_r}{D_s} \cong 46 \dots 65 \text{ kgf / mm} \quad \text{Ales } \frac{G'_r}{D_s} = 65 \text{ kgf / mm} \quad \text{Ales } \frac{G'_r}{D_s} = 46 \text{ kgf / mm}; \quad Q_r \cong 0,6$$

$$(R'_{ir})_m \cong \left( \frac{h_{sr}}{\tau_{sr}} \right) \cdot 16,66 \left( \frac{1}{Q_r} \right) \cdot \frac{1}{(N_r)_M} = \frac{310}{29} \cdot 16,66 \cdot \frac{1}{0,6} \cdot \frac{1}{120} = 2,47 \text{ mm / rot}$$

$$(R'_{ir})_M \cong (R'_{ir})'_m \cdot \frac{(N_r)_M}{(N_r)_m} = 2,47 \cdot \frac{120}{90} = 3,29 \text{ mm / rot}$$

Și se calculează

$$(m^*_{cr})_m = \frac{(R'_c)_m}{\left[ \frac{G'_r}{D_s} - \frac{G_c}{D_s} \right]_M} = \frac{2,47}{15} = 0,1646$$

$$(K^*_{sri}) \cong 10^{-6} \cdot m^*_{cr} \sqrt{\frac{G_c}{D_s}} = 10^{-6} \cdot 0,1646 \cdot \sqrt{50 \cdot 10^3} = 36,8057 \cdot 10^{-6}$$

$$(m^*_{cr})_M = \frac{(R'_c)_M}{\left[ \frac{G'_r}{D_s} - \frac{G_c}{D_s} \right]_M} = \frac{3,29}{46 - 25} = 0,1567$$

$$(K^*_{sri}) \cong 10^{-6} \cdot m^*_{cr} \sqrt{\frac{G_c}{D_s}} = 10^{-6} \cdot 0,1567 \cdot \sqrt{25 \cdot 10^3} = 24,776 \cdot 10^{-6}$$

3. Se compară  $(K^*_{sri})_{n,M}$  cu  $K_{sr}$ , ca valoare și rezultă  $K^*_{sri} \gg K_{sr}$

$$(K^*_{sri})_m \cong 36,8057 \cdot 10^{-6} \gg K_{sr} \cong 8,30 \cdot 10^{-6} \quad (K^*_{sri})_M \cong 24,7760 \cdot 10^{-6} \gg K_{sr} \cong 8,30 \cdot 10^{-6}$$

Se observă că valorile  $(K_{sri}^*)_{n,M}$  sunt cu mult mai mari decât  $K_{sr}$  al sapei de referință. Aceasta arată caracterizarea situației de referință nu este conformă situației de foraj (caracterizarea complexă a pachetului este eronată); caracterizarea procesului de foraj este nesigură. Se observă că  $(K_{sri}^{**})_{n,M}$  are valori apropiate de  $K_{sr} \cong 8,30 \cdot 10^{-6}$ , aceasta arătând că pentru caracterizarea rocii pachetului se poate accepta  $(W_c/D_s)_c \cong 10$  kgf/mm. Dintre disponibilitățile de sape de foraj se pot alege acele tipuri care au  $K_{sr} = 9 \dots 14 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$ ;

Reconsiderând evaluarea situației de foraj pentru  $(G_c/D_s)_c \cong 10$  kgf/mm. și  $(G_{ip}^*/D_s)_c \cong 65$  kgf/mm, pentru a avea o performanță de forat caracterizată prin  $R_p \cong 4,94$  mm/rot, lucrând cu regimul de foraj  $(G_c/D_s)_p \cong 65$  kgf/mm și  $N_p=120$  rot/min se stabilesc valorile pentru  $m_{cp}$  și

$k_{sp}$  cu relațiile î

$$m_{cp}^{**} \cong \frac{R_p}{\left[ \frac{G_{ip}^*}{D_s} - \left( \frac{G_c}{D_s} \right)_c \right]} = \frac{4,94}{65 - 10} \cong 0,0898$$

$$k_{sp}^{**} \cong 10^{-6} \cdot m_{cp}^{**} \cdot \sqrt{10^3 \cdot \left( \frac{G_c}{D_s} \right)_c} = 10^{-6} \cdot 0,0898 \cdot \sqrt{10^3 \cdot 10} = 8,98 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$$

Se observă că

$$k_{sp}^{**} = 8,98 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5} \cong k_{sr} = 8,30 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$$

Ceea ce justifică alegerea sapei Smith XR IADC 117/8½, pentru programele ulterioare de foraj. Aeste observații pot indica faptul că situația de referință plasează performanța pe linia inferioară de foraj și intersecția Bingham este pe  $(G_c/D_s)_c \cong 10$  kgf/mm

$$m_{cp}^{**} \cong \frac{2 \cdot R_{ir}^*}{\left[ \left( \frac{G_{ir}^*}{D_s} \right)_M - \left( \frac{G_c}{D_s} \right)_c \right]} = \frac{2 \cdot 2,47}{65 - 10} \cong 0,0898$$

$$k_{sr}^{**} \cong 10^{-6} \cdot m_{cp}^{**} \cdot \sqrt{10^3 \cdot \left( \frac{G_c}{D_s} \right)_c} = 10^{-6} \cdot 0,0898 \cdot 100 = 8,98 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$$

$$k_{sr}^{**} = 8,98 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5} \cong k_{sr} = 8,30 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$$

Rezultând că s-a corectat corespunzător intersecția Bingham și, evidențiind faptul că sapa Smith XR IADC 117/8½, este corespunzătoare situației de foraj.

#### 4. Programul sapei alese (recomandate):

-pachetul stratigrafic relativ omogen, in coloana stratigrafică a structurii geologice Caragele-Făurei, identificat ca pachetul V Miocen, decris ca gresie nisipoasă, cuarțoasă se evaluează a avea tăria S, cu intersecția Bingham  $(G_c/D_s)_c \cong 10 - 25$  kgf/mm, fiind recomandată o sapă cu  $K_s \cong 8 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$  destinată forajului, S-SM sau  $K_s > 8 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$  dintre sapele disponibile până la un  $K_s$  maximum  $14 \cdot 10^{-6} (m^3 / kgf)^{0,5}$ , sapa de referință Smith XR IADC 117/8½, este corespunzătoare caracterizării pachetului stratigrafic V-Miocen, cu recomandările:

-este necesar a crește valoarea factorului  $F_{Re}$  al fluidului de foraj;

-este indicat a optimiza regimul de foraj si corelarea puterii hidralice la sapă pentru a asigura „spălarea” perfectă, adică plasarea vitezei de avansare pe linia de performanță din caraterizarea Bingham a procesului de foraj;

-în general rezultă că aprecierea tăriei rocilor s-a exagerat.

Se consideră că:

-intersecția Bingham tinde către  $(G_c/D_s) \cong 10 \text{ kgf/mm}$ ;

-procesul de foraj în situația de referință s-a aflat pe linia inferioară de performanță și atunci valorile pentru  $R_i^{**} \cong 2 \cdot R_i^*$  respectiv

$$R_{i,M}^{**} \cong 2 \cdot 3,29 = 6,58 \text{ mm / rot} \quad R_{i,m}^{**} \cong 2 \cdot 2,47 = 4,94 \text{ mm / rot}$$

Se calculează:

$$\left(m_{cr}\right)_M^{**} \cong \frac{R_{iM}^{**}}{\left[\left(\frac{G_{ir}^*}{D_s}\right)_M - \left(\frac{G_c}{D_s}\right)_c\right]} = \frac{6,58}{65 - 10} \cong 0,1196$$

$$\left(m_{cr}\right)_m^{**} \cong \frac{R_{im}^{**}}{\left[\left(\frac{G_{ir}^*}{D_s}\right)_m - \left(\frac{G_c}{D_s}\right)_c\right]} = \frac{4,94}{46 - 10} \cong 0,1372$$

$$\left(k_{sr}\right)_M^{**} \cong 10^{-6} \cdot \left(m_{cr}\right)_M^{**} \cdot \sqrt{10^3 \cdot \left(\frac{G_c}{D_s}\right)_c} = 10^{-6} \cdot 0,1196 \cdot \sqrt{10^3 \cdot 10} = 11,96 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3 / \text{kgf)}^{0,5}$$

$$\left(k_{sr}\right)_m^{**} \cong 10^{-6} \cdot \left(m_{cr}\right)_m^{**} \cdot \sqrt{10^3 \cdot \left(\frac{G_c}{D_s}\right)_c} = 10^{-6} \cdot 0,1372 \cdot \sqrt{10^3 \cdot 10} = 13,72 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3 / \text{kgf)}^{0,5}$$

Se evidențiază încă o dată posibilitatea de a caracteriza satisfăcător alegerea sapei de foraj prin prelucrarea datelor de referință.

## CAP. 6 RAPORT DE CERCETARE: CONCLUZII, CONSIDERAȚII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Capitolul 6 finalizează lucrarea și cuprinde: premisele tezei de doctorat, dezvoltarea de ipoteze- cu observațiile de rigoare, concluzii, considerații și contribuții personale.

### Contribuții personale

Activitatea de studiu și cercetare desfășurată în cadrul programului tezei de doctorat, sub îndrumarea d-lui prof.univ.dr.ing. Mihai Gheorghioiu și cu consultanța acordată de dl. prof.univ.dr.ing. Iulian Nistor, dl prof.univ.dr.ing. Lazăr Avram, dl.prof.univ.dr. Valentin Batistatu, dl.lect.univ.dr.ing. Șerban Nicolescu precum și a mai multor specialiști din activitatea de producție și cercetare- proiectare s-a concretizat în lucrarea prezentată. Contribuția personală la teza de doctorat s-a subordonat obiectivului temei, exprimat chiar de titlul ei: **Îmbunătățirea procedurilor de alegere a sabelor cu role și a fluidelor de foraj pe structuri din „România”** dezvoltării eficienței, calității și securității sondelor și procesului de foraj.

După premisele, observațiile, studiile și concluziile pregătitoare din capitolele introductive am cercetat, întocmit, ordonat și structurat metodele, procedurile și propunerile pentru alegerea sabelor și fluidelor de foraj care sunt următoarele:

-3.3. „**Model procedural- calculatoriu** pentru proiectarea **soluției optime a programului fluidului de foraj**” (pag.42), -4.3.2 (pag 81) „**Model procedural- calculatoriu pentru proiectarea soluției optime a programului sabelor de foraj**” și, respectiv, „**Model procedural- calculatoriu pentru caracterizarea eficienței programelor de foraj cu diferite programe de fluide ori sape**, cu patru proceduri de alegere a sabelor și fluidelor de foraj: A, B, C și D.

Metodologia structurată pune în evidență **căile și posibilitățile de creștere a randamentului energetic** al procesului de asigurare energetică a dislocării rocilor, precum și **influența unor factori naturali, tehnici și tehnologici asupra consumului de energie** la forarea sondelor. De asemenea, această **metodologie poate aproxima regimul optim de foraj** în criteriul **costului minim al avansării**. În cadrul metodologiei se remarcă îmbunătățirea caracteristicilor sondei având ca primă prioritate **reducerea consumului de energie** în procesul de foraj. (Pentru susținerea procedurilor a fost necesară caracterizarea în detaliu a factorilor caracteristici fluidului de foraj și sabelor de foraj cu role, necesari alegerii acestora, adecvat condițiilor de mediu reprezentat de rocile din coloana stratigrafică, presiuni și temperaturi existente în acest mediu).

-Pe baza analizelor mai multor sape din structura Caragele, pe baza recomandărilor Firmei Mi SWACO MI, firmă care a forat mai multe sonde, în străinătate (Malaezia, Asia de Sud- Est) și la care s- au folosit duze extinse, în concordanță cu formațiunile geologice din România, de până la 1500-1700m adâncime, de vârstă Dacian **propun utilizarea duzelor extinse, eventual combinația dintre două duze extinse cu una miniextinsă sau cu una asimetrică** (în funcție de condițiile de talpă specifice fiecărei sonde, pag.63).

Aportul personal la aceste proceduri și modele procedurale calculatorii este relativ la dezvoltarea exploatării și precizarea modalității de utilizare.

-La alegerea fluidelor și sabelor de foraj (sbc.4.2.2) am evidențiat **reprezentarea globală Bingham**, iar pentru proiectarea regimului optim de foraj, studiul reprezentării globale, pe cale analitică a fiecărui pachet relativ omogen, am cuprins în situația specifică de foraj a pachetelor stratigrafice relativ omogene caracterizarea complexă a pachetului, caracterizarea fluidului și a sabelor de foraj și, din alegerea coroborată a acestora au fost stabilite normele de caracterizare a echilibrului optim în procesul de foraj pentru optimizarea fluidelor de foraj, sabelor și regimului de foraj. O combinație semnificativă la alegerea fluidelor, sabelor și regimului de foraj optim o aduce caracterizarea Bingham globală, se crează condiții dintre cele mai eficiente pentru alegerea fluidelor și sabelor.

-În finalul capitolului 4 am propus două tabele (4.26, pag.94 și 4.27, pag. 95) cu semnificații propuse ale unor modalități de exprimare ale caracterizării uzurii sabelor, respectiv, semnificații propuse ale unor modalități de exprimare ale cauzelor extragerii sabelor , cât mai aproape de notația englezească înspre simplificare. Am reușit în proporție de 73/ 75%.

-Am aplicat metode pentru studiu de caz **aplicații exemplificative** privind alegerea fluidelor și a sabelor de foraj, pe unele structuri geologice din România (Colibași, Piscuri- Filipești și Făurei- Caragele) prin proceduri de lucru pentru care s- au putut asigura datele necesare prin documentarea corespunzătoare. Astfel de proceduri folosite sunt: **studiul de caz** (ex.pentru. structura Colibași s- au folosit date de la 13 sonde: 262, 255, 254, 264, 290, 263, 256, 270, 261, 105, 205, 249 și 228 Colibași), **studiul de proces** (revizuire sau evaluare oficială a procesului de foraj), **studiul de performanță** asupra sabelor de foraj (pag.151-152), **analiză corelativă** a situațiilor din foraj (pe Structura Piscuri- Filipești, pag.138-139, tab. 5.18) și **analiză comparativă**-(pe Str. Caragele, tab.5.23,

pag.147-148), caracterizare sinoptică a situației de foraj, și concluzii personale **pentru fiecare din cele 30 de sonde** (pe Str. Colibași, pag.112-129, pe Structura Filipești și Piscuri- Filipești, pag.131-132; pe Str. Caragele- Făurei, pag.154-159); **studiu de proces** (pe Str. Colibași, pag.112, pe Structura Filipești și Piscuri- Filipești, pag.131 pe Str. Caragele- Făurei, pag.140), privind recomandarea fluidelor de foraj și sânelor de foraj pentru forajul sondelor pe unele structuri geologice din România. Cu excepția studiului de performanță, toate celelalte proceduri evidențiate au la bază caracterizarea geologică complexă a coloanei stratigrafice și programele fluidelor și sânelor din situațiile de foraj anterior aplicate. Desfășurarea lucrărilor de studiu și evaluare este finalizată prin evidențierile programului fluidelor și sânelor și, observații, concluzii, considerații specifice fiecărei structuri.

**Proceduri de alegere a sânelor și fluidelor de foraj** pe baza calculelor, aplicațiilor și **reprezentării grafice generale a factorului de influență reologică după criteriul Reynolds** (pag.156, pentru fluide de foraj și pag 162, pentru sape de foraj).

În ultimul capitol, ca și în toată lucrarea am căutat să fiu cât mai inovativ și original, să o pot reprezenta ca pe un lucru deosebit.