

CURSUL 8

CIMENTAREA FORAJELOR ȘI A PUȚURILOR FORATE

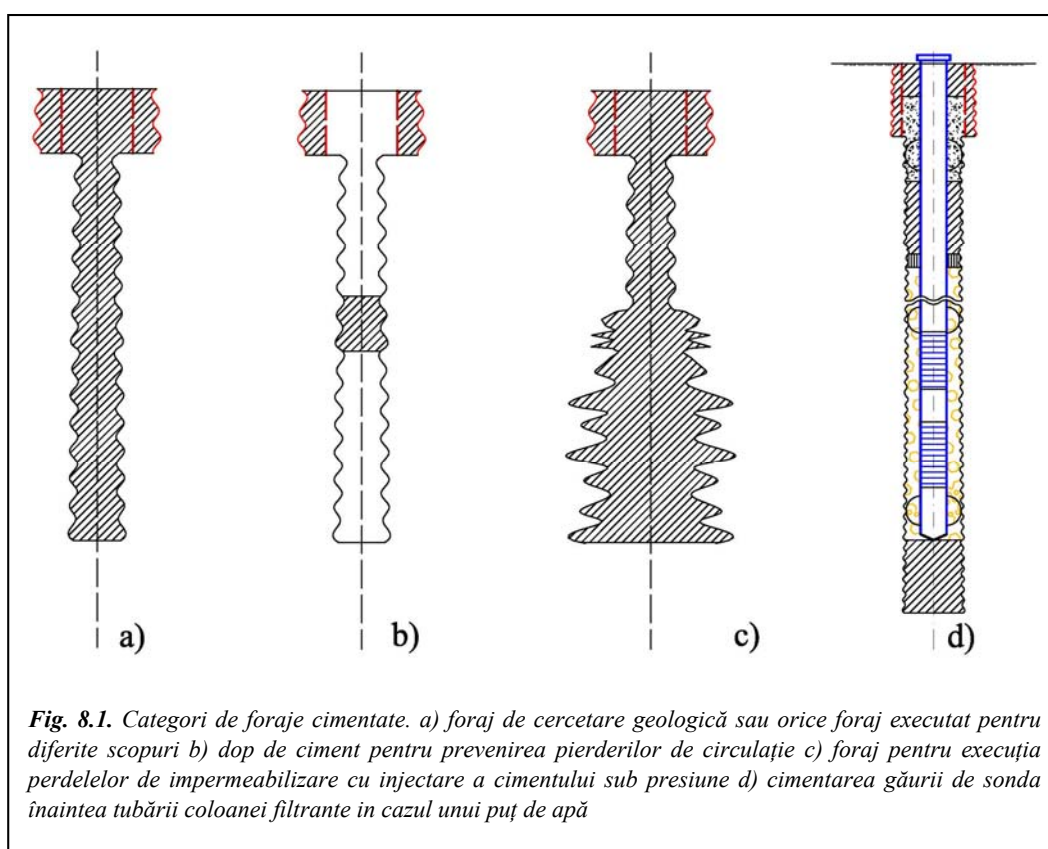
8.1. CIMENTAREA. NOȚIUNI GENERALE

8.1.1. Definirea operațiunilor de cimentare

Operațiunea de cimentare constă în introducerea în găurile de sondă, la anumite presiuni a pastelor de ciment. În urma întăririi, acestea conferă rezistență, impermeabilizează și izolează circulația verticală a fluidelor din diferite formațiuni geologice.

Cimentarea poate fi realizată în:

- găuri de sondă netubate (fig. 8. 1 a și b) pentru izolarea și protejarea mediului geologic, pentru continuarea lucrărilor de foraj în cazul pierderilor de circulație, din alte motive tehnice în timpul



execuției lucrărilor de foraj;

- găuri de sondă netubate pentru anumite lucrări de impermeabilizare (fig. 8.1 c), cum sunt perdelele impermeabile pentru anumite lucrări hidrotehnice, piloți de izolare a incintelor, etc.;
- în găuri de sondă ulterior tubate (fig. 8. 1 c) sau în puțuri forate (fig. 8. 2) constând în cimentarea spațiilor inelare fie pentru consolidarea și fixarea definitivă a coloanelor, fie pentru a împiedica circulația verticală a fluidelor din roci permeabile cu poziție spațială diferită

8.1.2. Obiectivul operațiunilor de cimentare

Scopul operațiunilor de cimentare constă în:

- fixarea rigidă de pereții găurilor de sondă a coloanelor tubate;
- consolidarea formațiunilor geologice instabile;

- izolarea straturilor ce conțin fluide diferite sau a straturilor ce conțin același tip fluid cu proprietăți distincte, a apelor cu grade de puritate diferită sau a apelor contaminate de cele nepoluate;
- stoparea emergenței anumitor gaze;
- oprirea comunicării fluidelor din diferite formațiuni geologice prin spațiul inelar;
- obturarea porilor și a fisurilor rocilor prin care circulă fluidele înmagazinate;
- fixarea coloanelor în găurile de sondă la diferite adâncimi;
- protejarea găurilor de sondă împotriva pierderilor de circulație;
- constituirea penelor de deviație în cazul forajului dirijat;
- protejarea și conservarea zăcămintelor de substanțe minerale utile și a resurselor de apă subterană;
- continuarea activităților de forare a găurilor de sondă la adâncimile proiectate, în cazul accidentelor din timpul forajului care necesită abandonarea și izolarea prin cimentare a tronsonurilor respective și continuarea săpării găurii de sondă pe lângă tronsonul abandonat. Această activitate este curentă în cazul puțurilor forate cu adâncimi mari și foarte mari;
- prevenirea erupțiilor în cazul interceptării straturilor permeabile ce conțin fluide la presiuni foarte înalte;
- protejarea straturilor acvifere împotriva contaminării fie dinspre suprafața terenului, fie din straturile cu poziție spațială inferioară

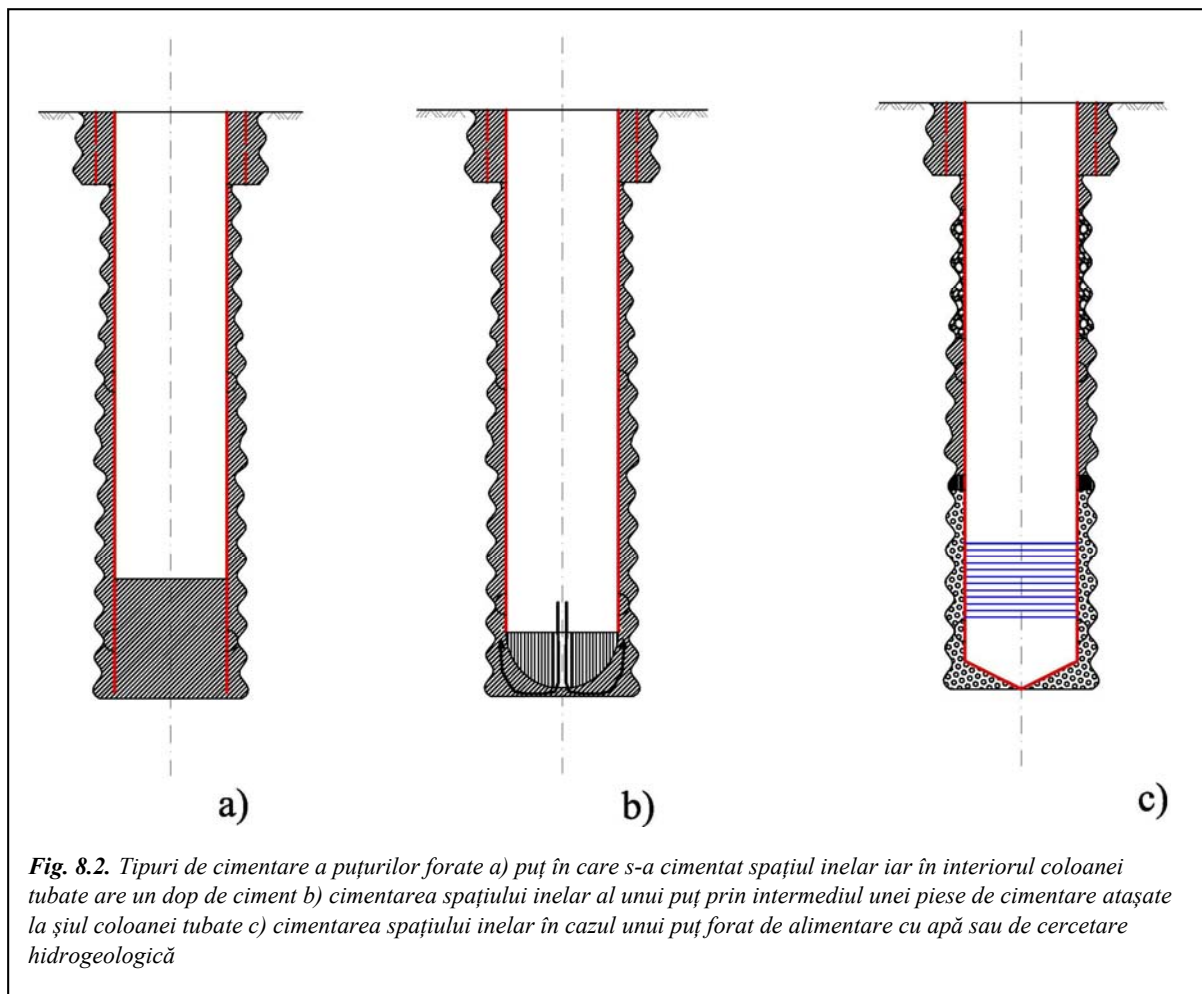


Fig. 8.2. Tipuri de cimentare a puțurilor forate a) puț în care s-a cimentat spațiul inelar iar în interiorul coloanei tubate are un dop de ciment b) cimentarea spațiului inelar al unui puț prin intermediul unei piese de cimentare atașate la șeful coloanei tubate c) cimentarea spațiului inelar în cazul unui puț forat de alimentare cu apă sau de cercetare hidrogeologică

8.1.3. Categorii de cimenturi

Cimenturile folosite în industria construcției puțurilor forate sunt cunoscute sub denumirea comună de cimenturi "portland". Aceasta provine de la localitatea Portland din Marea Britanie, unde au fost produse pentru prima oară.

În cazul forajelor și al puțurilor forate, cimenturile folosite reprezintă un amestec de calcar și material argilos, având componentele principale reprezentate de oxizi de calciu, material silicios și oxizi de aluminiu și fier. După calcinarea materialului calcaros și argilos la temperaturi de 1430 – 1650°C, materialul este sfărâmat sub formă de pudră la care se adaugă o mică cantitate de gips conform (Smith, 1987) cu:

„ 2 părți de calcar și material argilos - argile, marne, etc (CaO și $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) + temperatura de 1430 – 1650°C $\longrightarrow$ zgură calcinată măcinată sub formă de pudră la care se adaugă o proporție de 1.5 – 3 % gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) și $\longrightarrow$ Cimentul Portland (Silicat cu 3 atomi de oxid de calciu – $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$; Silicat cu 2 atomi de calciu – $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$; aluminat cu 3 atomi de oxid de calciu – $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ și aluminoforit cu 4 atomi de oxid de calciu $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)”.

8.1.4. Procese chimice generale în cazul cimentării

Reacția chimică a cimentului uscat cu apă este un proces complex. Aluminatul cu 3 atomi de oxid de calciu se hidratează în prezența apei într-o pastă amorfă sau cel mult coloidală și mai târziu acesta cristalizează. Sulfoaluminatul de calciu rezultat din adaosul de gips, de asemenea cristalizează. Silicatul cu trei atomi de oxid de calciu începe să reacționeze în aproximativ 24 de ore, cu cristalizarea oxidului de calciu, formând în partea bazală un gel. În afara acestor reacții mai au loc și altele, cu procese progresive de hidratare și hidroliză lentă.

8.1.5. Clasificarea cimenturilor

În funcție de cerințe, cimenturile portland îndeplinesc o multitudine de standarde fizice și chimice. În procesul de execuție al forajelor și al puțurilor forate două standarde au importanță majoră în trasarea categoriilor de cimenturi. Unele dintre standarde sunt după ASTM (American Society for Testing Materials) și API (American Petroleum Institute). Acesta din urmă este utilizat pentru puțurile din industria petrolului dar se folosește pe o scară largă și în execuția puțurilor de apă, etc.

Standardul ASTM C150 prevede 5 clase de cimenturi portland încadrate pe tipuri (tipul I, II, III, IV și V). Cimenturile fabricate pentru industria de petrol sunt rezistente în condiții de presiune și temperatură înalte. Pentru această rațiune standardul API Standard 10 prevede specificații ce acoperă 8 clase de cimenturi după identificate cu literele: A, B, C, D, E, F, G și H. Clasele A, B și C corespund încadrării din ASTM cu tipurile I, II și III, pe când tipurile IV și V nu au corespondență în standardul API.

Prin luarea în considerare a standardelor 10 API și ASTM C 150 sunt descrise în mod sintetic principalele caracteristici ale celor opt clase de cimenturi după cum urmează:

- clasa A corespunde acelor cimenturi folosite în foraje și puțurile forate cu adâncimi de până la 1830 m. Nu au proprietăți speciale și nu sunt mai multe categorii. Aceste cimenturi corespund tipului I din ASTM C150;
- clasa B reprezintă acea categorie de cimenturi folosite până la adâncimea de 1830 m, dar care au rezistență de la moderată la înaltă față de sulfați. Conform cu ASTM C150 aceste cimenturi corespund tipului II;
- clasa C reprezintă acele cimenturi utilizate în puțuri de până la 1830 m au timp de priză rapidă, au rezistență mare la sulfați și reprezintă un ciment cu proprietăți moderate în clasificarea ASTM C150 – tipul III;
- clasa D de cimenturi se folosec pentru puțurile forate cu adâncimi cuprinse 1830 și 3050 m și sunt utilizate pentru temperaturi și presiuni de la moderate înspre înalte;

- clasa E corespunde cimenturilor utilizate pentru puțurile cu adâncimile ce variază între 3050 și 4020 m. Sunt folosite la temperaturi și presiuni ridicate și au rezistență în raport cu sulfații de la moderată la înaltă;
- clasa F este atribuită acelei categorii de cimenturi ce se folosesc în sondele cu adâncimi cuprinse între 3050 și 4880 m. Au proprietăți fizice și chimice specifice condițiilor extreme de temperatură și presiune. Din punctul de vedere al rezistenței față de sulfați, aceasta este de la moderat înspre înaltă;
- clasa G include acele cimenturi care se folosesc în cazul forajelor de până la 2400 m. Această categorie de cimenturi au incluși în compoziția lor accleratori și retardanți în vederea acoperirii unui spectru cât mai larg de adâncime și temperatură. Nu au în structura lor sulfați de Ca. Au rezistență în raport cu sulfații de la moderată la înaltă.
- Clasa H este asemănătoare clasei G, numai că cimenturile acestei categorii au rezistență moderată față de sulfați.

8.1.5.1. Cimenturi speciale

În categoria cimenturilor speciale sunt incluse cimenturile pozzolanice, cimenturile pe bază de gips și cimenturile expandabile

Cimenturile pozzolanice Sunt cimenturile din categoria portland și au în compoziția lor anumite materiale silicioase. Aceste pot include silice naturală sau artificială cum ar fi materiale de origine vulcanică sau materiale naturale tratate termic ca în cazul argilelor și șisturilor argiloase, a rocilor silicioase sau a cenușii rezultate în urma arderii cărbunilor. Atunci când cenușa se combină cu hidroxidul de calciu rezultă un ciment extrem de dur cu grad de impermeabilizare foarte ridicat.

Cimenturi gipsifere sunt cimenturile cu forme semihidratate ale sulfatului de calciu ($\text{Ca SO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). Proprietatea lor esențială constă în stabilitate și consolidarea rapidă. În amestec de 8 – 10 % cu cimenturile din clasa API A aceste paste au proprietăți tixotropice. În puțuri, în cursul procesului de cimentare, datorită tixotropiei pastele fluide au proprietatea de a nu reveni înspre nivelul de echilibru. Cimenturile gipsifere în combinație cu cimenturile portland sunt utilizate pentru a crea dopuri impermeabile în cazul pierderilor de circulație.

Cimenturile expandabile Această categorie de cimenturi se dilată în găurile de sondă în anumite condiții. Procesul de dilatare are loc în urma adăugării de sulfoaluminat hidratat de calciu. Din punct de vedere comercial cimenturile expandabile se regăsesc încadrate în trei tipuri K, S și M.

Tabelul nr. 8.1. Temperaturile și presiunile la injectare a unor clase de ciment și rezistența acestora după 24 de ore de la finalizarea operațiunii de cimentare

Temperatura °C	Presiune inj. bar	Rezistența la compresiune după 24 de ore (bar)				
		clasa A	clasa C	clasa G	clasa H	clasa D și E
15.56		43.05	54.6	30.8	22.75	
26.67		102.9	130.9	82.95	74.55	
35.00	56	145.95	141.05	177.8	147.7	
43.33	112	204.75	189.35	204.05	176.75	
60.00	210	353.5	249.2	294	221.2	213.15
76.67	210	414.4	259.7	338.1	313.95	290.5
93.33	210			357.7	320.25	334.25

Variatatea cimenturilor utilizate în industria forării găurilor de sondă și a construcției puțurilor forate este foarte largă. În afara claselor principale pentru pastele de ciment se utilizează o multitudine de aditivi cu rolul de accelera sau încetini timpi de consolidare și de a ridica sau coborâ densitatea acestora.

Tabelul nr. 8.2. Temperaturile și presiunile la injectare a unor clase de ciment și rezistența acestora după 72 de ore de la finalizarea operațiunii de cimentare

Temperatura	Presiune inj.	Rezistența la compresiune după 72 de ore (bar)				
°C	bar	clasa A	clasa C	clasa G	clasa H	clasa D și E
15.56	0	200.9	177.45			
26.67	0	289.1	275.45			
35.00	56	326.9	287.35			
43.33	112	408.8	334.6			
60.00	210	458.5	347.2		498.75	280
76.67	210	434.7	312.2	397.95	511.7	379.75
93.33	210			515.2	693	414.4

Dintre acceleratorii de priză sau de consolidare a pastelor de ciment se enumeră clorura de calciu (CaCl_2), hidroxidul de sodiu (NaOH) și de potasiu (KOH) și clorura de sodiu (NaCl). Pe de altă parte carbonatul de calciu (CaCO_3) crează încetinirea procesului de consolidare a pastelor de ciment, ca de altfel și adaosul de bentonită, transgel, polimeri, gips, etc.

Clorura de calciu (CaCl_2) este un material higroscopic ce absoarbe apa și se utilizează într-un ados de 2 – 4 %, în funcție de greutatea volumetrică a cimentului. Pe măsura creșterii concentrației în clorură de calciu timpul de întărire al pastei de ciment se reduce de aproape patru ori. Clorura de sodiu este accelerator în condițiile în care este adăugată între 1.5 și 5 % din greutatea cimentului. Efectul optim îl are atunci când este folosită în concentrații de 2 - 2.5 %. Atunci când este adăugată în concentrații foarte ridicate aceasta are efect retardant.

În multe dintre situații este necesară reducerea densității pastelor de ciment. Utilizarea bentonitei pentru o mulțime de clase de cimenturi în concentrație de 2 – 16 % din greutatea cimentului, reduce atât greutatea volumetrică a pastei de ciment, cât mai ales vâscozitatea, creând multă flexibilitate în amplasarea pastelor în găurile de sondă sau în spațiile inelare. De asemenea se obțin cimenturi ușoare prin adăugarea cu pozzolani, aceste grupe de cimenturi fiind utilizate pentru forajele cu diametru destul de mare pentru coloanele de ghidaj sau cel mult pentru coloanele intermediare.

Pentru reducerea frecării interne în pastele de ciment se adaugă o serie de materiale cu rol dispersant. Acestea au rolul de a reduce frecările interne în circulația pastelor de ciment și de a îmbunătăți procesul de curgere al acestora. Polimerii sunt acei dispersanți cu un grad de utilizare foarte largă. Adăugarea polimerilor reduce vâscozitatea pastelor de ciment, iar în funcție de materialul utilizat timpul de consolidare crește sau se reduce.

Utilizarea gipsului ca aditiv într-un procent de 4 - 10 % din greutatea cimentului contribuie la crearea de dopuri de ciment pentru prevenirea pierderilor de circulație. În același timp prezența acestui aditiv produce efect tixotropic la nivelul pastelor de ciment, îmbunătățind expandarea cimenturilor în timpul consolidării, asigurând astfel o izolare cât mai bună a spațiilor inelare.

În afara celor prezentate, la pastele de ciment mai pot fi o sumedenie de materiale cum ar fi țesăturile din foi de mică, din azbest, nisip cuarțos etc. Adăugarea nisipului cuarțos este utilizată în operațiunile de deviere a găurilor de sondă prin crearea unor dopuri de ciment extrem de dure.

8.1.6. Pastele de ciment (eng. cement slurry)

Pasta de ciment reprezintă amestecul dintre cimentul sub formă de pulbere, apă și aditivi. În calcul cimentării găurilor de sondă sau a spațiilor inelare în constituirea pastei de ciment și în operațiunea de cimentare cunoașterea raportului dintre cantitatea de ciment și cantitatea de apă are importanță majoră în constituirea pastei de ciment.

Factorul apă ciment m reprezintă raportul dintre masa de apă în Kg și masa de ciment în kg potrivit relaiei:

$$m = \frac{q_a}{q_c} \quad (8.1)$$

În care:

q_a este masa de apă (kg)

q_c este masa de ciment (kg)

De regulă factorul apă ciment are valori cuprinse între 0.4 și 0.6. Atunci când factorul apă ciment este 0.4 greutatea volumetrică a pastei de ciment este de 1.95 Kg/dm³, iar atunci când raportul dintre masa de apă și masa de ciment este de 0.6 greutatea volumetrică a pastei de ciment coboară la 1.75 Kg/dm³.

Pentru realizarea cimentării într-o gaură de sondă, volumul de pastă de ciment se calculează ca volum al găurii de sondă multiplicat cu un coeficient de neuniformitate potrivit formulei:

$$V_{pc} = c \frac{\pi}{4} D_g^2 H \quad (8.2), \text{ unde s-au folosit notațiile:}$$

c - coeficientul de neuniformitate $c = 1.1 - 1.2$

D_g - diametrul găurii de sondă (m)

H - înălțimea pe care se realizează cimentarea sau în cazul în care cimentarea este completă, această mărime reprezintă întreaga adâncime a găurii de sondă (m)

În cazul puțurilor forate, atunci când sunt cimentate spațiile inelare dintre găurile de sondă și coloanele tubate, determinarea volumelor de pastă de ciment se determină (fig. 8.3) conform relației de calcul:

$$V_{pc} = c \frac{\pi}{4} [(D_g^2 - D_{ec}^2)H + D_{ic}^2 H_i] \quad (8.3), \text{ în care } c \text{ este coeficientul de neuniformitate al găurii de sondă, } D_g \text{ reprezintă diametrul găurii de sondă (m), } D_{ec} \text{ este diametrul}$$

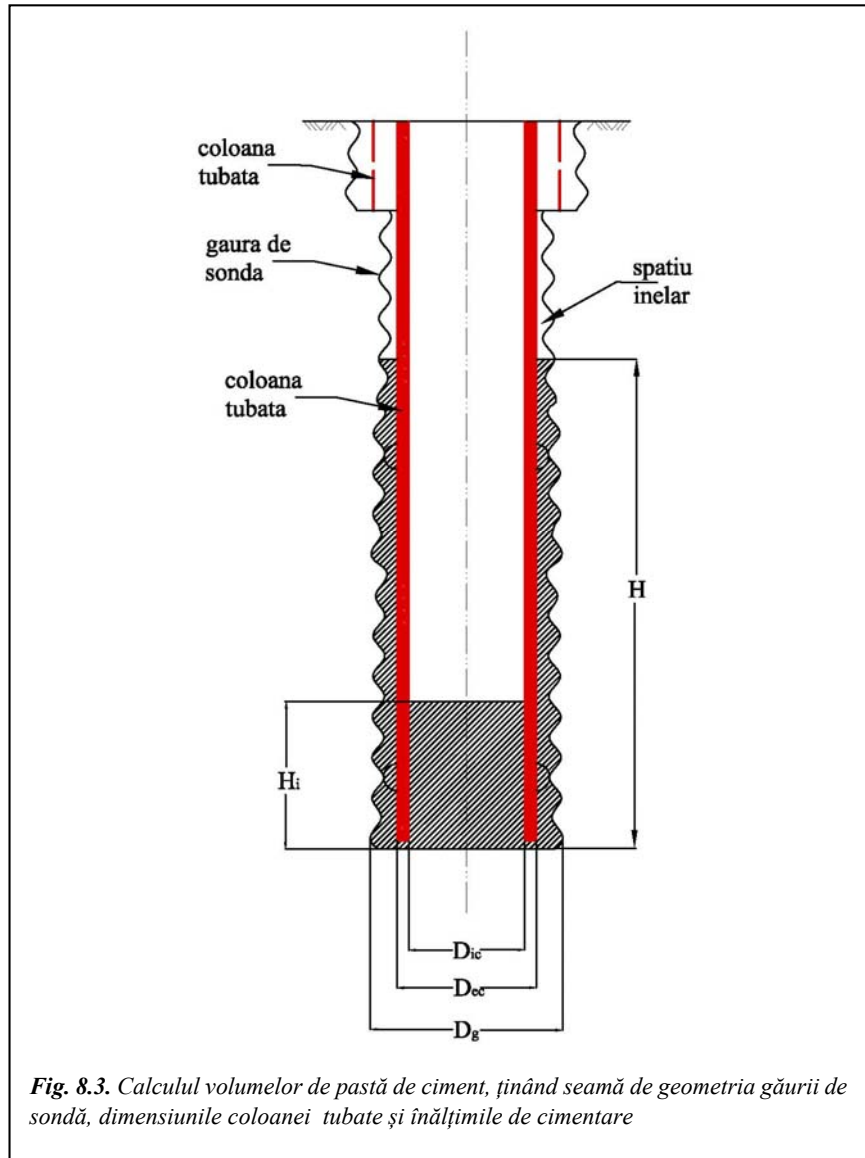


Fig. 8.3. Calculul volumelor de pastă de ciment, ținând seamă de geometria găurii de sondă, dimensiunile coloanei tubate și înălțimile de cimentare

exterior al coloanei tubate (m), D_{ic} diametrul interior al aceleiași coloane, H înălțimea pe care se realizează inelul de ciment (m), iar H_i este înălțimea dopului de ciment din interiorul coloanei.

În cazul în care cimentarea se realizează direct prin țevi introduse în spațiul inelar, atunci relația (8.3) se scrie sub forma simplificată:

$$V_{pc} = c \frac{\pi}{4} (D_g^2 - D_{ec}^2) H \quad (8.4.)$$

Prin cunoașterea volumelor de pastă de ciment necesare cimentării găurilor de sondă și a spațiilor inelare în cazul puțurilor forate se calculează cantitățile necesare atât pentru ciment, apă și aditivi după cum urmează:

$$V_{pc} = V_c + V_a \quad (8.5), \text{ în care } V_c \text{ și } V_a \text{ reprezintă în } m^3, \text{ volumele de ciment și respectiv apă pentru necesarul de pastă de ciment.}$$

Luând în considerare factorul apă ciment (8.1) și ținând seama de greutatea volumetrică γ_c și γ_a ale cimentului și apei exprimate (tf/m³) rezultă că relația factorului apă / ciment mai poate fi scrisă sub forma

$$m = \frac{\gamma_a(\gamma_c - \gamma_{pc})}{\gamma_c(\gamma_{pc} - \gamma_a)} \quad (8.6)$$

Iar

$$\gamma_{pc} = \frac{\gamma_a \gamma_c (1+m)}{(\gamma_a + m \gamma_c)} \quad (8.7)$$

unde γ_{pc} reprezintă greutatea volumetrică a pastei de ciment (tf/m³).

Ținând seama de relațiile (8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 și 8.7) rezultă cantitățile de ciment q_c și volumele de apă q_a exprimate în t_{ciment}/m³ pastă de ciment și respectiv în m³ apă/m³ pastă de ciment, conform cu ecuațiile:

$$q_c = \frac{\gamma_a \gamma_c}{\gamma_a + m \gamma_c} \quad (8.8)$$

și

$$V_a = \frac{m \gamma_c}{\gamma_a + m \gamma_c} \quad (8.9)$$

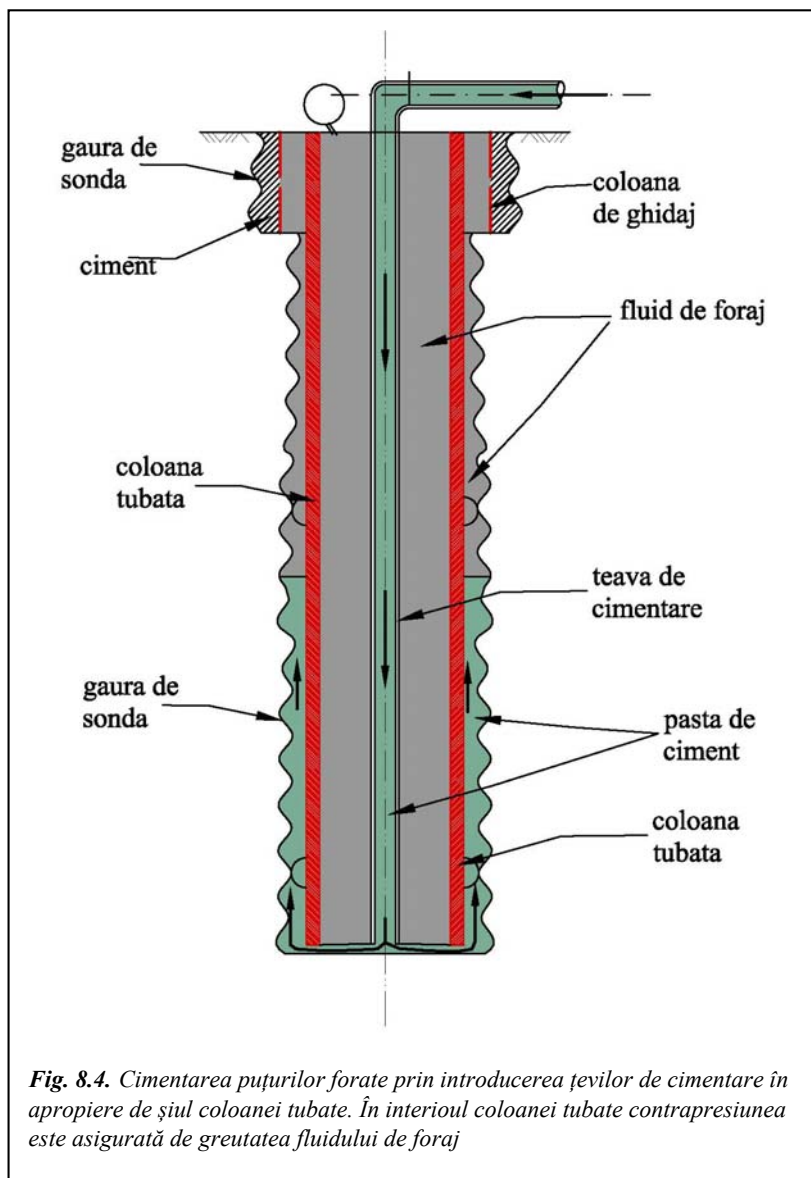


Fig. 8.4. Cimentarea puțurilor forate prin introducerea țevilor de cimentare în apropiere de șul coloanei tubate. În interiorul coloanei tubate contrapresiunea este asigurată de greutatea fluidului de foraj

8.1.7. Metode și tehnici de realizare a cimentării

Metodele și tehnicile de cimentare a găurilor de sondă și a puțurilor forate diferă de la caz la caz. Ele au largă varietate în funcție de echipamentele disponibile, de gradul de dificultate, presiunile din găurile de sondă, temperaturi, etc. Aceste aspecte implică nu numai alegerea tipurilor de cimenturi, a pastelor de ciment și aditivilor ci și selectarea metodelor de amplasare ale acestora în găurile de sondă netubate sau tubate. În cazul puțurilor forate cu adâncimi mari și presiuni ridicate, cimentările sunt executate de unități specializate, care operează numai în acest domeniu.

În urma acestor considerente se disting o serie de metode de fixare a pastelor de ciment specifice găurilor de sondă și o varietate mult mai mare de realizare a inelelor de ciment în cazul puțurilor forate. Astfel sunt metode specifice pentru forajele de cercetare geologică sau investigare geotehnică, piloni foraj, perdele de cimentare, etc. și metode de cimentare a coloanelor tubate cum ar fi cimentarea prin interiorul coloanelor tubate, prin spațiul inelar folosind țevi de cimentare, cimentare prin interiorul coloanelor având piese de cimentare, cimentarea prin interiorul coloanelor folosind dopuri de cimentare și cimentarea cu echipamente speciale, precum și cimentări sub presiuni înalte.

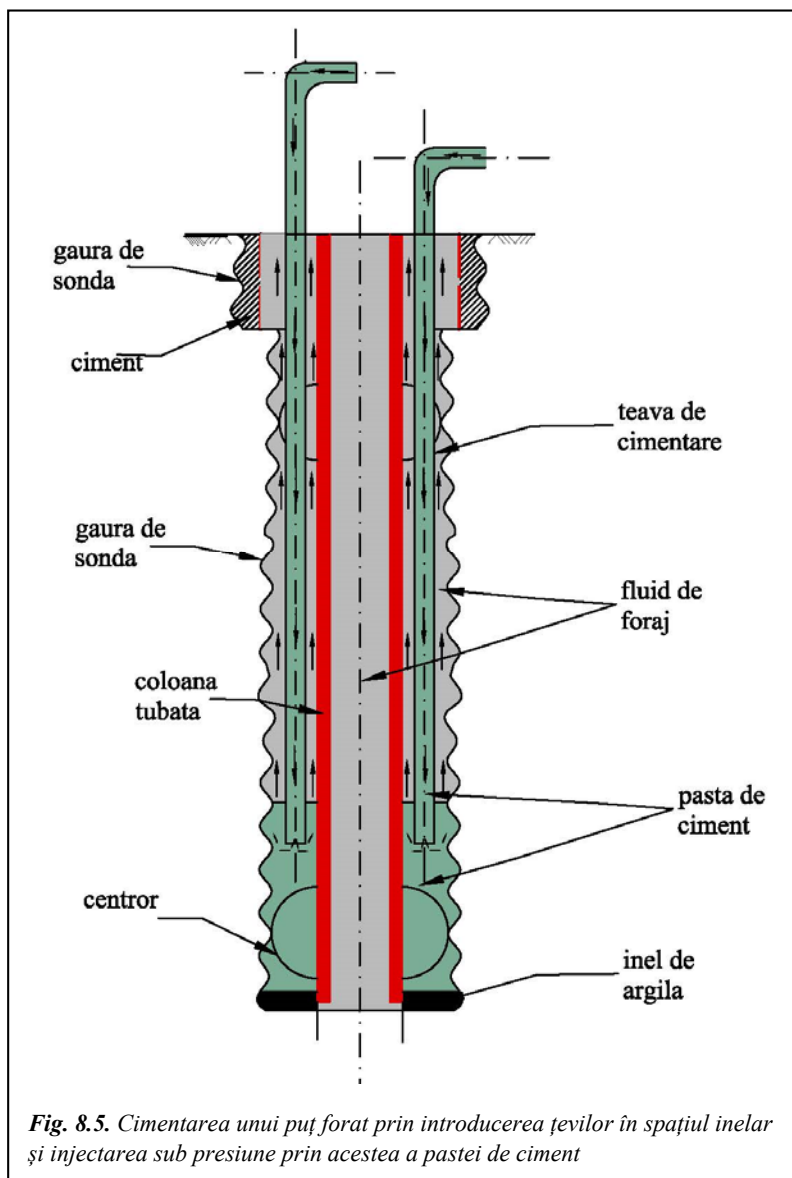


Fig. 8.5. Cimentarea unui puț forat prin introducerea țevilor în spațiul inelar și injectarea sub presiune prin acestea a pastei de ciment

8.1.7.1 Cimentarea forajelor și a găurilor de sondă abandonate

Acest tip de cimentare este obligatoriu a fi efectuat pentru orice gaură de sondă din scoarța terestră, după atingerea scopului pentru care fost executată. Rolul cimentării este de a proteja mediul geologic împotriva deteriorării prin surpări necontrolate și de a împiedica transferul fluidelor între stratele permeabile sau dinspre sau înspre suprafața terenului.

Dopurile de ciment sunt plasate prin injecție sub presiune, fie folosind packere sau poduri din dopuri de ciment. În cazul forajelor de cercetare geologică sau geotehnică, găurile de sondă sunt cimentate de la adâncimea finală până la suprafață prin injectarea pastei de ciment printr-o țevă de cimentare și dislocuirea din gaură de sondă a fluidului de foraj cu pasta de ciment.

În cazul altor găuri de sondă, cum sunt cele în roci neconsolidate cimentarea se produce cu linguri de lăcărit cu diametre mai mari după care coloana de susținere este extrasă înaintea consolidării pastei de

ciment. În situația perdelor de cimentare, forajele se execută la distanțe mici unul față de altul, iar pasta de ciment este injectată la presiune înaltă în gurile de sondă, crându-se astfel perdelele de ciment în jurul unui obiectiv.

8.1.7.2. Cimentarea puțurilor forate

a) *Cimentarea prin prăjini sau tubing în interiorul coloanelor fără piese de cimentare (eng. cementing through casing – the Bradenhead method)*

În cazul acestei metode gaura de sondă este tubată cu coloană fără piesă de fund, fixată cu cel puțin 0.5 m față de adâncimea finală. Gaura de sondă și coloana tubată sunt umplute cu fluid de foraj. În interiorul coloanei tubate se introduc fie prăjini de foraj, fie țevi de cimentare conectate la un echipament de pompare. Pasta de ciment este injectată (fig.8. 4) prin prăjini sau prin țevi, astfel încât volumul injectat dislocuie fluidul de foraj din spațiul inelar, realizându-se cimentarea.

b) *Cimentarea prin țevi introduse în spațiul inelar (eng. outside or annulus cementing through tubing – the trmie method – fig. 8.5)*

Într-o mare parte dintre situații, în special în cazul puțurilor de cercetare hidrogeologică sau de alimentare cu apă sau al puțurilor cu diametre mari și foarte mari a căror adâncime de regulă este mai mică de 500 – 700 m, cimentarea spațiilor inelare se produce prin introducerea a două sau mai multe țevi în spațiul inelar dintre gaura de sondă și coloana tubată până în apropierea adâncimi de fixare a coloanei. Țevile sunt conectate la echipamente de pompare care injectează pasta de ciment în spațiul inelar. Aceasta dislocuie în mod ascendent fluidul de foraj existent în gaura de sondă. În

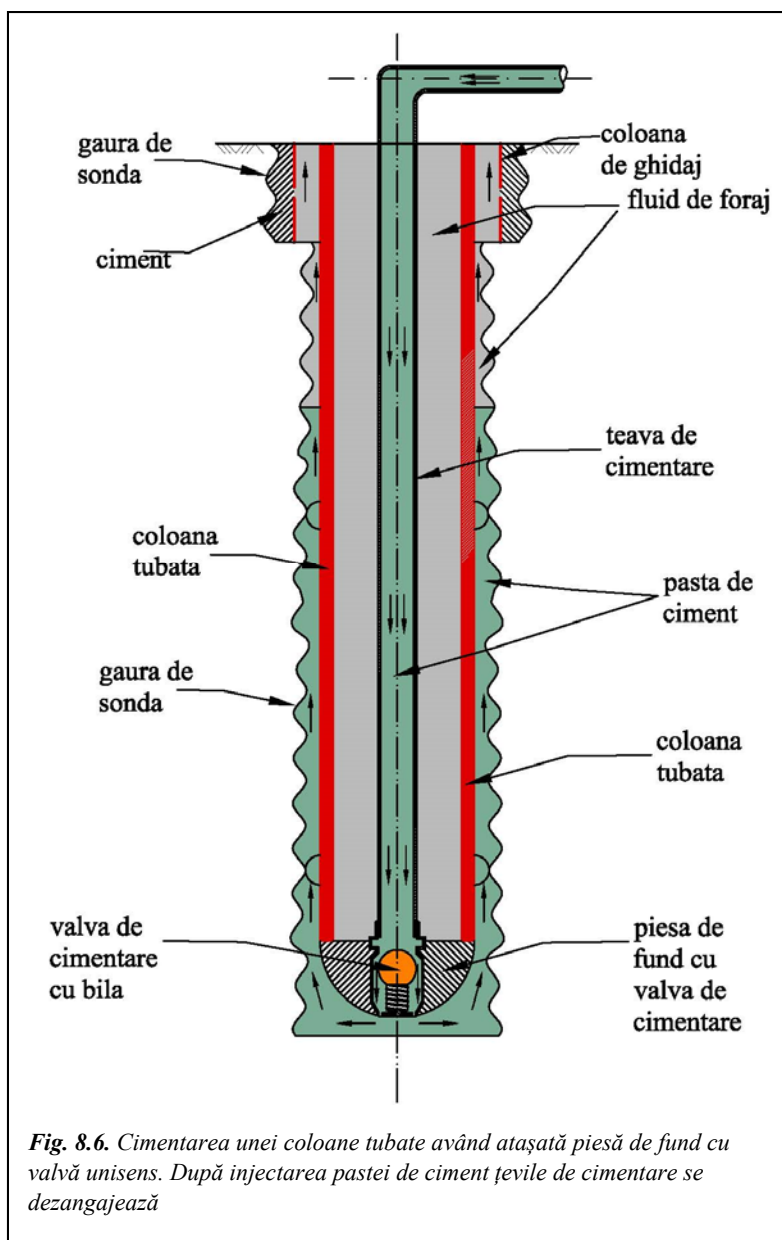


Fig. 8.6. Cimentarea unei coloane tubate având atașată piesă de fund cu valvă unisens. După injectarea pastei de ciment țevile de cimentare se dezangajează

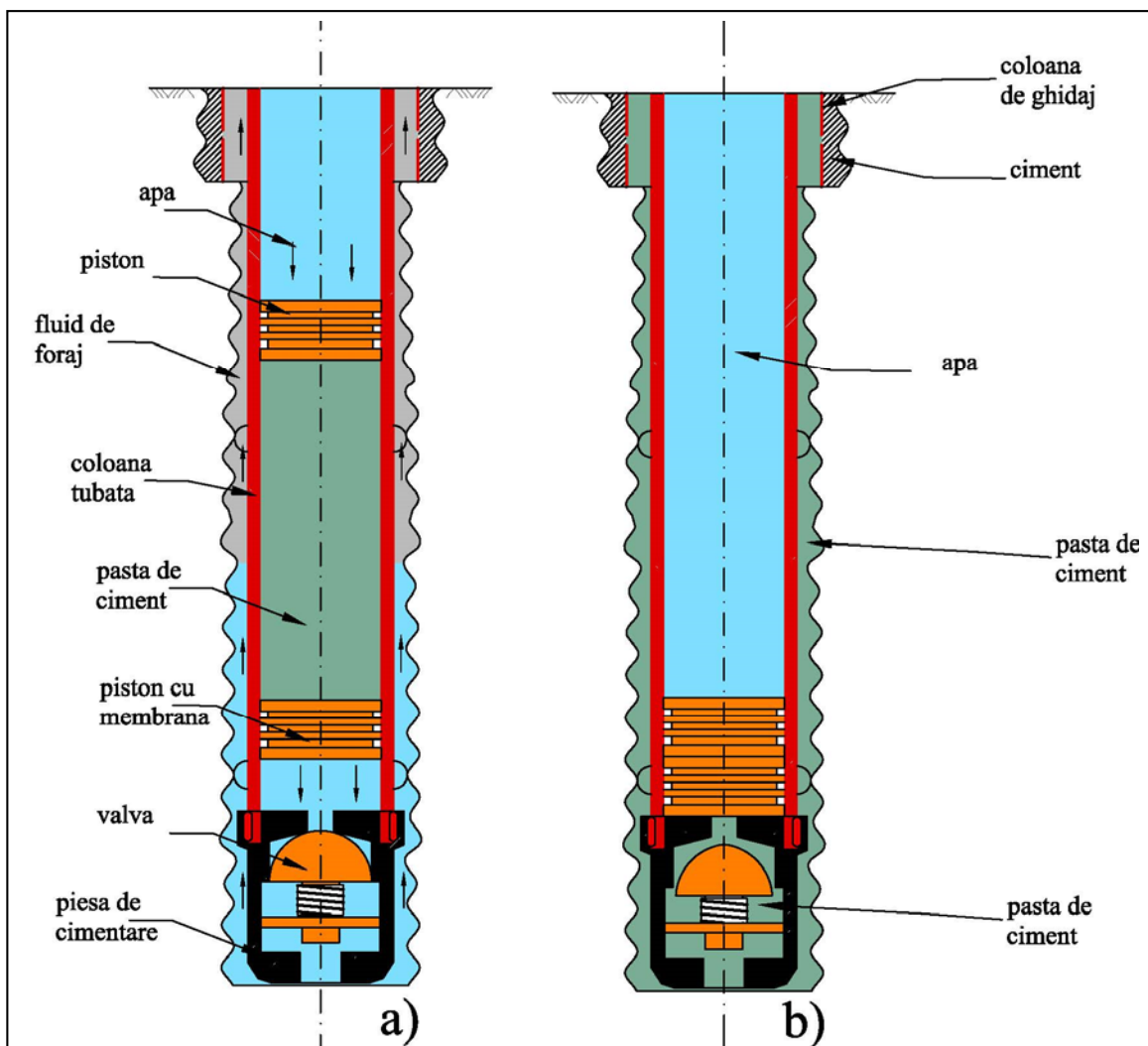


Fig. 8.7. Cementarea puțurilor forate prin utilizarea a două pistoane și a unei piese de fund cu valvă unisens. Pistonul inferior prezintă membrană care în condiții de suprasarcină permite circulația pastei de ciment prin pisa de fund în spațiul inelar. Pasta de ciment calculată se găsește între cele două pistoane. Apa este utilizată atât ca agent de dislocuire al fluidului de foraj, cât și ca forță motrice în acționarea pistoanelor

unele cazuri țevile sunt fixate și se extrag după finalizarea operațiunii de cimentare, în alte cazuri țevile se extrag progresiv pe măsura umplerii spațiului inelar cu pastă de ciment.

c) *Cimentarea cu angajarea și dezangajarea țevelor de introducere a pastelor de ciment prin piese de fund speciale (eng. Innerstring cementing with float collar or shoe)*

În cazul acestei metode utilizate cu precădere în cazul puțurilor adânci și la presiuni ridicate, fie coloana tubată are o piesă specială de fund cu valvă unisens (fig. 8. 6), fie se introduc echipamente speciale de fund prevăzute cu packere. La piesele de fund se conectează țevile de cimentare, prin interiorul cărora se injectează sub presiune de la echipamentele de pompare paste de ciment. După injecție țevile de cimentare sunt dezangajate față de piesele de fund. În cazul acestei metode trebuie avut în vedere echilibrarea presiunilor din interiorul și exteriorul coloanelor, astfel încât să se producă colapsări sau alte deteriorări ale acestora.

O altă metodă de cimentare cu piesă de fund constă în utilizarea de pistoane (fig. 8. 7) în interiorul cărora se găsește pasta de ciment iar atât în partea inferioară, cât și cea superioară se găsește apă care dislocuie fluidul de foraj înaintea cimentării și care acționează ca forță motrice a pistonului.

d) *Cimentarea cu valve laterale în coloanele tubate (fig. 8. 8)*

În cazul forajelor situate la adâncimi mai mici de 300 m, la baza spațiului inelar ce urmează a fi cimentat în coloanele tubate se construiesc valve laterale, iar în interiorul coloanei se fixează un dop de ciment sau dintr-un material frezabil. Se are în vedere ca gaura tubată și spațiul inelar să fie umplut cu fluid de foraj. Prin intermediul unor țevi se injectează pasta de ciment care va dislocui fluidul de foraj din spațiul inelar.

8.1.8. Considerații după operațiunea de cimentare

Operațiunile de cimentare de regulă durează perioade de maximum 1-2 sau cel mult câteva ore, în funcție de adâncimea puțurilor forate. În urma cimentării se ține seamă cu deosebită atenție asupra presiunilor interne, timpilor de conso lidare ai pastei de ciment și aderența acestora în raport cu coloana tubată și mediul geologic.

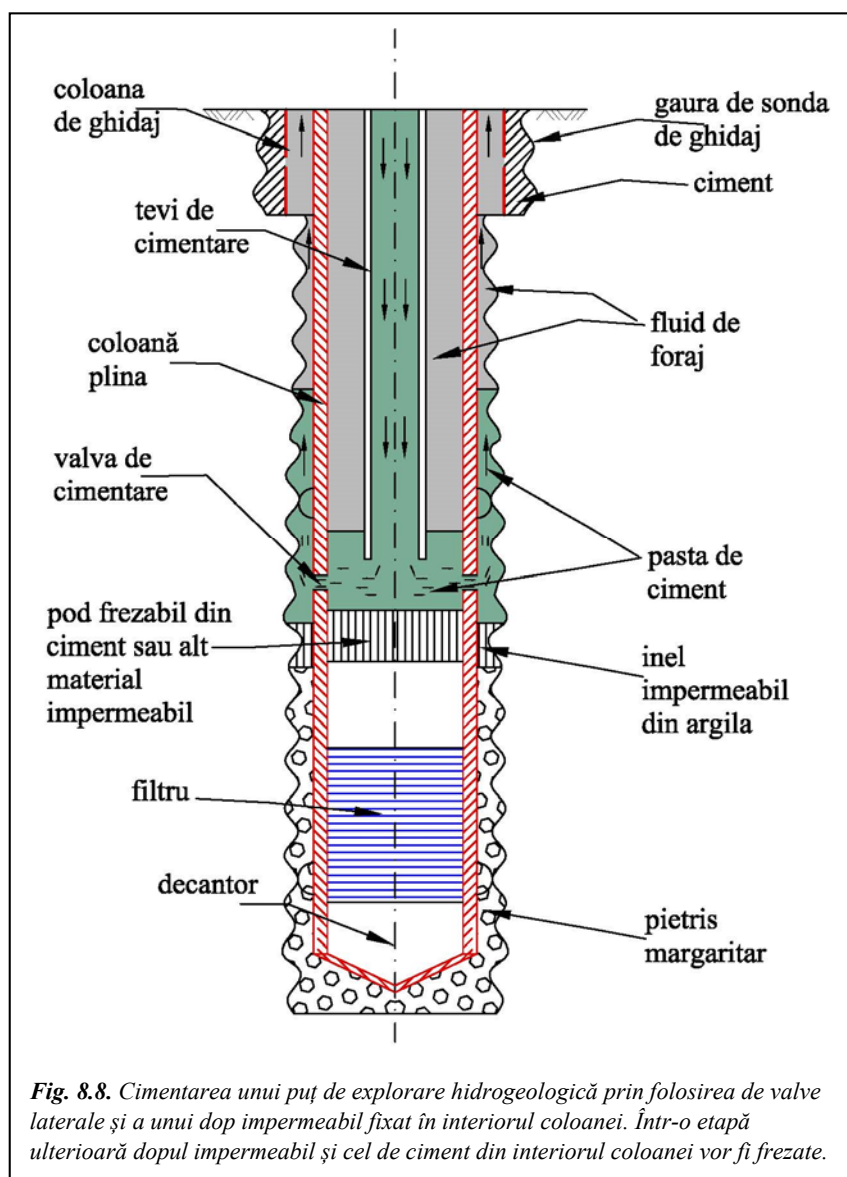


Fig. 8.8. Cimentarea unui puț de explorare hidrogeologică prin folosirea de valve laterale și a unui dop impermeabil fixat în interiorul coloanei. Într-o etapă ulterioară dopul impermeabil și cel de ciment din interiorul coloanei vor fi frezate.

Timpul de consolidare al pastei de ciment (în rom. timp de priză ciment sau în eng. waiting on cement time – WOC) depinde de condițiile din găurile de sondă, temperatură, calitatea cimentului, prezența sau absența acceleratorilor sau retardanților, etc. În mod rezonabil timpuri de consolidare sunt cuprinși între 24 și 36 de ore, astfel încât pasta de ciment să fie suficient de întărită pentru a permite continuarea altor operațiuni în interiorul coloanelor tubate. În condițiile adosului de accleratori, timpul de consolidare a cimentului se reduce în perioada de vară la cel puțin 12 și 24 de ore în perioadele de vară și respectiv de iarnă. Pe de altă parte timpul de consolidare al cimentului depinde de clasa de ciment utilizată, de prezența aditivilor, de temperaturile și presiunile din găurile de sondă, durata operațiunilor de cimentare, etc. De altfel pentru verificarea cimentării este recomandabil ca operațiunile geofizice de verificare a consistenței și distribuției inelelor de ciment (CBL – Cement Bond Log sau acustic de cimentare) să nu fie efectuate în funcție de timpul de consolidare decât după 12 – 72 ore.

Un factor deosebit de important în reușita cimentării îl constituie aderența cimentului în timpul consolidării atât la coloana tubată, cât și la formațiunea geologică traversată. Prin aderență și prin consolidarea pastelor de ciment se dezvoltă forțe ce acționează atât asupra coloanelor cât și asupra

formațiunilor geologice producând o izolare cât mai bună a spațiilor inelare. În același timp aderența depinde de calitatea cimentului, presiunile și temperaturile din gaura de sondă, de aciditatea sau bazicitatea mediului cimentat și nu în ultimul rând de grosimea turtei de fluid de foraj de pe pereții găurii de sondă. În găurile de sondă în care turta de fluid are grosimi mai mari, aderența pastei consolidate la formațiunile geologice este mai scăzută, permițând astfel circulația fluidelor prin spațiul inelar.