

Tel: 0040235/481781  
Fax: 0040235/481342

Adresa: Huși-Vaslui, Str. A. I. Cuza nr.99, 735100 România  
E-mail: office@petal.ro

ORC: J37/191/2003  
CUI: RO841186  
Capital social: 2.971.825 lei

Capitolul  
Aprobat,  
Reprezentant legal  
Mateiu Sergiu Cristinel

Director proiect,  
Costin Cepișcă

Nr. contract de finanțare: 260/ 17.06.2020

Axa prioritară 1 - Cercetare, dezvoltare tehnologică și inovare (CDI) în sprijinul competitivității economice și dezvoltării afacerilor

Acțiunea 1.2.1 Stimularea cererii întreprinderilor pentru inovare prin proiecte de CDI derulate de întreprinderi individual sau în parteneriat cu institutele de CD și universități, în scopul inovării de procese și de produse în sectoarele economice care prezintă potențial de creștere

Titlul proiectului: Instalație inovatoare pentru cimentare și operațiuni speciale la sondă destinată eficientizării extragerii resurselor energetice convenționale - INOCEM

ID: -

MySMIS: 120032

## RAPORT INTERMEDIAR 2

Perioada 17 septembrie 2020 –30 noiembrie 2020

Activitate: A1. Activități de Cercetare Industrială: 17 august 2020 - 16 iunie 2021

A1.2. Proiectare subansambluri acționare electrică, antrenare mecanică și  
componente de uzură pompă

Lider S.C. PETAL S.A.Huși

Partener ICPE CA – grup cercetare IPCUP

## CUPRINS

Pag.

A. Obiectivele proiectului	3
B. Obiectivele activității A 1.2	4
C. Rezumatul etapei de execuție	5
D. Descrierea științifică și tehnică a activităților din perioada pentru care se realizează predarea	7
Capitolul 1. Activitatea de proiectare a agregatului inovativ de cimentare	7
Capitolul 2. Elemente de proiectare pentru soluția constructivă inovativă pentru echipamentul destinat operațiunilor speciale și de cimentare la sondele în exploatare	10
Capitolul 3. Elemente de proiectare și dimensionare în vederea asigurării caracteristicilor tehnice inovative	19
Capitolul 4. Proiectare elemente antrenare mecanica. Desene	32
Capitolul 5. Proiectare componente de uzura pompa	32
Capitolul 6. Elemente inițiale de proiectare pentru soluție sistem monitorizare, control și protecții	38
Capitolul 7. Proiectarea alegerii motorului asincron trifazat pentru acționarea echipamentului de cimentare	49
Anexa 1 Desene Cutie translatie – element de antrenare mecanica	51
Anexa 2 Desene componente de uzura pompa	52

## A. OBIECTIVELE PROIECTULUI

**Obiectivul general** al proiectului constă în realizarea unui produs inovativ complex, destinat exploataării eficiente a resurselor energetice convenționale, având caracteristici funcționale semnificativ îmbunătățite prin schimbări esențiale ale specificațiilor tehnice și ale componentelor și materialelor și printr-un proces inovativ de realizare.

Integrată domeniului de specializare inteligentă *ENERGIE, MEDIU ȘI SCHIMBĂRI CLIMATICE*, subdomeniul 3.1. *Energie*, respectiv 3.1.2. *Resurse energetice convenționale, neconvenționale și regenerabile*, instalația destinată operației de cimentare și altor operațiuni speciale la sondele de petrol și gaze naturale, cu performanțe unice pentru producția unui asemenea echipament în România, ce asigură exploatarea superioară a acestor resurse convenționale de energie, cu păstrarea mediului ambiant și care va contribui la creșterea calității și la diversificarea ofertei de produse moderne a liderului de proiect pe piața echipamentelor complexe destinate extracției de resurse de petrol și gaze.

### **Obiectivele specifice ale proiectului sunt:**

1. Obținerea prin cercetare industrială de metode inovative pentru echipamentul de cimentare și operații speciale la sonde și stabilirea specificațiilor pentru subsambluri și echipamente;
2. Realizarea și testarea subsamblurilor inovative privind acționarea electrică în curent alternativ, antrenarea mecanică și componente de uzură ale pompelor;
3. Realizarea, pe baza documentației tehnice întocmite, a echipamentului pilot utilizabil comercial și testarea în medii reprezentative;
4. Investiții în vederea introducerii în producție a rezultatelor CD, prin achiziții de active corporale și necorporale;
5. Pregătirea fluxului de fabricație și a documentației de punere în fabricație;
6. Crearea a 4 noi locuri de muncă pe durata implementării proiectului, dintre care 2 femei.

## B. OBIECTIVELE ACTIVITĂȚII A 1.2

**Subactivitatea A1.2** „Proiectare subansambluri acționare electrica, antrenare mecanica si componente de uzura pompa ” are ca obiectiv proiectarea subansamblurile instalației de cimentare si operații speciale la sonde ce conțin elementele inovative descrise în studiul realizat la A 1.1., referitor la:

- acționarea electrică cu motor asincron de curent alternativ trifazat acționat prin convertizor de frecvență cu comanda vectorială si scalara: adaptarea caracteristicii mecanice a ansamblului de acționare electrica la caracteristica mecanică a pompelor triplex ale instalației, adaptarea reglării turației în limite largi, protecții necesare privitoare la întregul ansamblu electric, integrarea motorului într-o buclă de control automat, proiectarea convertizorului cu variator de frecvență, soluția de introducere a sistemului de acționare electric într-un container montat pe șasiul instalației, automatizarea funcționării optime a echipamentului bazată pe sisteme de senzori inteligenți, achiziții de date și comunicații la distanță, ce asigură păstrarea turației optime și calitatea amestecului de cimentare și presiunea și debitul pompelor.
- piese si subansambluri din compunerea sistemului de pompe triplex de înaltă presiune care să asigure inovarea funcțională si cea tehnologică pentru piesele de mare uzură: plungere, tijele plungerelor, supape si etanșări, cămăși.

## C. REZUMATUL ETAPEI DE EXECUȚIE

Etapa pentru care se prezintă acest livrabil, 17 septembrie 2020 – 30 noiembrie 2020, conține rezultatele activităților desfășurate de colectivele de implementare a le SC PETAL SA și Partenerul de cercetare INCDI ICPE-SA referitoare la proiectarea realizată pentru unele din subansamblurile de acționare electrica, antrenare mecanica si componente de uzura pompă.

Descrierea științifică și tehnică a activităților desfășurate este inițiată în Capitolul 1 prin indicarea problemelor de proiectare a echipamentului inovativ de cimentare.

În Capitolul 2 sunt prezentate elemente de proiectare pentru soluția constructivă inovativă pentru echipamentul destinat operațiunilor speciale și de cimentare la sondele în exploatare: principiul constructiv și cel funcțional al echipamentului, prin proiectarea schemelor cinematice și a celor funcționale pentru soluțiile cu una sau două pompe.

Capitolul 3 conține elementele de proiectare și dimensionare în vederea asigurării caracteristicilor mecanice inovative incluse în echipament. Se indică elementele proiectate pentru pompa triplex: metodologia proiectării, calcule și dimensionări privind puterea hidraulică a pompei și pentru alte elemente ale lanțului tehnologic: plungere, habă, pompă apă etc.

Capitolul 4 se referă la proiectarea elementelor de antrenare mecanica prin indicarea desenelor subansamblurilor proiectate de către colectivele ICPE -CA și PETAL SA și care sunt incluse în Anexa 1.

Studiul tehnic derulat în etapa A1.1 a pus în evidență necesitatea introducerii unor elemente tehnice inovative în construcția echipamentului de cimentare care să micșoreze uzura la subansablurile pompei triplex. Capitolul 5 conține elemente ale proiectării acestor componente de uzura pompă. Desenele elaborate pentru componente uzură pompă sunt prezentate in Anexa2 si reprezintă variante în lucru.

Elementele de proiectare pentru partea electrică reprezentată de sistemul de acționare electric sunt cuprinse în Capitolele 6 și 7. Capitolul 6 se referă la proiectarea soluției de sistem monitorizare, control si protecții iar Capitolul 7 la metodologia de proiectare a alegerii motorului asincron trifazat pentru acționarea echipamentului de cimentare

Referitor la contribuția partenerilor la activitățile de cercetare aferentă proiectării din această etapă de raportare:

PETAL SA a realizat:

- Capitolul 6. Elemente inițiale de proiectare pentru soluție sistem monitorizare, control si protecții
- Capitolul 7. Proiectarea alegerii motorului asincron trifazat pentru

#### acționarea echipamentului de cimentare

- Proiectarea cerințelor legate de soluția constructivă referitoare la dezvoltare debite și presiuni mari – parțial cap.1
- Stabilirea principiului constructiv al agregatului de cimentare – cap.2 și a colaborat la definitivarea schemei funcționale pentru agregatul cu o linie de pompare
- Elemente de proiectare pentru pompa triplex – Cap.3.1.
- Calcule de proiectare elemente lanț de prelucrare fluid de cimentare – Cap.3.2.2
- Cap. 3.2.4. Stabilire necesar putere la arborele de intrare pompă
- Cap.5, în colaborare cu partenerul de cercetare, proiectarea componentelor de uzură, în special soluții constructive pompă triplex pentru eliminarea uzurii accentuate a unor subansambluri
- Schițe și desene de lucru pentru elementele de antrenare mecanică -Anexa 1

#### INCDIE ICPE-CA a realizat:

- Parțial cap.1: prezentarea problemelor de proiectare parte mecanică echipament de cimentare
- Parțial cap.2: principiul funcțional și definitivarea schemei funcționale pentru agregatul cu două linii de pompare
- Calcule de dimensionare pentru pompa triplex – cap. 3.2.1
- Cap. 3.2.3.: Proiectare pentru agregatul cu două linii de pompare de pompare
- Proiectarea unor componente de uzură la plunger, pentru partea hidraulică – Cap.5, ce integrează soluții inovative pentru pachetul de etanșare al plungerului.
- Schițe și desene de lucru pentru componentele de uzură pompă- Anexa 2

A existat o colaborare continuă a celor două colective de cercetare pentru obținerea soluțiilor tehnice optime. Schițele și desenele au fost finalizate prin colaborarea celor două colective de cercetare.

## **D. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ A ACTIVITĂȚILOR DIN PERIOADA PENTRU CARE SE REALIZEAZĂ PREDAREA**

### **Capitolul 1. Activitatea de proiectare a agregatului inovativ de cimentare**

Operațiunile de cimentare și operațiunile speciale la sonde se realizează în condiții speciale, iar tehnicile utilizate, presiunile necesare procesului și caracteristicile fluidelor utilizate reprezintă condiții care impun selectarea și utilizarea eficientă a echipamentelor aferente.

Agregatele de cimentare sunt folosite la prepararea și pomparea fluidelor de fisurare prin acidizare, a suspensiilor de ciment (operații de cimentare), a lichidelor care conțin nisip, țiței, noroi de foraj, aditivi speciali pentru operațiile de acidizare și alte fluide de întreținere a sondelor

*Execuția operațiilor de cimentare în condiții optime, presupune îndeplinirea următoarelor cerințe, care au fost integrate în soluția constructivă propusă:*

- mobilitatea mare și capacitate de străbatere a unor drumuri accidentate;
- uniformitatea debitului și a densității fluidului pompat;
- dezvoltarea de debite și presiuni mari;
- realizarea unor legături rapide între agregat și sondă;
- echiparea cu aparate de măsur și înregistrare a parametrilor de lucru.

În general, echipamentele de cimentare la sonde sunt caracterizate de presiunea maximă, acest parametru fiind și un indice de codificare. În principiu, agregatele cu presiuni de până la 700 bar sunt destinate operațiilor de cimentare, cele cu presiuni mai mari de 700 bar sunt destinate și operațiilor de fisurare.

Proiectarea, realizarea și exploatarea echipamentelor destinate executării operațiilor speciale se face, potrivit concluziilor obținute în etapa de Studiu, în funcție de anumite condiții specifice pe care acestea trebuie să le îndeplinească, și anume:

- Presiunea de fisurare și debitul, care sunt parametri definitorii pentru alegerea agregatului deoarece în funcție de presiunea și de debitele necesare la pomparea fluidelor la adâncimea la care trebuie efectuată operația de cimentare / fisurare:

- se calculează puterea necesară grupului de acționare;
- se întocmește schema cinematică a agregatului;
- se stabilesc caracteristicile pompei agregatului.

- Tipurile de fluide de cimentare – fisurare /acidizare vehiculate, deoarece un amestec de cimentare / fisurare eficient, presupune îndeplinirea anumitor condiții, precum:

- utilizarea de elemente adecvate procesului,
- nisipul ca material de susținere și
- soluțiile acide ca elemente de rupere sau spălare,

elemente care au o influență majoră asupra comportării la uzură a componentelor echipamentelor destinate operațiilor de acidizare.

În cazul în care echipamentul este destinat, în mod special, preparării amestecurilor de fisurare care constau în sisteme de nisip cuarțos/ceramică, acestea vor avea o influență majoră asupra comportării materialelor din care sunt construite șnecurile de transport, șnecurile dozatoarelor de aditivi și vasul de amestec, care, datorită contactului cu nisipul cuarțos, sunt supuse unui permanent efect de uzură de abraziune.

În cazul în care echipamentul este destinat în mod special preparării amestecurilor de acidizare care sunt pe baza de acizi, acestea vor avea o influență majoră asupra comportării materialelor din care sunt construite elementele de pompare (componentele pompei triple de înaltă presiune), a manifoldurile de transport, care sunt supuse unui puternic efect de coroziune.

*In baza acestor concluzii s-a stabilit la finalul Studiului ca elementele inovative care vor fi asimilate în scopul optimizării soluției constructive următoarele:*

- acționarea echipamentului de către un motor electric asincron trifazat comandat cu convertizor static de frecvență, care înlocuiește soluția clasică de antrenare cu motor Diesel și transmisie Allison. Avantajele utilizării acestei soluții conduc la modernizarea schemei cinematice și sunt esențiale pentru tehnologia de lucru aplicată cu ajutorul echipamentului:

- corelarea optimă a caracteristicii presiune – debit a pompei (impusă de parametrii tehnici ai tehnologiei aplicate) cu performanțele acționării electrice bazate pe motor asincron trifazat comandat cu convertizor static de frecvență;

- integrarea unor soluții constructive moderne pentru sistemul de etanșare, supapele de aspirație și refulare și plunger identificate în cadrul studiului;

- integrarea de materiale cu caracteristici superioare și tehnologii ce asigură creșterea rezistenței la coroziune și abraziune identificate în cadrul studiului;

- integrarea de materiale, identificate în cadrul studiului, cu caracteristici superioare, pentru manifoldurile de aspirație și refulare în scopul creșterii rezistenței la coroziune și abraziune;



- integrarea de materiale, identificate în cadrul studiului, cu caracteristici superioare, pentru partea hidraulică și frema pompei;
- aplicarea unei soluții optime de amplasare a echipamentelor pe autoșasiu/sanie în varianta inovativă a echipamentului.

*Asimilarea elementelor inovative se realizează prin proiecte de subansambluri pentru principalele elemente componente ale agregatului:*

→ componenta de acționare care asigură acționarea pompei triplex de înaltă presiune și a celorlalte componente auxiliare destinate desfășurării operațiilor speciale la parametri tehnici stabiliți de presiune-debit necesari derulării operațiilor speciale la sonde;

- componenta de antrenare mecanică prin intermediul căreia se asigură transmiterea fluxului de putere și care asigură adaptarea caracteristicii mecanice a ansamblului de acționare electrică la caracteristica mecanică a pompelor triplex ale instalației, prin adaptarea reglării turației în limite largi;

- pompa triplex de presiune cu plungere care asigură parametri tehnici normali la aspirație naturală și refulare.

Proiectarea agregatului se realizează respectând condițiile impuse de standardul API specificație 7K ( pentru proiectarea mecanismului de transmisie și a pieselor părții hidraulice) și cu respectarea tuturor cerințelor standardelor în vigoare privind materialele utilizate și tehnologiile de creștere a rezistenței la coroziune și abraziune identificate în studiu.

Proiectarea va avea în vedere predicția și măsurarea potențialului de risc, care se vor concretiza în soluții de alegere a materialului și a soluțiilor de protejare.

## Capitolul 2. Elemente de proiectare pentru soluția constructivă inovativă pentru echipamentul destinat operațiunilor speciale și de cimentare la sondele în exploatare

### 2.1 Principiul constructiv al agregatului de cimentare – fisurare proiectat

Agregatul destinat operațiilor speciale la sondă, după cum a fost prezentat în Studiu – Activitatea A1.1, poate fi acționat atât cu motoare Diesel cât și cu motoare electrice.

Proiectul de față integrează o soluție de acționare electrică cu motor asincron de curent alternativ trifazat acționat prin convertizor de frecvență cu comandă vectorială și scalară, soluție neutilizată la echipamentele de fabricație românească până în prezent, constituind o soluție inovativă.

Echipamentele care constituie agregatul pot fi montate atât pe autoșasiu cât și pe sanie/semiremorcă.

Agregatul autotransportabil proiectat este alcătuit din următoarele echipamente de bază:

➤ **Grup de acționare – Sistem de acționare electrică.** Sistemul de acționare electrică care va fi asimilat va asigura adaptarea caracteristicii mecanice a ansamblului de acționare electrică la caracteristica mecanică a pompelor triplex ale instalației și adaptarea reglării turației în limite largi. Grupul va fi montat într-un container ce poate fi ușor montat pe șasiul instalației, inclusiv la sondă.

➤ **Pompa triplex de presiune cu plungere** ce reprezintă un important element al echipamentului fiind destinată pomparii amestecului de cimentare-fisurare-acidizare. Pompa de presiune triplex este pompă cu simplu efect, cu angrenaj cilindric cu dantură în „V” construită special pentru regimul de funcționare al agregatului de cimentare.

Pompa este concepută să funcționeze într-un regim de turații reduse (35-200 curse duble/minut) asigurând o bună umplere a cilindrilor pompei și un randament volumetric peste 0,9 la o aspirație naturală fără supraalimentare. Aceasta este o caracteristică utilă deoarece simplifică exploatarea și mărește domeniul de utilizare a agregatului de cimentare.

*Varianta moderna care se proiectează include soluții constructive moderne pentru sistemul de etanșare, supapele de aspirație și refulare și pentru plunger, conform specificațiilor identificate în cadrul studiului, soluții care se constituie ca elemente inovative.*

Proiectarea pompei asigură ca, fără diminuarea randamentului volumetric, partea hidraulică a pompei să poată fi echipată, după necesitate, cu plungere de  $\varnothing$  90 mm,  $\varnothing$  100 mm,  $\varnothing$  115 mm și  $\varnothing$  125 mm.

➤ **Pompa de apă** este unul dintre cele mai compacte ansambluri și este destinată să asigure alimentarea cu apă a amestecătorului. Este o pompă cu roți dințate, a carei funcționare și randament volumetric sunt condiționate de jocurile radial și axial pe care le au roțile dințate față de corpul pompei și față de capacele laterale. Mărirea acestor jocuri conduce la scăderea debitului pompei. Pompa de apă este antrenată de la axul secundar al cutiei de viteze prin intermediul cuplajului elastic.

➤ **Haba/rezervor de măsurare** de capacitate variabilă, împărțită în 2 compartimente egale, fiecare prevăzut cu conductă de preaplin și supape independente pentru pompa cu plungere și cea de apă. Prin intermediul acesteia, umplând și golind alternativ cele două compartimente, se măsoară volumul de fluid pompat în sondă pentru a plasa pasta în spațiul dorit. Compartimentele sunt protejate împotriva coroziunii.

➤ **Haba de amestec** (Amestecător de ciment cu duze pentru operația de cimentare), care echipează agregatele de cimentare în funcție de tipul aplicației utilizate astfel:

• **Pentru operația de cimentare**, amestecătorul funcționează pe principiul antrenării cimentului praf din pâlnie cu ajutorul jetului de apă refulat prin duze. Amestecul de apă și ciment se omogenizează pe conducta prin care este transportat spre cada agregatului de cimentare. Proiectarea va asigura ca amestecătorul să fie prevăzut cu 3 duze, două laterale, înclinate, care funcționează numai împreună fiind conectate la același racord de apă și una centrală cu racord de apă separat, care poate funcționa fie separat, fie împreună cu celelalte două duze. Această construcție permite funcționarea amestecătorului cu una, două sau trei duze, în funcție de cerințele regimului de funcționare impus.

Proiectarea asigură soluții ca densitatea pastei de ciment să fie reglată cu amestecătorul în funcțiune prin variația debitului de apă, cât și prin modificarea numărului de duze în funcțiune. De asemenea, modificarea parametrilor de funcționare ai amestecătorului este posibilă și prin modificarea secțiunii de trecere a duzelor.

Suplimentar, alimentarea amestecătorului se prevede din proiect cu posibilitatea de reglare a debitului de apă, prin recircularea plusului de debit în aspirația pompei, cu ajutorul unei duze reglabile acționată manual.

• **Pentru operația de de fisurare/acidizare**, amestecătorul funcționează pe principiul preparării amestecului de baza cu densitatea dorită, în două faze:

- **Faza de preparare a gelului de bază:** prin intermediul grupului pompă centrifugă aspirație și a manifoldului de aspirație se aspiră apă din rezervor, care este trimisă în vasul de amestec. Tot în vas se transportă aditivul uscat cu ajutorul celor două șnecuri transport aditiv uscat și aditivul lichid cu ajutorul grupului pompare aditiv lichid, în proporții diferite, în scopul obținerii unui amestec numit gel de bază, care reprezintă suportul viitorului amestec de fisurare. Amestecarea componentelor este realizată de agitatorul dispus pe grinda vasului de amestec. Refularea amestecului din vas se face de către grup pompă centrifugă refulare

- **Faza de preparare a amestecului gel – nisip:** se aspiră gelul din rezervor urmărindu-se în permanență nivelul din vasul de amestec, nivel indicat de nivelmetrul cu ultrasunete prevăzut pe vas. Funcție de condițiile specifice fiecărei sonde se stabilește o rețetă de amestec, care precizează rațiile de nisip necesare realizării densității optime a amestecului de fisurare. Rațiile de nisip sunt preluate din cuvă și introduse în vasul de amestec de către șnecurile transport nisip care se rotesc în sensuri diferite. Această fază se poate realiza atât prin comenzi de la pupitru cât și automat. În cadrul automatizării, nivelmetrul este cel care indică permanent nivelul în vas, funcție de aceasta comandându-se aspirația și se asigură rațiile de nisip.

Sistemul de monitorizare, optimizare și comenzi prevăzut prin proiectare asigură preluarea tuturor datelor furnizate de aparatura hidrostatică: debitmetru, densimetru, indicator de turație, prelucrarea acestora într-un calculator de proces prin intermediul unui program specializat și retransmiterea informațiilor sub formă de semnale de comandă înapoi la principalele organe de acționare din agregat.

**În proiectul de față, amestecătorul reprezintă o soluție inovativă, și se compune din:**

- **Partea de mixare** prevăzută, în principiu, cu două pompe centrifuge pentru alimentare cu apa, recirculare și refulare amestec. Haba de amestec (mixerul de ciment) este plasată pe autosasiu/ sanie. În funcție de numărul liniilor de pompare se prevede utilizarea a una sau două bucăți.

- **Depozit de ciment** . Cantitatea de ciment este stocată în două depozite de ciment de tip siloz.

Ca element de noutate, haba de amestec este proiectată având un agitator acționat de un motor hidrostatic cu turație variabilă de tip Danfoss prin intermediul unui reductor.

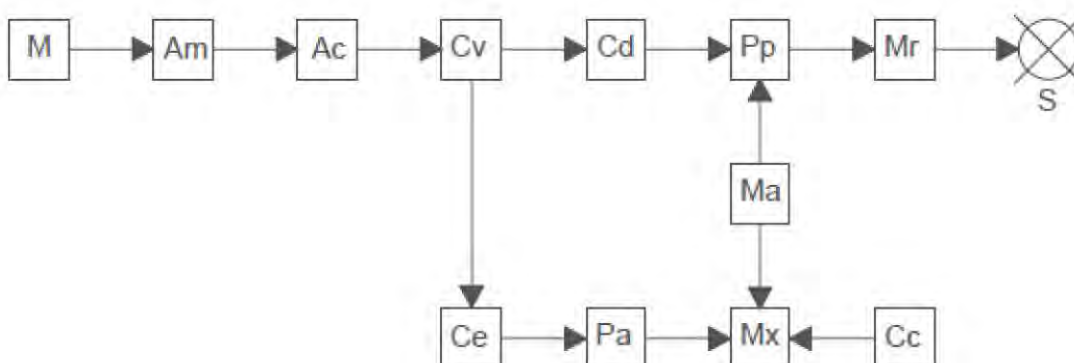
De asemenea, tot ca element de noutate, în vederea obținerii amestecului de bază, se realizează în haba un amestec alcătuit din apă, aditivi uscați și aditivi lichizi. În acest scop agregatul va fi prevăzut prin proiectare cu un sistem alimentator aditivi uscați - ansamblu șnec umectare, alimentator aditivi lichizi care au rolul de a asigura alimentarea cu aditivi uscați și aditivi lichizi.

Utilizarea aditivilor uscați și lichizi este necesară, după cum s-a prezentat și anterior, în scopul realizării unui amestec optim din punct de vedere al compoziției pentru a asigura succesul operației de fisurare.

- **Manifoldurile agregatului;**
- **Șasiu / Platforma Șasiu**

*Având în vedere faptul că adaptarea reglării turației în limite largi pentru a realiza caracteristica mecanică a pompei triplex se poate asigura atât cu motor Diesel cât și cu Sistemul de acționare electric propus și că grupul/sistemul de acționare electric poate fi montat într-un container ce poate fi ușor amplasat pe șasiul instalației, inclusiv la sondă, putem vorbi de un grad ridicat de versatilitate al echipamentului. Cu aceeași pompă triplex cu plungere, pe un șasiu adecvat, în funcție de condițiile specifice de exploatare, și cu anumite modificări simple pe linia elementelor de antrenare mecanică, echipamentele pot fi acționate atât Diesel cât și cu Sistemul de acționare electrică propus.*

*Dupa cum a fost precizat in Studiu- Activitatea A1.1, pentru agregatul propus spre asimilare, ideea inovativa de echipament este prezentata in Fig. 1.*



M - Motor actiune  
Am - Ambreiaj  
Ac - Ax cardanic  
Cv - Cutie de viteze  
Cd - Cuplaj dintat  
Ce - Cuplaj elastic  
Pa - Pompa de apa  
Mx- Mixer  
Cc - Container ciment  
Ma - Manifold aspiratie  
Pp - Pompa cu plungere  
Mr - Manifold refulare  
S - Sonda

Fig.3. Schema funcțională a unui Agregat de cimentare cu o linie de pompare

Puterea necesară antrenării pompei de presiune triplex este furnizată de un sistem de acționare electric cu motor electric asincron de curent alternativ trifazat acționat prin convertizor de frecvență cu comanda vectorială și scalară (M). Sistemul proiectat va fi dotat cu protecții necesare privitoare la întregul ansamblu electric și va asigura integrarea motorului într-o buclă de control automată. Convertizorul cu variator de frecvență va fi dotat prin proiectare cu toate elementele necesare bunei funcționări în reglaj scalar și vectorial, inclusiv partea de protecții, semnalizări, comenzi și comunicații.

Proiectarea a prevăzut ca fluxul de putere să fie transmis de la grupul de acționare (M) la pompa cu plungere (Pp) prin intermediul unui lanț cinematic format din elemente de antrenare mecanică: Ax cardanic (Ac), cutie de translație (Cv) și cuplaj dintat (Cd), astfel încât să se asigure, în funcție de necesități, un număr diferit de rotații. Mișcarea primită de arborele pompei este transformată din mișcare de rotație, în mișcare de translație a plungerelor, prin intermediul unui mecanism de transmisie echipat cu angrenaj în „V”.

Tot de la grupul de acționare (M) se face antrenarea pompei de apă (Pa), mișcarea fiind preluată de la un arbore secundar (Cv) prin intermediul unui cuplaj elastic (Ce).

Prepararea amestecului pentru operația de cimentare se realizează în haba de amestec / amestecator de ciment (Mx) prin combinarea apei refulate de pompa de apă (Pa) cu cimentul din containerul de ciment (Cc).

Amestecul de cimentare este aspirat de pompa triplex cu plungere (Pp) din haba de măsurare prin intermediul manifoldului de aspirație (Ma) și refulat la gura sondei (S) prin intermediul manifoldului de refulare.

În cazul operațiilor care necesită volume mari de introdus la sondă, sunt preferate agregatele cu două linii de pompare.

***Schema funcțională pentru un agregat cu două linii de pompare este prezentată în Fig. 4.***

La agregatele cu două linii de pompare antrenarea celor două pompe cu plungere ( $Pp_1$ ) și ( $Pp_2$ ) este independentă și se realizează de către un motor ( $M_1, M_2$ ) prin intermediul unui lanț cinematic compus din ambreiaj ( $Am_1, Am_2$ ), ax cardanic ( $Ac_1, Ac_2$ ), cutie de viteze ( $Cv_1, Cv_2$ ), și cuplaj dintat ( $Cd_1, Cd_2$ ).

Conform schemei funcționale indicate, antrenarea pompei de apă se face de la priza de putere a autoșasiului (Pr) prin intermediul unui lanț cinematic compus din ax cardanic (Ac), reductor (R) și cuplaj elastic (Ce).

Prepararea amestecului pentru operația de cimentare se realizează în mixerul de ciment (Mx) prin combinarea apei refulate de pompa de apă (Pa) respectiv pompele ( $Pa_1, Pa_2$ ) cu cimentul din containerul (Cc).

Pompele cu plungere ( $Pp_1, Pp_2$ ) aspira cu ajutorul manifoldurilor ( $Ma_1, Ma_2$ ) laptele de ciment și îl refulează prin intermediul manifoldurilor de refulare ( $Mr_1, Mr_2$ ) la gura sondei (S0).

*Pentru o ușoară adaptare a performanțelor agregatului la cerințele sondei, prin proiectare asigurăm că sistemul de acționare electrică să realizeze operațiile de cimentare la un produs debit*

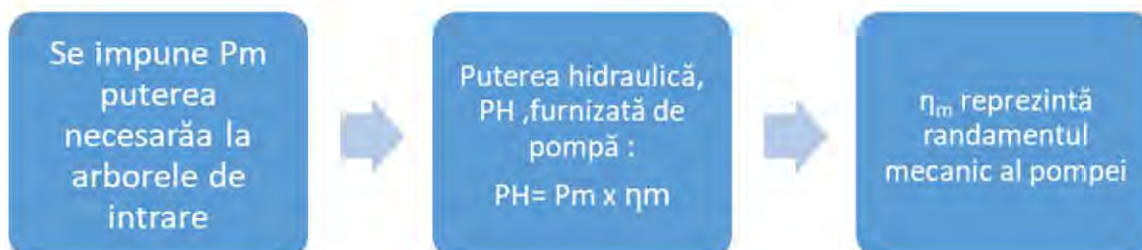
### Capitolul 3. Elemente de proiectare și dimensionare în vederea asigurării caracteristicilor tehnice inovative

*Optimizarea operațiilor speciale se poate realiza din faza de proiectare, prin alegerea unor soluții constructive avantajoase din punct de vedere al utilizatorului, prin dispunerea judicioasă a subsansamblelor agregatului în funcție de utilitatea fiecăruia.*

#### 3.1 Elemente de proiectare pentru pompa triplex

Metoda de proiectare se prezintă în continuare:

##### *Etapa I Calculul puterilor*



Aceste puteri sunt necesare pentru calculul presiunilor, pentru dimensionarea elementelor ce realizează contactul cu fluidul: cămășile, pistoanele, supapele etc.

##### *Etapa II Calculul debitelor teoretice*

Volumul de fluid pe cursă dublă pentru fiecare piston:

$$V_{cd} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot s \cdot n_p \quad [m^3/c.d.]$$

Date piston:  $D_p$  -diametru;  $s$  - cursa;  $n_p$  - număr pistoane

Debitul teoretic,  $Q_1$ :  $Q_1 = V_{cd} \cdot x_n \quad (m^3/s)$



#### Capitolul 4. Proiectare elemente antrenare mecanica. Desene

Desenele elaborate pentru elementele de antrenare mecanică de către colectivele ICPE -CA și PETAL SA in cadrul raportului intermediar sunt prezentate in **Anexa 1** si reprezintă variante in lucru/ execuție.

#### Capitolul 5. Proiectare componente de uzura pompa

##### *Pompa triplex cu simplu efect cu plungere*

Pompa triplex cu simplu efect care va echipa agregatul de cimentare- fisurare ce se propune spre introducere în echipamentul cde cimentare se compune din următoarele subansambluri principale:

- Parte hidraulică;
- Mecanism motor;
- Frema pompei;
- Sistem de ungere a elementelor în mișcare.

Solutia constructiva de principiu a pompei care intra in componenta agregatului este prezentata in figura 1.5.

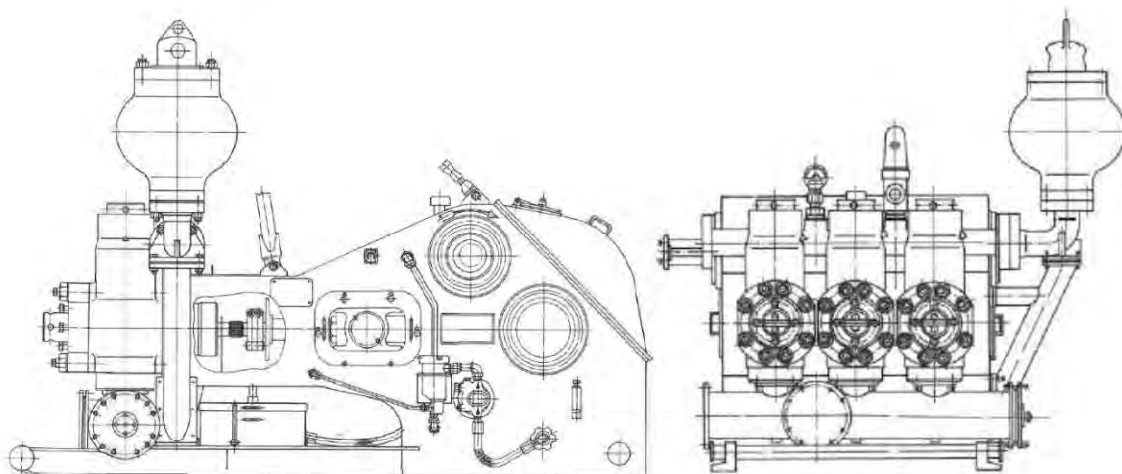


Fig.1.5 Solutie constructiva pompa triplex

→ **Partea hidraulică** – transformă energia mecanică în energie hidraulică la presiunea de lucru necesară.

- **Corpul hidraulic** este independent pentru fiecare cilindru de lucru și este fixat pe frema pompei printr-un număr variabil de prezoane. Unirea camerelor de refulare a corpurilor hidraulice se realizează printr-un colector de refulare. Etanșarea dintre corpurile hidraulice și colectorul de refulare se realizează cu garnituri de cauciuc. Camerele de aspirație ale corpurilor hidraulice sunt unite printr-un colector de aspirație, etanșat față de fiecare cameră prin garnitură inelară „O”.

Corpul hidraulic este turnat din oțel aliat de înaltă rezistență, tratat termic, probat hidrostatic la diferite presiuni în funcție de presiunea maximă de lucru .

- **Supapele** sunt de tipul cu ghidare în scaun, cu rezistență mică pe direcția de curgere a fluidului. Garnitura supapei este simetrică cu două fețe de lucru putând fi întoarsă și utilizată în continuare după uzarea primei fețe. Scaunul supapei este montat în corpul hidraulic prin presare pe con și etanșează față de acesta metal pe metal. Scaunul și talerul supapei sunt durificate prin carbonitrurare având rezistența mare la uzură. Resortul supapei este parabolic asigurând stabilitatea supapei.

Accesul la supape se face prin față, la supapele de aspirație și pe la partea superioară la supapele de refulare.

- **Colectorul de aspirație** este prevăzut cu un racord de aspirație lateral și cu un racord de aspirație central. Compensarea variației de debit pe aspirație se realizează prin modificarea volumului colectorului de aspirație. În acest scop colectorul de aspirație este prevăzut cu o legătură rapidă cu compensator, situată în partea opusă racordului lateral. Diafragma de cauciuc a compensatorului prin mișcarea pulsatorie asigură colectorului un volum variabil în funcție de necesități. Accesul în interiorul colectorului pentru verificare și curățire se realizează prin legătura rapidă cu compensator.

- **Plungerele** sunt de formă tubulară și în varianta clasică sunt cromate dur la exterior. Fixarea lor se face prin intermediul tijei prelungitoare și a piuliței.

Pentru a evita pătrunderea fluidului în compartimentul de transmisie se montează pe plunger discul de cauciuc iar în caseta intermediară inelele din 3 buc.

→ **Mecanismul de transmisie este compus din:**

- **Angrenajul în „V”**, care are coroanele fixate pe arborele cotit prin șuruburi de păsuire. Forța axială dezvoltată în fiecare coroană împinge coroana spre umărul arborelui cotit și nu creează solicitări suplimentare în șuruburile de fixare. Nu se va schimba sensul de antrenare al pompei, pentru a nu modifica sensul forțelor axiale.

- *Axul pinion* sprijinit pe 2 rulmenți radiali cu role care îi permit deplasarea axială necesară autocentrării după coroane. Capul de antrenare al axului pinion este etanșat față de baia de ulei cu un inel de etanșare care lucrează pe o bucsă de uzură.
- *Bielele* au lagăr de alunecare, la maneton (cuzinet bimetalic din două bucăți) iar la capul de cruce articulație sferică.
- *Capul de cruce* de formă cilindrică culisează într-o cămașă fixată în corpul fremei. Atât capul de cruce cât și cămașa sunt executate prin turnare, din fontă.

Pentru funcționare normală între capul de cruce și cămașă este asigurat un joc de 0,180 – 0,230 mm.

Fig.1.6 prezintă o secțiune printr-o pompă triplex in zona unui sistem plunger.

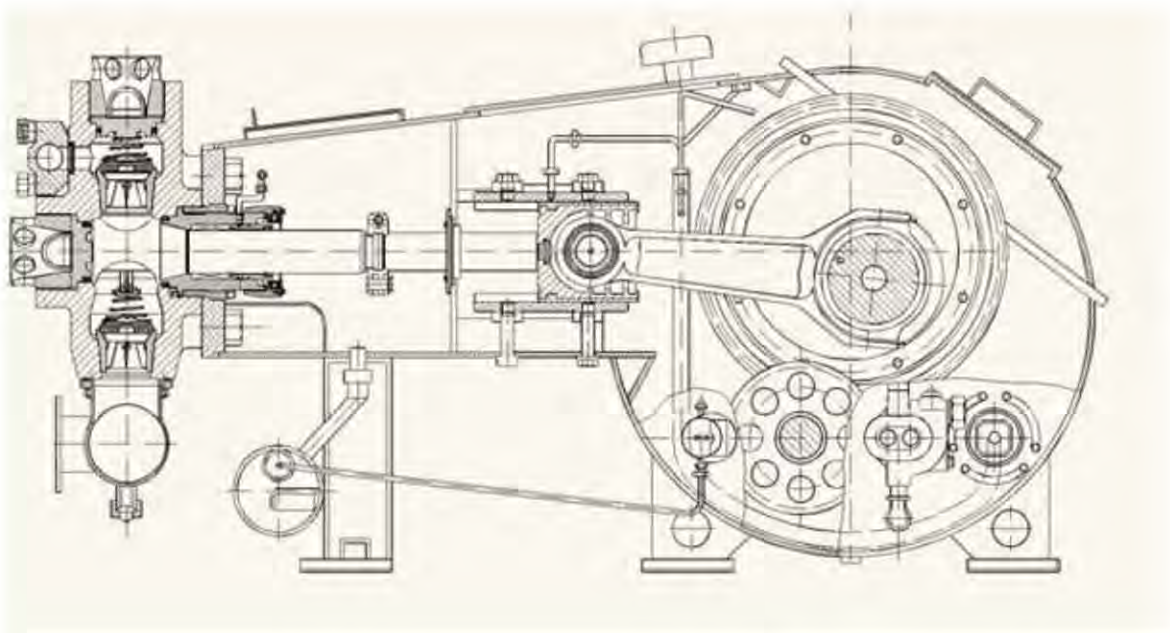


Fig .1.6.Secțiune prin pompa in zona plungerului

***Dupa cum s-a mai spus, principiul de lucru al pompei cu plunger este cel al aspiratiei si refularii.***

Fluidul de lucru este aspirat la mișcarea liniară de retragere a plungerului, prin intermediul colectorului de aspirație și este refulat la mișcarea de împingere a plungerului, prin intermediul colectorului de refulare.

Aspirația și refularea se realizează prin intermediul unor supape de aspirație și refulare fixate într-un corp denumit cilindru. Supapa de aspirație este plasată la partea inferioară a corpului cilindrului, iar supapa de refulare este plasată la partea superioară a corpului cilindrului.

În cazul pompelor cu plunger, cele mai utilizate supape sunt cele cu arc.

În timpul aspirației, sub efectul fluidului, scaunul supapei se ridică permițând fluidului să pătrundă în camera cilindrului, unde se creează o presiune, sub efectul căreia, la un moment dat, scaunul supapei de refulare se va ridica permițând evacuarea fluidului de lucru.

Supapa de aspirație se închide prin propria greutate și prin forța arcului supapei și supapa de evacuare/refulare se deschide, fluidul fiind împins spre sistemul de presiune.

În timpul celor două mișcări are loc un proces dinamic în care pot apărea turbulențe, iar la finalul procesului, practica a arătat că se înregistrează modificări continue, neregulate, ale parametrilor hidraulici: presiune, viteză.

Din practică s-a evidențiat că dacă supapele pompei nu funcționează la unison cu pompa cu plunger, din pompă este deplasat mai puțin fluid; prin urmare, decalajul de timp și alunecarea afectează negativ eficiența pompei, producția și, în final, linia de refulare a pompei. Se pot întâmpla și alte lucruri; de exemplu, discul se poate închide. Decalajul de timp care urmează după deschiderea bruscă a supapei sau închiderea aproape violentă creează o forță asemănătoare unei lovituri de berbec. Mai mult, există potențial de apariție a vibrațiilor și cavitațiilor.

Cavitația sau formarea de cavități cu bule sau vapori într-un lichid rezultă din fluctuații rapide ale presiunii. Pe cursa de aspirație, pe măsură ce plungerul se îndepărtează de camera de aspirație, supapa de aspirație inferioară se deschide și lichidul este tras în camera de mijloc. Astfel, în camera de aspirație se dezvoltă zone naturale de înaltă și joasă presiune.

Dacă presiunea fluidului de intrare scade sub presiunea de vapori a lichidului, se vor forma bule de vapori. Dacă nu se iau măsuri, cavitația va provoca deteriorarea suprafețelor metalice sau a componentelor din capătul pompei care conține fluid. Deteriorarea din cauza cavitației poate fi observată cel mai adesea în jurul capătului plungerului și la nivelul scaunului sau discului din ansamblul supapei de aspirație.

Semnele obișnuite ale unei cavitații severe includ zgomote și vibrații puternice, deoarece imploziile severe pot sparge arcurile supapei și discurile supapei în două.

**Atât vibrațiile, cât și cavitația sunt forțe distructive în pompă, supapele pompei, plunger și conductele de aspirație și evacuare.**

De asemenea, în cadrul Studiului a fost evidențiat că, în funcție de tipul operației efectuate de agregat, preparare de amestecuri de cimentare sau fisurare și pomparea

acestora către sondă, elementele constitutive de tip nisip cuarțos sau aditivi/ acizi au un efect major asupra componentelor care vin în contact cu amestecul pompat și pot produce uzuri masive de tip abraziune sau coroziune.

În concluzie, o serie de componente ale pompei, componente de uzură, trebuie astfel proiectate încât să asigure performanțele tehnice ale pompei, fiabilitatea și siguranța în funcționarea acesteia.

În Fig 1.7 este prezentat principiul de lucru al pompei cu plunger

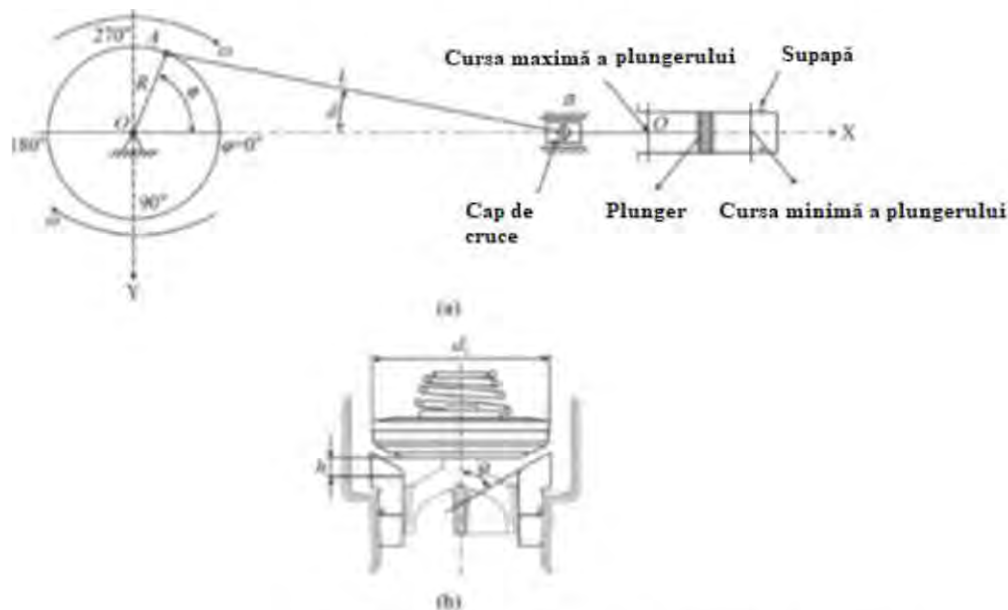


Fig. 1.7. Principiul de lucru al pompei cu plunger

Subansamblul cel mai supus uzurii este „**Partea hidraulică**”

Partea hidraulică se compune din trei corpuri hidraulice independente, care se fixează pe frema pompei prin șuruburi de prindere și sunt unite între ele prin două colectoare: unul de aspirație de joasă presiune și unul de refulare de înaltă presiune, cu supape și camere supapă în construcție API.

În fiecare corp hidraulic se montează câte o cămașă cilindrică în care **culisează un plunger antrenat de mecanismul de transmisie printr-o tijă intermediară și o tijă a plungerului. Plungerul execută o mișcare alternativă, aspirând și refulând numai pe o singură față de unde și denumirea de simplu efect.**

caracteristicile mecanice a motorului electric, corespunzător funcționării în regim de motor. Se urmăresc prevederile din specificația tehnică referitoare la motorul electric.

Tabel 1. Randament transmisii mecanice

Randament	Tip element	Simbol	Valori
Transmisie curele	late	$\eta_{tc}$	0,95...0,97
	trapezoidale		0,94...0,96
Angrenaj conic	dinți drepti, înclinați	$\eta_k$	0,95...0,97
Angrenaj cilindric	dinți drepti, înclinați	$\eta_c$	0,96...0,98
Angrenaj melcat	număr începuturi $z_1$	$\eta_m$	
	= 1		0,70...0,77
	= 2		0,75...0,82
	= 3		0,82...0,87
	= 4	0,87...0,92	
Perechi de lagăre	cu alunecare:	$\eta_l$	
	- cu ungere mixtă		0,975...0,985
	- cu ungere fluidă		0,99...0,995
	cu rulmenți	0,99...0,995	

#### 7.4. Proiectare protecție termică

Echiptat cu senzori de temperatură pentru înfășurările statorice.

6 termorezistente Pt 100ohmi la °C (2/faza)
2 termorezistente Pt 100ohmi la °C (1/lagar)
Rezistenta incalzire 2x500W, 220V a.c.
Releu diferential presiune, DWYER 1950G-5-B-120-AT (120V)

#### 7.5. Proiectare măsurarea turației prin echipare cu encoder digital

#### 7.6. Alegere clasa de izolație H

#### 7.7. Alegere răcire forțată , cu aer

#### 7.8. Proiectare soluție în construcție antiexplozivă: EExellT3, zona2

## ANEXA 1

Desene de lucru/executie elaborate pentru Cutie translație – element de antrenare mecanica:

- cutie de translație
- arbore ax intermediar
- arbore ax intermediar 1
- ax intermediar 1
- ax intermediar
- arbore ax ieșire
- ax ieșire
- ax intrare
- aerisitor
- aerisitor 1
- arbore
- bușon
- bușon cuplaj
- capac 1
- capac 2
- capac 3
- capac aerisitor
- capac cu filet
- capac
- distanțier ax ieșire
- distanțier ax intermediar
- flanșă de legătura
- garnitura 1
- garnitura
- inel distanțier
- inel opritor
- roata Z
- șaiba
- șicana
- sita
- ștuț cu șicane

## ANEXA 2

### Desene de lucru/ executie pentru componente de uzura pompă

- Plunger
- Corp presetupă 100
- Corp presetupă
- Pachet etansare
- Pachet etansare 85
- arbore intrare
- Bucsa
- Bucsa 1
- Capac presetupă
- Capac
- Garnitură 85
- Garnitură corp presetupă
- Inel
- Inel 1
- Inel de fund
- Inel presare 85
- Inel sprijin
- Manson corp presetupa
- Tub