

# RAPORT DE EXPERIMENTARE

## Modul MP1 în 3 variante de echipare cu miniboostere

1. DENUMIRE PRODUS TESTAT: Modul pompare înaltă presiune 4 kW (MP1, i=5)

Cod produs: *MPIP-HP1-8-HC7-5-0.0*

### Caracteristici tehnice produs:

- Dimensiuni de gabarit [mm] = 443 x 425 x 880
- Volumul geometric al pompei = 7,5 cm<sup>3</sup>/rot;
- Debitul pompei = 10,5 l/min;
- Volum rezervor ulei = 38 l;
- Puterea motorului electric de antrenare a pompei = 4 kW;
- Turația motorului electric de antrenare a pompei = 1 500 rot/min;
- Presiunea nominală a pompei (intrare minibooster) = 0...200 bar.

### Condiții de probare:

- Presiunea reglată la supapa de siguranță a modului: **P<sub>r</sub> = 190 bar**;
- Presiunea reglată în cilindru de sarcină: **800 bar** (valoare reglaj potențiomtru compresie = **50%**), pentru avansul cilindrului probare , respectiv **20 bar** (valoare reglaj potențiomtru extensie = **0%**);
- Presiunea de sarcină afișată (achiziționată) se amplifică cu: **4,41** (compresie); **5,3** (extensie)

### 1.1 Modul pompare MP1 echipat cu minibooster i=5

- Raportul de amplificare a presiunii: i = 5;
- Valoarea presiunii amplificate (ieșirea de înaltă presiune minibooster) = 0...1 000 bar;
- Numărul de înregistrări de date achiziționate = 1050;
- Durata înregistrărilor = 44,075 s;
- Data înregistrărilor: 21.09.2022, ora: 12-02-20.

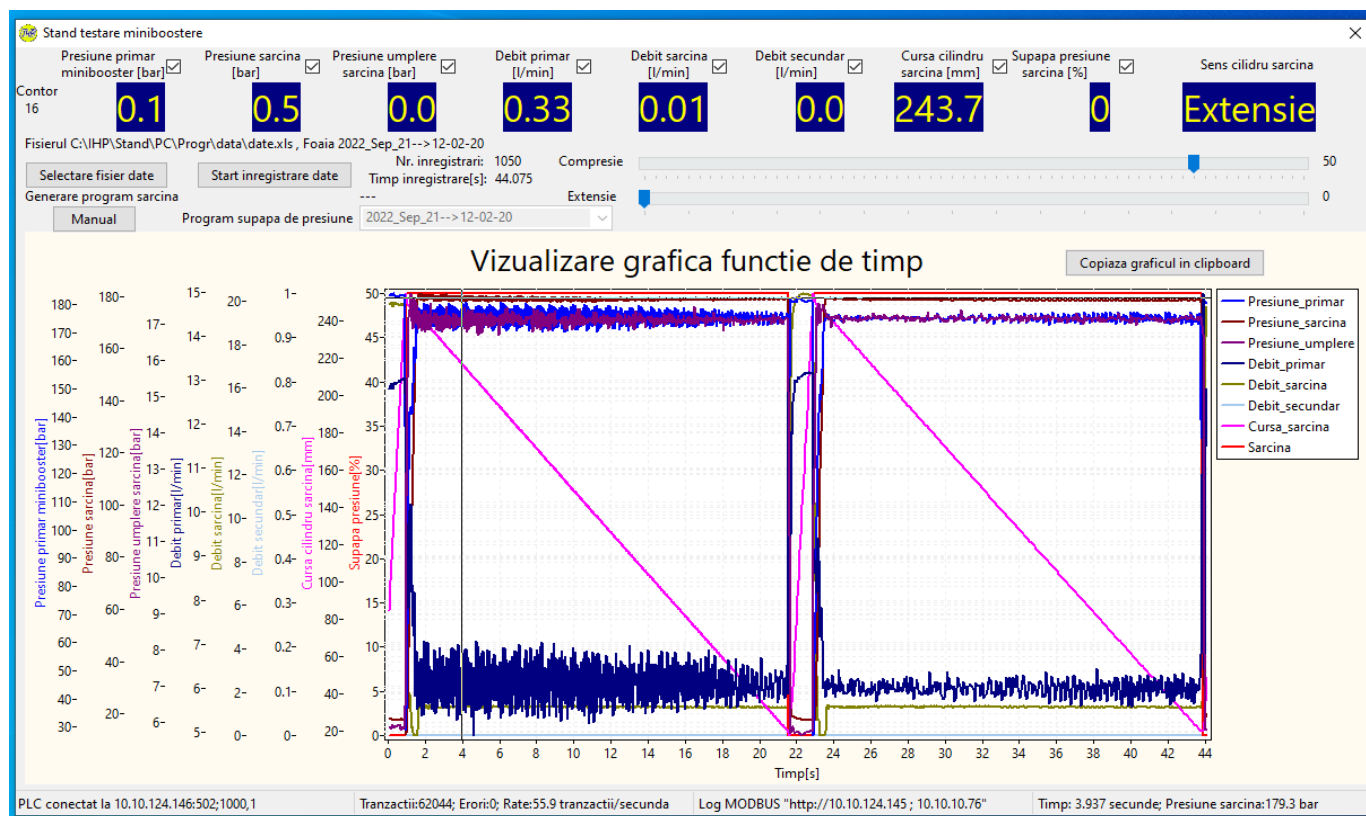


Fig.1: Consola de operare a standului.

Pe consola de operare a standului, figura 1, sunt evidențiate următoarele date:

**Parametrii mășurați** cu ajutorul traductoarelor (în partea de sus a consolei):

- presiune primar minibooster (notată **P1** pe grafice);
- presiune sarcină echivalentă cu presiune secundar minibooster (notată **P2** pe grafice);
- presiune umplere cilindru de sarcină (notată cu **P3** pe grafice);
- debit primar minibooster (notat cu **Q1** pe grafice);
- debit cilindru de sarcină (notat cu **Q2** pe grafice);
- debit secundar minibooster (**Q3**, neconectat la stand, nu apare pe grafice);
- cursă cilindru sarcină (notată **C** pe grafice).

**Parametru reglat:**

Presiunea în cilindrul de sarcină, care se stabilește cu două potențiometre, funcție de reglajul curentului de alimentare a supapei proporționale, pentru:

- cursa de compresie a cilindrului de sarcină (avansul cilindrului de probare);
- cursa de extensie a cilindrului de sarcină (retragerea cilindrului de probare).

**Afișoare numerice:**

În partea de sus a consolei din fig.1 se află nouă afișoare numerice, opt pentru afișarea parametrilor mășurați cu traductoare și unul pentru afișarea cursei curente a cilindrului de sarcină.

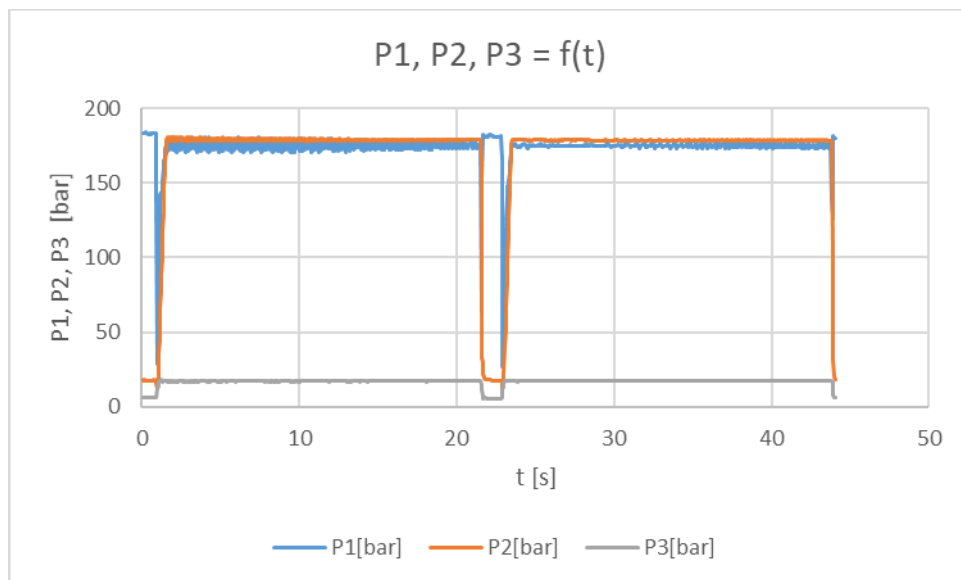
**Afișarea grafică:**

În zona centrală a consolei se afișează în timpul probelor graficul funcție de timp a mărimilor de proces. Pentru a selecta mărimile de proces al căror grafic se dorește a se vizualiza în timpul probelor, se bifează căsuța din colțul dreapta sus al afișoarelor numerice corespunzătoare (în fig.3 sunt afișate toate mărimile de proces).

**Alte indicații:**

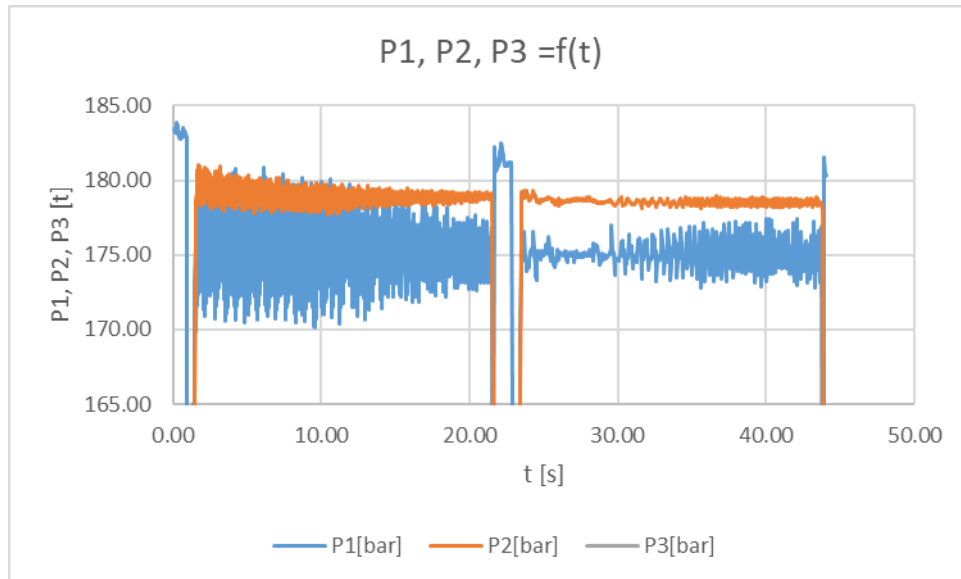
În partea de jos a consolei de operare a standului sunt afișate următoarele informații:

- parametrii de coordonare la proces;
- starea conexiunii cu procesul;
- adresa WEB a paginii de monitorizare;
- afișare coordonate și mărimea afișată grafic.



**Fig.2:** Variația în timp a presiunilor P1, P2, P3.

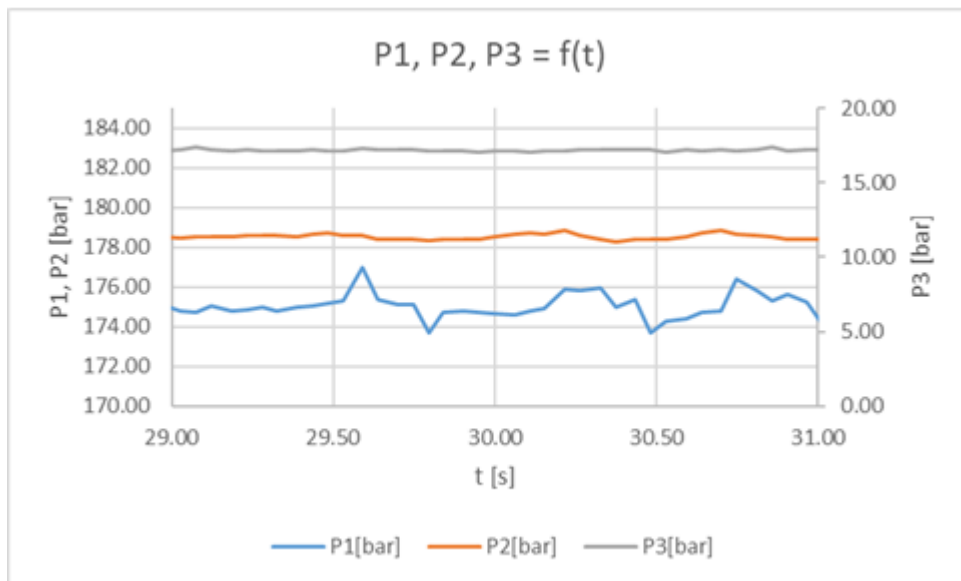
În figura 2 sunt reprezentate variațiile în timp presiunii din primar minibooster (P1), de sarcină (P2) și de umplere cilindru de sarcină (P3), pe două curse complete ale acestuia (extensie + compresie).



**Fig.3:** Detaliu: variația în timp a presiunilor P1 și P2.

În detaliul din figura 3 sunt prezentate variațiile presiunilor P1 și P2, pe două curse de extensie și compresie ale cilindrului de sarcină. Detaliul a fost realizat pentru intervalul de presiune 165-185 bar, interval care nu conține și variația presiunii P3..

Se observă că vârfurile presiunilor P1 (aprox. 183 bar) se înregistrează la schimbarea sensului de deplasare a cilindrului de sarcină (trecerea de la compresie la extensie).

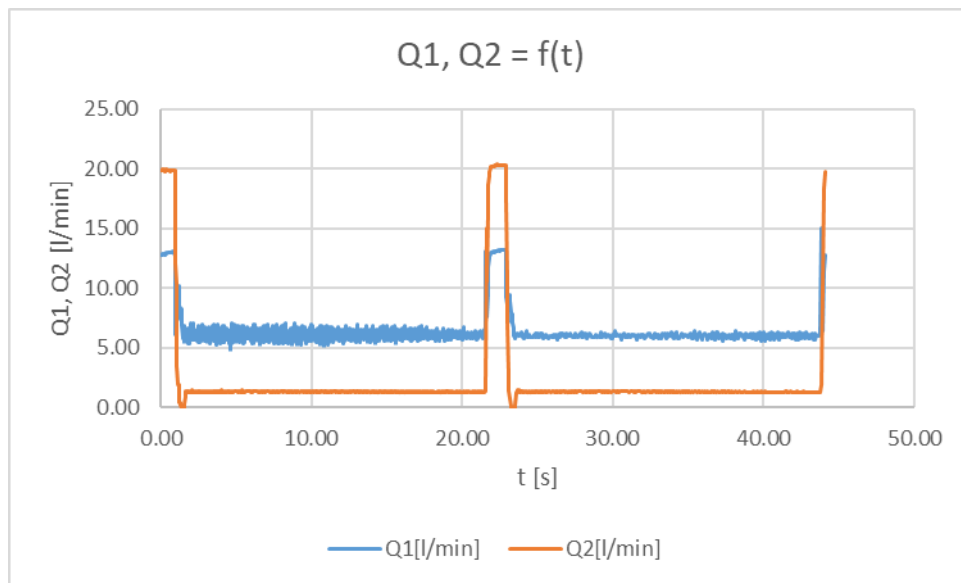


**Fig.4:** Detaliu: variația în timp a presiunilor P1, P2, P3.

În detaliul din figura 4 sunt prezentate variațiile presiunilor P1, P2 și P3, pe două curse de compresie ale cilindrului de sarcină. Detaliul a fost realizat pentru un segment din cursa de compresie a cilindrului de sarcină, corespunzător intervalului de timp **29-31 s** și intervalului de presiune **170-184 bar**, pentru presiunile P1 și P2, respectiv **0-20 bar**, pentru presiunea P3.

Se constată că:

- variația presiunii din primarul miniboosterului (P1) este cuprinsă în intervalul **174-177 bar** ;
- variația presiunii de sarcină (care generează forța rezistentă a cilindrului de probare de pe stand) este cuprinsă în intervalul **178-179 bar**. Ținând cont de raportul suprafețelor pistoanelor celor doi cilindri de pe stand, egal cu **4,41**, acest interval devine **785-789 bar** ;
- variația presiunii de umplere a cilindrului de sarcină este cuprinsă în intervalul **17,5-18 bar**.

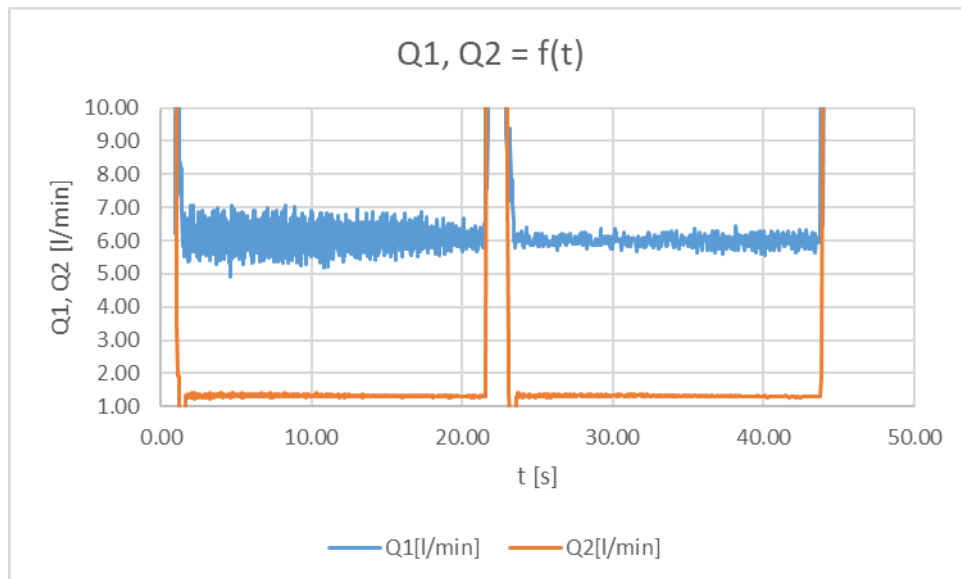


**Fig.5:** Variația în timp a debitelor Q1 și Q2.

În figura 5 sunt prezentate variațiile în timp ale debitelor Q1 și Q2, pe două curse complete ale cilindrului de sarcină (extensie + compresie).

Se observă că:

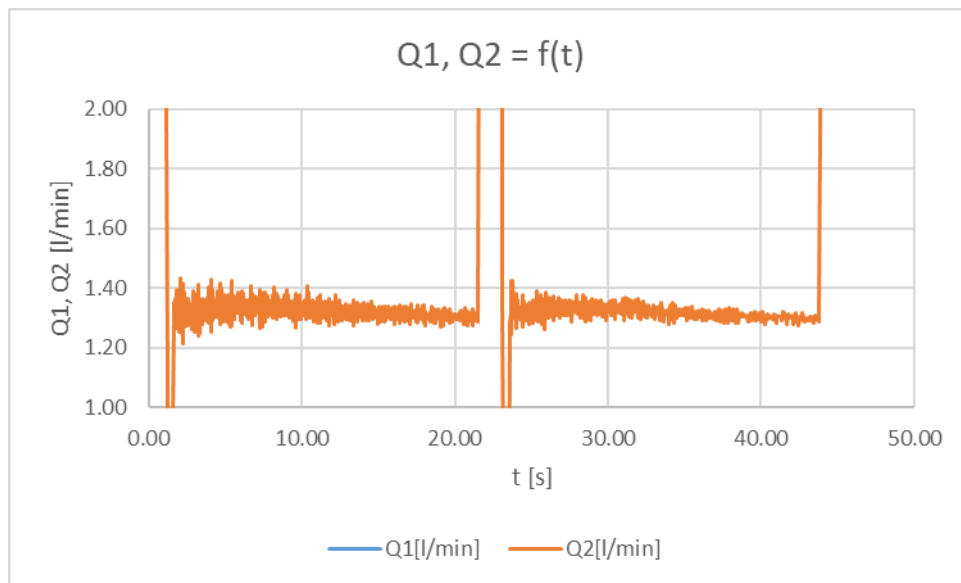
- debitul maxim Q1, care se înregistrează pe cursa de extensie a cilindrului de sarcină (retragere cilindru de probare) este de 12,5 l/min;
- debitul maxim Q2, care se înregistrează pe cursa de compresie a cilindrului de sarcină (avans cilindru de probare) este de 20 l/min.



**Fig.6:** Detaliu: variația în timp a debitului Q1.

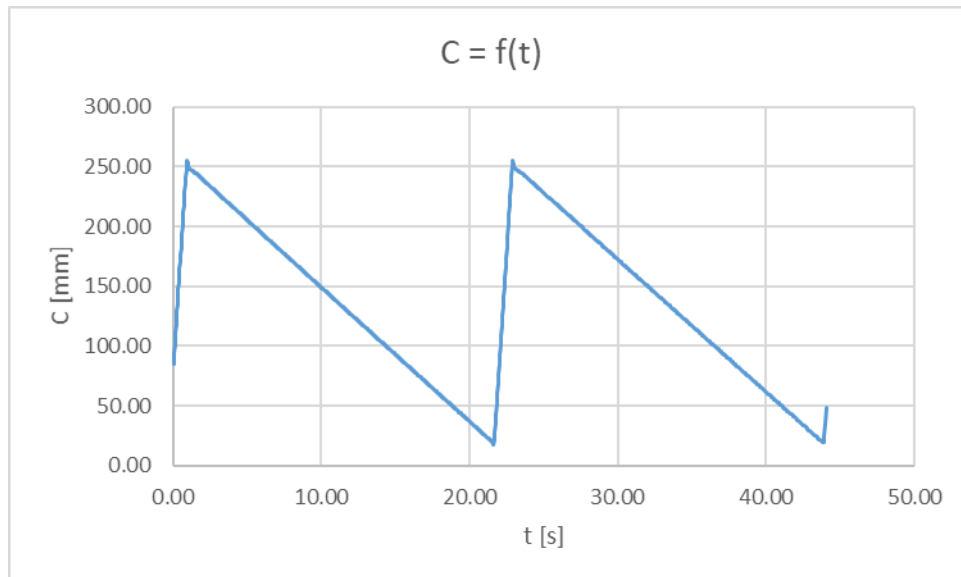
În figura 6 se prezintă un detaliu al variației de debit Q1, realizat pentru două curse complete ale cilindrului de sarcină (extensie + compresie), pe intervalul de debit **1-10 l/min**, care nu detaliază și variația de debit Q2.

Se observă că variația de debit Q1, de **maxim ± 1 l/min**, față de valoarea medie de **6 l/min**, de pe prima cursă de compresie a cilindrului de sarcină scade la **maxim ± 0,5 l/min**, față de aceeași valoare medie, la a doua cursă de compresie a cilindrului de sarcină.



**Fig.7:** Detaliu: variația în timp a debitului Q2.

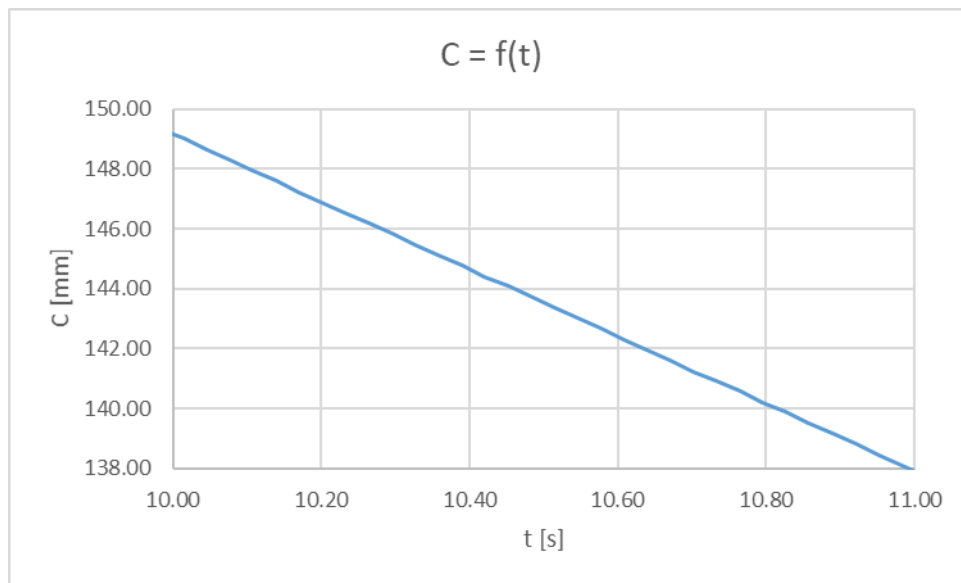
Variația în timp a debitului Q2, pe două curse de compresie ale cilindrului de sarcină, pe intervalul de debit **1-2 l/min**, este detaliată în figura 7. Se observă că variația debitului Q2 este de max  $\pm 0,1$  l/min, față de valoarea medie de **1,3 l/min**.



**Fig.8:** Variația în timp a cursei cilindrului.

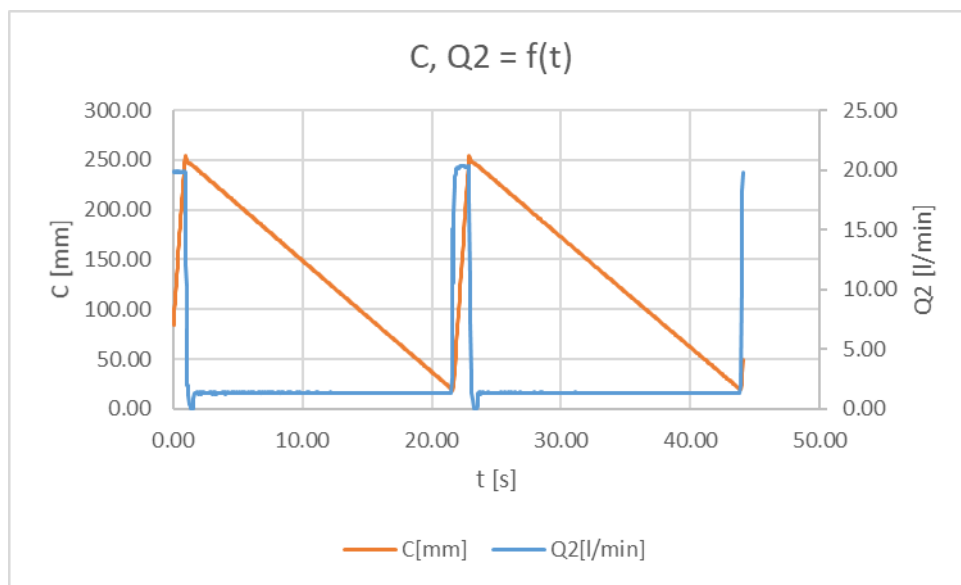
În figura 8 se prezintă variația în timp a cursei celor doi cilindri hidraulici de pe stand (de probare și de sarcină), atunci când cilindrul de sarcină realizează două curse complete (extensie + compresie). Se observă că timpul de realizare a cursei de compresie (avansul în sarcină al cilindrului de probare) este mult mai mare decât cel de realizare al cursei de extensie (retragerea în gol a cilindrului de probare).

Explicația pentru faptul că **viteza de avans** a cilindrului de probare este de aproximativ **16 de ori mai mică** decât viteza sa de retragere constă în faptul că pe cursa de retragere cilindrul de probare este alimentat cu întreg debitul pompei modulului de pompare, iar pe cursa de avans același cilindru este alimentat numai cu debitul de pe racordul de înaltă presiune al miniboosterului.



**Fig.9:** Detaliu: variația în timp a cursei cilindrilor.

În detaliul din figura 9, realizat pentru o durată de timp **1 secundă** (cuprinsă în intervalul 10-11 s) și un segment de cursă de compresie a cilindrului de sarcină de **12 milimetri** (cuprinși în intervalul 138-150mm) se observă că deplasarea cilindrilor hidraulici de pe stand este aproximativ liniară.



**Fig.10:** Variația în timp a cursei și debitului cilindrului de sarcină.

În figura 10 se prezintă variația în timp a cursei și debitului cilindrului de sarcină pe durata realizării a două curse complete (extensie + compresie). Se observă că:

- pe durata extensiei cilindrului de sarcină (aprox. **1,31 sec.**) debitul maxim este de aproximativ **20 l/min**;
- pe durata compresiei cilindrului de sarcină (aprox. **15,6 sec.**) debitul maxim este de aproximativ **1,3 l/min**;
- variațiile mici ale debitului din cilindrul de sarcină produc abateri mici de la deplasarea sa liniară.

## 1.2 Modul pompare MP1 echipat cu minibooster i=6,6

- Raportul de amplificare a presiunii:  $i = 6,6$ ;
- Valoarea presiunii amplificate (ieșirea de înaltă presiune minibooster) = 0...1 320 bar;
- Numărul de înregistrări de date achiziționate = 1190 (figura 11);
- Durata înregistrărilor = 55,309 s (figura 11);
- Data înregistrărilor: 21.09.2022, ora: 12-22-02 (figura 11).

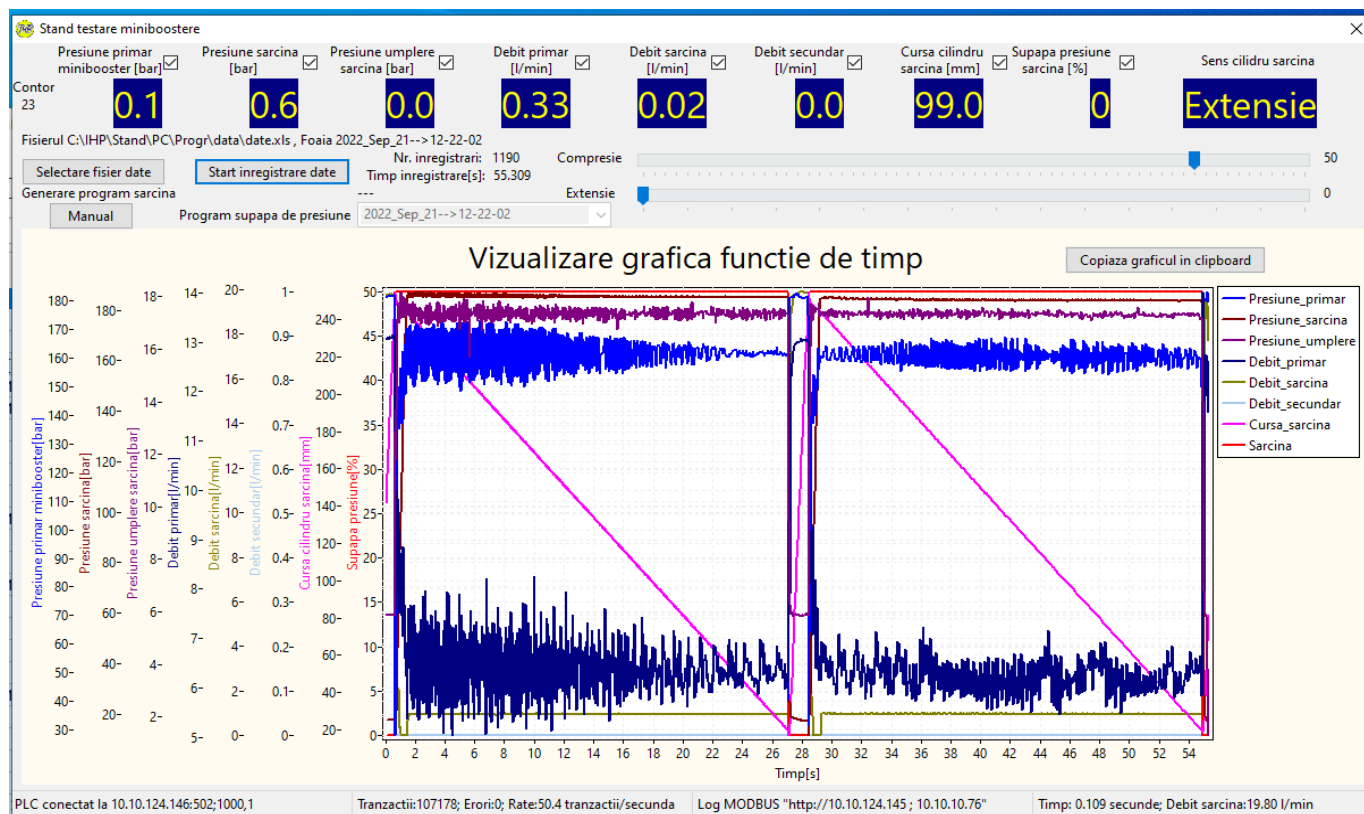


Fig.11: Consola de operare a standului.

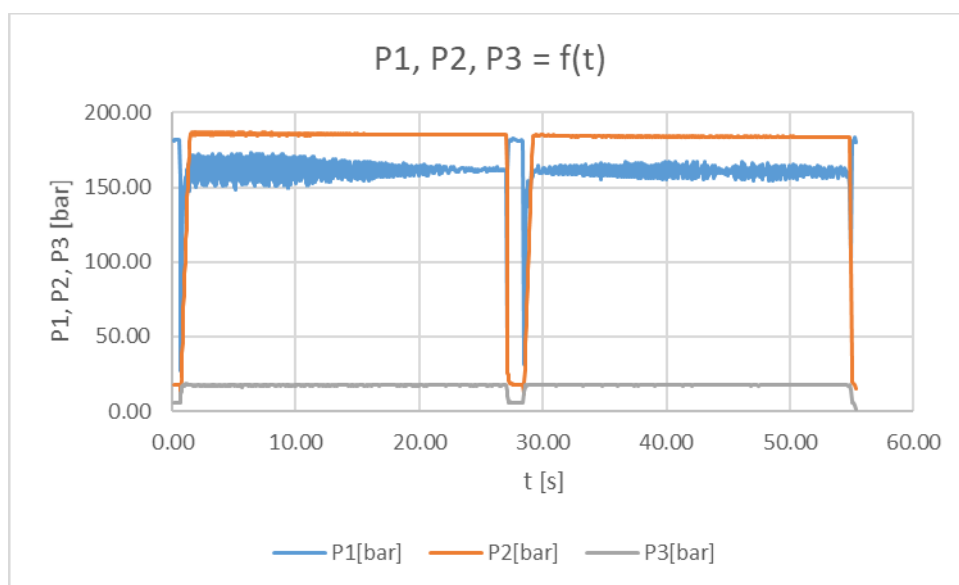
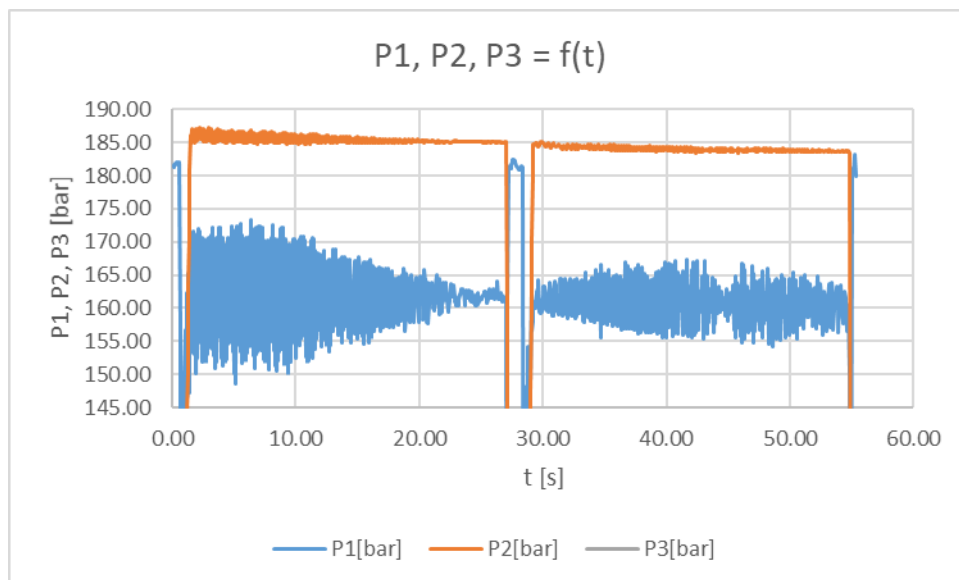


Fig.12: Variația în timp a presiunilor P1, P2, P3.

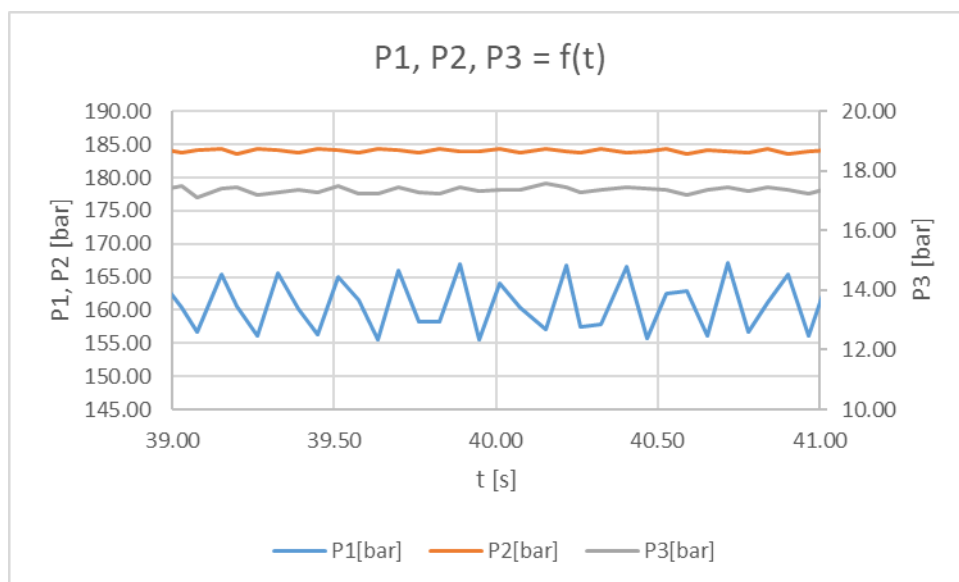
În figura 12 sunt reprezentate variațiile în timp presiunii din primar minibooster (P1), de sarcină (P2) și de umplere cilindru de sarcină (P3), pe două curse complete ale acestuia (extensie + compresie).



**Fig.13:** Detaliu: variația în timp a presiunilor P1 și P2.

În detaliul din figura 13 sunt prezentate variațiile presiunilor P1 și P2, pe două curse de extensie și compresie ale cilindrului de sarcină. Detaliul a fost realizat pentru intervalul de presiune 145-190 bar, interval care nu conține și variația presiunii P3.

Se observă că vârfurile presiunilor P1 (aprox. 183 bar) se înregistrează la schimbarea sensului de deplasare a cilindrului de sarcină (trecerea de la compresie la extensie).



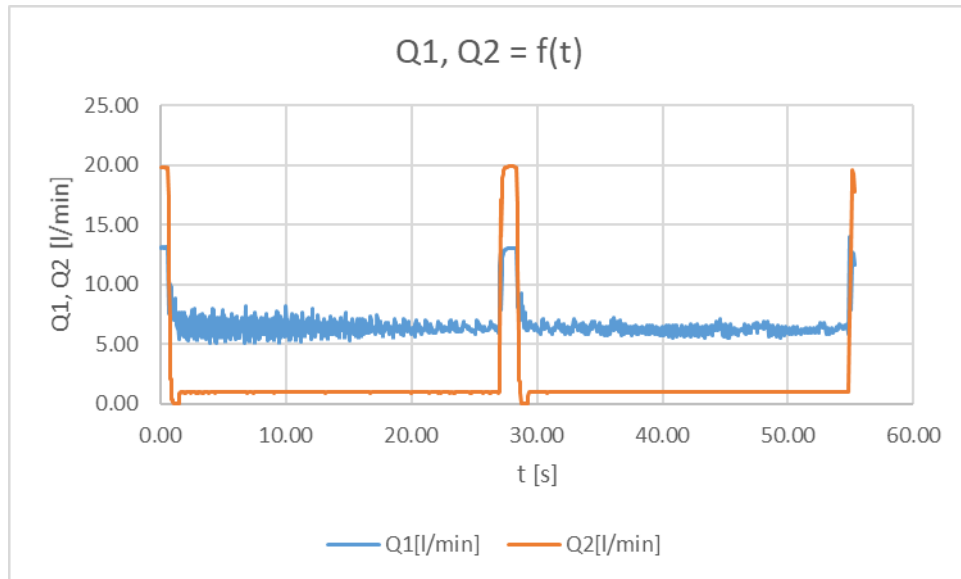
**Fig.14:** Detaliu: variația în timp a presiunilor P1, P2, P3.

În detaliul din figura 14 sunt prezentate variațiile presiunilor P1, P2 și P3, pe două curse de compresie ale cilindrului de sarcină. Detaliul a fost realizat pentru un segment din cursa de compresie a cilindrului de sarcină, corespunzător intervalului de timp **39-41 s** și intervalului de presiune **145-190 bar**, pentru presiunile P1 și P2, respectiv **0-20 bar**, pentru presiunea P3.

Se constată că:

- variația presiunii din primarul miniboosterului (P1) este cuprinsă în intervalul **155-165 bar** ;
- variația presiunii de sarcină (care generează forța rezistentă a cilindrului de probare de pe stand) este cuprinsă în intervalul **184-185 bar**. Ținând cont de raportul suprafețelor pistoanelor celor doi cilindri de pe stand, egal cu **4,41**, acest interval devine **811-816 bar** ;
- variația presiunii de umplere a cilindrului de sarcină este cuprinsă în intervalul **17,0-17,5 bar**.



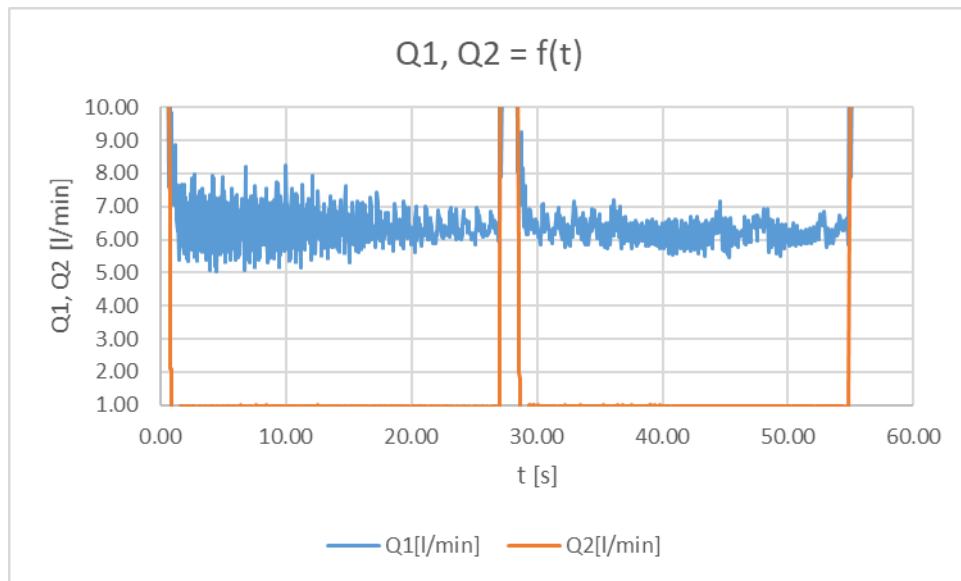


**Fig.15:** Variația în timp a debitelor Q1 și Q2.

În figura 15 sunt prezentate variațiile în timp ale debitelor Q1 și Q2, pe două curse complete ale cilindrului de sarcină (extensie + compresie).

Se observă că:

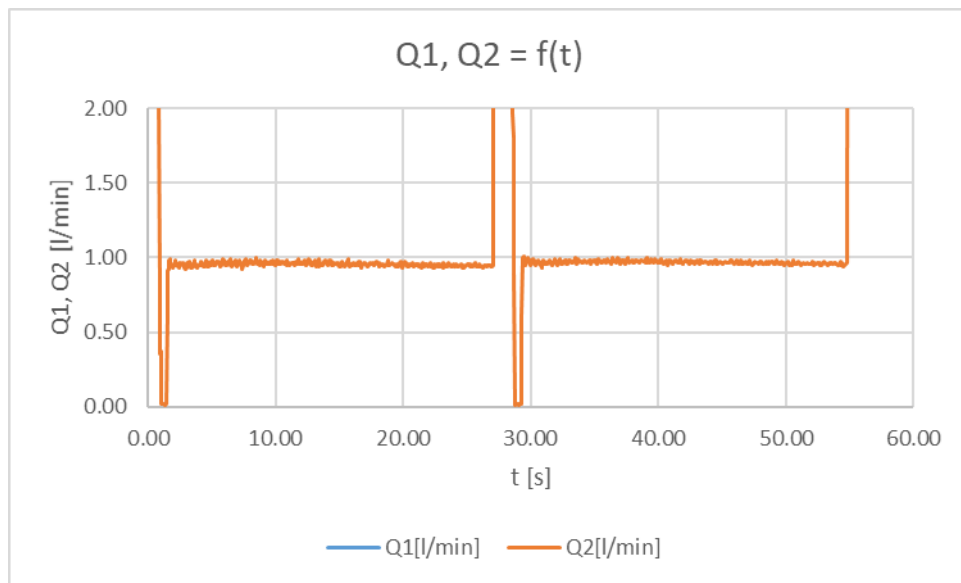
- debitul maxim Q1, care se înregistrează pe cursa de extensie a cilindrului de sarcină (retragere cilindru de probare) este de 12,5 l/min;
- debitul maxim Q2, care se înregistrează pe cursa de compresie a cilindrului de sarcină (avans cilindru de probare) este de 20 l/min.



**Fig.16:** Detaliu: variația în timp a debitului Q1.

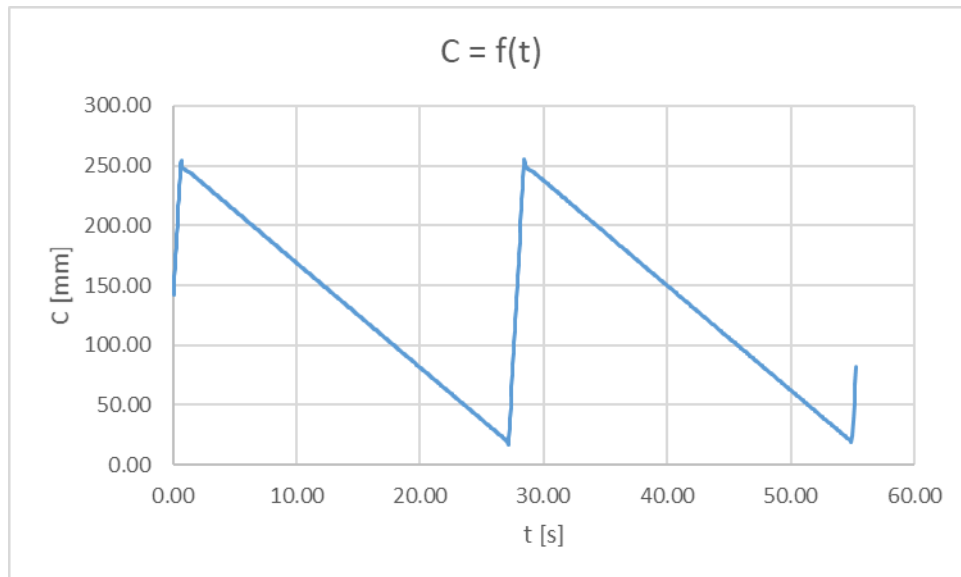
În figura 16 se prezintă un detaliu al variației de debit Q1, realizat pentru două curse complete ale cilindrului de sarcină (extensie + compresie), pe intervalul de debit **1-10 l/min**, care nu detaliază și variația de debit Q2.

Se observă că variația de debit Q1, de **maxim  $\pm 1,5$  l/min**, față de valoarea medie de **6,5 l/min**, de pe prima cursă de compresie a cilindrului de sarcină scade la **maxim  $\pm 1$  l/min**, față de aceeași valoare medie, la a doua cursă de compresie a cilindrului de sarcină.



**Fig.17:** Detaliu: variația în timp a debitului Q2.

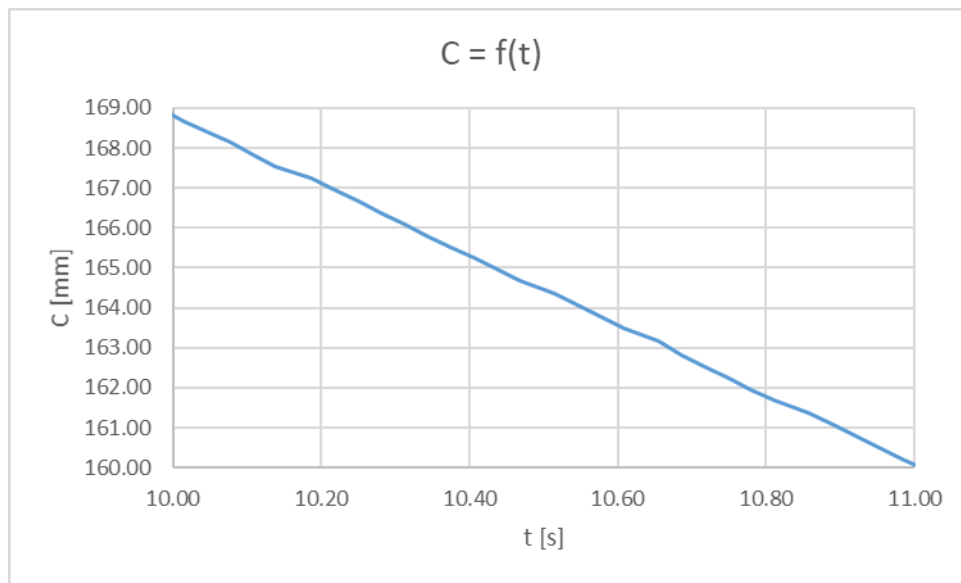
Variația în timp a debitului Q2, pe două curse de compresie ale cilindrului de sarcină, pe intervalul de debit **0-2 l/min**, este detaliată în figura 17. Se observă că variația debitului Q2 este de max  $\pm 0,05$  l/min, față de valoarea medie de **0,9 l/min**.



**Fig.18:** Variația în timp a cursei cilindrilor.

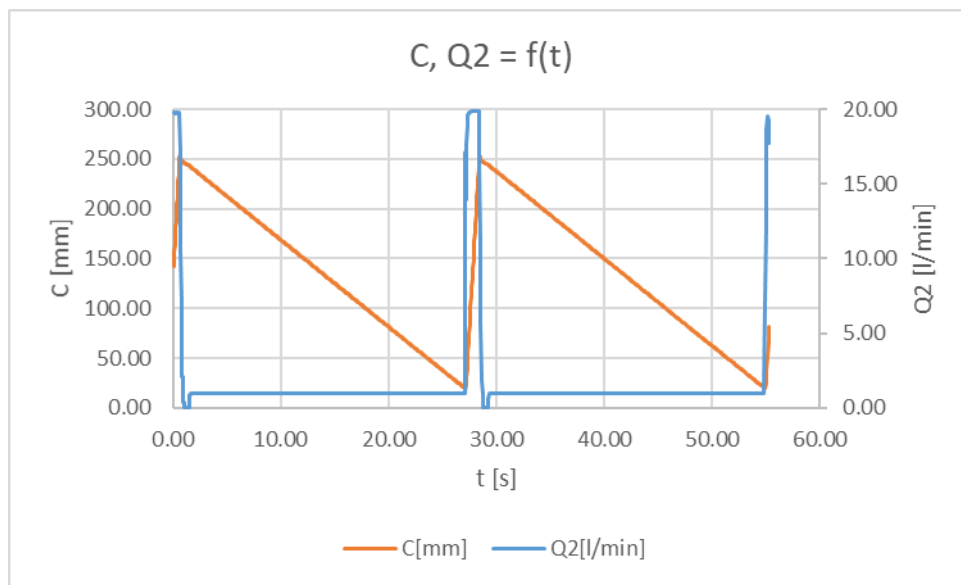
În figura 18 se prezintă variația în timp a cursei celor doi cilindri hidraulici de pe stand (de probare și de sarcină), atunci când cilindrul de sarcină realizează două curse complete (extensie + compresie). Se observă că timpul de realizare a cursei de compresie (avansul în sarcină al cilindrului de probare) este mult mai mare decât cel de realizare al cursei de extensie (retragerea în gol a cilindrului de probare).

Explicația pentru faptul că **viteza de avans** a cilindrului de probare este de aproximativ **20 de ori mai mică** decât viteza sa de retragere constă în faptul că pe cursa de retragere cilindrul de probare este alimentat cu întreg debitul pompei modulului de pompare, iar pe cursa de avans același cilindru este alimentat numai cu debitul de pe racordul de înaltă presiune al miniboosterului.



**Fig.19:** Detaliu: variația în timp a cursei cilindrilor.

În detaliul din figura 19, realizat pentru o durată de timp **1 secundă** (cuprinsă în intervalul 10-11 s) și un segment de cursă de compresie a cilindrului de sarcină de **9 milimetri** (cuprinși în intervalul 160-169mm) se observă că deplasarea cilindrilor hidraulici de pe stand este aproximativ liniară.



**Fig.20:** Variația în timp a cursei și debitului cilindrului de sarcină.

În figura 20 se prezintă variația în timp a cursei și debitului cilindrului de sarcină pe durata realizării a două curse complete (extensie + compresie). Se observă că:

- pe durata extensiei cilindrului de sarcină (aprox. **1,33 sec.**) debitul maxim este de aproximativ **20 l/min**;
- pe durata compresiei cilindrului de sarcină (aprox. **26 sec.**) debitul maxim este de aproximativ **1,3 l/min**;
- variațiile mici ale debitului din cilindrul de sarcină produc abateri mici de la deplasarea sa liniară.

### 1.3 Modul pompare MP1 echipat cu minibooster i=7,6

- Raportul de amplificare a presiunii:  $i = 7,6$ ;
- Valoarea presiunii amplificate (ieșirea de înaltă presiune minibooster) = 0...1 520 bar;
- Numărul de înregistrări de date achiziționate = 1281 (figura 21);
- Durata înregistrărilor = 62,120 s (figura 21);
- Data înregistrărilor: 21.09.2022, ora: 12-30-41 (figura 21).

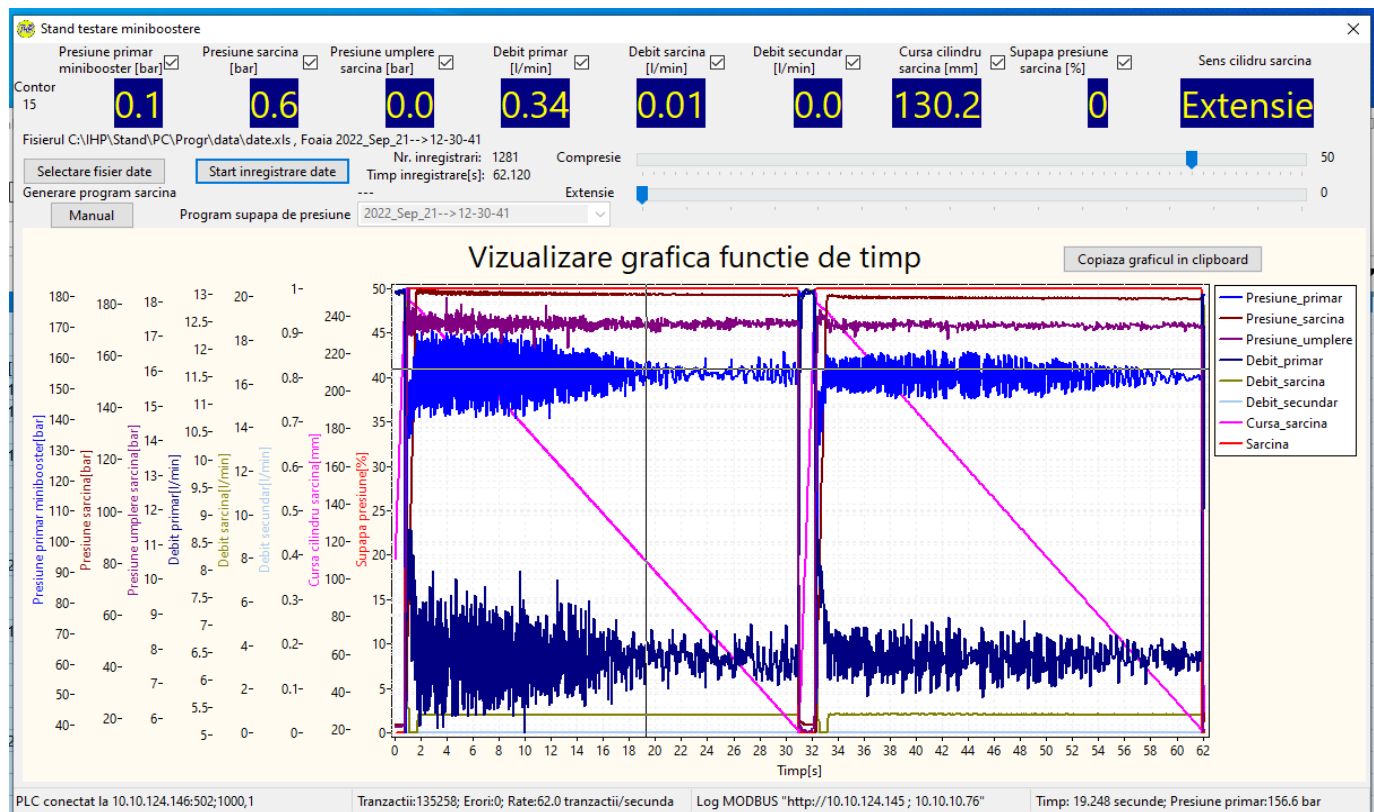


Fig.21: Consola de operare a standului.

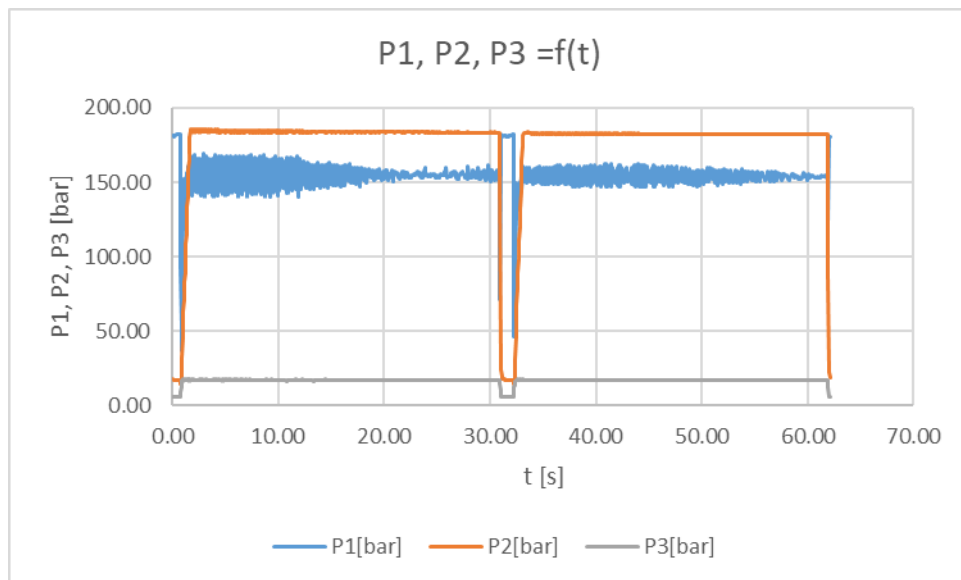
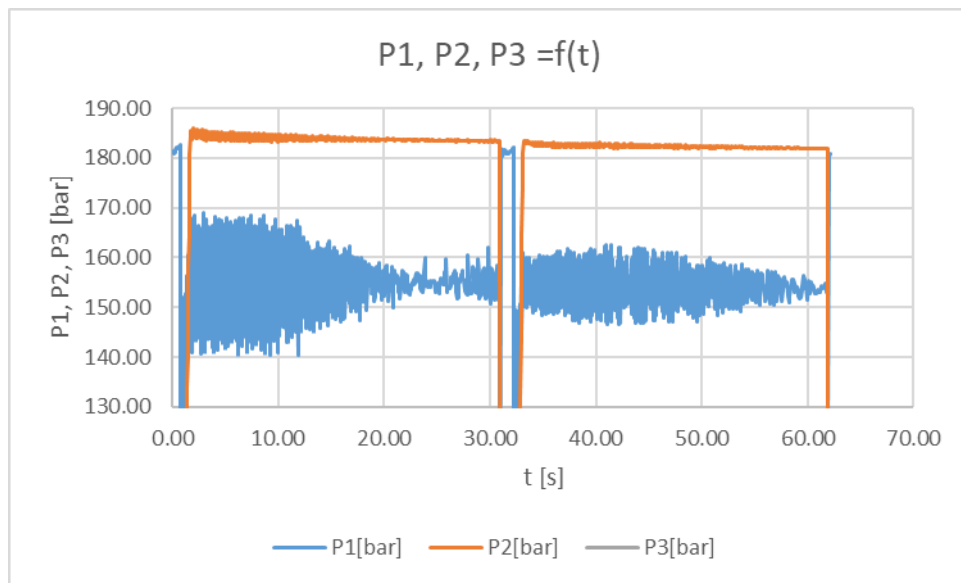


Fig.22: Variația în timp a presiunilor P1, P2, P3.

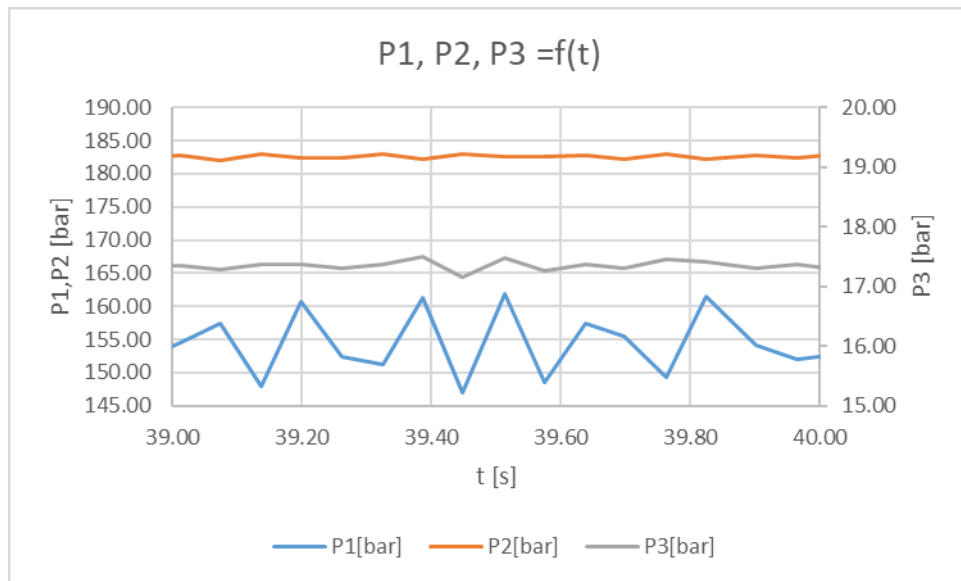
În figura 22 sunt reprezentate variațiile în timp presiunii din primar minibooster (P1), de sarcină (P2) și de umplere cilindru de sarcină (P3), pe două curse complete ale acestuia (extensie + compresie).



**Fig.23:** Detaliu: variația în timp a presiunilor P1 și P2.

În detaliul din figura 23 sunt prezentate variațiile presiunilor P1 și P2, pe două curse de extensie și compresie ale cilindrului de sarcină. Detaliul a fost realizat pentru intervalul de presiune 130-190 bar, interval care nu conține și variația presiunii P3.

Se observă că vârfurile presiunilor P1 (aprox. 183 bar) se înregistrează la schimbarea sensului de deplasare a cilindrului de sarcină (trecerea de la compresie la extensie).

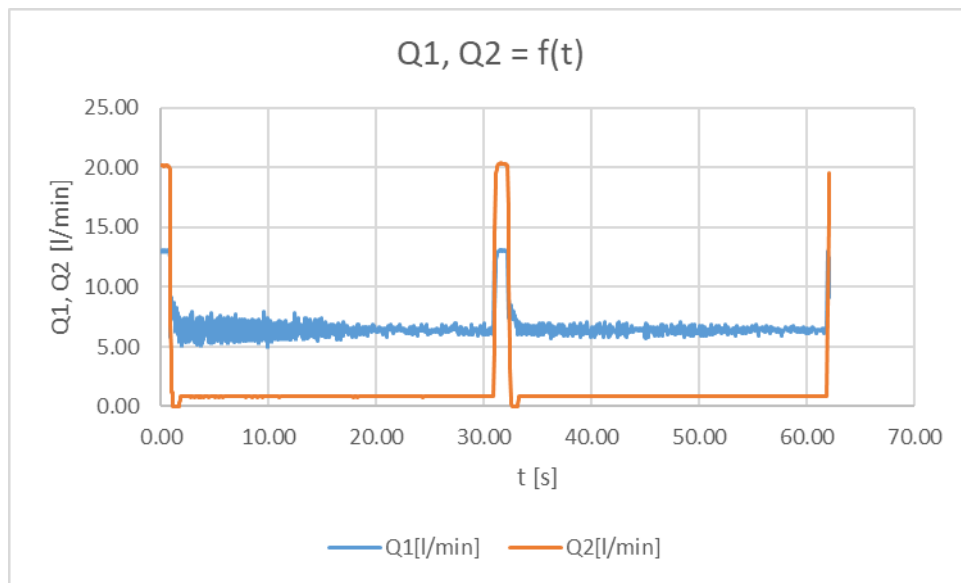


**Fig.24:** Detaliu: variația în timp a presiunilor P1, P2, P3.

În detaliul din figura 24 sunt prezentate variațiile presiunilor P1, P2 și P3, pe două curse de compresie ale cilindrului de sarcină. Detaliul a fost realizat pentru un segment din cursa de compresie a cilindrului de sarcină, corespunzător intervalului de timp **39-41 s** și intervalului de presiune **145-190 bar**, pentru presiunile P1 și P2, respectiv **15-20 bar**, pentru presiunea P3.

Se constată că:

- variația presiunii din primarul miniboosterului (P1) este cuprinsă în intervalul **148-162 bar** ;
- variația presiunii de sarcină (care generează forța rezistentă a cilindrului de probare de pe stand) este cuprinsă în intervalul **182-183 bar**. Ținând cont de raportul suprafețelor pistoanelor celor doi cilindri de pe stand, egal cu **4,41**, acest interval devine **803-807 bar** ;
- variația presiunii de umplere a cilindrului de sarcină este cuprinsă în intervalul **19,0-19,2 bar**.

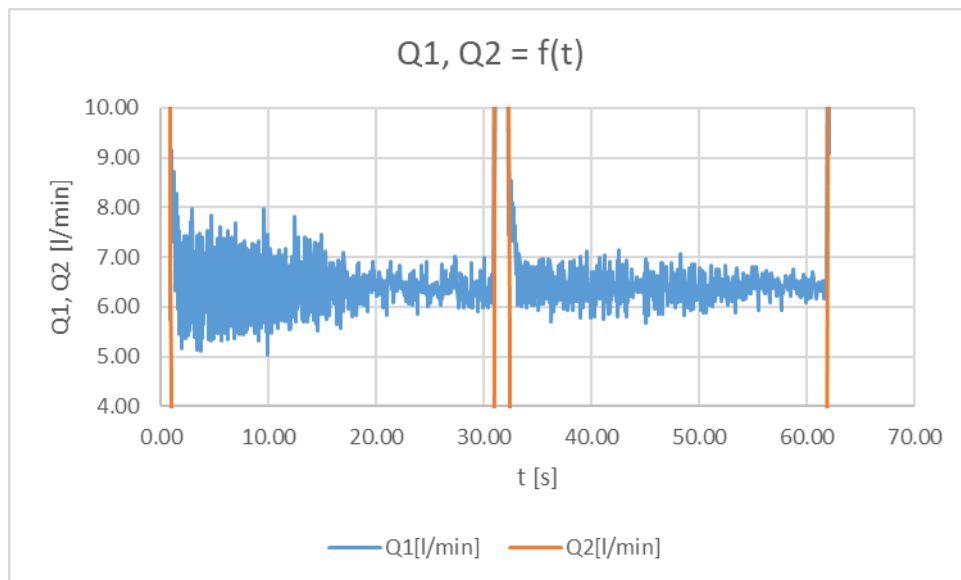


**Fig.25:** Variația în timp a debitelor Q1 și Q2.

În figura 25 sunt prezentate variațiile în timp ale debitelor Q1 și Q2, pe două curse complete ale cilindrului de sarcină (extensie + compresie).

Se observă că:

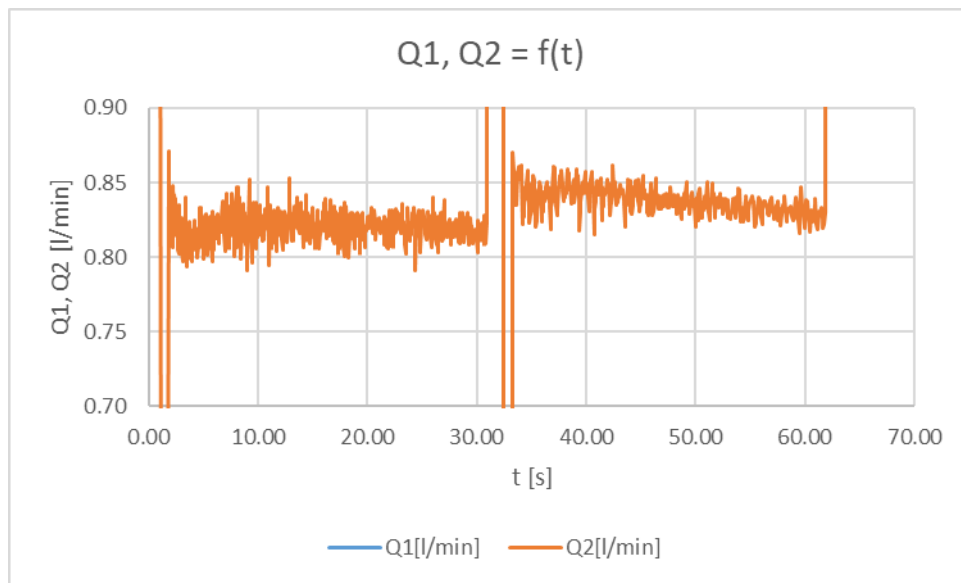
- debitul maxim Q1, care se înregistrează pe cursa de extensie a cilindrului de sarcină (retragere cilindru de probare) este de 12,5 l/min;
- debitul maxim Q2, care se înregistrează pe cursa de compresie a cilindrului de sarcină (avans cilindru de probare) este de 20 l/min.



**Fig.26:** Detaliu: variația în timp a debitului Q1.

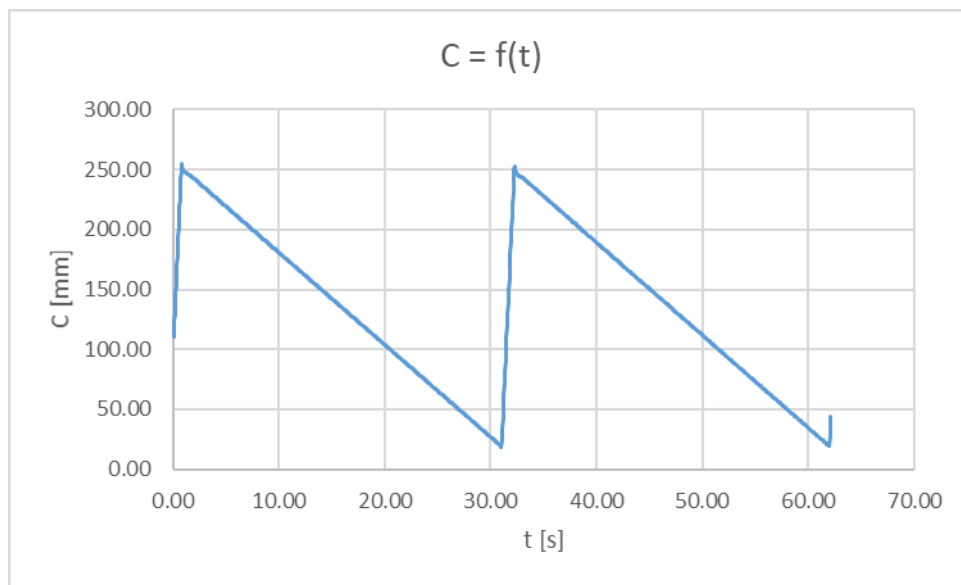
În figura 26 se prezintă un detaliu al variației de debit Q1, realizat pentru două curse complete ale cilindrului de sarcină (extensie + compresie), pe intervalul de debit **4-10 l/min**, care nu detaliază și variația de debit Q2.

Se observă că variația de debit Q1, de **maxim  $\pm 1,5$  l/min**, față de valoarea medie de **6,5 l/min**, de pe prima cursă de compresie a cilindrului de sarcină scade la **maxim  $\pm 0,5$  l/min**, față de aceeași valoare medie, la a doua cursă de compresie a cilindrului de sarcină.



**Fig.27:** Detaliu: variația în timp a debitului Q2.

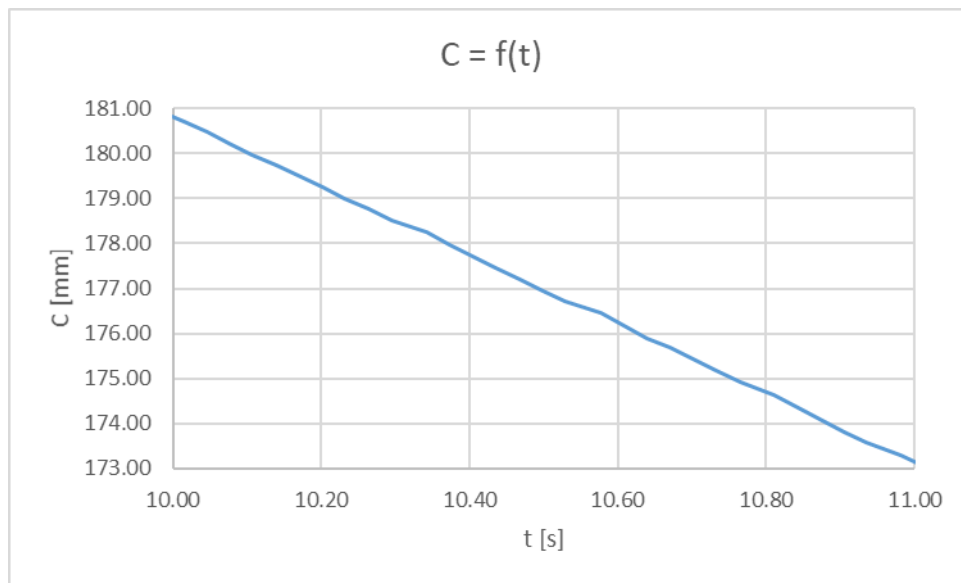
Variația în timp a debitului Q2, pe două curse de compresie ale cilindrului de sarcină, pe intervalul de debit **0,7-0,9 l/min**, este detaliată în figura 27. Se observă că debitul Q2 variază în intervalul **0,8-0,85 l/min** pe prima cursă de compresie a cilindrului de sarcină și pe intervalul **0,82-0,87 l/min**, pe a doua cursă de compresie a cilindrului de sarcină.



**Fig.28:** Variația în timp a cursei cilindrilor.

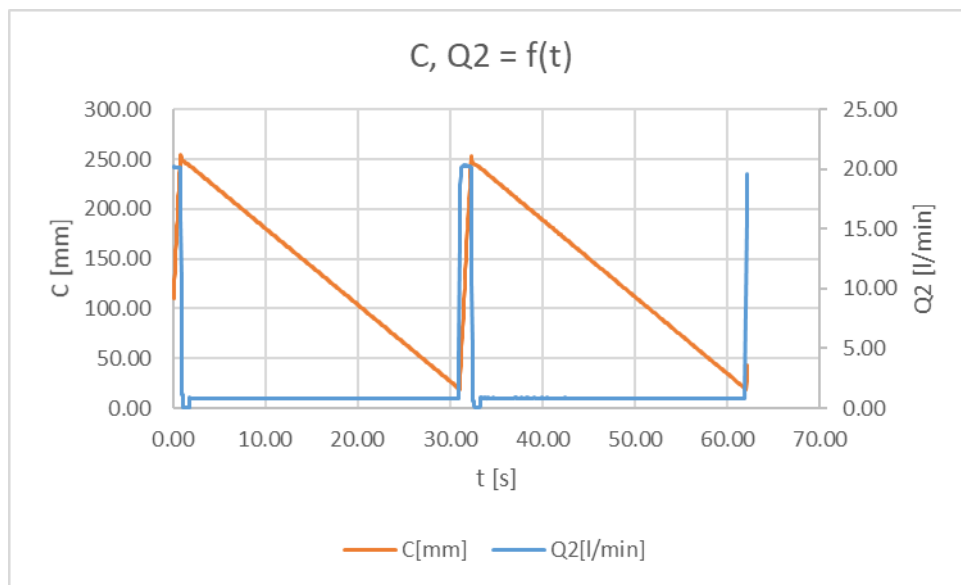
În figura 28 se prezintă variația în timp a cursei celor doi cilindri hidraulici de pe stand (de probare și de sarcină), atunci când cilindrul de sarcină realizează două curse complete (extensie + compresie). Se observă că timpul de realizare a cursei de compresie (avansul în sarcină al cilindrului de probare) este mult mai mare decât cel de realizare al cursei de extensie (retragerea în gol a cilindrului de probare).

Explicația pentru faptul că **viteza de avans** a cilindrului de probare este de aproximativ **23 de ori mai mică** decât viteza sa de retragere constă în faptul că pe cursa de retragere cilindrul de probare este alimentat cu întreg debitul pompei modulului de pompare, iar pe cursa de avans același cilindru este alimentat numai cu debitul de pe racordul de înaltă presiune al miniboosterului.



**Fig.29:** Detaliu: variația în timp a cursei cilindrilor.

În detaliul din figura 29, realizat pentru o durată de timp **1 secundă** (cuprinsă în intervalul 10-11 s) și un segment de cursă de compresie a cilindrului de sarcină de **8 milimetri** (cuprinși în intervalul 173-181mm) se observă că deplasarea cilindrilor hidraulici de pe stand este aproximativ liniară.



**Fig.30:** Variația în timp a cursei și debitului cilindrului de sarcină.

În figura 30 se prezintă variația în timp a cursei și debitului cilindrului de sarcină pe durata realizării a două curse complete (extensie + compresie). Se observă că:

- pe durata extensiei cilindrului de sarcină (aprox. **1,30 sec.**) debitul maxim este de aproximativ **20 l/min**;
- pe durata compresiei cilindrului de sarcină (aprox. **30 sec.**) debitul maxim este de aproximativ **1,1 l/min**;
- variațiile mici ale debitului din cilindrul de sarcină produc abateri mici de la deplasarea sa liniară.



## 2. CONCLUZII

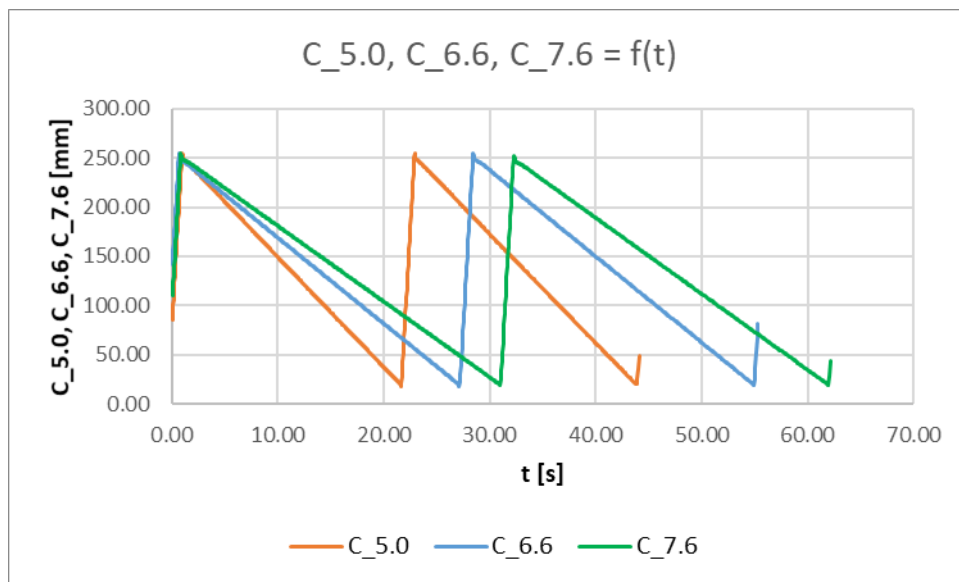


Fig.31: Comparație deplasări cilindru de sarcină.

În figura 31 se prezintă o comparație între deplasările cilindrului de sarcină de pe stand, echipat cu traductor de deplasare, în următoarele condiții:

- modulul de pompare MP1, care alimentează cilindrul de probare al standului, este echipat succesiv cu 3 miniboostere, cu factor de amplificare diferiți ( $i=5.0$ ;  $i=6.6$ ;  $i=7.6$ );
- cilindrii de pe stand (de probare și de sarcină) realizează câte două curse complete, de **250 mm**, pentru fiecare sens de deplasare;
- cilindrul de sarcină crează forțe rezistente aproximativ egale și constante pentru cilindrul de probare, pe cursa de avans a acestuia, respectiv sarcină nulă pe cursa sa de retragere.

### Se constată că:

- deplasarea cilindrului de pe stand este aproximativ liniară, pentru cele trei cazuri de echipare cu minibooster ale modulului de pompare MP1
- **viteza de avans în sarcină** a cilindrului de probare (panta deplasării) scade cu creșterea factorului de amplificare al miniboosterului;
- **viteza de retragere în gol** (fără sarcină) nu depinde de factorul de amplificare al miniboosterului;
- cilindrul de probare se deplasează lent, dar fără rețineri sau înțepeniri, pe cursa de avans și rapid, pe cursa de retragere;
- forța rezistentă pe care o poate învinge cilindrul de probare este direct proporțională cu factorul de amplificare al miniboosterului.

### Concluzii:

- modulul de pompare MP1 poate fi echipat cu oricare dintre cele trei miniboostere;
- dacă se utilizează în aplicații cu cilindri hidraulici care trebuie să învingă sarcini mai mici, dar trebuie să se deplaseze mai rapid, modulul se va echipa cu minibooster cu  $i=5.0$ , iar pentru sarcini mai mari și viteze de deplasare mai mici, echiparea modulului se va face cu miniboostere cu  $i=6.6$  sau  $i=7.6$ .