

Florin MARIAȘIU
Călin ICLODEAN



APLICAȚII NUMERICE ÎN SIMULAREA PROCESELOR MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ

ÎNDRUMĂTOR DE LABORATOR

UTPRESS
Cluj-Napoca, 2016
ISBN 978-606-737-154-3



Editura U.T.PRESS
Str.Observatorului nr. 34
C.P.42, O.P. 2, 400775 Cluj-Napoca
Tel.:0264-401.999 / Fax: 0264 - 430.408
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Director: Ing. Călin D. Câmpean

Recenzia: Prof.dr.ing. Nicolae Burnete

Copyright © 2016 Editura U.T.PRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-154-3

Bun de tipar: 01.04.2016

Prefață

Datorită contextului contemporan al dinamicii proiectării, dezvoltării, producerii și investigării motoarelor cu ardere internă lucrarea de față a apărut ca și o necesitate imediată în abordarea celor amintite, prin metode moderne de modelare și simulare efectuate prin procese de analiză numerică computerizată.

Avantajele oferite de metodele și metodologiile moderne de modelare și simulare numerică față de metodele tradiționale de proiectare, dezvoltare și investigare a proceselor funcționale ale unui motor cu ardere internă sunt reflectate în primul rând prin economia de resurse (timp, resurse umane și materiale), posibilitatea de a efectua un număr mare de experimente virtuale, modificarea unor parametrii, acces imediat la datele obținute prin simulare și analiza acestora prin metode avansate de statistică matematică.

Lucrarea se adresează în primul rând către studenții ce frecventează cursurile universitare din domeniul ingineriei autovehiculelor dar își propune de asemenea, să realizeze transferul de cunoștințe și experiența acumulată de către autori, către toți aceia care au interese legate de domeniul motoarelor cu ardere interne și a autovehiculelor. În acest scop s-a realizat o structură a conținutului care să favorizeze o parcurgere facilă a pașilor necesari în crearea de competențe și abilități față de utilizarea unor instrumente moderne de analiză numerică computerizată.

Sunt prezentate modalitățile de modelare și simulare a motoarelor cu aprindere prin scânteie (MAS) și a motoarelor cu aprindere prin comprimare (MAC), a posibilităților de integrare în model și modelare a echipamentelor de comandă și control (ECU), a motoarelor mono și poli cilindrice precum și utilizarea și analiza datelor obținute prin simulare utilizând unelte de post-procesare.

Lucrările de laborator sunt dezvoltate pe baza principiului “de la simplu la complex”, prin structurarea lor sub forma unui algoritm facil de urmat și explicat suficient pentru ca operațiile efectuate să fie înțelese (prin prisma efectului și a necesităților lor).

Existența unui capitol separat de teste de autoevaluare are ca și scop aprofundarea și fixarea cunoștințelor dobândite prin parcurgerea lucrărilor de laborator propuse.

Autorii consideră că această lucrare reprezintă doar un început în domeniul analizei numerice a motoarelor cu ardere internă, cu scopul declarant de a fi un instrument de diseminare către cei interesați de problematica contemporană a dezvoltării potențialului motoarelor cu ardere internă prin metode de analiză numerică computerizată.

Cluj-Napoca, 2016

CUPRINS

Laborator 1: Principiile modelării și simulării motoarelor cu ardere internă. Prezentarea generală a programului AVL BOOST	1
Laborator 2: Modelarea și simularea unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie. Setări generale.....	12
Laborator 3: Modelarea și simularea unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie. Parametrizarea motorului	20
Laborator 4: Modelarea și simularea unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie. Parametrizarea elementelor auxiliare	34
Laborator 5: Procesarea și analiza rezultatelor obținute prin simulare	50
Laborator 6: Implementarea elementelor de management, comandă și control (ECU) în modelele numerice.....	66
Laborator 7: Modelarea și simularea unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare. Construcție model și parametrizare generală motor	81
Laborator 8: Modelarea și simularea unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare. Parametrizare elemente model.....	100
Laborator 9: Modelarea și simularea unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare. Parametrizare hărți ECU	123
Teste de autoevaluare, teme și aplicații practice	141
Bibliografie	145

Laborator 1:

Principiile modelării și simulării sistemelor de management ale motoarelor cu ardere internă. Prezentarea generală a programului AVL BOOST.

Scop

- Familiarizarea utilizatorilor cu mediul și programul de modelare și simulare **AVL BOOST**.

Obiective educaționale și de formare a competențelor specifice

- Identificarea funcțiilor programului **AVL BOOST**, a ariilor și a barelor de lucru (Toolbar);
- Utilizarea adecvată a interfeței programului **AVL BOOST** (GUI – **Graphical User Interface**);
- Identificarea și funcționalitatea elementelor constructive ale unui model;
- Utilizarea elementelor constructive pentru cazul particular al unui model de motor dat (ales).

Prezentarea lucrărilor de laborator

Ca și reguli generale privind modul și cerințele de desfășurare al activităților practice de laborator, acestea vor respecta următoarele cerințe:

- Activitățile de laborator se vor desfășura conform orarului, în sala prevăzută (alocată) acestor activități;
- Se vor stabili echipe de lucru de 2 (max. 3 studenți);
- Se va alocă un post de lucru (calculator) care va rămâne același pe toată perioada de desfășurare a activității de laborator.

Activitățile de la fiecare laborator se vor salva în folderul creat inițial pentru aceste activități (denumit “**Grupa_AAAA_lab_MMAT**”), sub denumirea “**Echipa_x**” (unde x va fi numărul alocat echipei de lucru), sau “**Nume_prenume**” al studentului.

De asemenea, ținând cont de specificul activităților de laborator, studenții sunt obligați:

- Să respecte normele și regulile interne de desfășurare a lucrărilor practice din cadrul Laboratorului de motoare;
- Să fie instruiți înainte de a efectua un test de încercare pe stand și de a refuza să efectueze testul, dacă consideră că testul nu este efectuat în condiții de siguranță;
- Orice abatere de la normele de siguranță și securitate a muncii va fi adusă imediat la cunoștința cadrului didactic și/sau a tehnicianului de serviciu;
- Să anunțe imediat conducerea departamentului și/sau la numărul de telefon alocat serviciilor de urgență – 112, incidentele de siguranță și securitate a muncii.

În cadrul **laboratorului 1**, activitățile ce urmează a fi desfășurate au ca și scop familiarizarea utilizatorilor (studenților) cu noțiunile și cerințele caracteristice utilizării simulării computerizate în domeniul motoarelor cu ardere internă. Prin parcurgerea activităților alocate laboratorului 1, se vor prezenta generalitățile, funcțiunile și utilitatea pachetului de programe **AVL BOOST** (ce va fi utilizat pe parcursul desfășurării laboratoarelor ce urmează).

Se vor prezenta elementele principale (tip, funcțiune, caracteristici de bază etc.) de construcție a unui model ce simulează funcționarea unui motor cu ardere internă, și de asemenea, se vor efectua primii pași în crearea unui model (inserarea elementelor în zona de lucru, în funcție de specificul motorului ales pentru aplicarea practică a cunoștințelor acumulate).

Prezentarea generală a programului AVL BOOST

Programul **AVL BOOST** este o suită de instrumente software de simulare utilizate pentru proiectarea și investigarea numerică a unei mari varietăți de modele de motoare, în doi sau în patru timpi, cu aprindere prin scânteie sau cu aprindere prin comprimare.

Cu ajutorul acestei aplicații software se pot genera, dezvolta și studia modele de motoare de la capacități cilindrice mici (cum ar fi motoarele de motocicletă) până la capacități cilindrice foarte mari (motoare pentru navele maritime).

Instrumentul software **AVL BOOST** de analiză a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă constă dintr-un program de preprocesare, folosit pentru introduce-

rea datelor inițiale, a datelor de intrare și a caracteristicilor tehnice a motorului care urmează a fi construit ca și model.

După asamblarea efectivă a elementelor care alcătuiesc motorul împreună cu sistemele anexe, ecuațiile matematice și algoritmi de calcul ai modelului care stau în spatele interfeței grafice cu utilizatorul, vor analiza și calcula procesele care sunt cerute în timpul simulărilor.

O particularitate a programului **AVL BOOST** este aceea că mișcarea fluidelor prin conducte este tratată ca fiind "0" dimensională. Acest lucru înseamnă că parametrii fizici precum presiunile, temperaturile și vitezele de curgere din cadrul sistemului studiat, vor fi obținute din soluțiile rezolvării ecuațiilor de dinamică a gazelor și reprezintă valorile medii pe secțiunea transversală a conductelor (ipoteză simplificatoare).

Pornirea mediului de simulare **AVL BOOST** se poate realiza în două moduri:

1. Prin accesul barei de comanda a sistemului de operare și click pe icon-ul **AVL AST** (figura 1.1);
2. Prin dublu click pe icon-ul **AVL AST** de pe desktop și click pe butonul **AVL BOOST** (figura 1.2).

Ca și aplicație practică, se va alege mediul de simulare **AVL BOOST** și se așteaptă încărcarea programului. Prin lansarea (deschiderea) programului, va apare următorul ecran (figura 1.3). Meniul și bara de unelte a programului de simulare **AVL BOOST** sunt prezentate în figura 1.4.

Pentru salvarea unui model creat în aplicația **AVL BOOST** se vor parcurge pașii următori:

- Modelul computerizat creat va fi salvat prin accesarea meniului: **File->Save As**.
- Modelul va fi salvat sub forma "**Nume_Prenume.bwf**". Salvarea se va realiza în folderul (directorul) ce este repartizat utilizatorului/studentului respectiv.
- Pentru încărcarea modelului la o ședință nouă de laborator, se va accesa din nou meniul prin opțiunile **File -> Open**, și se va alege denumirea fișierului salvat anterior.

Foaia de lucru încărcată în aplicația **AVL BOOST** se dimensionează în funcție de mărimea modelului care va fi dezvoltat și/sau de numărul de elemente componente ale modelului.

Dimensionarea foi de lucru se realizează din comanda **File -> Page Setup**: de unde se alege orientarea paginii (**Portrait** sau **Landscape**) și dimensiunea paginii (după un standard A4 sau A3, respective la dimensiuni definite de utilizator).

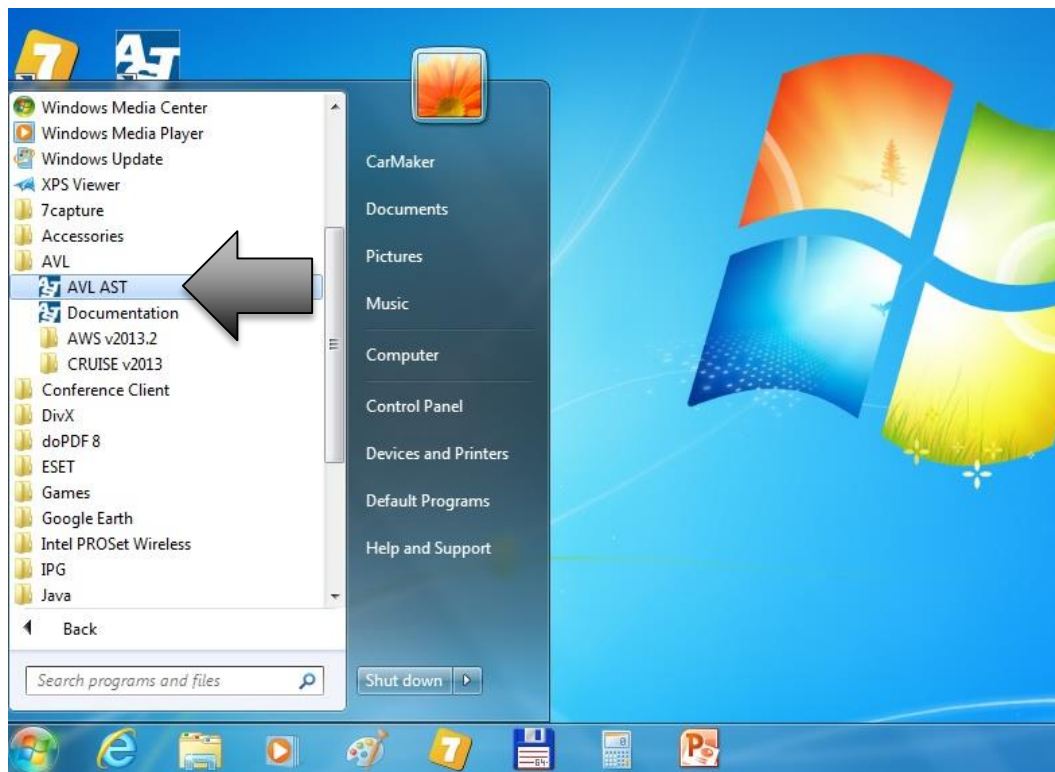


Fig. 1.1 Lansare (deschidere) program din bara de comanda a sistemului de operare



Fig. 1.2 Lansare (deschidere) program din icon-ul de pe ecran

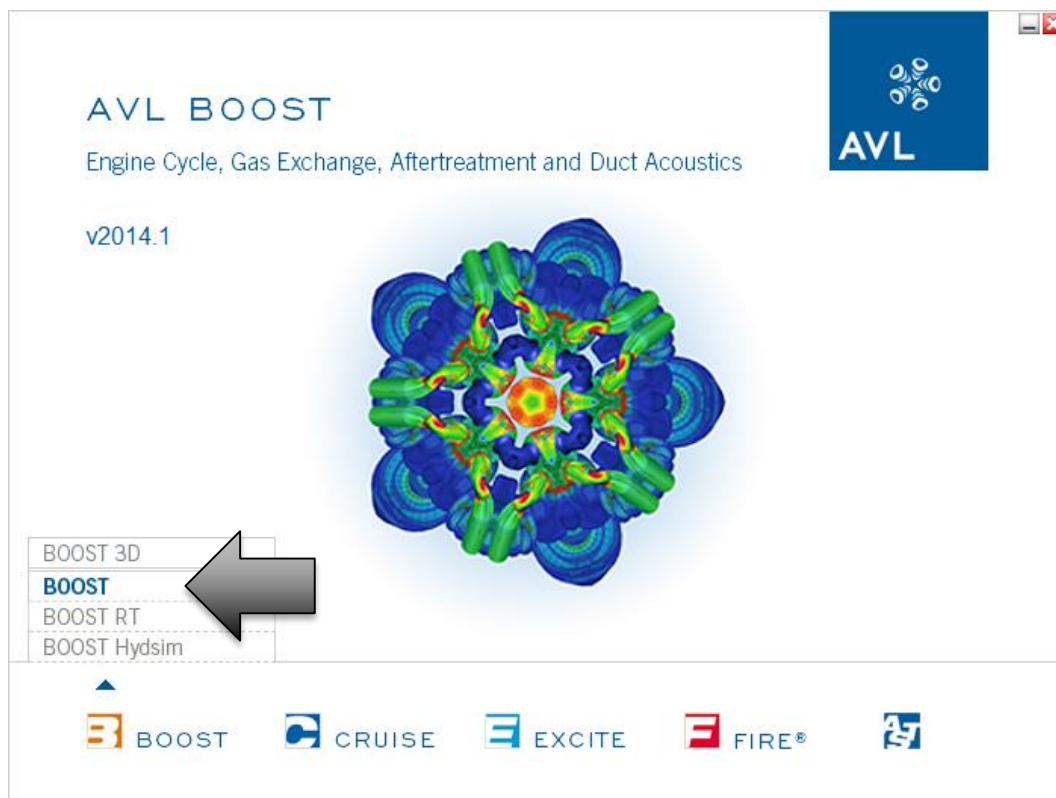


Fig. 1.3 Ecranul principal de lansare a programului de simulare AVL BOOST

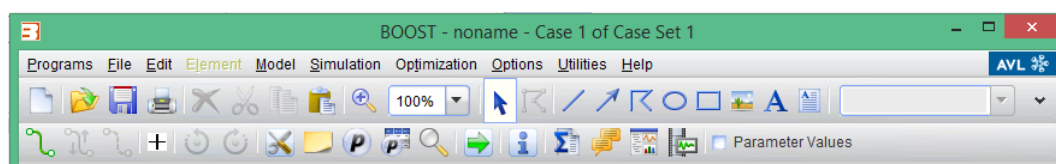


Fig. 1.4 Meniul si bara de unelte a programului de simulare AVL BOOST

Alegerea elementelor ce compun un model, se realizează din bara de unelte aflată în partea stângă a ecranului principal (selectare simplă prin intermediul mouse-ului). Poziționarea elementului în cadrul ariei de lucru se realizează simplu, cu ajutorul mouse-lui, prin dublu click (figura 1.5).

Identificarea elementele constructive ale unui model. Generalități.

Elementele (sau blocurile) ce definesc funcționarea componentelor și/sau sistemele și echipamentele unui motor cu ardere internă, oferă posibilitatea de a modela un motor cu ardere internă de la modele simple până la modele complexe.

Caracteristica de complexitate a acestor modele este dată în primul rând de tipul motorului ce urmează a fi simulat (tipul de aprindere, număr de cilindrii, sisteme auxiliare de supraalimentare, consumatori mecanici conectați etc.).

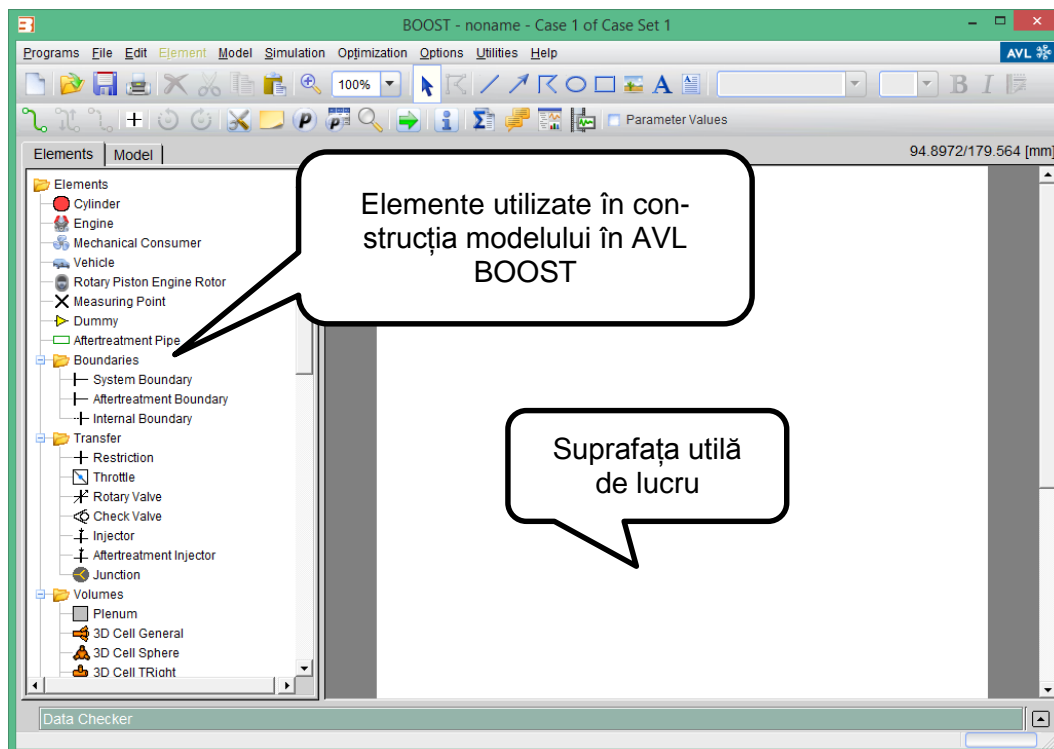


Fig. 1.5 Ecranul de lucru al aplicației AVL BOOST
(poziționarea ariei de construire / lucru a modelelor)

În continuare se va prezenta modalitatea de identificare a elementelor (a blocurilor) funcționale, ce vor fi utilizate în modelarea unui motor cu ardere internă, în mediul de simulare **AVL BOOST**.

Elemente generale (înglobează mai multe sub-modele funcționale) (figura 1.6):

- C1 – Cilindru
- E1 – Motor
- MCH1 - Consumator mecanic
- V1 – Vehicul
- RP1 - Piston rotativ
- MP1 - Punct de măsură
- D1 - Element necunoscut
- ATP1 - Conexiune post-tratament

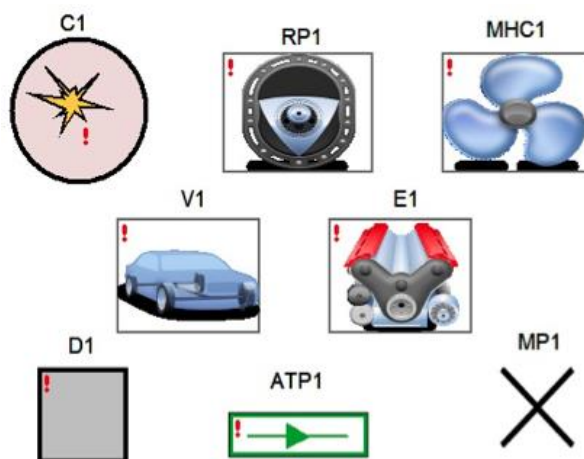


Fig. 1.6 Icon-urile alocate elementelor generale

Elemente de definire a limitelor modelului (figura 1.7):

- SB1 - Limită de sistem (admisie sau evacuare în cazul motoarelor)
- ATB1 - Limită post-tratament
- IB1 - Limită internă

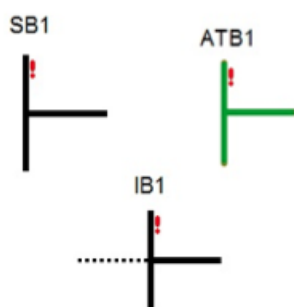


Fig. 1.7 Icon-urile alocate elementelor de definire a limitelor modelului

Elemente de transfer (figura 1.8):

- R1 - Restricție
- TH1 - Accelerație
- RV1 - Valvă/Supapă rotativă
- CV1 - Supapă de siguranță
- I1 – Injector
- ATI1 - Injector post-tratament
- J1 - Joncțiune

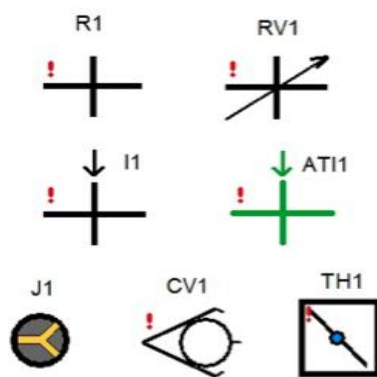


Fig. 1.8 Icon-urile alocate elementelor de transfer

Elemente de definire a volumelor (figura 1.9):

- PL1 - Plenum (volum)
- 3DG1 - Element 3D general
- 3DS1 - Element 3D sferic
- VP1 - Plenum variabil
- PPI1 - Conductă în conductă
- CL1 - Filtru de aer
- CAT1 – Catalizator
- CO1 – Radiator
- DPF1 - Filtru de particule diesel

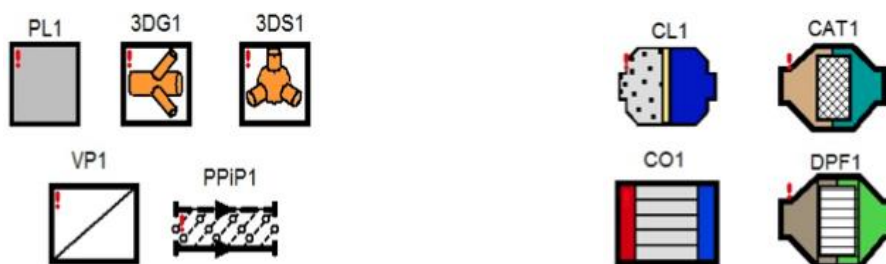


Fig. 1.9 Icon-urile alocate elementelor de definire a volumelor

Elemente de încărcare a motorului (figura 1.10):

- TC1 - Turbosuflantă
- T1 - Turbină
- TCP1 – Turbocompresor
- PDC1 - Compresor cu debit pozitiv
- WG1 - Valvă de presiune
- PWSC1 - Element BOOST (**Flow Sim**)
- ED1 - Dispozitiv electric

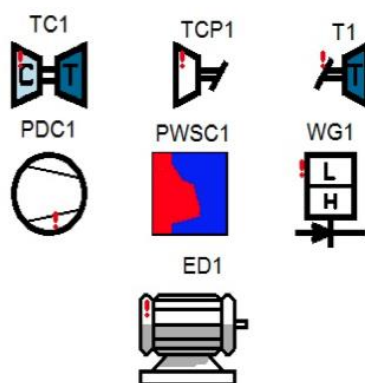


Fig. 1.10 Icon-urile alocate elementelor de încărcare a motorului

Elemente de legătură externe cu alte programe de simulare AVL AST (figura 1.11):

- L1 - Legătură cu **AVL FIRE**
- UDE1 - Element definit de utilizator
- CFD1 - Legătură cu **CFD**
- CRL1 - Legătură cu **AVL CRUISE**

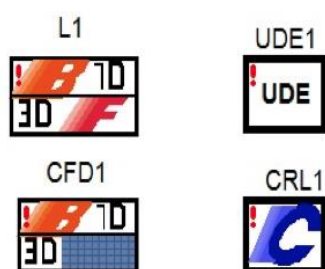


Fig. 1.11 Icon-urile alocate elementelor de legătură cu alte programe de simulare externe mediului AVL BOOST

Elemente de comandă și control ale motorului (figura 1.12):

- ECU1 - Unitate electronică de control
- DLL1 - Element control **MATLAB**
- EI1 - Interfață cu motorul
- PID1 - Controler **PID**
- FI1 - Interpretor de formule
- MNT1 – Monitor

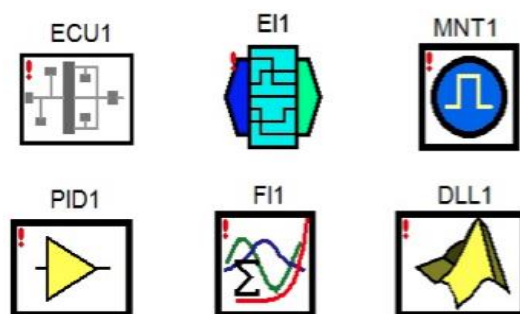


Fig. 1.12 Icon-urile alocate elementelor de comanda și control

Elemente de definire a componentelor acustice (figura 1.13):

- MIC1 – Microfon
- PER1 - Suprafață perforată
- OGC1 - Element acustic
- OP1 - Țevi suprapuse
- FBR1 - Element acustic

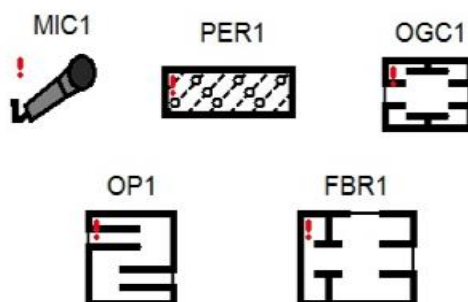


Fig. 1.13 Icon-urile alocate elementelor de tip acustic

Aplicație practică: identificarea și amplasarea elementelor și blocurilor funcționale principale în zona de lucru.

Pentru realizarea aplicației practice din cadrul laboratorului se vor poziționa în cadrul ecranului (ariei) de lucru, elementele și blocurile funcționale principale ale unui motor cu ardere internă.

Elementele constructive sunt caracteristice unui model de motor cu aprindere prin comprimare (diesel), în 6 cilindrii în linie, cu sistem de supraalimentare (**Turbocharger**).

Blocurile funcționale necesare construirii modelului sunt următoarele (figura 1.14):

- 6 elemente Cylinders (C)
- 1 element Intercooler – (CO)
- 1 element Turbocharger – (TC)
- 1 element Engine – (E)
- 2 elemente System Boundaries – (SB)
- 3 elemente Plenum – (PL)
- 8 elemente Pipes Number – (P)
- 8 elemente Measuring Points – (MP)

Fiecare element se selectează inițial din bara elementelor (partea stângă a ecranului) și se adaugă cu un dublu-click pe icon-ul elementului ales, în interiorul ariei de lucru.

Poziționarea/mutarea acestora în cadrul ariei de lucru, se realizează prin selectarea elementului (blocului) funcțional (click stânga mouse), tragerea și amplasarea la locul dorit/prestabilit (butonul stânga al mouse-ului se menține apăsat).

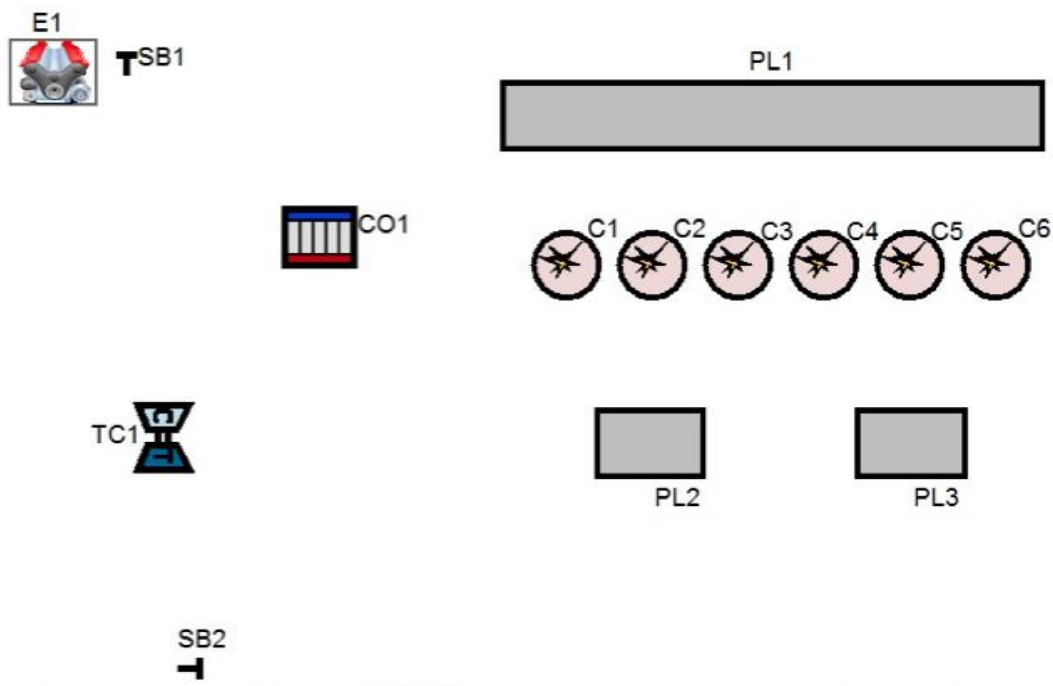


Fig. 1.14 Exemplu de amplasare a blocurilor (elementelor) funcționale în aria de lucru

Laborator 2:

Modelarea și simularea unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie. Setări generale.

Scop

- Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor cu aprindere prin scânteie monocilindric.

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă;
- Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată.

Prezentarea lucrării

Lucrarea prezintă algoritmul de utilizare a programului de modelare și simulare **AVL BOOST** în modelarea unui motor cu aprindere prin scânteie monocilindric. Se prezintă detaliat modul de realizare a modelului general precum și a setărilor generale a modelului de motor supus simulării, în mediul de simulare **AVL BOOST**.

Desfășurarea lucrării

Lucrarea de laborator nr. 2 se desfășoară prin parcurgerea algoritmului prezentat în cele ce urmează, în scopul realizării unei aplicații practice de modelare a unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie.

Modelul se construiește prin plasarea elementelor componente în interiorul zonei de lucru și interconectarea lor prin intermediul elementelor de conectare - **Pipes**.

Nu este necesară o ordine prestabilită de amplasare a elementelor sau a poziționării lor exacte în interiorul zonei de lucru.

Alegerea unui element component și amplasarea lui se realizează prin efectuarea cu ajutorul mouse-ului (dublu click pe element în zona de identificare a elementelor - **Element Tree**). Pentru poziționarea în cadrul zonei de lucru (de creare a modelului) se selectează elementul (simplu click), se menține apăsat butonul stâng al mouse-ului și se mută elementul acolo unde se dorește (figura 2.1).

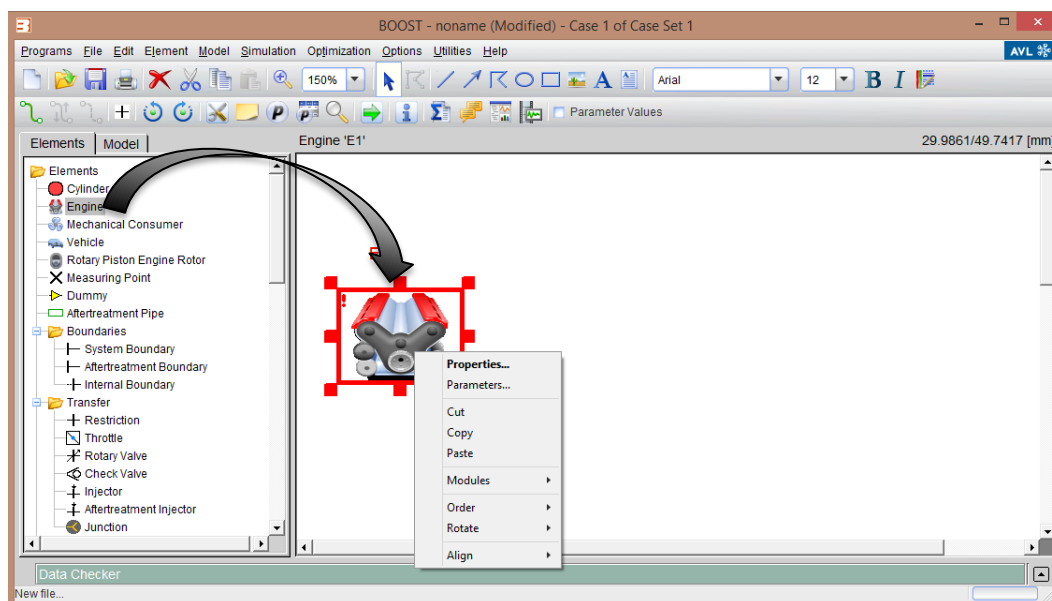


Fig. 2.1 Inserarea unui element în zona de lucru

Particular, în cazul ce urmează a fi prezentat, modelul de motor ales a fi modelat și simulat se compune din următoarele elemente componente (figura 2.2):

- 1 buc. motor (Engine)
- 1 buc. cilindru motor (Cylinder)
- 1 buc. filtru de aer (Air Cleaner)
- 1 buc. catalizator (Catalyst)
- 1 buc. injector (Injector)
- 2 buc. elemente intrare/ieșire – admisie/evacuare (System Boundaries)
- 3 buc. volume de compensare (Plenum)
- 3 buc. restricții (Restrictions)
- 10 buc. puncte de măsurare și monitorizare (Measuring Points)
- 12 buc. conexiuni (Pipes)

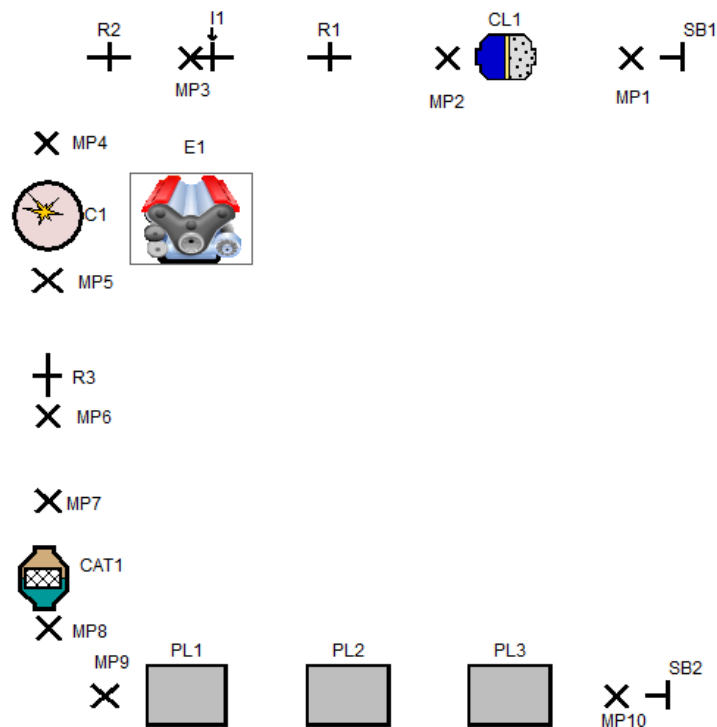


Fig. 2.2 Elementele modelului de motor cu aprindere prin scânteie în AVL BOOST

Conexiunea dintre elemente (figura 2.3) se realizează prin selectarea opțiunii **Connection** din bara de unelte, iar prin conexiune se atașează elementelor conectate (se selectează capetele conexiunii și se conectează cu elementele specifice, unind ancorele elementelor).

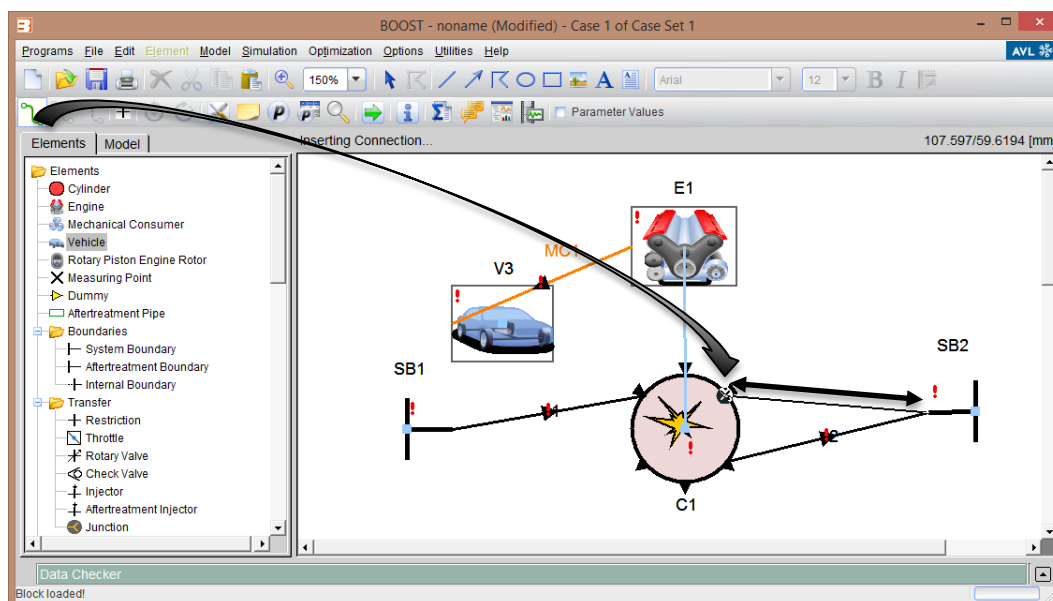


Fig. 2.3 Conectarea elementelor

Conexiunile mecanice (portocaliu) și conductele de curgere pentru fluide (negru), trebuie definite corespunzător caracteristicilor lor, iar conexiunile electrice (albastru) sunt considerate a fi conectori de legătură care nu se definesc (figura 2.4).

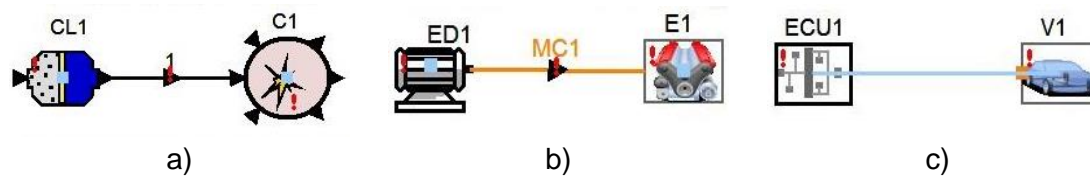


Fig. 2.4 Conectarea elementelor constructive:
a – conexiune pentru fluide (negru), b – mecanică (orange), c – electrică (albastru).

Pentru schimbarea direcției de conectare se folosește comanda **Change Direction** din bara de meniu, iar pentru schimbarea legăturilor efectuate între elemente se folosește comanda **Change Connection**.

Modelul creat prin efectuarea operațiilor anterior prezentate va avea forma celui prezentat în figura 2.5.

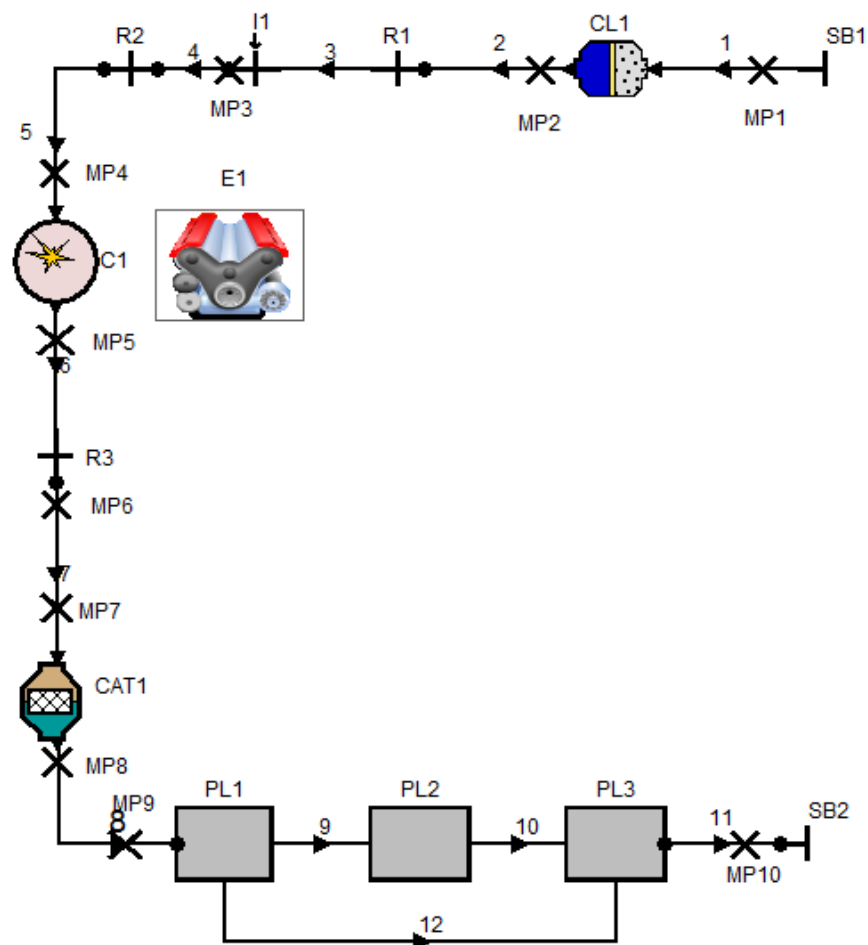


Fig. 2.5 Model de motor cu aprindere prin scânteie monocilindric în AVL BOOST

Introducerea datelor generale privind modelul

Înainte de a defini și parametriza fiecare element în funcție de specificul lui, prin utilizarea programului de modelare și simulare **AVL BOOST** este obligatoriu să fie introduse datele generale privind modelul și condițiile generale de simulare.

Definirea și introducerea datelor generale (globale) se realizează prin accesarea din meniu a opțiunii **Simulation -> Control**, ceea ce va duce la deschiderea următoarei ferestre de lucru.

Pas 1. Opțiunea SIMULATION TASKS

Click pe **Simulation -> Tasks** și selectați **Cycle Simulation**.

Pas 2. Opțiunea CYCLE SIMULATION

Click pe subgrupul **Cycle Simulation** ceea ce va duce la deschiderea următoarei ferestre de lucru (figura 2.6):

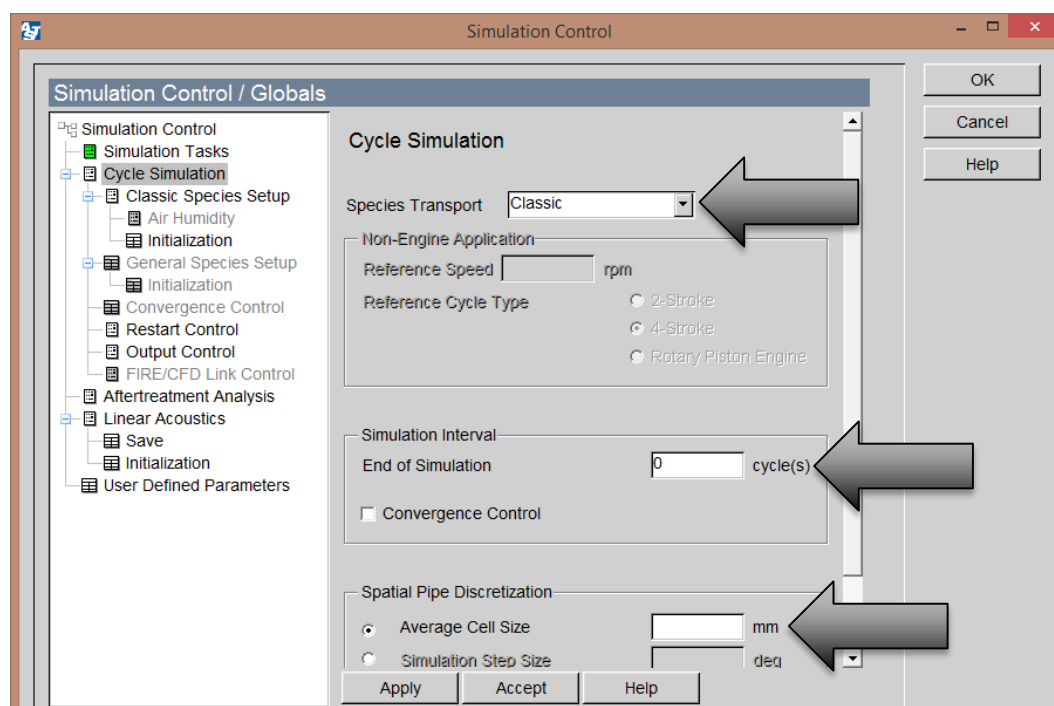


Fig. 2.6 Opțiunea CYCLE SIMULATION

Inserați următoarele date:

Species Transport	Classic (default)
Simulation Interval	
End of Simulation	10 cycles (7200 deg)
Spatial Pipe Discretization	
Average Cell Size	25 mm

Pas 3. Opțiunea CLASSIC SPECIES SETUP

Click pe **Classic Species** -> **Setup** ceea ce va duce la deschiderea următoarei ferestre de lucru (se vor păstra valorile afișate în figura 2.7):

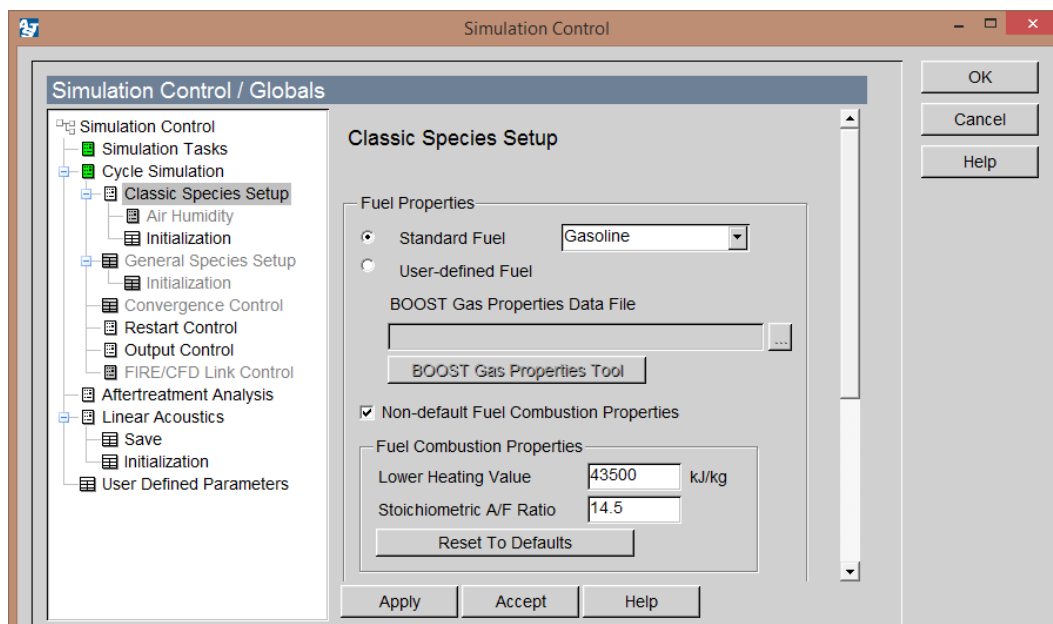


Fig. 2.7 Opțiunea CLASSIC SPECIES SETUP

Pas 4. Opțiunea INITIALIZATION

Click pe **Initialization** pentru deschiderea ferestrei “Initialization”. Selectați **A/F-Ratio** din meniul **Ratio**. Selectați **Add Set** și introduceți datele din figura 2.8 și tabelul 2.1.

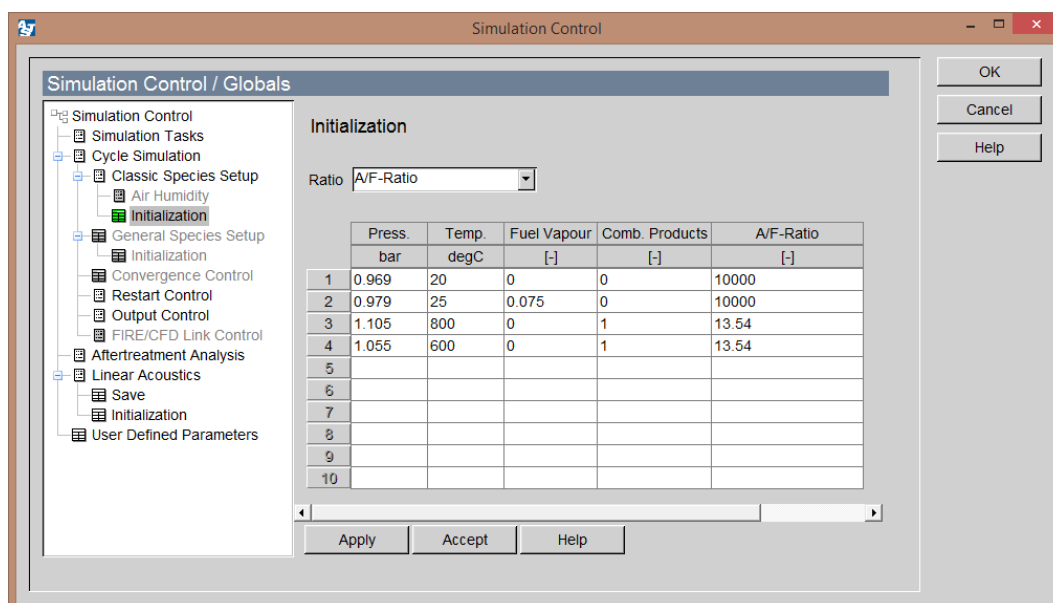


Fig. 2.8 Condițiile de inițializare

Tabel 2.1 Condițiile de inițializare

Set	Pressure (bar)	Temperature (degC)	Fuel Va- pour (-)	Combustion Products (-)	A/F Ratio (-)
1	0.969	20	0.000	0.000	10000
2	0.979	25	0.075	0.000	10000
3	1.105	800	0.000	1.000	13.54
4	1.055	600	0.000	1.000	13.54

Pas 5. Opțiunea RESTART CONTROL

Click pe **Restart Control** pentru deschiderea ferestrei de lucru. Selectați **Specific Interval** din meniul **Restart File Saving Interval** și introduceți valoarea de mai jos pentru **Saving Interval** (figura 2.9).

Restart Simulation	No
Use Most Recent Restart File	Selected
Restart File	
Restart File Saving Interval	Specific Interval
Saving Interval	720 deg

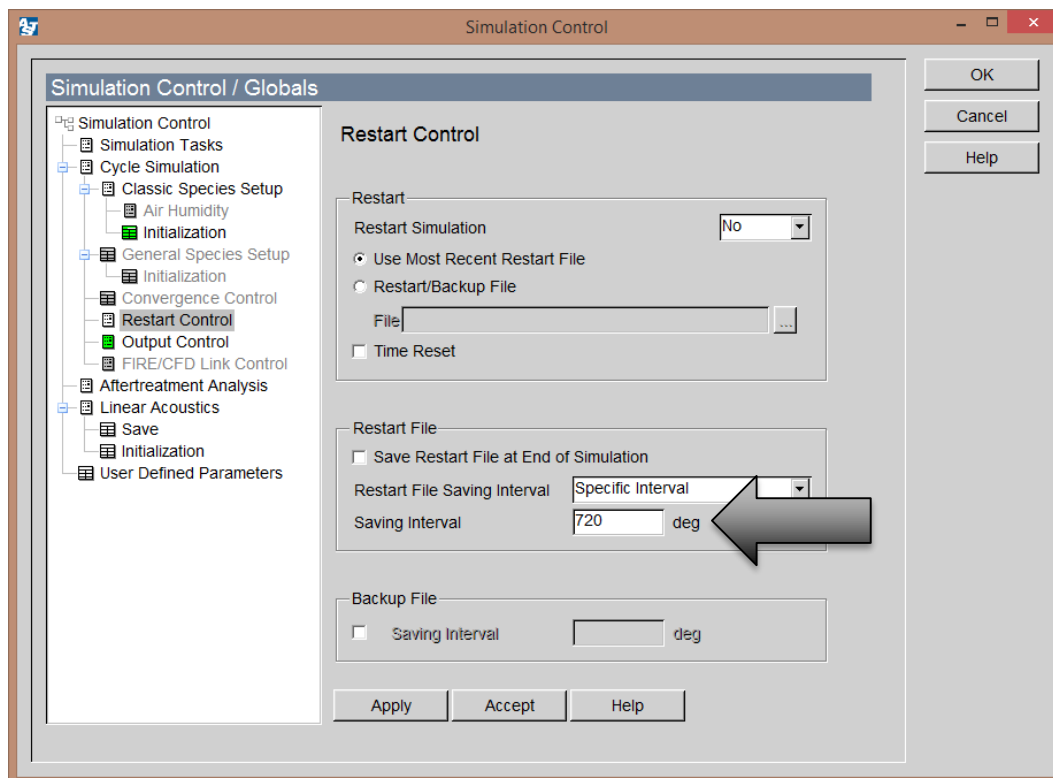


Fig. 2.9 Opțiunea RESTART CONTROL

Pas 6. Opțiunea OUTPUT CONTROL

Click pe **Output Control** și introduceți valoarea de mai jos pentru **Saving Interval** (figura 2.10). Click **OK**.

Traces

Saving Interval 3 deg

Reference Ambient Conditions

Pressure 1 bar

Temperature 25 degC

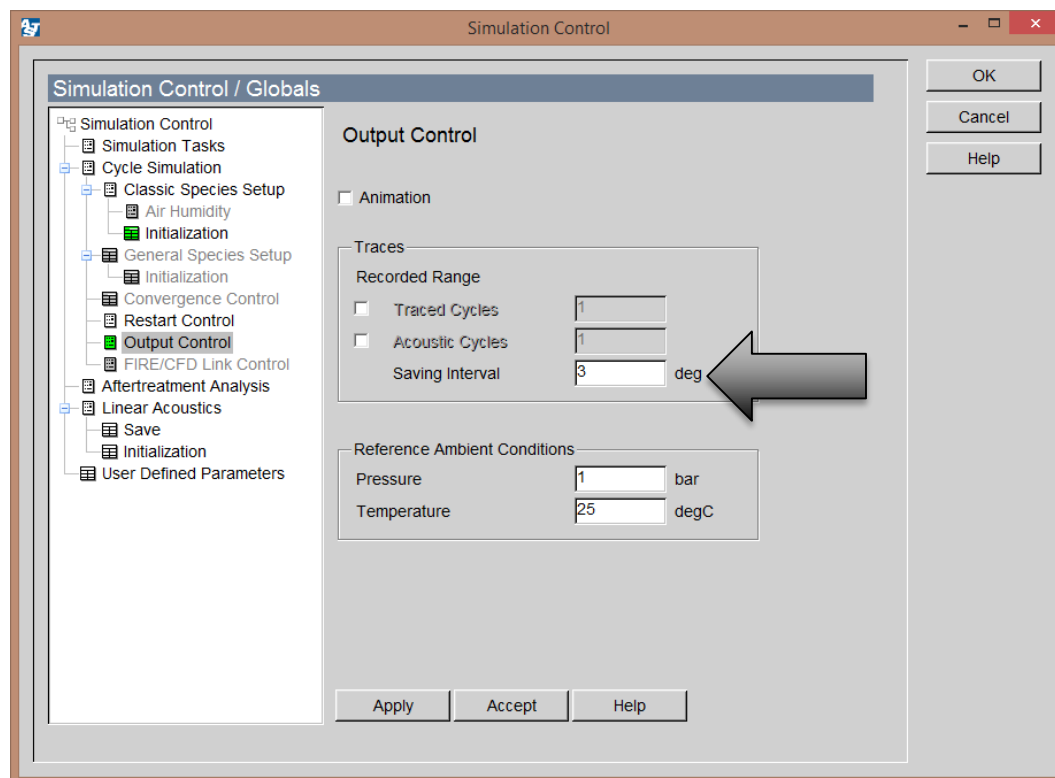


Fig. 2.10 Opțiunea OUTPUT CONTROL

La sfârșitul sesiunii de lucru, toate operațiile efectuate conform cu algoritmul de lucru al laboratorului se salvează folosind comanda din meniul programului **Save As / Save**.

Laborator 3:

Modelarea și simularea unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie. Parametrizarea motorului.

Scop

- Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor cu aprindere prin scânteie monocilindric

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă
- Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată

Prezentarea lucrării

Lucrarea prezintă algoritmul de utilizare a programului de modelare și simulare **AVL BOOST** în parametrizarea elementelor unui motor cu aprindere prin scânteie monocilindric. Se prezintă detaliat modul de parametrizare a elementului motor supus simulării.

Desfășurarea lucrării

Lucrarea de laborator nr. 3 se desfășoară prin parcurgerea algoritmului prezentat în cele ce urmează, în scopul continuării lucrărilor deja efectuate în cadrul laboratoarelor anterioare, în scopul realizării unei aplicații practice de modelare a unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie.

Pentru parametrizarea (introducerea datelor specifice) fiecărui element al mo-

delului se va proceda în felul următor.

În modelul general creat în zona de lucru, selectați elementul dorit a fi definit, printr-un click cu butonul stânga al mouse-ului și după aceasta operație deschideți o fereastră de dialog prin acționarea butonului dreapta al mouse-ului. Selectați **Properties** din fereastra de dialog și se va deschide o fereastră de lucru în care pot fi înscrise datele specifice elementului selectat.

Este importantă mențiunea că datele ce caracterizează un element pot fi copiate și transmise unui alt element omolog prin operația **Element -> Copy Data**.

ENGINE

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe **Engine** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 3.1). Introduceți valoarea de (4000 rpm) pentru **Engine Speed**.

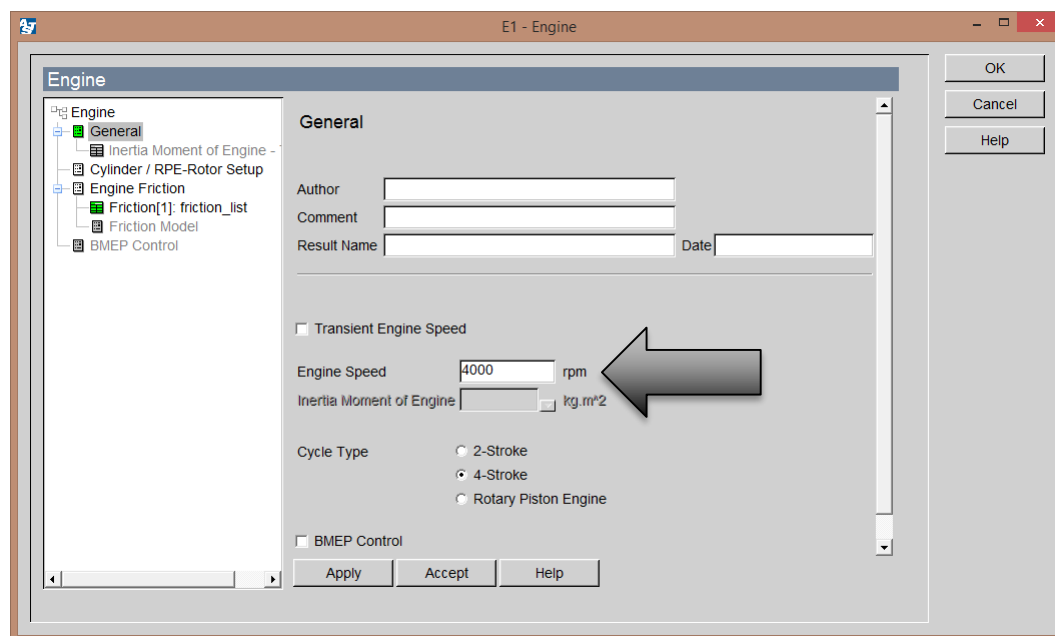


Fig. 3.1 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea ENGINE FRICTION

În subgrupul **Engine Friction**, opțiunea **Table** este selectată ca și opțiune generală. Click pe **Engine Friction[1]: friction_list** pentru deschiderea ferestrei de lucru. Introduceți următoarele valori (figura 3.2):

BMEP	10 bar
Col. (X) Engine Speed (rpm)	Col. (Y) FMEP (bar)
1000	0.7
4000	2.0

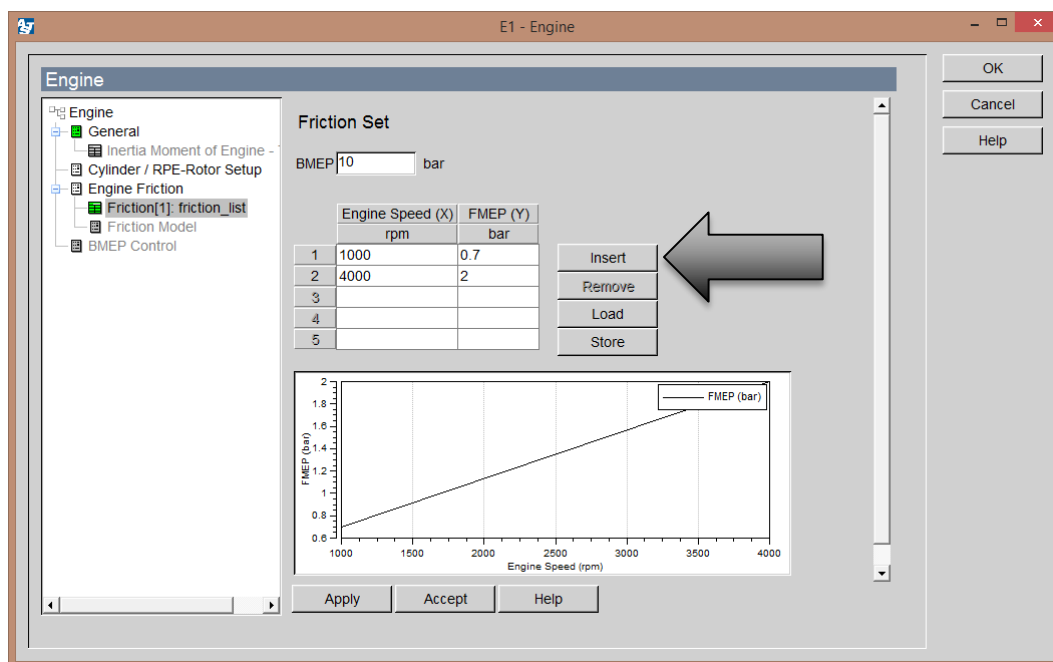


Fig. 3.2 Opțiunea ENGINE FRICTION

CYLINDER

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe **Cylinder** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 3.3).

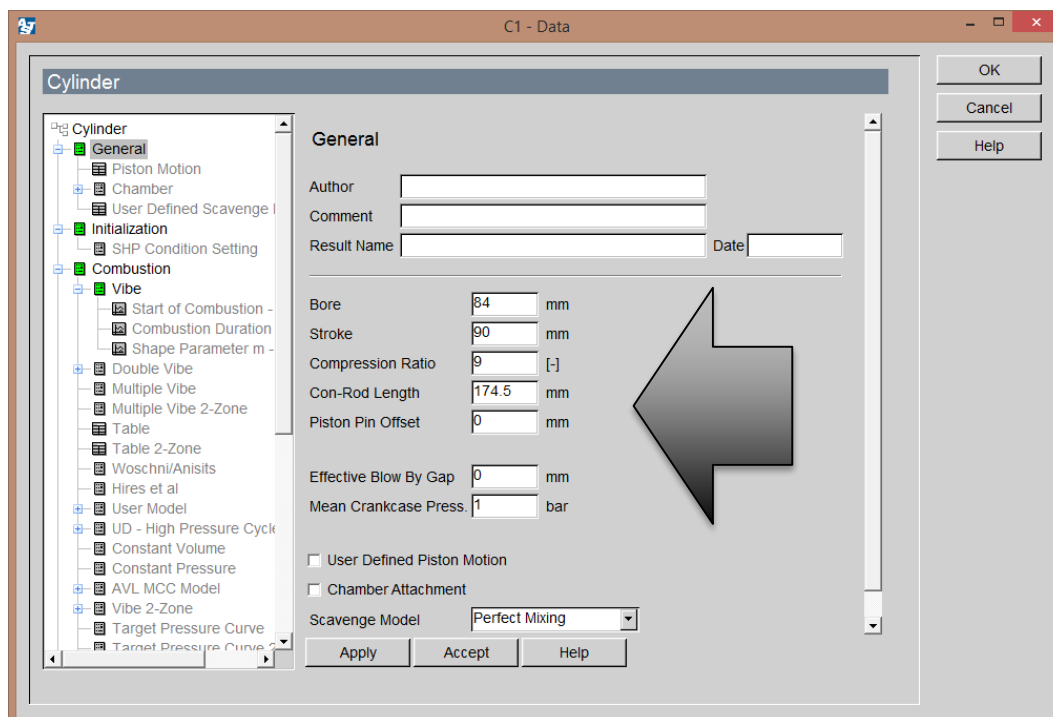


Fig. 3.3 Opțiunea GENERAL

Introduceți următoarele valori:

Bore	84 mm
Stroke	90 mm
Compression Ratio	9
Piston Pin Offset	0 mm
Effective Blow by Gap	0 mm
Mean Crankcase Press	1 bar
Scavenge Model	Perfect Mixing

Pas 2. Opțiunea INITIALIZATION

Click pe subgrupul **Initialization** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 3.4).

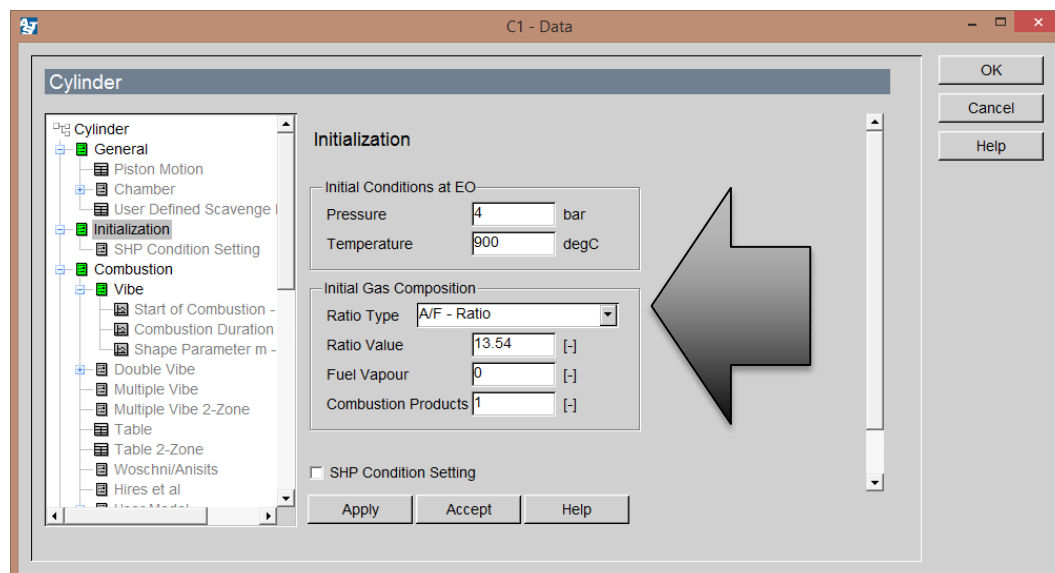


Fig. 3.4 Opțiunea INITIALIZATION

Introduceți următoarele valori:

Initial Conditions at EO

(Exhaust Valve Opening)

Pressure	4 bar
Temperature	900 degC
Initial Gas Composition	
Ratio Type	A/F Ratio
Ratio Value	13.54
Fuel Vapour	0
Combustion Products	1

Pas 3. Opțiunea COMBUSTION

Click pe subgrupul **Combustion** și selectați opțiunea **Vibe** (modelul de ardere) pentru modul de caracterizare a căldurii rezultate în urma procesului de ardere (**Heat Release**) (figura 3.5).

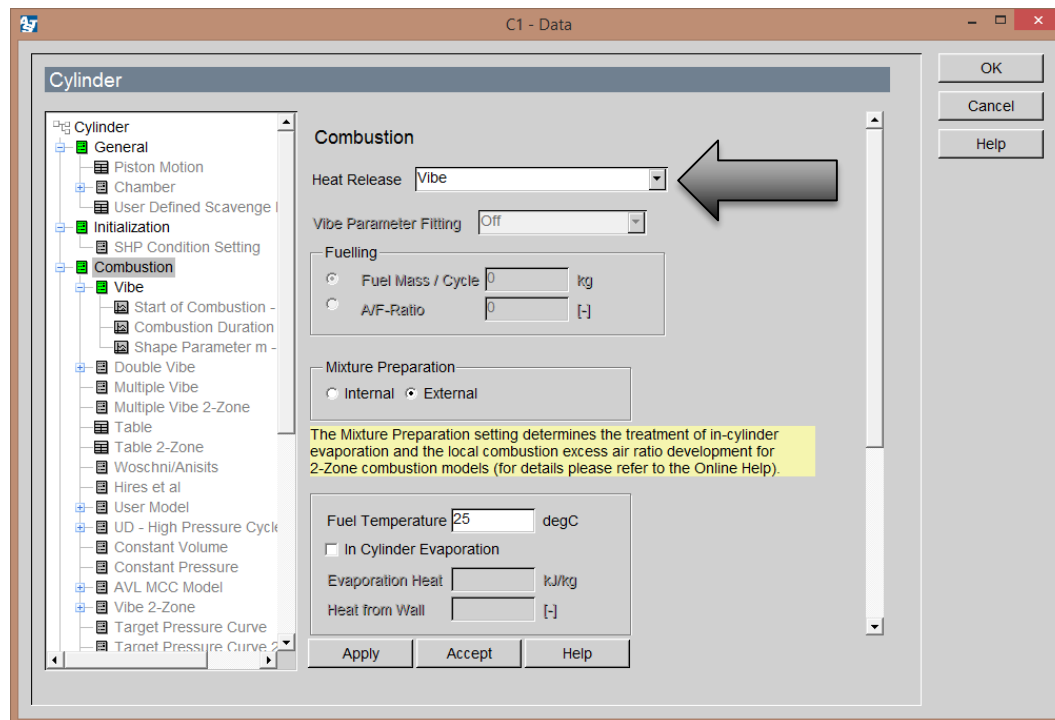


Fig. 3.5 Opțiunea COMBUSTION

Click pe subgrupul **Vibe** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (figura 3.6):

Start of Combustion	700 deg
Combustion Duration	50 deg
Shape Parameter	
Parameter “m”	2
Parameter “a”	6.9

Wall Temperature BDC

$$T_{segment_PMI} = 200 + 0.045 \cdot speed - 160 = 220 \text{ deg C}$$

Liner Calibration Factor

1

Combustion System

DI (Direct Injection)

In-cylinder Swirl Ratio

1

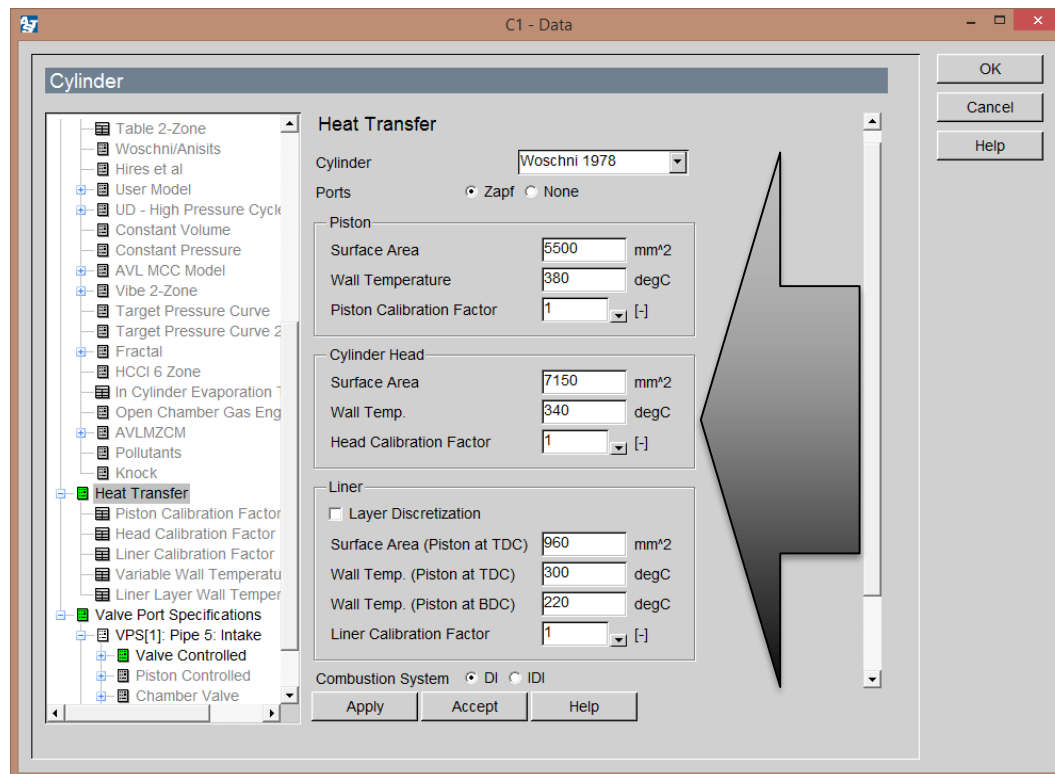


Fig. 3.7 Opțiunea HEAT TRANSFER

Pas 5. Opțiunea VALVE PORT SPECIFICATIONS

Click pe subgrupul **Valve Port Specification** și introduceți datele din figura 3.8:

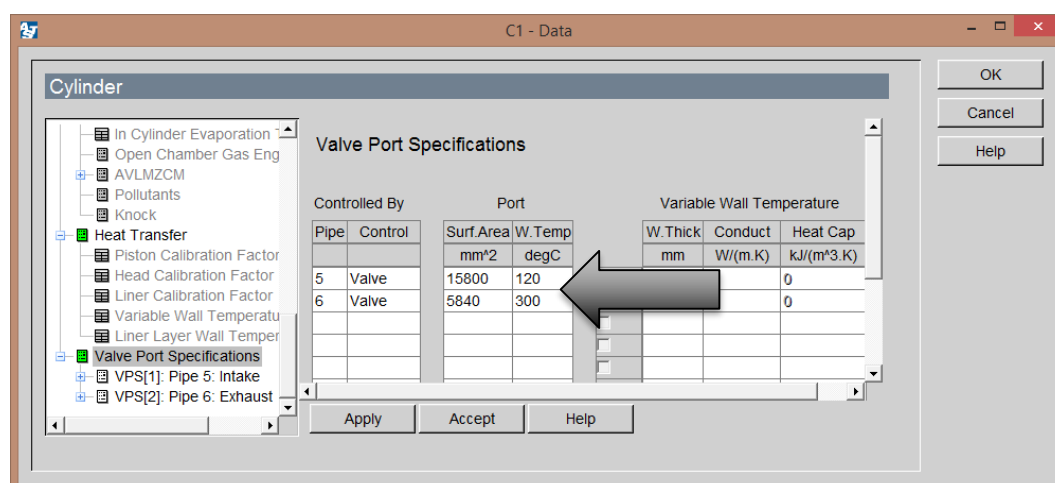


Fig. 3.8 Opțiunea VALVE PORT SPECIFICATIONS

Pipe	Control	Surface Area (mm ²)	Wall Temperature (degC)
5	Valve	15800	120
6	Valve	5840	300

Click pe subgrupul **VPS [1]: Pipe 5: Intake -> Valve Controlled** pentru accesarea câmpurilor de introducere a datelor (figura 3.9):

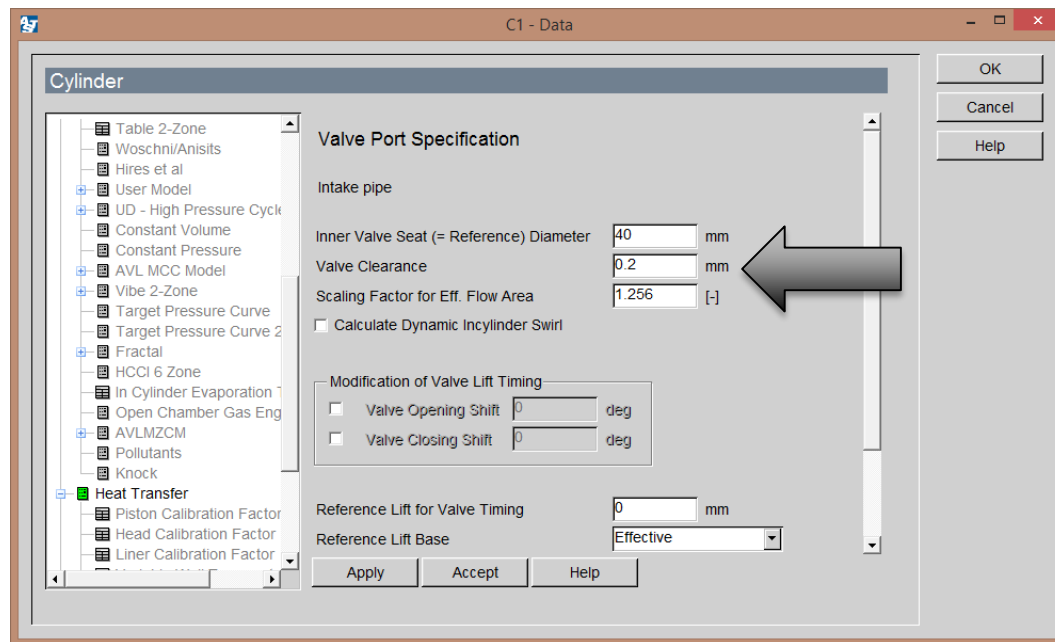


Fig. 3.9 Subgrupul Intake -> Valve Controlled

Inner Valve Seat

(=Reference) Diameter 40 mm

Valve Clearance 0.2 mm

Scaling Factor

for Eff. Flow Area

$$A_{eff} = f_{sc} \cdot \alpha \frac{dp_i^2 \pi}{4} = \frac{n_v dv_i^2}{dp_i^2} \cdot \alpha \frac{dp_i^2 \pi}{4} = \alpha \frac{n_v \pi dv_i^2}{4} = 1.256$$

unde α este coeficientul de curgere (**Flow Coefficient**) [-], dp_i – diametrul conductei considerate [m], n_v este numărul de supape pentru portul considerat [-], dv_i – diametrul scaunului interior al supapei (**Inner Valve Seat Diameter**) [m].

Click pe **Lift Curve** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele date:

Specification:

Valve Opening: 292 deg

Cam Length: 368 deg

Increment: 8 deg

Manipulation:

Valve Opening: 292 deg

Cam Length: 368 deg

Datele necesare parametrizării procesului de admisie (definite pentru elementul **Pipe 5** a diagramei distribuției la admisie **Crank Angle** și **Valve Lift**) sunt cele prezentate în tabelul 3.1 și în figura 3.10, iar aceste date trebuie introduce în câmpurile respective.

Tabelul 3.1 Valorile Intake Lift Curve

Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)	Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)
292	0	484	9.90
300	0.06	492	9.70
308	0.12	500	9.37
316	0.18	508	8.92
324	0.24	516	8.40
332	0.30	524	7.71
340	0.36	532	6.95
348	0.44	540	6.10
356	0.65	548	5.15
364	1.04	556	4.11
372	1.69	564	3.07
380	2.57	572	2.11
388	3.60	580	1.33
396	4.63	588	0.80
404	5.61	596	0.52
412	6.53	604	0.42
420	7.34	612	0.33
428	8.05	620	0.27
436	8.66	628	0.20
444	9.16	636	0.15
452	9.60	644	0.10
460	9.80	652	0.03
468	9.96	660	0.00
476	9.99	-	-

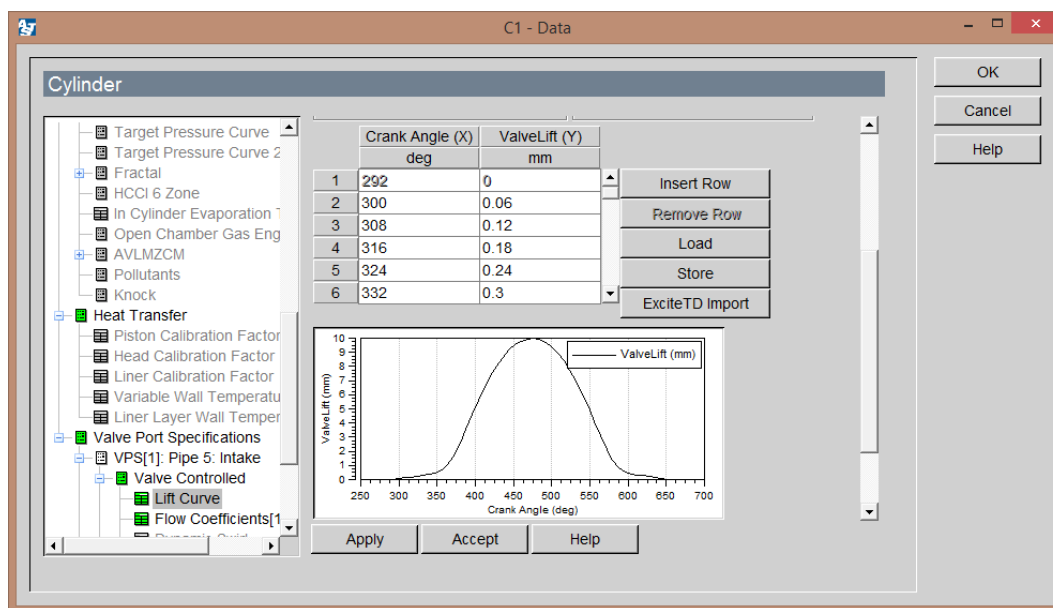


Fig. 3.10 Subgrupul Intake -> Intake Lift Curve

Click on **Flow Coefficient** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (tabelul 3.2 și figura 3.11):

Tabelul 3.2 Valorile Flow Coefficient

Valve Lift X (mm)	Flow Coefficient Y (-)
0	0.000
1	0.070
2	0.145
3	0.220
4	0.300
5	0.355
6	0.405
7	0.455
8	0.480
9	0.500
10	0.520
11	0.535
12	0.540
13	0.545
14	0.550

Pressure Ratio

1

Effective Valve Lift

Activated

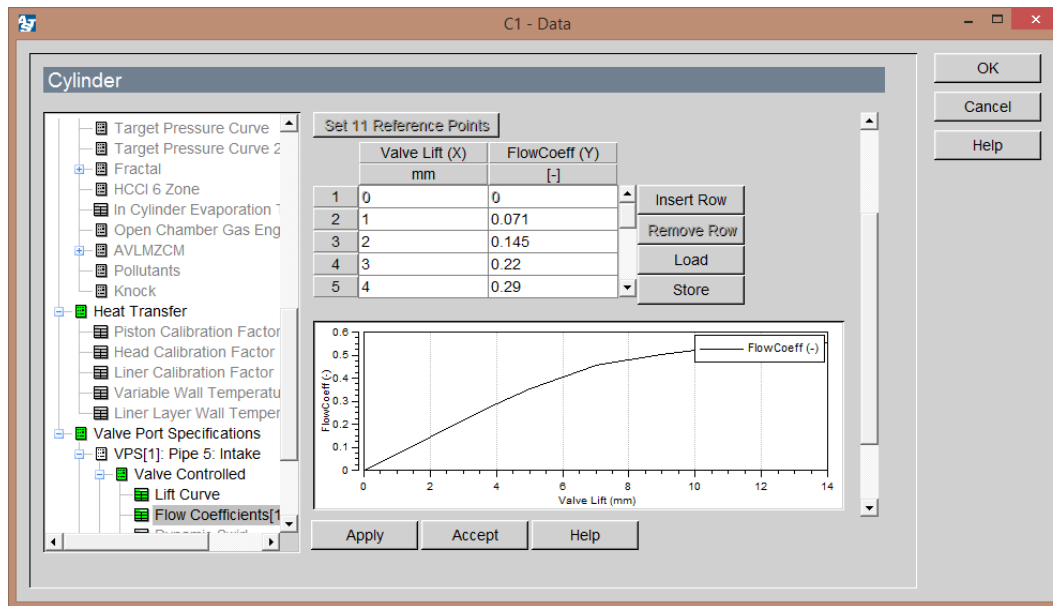


Fig. 3.11 Subgrupul Intake -> Flow Coefficient

Click pe subgrupul **VPS [2]: Pipe 6 Exhaust -> Valve Controlled** pentru accesarea câmpurilor de introducere a datelor (figura 3.12):

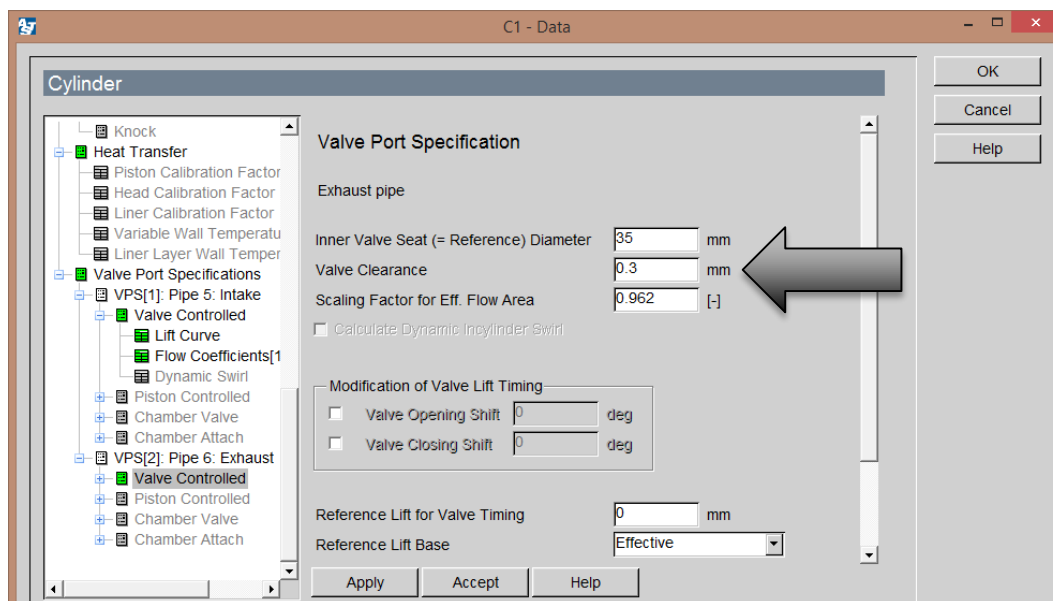


Fig. 3.12 Subgrupul Exhaust -> Valve Controlled

Inner Valve Seat

(=Reference) Diameter

35 mm

Valve Clearance

0.3 mm

Scaling Factor

for Eff. Flow Area

$$A_{eff} = \alpha \frac{n_v \pi d v_i^2}{4} = 0.962$$

unde α este coeficientul de curgere (**Flow Coefficient**) [-], dp_i – diametrul conductei considerate [m], n_v este numărul de supape pentru portul considerat [-], dv_i – diametrul scaunului interior al supapei (**Inner Valve Seat Diameter**) [m].

Click pe **Lift Curve** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele date:

Specification		Manipulation	
Valve Opening	66 deg	Valve Opening	66 deg
Cam Length	368 deg	Cam Length	368 deg
Increment	8 deg		

Datele necesare parametrizării procesului de admisie (definite pentru elementul **Pipe 6** a diagramei distribuției la evacuare – **Crank Angle** și **Valve Lift**) sunt cele prezentate în tabelul 3.3 și în figura 3.13. Aceste date trebuie introduse în câmpurile respective.

Tabelul 3.3 Valorile Exhaust Lift Curve

Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)	Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)
66	0	258	9.90
74	0.06	266	9.70
82	0.12	274	9.37
90	0.18	282	8.92
98	0.25	290	8.40
106	0.32	298	7.70
114	0.36	306	6.95
122	0.45	314	6.08
130	0.65	322	5.14
138	1.10	330	4.12
146	1.70	338	3.07
154	2.57	346	2.10
162	3.60	354	1.33
170	4.63	362	0.82
178	5.60	370	0.52
186	6.53	378	0.40
194	7.34	386	0.33
202	8.05	394	0.27
210	8.66	402	0.21
218	9.16	410	0.15
226	9.55	418	0.09
234	9.80	426	0.03
242	9.96	434	0.00
250	9.98	-	-

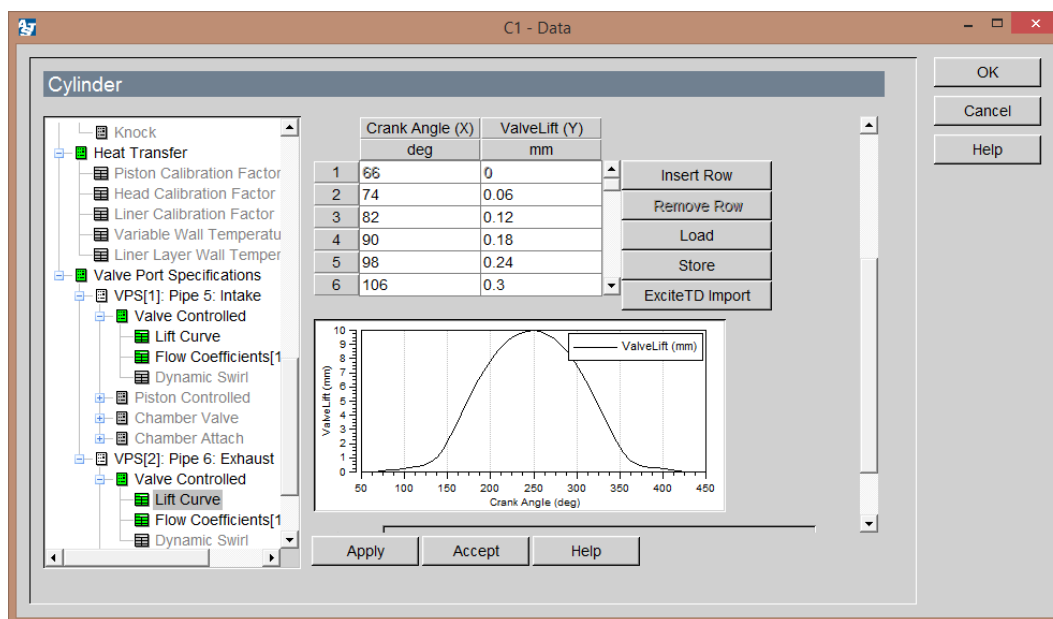


Fig. 3.13 Subgrupul Exhaust -> Intake Lift Curve

Click on **Flow Coefficient** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (tabelul 3.4 și figura 3.14):

Tabelul 3.4 Valorile Flow Coefficient

Valve Lift X (mm)	Flow Coefficient Y (-)
0	0.000
1	0.010
2	0.180
3	0.260
4	0.340
5	0.410
6	0.460
7	0.500
8	0.530
9	0.540
10	0.550
11	0.560
12	0.560
13	0.560
14	0.560

Pressure Ratio: 1
Effective Valve Lift: Activated

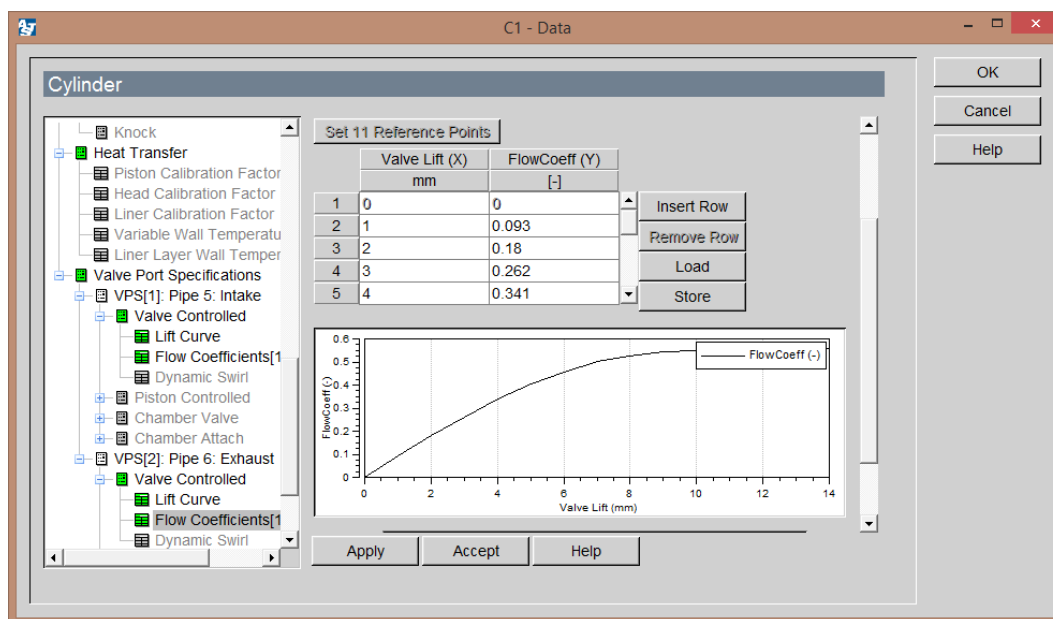


Fig. 3.14 Subgrupul Exhaust -> Flow Coefficient

La sfârșitul sesiunii de lucru, toate operațiile efectuate conform cu algoritmul de lucru al laboratorului se salvează folosind comanda din meniul programului **Save As / Save**.

Laborator 4:

Modelarea și simularea unui motor monocilindric cu aprindere prin scântee. Parametrizarea elementelor auxiliare.

Scop

- Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor cu aprindere prin scântee monocilindric

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă
- Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată

Prezentarea lucrării

Lucrarea prezintă algoritmul de utilizare a programului de modelare și simulare **AVL BOOST** în parametrizarea elementelor auxiliare ale unui motor cu aprindere prin scântee monocilindric. Se prezintă detaliat modul parametrizare a fiecărui element auxiliar aflat în componența al modelului general.

De asemenea se prezintă modalitatea de efectuare a simulării propriu-zise a modelul de motor ce este finalizat în cadrul acestui laborator.

Desfășurarea lucrării

Lucrarea de laborator nr. 4 se desfășoară prin parcurgerea algoritmului prezentat în cele ce urmează. Parametrizarea elementelor auxiliare se realizează în con-

formitate cu cele ce urmează a fi prezentate. Procesul de rulare a simulării computerizate este de asemenea prezentat în cadrul acestui laborator.

AIR CLEANER

Accesul la câmpurile necesare parametrizării elementului filtru de aer (**Air Cleaner**) din cadrul modelului general se efectuează prin efectuarea unui click pe element. Se accesează opțiunile din meniu și se introduc datele prezentate.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți valorile (figura 4.1 și figura 4.2):

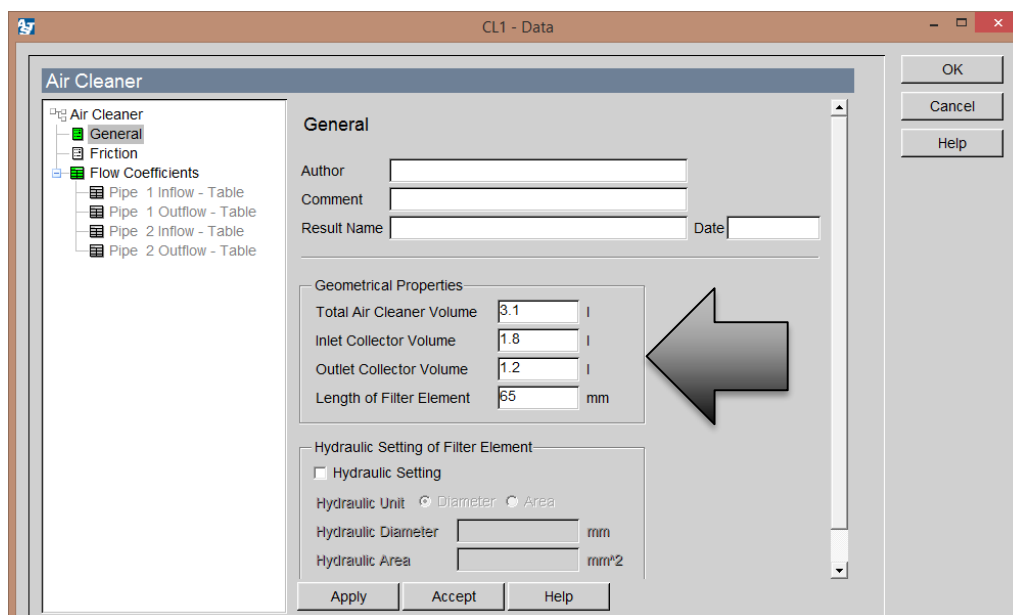


Fig. 4.1 Opțiunea GENERAL

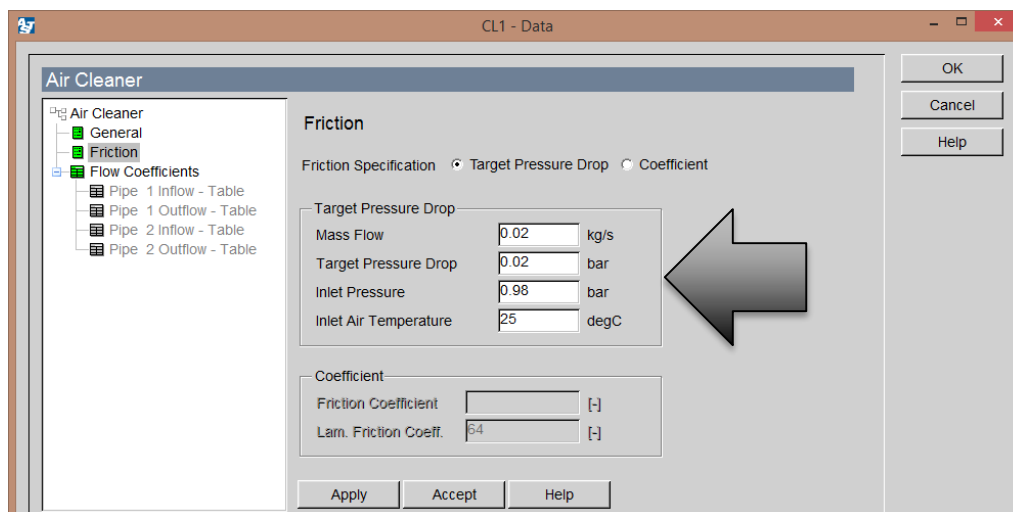


Fig. 4.2 Opțiunea FRICTION

Geometrical Properties

Total Air Cleaner Volume	3.1 l
Inlet Collector Volume	1.8 l
Outlet Collector Volume	1.2 l
Length of Filter Element	65 mm
Friction Specification	Target Pressure Drop
Target Pressure Drop	
Mass Flow	0.02 kg/s
Target Pressure Drop	0.02 bar
Inlet Pressure	0.98 bar
Inlet Air Temperature	25 degC

Pas 2. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** introduceți valorile (figura 4.3):

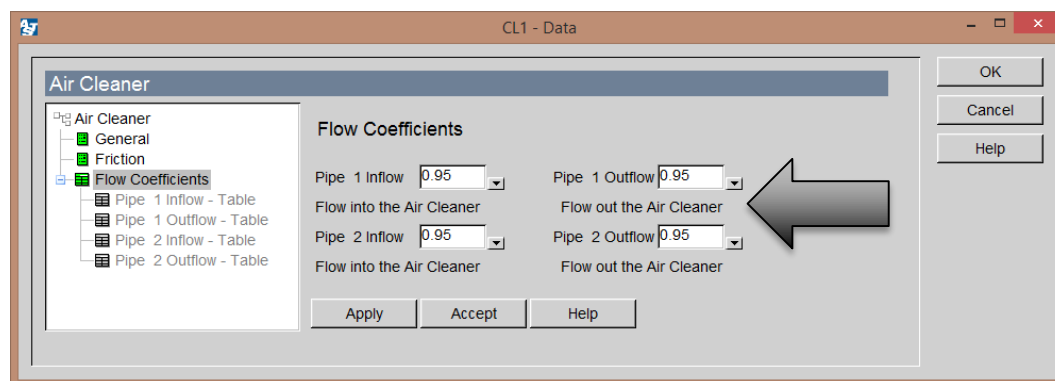


Fig. 4.3 Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Pipe 1	Inflow	0.95
	Outflow	0.95
Pipe 2	Inflow	0.95
	Outflow	0.95

CATALYST

Accesul la câmpurile necesare parametrizării elementului catalizator (**Catalyst**) din cadrul modelului general se efectuează prin efectuarea unui click pe element. Se accesează opțiunile din meniu și se introduc datele prezentate în cele ce urmează.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți următoarele valori (figura 4.4):

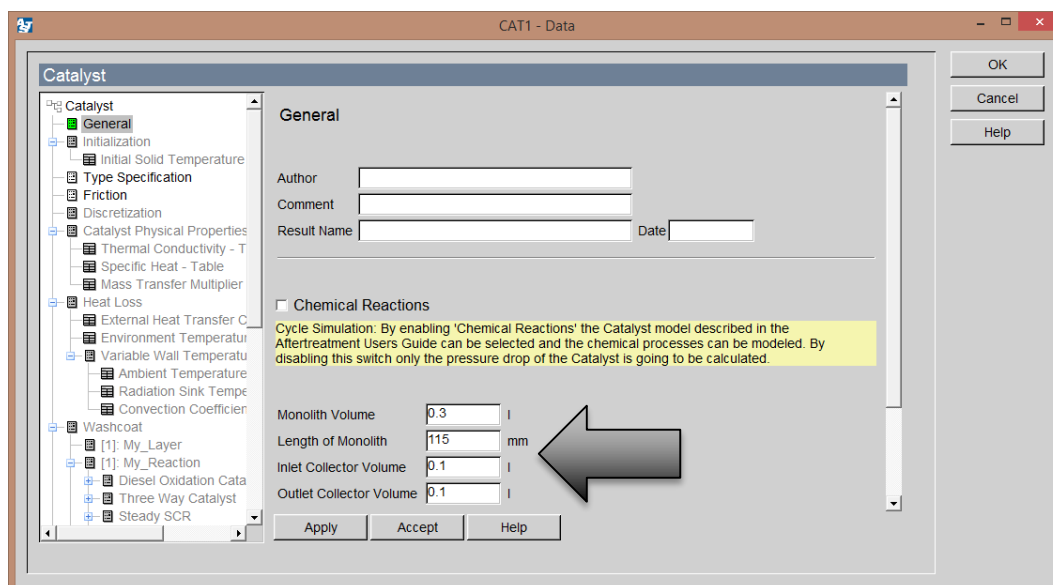


Fig. 4.4 Opțiunea GENERAL

Chemical Reactions	none
Monolith Volume	0.3 l
Length of Monolith	115 mm
Inlet Collector Volume	0.1 l
Outlet Collector Volume	0.1 l

Pas 2. Opțiunea TYPE SPECIFICATION

Click pe subgrupul **Type Specification** și introduceți următoarele valori (figura 4.5):

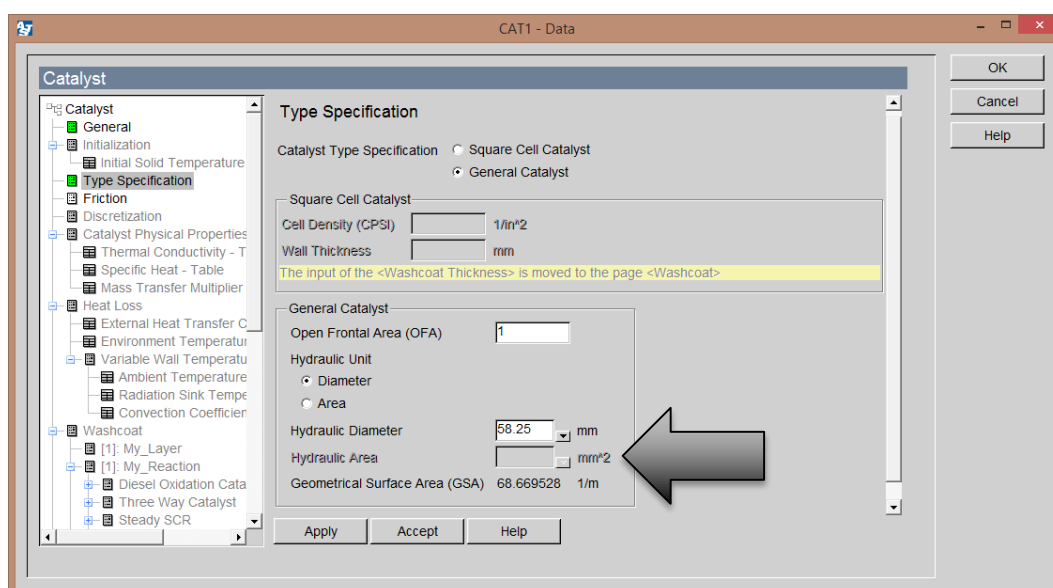


Fig. 4.5 Opțiunea TYPE SPECIFICATION

Catalyst Type Specification

General Catalyst

Open Frontal Area (OFA)	1
Hydraulic Unit	
Diameter	58.25 mm
Geometrical Surface Area	68.669528

Pas 3. Opțiunea FRICTION

Click pe subgrupul **Friction** și introduceți următoarele valori (figura 4.6):

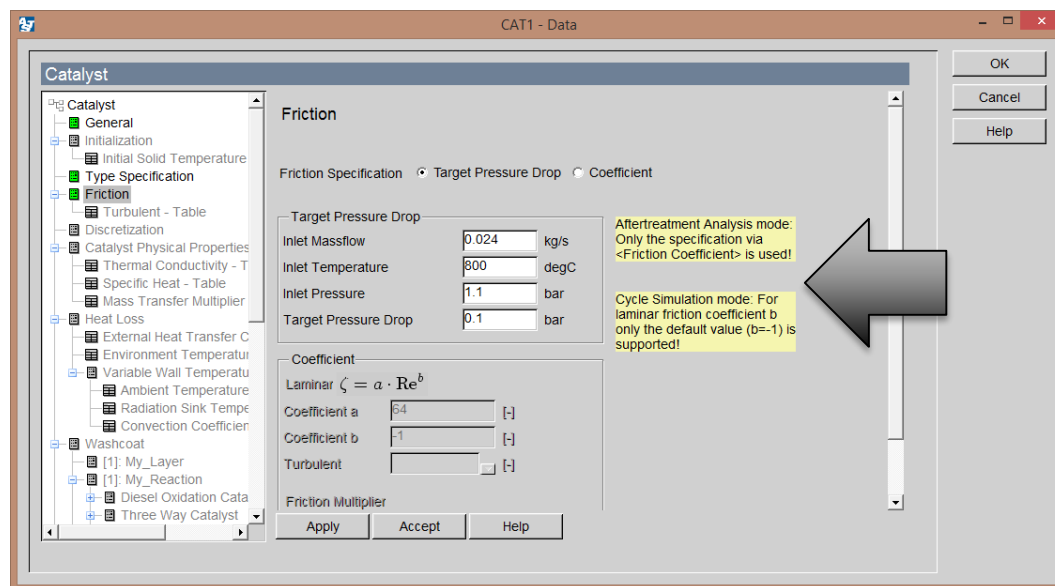


Fig. 4.6 Opțiunea FRICTION

Friction Specification	Target Pressure Drop
Target Pressure Drop	
Inlet Massflow	0.024 kg/s
Inlet Temperature	800 degC
Inlet Pressure	1.1 bar
Target Pressure Drop	0.1 bar

Pas 4. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

Pipe 7	Inflow	1
Pipe 7	Outflow	1
Pipe 8	Inflow	1
Pipe 8	Outflow	1

INJECTOR

Accesul la câmpurile necesare parametrizării elementului injector (**Injector**) din cadrul modelului general se efectuează prin efectuarea unui click pe element.

Se accesează opțiunile din meniu și se introduc datele prezentate în cele ce urmează.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți următoarele valori (figura 4.7):

Injection Method	Continuous MASS FLOW
Air Fuel Ratio	14
Injector Model	Injection Nozzle
Air Flow taken from	
Measuring Point	Measuring Point 1
The Inject Covers	100 % of the Total Air Flow

The screenshot shows the 'Injector' dialog box with the 'General' tab selected. The 'Injection Method' is set to 'Continuous' (indicated by a black arrow). Other settings include: Reference Cylinder: Cylinder 1, Injection Angle (rel. to FTDC): 480 deg, Injection Rate/Duration Settings: Rate, Delivery Rate: 0.011 kg/s, Injection Duration: 0.02 s, Fuel Film Formation and Evaporation Specification: Fuel Film Thickness: 0.03 mm, Fuel Film Liquid Density: 750 kg/m³, Fraction of Fuel in Wallfilm: 0.5, Film=Wall Temperature taken from: Measuring Point 1, Evaporation Multiplier: 1, Shape Multiplier: 1. Buttons: OK, Cancel, Help, Apply, Accept, Help.

Fig. 4.7 Opțiunea GENERAL

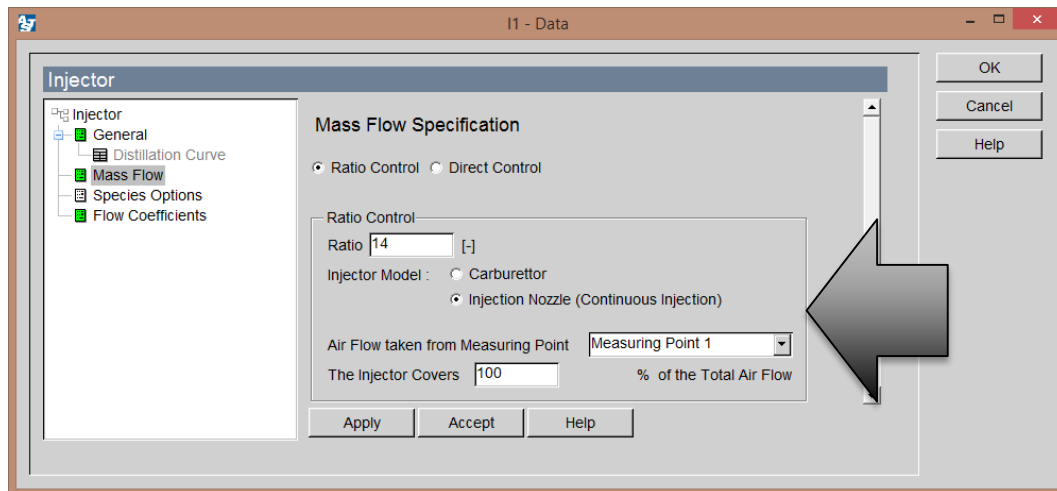


Fig. 4.8 Opțiunea MASS FLOW

Pas 3. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

Injector 1

from Pipe 3 to Pipe 4	1
from Pipe 4 to Pipe 3	1

SYSTEM BOUNDARY

Prin accesarea acestui câmp de parametrizare se vor defini “granițele” modelului: zona de admisie și zona de evacuare. Accesul la fiecare zonă se realizează printr-un click pe elementul din cadrul modelului necesar a fi parametrizat.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** -> **Standard** -> **Boundary Type** (figura 4.9).

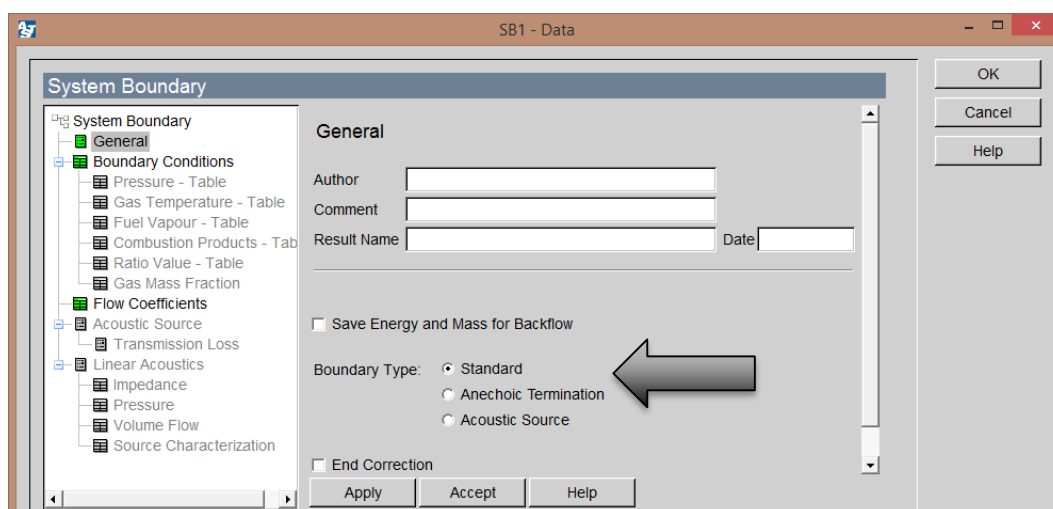


Fig. 4.9 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea BOUNDARY CONDITIONS

Click pe subgrupul **Boundary Conditions** și introduceți valorile din tabelul 4.1:

Tabel 4.1 Condițiile de inițializare

Set	Pressure (bar)	Temperature (degC)	Fuel Va- pour (-)	Combustion Products (-)	A/F Ratio (-)
SB 1	1	20	0	0	10000
SB 2	1	120	0	1	14

Selectați **Local Boundary->Conditons** și **Set 1** din meniul **Preference** (figura 4.10):

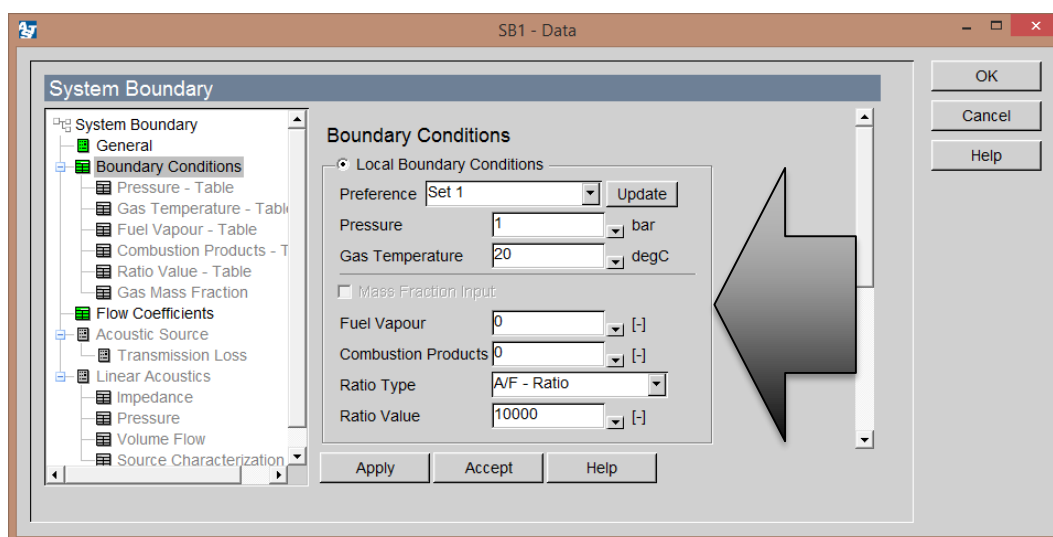


Fig. 4.10 Opțiunea BOUNDARY CONDITIONS

Pas 3. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

SB 1

Pipe 1

Inflow	1.00
Outflow	1.00

SB 2

Pipe 11

Inflow	0.98
Outflow	0.98

PLENUM

Prin accesarea acestui câmp de parametrizare se vor defini volumele de compensare ale modelului (**Plenum**). Accesul la fiecare volum se realizează printr-un click pe elementul din cadrul modelului, necesar a fi parametrizat.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți valoarea de (1.8 litri) pentru parametrul **Volume** pentru fiecare element **Plenum** din model (figura 4.11).

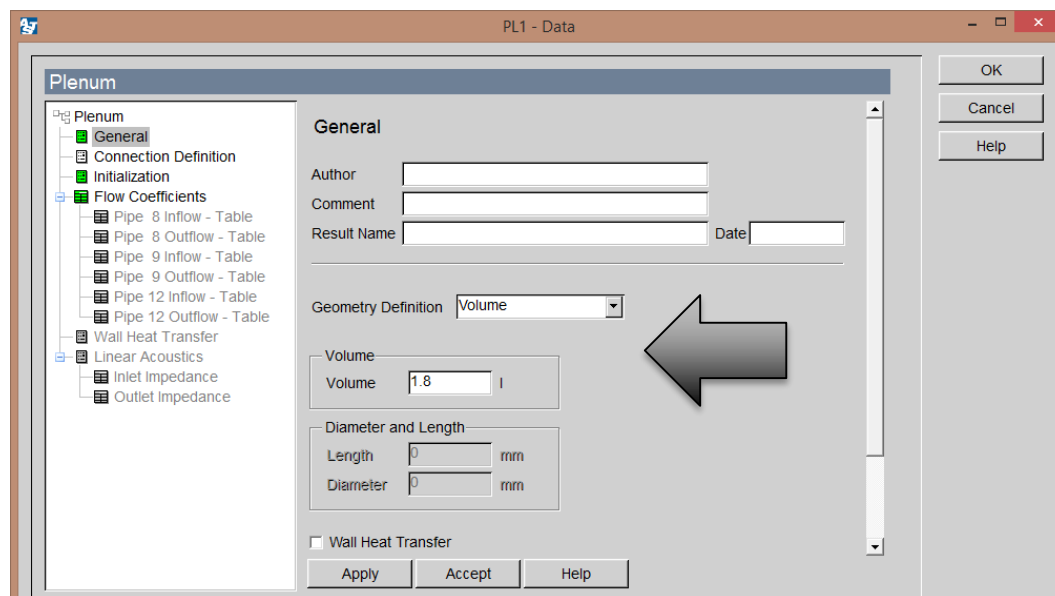


Fig. 4.11 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea INITIALIZATION

Click pe subgrupul **Initialization** și selectați **Global Initialization** pentru fiecare Plenum din model. Selectați opțiunea **Set 1** din meniul **Preference** (figura 4.12).

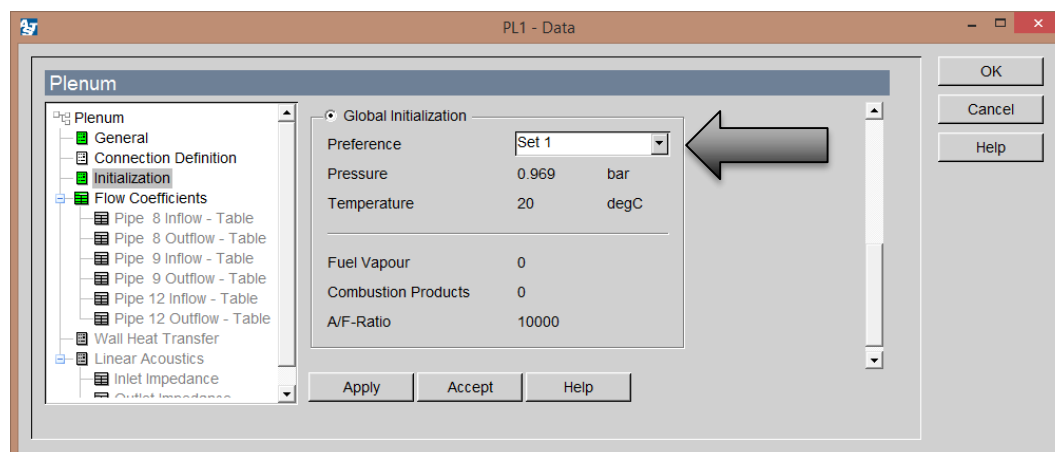


Fig. 4.12 Opțiunea INITIALIZATION

Pas 3. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

Plenum 1

Pipe 8

Inflow 0.98

Outflow 0.98

Pipe 9

Inflow 0.98

Outflow 0.98

Pipe 12

Inflow 0.98

Outflow 0.98

Plenum 2

Pipe 9

Inflow 0.98

Outflow 0.98

Pipe 10

Inflow 0.98

Outflow 0.98

Plenum 3

Pipe 10

Inflow 0.98

Outflow 0.98

Pipe 11

Inflow 0.50

Outflow 0.50

Pipe 12

Inflow 0.98

Outflow 0.98

RESTRICTIONS

Pas 1. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

Restriction 1

from Pipe 2 to Pipe 3 0.98

from Pipe 3 to Pipe 2 0.98

Restriction 2

from Pipe 4 to Pipe 5 0.98

from Pipe 5 to Pipe 4 0.98

Restriction 3

from Pipe 6 to Pipe 7 0.98

from Pipe 7 to Pipe 6 0.98

PIPES

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 4.13). Pentru fiecare conductă din cadrul modelului introduceți datele din tabelul 4.2. Valoarea inițială de (100000 mm) este utilizată pentru caracterizarea parametrului general **Bending Radius**. În subgrupul **Initialization**, selectați **Global set** din meniul **Preference**.

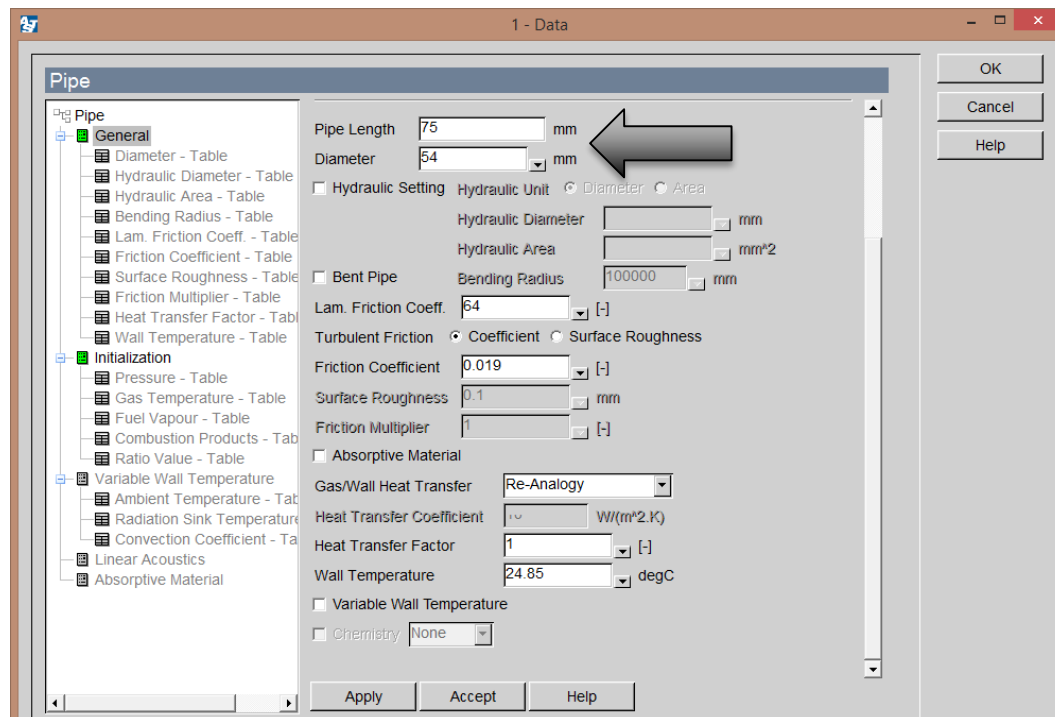


Fig. 4.13 Opțiunea GENERAL

Tabel 4.2 Caracteristicile elementelor Pipes

Pipe No.	Pipe Length (mm)	Diameter (mm)	Friction Coeff (-)	Heat Transfer (-)	Wall Temp (degC)	Global Initialization
Pipe 1	75	54	0.019	1	20	Set 1
Pipe 2	48	47	0.019	1	20	Set 1
Pipe 3	32	34	0.019	1	20	Set 1
Pipe 4	72	34	0.019	1	20	Set 2
Pipe 5	140	34	0.019	1	20	Set 2
Pipe 6	60	31	0.019	1	520	Set 3
Pipe 7	380	TABLE	0.019	1	520	Set 3
Pipe 8	400	TABLE	0.019	1	420	Set 4
Pipe 9	280	40	0.019	1	260	Set 4
Pipe 10	100	37	0.019	1	260	Set 4
Pipe 11	150	48	0.019	1	90	Set 4
Pipe 12	250	10	0.019	1	260	Set 4

Deoarece conductele 7 și 8 sunt atribuite elementului catalizator, acestea nu au un diametru constant pe toată lungimea lor (vezi forma constructivă a unui element catalizator) și de aceea trebuie definite cu ajutorul funcțiilor de parametrizare tabelare (tabelul 4.3).

Pentru aceasta se face click pe simbolul ▼, iar la deschiderea sub meniului se selectează opțiunea **Table** (figura 4.14). Pentru activarea câmpurilor de introducere a datelor de mai jos se selectează opțiunea **Insert Row**.

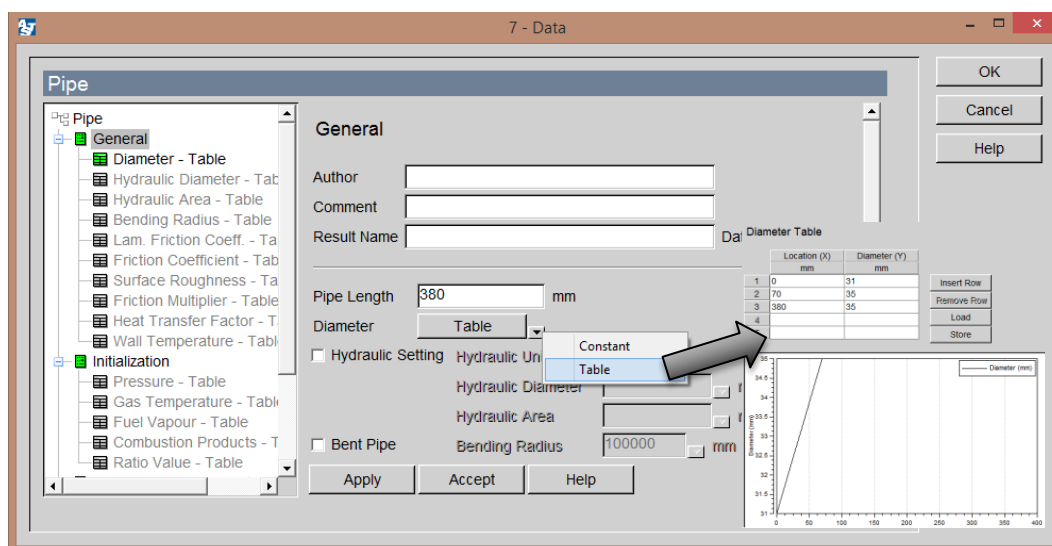


Fig. 4.14 Opțiunea GENERAL – selectarea opțiunii Table

Tabel 4.3 Funcțiile de parametrizare tabelare

Pipe No.	Location X (mm)	Diameter Y (mm)
Pipe 7	0	31
	70	35
	380	35
Pipe 8	0	35
	70	31
	400	31

MEASURING POINT

Introducerea punctelor de măsurare și monitorizare în cadrul unui model apare ca și o necesitate în achiziția unor parametri specifici, pentru analiza suplimentară a acestora (pe lângă valorile reieșite din simularea modelului).

În cazul de față ne interesează care este variația coeficientului de umplere (sau randamentul volumetric) în cadrul unui ciclu funcțional al motorului cu aprindere prin scânteie studiat.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți următoarele valori (figura 4.15 și tabelul 4.4):

The screenshot shows a software window titled "MP7 - Data". Inside, there's a "Measuring Point" section with a tree view showing "General" selected. The "General" tab contains several input fields: "Author", "Comment", "Result Name", and "Date". Below these, it states "Located in Pipe 7 (length 0.38 m)". The "Location of Measuring Point from Upstream Pipe End" is set to "120 mm", with a large black arrow pointing to this value. Under "Output Extent", the "Extended" radio button is selected. At the bottom right, there are "OK", "Cancel", and "Help" buttons. At the bottom left, there are "Apply", "Accept", and "Help" buttons.

Fig. 4.15 Opțiunea GENERAL


Tabel 4.14 Amplasarea punctelor de măsurare

Measuring Point	Location of Measuring Point from Upstream Pipe End (mm)	Output Extension
Measuring Point 1	75	Standard
Measuring Point 2	0	Standard
Measuring Point 3	0	Standard
Measuring Point 4	140	Standard
Measuring Point 5	0	Standard
Measuring Point 6	0	Standard
Measuring Point 7	120	Extended
Measuring Point 8	300	Standard
Measuring Point 9	400	Standard
Measuring Point 10	0	Standard

Reference Point for Volumetric Efficiency

Selectați opțiunile **Simulation -> Volumetric Efficiency** pentru deschiderea ferestrei de lucru. Selectați **Measuring Point 2** ca și element de referință.

Rularea simulării computerizate (Run Simulation)

Selectați opțiunile **Simulation -> Run** din meniul de bază sau click pe butonul din bara de instrumente  pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 4.16).

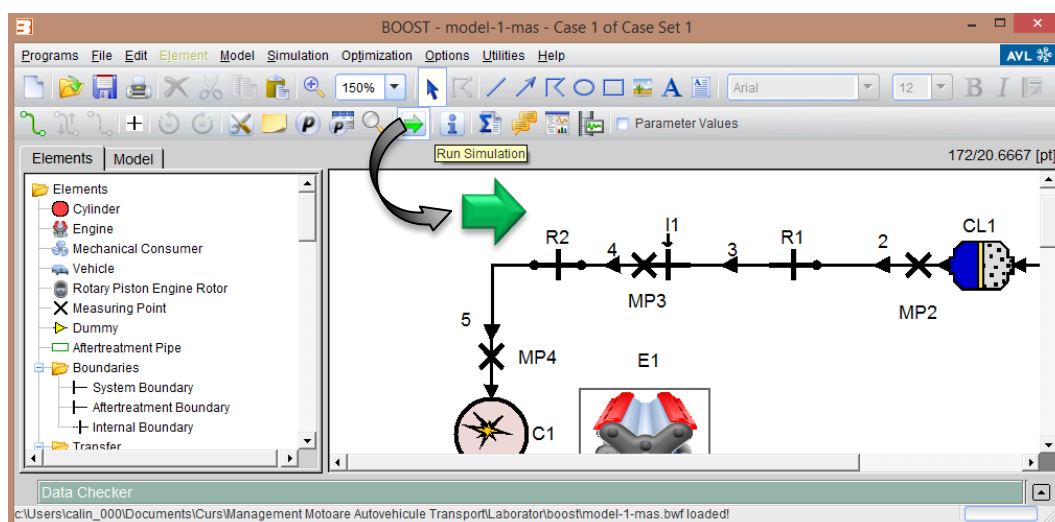


Fig. 4.16 Opțiunea RUN SIMULATION

Cases: selectați toate cazurile de simulare (**all Cases**), sau doar un caz particular care interesează (figura 4.17).

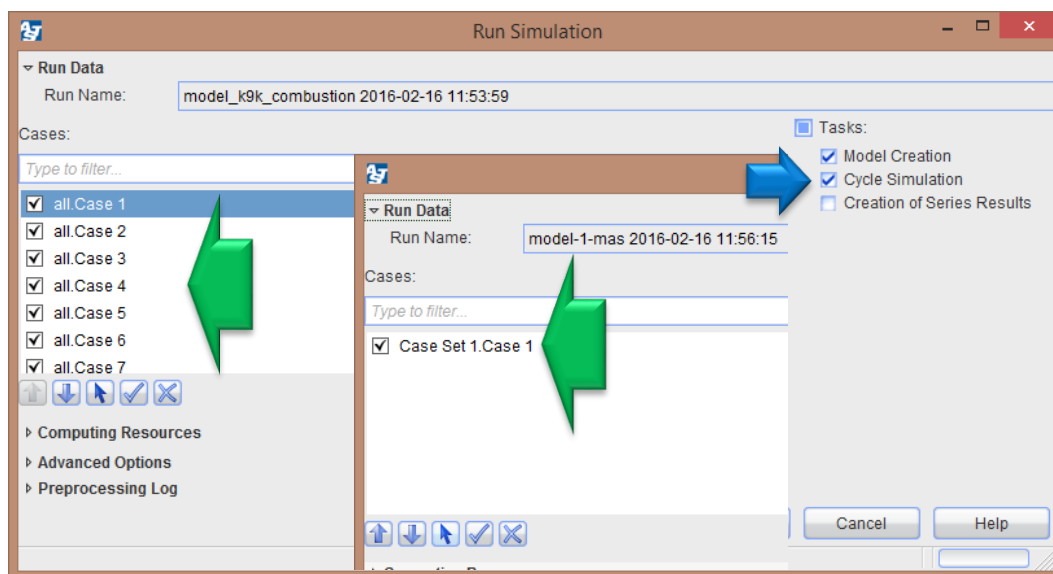


Fig. 4.17 Opțiunea RUN SIMULATION

Tasks: selectați ca fiecare caz să conțină seturile de date necesare a fi analizate și rezultate în urma procesului de simulare (**all Tasks: Model Creation, Cycle Simulation, Creation of Series Results** – necesar când se simulează funcționarea motorului la diferite turații sau în diferite regimuri de funcționare).

Selectați cazul necesar a fi rulat (simulat).

Opțiunea **Select All** permite ca toate cazurile considerate să fie active (și să fie simulate). Pentru începerea efectivă a procesului de simulare click pe butonul **Run**, iar în fereastra ce se va deschide se poate urmări desfășurarea și informații suplimentare privind procesul de simulare (figura 4.18).

Odată cu finalizarea procesului de simulare faceți click pe butonul **OK** pentru ieșire din această fereastră de lucru, iar după aceea, alegeți opțiunea **Close** pentru ieșirea din fereastra de lucru **Simulation Status** (figura 4.19).

La sfârșitul sesiunii de lucru, toate operațiile efectuate conform cu algoritmul de lucru al laboratorului se salvează folosind comanda din meniul programului **Save As / Save**.

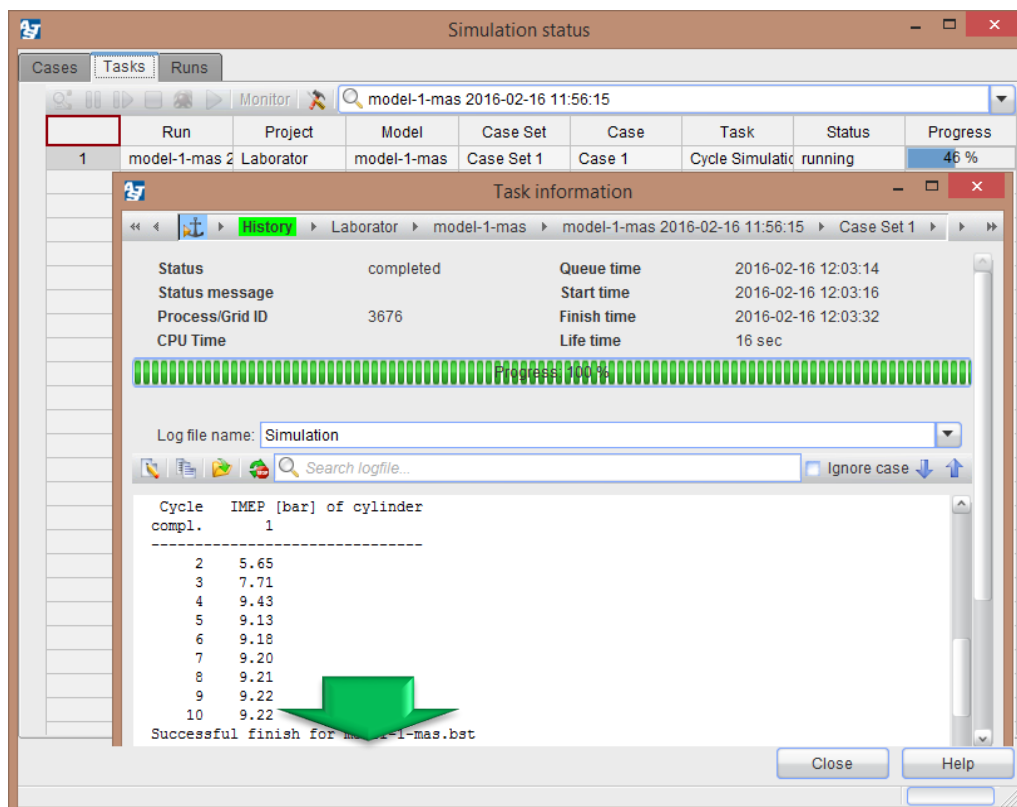


Fig. 4.18 Derularea procesului de simulare

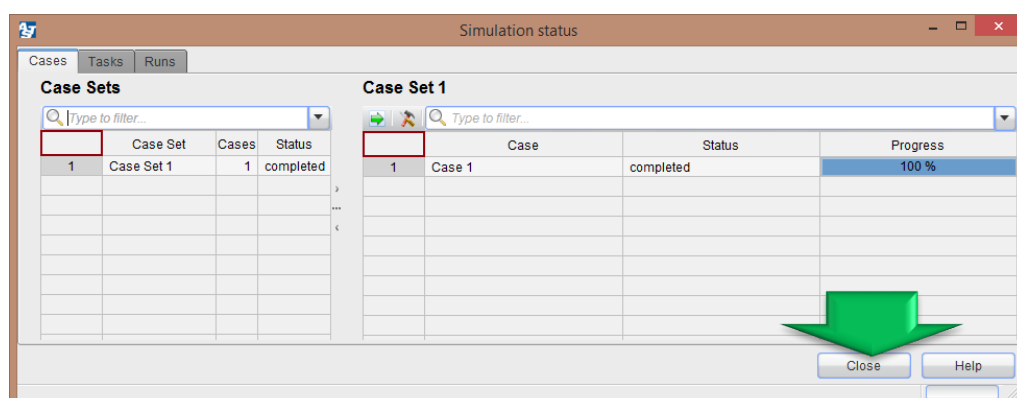


Fig. 4.19 Încheierea procesului de simulare

Laborator 5:

Procesarea și analiza rezultatelor obținute prin simulare

Scop

- Procesarea grafică și prezentarea datelor obținute, pentru integrarea lor ulterioară în cadrul unui raport de cercetare.

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților de utilizare a programelor de post-procesare în vederea afișării, analizei și interpretării datelor obținute prin simulare computerizată;
- Însușirea de competențe în realizarea unui raport de cercetare.

Prezentarea lucrării

Lucrarea de laborator nr. 5 prezintă posibilitățile de exploatare a rezultatelor obținute în urma simulării computerizate, prin utilizarea programului specific de post-procesare **Impress Chart** (integrat în pachetul de programe **AVL AST**).


Se prezintă detaliat funcțiunile disponibile, modalitățile și metodele de afișare, prezentare, analiză și interpretare a datelor, în scopul includerii ulterioare a acestora în cadrul unui raport de cercetare legat de tema studiată.

Desfășurarea lucrării

Aplicațiile practice din cadrul acestei lucrări de laborator se vor baza pe (vor utiliza) datele obținute în urma simulărilor efectuate pe baza exemplului de model din cadrul Laboratorului de Simulare Computerizată. Completarea lucrărilor aplicative propuse în cadrul acestui laborator se va efectua conform algoritmului de lucru prezentat în cele ce urmează.

Procesarea și afișarea grafică a rezultatelor

Utilitarul **Impress Chart** este utilizat pentru post-procesarea datelor obținute prin simularea programelor conținute în pachetul software **AVL AST** (inclusiv pentru programul **AVL BOOST**). Accesul la funcțiunile acestui utilitar de post-procesare se poate realiza în mai multe moduri:

1. Prin acționarea butonului  din bara de unelte, imediat după terminarea procesului de simulare;
2. Prin accesul la meniul programului (opțiunea din meniul **Impress Chart: Simulation -> Show Results**) (figura 5.1);
3. Prin acces la meniul de la start a pachetului de programe **AVL AST** (opțiunea din meniu de start **AVL AST: Impress Chart**) (figura 5.2).

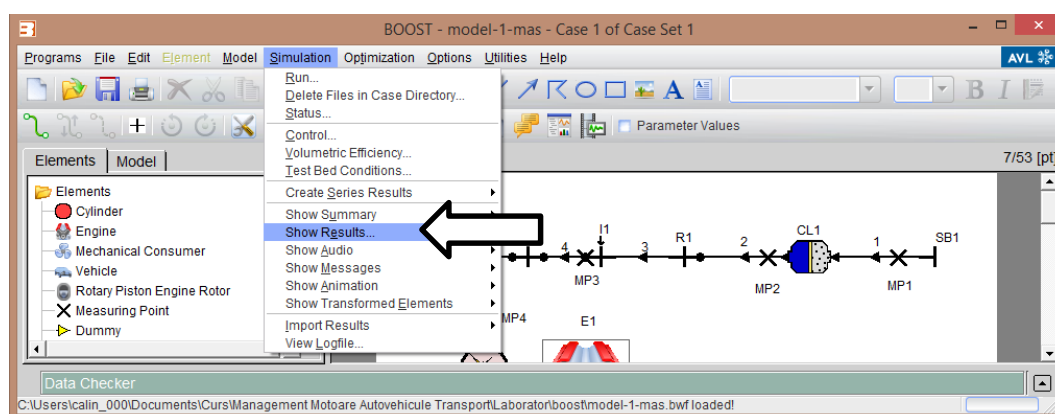


Fig. 5.1 Meniul Simulation – Show Results

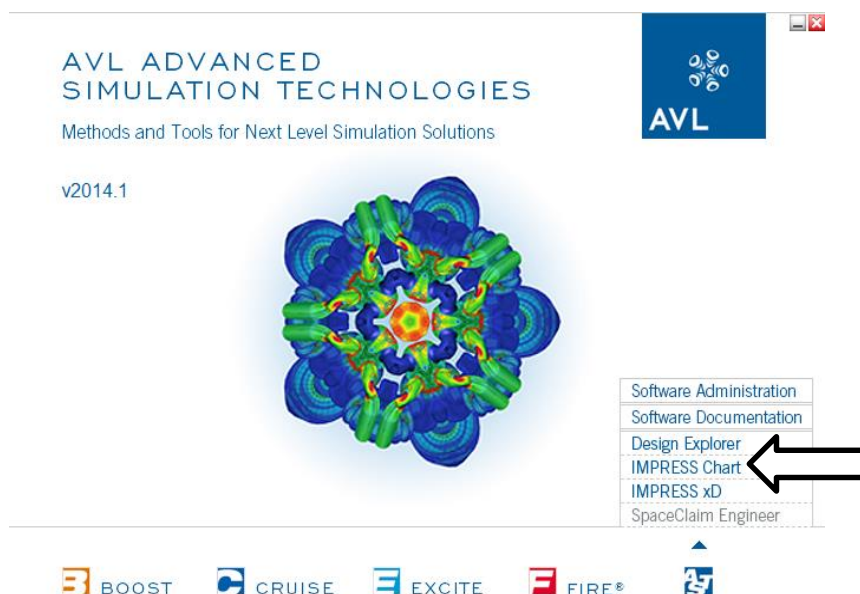


Fig. 5.2 Meniul AVL AST – Impress Chart

Pentru exemplul aplicativ, utilizând modelul de motor cu aprindere prin scânteie simulat, din bara de unelte se deschide utilitarul **Impress Chart** prin accesarea icon-ului corespundent (figura 5.3).

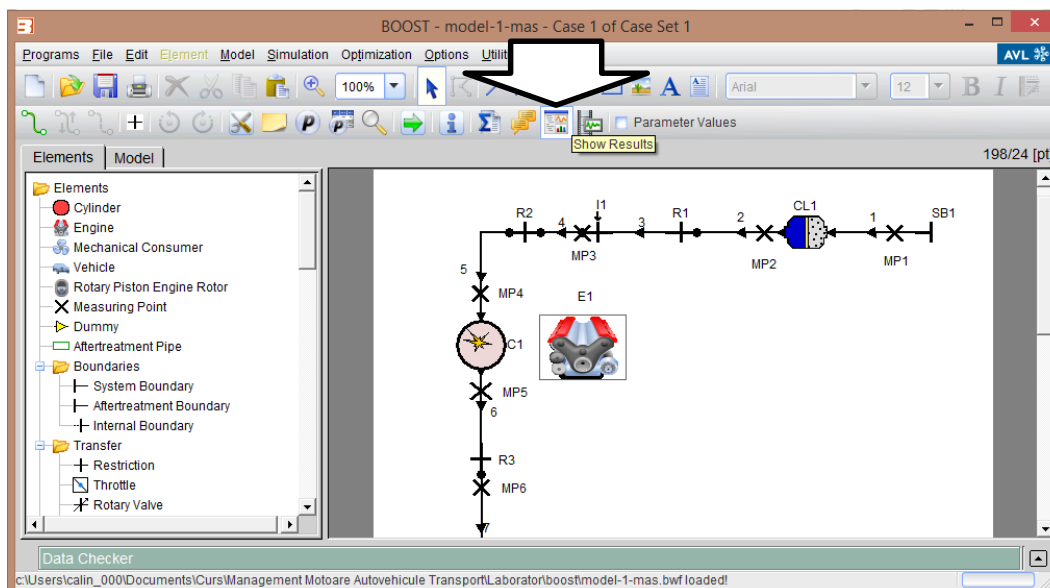


Fig. 5.3 Icon-ul Show Results

În fereastra deschisă există următoarele zone de lucru specifice (figura 5.4):

1. Zona de afișare a rezultatelor simulării (bazele de date rezultate în urma simulării);
2. Zona de lucru (de inserare grafică a rezultatelor, zona **Layer**-elor);
3. Bara de meniu (**Menu Bar** (a), **Icon Toolbar** (b), **Plot Object Toolbar** (c)).

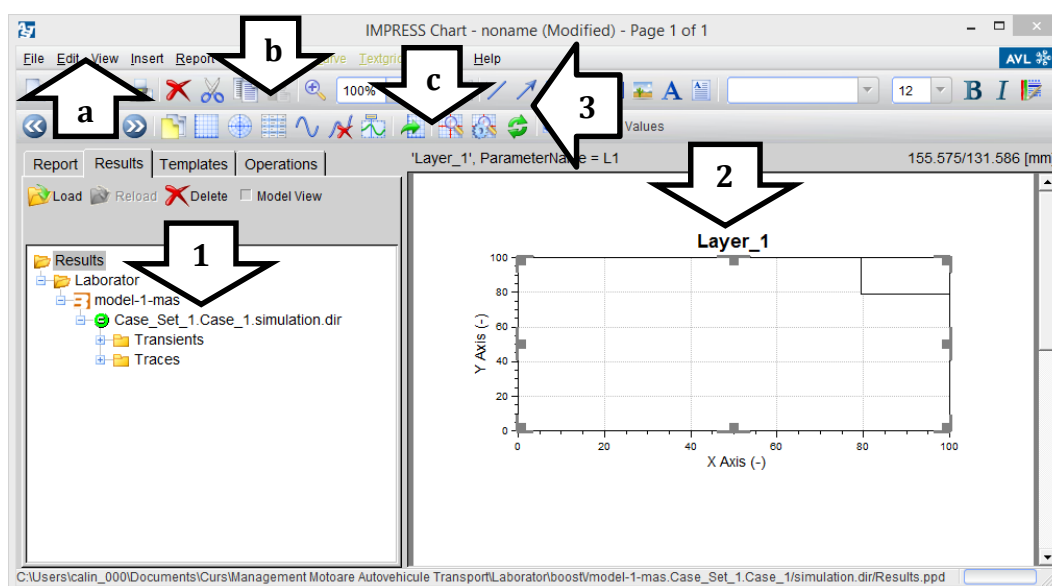


Fig. 5.4 Fereastra Impress Chart

Pentru accesul la rezultatele (seturile specifice) obținute în urma simulării computerizate (pentru întregul model și/sau pentru fiecare element component al modelului) se face dublu click pe linia din zona 1 a ecranului ce afișează cazul de simulare considerat (**Case_Set_1 Cae_1 simulation.dir**).

Se vor deschide două directoare (baze de rezultate): **Transient și Traces** (figura 5.5).

Rezultatele simulărilor computerizate ce se doresc a fi afișate grafic se aleg din cele două baze de rezultate, în funcție de următorul specific:

- **Transients:** conține rezultate ale simulărilor raportate la timp (s) pe abscisa graficului (valorile medii ale totalității ciclurilor de simulare executate de program și setate inițial de utilizator).
- **Traces:** conține rezultate ale simulărilor raportate la unghiul de rotație al arborelui cotit (deg) – valorile rezultate în urma simulării ultimului ciclu de simulare din totalitatea acestora.

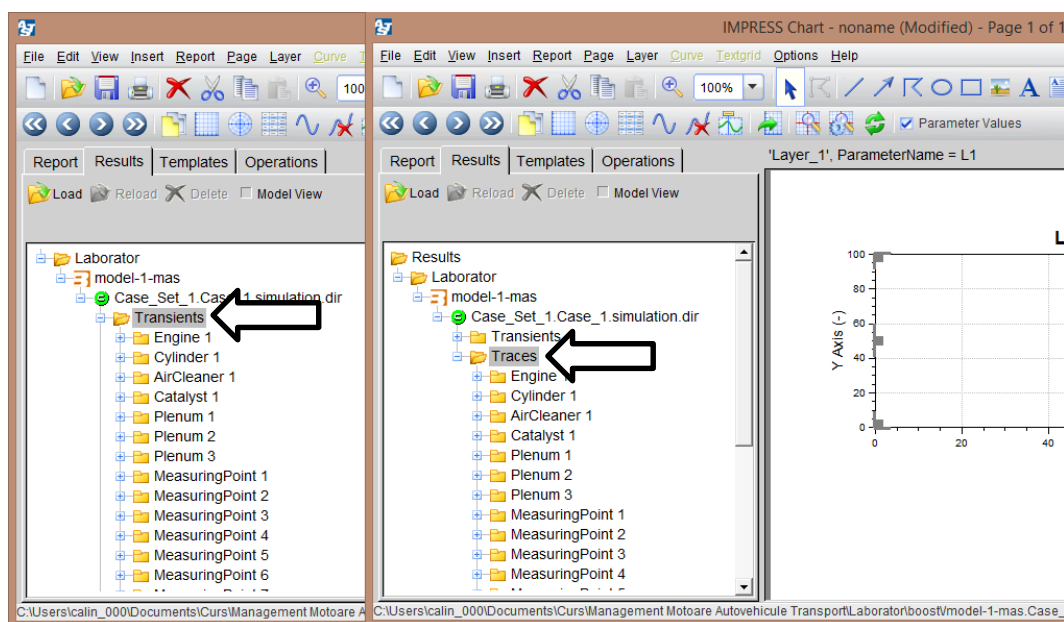


Fig. 5.5 Bazele de rezultate: Transient și Traces

Primul pas în afișarea datelor sub forma de grafice este inserarea formei de bază a ferestrei grafice (a **Layer**-ului) așa cum este prezentat în figura 5.6.

Dimensiunile geometrice ale ferestrei grafice (a **Layer**-ului) se pot modifica prin selectarea inițială a acestuia (click pe **Options – Layer Packing**).

Din fereastra **Layer Packer** se pot modifica caracteristicile **Layer**-ului și anume: direcția de orientare (**Direction**), numărul de linii și coloane (**Num**), alinierea la margini (**Margin**), respectiv spațierea (**Spacing**) (figura 5.7).

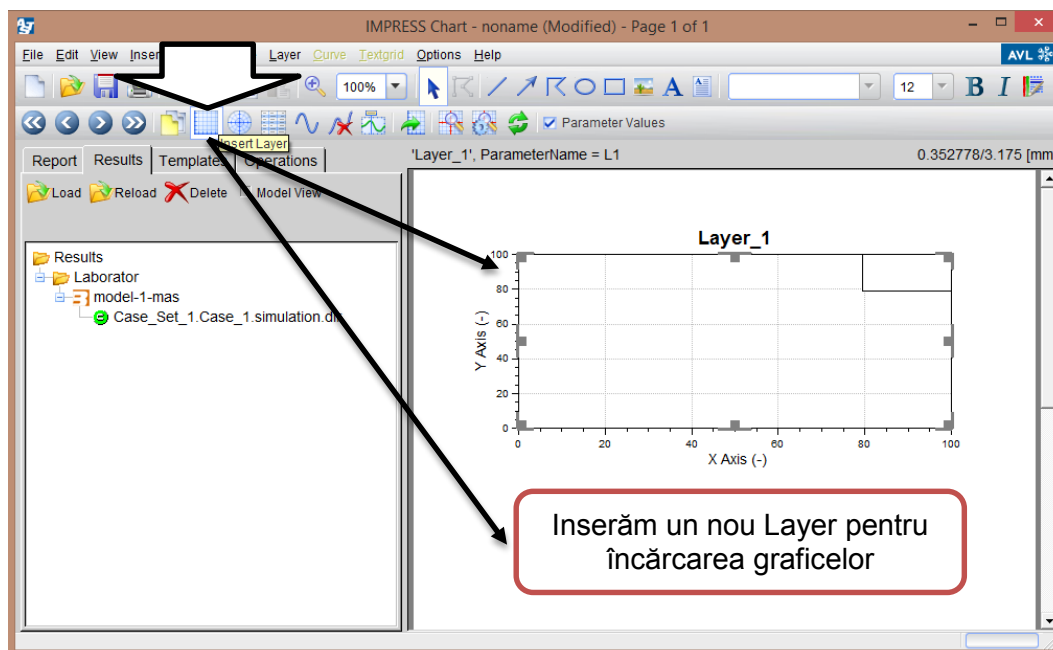


Fig. 5.6 Inserarea Layer-ului

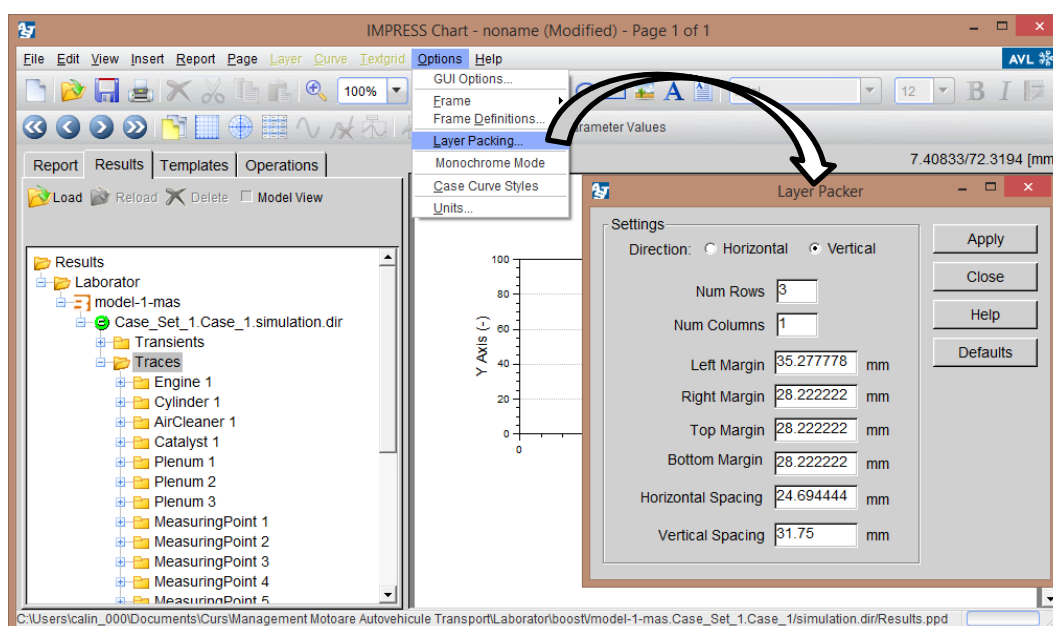


Fig. 5.7 Modificarea dimensiunilor Layer-ului

Pentru afișarea unui număr mai mare de parametri, sau a unor serii multiple de rezultate se vor introduce mai multe pagini, sau mai multe seturi de pagini. Acestea se introduc acționând butonul **Report** din zona de afișare a rezultatelor simulării prin comanda **Page Set** pentru un nou set de pagini, respectiv **Page** pentru o pagină nouă (figura 5.8).

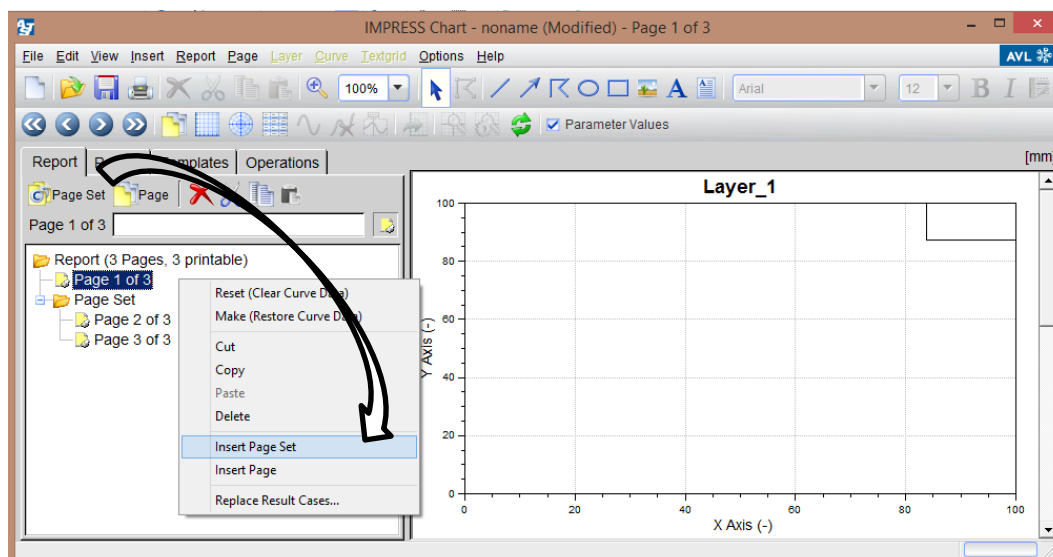


Fig. 5.8 Inserarea paginilor / seturilor de pagini

Pentru anumite seturi de simulări existe modele predefinite pentru grafice (**BOOST Templates**) care se încarcă acționând butonul **Templates** din zona de afișare a rezultatelor simulării (figura 5.9).

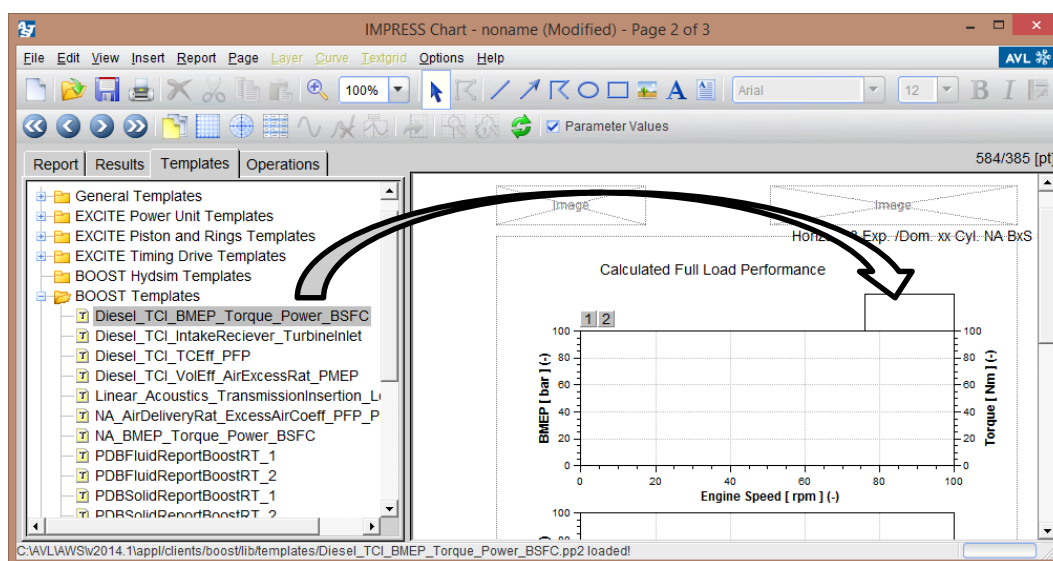


Fig. 5.9 Modele predefinite pentru grafice (BOOST Templates)

Pentru realizarea graficelor există două tipuri de **Layer**-re:

- Cartezian în coordonate X/Y, caracterizat de următoarele elemente: axa de coordonate X, axa de coordonate Y, **Colorbar**, **Data Marker**, **Data Reader**, **Statistics**, etc.) prezentată în figura 5.10.
- Polar în coordonate Φ/R caracterizat de următoarele elemente: axa radială R, axa Φ , **Statistics**, etc.) prezentată în figura 5.11.

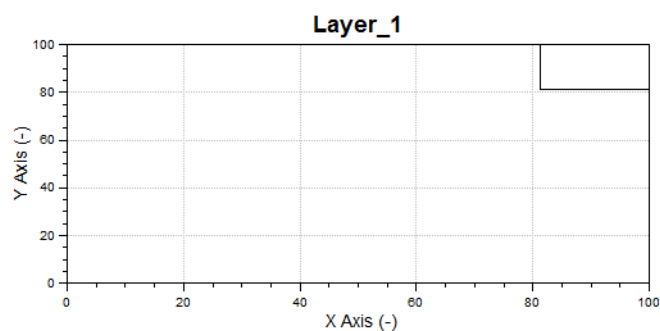


Fig. 5.10 Layer cartezian în coordonate X/Y

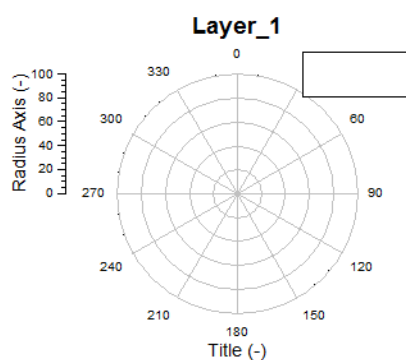


Fig. 5.11 Layer polar în coordonate Φ/R

Accesul la proprietățile unui **Layer** se realizează prin una din următoarele proceduri (figura 5.12):

- dublu click pe fereastra **Layer**-ului
- click dreapta pe fereastra **Layer**-ului și selectați **Properties** din meniu (selectați **Meniu Bar – Layer – Properties**)

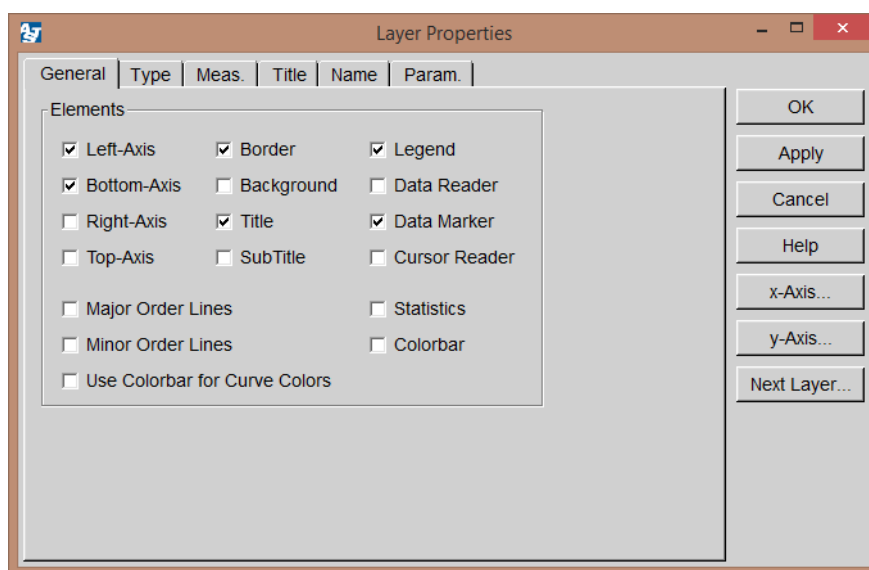


Fig. 5.12 Proprietățile Layer-ului

Layer-ele de tip cartezian pot fi implementate în trei variante diferite (figura 5.13):

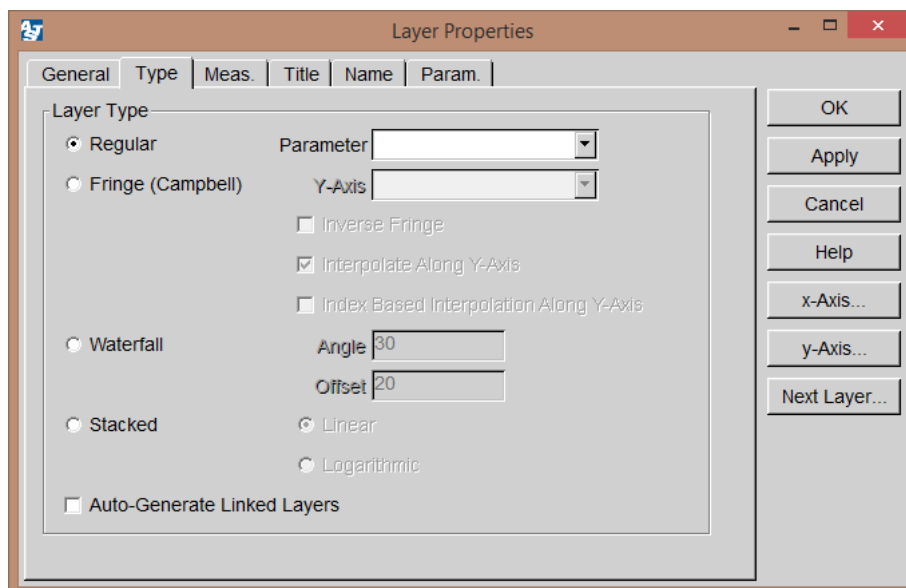


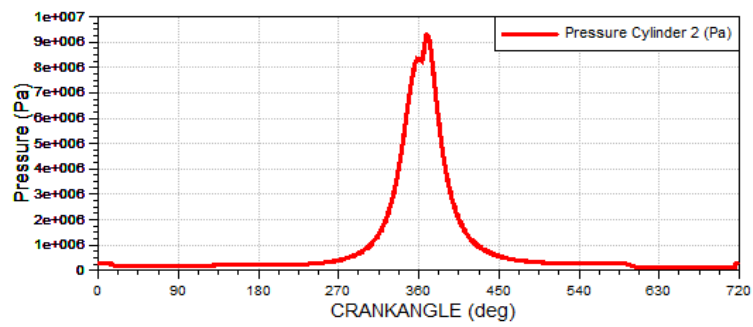
Fig. 5.13 Tipuri de Layer-e carteziene

- **Regular** – graficul este reprezentat în coordonate X/Y (figura 5.14a);
- **Fringe (Campbell)** – graficul este reprezentat prin interpolarea unui parametru indicat pe axa Y (figura 5.14b);
- **Waterfall** – graficul este prezentat sub forma de cascadă pentru a evidenția efectul cumulativ al secvențelor de date cu valori pozitive sau negative (figura 5.14c);
- **Stacked** – graficul este reprezentat prin însumarea punctelor de pe grafic după un model liniar sau logaritmic (figura 5.14d).

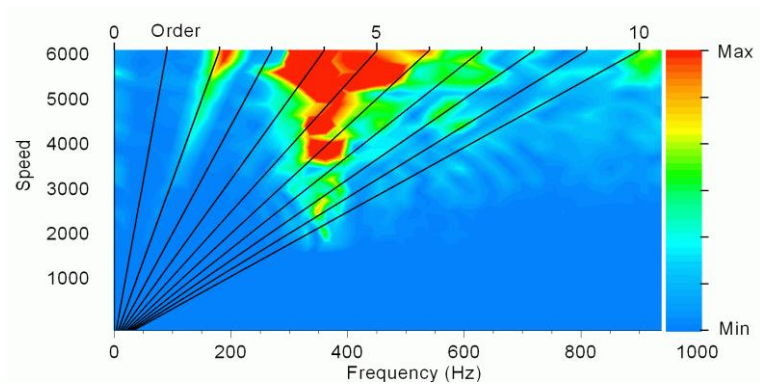
Afișarea rezultatelor în fereastra grafică

Pentru accesul la datele rezultate prin simulare se deschid directoarele **Transient** sau **Traces**. În cazul nostru vom dori să realizăm o reprezentare grafică (variația) a presiunii în cilindru pe parcursul unui ciclu motor.

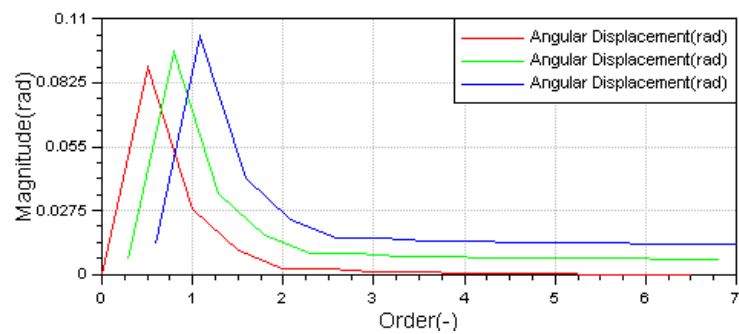
Rezultatele se transpun pe grafic (**Layer**) cu dublu click pe parametrul care se dorește analizat (figura 5.15).



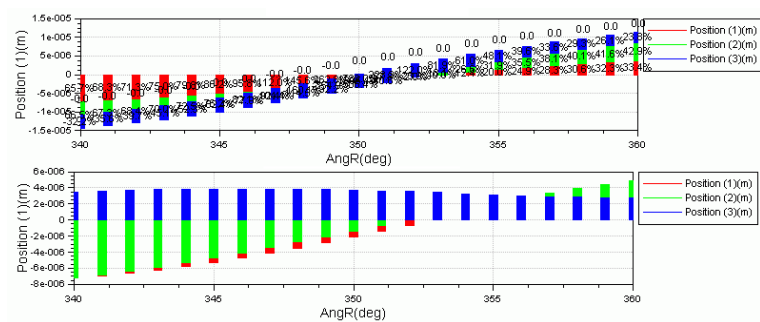
a)



b)



c)



d)

Fig. 5.14 Grafice construite pe tipuri de Layer-e carteziene:
a – regular, b – Fringe (Campbell), c – Waterfall, d – Stacked

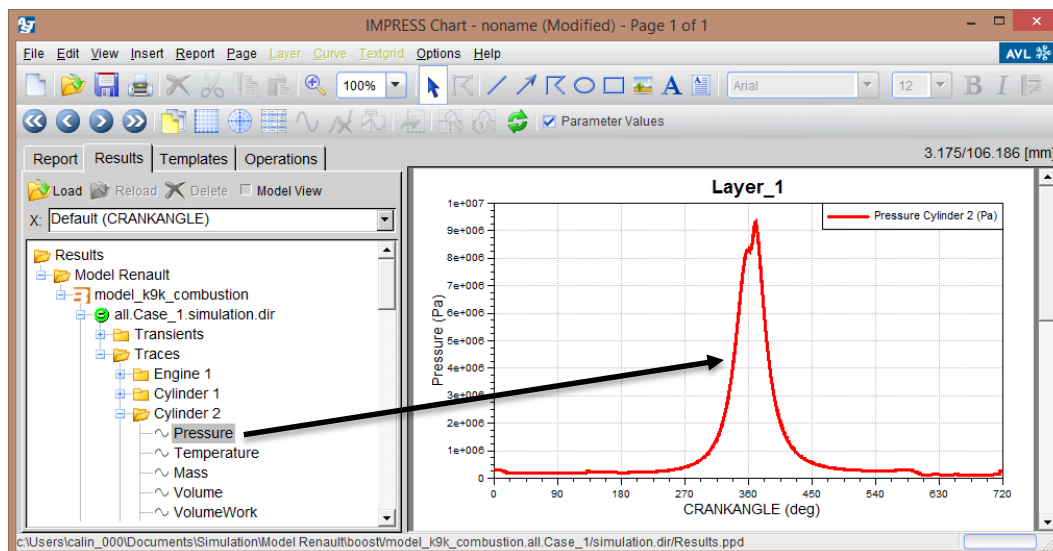


Fig. 5.15 Rezultatele simulărilor computerizate

Dacă se dorește ca în cadrul aceluiași **Layer** să fie reprezentate grafic variația a mai multor parametri se vor efectua următoarele operații:

- Se inserează **Layer**-ul 1 și prin deschiderea ferestrei de definire a proprietăților (selectare **Layer** -> dreapta click -> **Properties**), se modifică forma acestuia (figura 5.16).

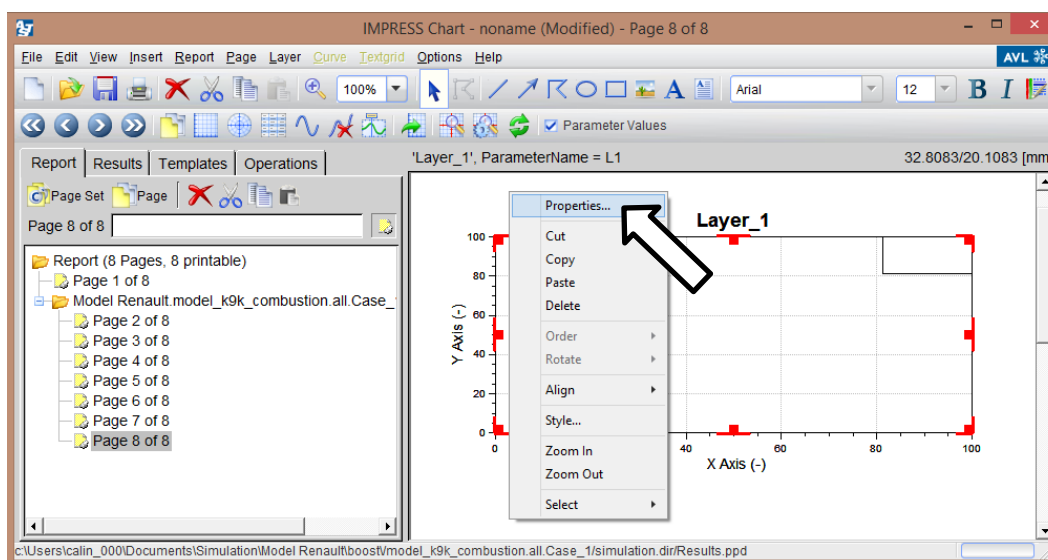


Fig. 5.16 Inserare Layer 1

- Se selectează **Layer**-ul 1 și se inserează un nou **Layer** (**Layer 2**). La fel ca și în cazul precedent se vor defini proprietățile **Layer**-ului 2.

În mod analog se vor insera încă două ferestre grafice (**Layer**-ele 3 și 4), se vor defini proprietățile acestora (figura 5.17).

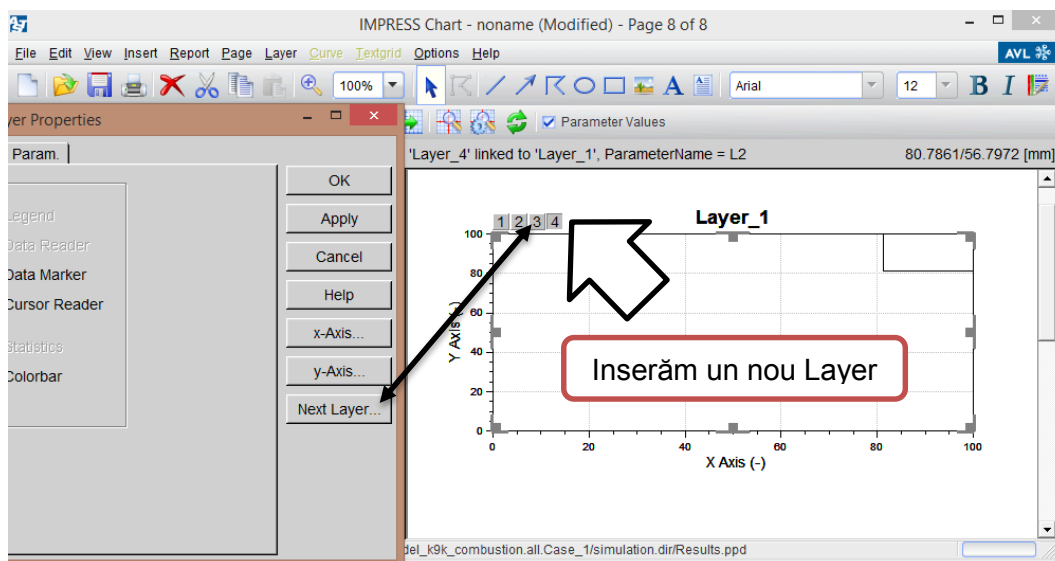


Fig. 5.17 Inserare Layer 2, 3 și 4

Odată finalizate toate aceste operații, se vor putea reprezenta pe același grafic (figura 5.18) curbele (variațiile) corespunzătoare presiunii în cilindru (**Pressure**), a temperaturii (**Temperature**) și a volumului de amestec din cilindru (**VolumeWork**) pentru cazul de simulare deja studiat (marcare **Layer** cu simplu click și click pe fiecare parametru ce se dorește a fi afișat).

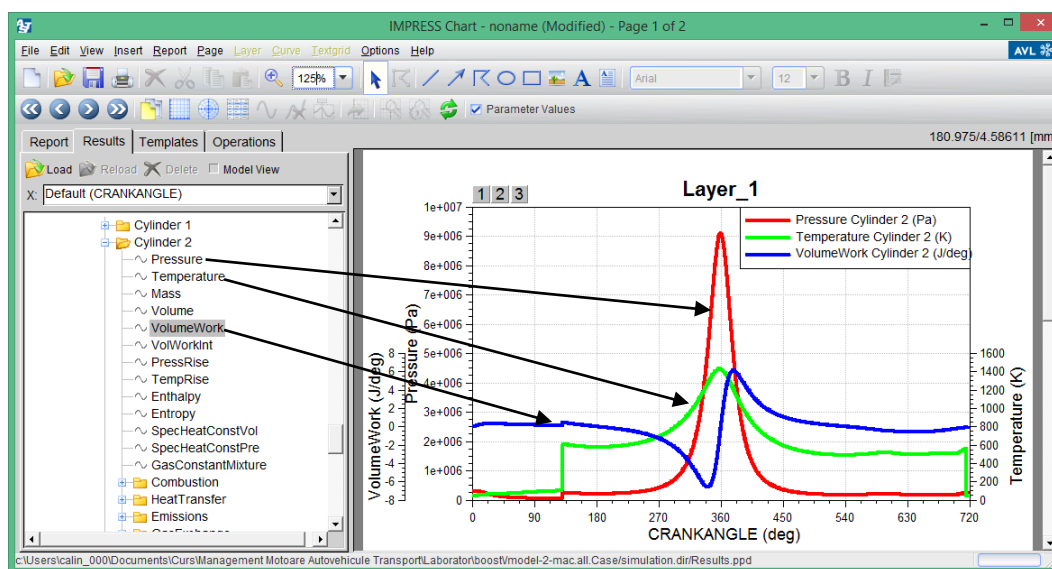


Fig. 5.18 Inserare rezultate simulare Multi-Layer

În situația în care sunt inserate mai multe categorii de rezultate pe același grafic, pentru a corela dimensiunile mărimilor de pe axa Y, suprafața utilă a **Layer**-ului poate fi redimensionată în raport cu **Layer**-ul de referință (**Layer 1**) (figura 5.19).

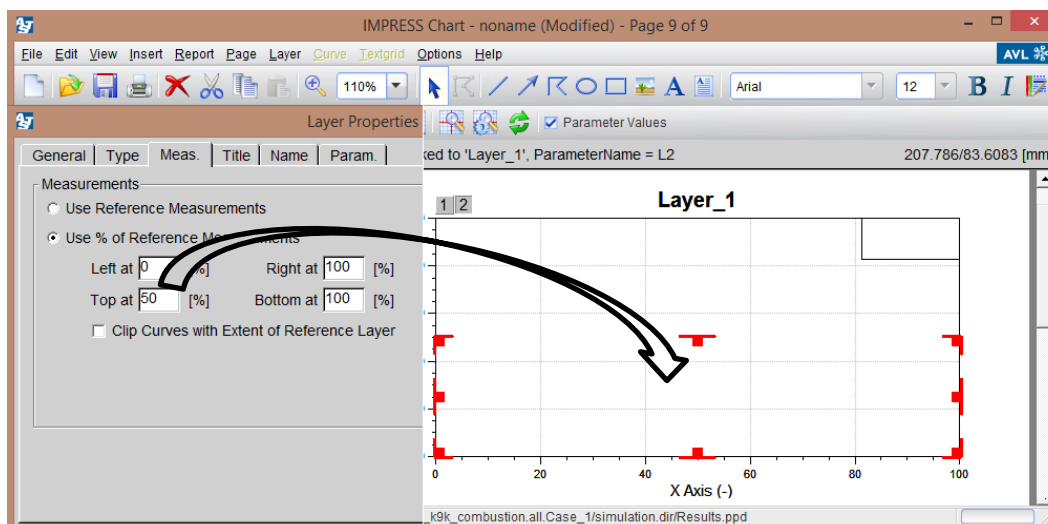


Fig. 5.19 Redimensionare Layer

Schimbarea proprietăților axelor (a intervalului de măsură)

Se observă în figura 5.15, variația presiunii din interiorul camerei de ardere pe parcursul unui ciclu motor. Specialiștii în motoare termice preferă o altă reprezentare, reprezentare care pune accentul (se prezintă detaliat) pe zona de creștere a presiunii datorită procesului de ardere a combustibilului.

Pentru a realiza acest lucru se procedează în felul următor:

- Din meniul **Operations** alegeți opțiunea **Geometric Transformation**;
- Selectați curba de presiune (**Pressure Cylinder (Pa) (Layer_1)**);
- Introduceți în câmpul **Translated by** valoarea de (**X = -360 deg, Y = 0**);
- Confirmați operațiunea prin butonul **Apply to** (figura 5.20).

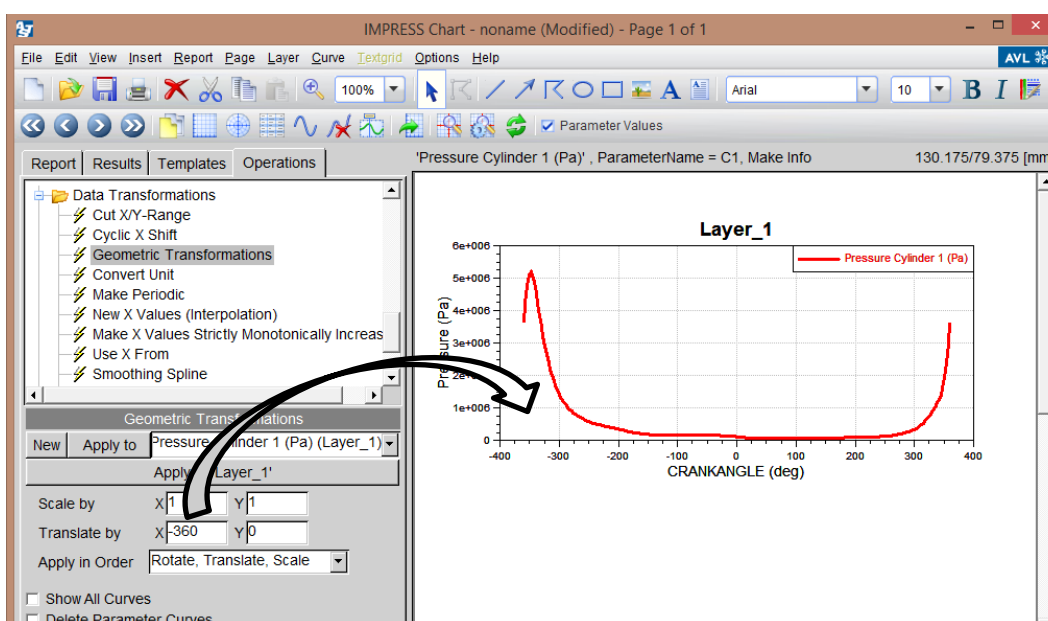


Fig. 5.20 Opțiunea Geometric Transformation

- Din meniul **Operations** alegeți opțiunea **Cyclic X Shift**;
- Selectați curba de presiune (**Pressure Cylinder (Pa) (Layer_1)**);
- Introduceți valoarea de (**360 deg**) în câmpul **Add to X**;
- Confirmați operațiunea prin butonul **Apply to** (figura 5.21).

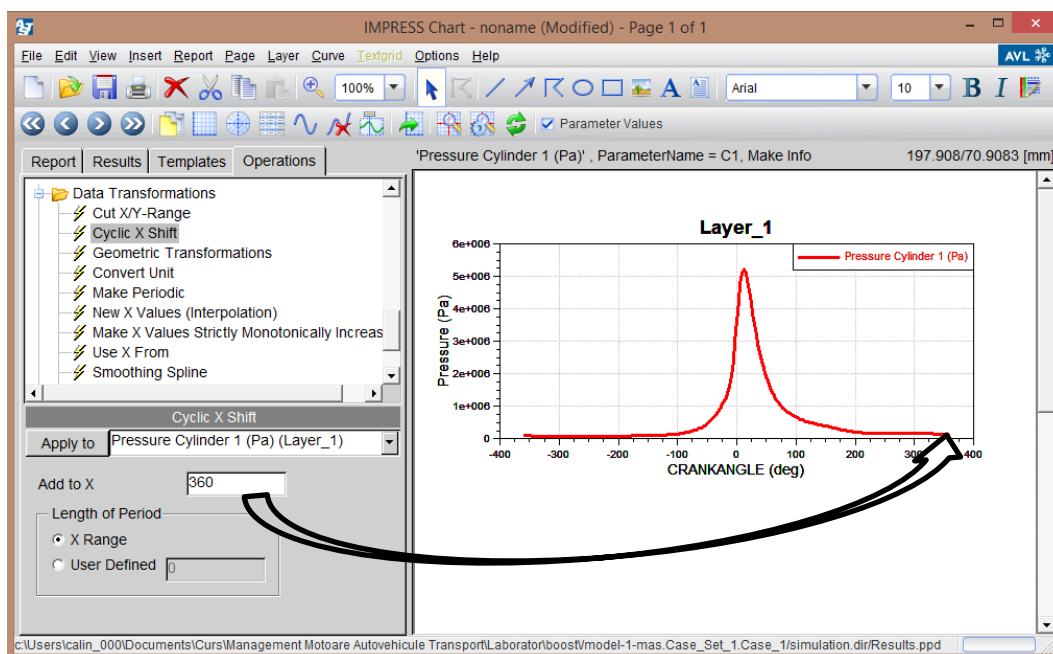


Fig. 5.21 Opțiunea Cyclic X Shift

Astfel intervalul de măsură se transformă din intervalul (0, 720) în (-360, 360) grade RAC), iar zona de creștere a presiunii din cilindrul motor datorită procesului de aprindere și ardere este situată în zona de mijloc a ecranului (figura 5.22).

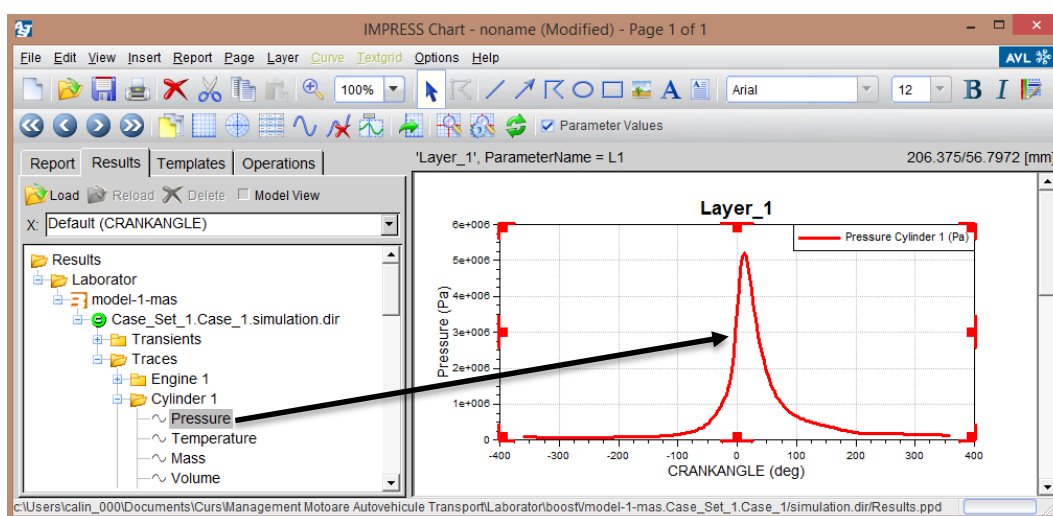


Fig. 5.22 Graficul presiunii în intervalul transformat

Modificarea proprietăților curbelor de variație

Sunt cazuri în care datorită multitudinii curbelor afișate în aceeași fereastră grafică (**Layer**) sunt necesare delimitări/particularizări ale fiecărei dintre curbe prin tipul, grosimea și culoarea liniei de reprezentare.

Modificarea aspectului graficelor obținute se realizează prin efectuarea unui click dreapta pe foaia activă de lucru, apoi click pe comanda **Style** (1) și se va deschide fereastra **Colors and Styles** (2) (figura 5.23).

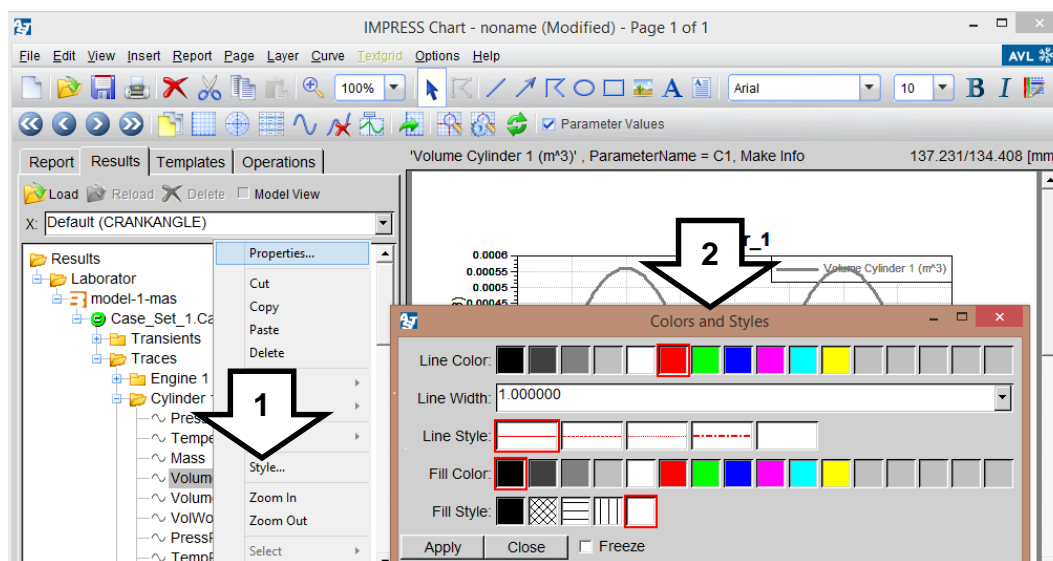


Fig. 5.23 Modificarea aspectelor graficelor

Exportarea datelor afișate grafic

Dacă se dorește analiza și interpretarea rezultatelor obținute în urma simulărilor computerizate în alte utilitare de post-procesare, acestea se pot exporta într-un format compatibil Excel cu opțiunea **Layer -> Export -> Ascii (CSV)...** (figura 5.24):

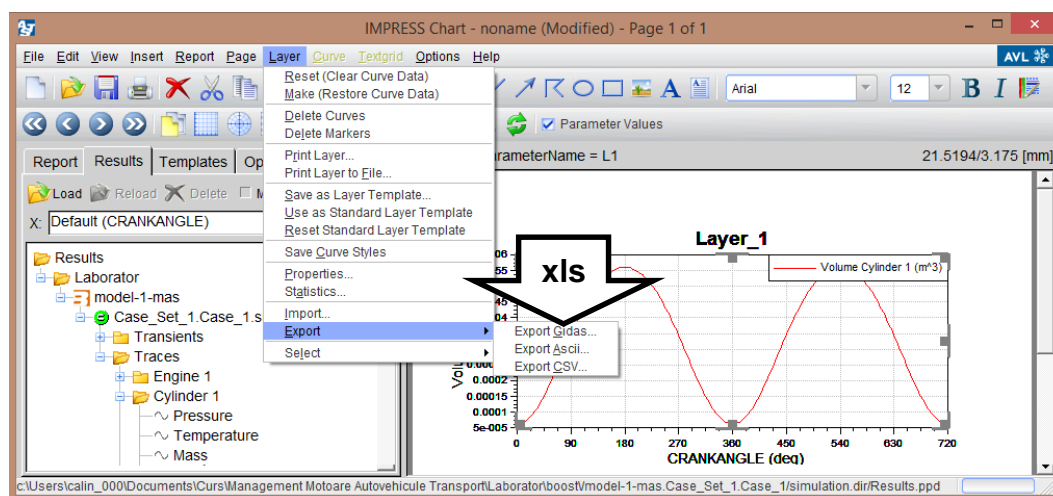


Fig. 5.24 Exportați rezultatele simulărilor computerizate

Instrumente de analiză statistică

Utilitarul **Impress Chart** oferă funcțiuni de utilizare a metodelor de analiză statistică a curbelor (variațiilor grafice). Astfel, se pot identifica și măsura o serie de parametri statistici ce prezintă importanța în analiza parametrilor funcționali ai unui motor cu ardere internă pe durata unui ciclu motor: valoarea medie, minimă și maximă, cantitatea totală, valoarea specifică pentru o valoare cerută a axelor graficului.

Creați un **Layer** nou în care să reprezentați curba de variație a ratei de căldură eliberate prin arderea combustibilului (**ROHR – Rate Of Heat Release**) (figura 5.25).

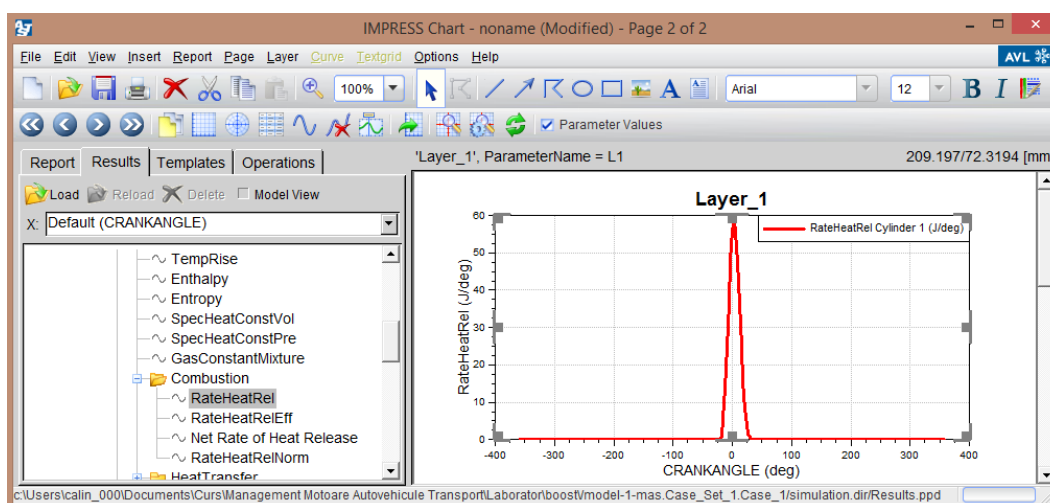


Fig. 5.25 Curba de variație a ratei de căldură eliberate ROHR

Pentru obținerea datelor statistice referitoare la curba reprezentată, se modifică proprietățile graficului construit din opțiunea click dreapta pe zona de lucru a graficului **Properties -> Layer Properties -> General** (figura 5.26):

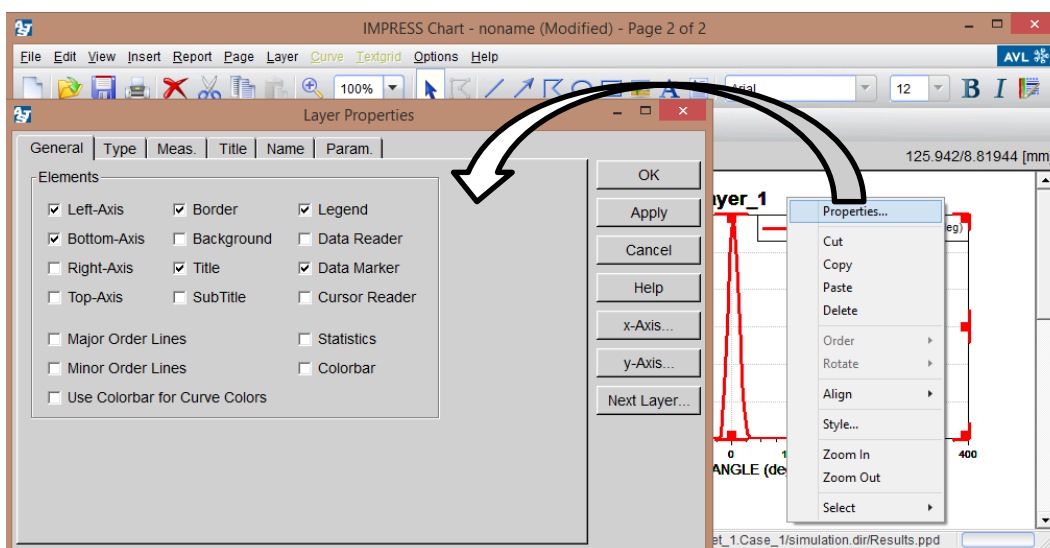


Fig. 5.26 Curba de variație a ratei de căldură eliberate ROHR

În fereastra **Layer Properties** se adaugă următoarele elemente de monitorizare a parametrilor studiați:

Data Reader – Cursor Reader – Statistics – Colorbar (figura 5.27)

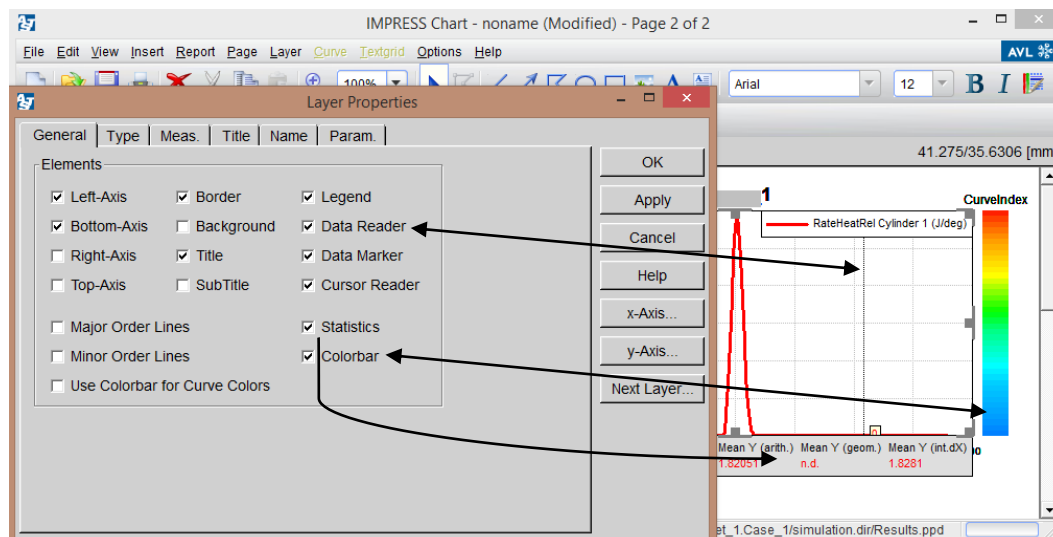


Fig. 5.27 Exportați rezultatele simulărilor computerizate

În exemplul prezentat se poate observa că valoarea maximă a ratei de căldură eliberate datorită arderii combustibilului are o valoare maximă de 58.8296 J/deg, iar cantitatea totală eliberată pe parcursul unui ciclu motor este de 1.8281 J/deg (figura 5.28).

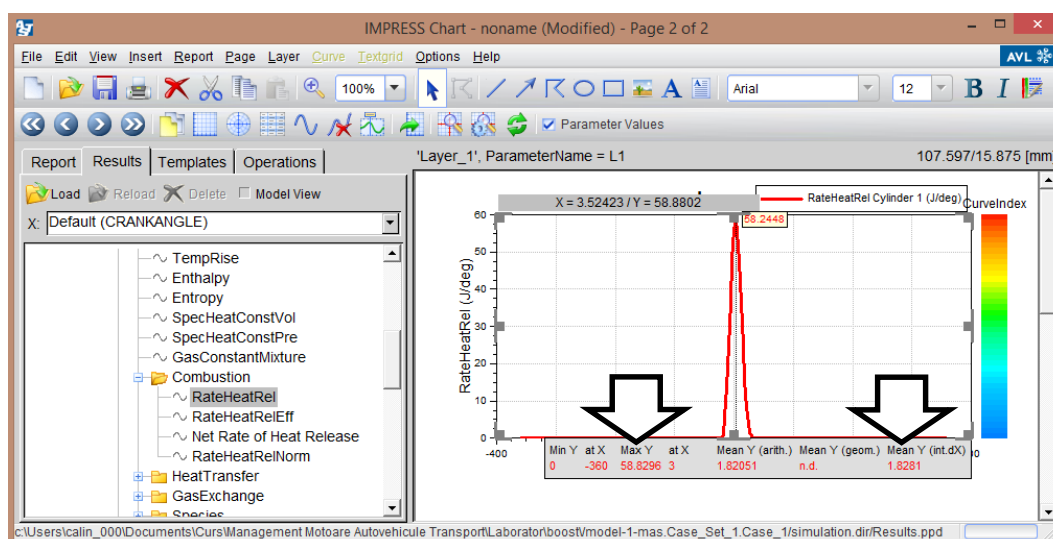


Fig. 5.28 Valorile parametrilor monitorizați

La sfârșitul sesiunii de lucru, toate operațiile efectuate conform cu algoritmul de lucru al laboratorului se salvează folosind comanda din meniul programului **Save As / Save**.

Laborator 6:

Implementarea elementelor de management, comandă și control (ECU) în modelele numerice

Scop

- Crearea, parametrizarea și simularea unui model complex de motor cu ardere internă ce are în componență elemente de management, comandă și control.

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților superioare de utilizare a metodelor numerice moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă;
- Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată;
- Însușirea de cunoștințe privind elementele de management, comandă și control din componența motoarelor cu ardere internă.

Prezentarea lucrării

Lucrarea prezintă algoritmul de utilizare a programului de modelare și simulare **AVL BOOST** în implementarea unor elemente de management (**ECU**), comandă și control în structura unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie. Se prezintă detaliat modul de modificare a modelului de motor supus simulării, precum și a modului de parametrizare a fiecărui element nou din structura modelului utilizat în simularea computerizată.

Desfășurarea lucrării

Lucrarea de laborator nr. 6 se desfășoară prin parcurgerea algoritmului prezentat în cele ce urmează, în scopul realizării unei aplicații practice de inserare a unui modul electronic de comandă (**ECU**) în modelul unui motor monocilindric cu aprindere prin scânteie (MAS).

Rolul **ECU** în cadrul modelului general a motorului monocilindric cu aprindere prin scânteie, este acela de a asigura permanent un raport de dozaj egal cu valoarea de 11, pentru toată gama de turație a motorului. În funcție de semnalul pe care **ECU** îl recepționează de la clapeta de accelerație (**Restriction 1 – R1**) va determina durata semnalului de deschidere a injectorului (**Injector 1 – I 1**).

Particular, în cazul ce urmează a fi prezentat, se va utiliza modelul de motor deja construit prin parcurgerea etapelor prezentate în cadrul laboratoarelor 3 – 5, conform algoritmului ce urmează a fi prezentat:

Pas 1. Încărcarea modelului de motor monocilindric

Modelul de motor monocilindric se încarcă în zona de lucru, prin alegerea opțiunii din meniul programului **File -> Open** sau prin accesarea butonului din bara de unelte corespunzător opțiunii **Open/Load** (figura 6.1).

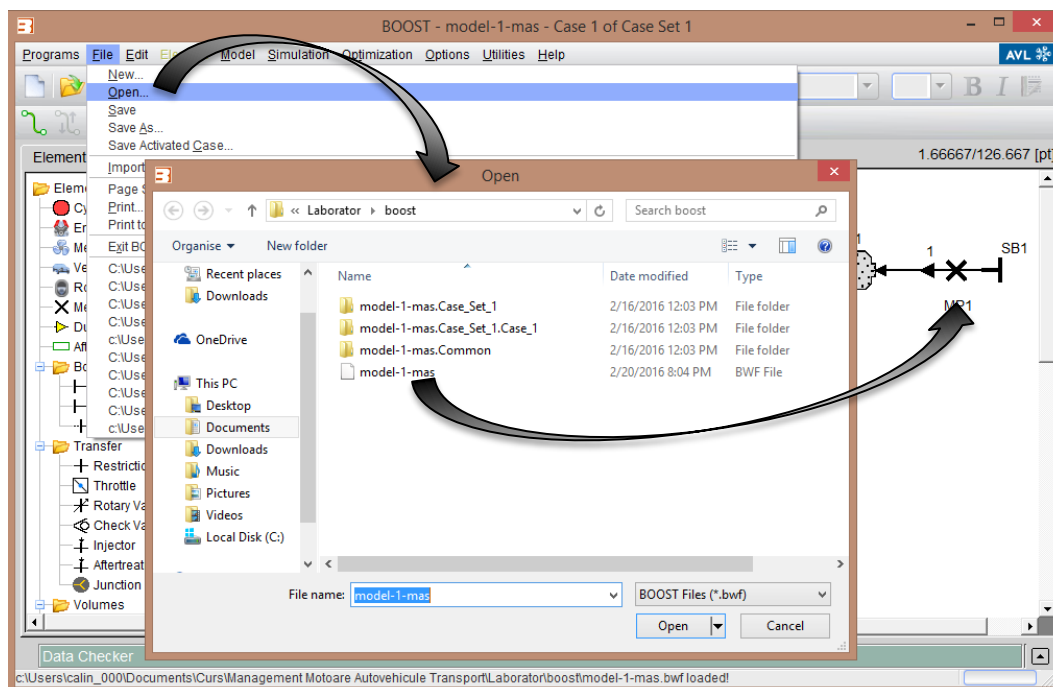


Fig. 6.1 Încărcarea modelului de motor monocilindric

Pas 2. Inserarea în model a elementului ECU

Alegerea unui element corespondent modulului de comandă și control **ECU** (figura 6.2) se realizează cu ajutorul mouse-ului (dublu click pe element în zona de identificare a elementelor “**Element Tree**”). Pentru poziționarea în cadrul modelului deja încărcat în zona (fereastra) de lucru, se selectează elementul (simplu click), se menține apăsat butonul stâng al mouse-ului și se mută elementul acolo unde se doarește (figura 6.3).

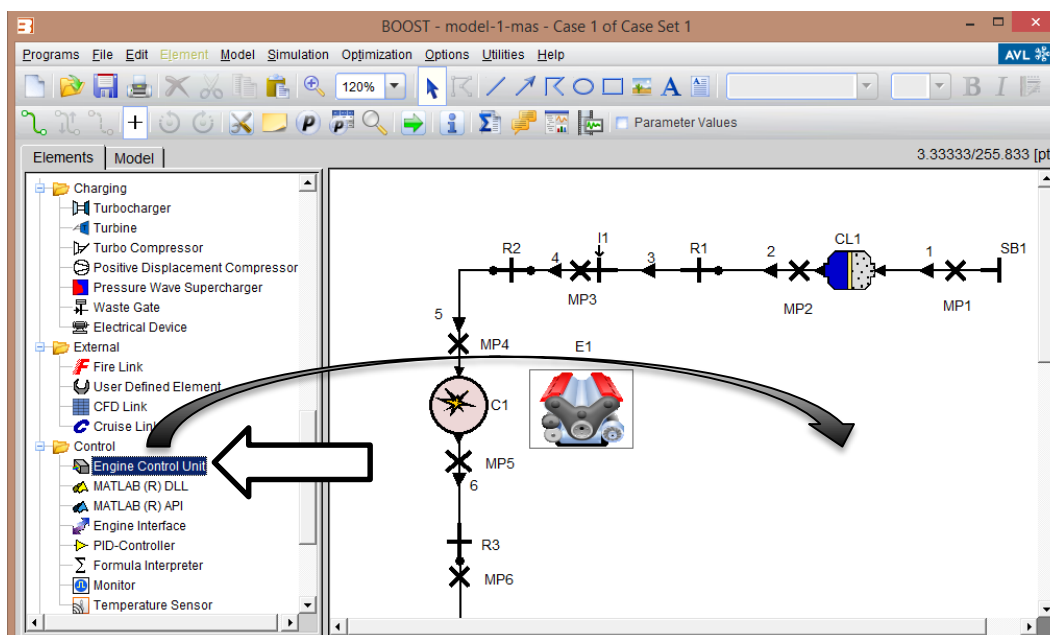


Fig. 6.2 Selectarea elementului de comandă și control ECU

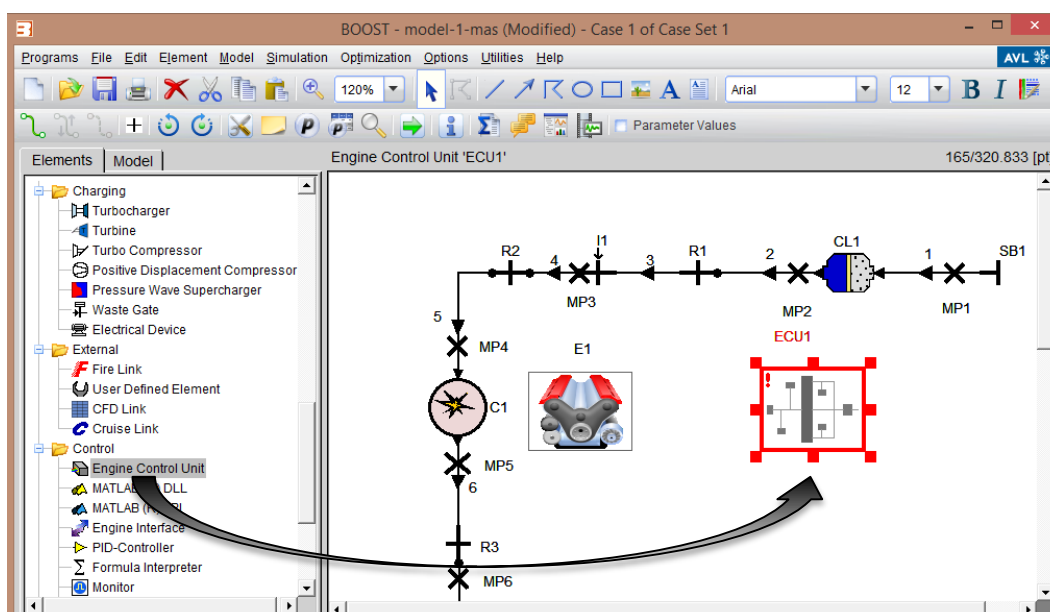


Fig. 6.3 Inserarea elementului de comandă și control ECU în zona de lucru

Pas 3. Conectarea elementului ECU cu modelul

Conexiunea dintre elementul **ECU** și modelul de motor monocilindric se realizează prin selectarea opțiunii **"Connection"** din bara de unelte (figura 6.4), iar prin conexiune se atașează elementelor conectate (se selectează capetele conexiunii și se conectează cu elementele specifice, unind ancorele elementelor). În cazul de față elementul **ECU 1** va fi conectat cu următoarele elemente ale modelului de motor: **Restriction 1** (clapeta de accelerație), **Cylinder 1** (cilindru motor) și **Injector 1** (injectorul amplasat în galeria de admisie) (figura 6.5).

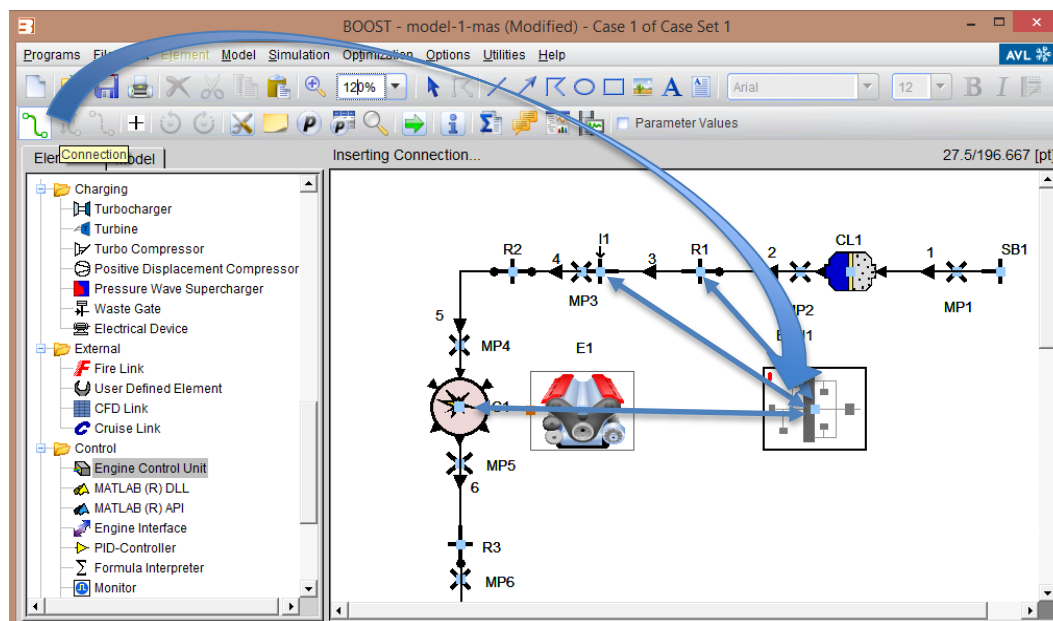


Fig. 6.4 Conectarea elementului ECU cu modelul de motor monocilindric

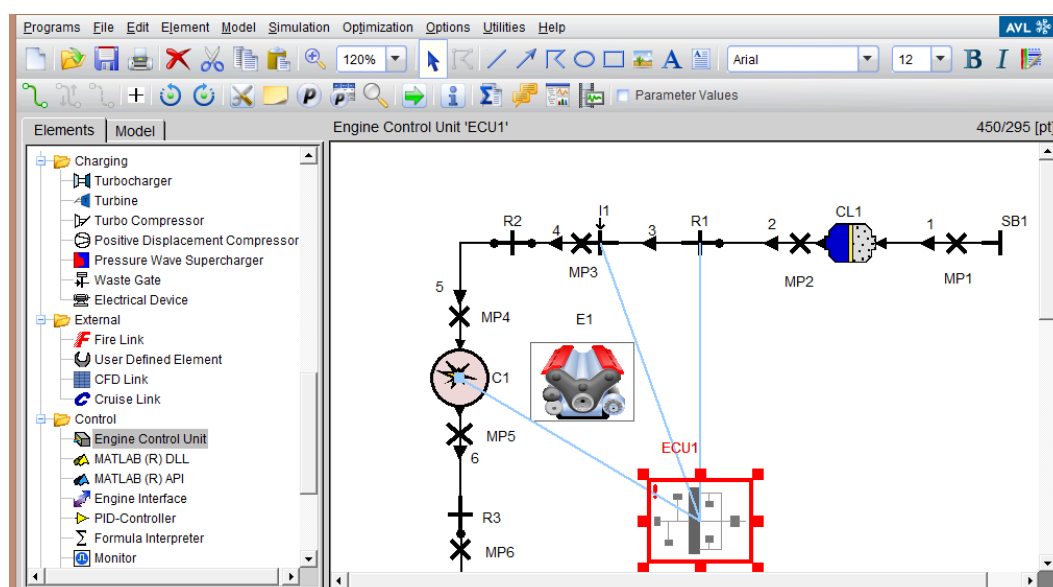


Fig. 6.5 Conexiunile cu elementele modelului de motor

Conexiunile realizate apar cu linii de culoare albastră deoarece sunt conexiuni electrice.

Pas 4. Setări Generale ECU

Dublu click pe elementul **ECU** pentru editare. Click pe opțiunea **General** (figura 6.6).

Selectați opțiunea de introducere tabelară a variației semnalului (**Load Signal - > Table**). Introduceți valorile de mai jos (tabelul 6.1) pentru realizarea unei variații a semnalului în funcție de timp (figura 6.7).

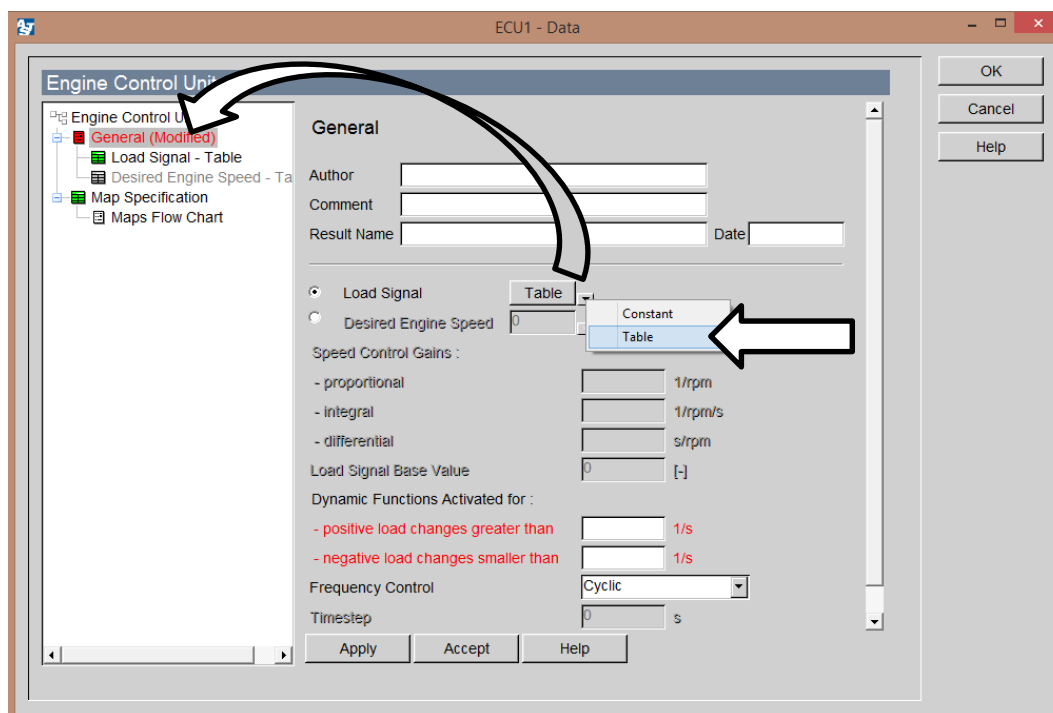


Fig. 6.6 Setările generale ECU

Tabel 6.1 Variația semnalului

Nr.	Time (x) (sec)	Load Signal (y) (-)
1	0.00	0.50
2	0.40	0.50
3	0.45	1.00
4	1.00	1.00

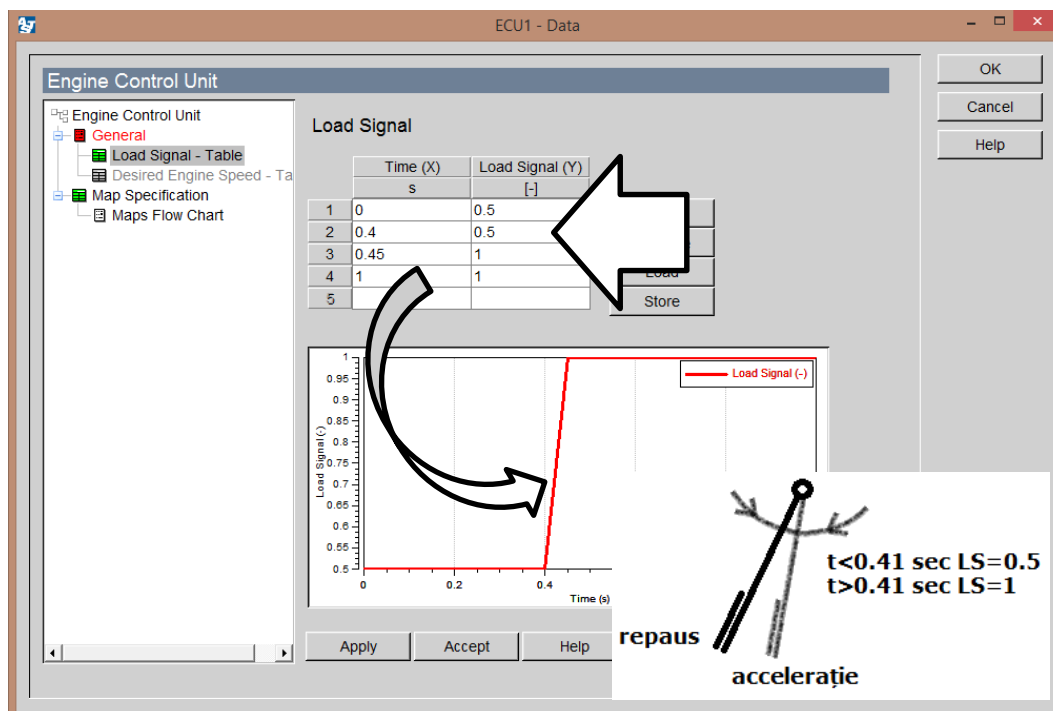


Fig. 6.7 Tabelul Load Signal

Pas 5. Engine Control Unit - Map Specification

Click pe opțiunea **Map Specification**. Inserați în rândurile tabelului elementele controlate și comandate de **ECU**. În cazul nostru **Restriction 1** și **Injector 1** (figura 6.8).

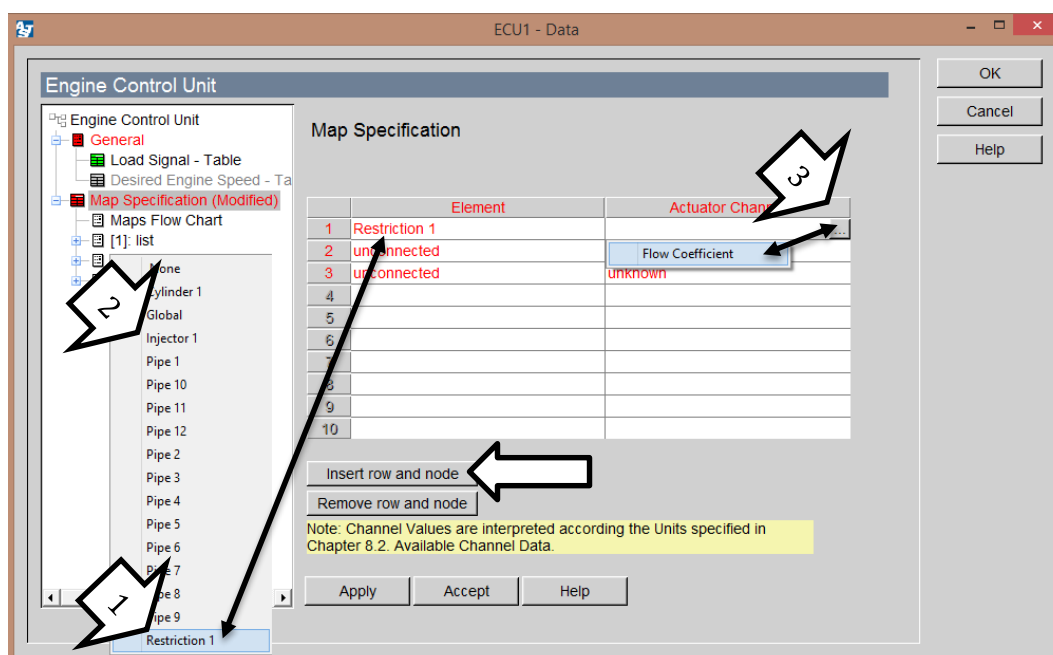


Fig. 6.8 Opțiunea Map Specification – inserarea elementelor

Faceți click pe butonul de acces la meniu și alegeți parametrul de definește fiecare element controlat și comandat de **ECU** elementul (opțiunea necesară). Pentru **Restriction 1** (coeficientul de curgere – **Flow Coefficient**) iar pentru **Injector 1** (raportul de dozaj – **A/F Ratio**) (figura 6.9).

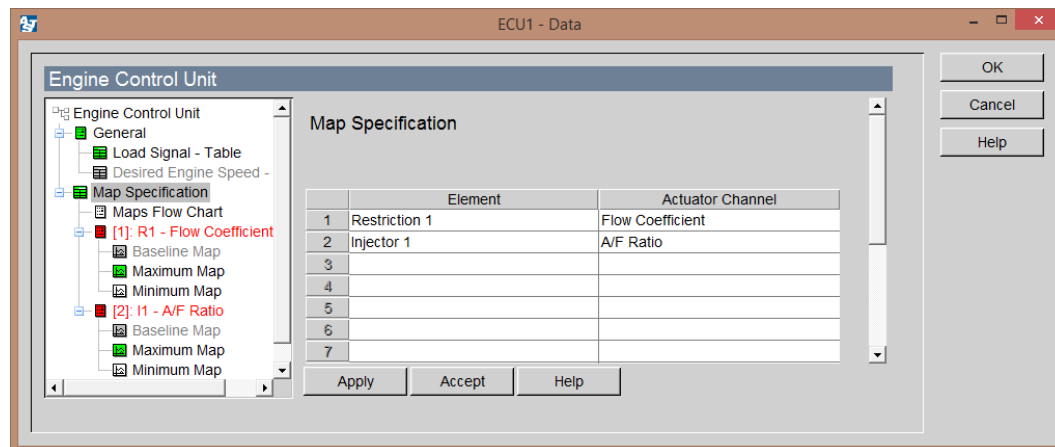


Fig. 6.9 Opțiunea Map Specification – definirea parametrilor

Pas 6. Engine Control Unit – Maps Flow Chart

Click pe opțiunea **Maps Flow Chart**. Se va deschide ecranul în care este prezentat modul de compunere și funcționare a **ECU** pe baza hărților specifice proceselor funcționale ale motorului (figura 6.10). În timpul introducerii datelor necesare parametrizării variabilelor luate în considerare va fi semnalat pe această diagramă locul în care se realizează setările.

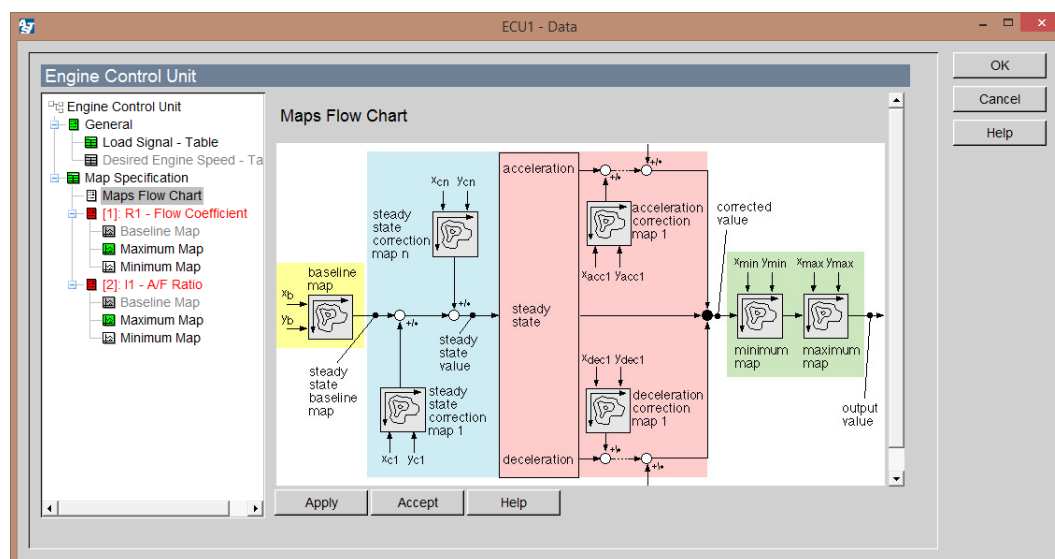


Fig. 6.10 Opțiunea Maps Flow Chart

Pas 7. Engine Control Unit – R1 Input of Maps

Click pe opțiunea **R1 Input of Maps**. Selectați pentru meniul **Baseline Value** opțiunea **Map** pentru parametrul **R1 Flow Coefficient** (figura 6.11).

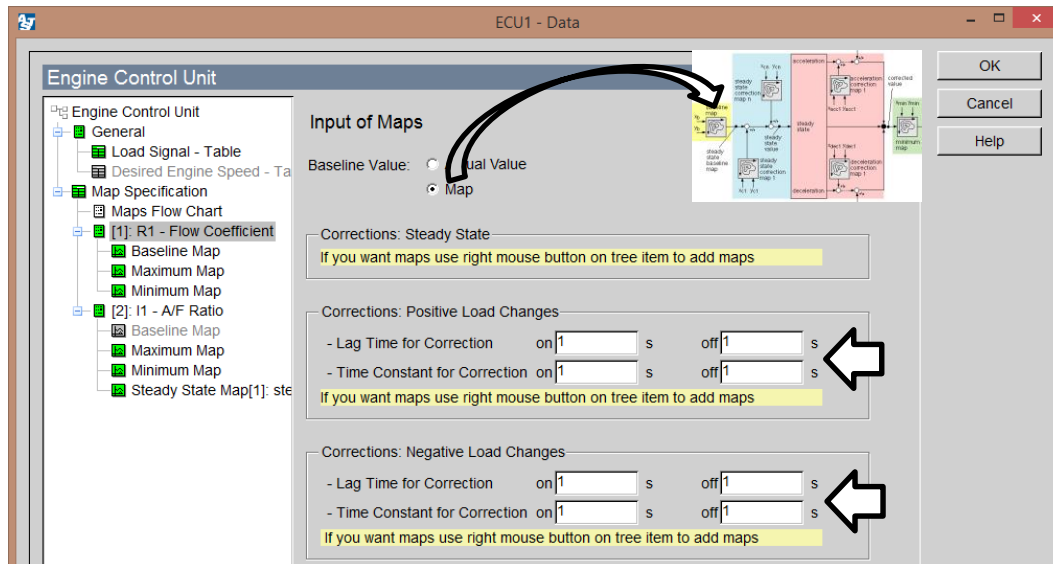


Fig. 6.11 Opțiunea R1 Input of Maps

Pas 8. Engine Control Unit – R1 Flow Coefficient Baseline Map

Click pe opțiunea **Baseline Map**. Introduceți datele din figura 6.12, pentru definirea poziției de deschidere a clapetei de accelerație (poziție definită prin coeficientul de curgere) în funcție de anumită valoare a semnalului (**Load Signal**).

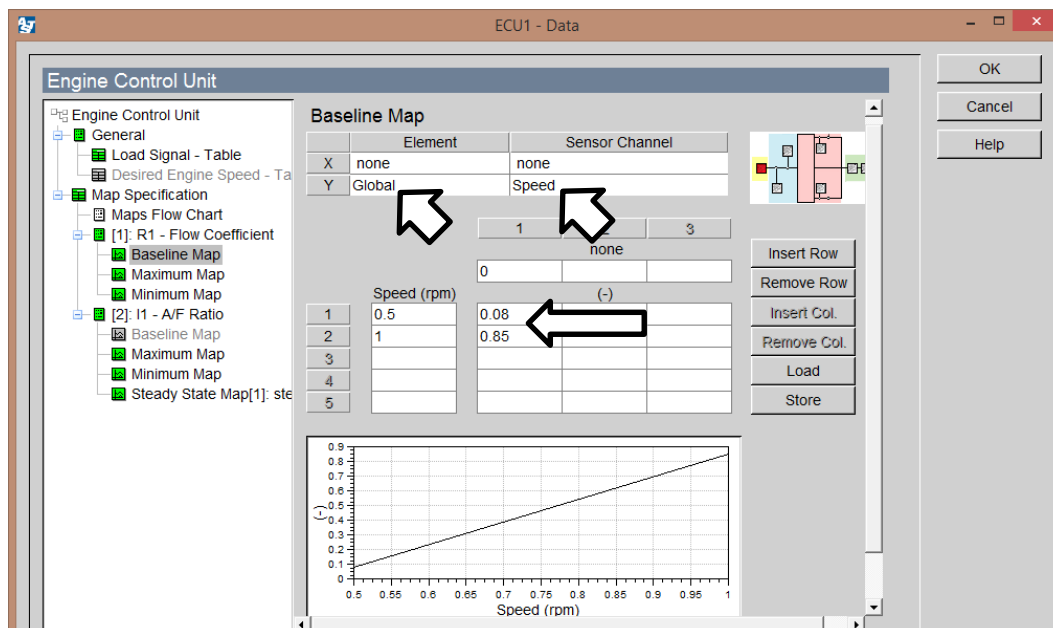


Fig. 6.12 Opțiunea R1 Flow Coefficient Baseline Map

Click pe opțiunea **Maximum Map** și introduceți datele din figura 6.13.

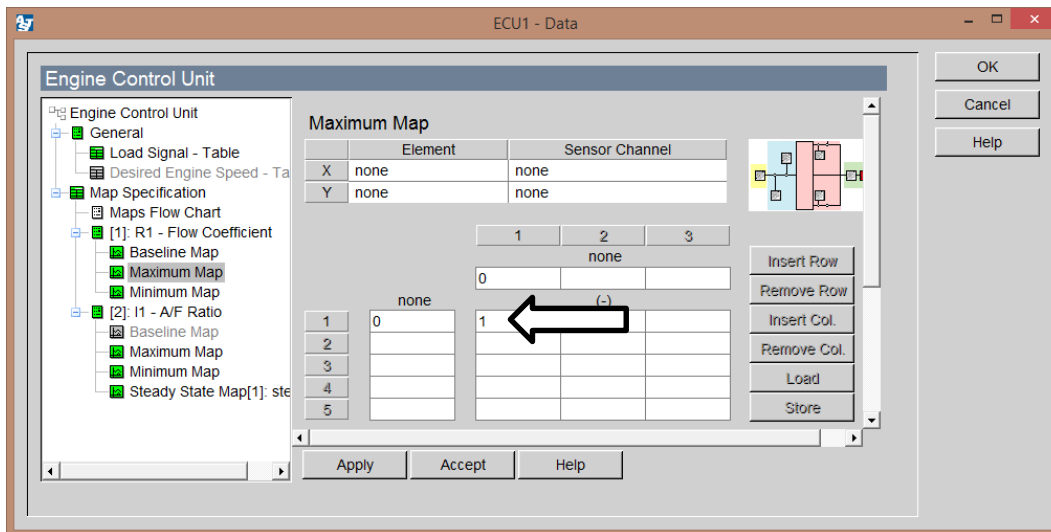


Fig. 6.13 Opțiunea R1 Flow Coefficient Maximum Map

Click pe opțiunea **Minimum Map** și introduceți datele din figura 6.14.

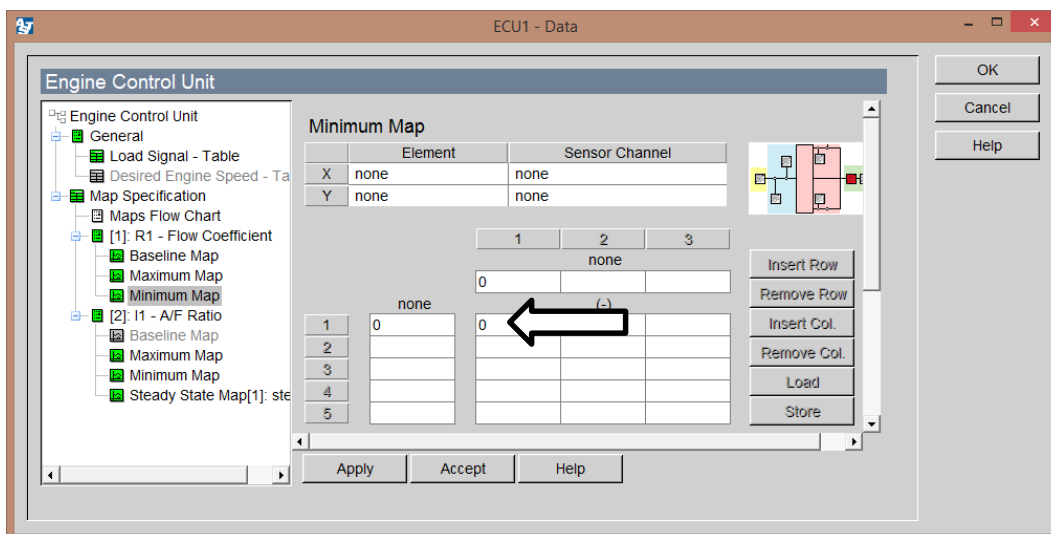


Fig. 6.14 Opțiunea R1 Flow Coefficient Minimum Map

Pas 9. Engine Control Unit – I1 Input of Maps

Click pe opțiunea **I1-A/F Ratio**. Selectați pentru meniul **Baseline Value** opțiunea **Actual Value** pentru parametrul **I1 A/F Ratio** (figura 6.15).

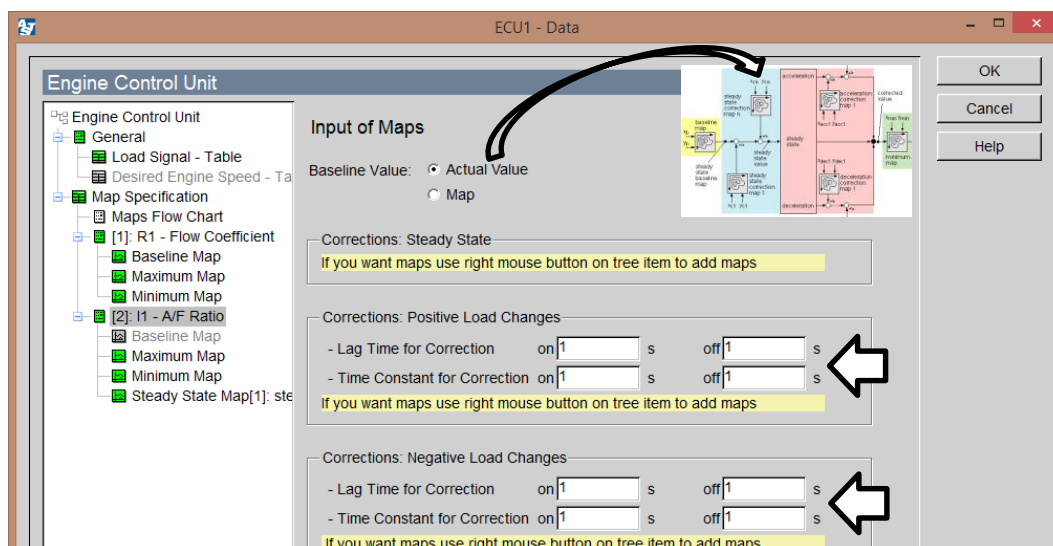


Fig. 6.15 Opțiunea I1 A/F Ratio Input of Maps

Click pe opțiunea I1 A/R Ratio -> **Maximum Map** și introduceți datele din figura 6.16.

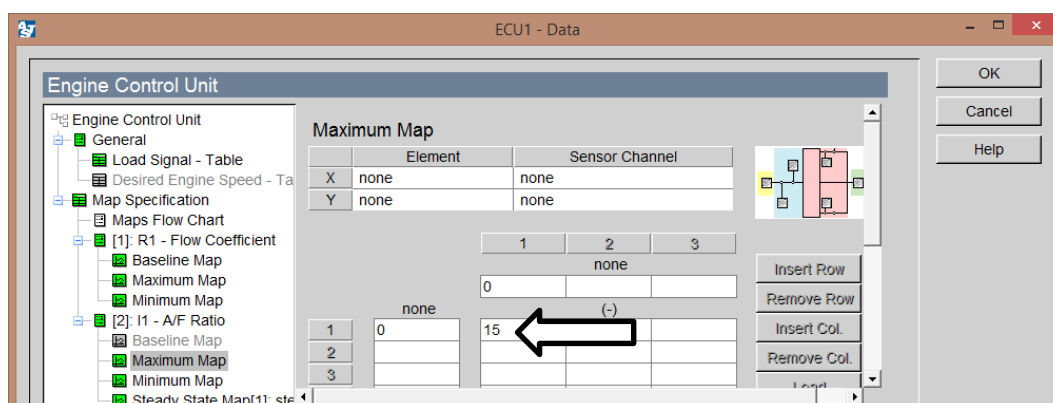


Fig. 6.16 Opțiunea I1 A/F Ratio Maximum Map

Click pe opțiunea I1 A/R Ratio -> **Minimum Map** și introduceți datele din figura 6.17.

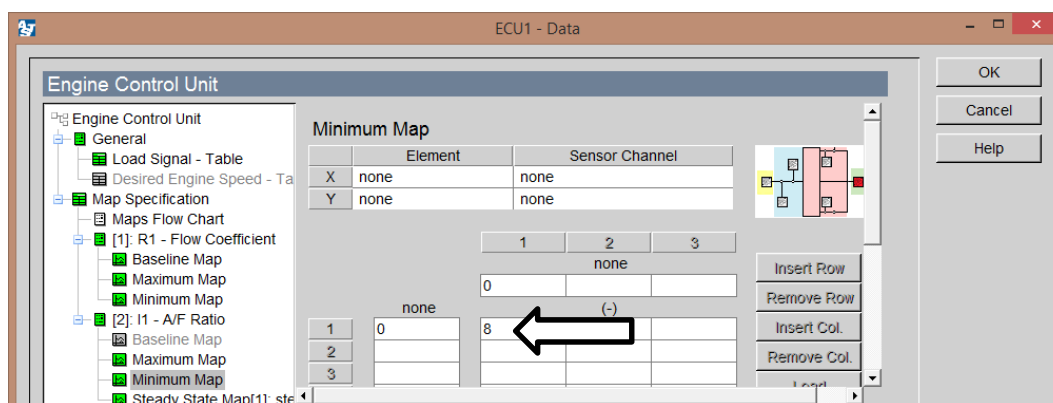


Fig. 6.17 Opțiunea I1 A/F Ratio Minimum Map

Faceți dreapta click pe opțiunea **I1-A/F Ratio** și alegeți din meniul deschis **Steady State Map: Insert**. Se creează o nouă hartă în cadrul **ECU** pentru a compensa/corecta diferența raportului de dozaj ce există între zona în care are loc injecția de combustibil și cel din interiorul cilindrului (figura 6.18).

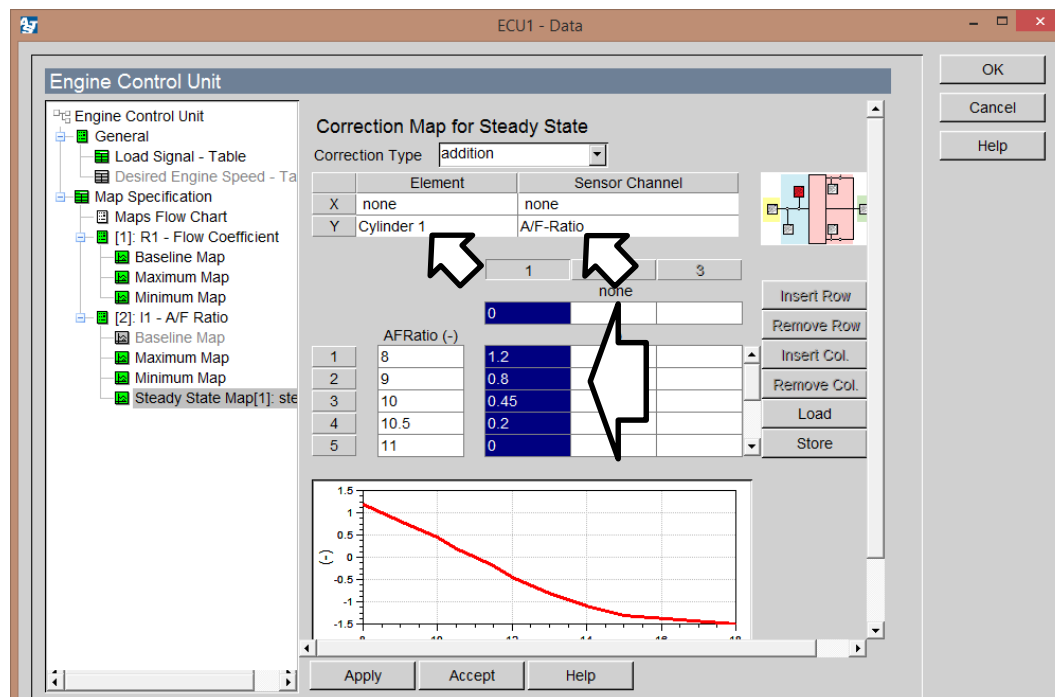


Fig. 6.18 Opțiunea I1 A/F Ratio Steady State Map: Insert

Click pe opțiunea **I1 A/R Ratio -> Steady Step Map** și introduceți următoarele date în tabelul **A/F Ratio** (tabelul 6.2):

Tabel 6.2 Variația semnalului

Nr.	A/F Ratio	A/F Ratio (corecție)
1	8	1.2
2	9	0.8
3	10	0.5
4	10.5	0.2
5	11	0.0
6	11.5	-0.2
7	12	-0.5
8	13	-0.8
9	14	-1.1
10	15	-1.3
11	18	-1.5

Nu uitați să apăsați butonul **Apply** pentru ca datele deja introduse (și setările astfel realizate) să fie salvate ! Înainte de a porni simularea salvați modelul !

Pas 10. Click pe opțiunea **Simulation Controls -> Globals ->Time Step Control**

Setați parametrul **Maximum Calculation Period** la o valoare arbitrară de 50 cicluri motor (**Cycles**) (figura 6.19).

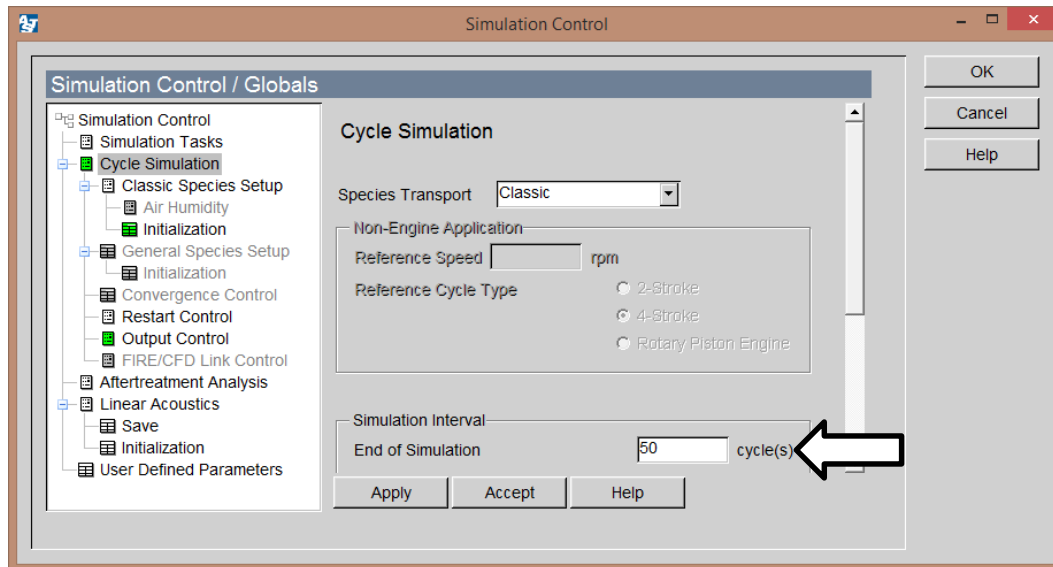


Fig. 6.19 Parametrul Maximum Calculation Period

Pas 11. Click pe opțiunea **Simulation -> Run** (figura 6.20)

Urmați pașii și indicațiile prezentate în cadrul laboratorului 5. Odată cu finalizarea procesului de simulare faceți click pe butonul **OK** pentru ieșire din această fereastra **Task Information/Simulation Status** (figura 6.21).

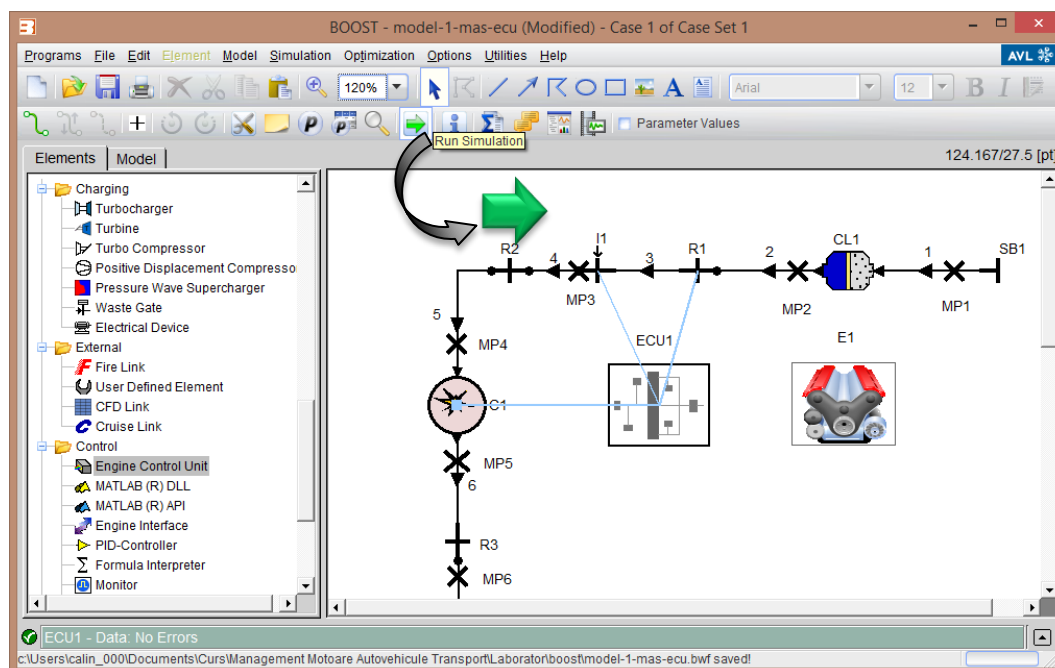


Fig. 6.20 Opțiunea RUN SIMULATION

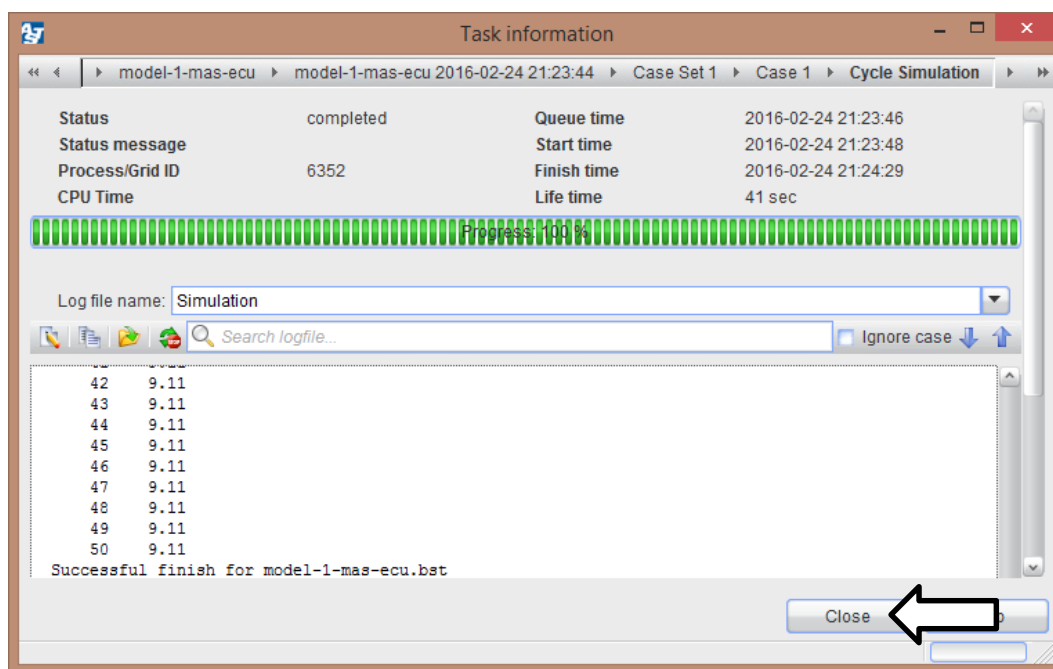


Fig. 6.21 Finalizarea procesului de simulare

Pas 12. Click pe opțiunea **Simulation - Show Results**

Urmați pașii și indicațiile prezentate în cadrul laboratorului 5 (figura 6.22).

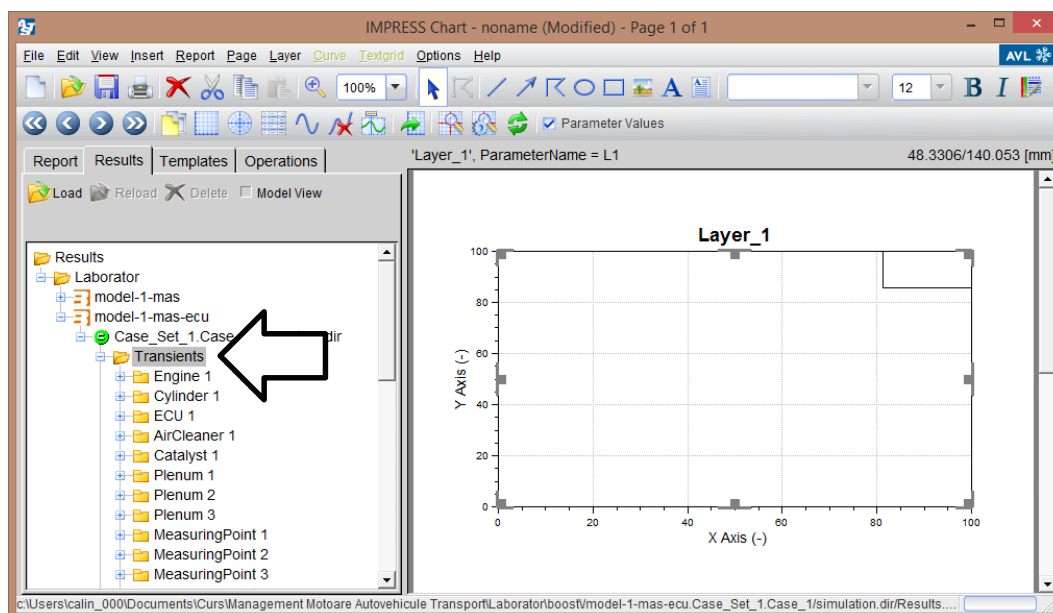


Fig. 6.22 Opțiunea Simulation - Show Results

Deschideți pe rând folderul **Engine 1** și după aceea folderul **Transients** (din zona de acces la datele simulării). Selectați parametrul ce definește axa X de coordonate ca fiind **End of Cycle** (figura 6.23).

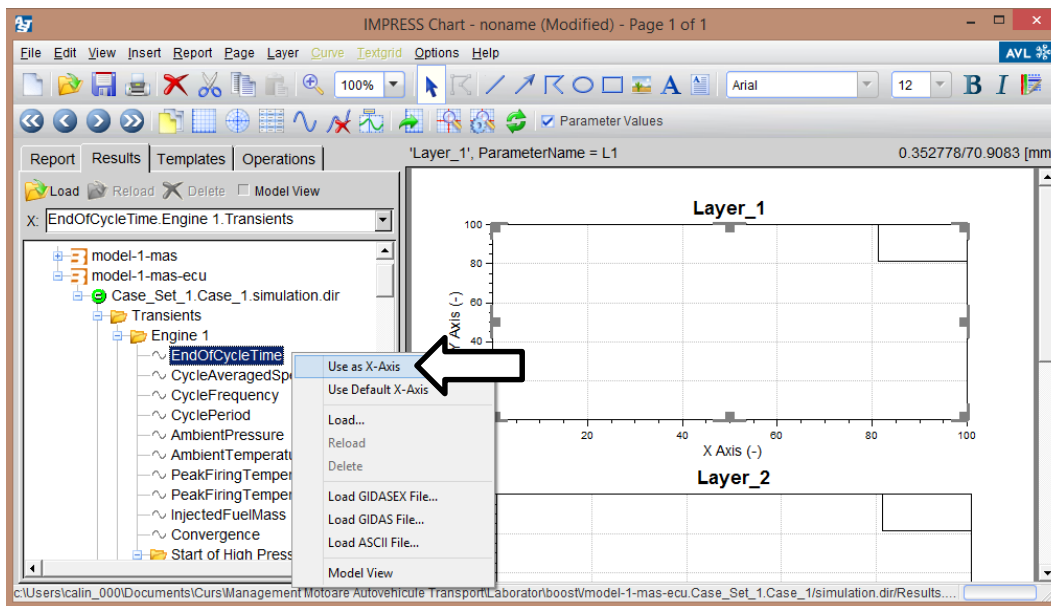


Fig. 6.23 Definirea coordonatelor pentru axa X

Introduceți în pagina de lucru 3 ferestre de afișare grafică (**Layer-e** separate).
Încărcăți în fiecare dintre aceste:

- **Layer 1** Transients/Restriction 1/AttachedPipe 2/FlowCoeff (figura 6.24);
- **Layer 2** Transients/ECU1/Load Signal (figura 6.25);
- **Layer 3** Transients/Cylinder 1/Start of High Pressure/UnBrnd-Air/Fuel-Ratio (figura 6.26).

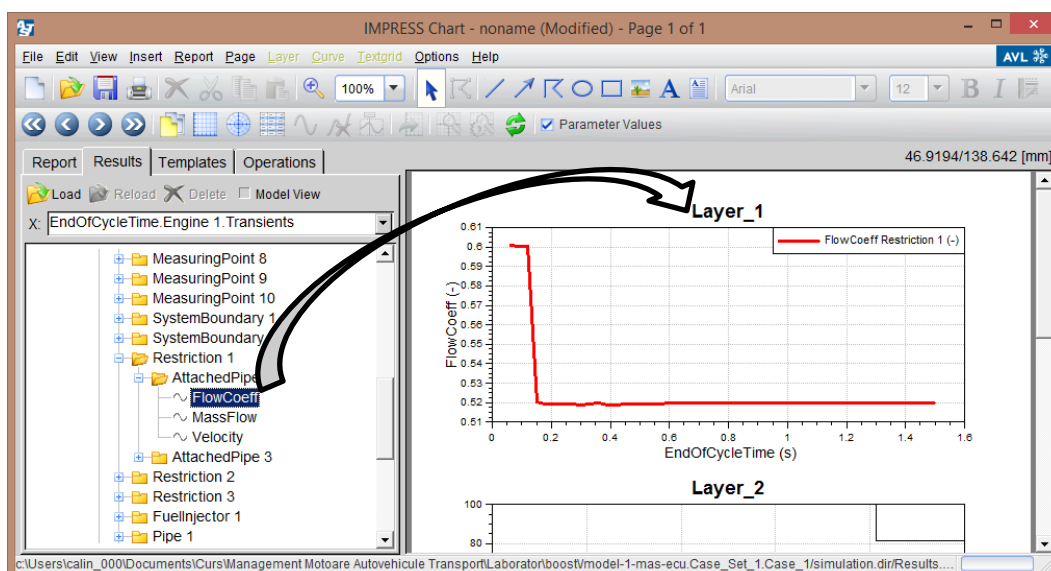


Fig. 6.24 Rezultatele pentru Flow Coefficient of R1

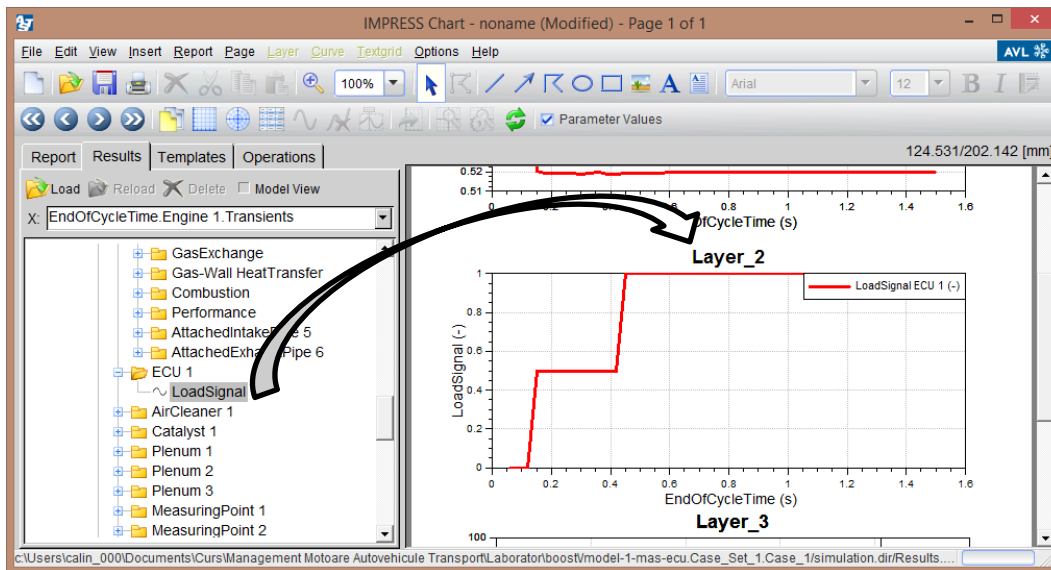


Fig. 6.25 Rezultatele pentru Load Signal of ECU1

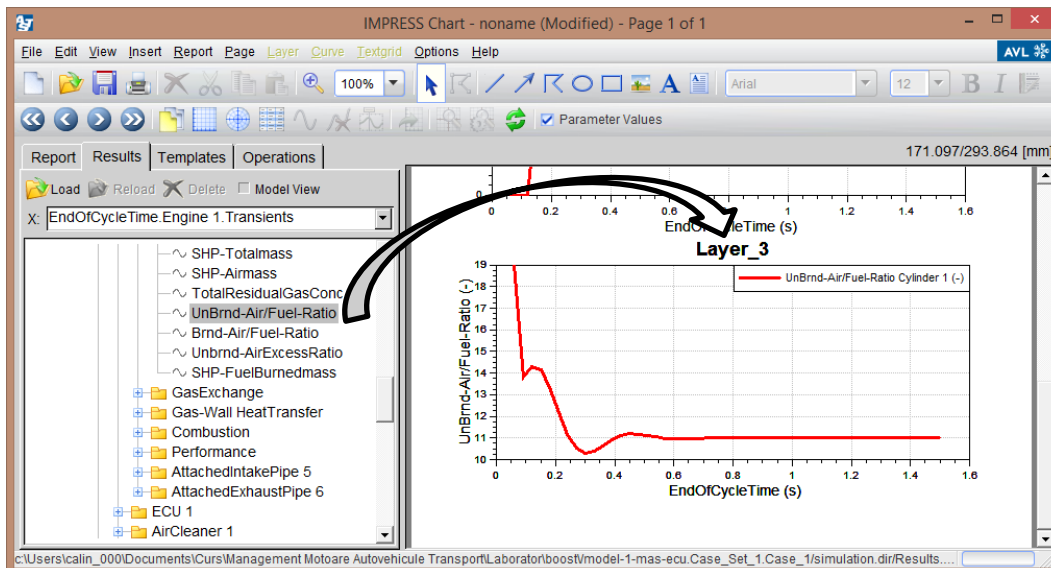


Fig. 6.26 Rezultatele pentru A/F Ratio of Cylinder 1

Laborator 7:

Modelarea și simularea unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare. Construcție model și parametrizare generală motor.

Scop

- Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor cu aprindere prin comprimare policilindric.

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă;
- Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată.

Prezentarea lucrării

Lucrarea prezintă algoritmul de utilizare a programului de modelare și simulare **AVL BOOST** în modelarea unui motor cu aprindere prin comprimare policilindric. Se prezintă detaliat modul de realizare a modelului de motor supus simulării, precum și a modului de parametrizare a fiecărui element component al modelului.

Desfășurarea lucrării

Lucrarea de laborator se desfășoară prin parcurgerea algoritmului prezentat în cele ce urmează, în scopul realizării unei aplicații practice de modelare a unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare.

Modelul se construiește prin plasarea elementelor componente în interiorul zo-

nei de lucru și interconectarea lor prin intermediul elementelor de conectare “**Pipes**”. Nu este necesară o ordine prestabilită de amplasare a elementelor sau a poziționării lor exacte în interiorul zonei de lucru.

Alegerea unui element component și amplasarea lui se realizează prin efectuarea cu ajutorul mouse-ului (dublu click pe element în zona de identificare a elementelor “**Element Tree**”). Pentru poziționarea în cadrul zonei de lucru (de creare a modelului) se selectează elementul (simplu click), se menține apăsat butonul stâng al mouse-ului și se mută elementul acolo unde se dorește (figura 7.1).

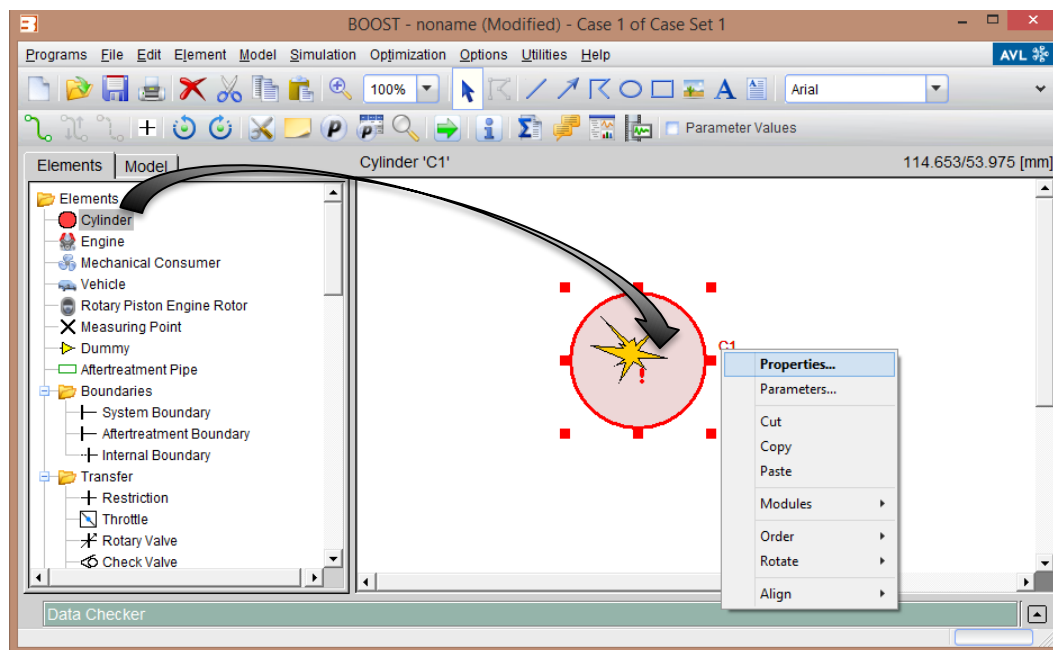


Fig. 7.1 Inserarea unui element în zona de lucru

Particular, în cazul ce urmează a fi prezentat, modelul de motor ales a fi modelat și simulat se compune din următoarele elemente componente (figura 7.2):

- 1 buc. motor (Engine)
- 1 buc. unitate electronică de control (Engine Control Unit)
- 4 buc. cilindru motor (Cylinder)
- 1 buc. filtru de aer (Air Cleaner)
- 1 buc. catalizator (Catalyst)
- 1 buc. turbocompresor (Turbocharger)
- 2 buc. răcitoare (Cooler)
- 2 buc. elemente intrare/ieșire – admisie/evacuare (System Boundaries)
- 3 buc. volume de compensare (Plenum)
- 5 buc. restricții (Restrictions)

- 5 buc. joncțiuni (Junction)
- 12 buc. puncte de măsurare și monitorizare (Measuring Points)
- 32 buc. conexiuni (Pipes)

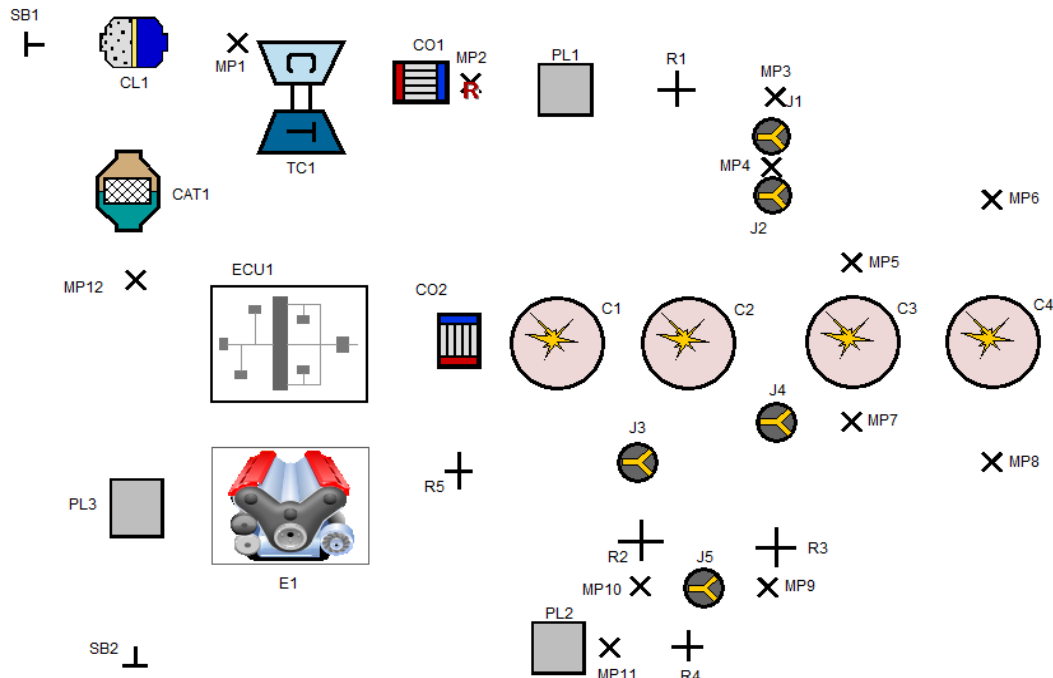


Fig. 7.2 Elementele modelului de motor cu aprindere prin comprimare

Conexiunea dintre elemente (figura 7.3) se realizează prin selectarea opțiunii “Connection” din bara de unelte, iar prin conexiune se atașează elementelor conectate (se selectează capetele conexiunii și se conectează cu elementele specifice, unind ancorele elementelor).

Conexiunile mecanice (portocaliu) și conductele de curgere pentru fluide (negru), trebuie definite corespunzător caracteristicilor lor, iar conexiunile electrice (albastru) sunt considerate a fi conectori de legătură care nu se definesc (figura 7.4).

Pentru schimbarea direcției de conectare se folosește comanda **Change Direction** din bara de meniu, iar pentru schimbarea legăturilor efectuate între elemente se folosește comanda **Change Connection**.

Modelul creat prin efectuarea operațiilor anterior prezentate va avea forma celui prezentat în figura 7.5.

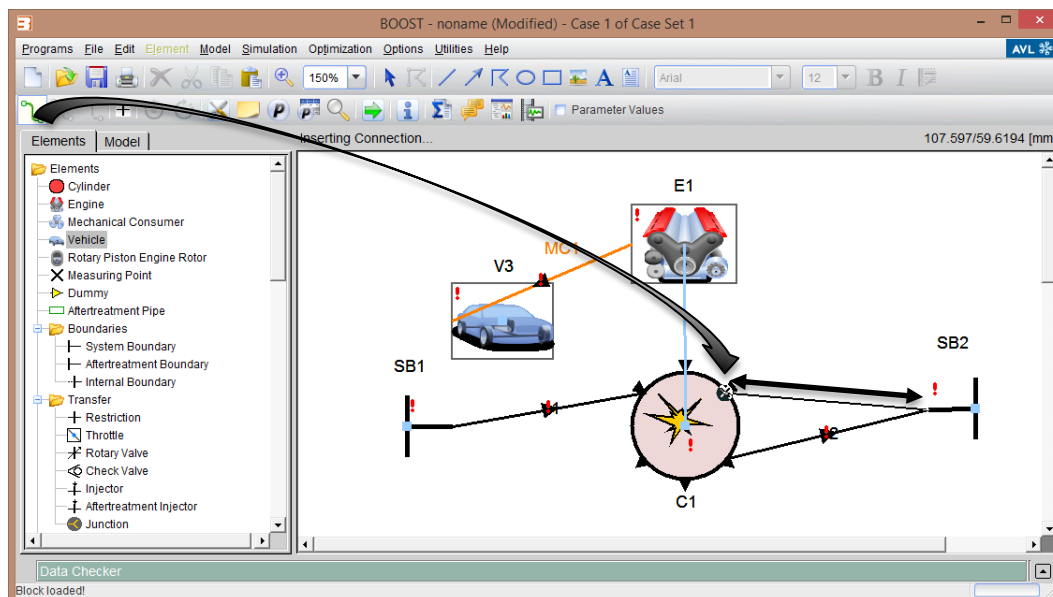


Fig. 7.3 Conectarea elementelor

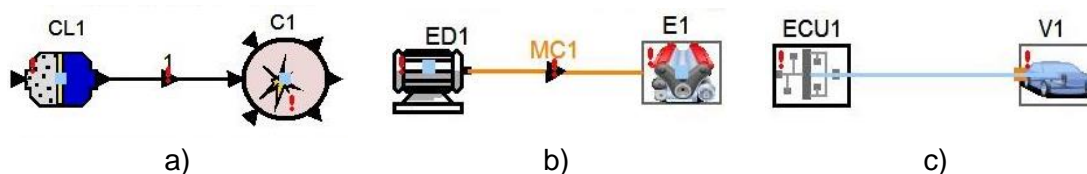


Fig. 7.4 Conectarea elementelor constructive:

a – conexiune pentru fluide (negru), b – mecanică (orange), c – electrică (albastru).

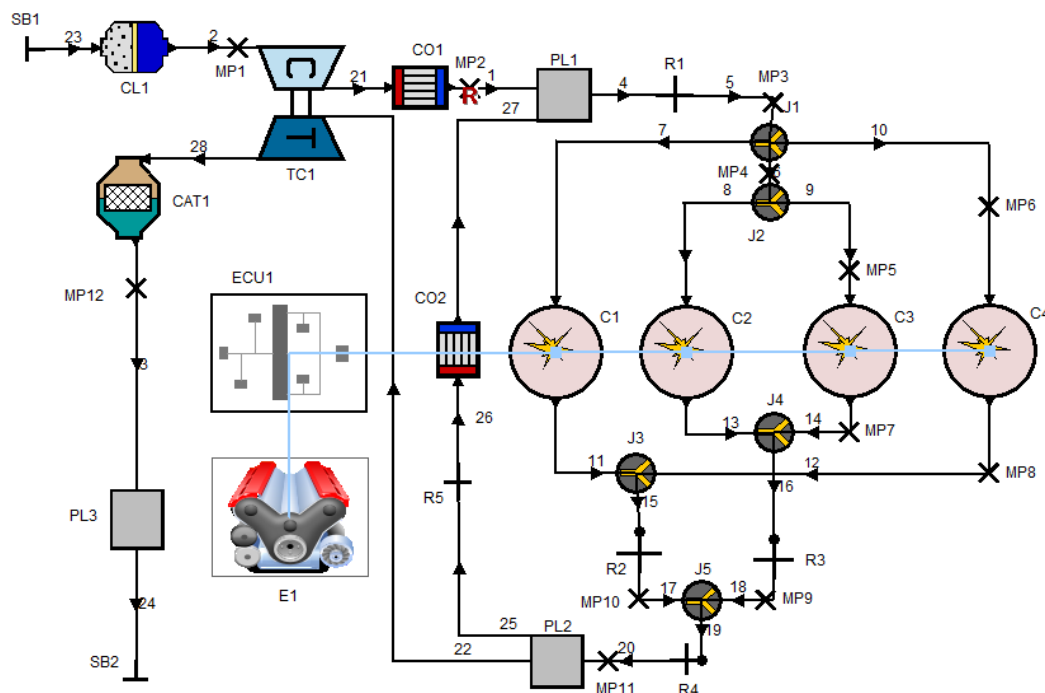


Fig. 7.5 Model de motor cu aprindere prin comprimare policilindric

Introducerea datelor generale privind modelul

Înainte de a defini și parametriza fiecare element în funcție de specificul lui, prin utilizarea programului de modelare și simulare **AVL BOOST** este obligatoriu să fie introduse datele generale privind modelul și condițiile generale de simulare.

Definirea și introducerea datelor generale (globale) se realizează prin accesarea din meniu a opțiunii **Simulation -> Control**, ceea ce va duce la deschiderea următoarei ferestre de lucru.

Pas 1. Opțiunea SIMULATION TASKS

Click pe **Simulation -> Tasks** și selectați **Cycle Simulation**.

Pas 2. Opțiunea CYCLE SIMULATION

Click pe subgrupul **Cycle Simulation** ceea ce va duce la deschiderea următoarei ferestre de lucru (figura 7.6):

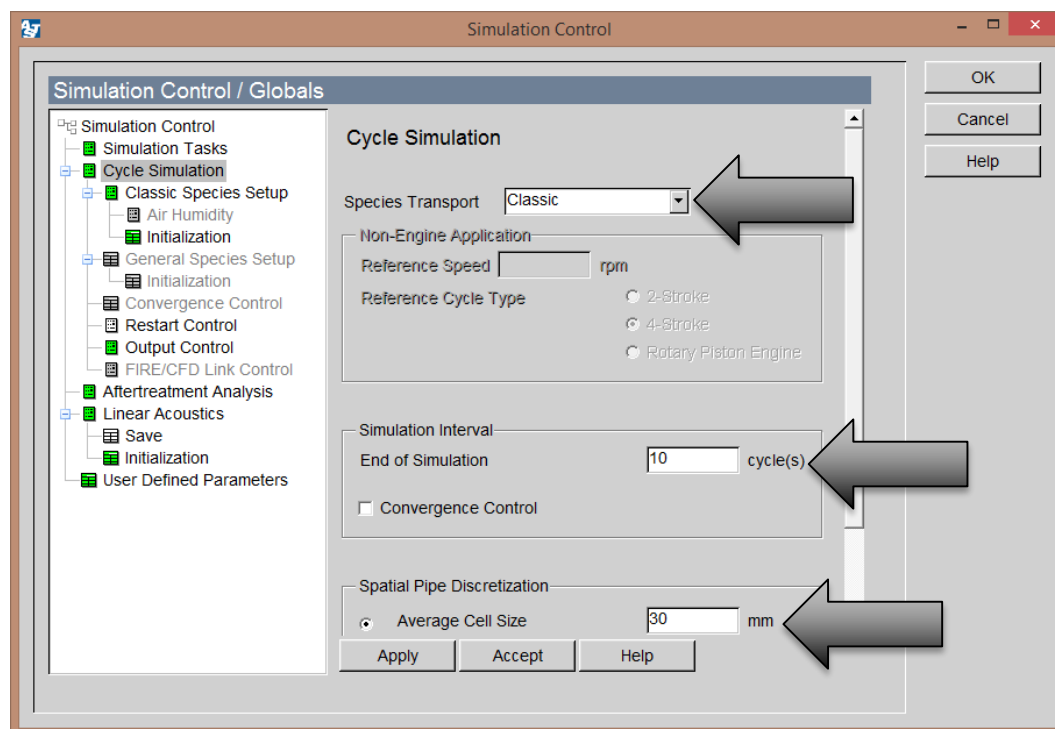


Fig. 7.6 Opțiunea CYCLE SIMULATION

Înserați următoarele date:

Species Transport	Classic (default)
Simulation Interval: End of Simulation	10 cycles (7200 deg)
Spatial Pipe Discretization	
Average Cell Size	30 mm

Pas 3. Opțiunea CLASSIC SPECIES SETUP

Click pe **Classic Species** -> **Setup** ceea ce va duce la deschiderea următoarei ferestre de lucru (se vor păstra valorile afișate în figura 7.7):

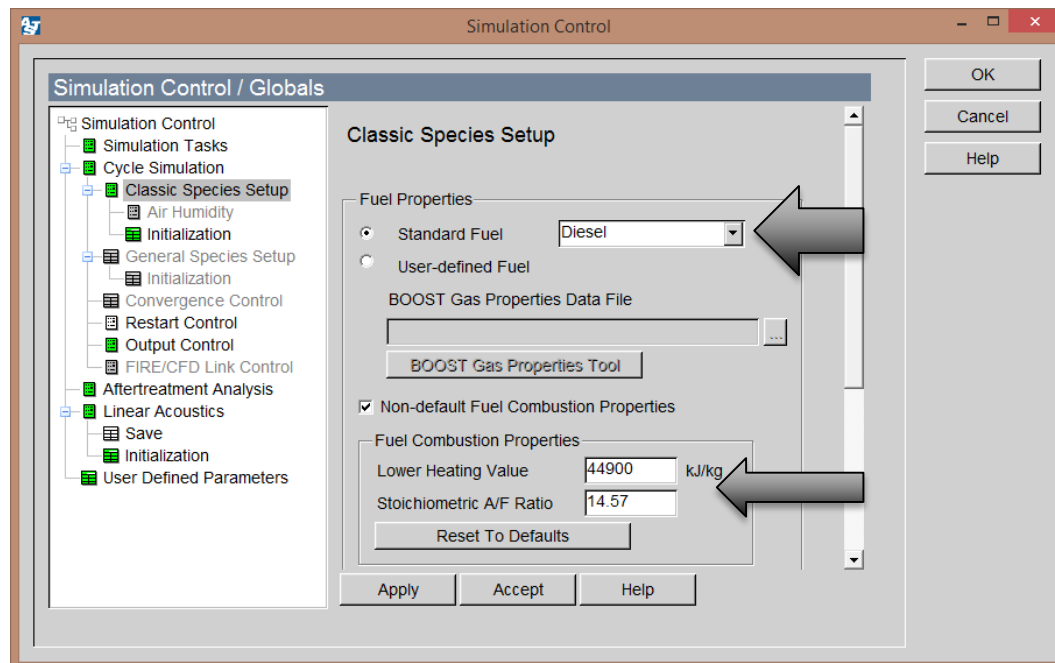


Fig. 7.7 Opțiunea CLASSIC SPECIES SETUP

Pas 4. Opțiunea INITIALIZATION

Click pe **Initialization** pentru deschiderea ferestrei “**Initialization**”. Selectați **A/F-Ratio** din meniul **Ratio**. Selectați **Add Set** și introduceți datele din figura 7.8 și tabelul 7.1.

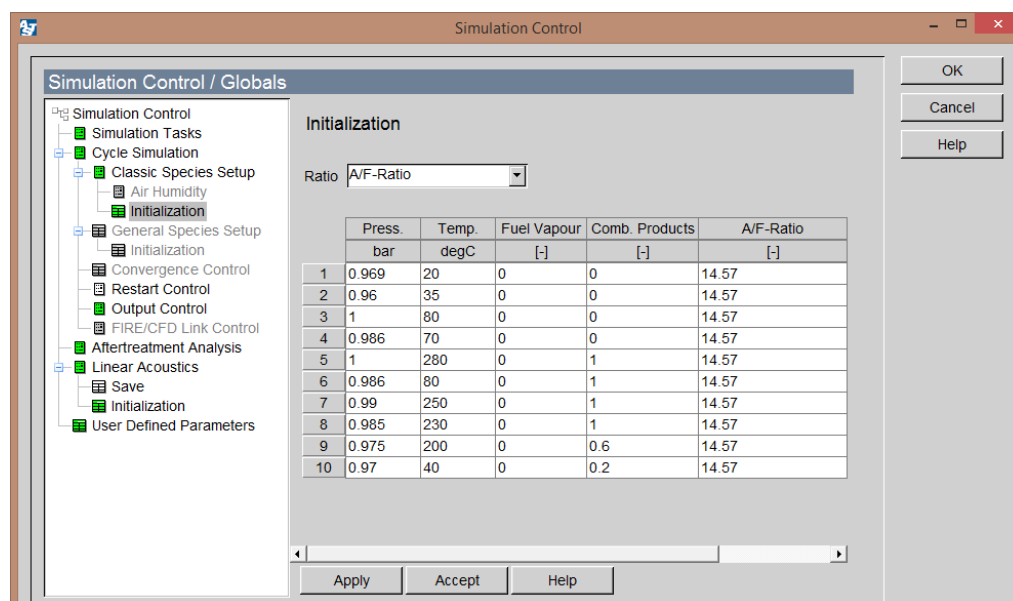


Fig. 7.8 Condițiile de inițializare

Tabel 7.1 Condițiile de inițializare

Set	Pressure (bar)	Temperature (degC)	Fuel Va- pour (-)	Combustion Products (-)	A/F Ratio (-)
1	0.969	20	0.000	0.000	14.57
2	0.960	35	0.000	0.000	14.57
3	1.000	80	0.000	0.000	14.57
4	0.986	70	0.000	0.000	14.57
5	1.000	280	0.000	1.000	14.57
6	0.986	80	0.000	1.000	14.57
7	0.990	250	0.000	1.000	14.57
8	0.985	230	0.000	1.000	14.57
9	0.975	200	0.000	0.600	14.57
10	0.970	40	0.000	0.200	14.57

Pas 5. Opțiunea RESTART CONTROL

Click pe **Restart Control** pentru deschiderea ferestrei de lucru. Selectați **Specific Interval** din meniul **Restart File Saving Interval** și introduceți valoarea de (720 deg) pentru **Saving Interval** (figura 7.9).

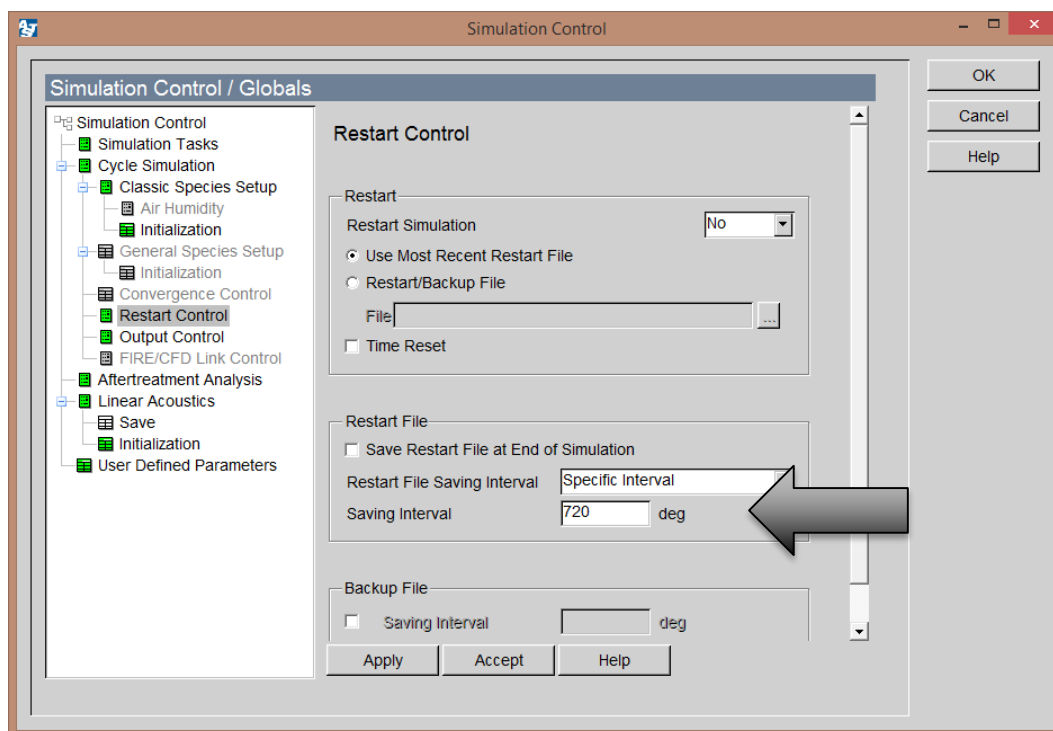


Fig. 7.9 Opțiunea RESTART CONTROL

Pas 6. Opțiunea OUTPUT CONTROL

Click pe **Output Control** și introduceți valoarea de (0.1 deg) pentru **Saving Interval** (figura 7.10). Click **OK**.

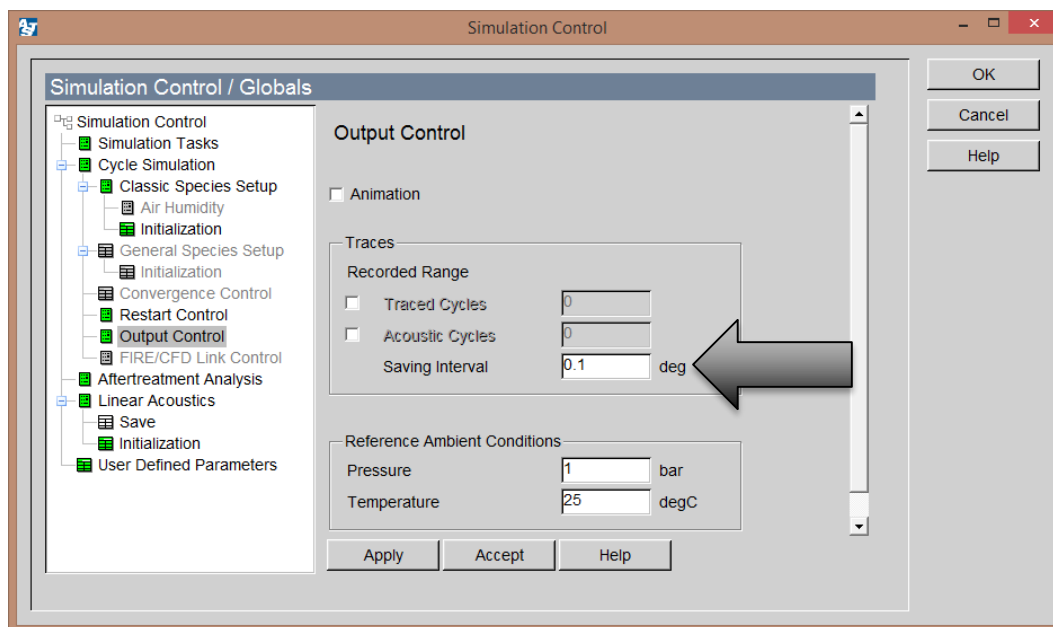


Fig. 7.10 Opțiunea OUTPUT CONTROL

Introducerea datelor specifice fiecărui element al modelului

În modelul general creat în zona de lucru, selectați elementul dorit a fi definit, printr-un click cu butonul stânga al mouse-ului și după aceasta operație deschideți o fereastră de dialog prin acționarea butonului dreapta al mouse-ului. Selectați **Properties** din fereastra de dialog și se va deschide o fereastră de lucru în care pot fi înscrise datele specifice elementului selectat.

Este importantă mențiunea că datele ce caracterizează un element pot fi copiate și transmise unui alt element omolog prin operația **Element -> Copy Data**.

ENGINE

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe **Engine** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 7.11). Introduceți valoarea de (2500 rpm) pentru **Engine Speed**.

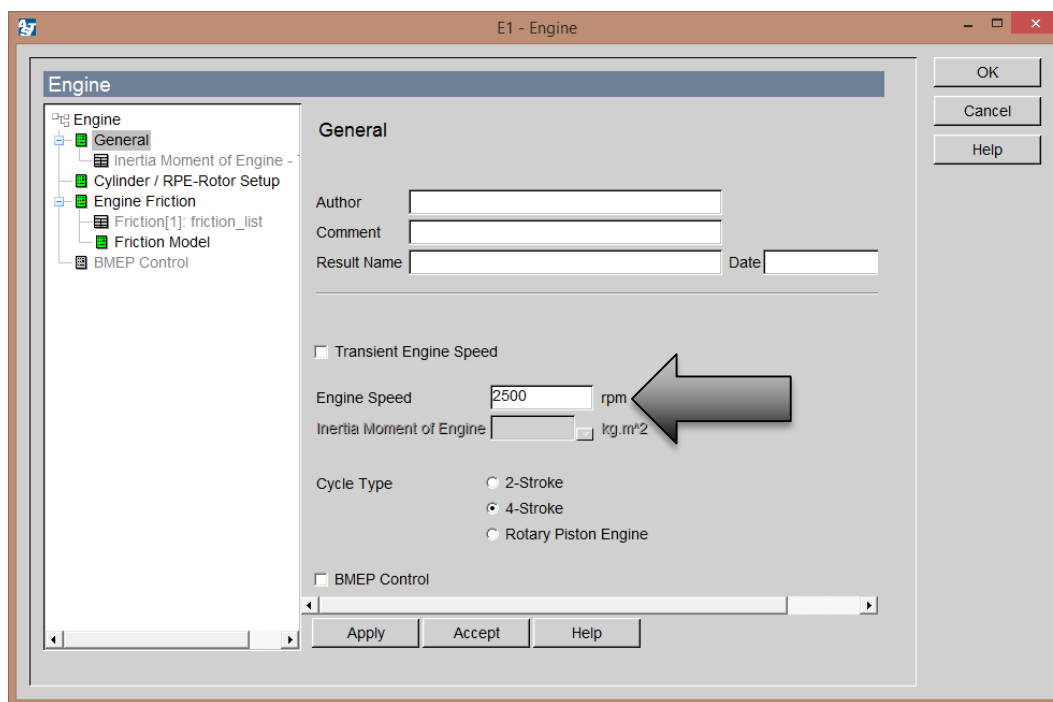


Fig. 7.11 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea Cylinder/RPE-Rotor Setup

În subgrupul **Cylinder/RPE-Rotor Setup**, se selectează opțiunea **Identical Cylinders**. În fereastra **Firing Order** se stabilește ordinea de aprindere a cilindrilor motorului (0 – 360 – 540 – 180 care corespunde 1 – 3 – 4 – 2) (figura 7.12).

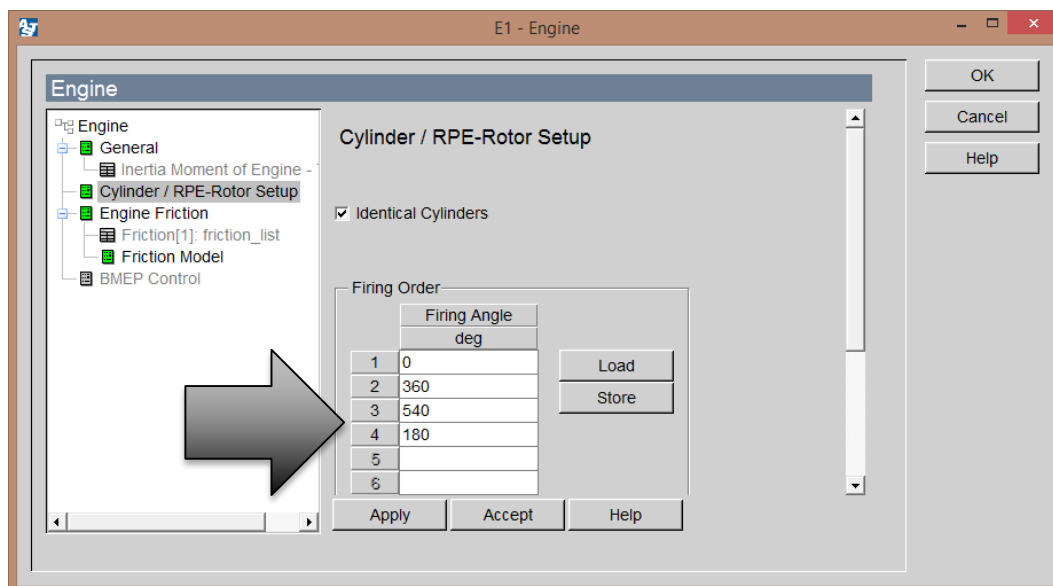


Fig. 7.12 Opțiunea CYLINDER/RPE-ROTOR SETUP

Pas 3. Opțiunea ENGINE FRICTION

În subgrupul **Engine Friction**, opțiunea **Patton, Nitschke, Heywood - Model** cu **Friction Multiplier** 1 este selectată ca și opțiune generală (figura 7.13).

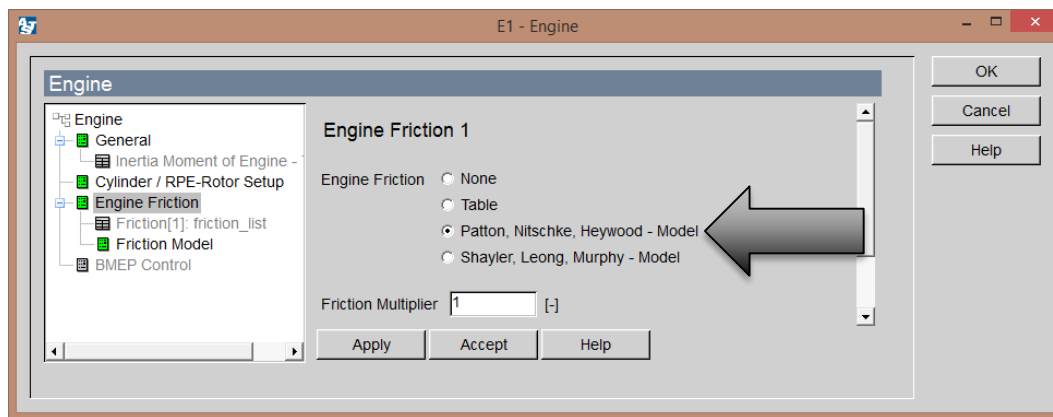


Fig. 7.13 Opțiunea ENGINE FRICTION

Click pe **Engine Friction: Friction Model** unde se completează datele din figura 7.14:

Cylinder Arrangement	Inline
Type of Valve Train	SOHC- Rocker Arm
Number of Camshafts Bearings	8
Maximum Valve Lift	8.5 mm
Type of Cam Follower	Flat Follower
Oil Type	SAE 5W/30
Oil Temperature	20 degC

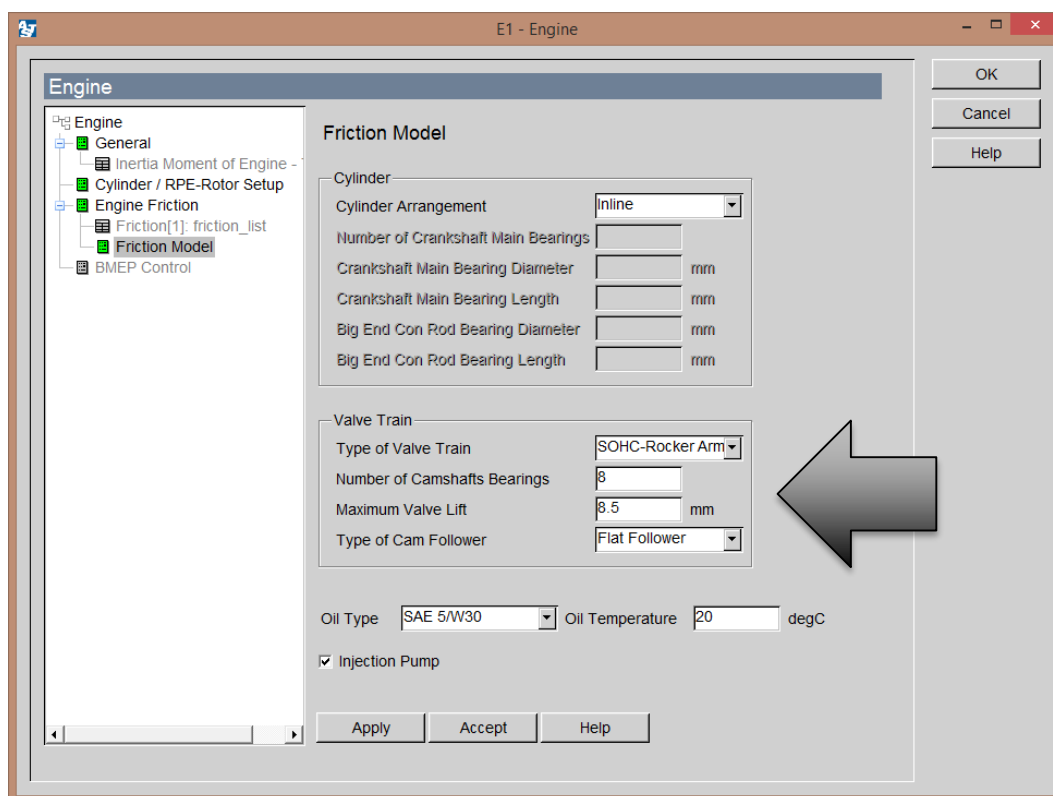


Fig. 7.14 Opțiunea FRICTION MODEL

CYLINDER

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe **Cylinder** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 7.15).

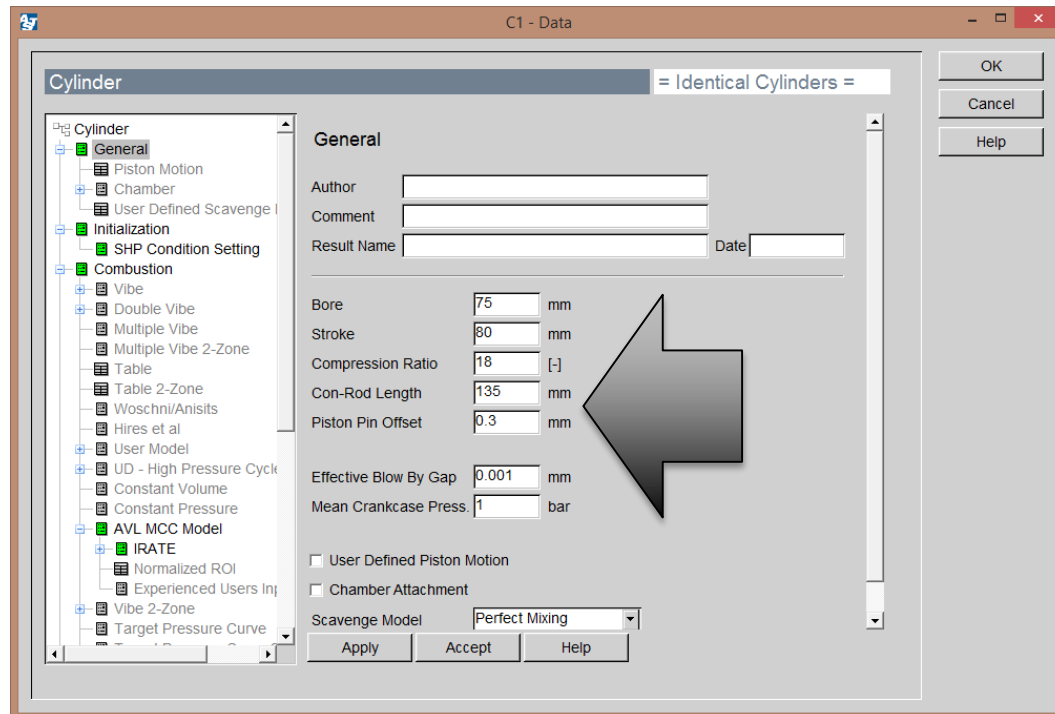


Fig. 7.15 Opțiunea GENERAL

Introduceți următoarele valori:

Bore:	75 mm
Stroke:	80 mm
Compression Ratio:	18
Con-rod Length:	135 mm
Piston Pin Offset:	0.3 mm
Effective Blow by Gap:	0.001 mm
Mean Crankcase Press:	1 bar
Scavenge Model:	Perfect Mixing

Pas 2. Opțiunea INITIALIZATION

Click pe subgrupul **Initialization** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 7.16). Introduceți următoarele valori:

Initial Conditions at EO

(Exhaust Valve Opening)

Pressure:	7 bar
Temperature:	726 degC

Initial Gas Composition

Ratio Type	A/F Ratio
Ratio Value	14.57
Fuel Vapour	0
Combustion Products	0.6

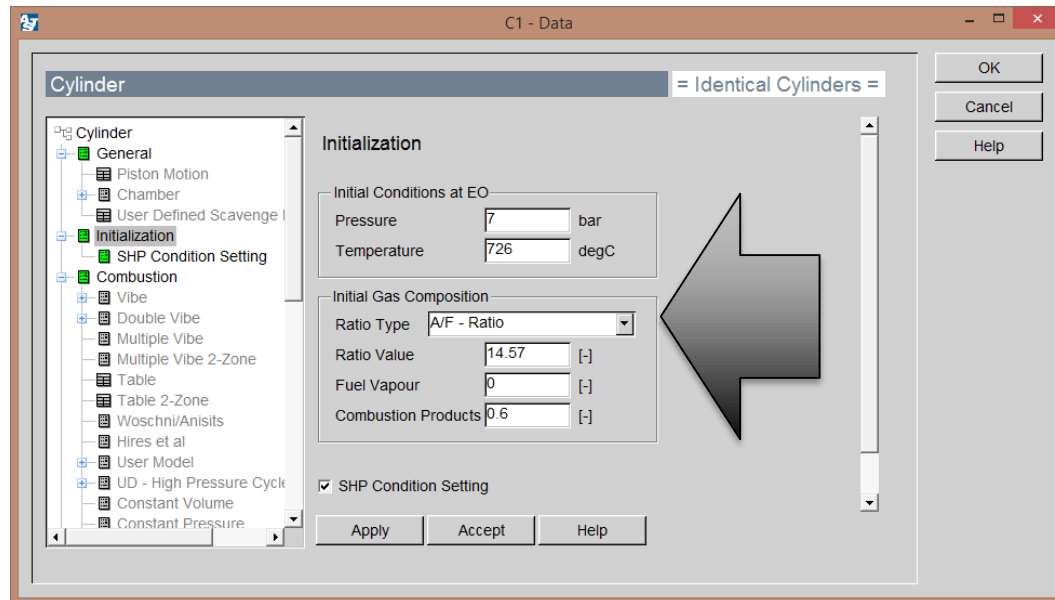


Fig. 7.16 Opțiunea INITIALIZATION

Pas 3. Opțiunea SHP CONDITION SETTING

Click pe subgrupul **SHP Condition Setting** pentru momentul de început al creșterii presiunii din cilindru, sau momentul când toate supapele sunt închise și selectați opțiunea **Mass** definind următorii parametrii (figura 7.17):

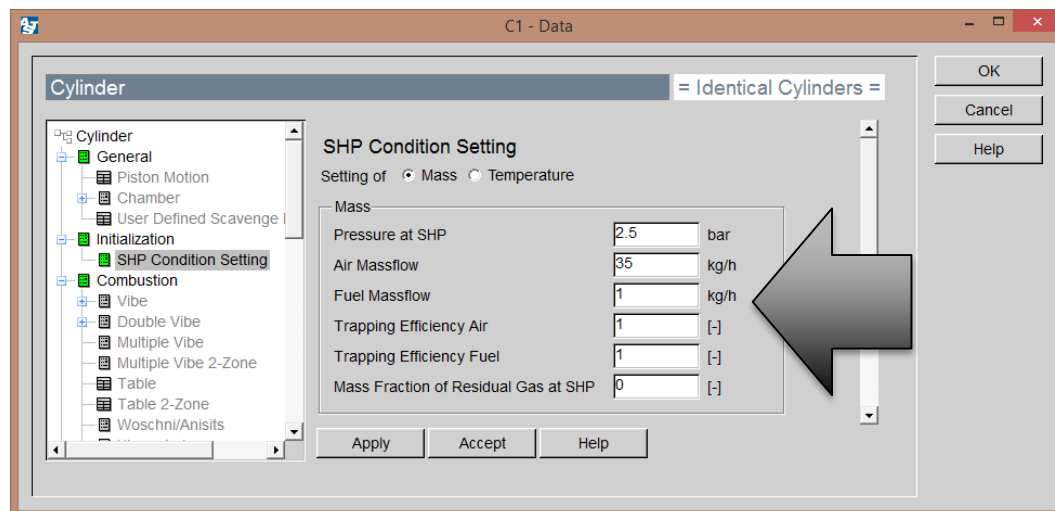


Fig. 7.17 Opțiunea SHP Condition Setting

SHP Condition Setting	Mass
Pressure at SHP	2.5 bar
Air Massflow	35 kg/h
Fuel Massflow	1 kg/h
Trapping Efficiency Air	1
Trapping Efficiency Fuel	1
Mass Fraction of Residual Gas	0

Pas 4. Opțiunea COMBUSTION

Click pe subgrupul **Combustion** și selectați opțiunea **AVL MCC Model** (modelul de ardere **Mixing Controlled Combustion**) care estimează cantitatea de căldură eliberată ROHR (**Rate Of Heat Release**) și emisiile poluante pe baza cantității de combustibil din cilindru și pe baza energiei cinetice turbulente introdusă de injecția de combustibil pentru modul de caracterizare a căldurii rezultate în urma procesului de ardere (**Heat Release**) (figura 7.18):

Heat Release	AVL MCC Model
Vibe Parameter Fitting	Single
Fuel Mass/Cycle	4 mg
Mixture Preparation	Internal
Fuel Temperature	40 degC

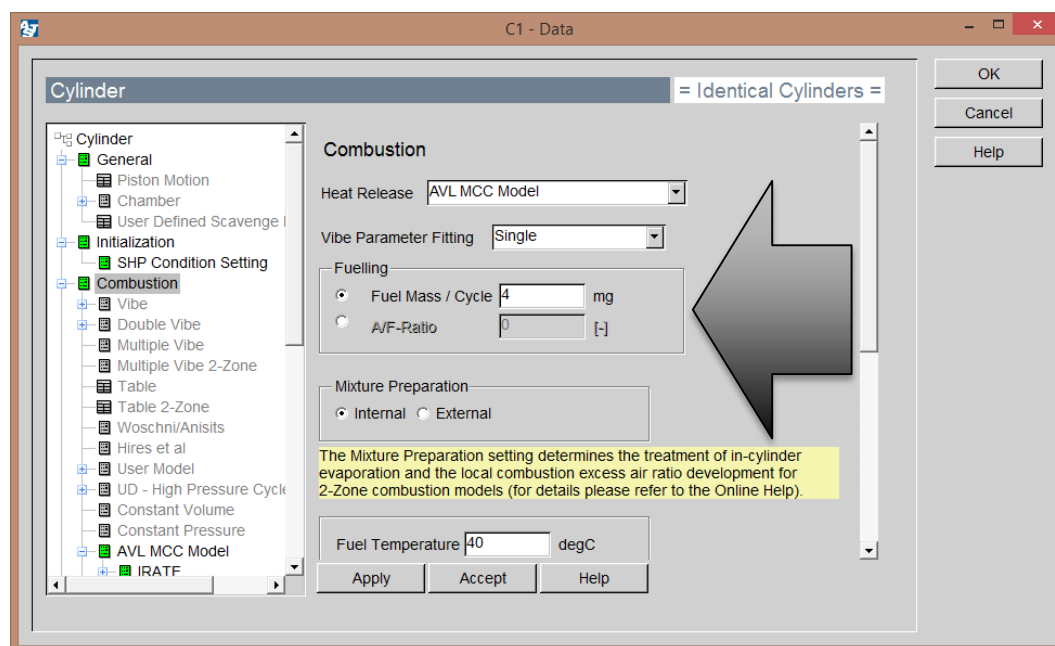


Fig. 7.18 Opțiunea COMBUSTION

Click pe subgrupul **AVL MCC Model** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (figura 7.19):

Physical Properties

Number of Injector Holes	7
Hole Diameter	0.00012 m
Rail Pressure	400 bar

Normalised Model Parameters

Ignition Delay Calibration	0.5
Combustion Parameter	1
Turbulence Parameter	1
Dissipation Parameter	1
EGR Influence Parameter	1
Premixed Combustion	0.7
Rate of Injection	calculated

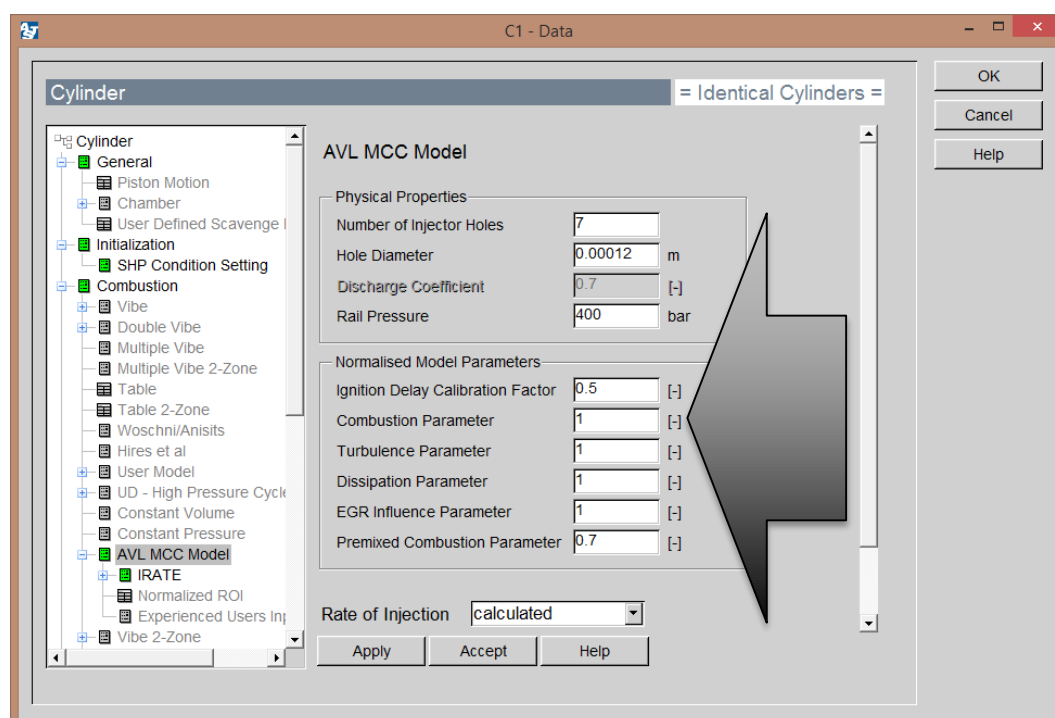


Fig. 7.19 Modelul de ardere AVL MCC

Click pe subgrupul **iRate** (legea de injecție **iRate** definește injecția pe baza cantității de combustibil livrată de către injectoare) pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (figura 7.20):

Fuel Density	850 kg/m ³
Ignition Timing	

Max. Needle Lift	0.2 mm		
Delay – Start ts	300 micros	Delay – Up tu	500 micros
Delay – End te	600 micros	Delay – Down td	400 micros
Signal On (linia 1 – pilot)	-6 deg		
Signal Off (linia 1 – pilot)	-3 deg		
Signal On (linia 2 – main)	-2 deg		
Signal Off (linia 2 – main)	8 deg		

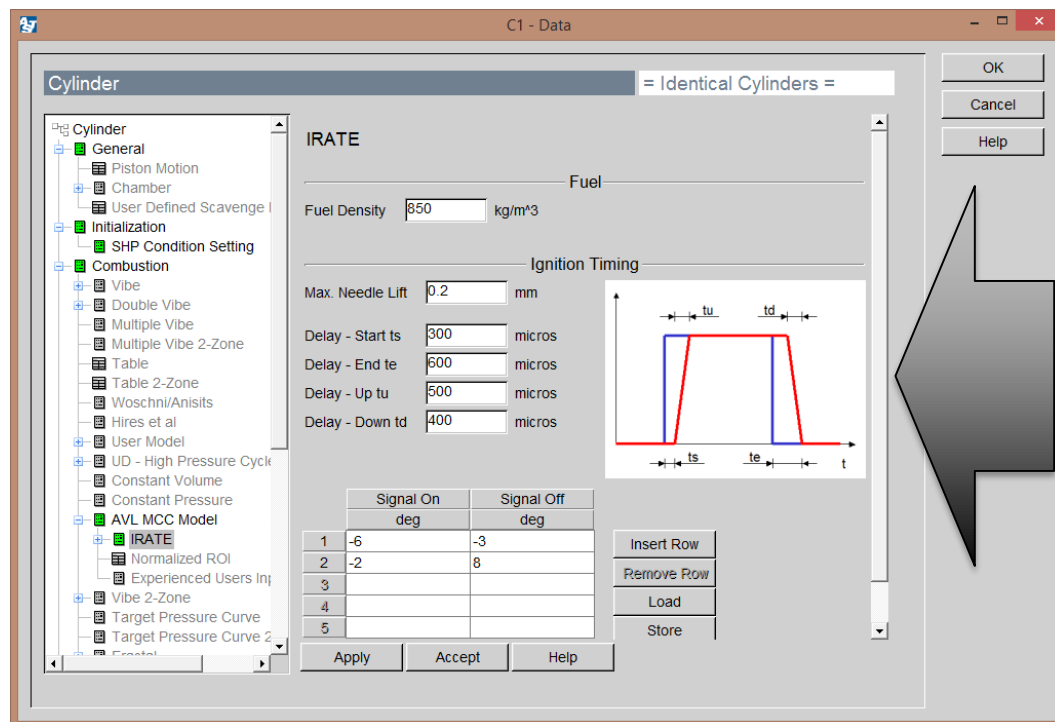


Fig. 7.20 Legea de injecție iRate

Click pe subgrupul **Nozzle Flow Data** (debitul de combustibil (**Volume Flow**) [m^3/s] injectat prin duzele injectorului (**Nozzle Flow**) care se calculează în funcție de deschiderea acului injectorului (**Needle Lift**) – valoarea maximă corespunde cursei maxime a injectorului (**Max Needle Lift**)) pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți valorile din tabelul 2 (figura 7.21):

Tabel 7.2 Deschiderea acului injectorului

Set	Needle Lift (X) (mm)	Volume Flow (Y) (m^3/s)
1	0.00	0.00
2	0.05	7e-006
3	0.10	1e-005
4	0.15	1.2e-005
5	0.20	1.25e-005

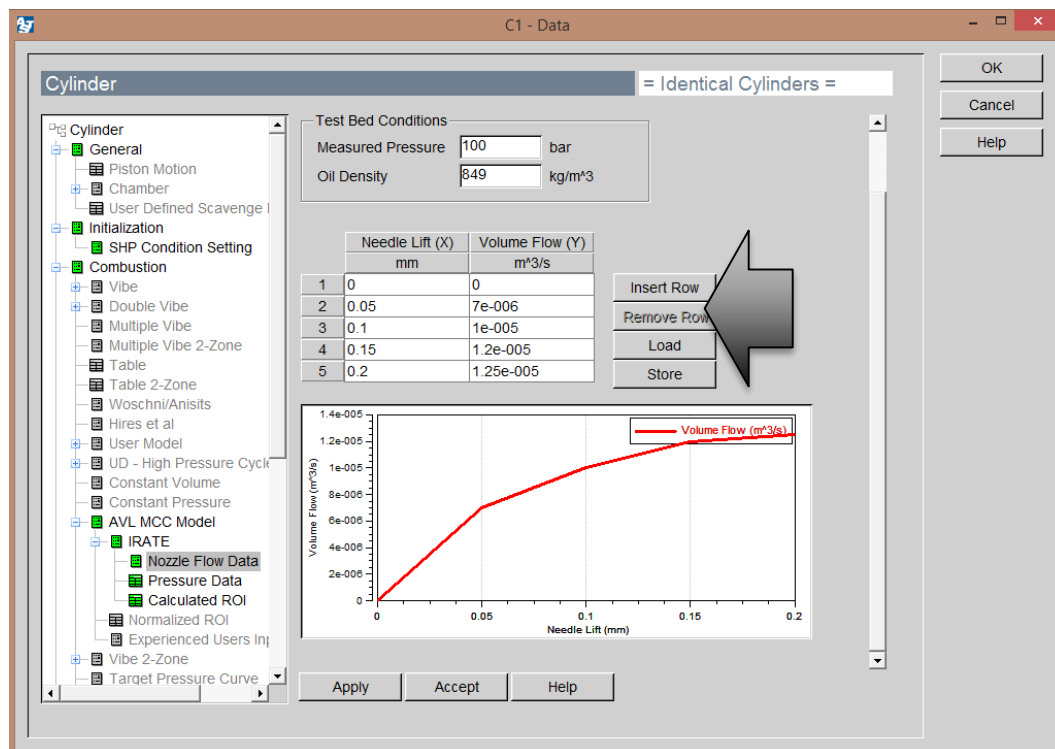


Fig. 7.21 Deschiderea acului injectorului

Click pe subgrupul **Pressure Data** (graficul presiunii din cilindru din figura 7.22) pentru deschiderea ferestrei de lucru și încărcăți datele pentru valorile presiunii în cilindru cu comanda **Load** din fișierul **1500.txt**, urmând pașii din figura 7.23:

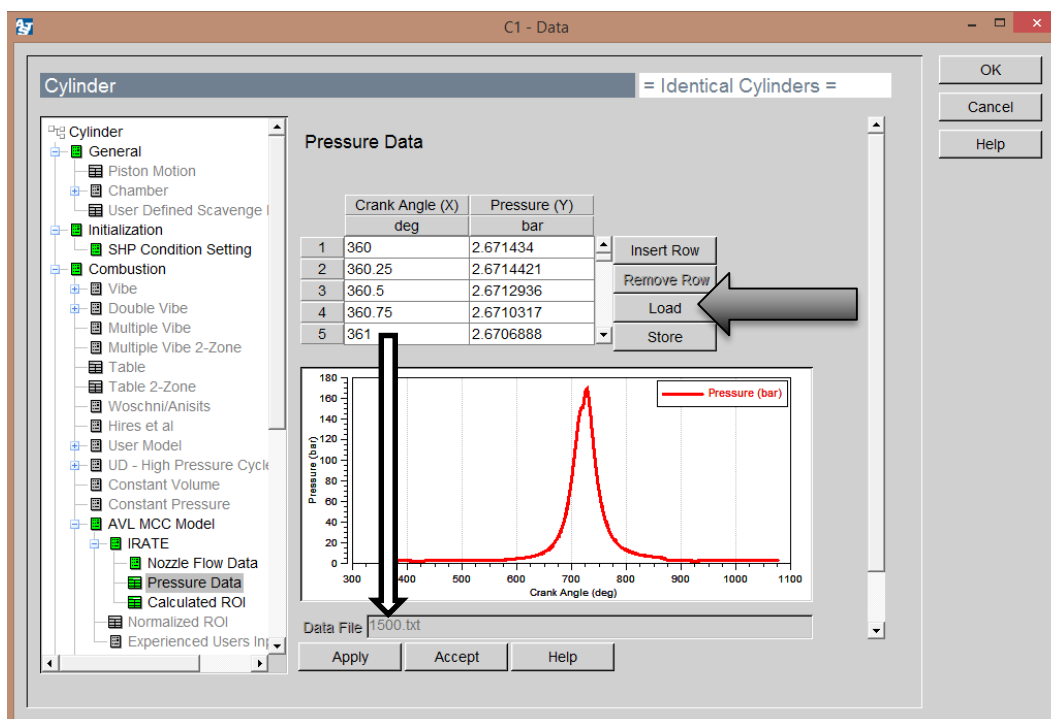


Fig. 7.22 Graficul presiunii din cilindru

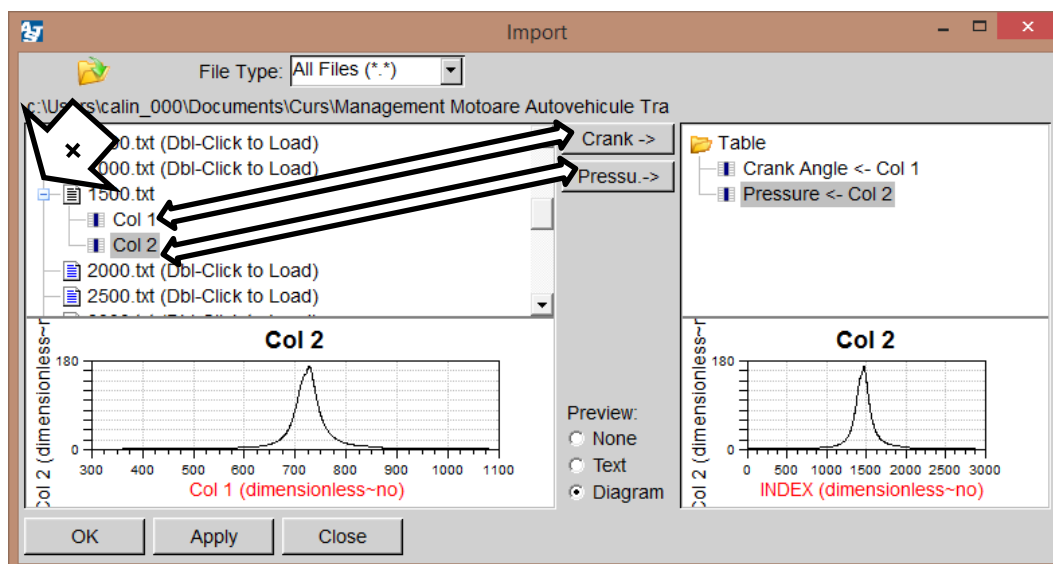


Fig. 7.23 Încărcarea datelor pentru presiunea din cilindru

Click pe subgrupul **Calculated ROI** pentru deschiderea ferestrei de lucru și unde legea de injecție **iRate** va calcula și genera automat graficul pentru cele două injecții: pilot și principală (figura 7.24):

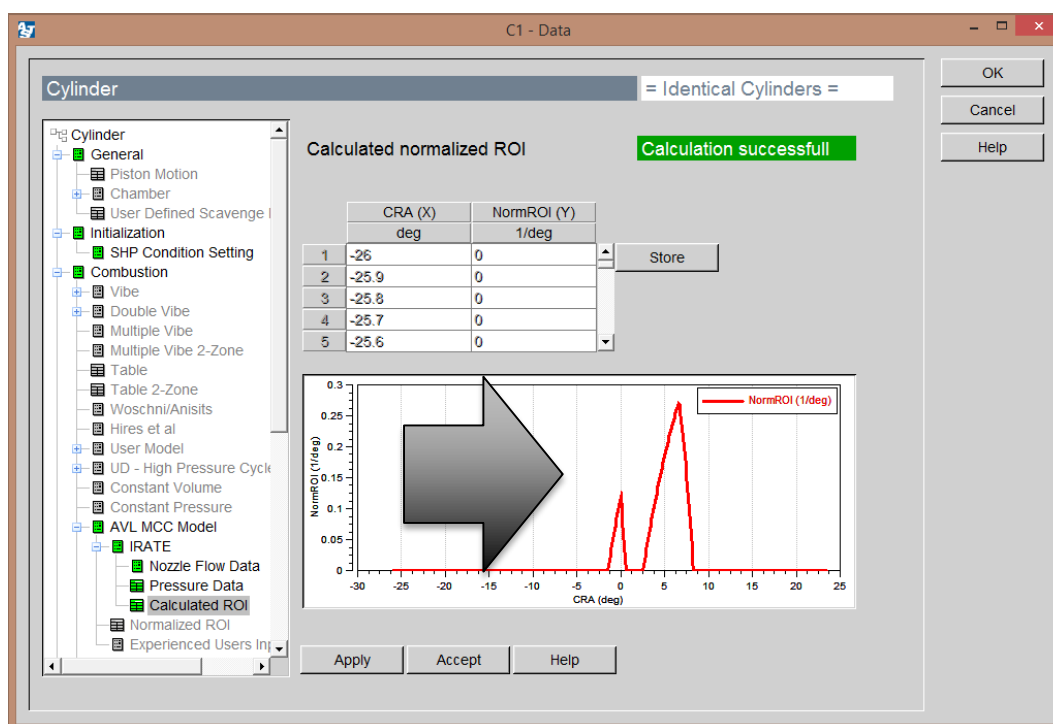


Fig. 7.24 Calculul injecției prin legea iRate

Atenție !!! În situația în care legea iRate afișează un mesaj de eroare la calculul injecției se verifică toate datele introduse de la început în elementul cilindru – în special unitățile de măsură pentru aceste date (exemplu kg/h și nu kg/s).

Click pe subgrupul **Pollutants** (pentru modelul de calcul al emisiilor poluante de NO_x, CO și Soot) pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (figura 7.25):

NO_x Production Model

NO _x Kinetic Multiplier	0.3
NO _x Postprocessing Multiplier	0.64

CO Production Model

CO Kinetic Multiplier	1
-----------------------	---

Soot Production Model

Soot Production Constant	1000
Soot Consumption Constant	775

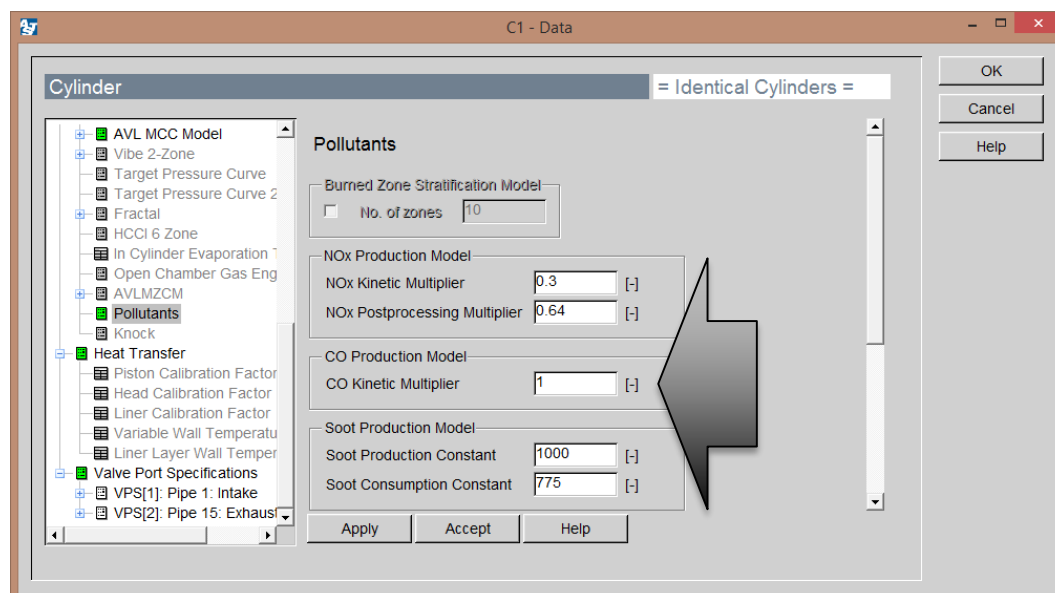


Fig. 7.25 Modelul de calcul al emisiilor poluante

Pas 5. Opțiunea HEAT TRANSFER

Click pe subgrupul **Heat Transfer** și introduceți următoarele valori (figura 7.26):

Cylinder	AVL 2000
Ports	Zapf
Piston	

Surface Area	$S_{piston} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 4500mm^2$
--------------	---

Wall Temperature	$T_{piston} = 200 + 0.045 \cdot speed = 320degC$
------------------	--

Piston Calibration Factor	1
---------------------------	---

Cylinder Head

Surface Area

$$S_{cilindru} = 1.3 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 5900 \text{ mm}^2$$

Wall Temperature

$$T_{cilindru} = 200 + 0.045 \cdot \text{speed} - 40 = 280 \text{ deg C}$$

Head Calibration Factor

1

Liner

Surface Area

$$S_{segment} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l_{piston} = 4500 \cdot 0.135 = 610 \text{ mm}^2$$

Wall Temperature TDC

$$T_{segment_PMS} = 200 + 0.045 \cdot \text{speed} - 80 = 240 \text{ deg C}$$

Wall Temperature BDC

$$T_{segment_PMI} = 200 + 0.045 \cdot \text{speed} - 120 = 200 \text{ deg C}$$

Liner Calibration Factor

1

Combustion System

DI (Direct Injection)

In-cylinder Swirl Ratio

1

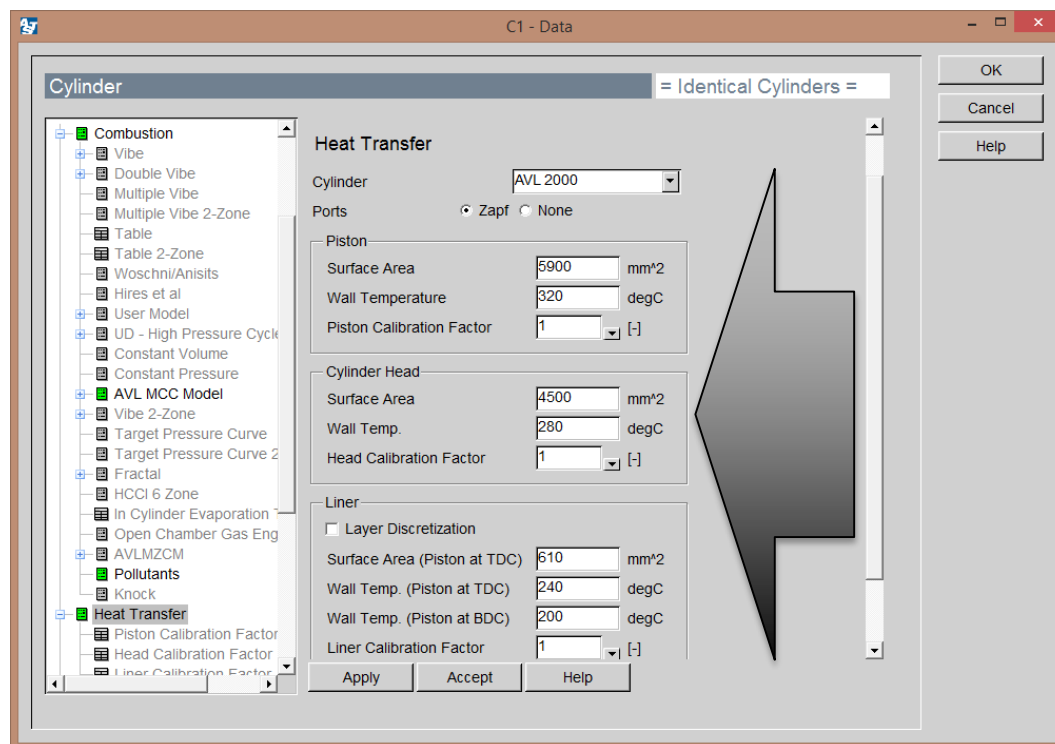


Fig. 7.26 Opțiunea HEAT TRANSFER

Laborator 8:

Modelarea și simularea unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare. Parametrizare elemente model.

Scop

- Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor cu aprindere prin comprimare policilindric.

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă;
- Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată.

Prezentarea lucrării

Lucrarea prezintă algoritmul de utilizare a programului de modelare și simulare **AVL BOOST** în modelarea unui motor cu aprindere prin comprimare policilindric. Se prezintă detaliat de parametrizare a fiecărui element component al modelului.

Desfășurarea lucrării

Lucrarea de laborator se desfășoară prin parcurgerea algoritmului prezentat în cele ce urmează, în scopul realizării unei aplicații practice de modelare a unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare. Este o continuare a lucrărilor de laborator efectuate în cadrul ședinței numărul 7 și de aceea se va încărca modelul deja realizat prin accesul opțiunii **File -> Open**, din bara de mediu. Se continuă procesul de parametrizare a celorlalte elemente componente ale modelului.

Pas 5. Opțiunea VALVE PORT SPECIFICATIONS

Click pe subgrupul **Valve Port Specification** și introduceți datele din figura 8.1:

Pipe	Control	Surface Area (mm ²)	Wall Temperature (degC)
7	Valve	900	50
11	Valve	700	500

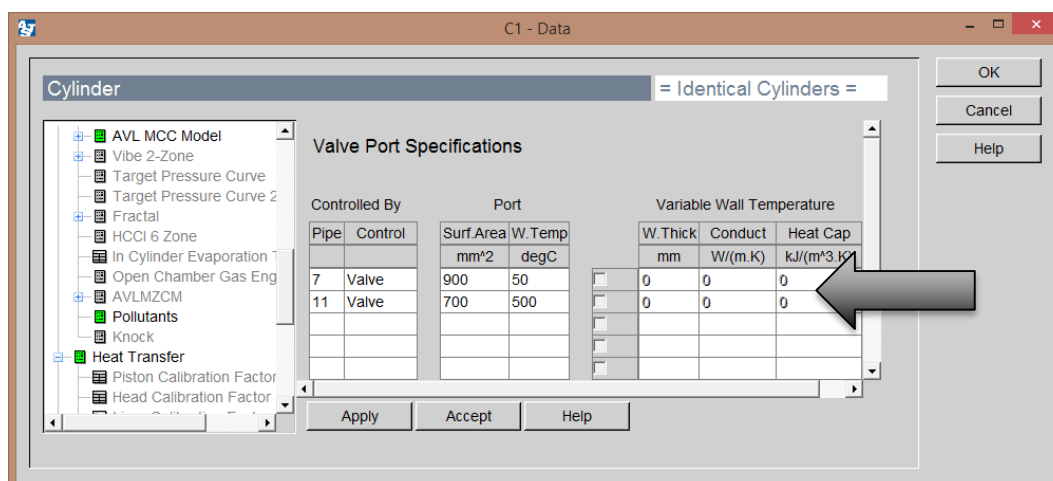


Fig. 8.1 Opțiunea VALVE PORT SPECIFICATIONS

Click pe subgrupul **VPS [1]: Pipe 7: Intake -> Valve Controlled** pentru accesarea câmpurilor de introducere a datelor (figura 8.2):

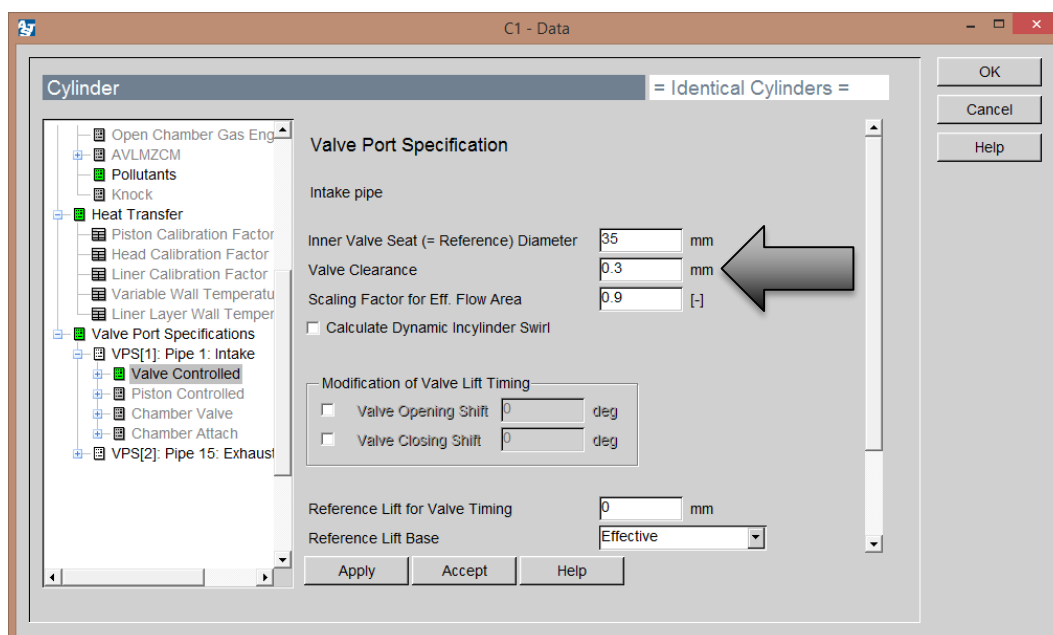


Fig. 8.2 Subgrupul Intake -> Valve Controlled

Inner Valve Seat

(=Reference) Diameter

35 mm

Valve Clearance

0.3 mm

Scaling Factor

for Eff. Flow Area

$$A_{eff} = f_{sc} \cdot \alpha \frac{dp_i^2 \pi}{4} = \frac{n_v dv_i^2}{dp_i^2} \cdot \alpha \frac{dp_i^2 \pi}{4} = \alpha \frac{n_v \pi dv_i^2}{4} = 0.900$$

unde α este coeficientul de curgere (**Flow Coefficient**) [-], dp_i – diametrul conductei considerate [m], n_v este numărul de supape pentru portul considerat [-], dv_i – diametrul scaunului interior al supapei (**Inner Valve Seat Diameter**) [m].

Click pe **Lift Curve** pentru fereastra de lucru și introduceți următoarele date:

Specification

Valve Opening 345 deg

Cam Length 166 deg

Increment 1.1527 deg

Manipulation

Valve Opening 345 deg

Cam Length 166 deg

Datele necesare parametrizării procesului de admisie (definite pentru elementul **Pipe 7** a diagramei distribuției la admisie **Crank Angle** și **Valve Lift**) sunt cele prezentate în figura 8.3 și în tabelul 8.1, iar aceste date trebuie introduce în câmpurile respective.

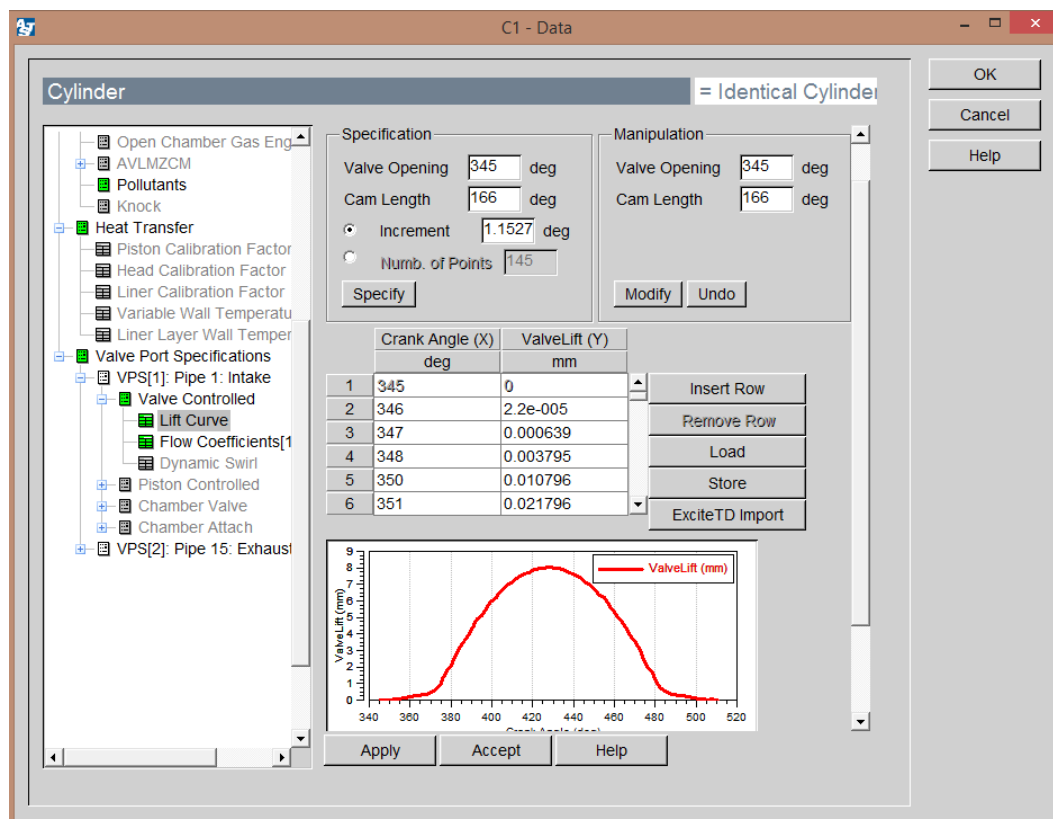


Fig. 8.3 Subgrupul Intake -> Intake Lift Curve

Tabelul 8.1 Valorile Intake Lift Curve

Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)	Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)	Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)
345	0.000000	400	6.015060	456	6.015060
346	0.000020	402	6.176650	457	5.846990
347	0.000639	403	6.331710	458	5.672500
348	0.003795	404	6.480180	459	5.491670
350	0.010796	405	6.622010	460	5.304560
351	0.021796	406	6.757140	461	5.111250
352	0.036796	407	6.885540	463	4.911810
353	0.055773	408	7.007150	464	4.706330
354	0.078156	410	7.121950	465	4.494880
355	0.102000	411	7.229900	466	4.277560
357	0.125998	412	7.330970	467	4.054450
358	0.149998	413	7.425140	468	3.825640
359	0.173998	414	7.512380	470	3.591240
360	0.197998	415	7.592670	471	3.351340
361	0.221997	416	7.665990	472	3.106050
362	0.241200	418	7.732350	473	2.855470
363	0.269997	419	7.791720	474	2.599700
365	0.293997	420	7.844110	475	2.338870
366	0.317997	421	7.889510	476	2.073070
367	0.341996	422	7.927930	478	1.802440
368	0.366205	423	7.959370	479	1.528250
369	0.395920	425	7.983810	480	1.262510
370	0.449106	426	8.001280	481	1.026120
372	0.537866	427	8.011750	482	0.826366
373	0.663616	428	8.015250	483	0.663616
374	0.826366	429	8.011750	485	0.537866
375	1.026120	430	8.001280	486	0.449106
376	1.262510	431	7.983810	487	0.395920
377	1.528250	433	7.959370	488	0.366205
378	1.802440	434	7.927930	489	0.341996
380	2.073070	435	7.889510	490	0.317997
381	2.338870	436	7.844110	491	0.293997
382	2.599700	437	7.791720	493	0.269997
383	2.855470	438	7.732350	494	0.245997
384	3.106050	440	7.665990	495	0.221997
385	3.351340	441	7.592670	496	0.197998
387	3.591240	442	7.512380	497	0.173998
388	3.825640	443	7.425140	498	0.149998
389	4.054450	444	7.330970	500	0.125998
390	4.277560	445	7.229900	501	0.102000
391	4.494880	446	7.121950	502	0.078156
392	4.706330	448	7.007150	503	0.055773
393	4.911810	449	6.885540	504	0.036796
395	5.111250	450	6.757140	505	0.021796
396	5.304560	451	6.622010	506	0.010796
397	5.491670	452	6.480180	508	0.037950
398	5.672500	453	6.331710	509	0.000639
399	5.846990	455	6.176650	510	0.000000

Click on **Flow Coefficient** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (tabelul 8.2 și figura 8.4):

Tabelul 8.2 Valorile Flow Coefficient

Valve Lift X (mm)	Flow Coefficient Y (-)
0	0.00
1	0.15
2	0.25
3	0.33
4	0.40
5	0.45
6	0.50
7	0.53
8	0.54
9	0.54
10	0.55

Pressure Ratio: 1
Effective Valve Lift: Activated

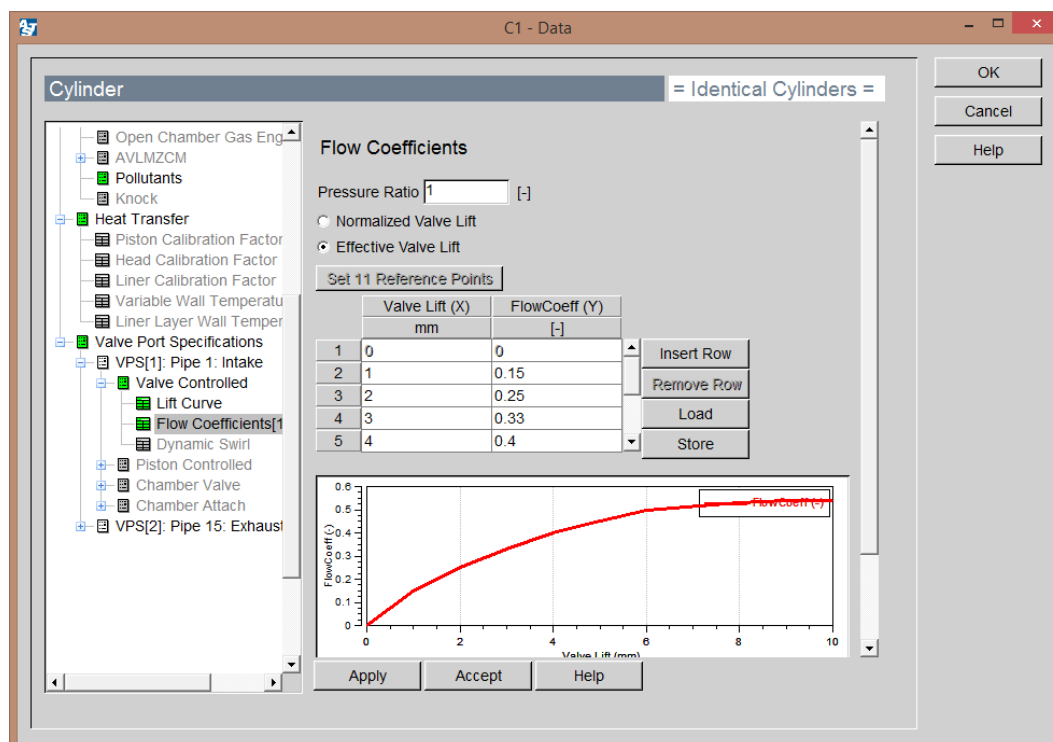


Fig. 8.4 Subgrupul Intake -> Flow Coefficient

Click pe subgrupul **VPS [2]: Pipe 11 Exhaust -> Valve Controlled** pentru accesarea câmpurilor de introducere a datelor (figura 8.5):

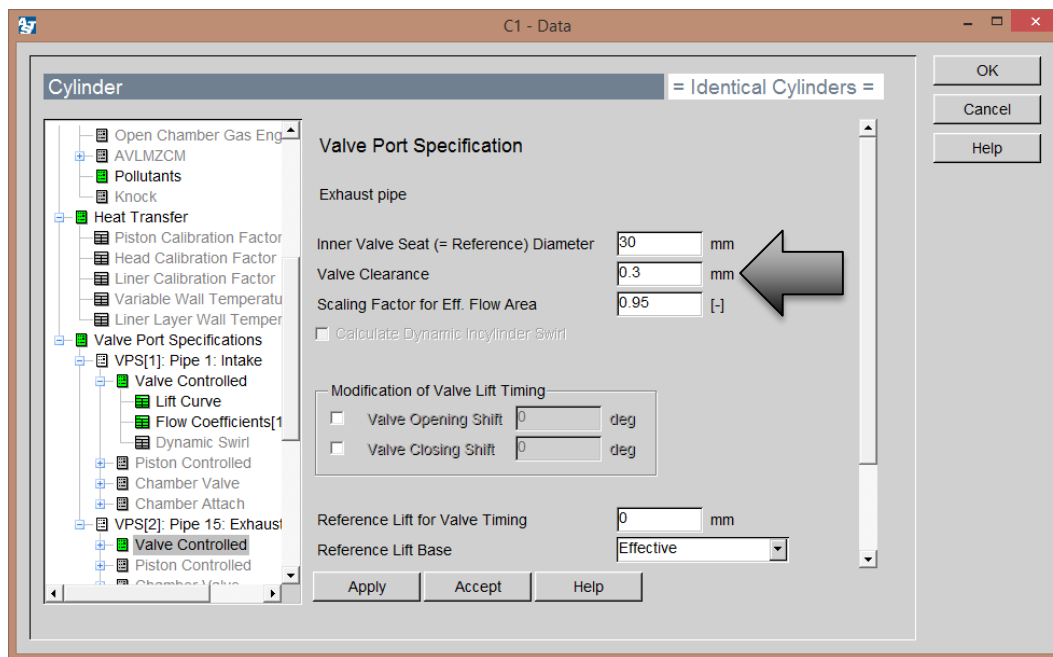


Fig. 8.5 Subgrupul Exhaust -> Valve Controlled

Inner Valve Seat

(=Reference) Diameter 30 mm

Valve Clearance 0.3 mm

Scaling Factor

for Eff. Flow Area
$$A_{eff} = f_{sc} \cdot \alpha \frac{dp_i^2 \pi}{4} = \frac{n_v dv_i^2}{dp_i^2} \cdot \alpha \frac{dp_i^2 \pi}{4} = \alpha \frac{n_v \pi dv_i^2}{4} = 0.95$$

unde α este coeficientul de curgere (**Flow Coefficient**) [-], dp_i – diametrul conductei considerate [m], n_v este numărul de supape pentru portul considerat [-], dv_i – diametrul scaunului interior al supapei (**Inner Valve Seat Diameter**) [m].

Click pe **Lift Curve** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele date:

Specification

Valve Opening 196 deg

Cam Length 180 deg

Manipulation

Valve Opening 196 deg

Cam Length 180 deg

Increment 1.1538 deg

Datele necesare parametrizării procesului de admisie (definite pentru elementul **Pipe 15** a diagramei distribuției la evacuare **Crank Angle** și **Valve Lift**) sunt cele prezentate în tabelul 8.3 și în figura 8.6, iar aceste date trebuie introduce în câmpurile respective.

Tabelul 8.3 Valorile Exhaust Lift Curve

Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)	Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)	Crank Angle X (deg)	Valve Lift Y (mm)
196	0.000000	254	5.843630	312	6.885250
199	0.000385	255	6.033150	313	6.727840
200	0.002875	256	6.216420	314	6.563850
201	0.009077	257	6.393350	315	6.393350
202	0.019277	259	6.563850	316	6.216420
203	0.033477	260	6.727840	317	6.033150
204	0.051668	261	6.885250	318	5.843630
205	0.073492	262	7.036010	320	5.647950
207	0.097205	263	7.180060	321	5.446200
208	0.121200	264	7.317330	322	5.238500
209	0.145200	265	7.447780	323	5.024940
210	0.169200	267	7.571340	324	4.805640
211	0.193200	268	7.687990	325	4.580710
212	0.217200	269	7.797670	327	4.350270
214	0.241200	270	7.900350	328	4.114460
215	0.265200	271	7.996010	329	3.873380
216	0.289200	272	8.084620	330	3.627190
217	0.313200	274	8.166160	331	3.376010
218	0.337200	275	8.240630	332	3.119970
219	0.361200	276	8.308000	333	2.859230
220	0.385200	277	8.368280	335	2.593940
222	0.409200	278	8.421470	336	2.324230
223	0.433200	279	8.467570	337	2.050270
224	0.457212	280	8.506580	338	1.772430
225	0.482666	282	8.538490	339	1.496720
226	0.521624	283	8.563320	340	1.243060
227	0.592070	284	8.581050	342	1.024820
229	0.699620	286	8.595230	343	0.843571
230	0.843571	287	8.591690	344	0.699320
231	1.024820	289	8.581050	345	0.592070
232	1.243060	290	8.563320	347	0.482666
233	1.496720	291	8.538490	348	0.457212
234	1.772430	292	8.506580	350	0.433200
235	2.050270	293	8.467570	351	0.409200
237	2.324230	294	8.421470	352	0.385200
238	2.593940	295	8.368280	353	0.361200
239	2.859230	297	8.308000	354	0.337200
240	3.119970	298	8.240630	355	0.313200
241	3.376010	299	8.166160	357	0.289200
242	3.627190	300	8.084620	358	0.265200
244	3.873380	301	7.996010	359	0.241200
245	4.114460	302	7.900350	360	0.217200
246	4.350270	304	7.797670	361	0.193200
247	4.580710	305	7.687990	362	0.169200
248	4.805630	306	7.571340	363	0.145200
249	5.024940	307	7.447780	365	0.121200
250	5.238500	308	7.317330	367	0.073492
252	5.446200	309	7.180060	369	0.033477
253	5.647950	310	7.036010	370	0.000000

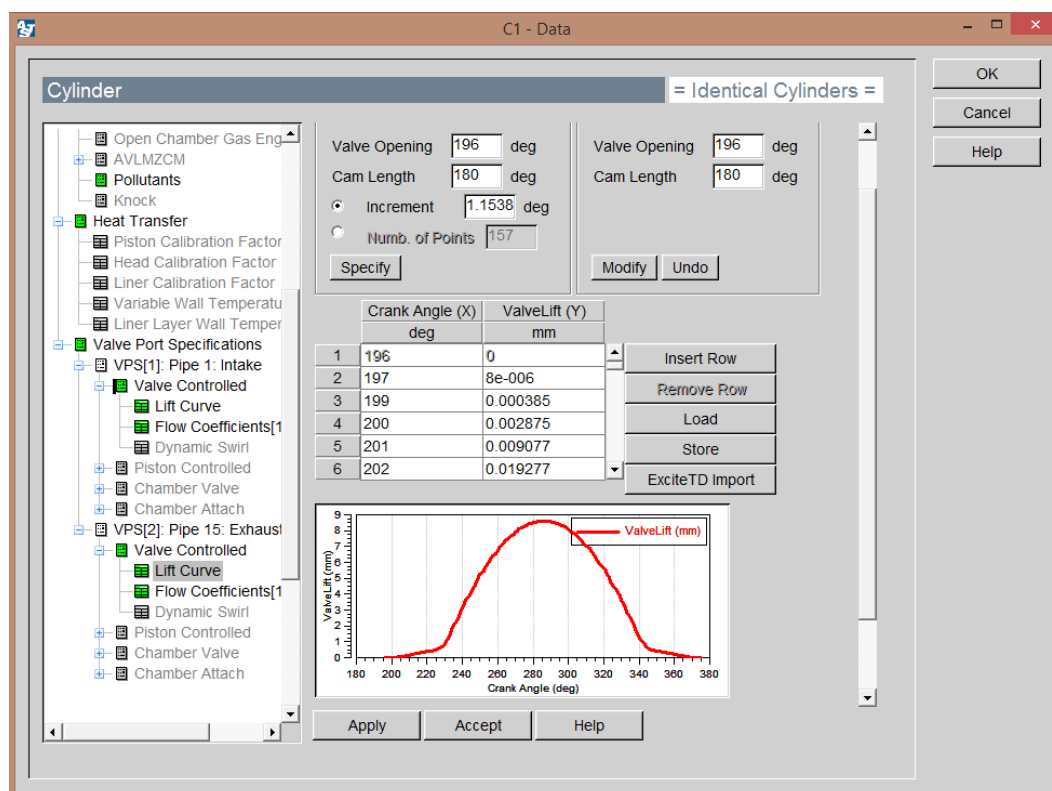


Fig. 8.6 Subgrupul Exhaust -> Exhaust Lift Curve

Click on **Flow Coefficient** pentru deschiderea ferestrei de lucru și introduceți următoarele valori (tabelul 8.4 și figura 8.7):

Tabelul 8.4 Valorile Flow Coefficient

Valve Lift X (mm)	Flow Coefficient Y (-)
0	0.00
1	0.17
2	0.27
3	0.34
4	0.39
5	0.43
6	0.47
7	0.50
8	0.52
9	0.53
10	0.00

Pressure Ratio:

1

Effective Valve Lift:

Activated

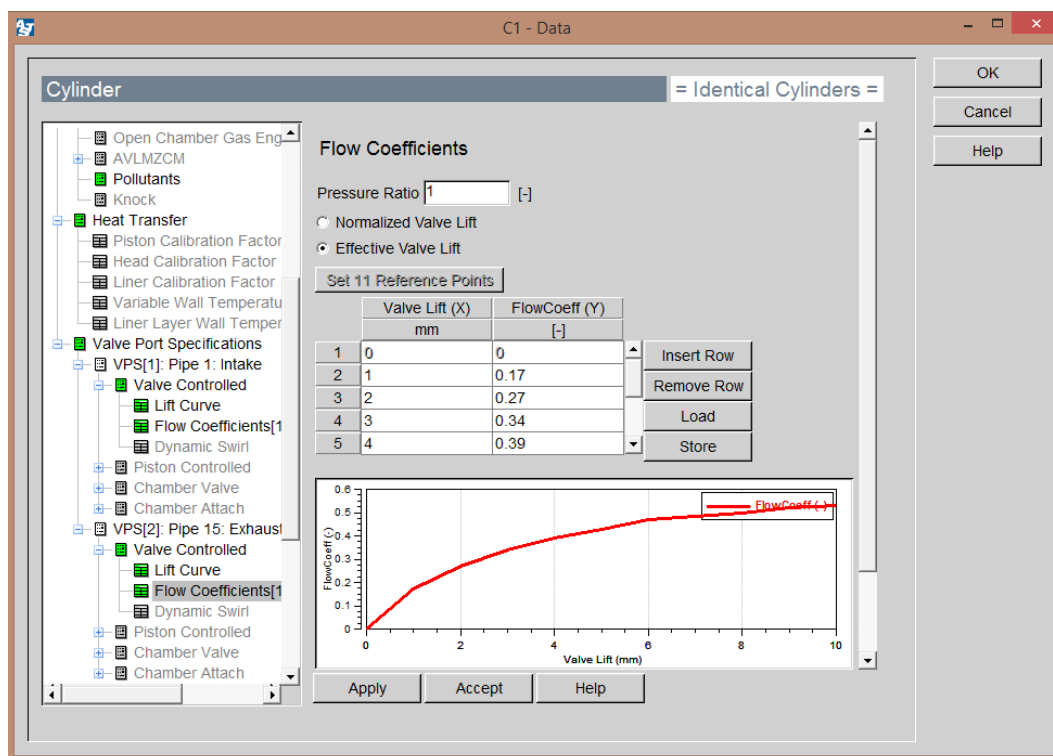


Fig. 8.7 Subgrupul Exhaust -> Flow Coefficient

AIR CLEANER

Accesul la câmpurile necesare parametrizării elementului filtru de aer (**Air Cleaner**) din cadrul modelului general se efectuează prin efectuarea unui click pe element. Se accesează opțiunile din meniu și se introduc datele prezentate în cele ce urmează.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

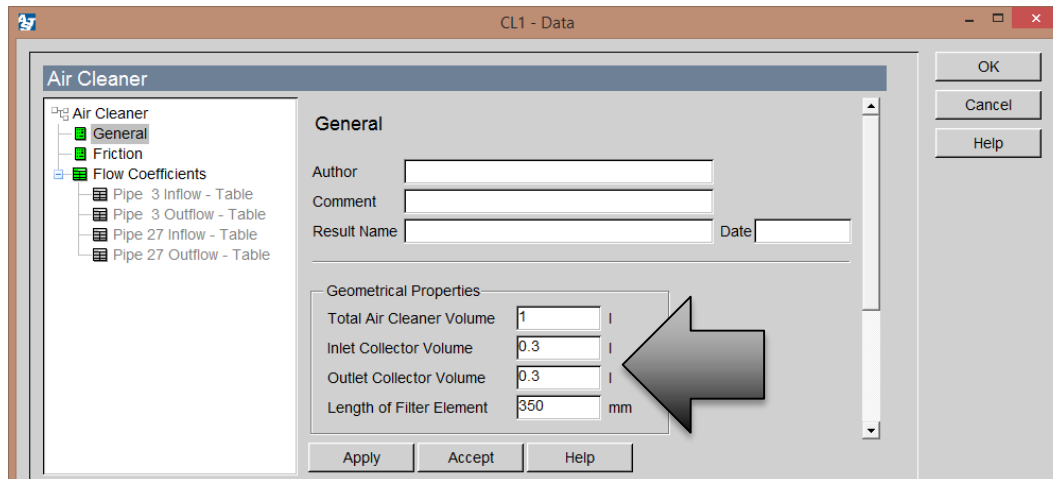
Click pe subgrupul **General** și introduceți următoarele valori (figura 8.8 și figura 8.9):

Geometrical Properties

Total Air Cleaner Volume	1.0 l
Inlet Collector Volume	0.3 l
Outlet Collector Volume	0.3 l
Length of Filter Element	350 mm
Friction Specification	Coefficient
Coefficient	
Friction Coefficient	0.02
Laminar Friction Coefficient	64

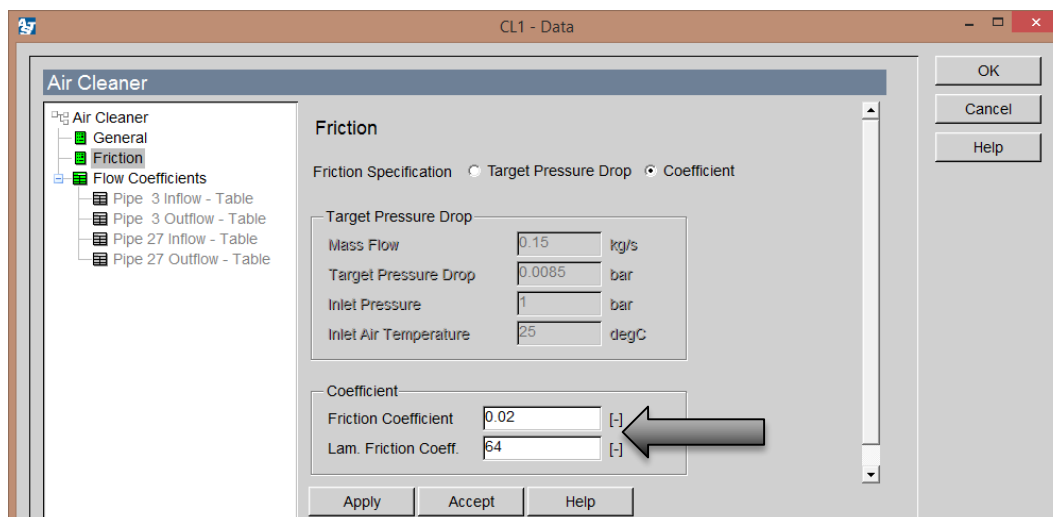
Pas 2. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** introduceți următoarele valori (figura 8.10):



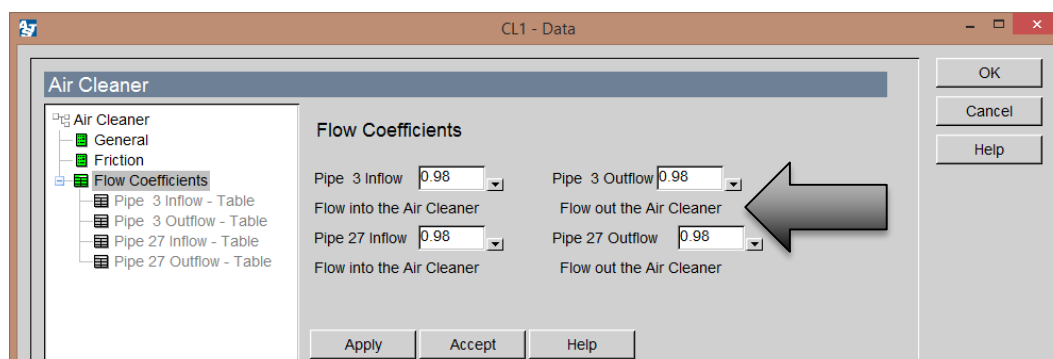
The screenshot shows the 'Air Cleaner' dialog box with the 'General' tab selected. The left sidebar lists 'Air Cleaner', 'Friction', and 'Flow Coefficients'. The 'General' tab contains fields for 'Author', 'Comment', 'Result Name', and 'Date'. Below these are 'Geometrical Properties' with input fields for 'Total Air Cleaner Volume' (1 l), 'Inlet Collector Volume' (0.3 l), 'Outlet Collector Volume' (0.3 l), and 'Length of Filter Element' (350 mm). A large black arrow points to the 'Inlet Collector Volume' field. At the bottom are 'Apply', 'Accept', and 'Help' buttons. On the right are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Fig. 8.8 Opțiunea GENERAL



The screenshot shows the 'Air Cleaner' dialog box with the 'Friction' tab selected. The 'Friction Specification' section has two radio buttons: 'Target Pressure Drop' (unselected) and 'Coefficient' (selected). Below are input fields for 'Mass Flow' (0.15 kg/s), 'Target Pressure Drop' (0.0085 bar), 'Inlet Pressure' (1 bar), and 'Inlet Air Temperature' (25 degC). The 'Coefficient' section has input fields for 'Friction Coefficient' (0.02 [-]) and 'Lam. Friction Coeff.' (64 [-]). A large black arrow points to the 'Friction Coefficient' field. At the bottom are 'Apply', 'Accept', and 'Help' buttons. On the right are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Fig. 8.9 Opțiunea FRICTION



The screenshot shows the 'Air Cleaner' dialog box with the 'Flow Coefficients' tab selected. The left sidebar lists 'Air Cleaner', 'General', 'Friction', and 'Flow Coefficients'. The 'Flow Coefficients' tab contains input fields for 'Pipe 3 Inflow' (0.98), 'Pipe 3 Outflow' (0.98), 'Flow into the Air Cleaner', 'Flow out of the Air Cleaner', 'Pipe 27 Inflow' (0.98), and 'Pipe 27 Outflow' (0.98). A large black arrow points to the 'Pipe 3 Outflow' field. At the bottom are 'Apply', 'Accept', and 'Help' buttons. On the right are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Fig. 8.10 Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Pipe 1	Inflow	0.98	Pipe 2	Inflow	0.98
	Outflow	0.98		Outflow	0.98

CATALYST

Accesul la câmpurile necesare parametrizării elementului catalizator (**Catalyst**) din cadrul modelului general se efectuează prin efectuarea unui click pe element. Se accesează opțiunile din meniu și se introduc datele prezentate în cele ce urmează.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți următoarele valori (figura 8.11):

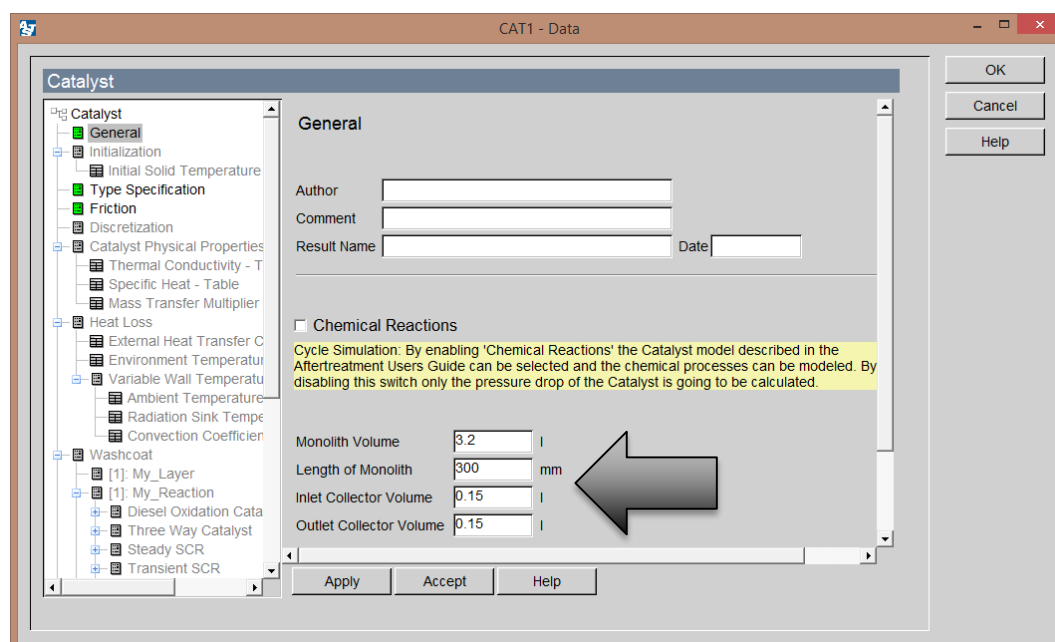


Fig. 8.11 Opțiunea GENERAL

Chemical Reactions	none
Monolith Volume	3.2 l
Length of Monolith	300 mm
Inlet Collector Volume	0.15 l
Outlet Collector Volume	0.15 l

Pas 2. Opțiunea TYPE SPECIFICATION

Click pe subgrupul **Type Specification** și introduceți valorile (figura 8.12):

Catalyst Type Specification

General Catalyst

Open Frontal Area (OFA)	1
--------------------------------	---

Hydraulic Unit

Diameter

117 mm

Geometrical Surface Area

34.188034

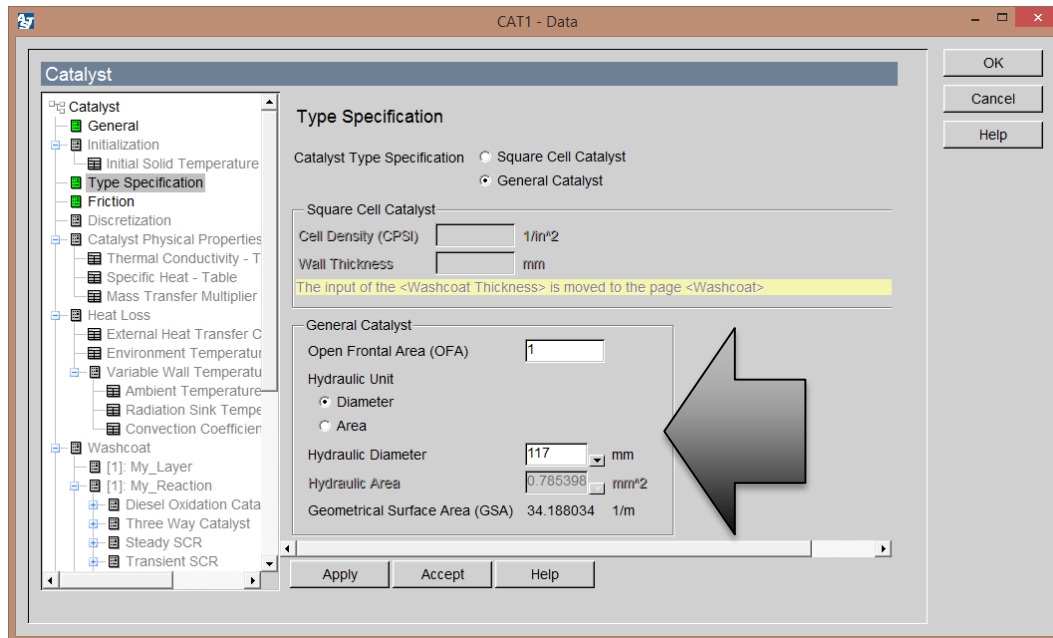


Fig. 8.12 Opțiunea TYPE SPECIFICATION

Pas 3. Opțiunea FRICTION

Click pe subgrupul **Friction** și introduceți următoarele valori (figura 8.13):

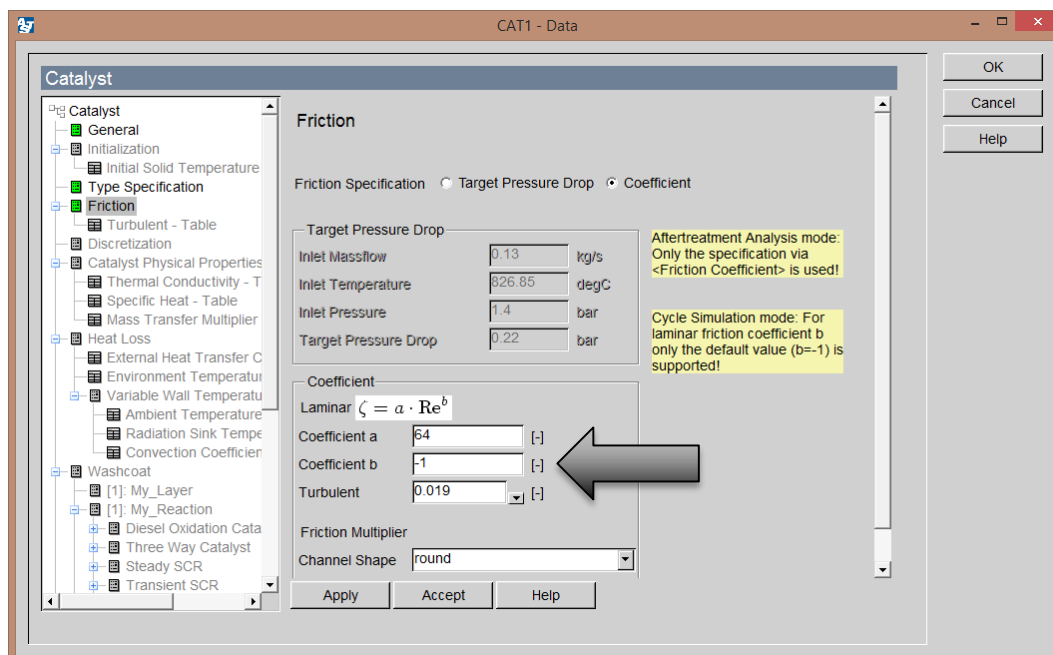


Fig. 8.13 Opțiunea FRICTION

Friction Specification	Coefficient
Coefficient	
Coefficient a	64
Coefficient b	-1
Turbulent	0.019

Pas 4. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

Pipe 4	Inflow	0.98
Pipe 4	Outflow	0.98
Pipe 32	Inflow	0.98
Pipe 32	Outflow	0.98

SYSTEM BOUNDARY

Prin accesarea acestui câmp de parametrizare se vor defini “granițele” modelului: zona de admisie și zona de evacuare. Accesul la fiecare zonă se realizează printr-un click pe elementul din cadrul modelului necesar a fi parametrizat.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General ->Standard -> Boundary Type** (figura 8.14).

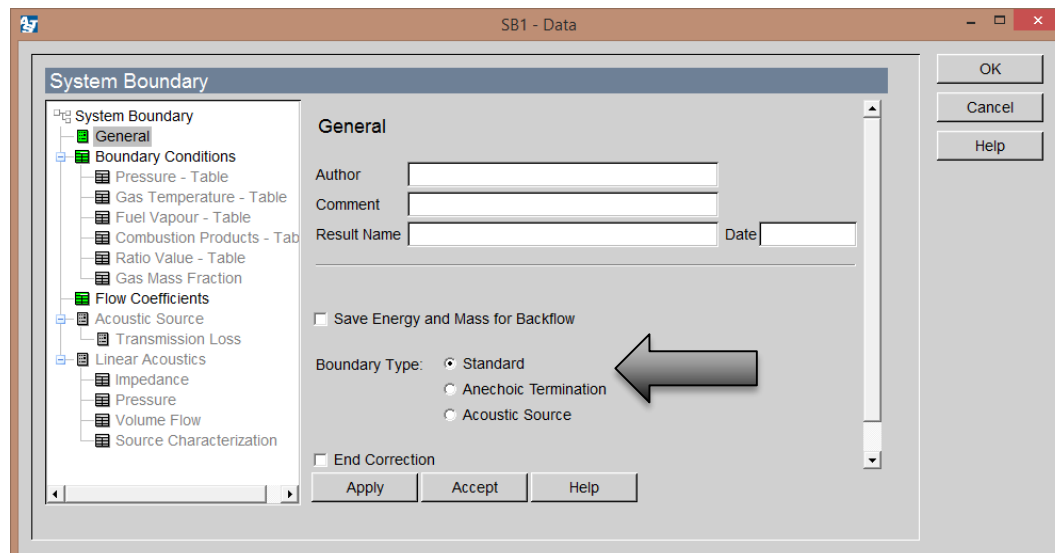


Fig. 8.14 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea BOUNDARY CONDITIONS

Click pe subgrupul **Boundary Conditions** și introduceți valorile din tabelul 8.5:

Tabel 8.5 Condițiile de inițializare

Set	Pressure (bar)	Temperature (degC)	Fuel Va- pour (-)	Combustion Products (-)	A/F Ratio (-)
SB 1	0.969	20	0	0.0	14.57
SB 2	0.970	40	0	0.2	14.57

Selectați **Local Boundary -> Conditons** și **Set 1** din meniul **Preference** (figura 8.15):

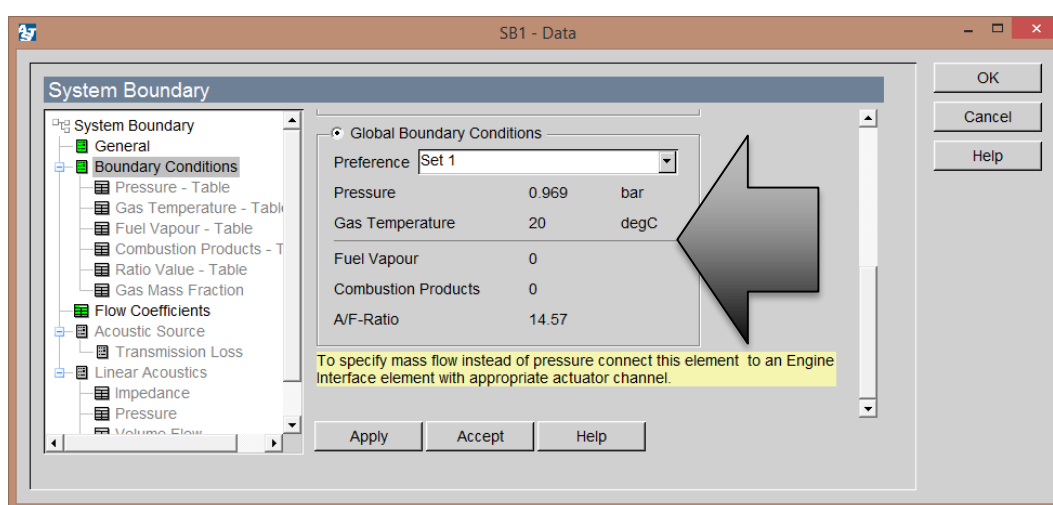


Fig. 8.15 Opțiunea BOUNDARY CONDITIONS

Pas 3. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

SB 1

Pipe 23

Inflow	0.95
Outflow	0.90

SB 2

Pipe 24

Inflow	0.95
Outflow	0.90

PLENUM

Prin accesarea acestui câmp de parametrizare se vor defini volumele de compensare ale modelului (**Plenum**). Accesul la fiecare volum se realizează printr-un click pe elementul din cadrul modelului, necesar a fi parametrizat.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți valorile de mai jos pentru parametrul **Volume** corespunzători pentru elementele **Plenum** din model (figura 8.16):

Plenum 1	Volum	5 l
Plenum 2	Volum	2 l
Plenum 3	Volum	4 l

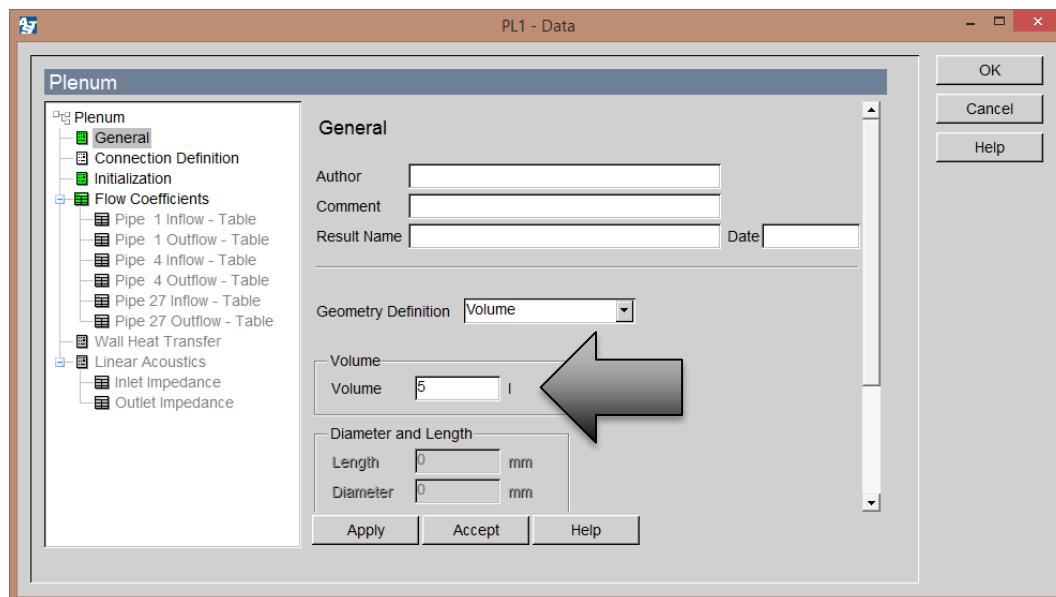


Fig. 8.16 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea INITIALIZATION

Click pe subgrupul **Initialization** și selectați **Global Initialization** pentru fiecare **Plenum** din model. Selectați opțiunea **Set x** din meniul **Preference** (figura 8.17):

Plenum 1	Set 4		
Pressure 0.986 bar	Temperature 70 degC	A/F Ratio 14.57	
Plenum 2	Set 5		
Pressure 1.000 bar	Temperature 280 degC	A/F Ratio 14.57	
Plenum 3	Set 9		
Pressure 0.975 bar	Temperature 200 degC	A/F Ratio 14.57	

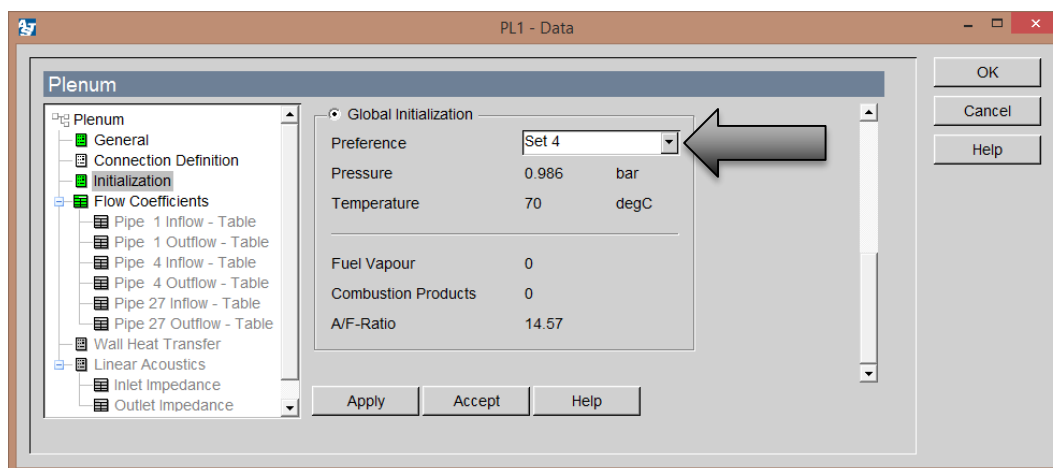


Fig. 8.17 Opțiunea INITIALIZATION

Pas 3. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

Plenum 1

Pipe 1	Inflow	0.95	Outflow	0.90
Pipe 9	Inflow	0.95	Outflow	0.90
Pipe 12	Inflow	0.95	Outflow	0.90

Plenum 2

Pipe 20	Inflow	0.95	Outflow	0.90
Pipe 22	Inflow	0.95	Outflow	0.90
Pipe 25	Inflow	0.95	Outflow	0.90

Plenum 3

Pipe 3	Inflow	0.95	Outflow	0.90
Pipe 24	Inflow	0.95	Outflow	0.90

Restrictions

Dublu-Click pe grupul **Restrictions** și selectați subgrupurile următoare:

Pas 1. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

Restriction 1

from Pipe 4 to Pipe 5	0.95
from Pipe 5 to Pipe 4	0.95

Restriction 2

from Pipe 15 to Pipe 17	0.95
from Pipe 17 to Pipe 15	0.95

Restriction 3

from Pipe 16 to Pipe 18	0.95
from Pipe 18 to Pipe 16	0.95

Restriction 4

from Pipe 19 to Pipe 20	0.95
from Pipe 20 to Pipe 19	0.95

Restriction 5

from Pipe 25 to Pipe 26	0.25
from Pipe 26 to Pipe 25	0.25

JUNCTION

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 8.18).

Alegeți pentru fiecare joncțiune din model unul tipurile constructive de mai jos:

Junction 1	Constant Pressure
Junction 2	Refined Model
Junction 3	Refined Model
Junction 4	Refined Model
Junction 5	Refined Model

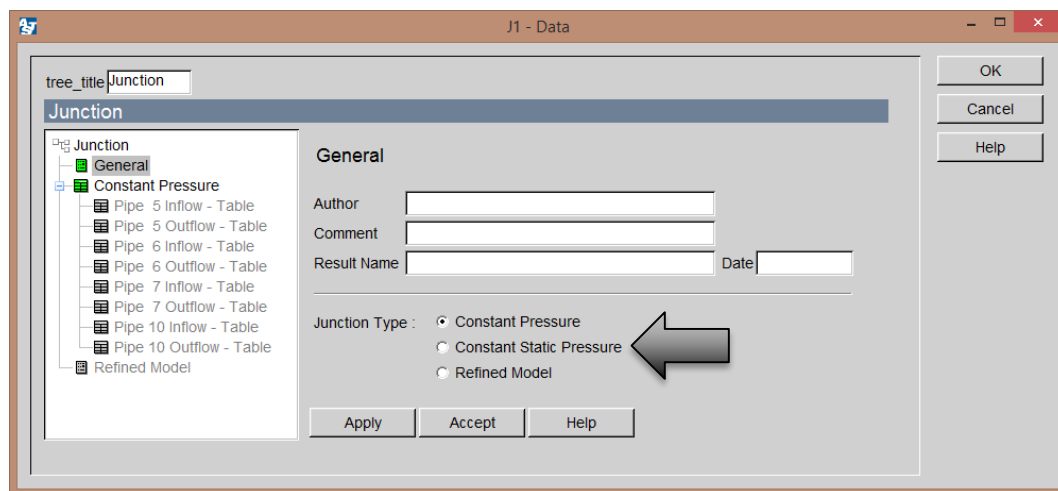


Fig. 8.18 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea Constant Pressure / Refined Model

Click pe subgrupul **Constant Pressure** (figura 8.19), sau **Refined Model** (figura 8.20) în funcție de tipul de joncțiune care urmează a fi definit. Introduceți datele de mai jos pentru fiecare joncțiune din model:

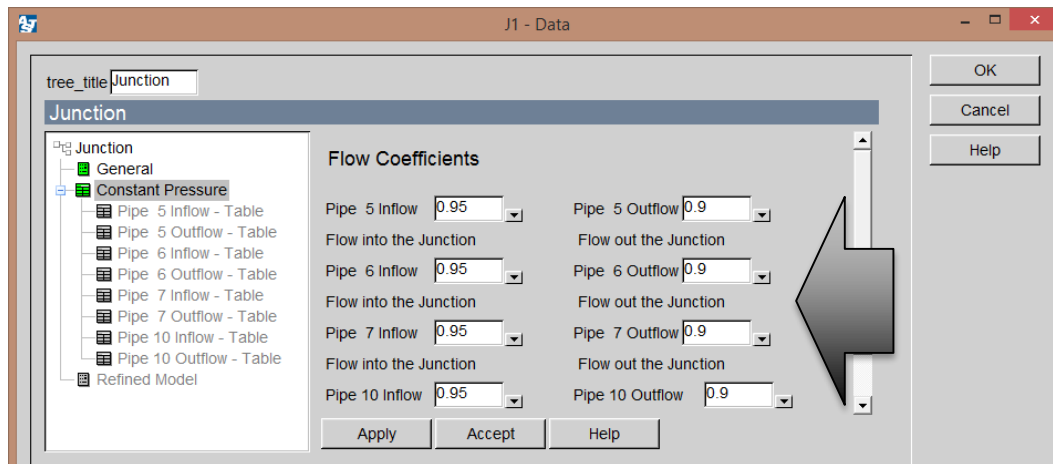


Fig. 8.19 Subgrupul Constant Pressure

Junction 1

Pipe 5 Inflow	0.95
Pipe 6 Inflow	0.95
Pipe 7 Inflow	0.95
Pipe 10 Inflow	0.95

Constant Pressure

Pipe 5 Outflow	0.90
Pipe 6 Outflow	0.90
Pipe 7 Outflow	0.90
Pipe 10 Outflow	0.90

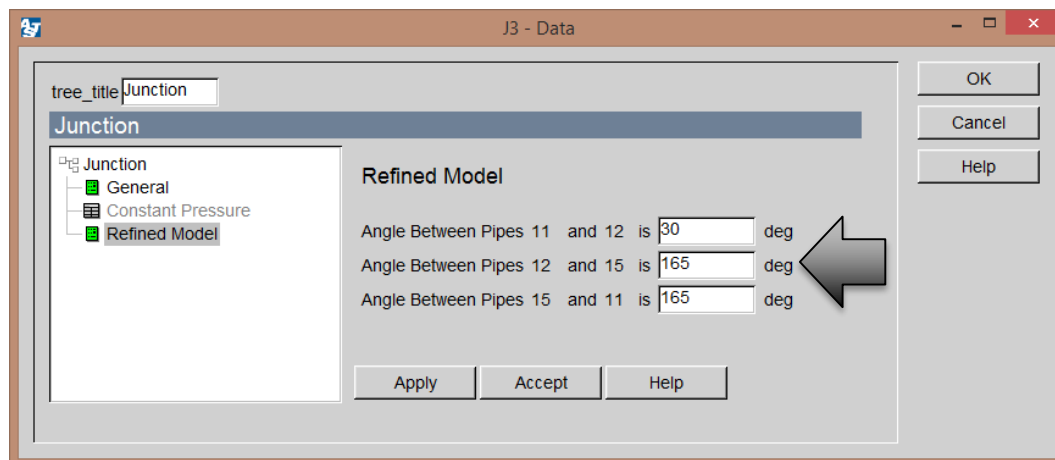


Fig. 8.20 Subgrupul Refined Model

Junction 2

Angle Between Pipes	6 and 8	is	90 deg
Angle Between Pipes	8 and 9	is	180 deg
Angle Between Pipes	9 and 6	is	90 deg

Refined Model

Junction 3

Angle Between Pipes	11 and 12	is	30 deg
Angle Between Pipes	12 and 15	is	165 deg
Angle Between Pipes	15 and 11	is	165 deg

Refined Model

Junction 4		Refined Model
Angle Between Pipes	13 and 14 is	30 deg
Angle Between Pipes	14 and 16 is	165 deg
Angle Between Pipes	16 and 13 is	165 deg

Junction 5		Refined Model
Angle Between Pipes	17 and 18 is	30 deg
Angle Between Pipes	18 and 19 is	165 deg
Angle Between Pipes	19 and 17 is	165 deg

AIR COOLER

Accesul la câmpurile necesare parametrizării elementului răcitor (**Air Cooler**) din cadrul modelului general se efectuează prin efectuarea unui click pe element. Se accesează opțiunile din meniu și se introduc datele prezentate în cele ce urmează.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți următoarele valori (figura 8.21):

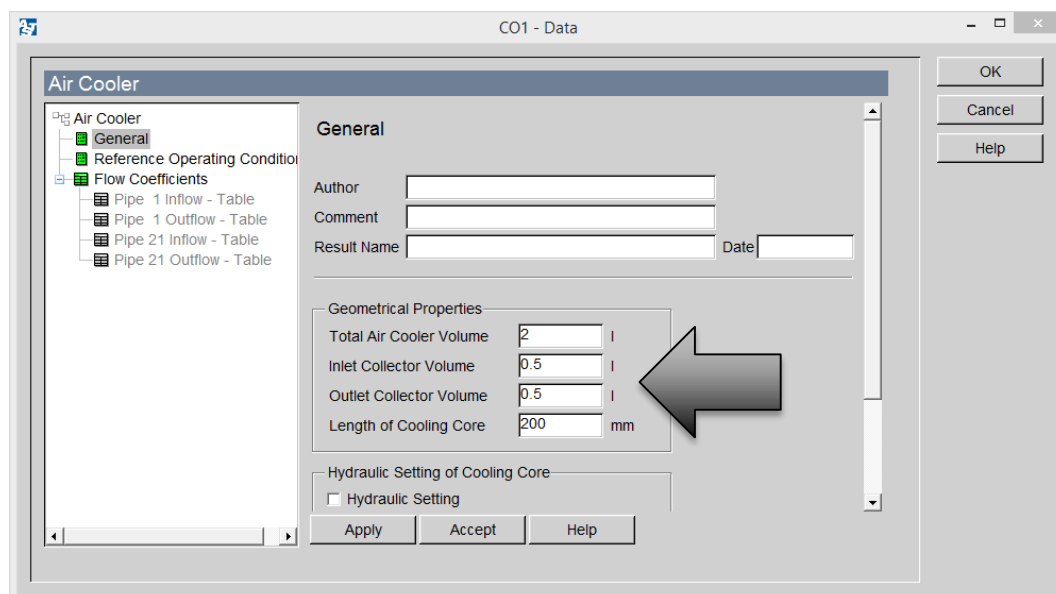


Fig. 8.21 Opțiunea GENERAL

Geometrical Properties	CO 1	CO 2
Total Air Cooler Volume	2.0 l	0.4 l
Inlet Collector Volume	0.5 l	0.1 l
Outlet Collector Volume	0.5 l	0.1 l
Length of Cooling Core	200 mm	150 mm
Hydraulic Setting	none	none

Pas 2. Opțiunea REFERENCE OPERATING CONDITIONS

Click pe subgrupul **Reference Operating Conditions** și introduceți următoarele valori (figura 8.22):

	CO 1	CO 2
Friction Specification	Coefficient	Target Pressure Drop
Heat Transfer Specification	Target Outlet	Target Outlet
Reference Operating Conditions		
Mass Flow	0.35 kg/s	0.04 kg/s
Inlet Air Temperature	80 degC	350 degC
	CO 1	CO 2
Inlet Pressure	1.0 bar	2.8 bar
Friction		
Friction Coefficient	0.02	-
Target Pressure Drop	-	0.05 bar
Laminar Friction Coefficient	64	-
Heat Transfer		
Coolant Temperature	25 degC	65 degC
Target Outlet Temperature	69 degC	80 degC

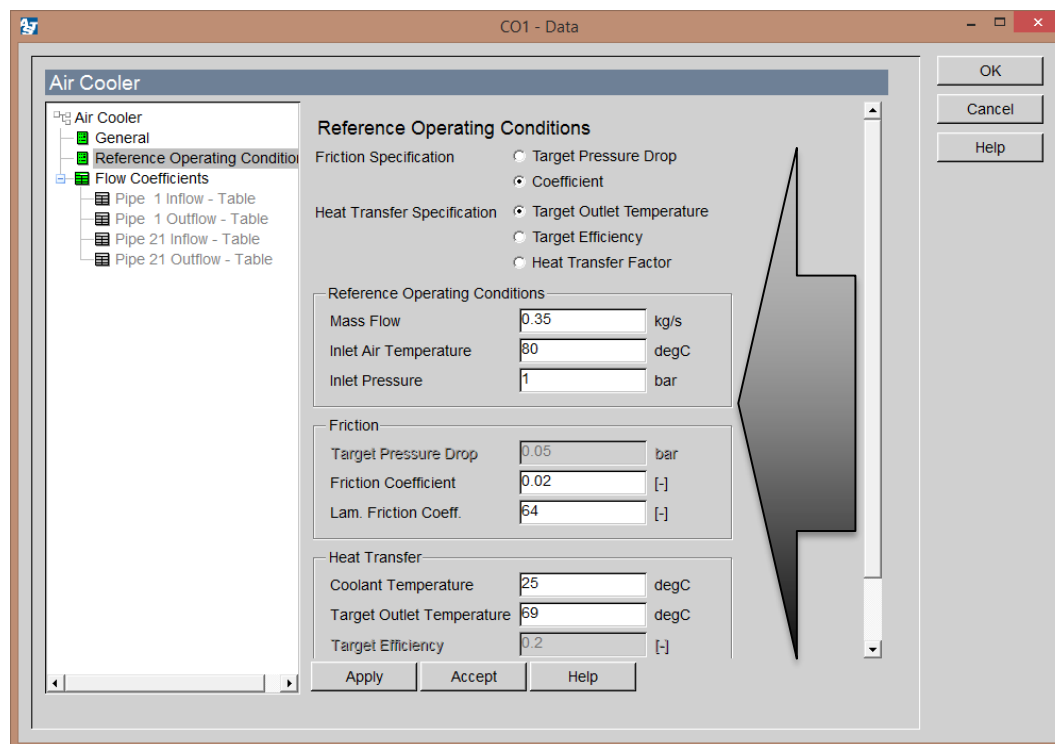


Fig. 8.22 Opțiunea REFERENCE OPERATING CONDITIONS

Pas 3. Opțiunea FLOW COEFFICIENTS

Click pe subgrupul **Flow Coefficients** și introduceți următoarele valori:

CO 1	Inflow	Outflow
Pipe 1	0.95	0.90
Pipe 21	0.95	0.90

CO 1	Inflow	Outflow
Pipe 26	0.95	0.90
Pipe 27	0.95	0.90

TURBOCHARGER

Accesul la câmpurile necesare parametrizării elementului turbocompresor (**Turbocharger**) din cadrul modelului general se efectuează prin efectuarea unui click pe element. Se accesează opțiunile din meniu și se introduc datele prezentate în cele ce urmează.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și selectați opțiunea **Simplified Model** (figura 8.23):

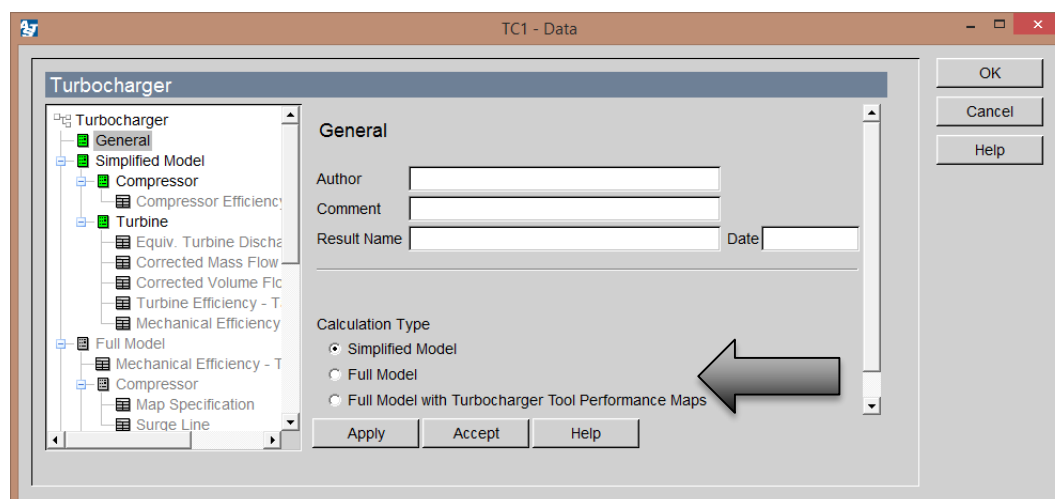


Fig. 8.23 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea SIMPLIFIED MODEL

Click pe subgrupul **Simplified Model** și introduceți următoarele valori pentru subgrupul **Compressor** (figura 8.24), respectiv pentru subgrupul **Turbine** (figura 8.25):

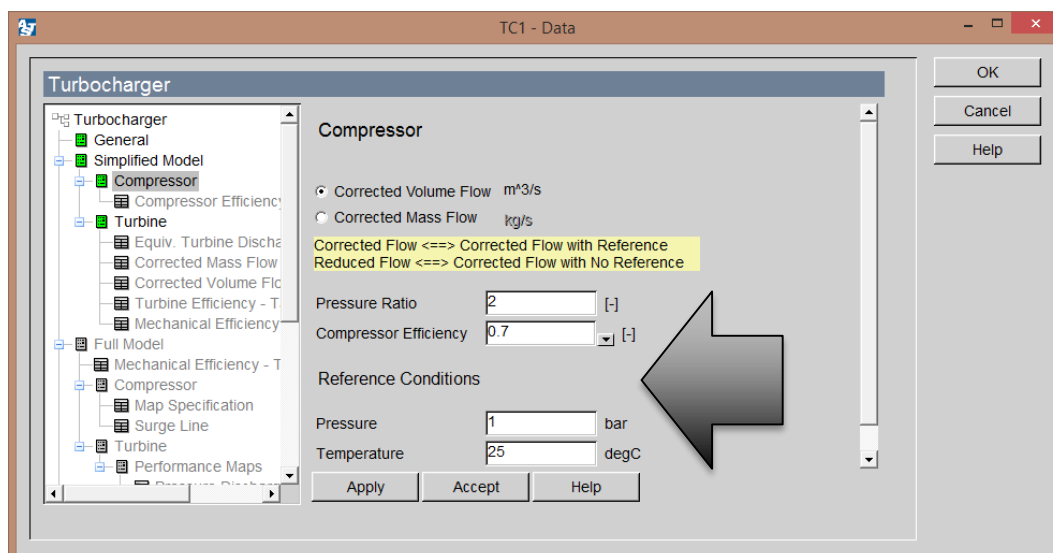


Fig. 8.24 Opțiunea SIMPLIFIED MODEL – COMPRESSOR

Calculation Mode

Boost Pressure Calculation

Compressor

Corrected Volume Flow

(m³/s)

Pressure Ratio

2

Compressor Efficiency

0.7

Reference Conditions

Pressure

1 bar

Temperature

25 degC

Turbine

Flow Type

Discharge Coefficient

Equiv. Turbine Discharge Coeff.

0.1

Pipe Area Scalling Factor

1

Turbine Size Multiplier

1

Turbocharger Overall Efficiency

0.5

Mechanical Efficiency

0.98

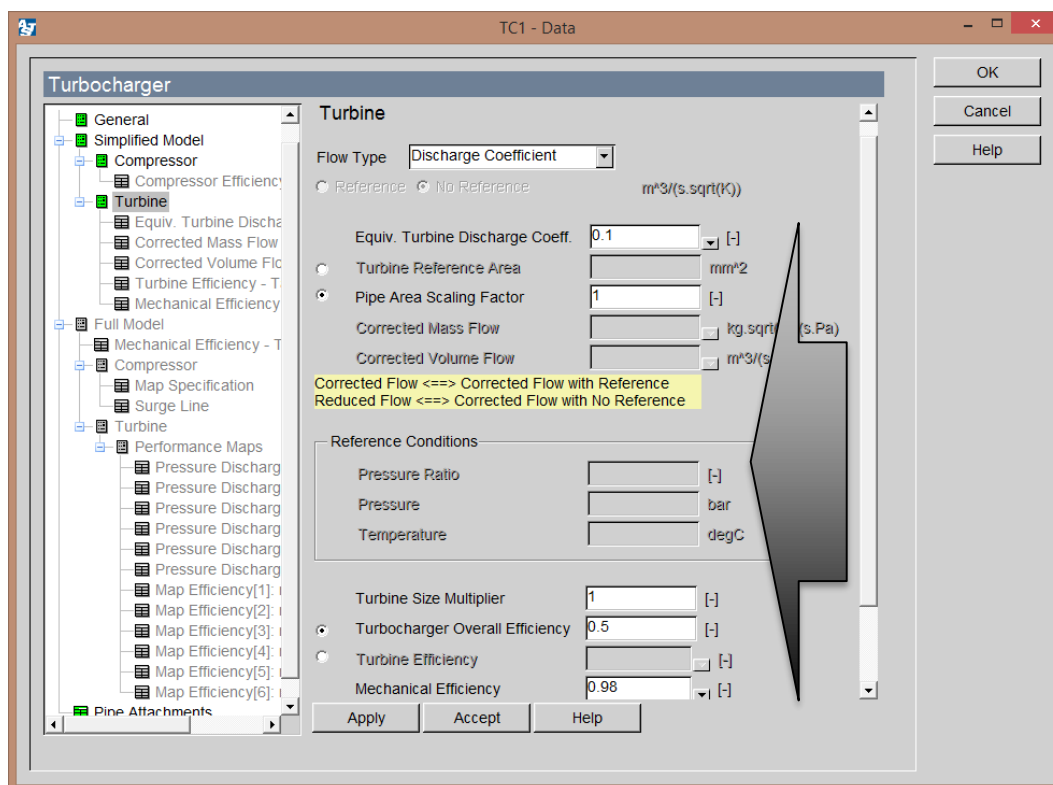


Fig. 8.25 Opțiunea SIMPLIFIED MODEL – TURBINE

În subgrupul **Pipe Attachments**, conexiunile la conductele de legătură la intrarea și ieșirea din compresor, respectiv la intrarea și ieșirea din turbină sunt generate automat de către program așa cum este prezentat în figura 8.26.

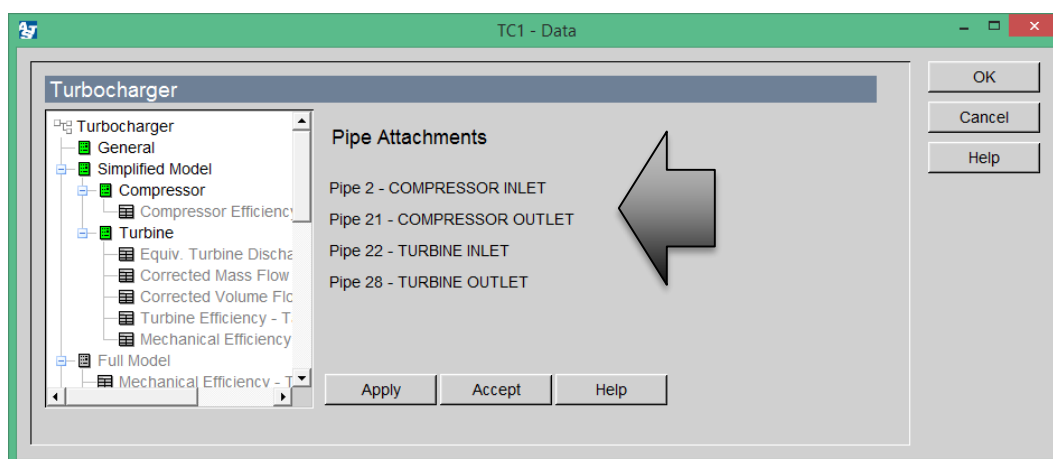


Fig. 8.26 Opțiunea PIPE ATTACHMENTS

Laborator 9:

Modelarea și simularea unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare. Parametrizare hărți ECU.

Scop

- Crearea, parametrizarea și simularea unui model de motor cu aprindere prin comprimare policilindric.

Obiective educaționale și de formare a competențelor

- Formarea abilităților de utilizare a unor metode moderne de investigare a proceselor funcționale ale motoarelor cu ardere internă;
- Însușirea de competențe avansate în procesele de modelare și simulare computerizată.

Prezentarea lucrării

Lucrarea prezintă algoritmul de utilizare a programului de modelare și simulare **AVL BOOST** în modelarea unui motor cu aprindere prin comprimare policilindric. Se prezintă detaliat modul de parametrizare a elementului de comandă și control (**ECU**) al modelului. De asemenea procesul de parametrizare a motorului policilindric fiind finalizat este prezentat și procesul de simulare și afișare a rezultatelor.

Desfășurarea lucrării

Lucrarea de laborator se desfășoară prin parcurgerea algoritmului prezentat în cele ce urmează, în scopul realizării unei aplicații practice de modelare a unui motor policilindric cu aprindere prin comprimare, fiind o continuare a lucrărilor de laborator cu numărul 7 și 8.

Se încarcă modelul deja realizat prin accesul opțiunii **File -> Open**, din bara de mediu, și se continuă procesul de parametrizare a modelului.

PIPES

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 9.1). Pentru fiecare conductă din cadrul modelului introduceți datele din tabelul 9.1. Valoarea inițială de (100000 mm) este utilizată pentru caracterizarea parametrului general **Bending Radius**. În subgrupul **Initialization**, selectați **Global set** din meniul **Preference** și selectați seturile de inițializare specificate în tabelul 7.1 (figura 9.2).

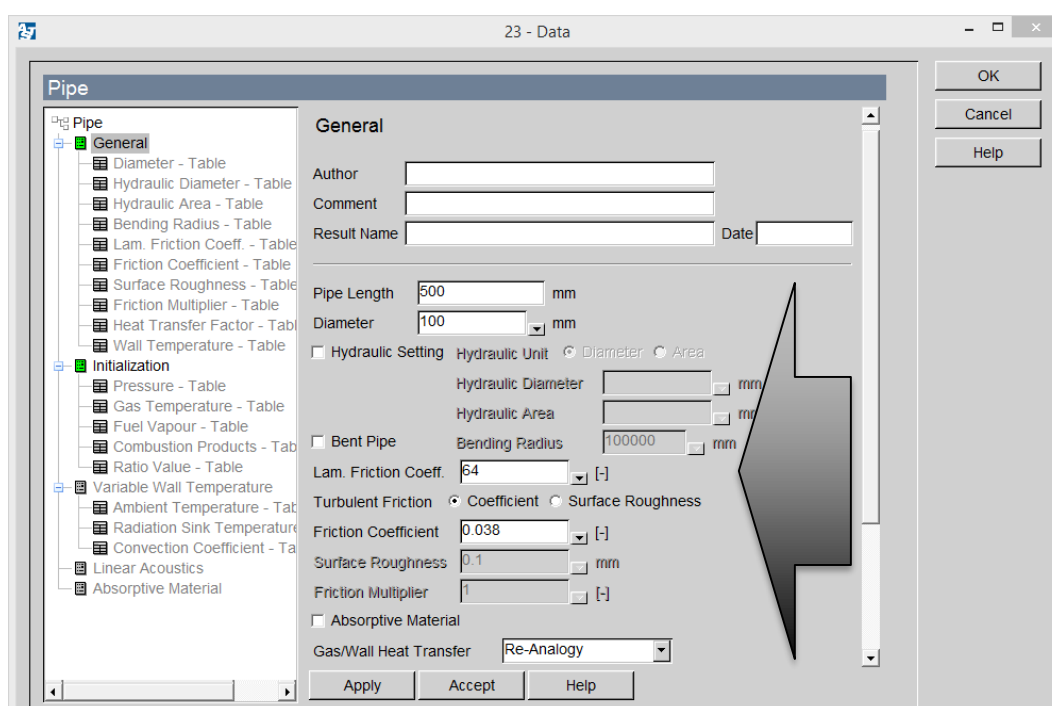


Fig. 9.1 Opțiunea GENERAL

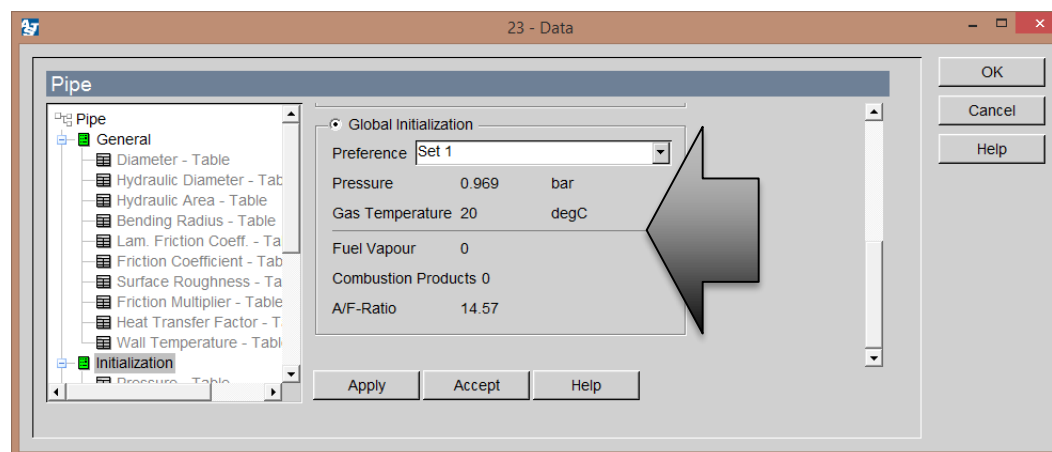


Fig. 9.2 Opțiunea INITIALIZATION

Tabel 9.1 Caracteristicile elementelor Pipes

Pipe No.	Pipe Length (mm)	Diameter (mm)	Friction Coeff (-)	Wall Temp (degC)	Global Initialization
Pipe 1	1000	50	0.038	69	Set 4 global
Pipe 2	1000	TABLE 1*	0.020	34	Set 2 global
Pipe 3	500	TABLE 2*	0.020	226.7	Set 8 global
Pipe 4	40	70	0.034	69	Set 4 global
Pipe 5	100	70	0.034	69	Set 4 global
Pipe 6	100	70	0.020	69	Set 4 global
Pipe 7	300	30	0.036	69	Set 4 global
Pipe 8	300	30	0.036	69	Set 4 global
Pipe 9	300	30	0.036	69	Set 4 global
Pipe 10	300	30	0.036	69	Set 4 global
Pipe 11	60	34	0.040	280	Set 5 global
Pipe 12	60	34	0.040	280	Set 5 global
Pipe 13	60	34	0.040	280	Set 5 global
Pipe 14	60	34	0.040	280	Set 5 global
Pipe 15	50	35	0.023	280	Set 5 global
Pipe 16	50	35	0.023	280	Set 5 global
Pipe 17	350	50	0.023	280	Set 5 global
Pipe 18	350	50	0.023	280	Set 5 global
Pipe 19	50	50	0.020	280	Set 5 global
Pipe 20	50	50	0.021	280	Set 5 global
Pipe 21	1000	TABLE 3*	0.038	80	Set 3 global
Pipe 22	500	100	0.038	22	Set 1 global
Pipe 23	500	100	0.038	280	Set 5 global
Pipe 24	1000	50	0.038	40	Set 10 global
Pipe 25	150	20	0.035	280	Set 5 global
Pipe 26	100	20	0.035	280	Set 5 global
Pipe 27	150	22	0.035	80	Set 6 global
Pipe 28	150	50	0.020	252	Set 7 global

Tabel 9.2 Caracteristicile geometrice ale elementelor Pipes

Nr.	TABLE 1		TABLE 2		TABLE 3	
	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]	X [mm]	Y [mm]
1	0	250	0	50	0	50
2	50	250	250	100	500	50
3	350	200	500	100	750	100
4	800	200	-	-	1000	100
5	1000	175	-	-	-	-

Deoarece conductele 2, 3 și 21 sunt atribuite elementelor: turbocompresor, catalizator și respectiv răcitor, acestea nu au un diametru constant pe toată lungimea lor (vezi forma constructivă a elementelor specificate) și de aceea trebuie definite cu ajutorul funcțiilor de parametrizare tabelare (tabelul 9.2).

Pentru aceasta se face click pe simbolul ▼, iar la deschiderea sub meniului se selectează opțiunea **Table** (figura 9.3). Pentru activarea câmpurilor de introducere a datelor de mai jos se selectează opțiunea **Insert Row**.

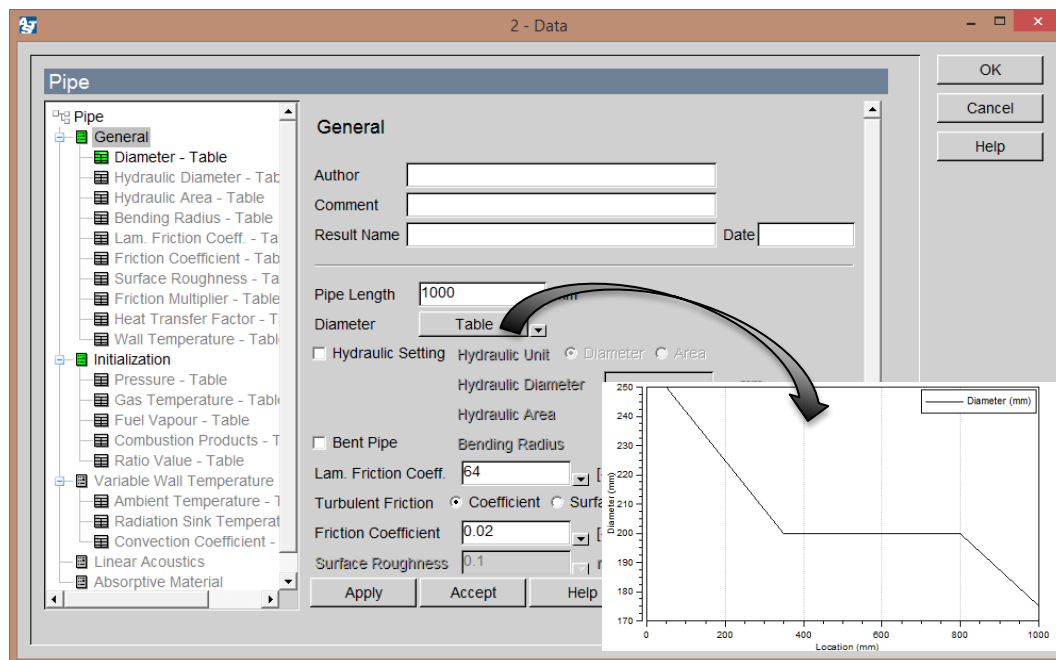


Fig. 9.3 Opțiunea GENERAL – selectarea opțiunii Table

MEASURING POINT

Introducerea punctelor de măsurare și monitorizare în cadrul unui model apare ca și o necesitate în achiziția unor parametri specifici, pentru analiza suplimentară a acestora (pe lângă valorile reieșite din simularea modelului). În cazul de față ne interesează care este variația coeficientului de umplere (sau randamentul volumetric) în cadrul unui ciclu funcțional al motorului cu aprindere prin scânteie studiat.

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Click pe subgrupul **General** și introduceți următoarele valori (figura 9.4 și tabelul 9.3):

MP1 - Data

Measuring Point

- Measuring Point
 - General

General

Author:

Comment:

Result Name: Date:

Located in Pipe 2 (length 1 m)

Location of Measuring Point from Upstream Pipe End: mm

Output Extent :

☐ Standard

☒ Extended

Buttons: OK, Cancel, Help, Apply, Accept, Help

Fig. 9.4 Opțiunea GENERAL

Tabel 9.3 Amplasarea punctelor de măsurare

Measuring Point	Location of Measuring Point from Upstream Pipe End (mm)	Output Extension
Measuring Point 1	100	Extended
Measuring Point 2	100	Extended
Measuring Point 3	50	Extended
Measuring Point 4	50	Extended
Measuring Point 5	100	Extended
Measuring Point 6	100	Extended
Measuring Point 7	50	Extended
Measuring Point 8	50	Extended
Measuring Point 9	100	Extended
Measuring Point 10	100	Extended
Measuring Point 11	50	Extended
Measuring Point 12	100	Extended

Reference Point for Volumetric Efficiency

Selectați opțiunile **Simulation -> Volumetric Efficiency** pentru deschiderea ferestrei de lucru. Selectați **Measuring Point 2** ca și element de referință (figura 9.5).

ReferenceElement

Reference Element

Current reference element: Measuring Point 'MP2'

Valid reference elements are plenum and measuring point.

Buttons: OK, Cancel, Help, Clear

Fig. 9.5 Opțiunea Volumetric Efficiency

ECU

Pas 1. Opțiunea GENERAL

Dublu click pe elementul **ECU** pentru editare (figura 9.6). Click pe opțiunea **General** și introduceți valorile de mai jos:

Desired Engine Speed	2500 rpm
Speed Control Gains	
Proportional	0.01 1/rpm
Integral	0.001 1/rpm/s
Differential	0 s/rpm
Load Signal Base Value	0
Dynamic Functions Activated for	
Positive load changes greater than	1 1/s
Negative load changes smaller than	1 1/s
Frequency Control	Cyclic

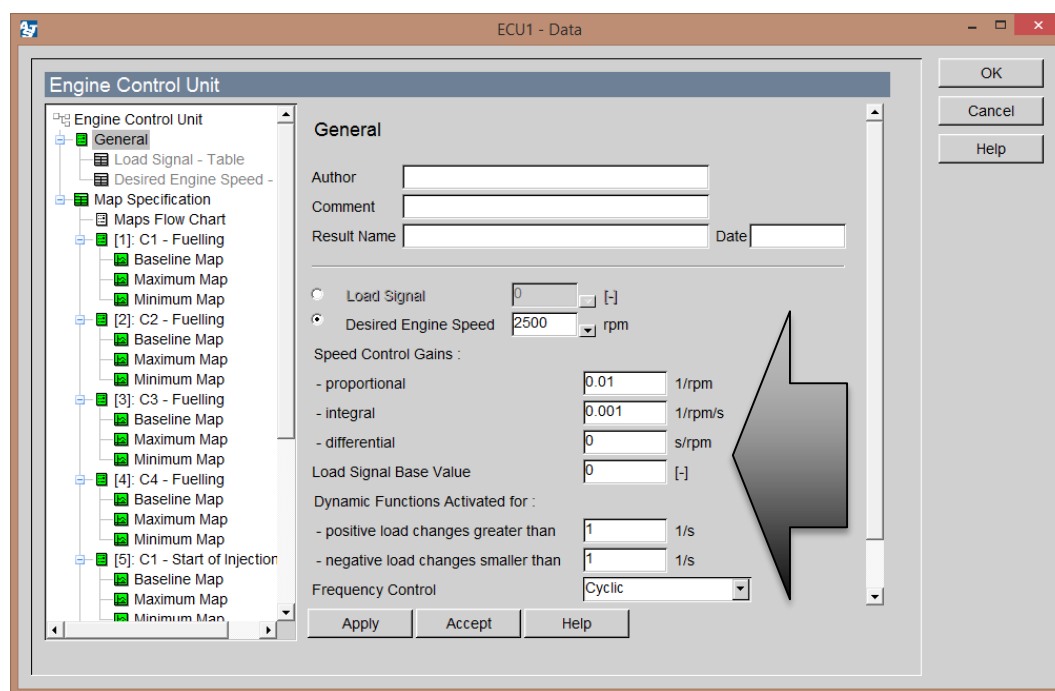


Fig. 9.6 Opțiunea GENERAL

Pas 2. Opțiunea MAP SPECIFICATION

Click pe opțiunea **Map Specification**. Inserați în rândurile tabelului elementele controlate și comandate de **ECU** (figura 9.7). Faceți click pe butonul de acces la meniul și alegeți parametrul de definește fiecare element controlat și comandat de **ECU** elementul (opțiunea necesară). Pentru Cylinder **1 ... 4: Fuelling** - masa de combustibil injectată, **Start of Injection** – respectiv momentul de început al injectiei.

Element

Cylinder 1 ... 4

Cylinder 1 ... 4

Actuator Channel

Fuelling

Start of Injection

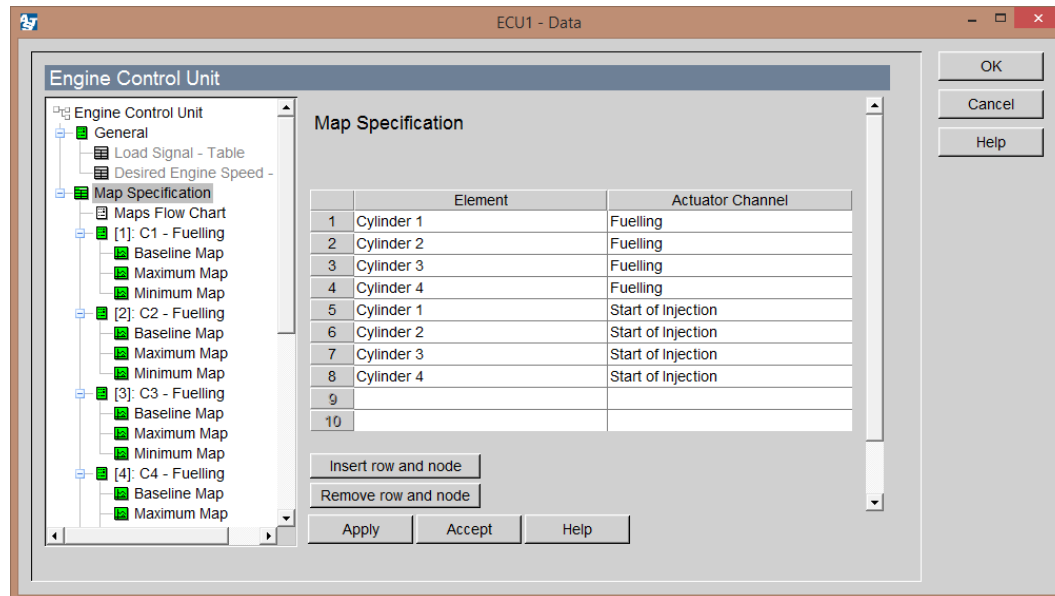


Fig. 9.7 Opțiunea MAP SPECIFICATION

Pas 3. Engine Control Unit - Maps Flow Chart

Click pe opțiunea **Maps Flow Chart**. Se va deschide ecranul în care este prezentat modul de compunere și funcționare a **ECU** pe baza hărților specifice proceselor funcționale ale motorului (figura 9.8).

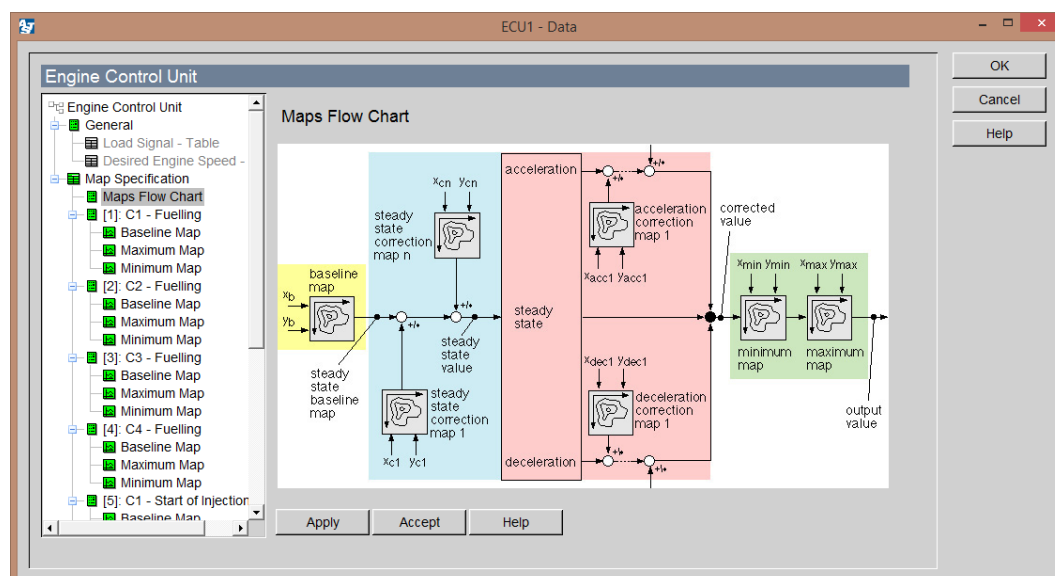


Fig. 9.8 Opțiunea ENGINE CONTROL UNIT – MAPS FLOW CHART

Pas 4. C1 – Fuelling

Click pe opțiunea **C1 – Fuelling**. Selectați pentru meniul **Baseline Value** opțiunea **Map** pentru parametrul C1 – Fuelling (figura 9.9).

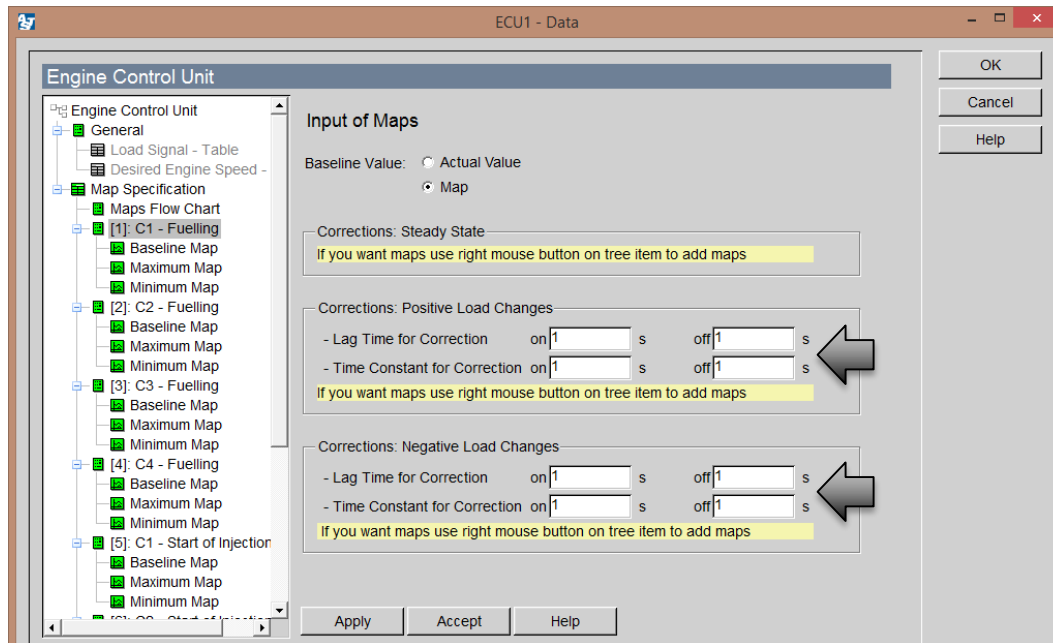


Fig. 9.9 Opțiunea C1 – FUELLING

Pas 5. C1 – Fuelling Baseline Map

Click pe opțiunea **Baseline Map**. Introduceți datele din figura 9.10:

Speed	2500 rpm
Load Signal	1
Fuelling	4.00 mg

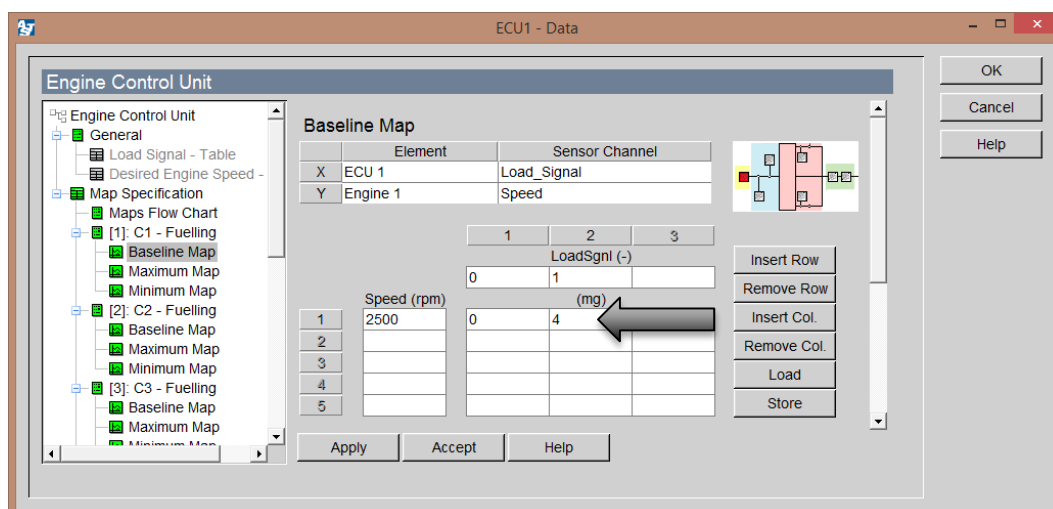


Fig. 9.10 Opțiunea C1 – FUELLING BASELINE MAP

Click pe opțiunea **Maximum Map** și introduceți datele din figura 9.11:

Speed	2500 rpm
Load Signal	1
Fuelling	4.50 mg

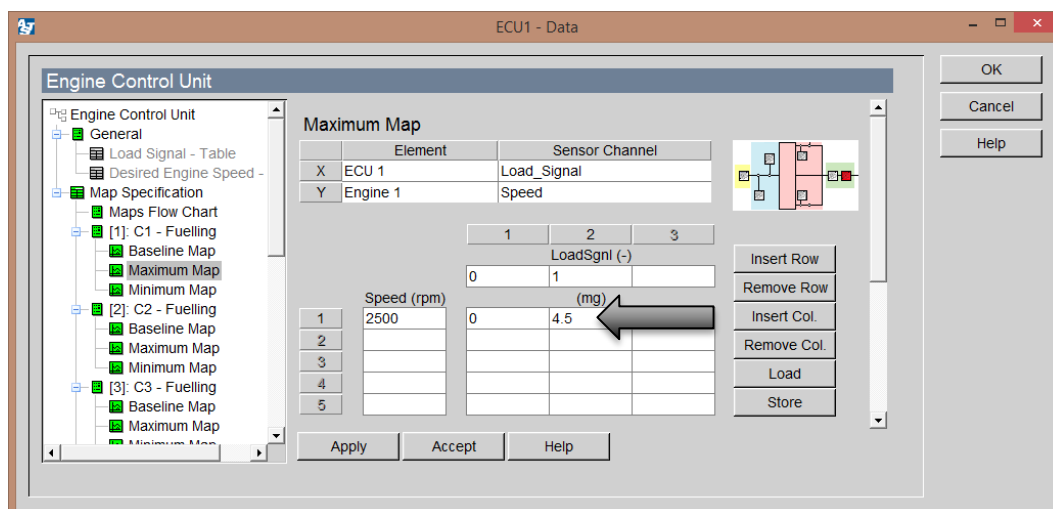


Fig. 9.11 Opțiunea C1 – FUELLING MAXIMUM MAP

Click pe opțiunea **Minimum Map** și introduceți datele din figura 9.12:

Speed	2500 rpm
Load Signal	1
Fuelling	3.50 mg

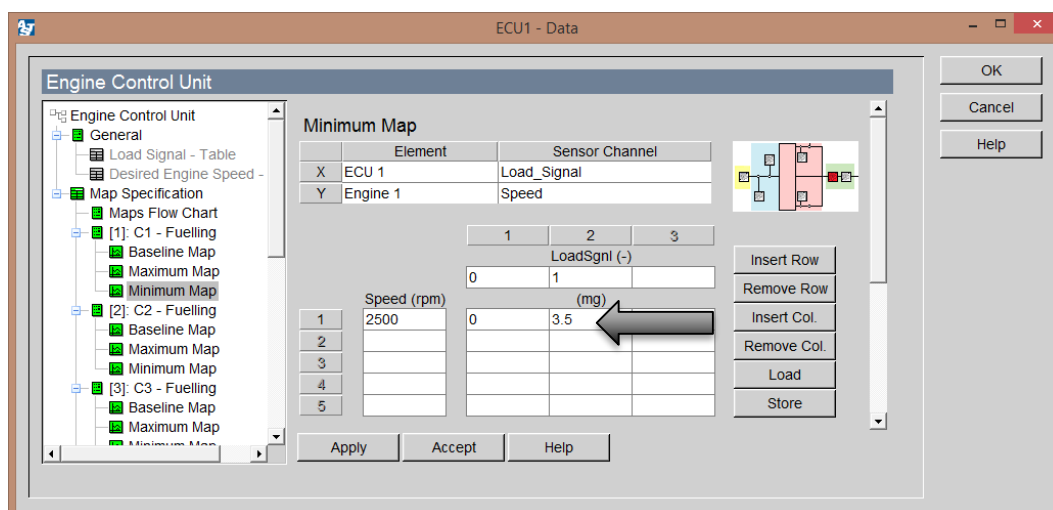


Fig. 9.12 Opțiunea FUELLING MINIMUM MAP

Definiți în mod identic opțiunea **Fuelling** pentru cilindrii C2, C3 și C4 pentru hărțile de injecție de bază, de corecție maximă și respectiv de corecție minimă.

Pas 6. C1 – Start of Injection

Click pe opțiunea **C1 – Start of Injection**. Selectați pentru meniul **Baseline Value** opțiunea **Map** pentru parametrul **C1 – Start of Injection** (figura 9.13).

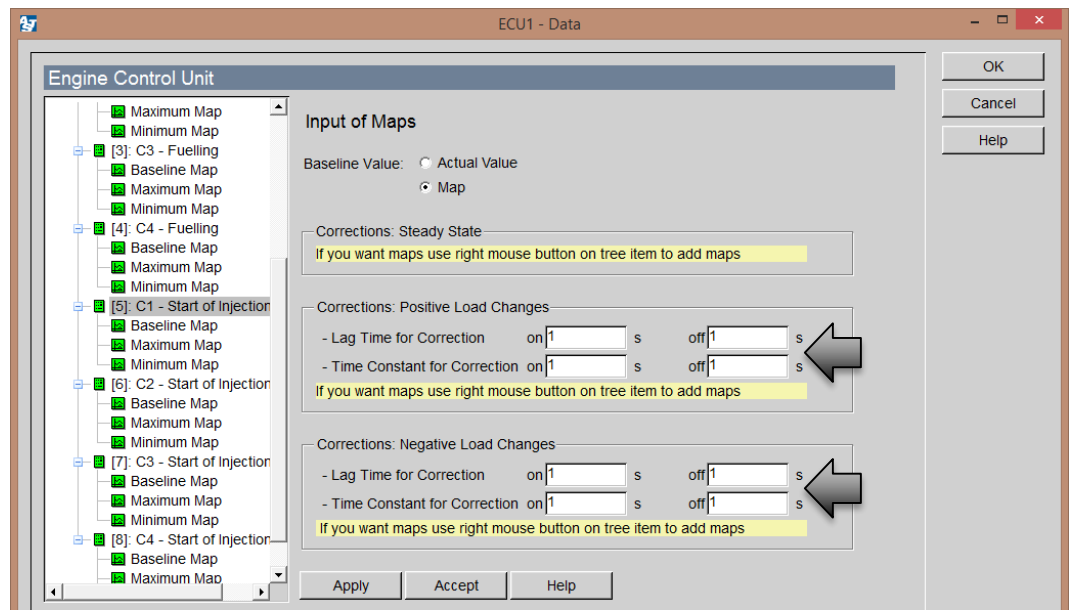


Fig. 9.13 Opțiunea C1 – START OF INJECTION

Click pe opțiunea **Baseline Map**. Introduceți datele din figura 9.14:

Speed	2500 rpm
Load Signal	1
Start of Injection	- 5.50 deg

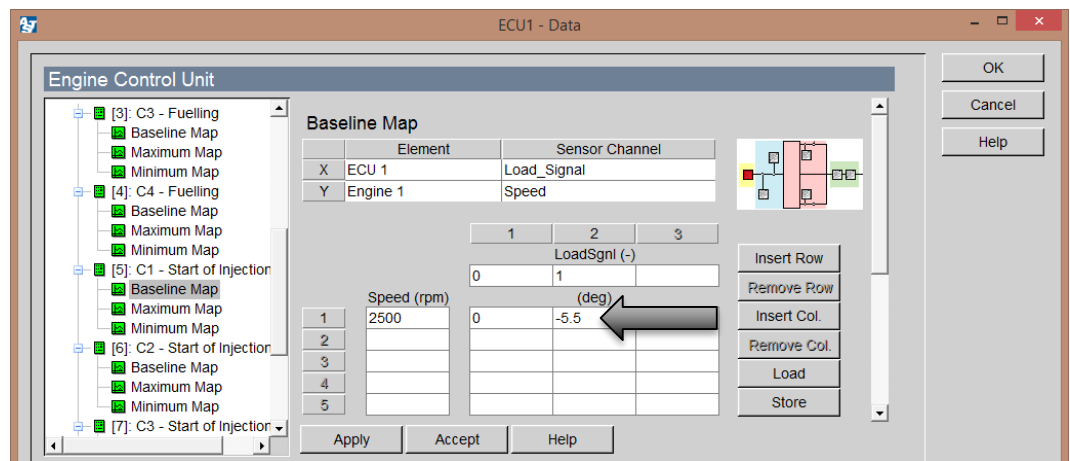


Fig. 9.14 Opțiunea C1 – START OF INJECTION BASELINE MAP

Speed	2500 rpm
Load Signal	1
Start of Injection	- 6.00 deg




Speed	2500 rpm
Load Signal	1
Start of Injection	- 5.00 deg



Definiți în mod identic opțiunea **Start of Injection** pentru cilindrii C2, C3, respectiv C4 pentru hărțile de injecție de bază, de corecție maximă și respectiv de corecție minimă.

Atenție !!! Nu uitați să apăsați butonul Apply pentru ca datele deja introduse (și setările astfel realizate) să fie salvate ! Înainte de a porni simularea salvați modelul !

Run Simulation

Selectați opțiunile **Simulation -> Run** din meniul de bază sau click pe butonul din bara de instrumente  pentru deschiderea ferestrei de lucru (figura 9.17).

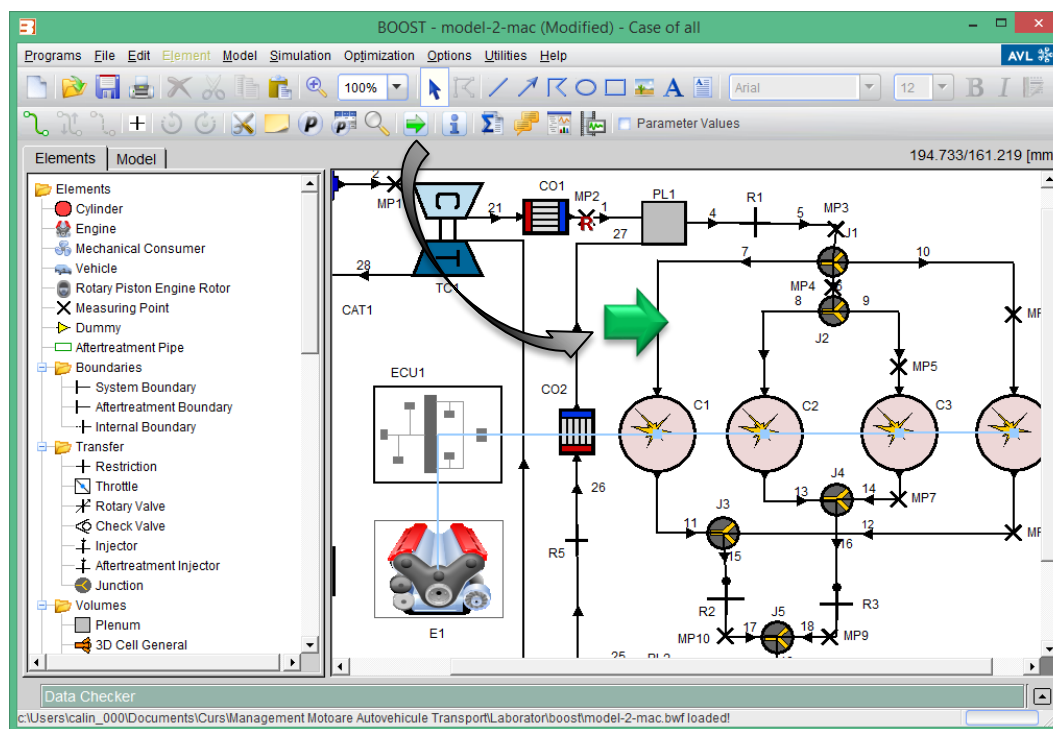


Fig. 9.17 Opțiunea RUN SIMULATION

Cases: selectați toate cazul de simulare și porniți procesul de simulare (figura 9.18).

Tasks: selectați cazul de simulare care să conțină seturile de date necesare a fi analizate și rezultate în urma procesului de simulare.

Pentru începerea efectivă a procesului de simulare click pe butonul **Run**, iar în fereastra ce se va deschide se poate urmări desfășurarea și informații suplimentare privind procesul de simulare (figura 9.19).

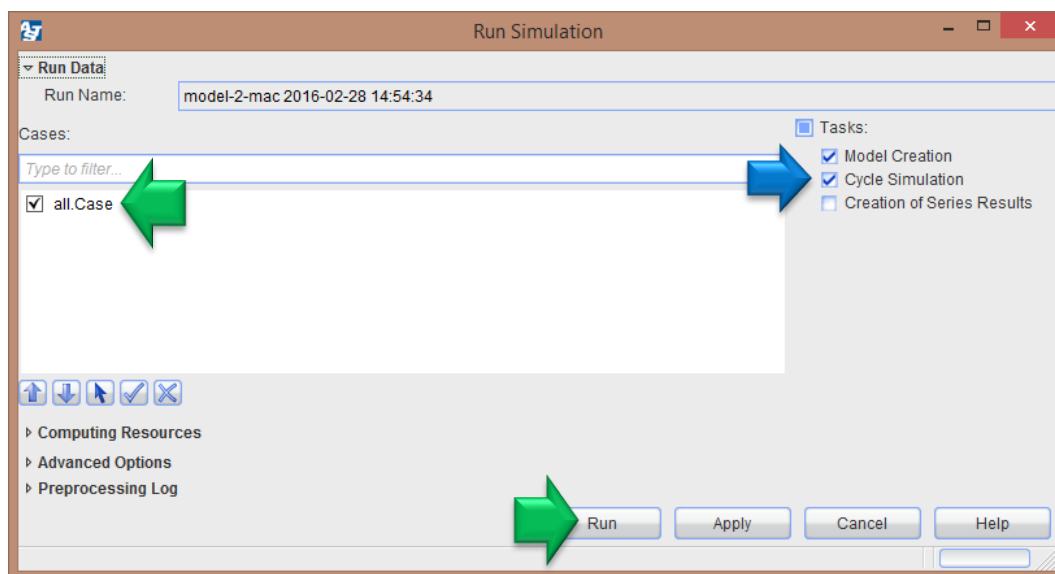


Fig. 9.18 Opțiunea RUN SIMULATION

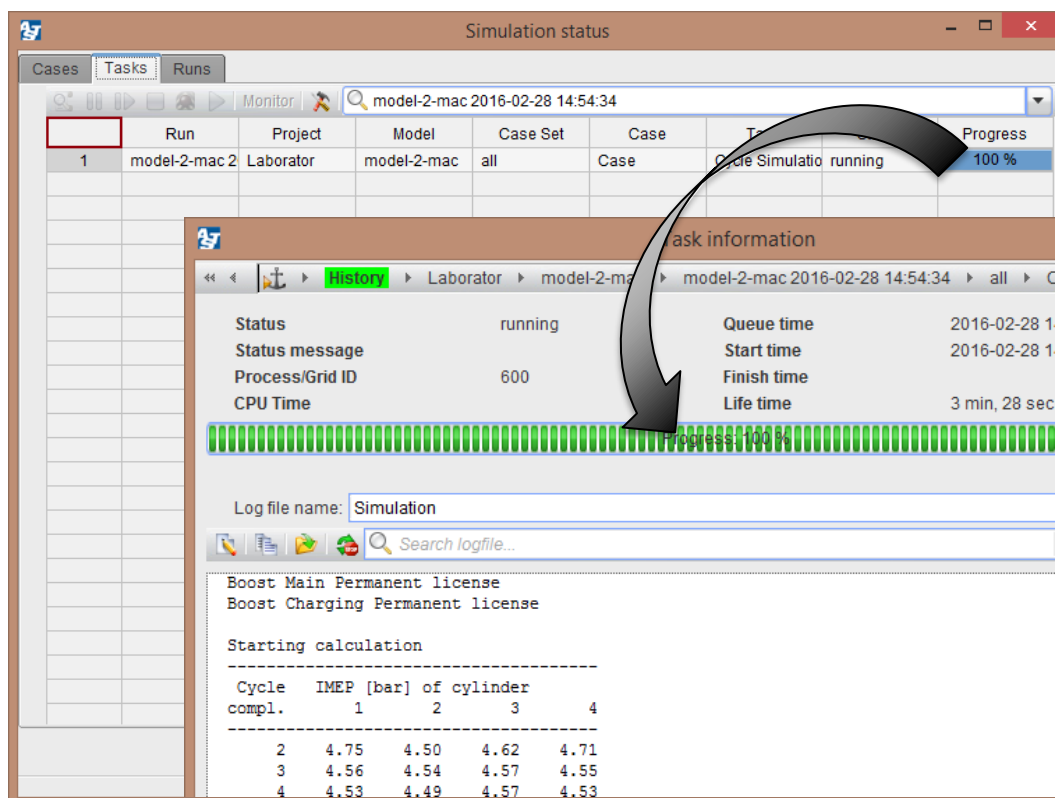


Fig. 9.19 Derularea procesului de simulare

Odată cu finalizarea procesului de simulare faceți click pe butonul **OK** pentru ieșire din această fereastră de lucru, iar după aceea, alegeți opțiunea **Close** pentru ieșirea din fereastra de lucru **Simulation Status** (figura 9.20).

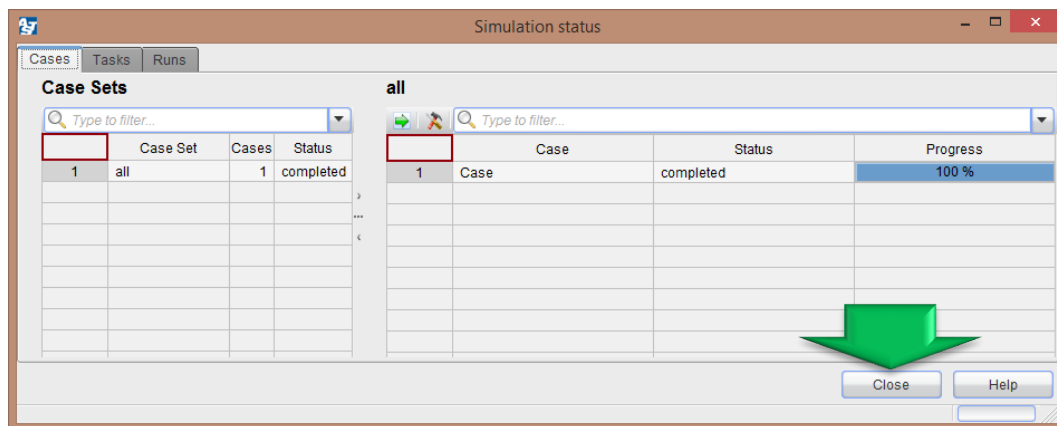


Fig. 9.20 Încheierea procesului de simulare

Analiza rezultatelor (Impress Chart)

Analiza rezultatelor obținute se va efectua cu ajutorul programului de post-procesare **Impress Chart**. Din meniul **Simulation – Show Results** (figura 9.21) încărcăm rezultatele simulărilor în **Impress Chart** (figura 9.22).

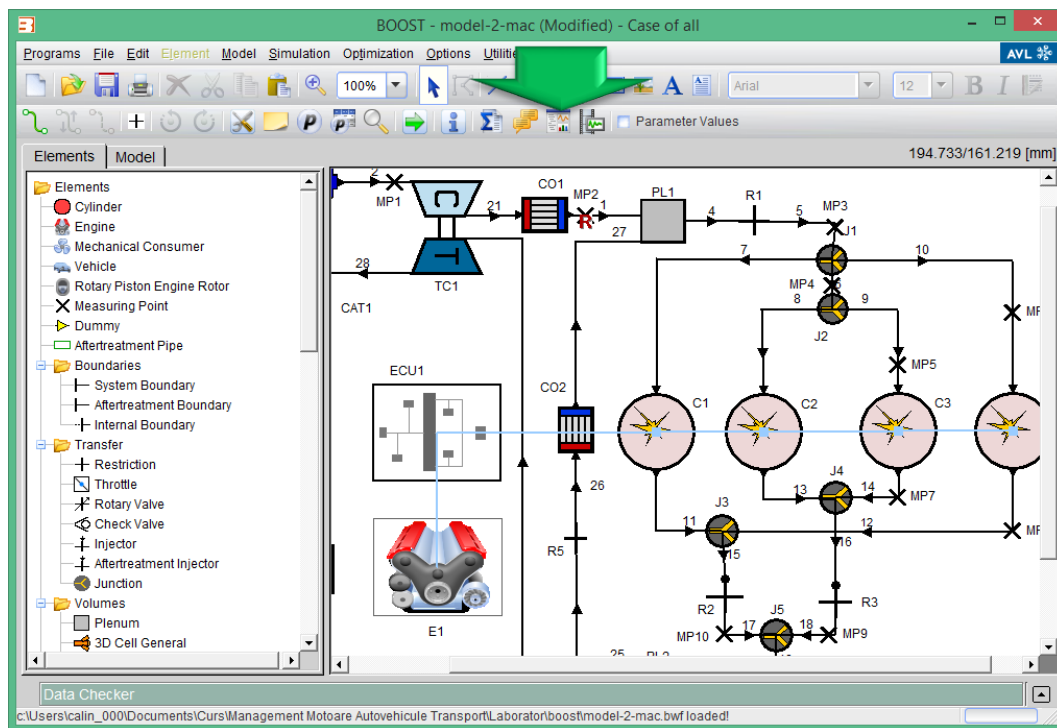


Fig. 9.21 Meniul Simulation – Show Results

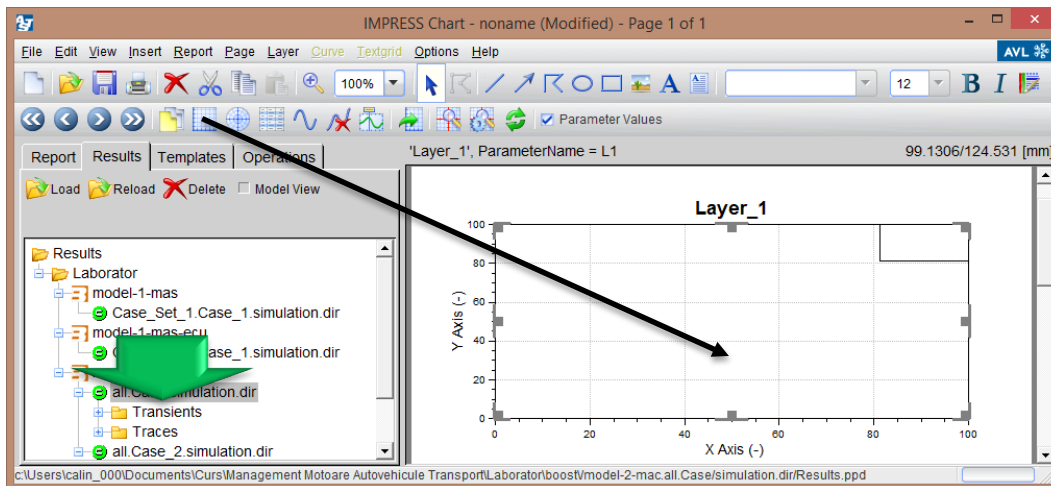


Fig. 9.22 Programul post-procesare Impress Chart

Rezultatele simulărilor computerizate se aleg din cele două baze de rezultate:

- **Transients:** rezultate ale simulărilor raportate la timp (s) pe abscisa graficului
- **Traces:** rezultate ale simulărilor raportate la unghiul de rotație al arborelui cotit (deg)

și se transpun pe grafic (**Layer**) cu dublu click pe parametrul care se dorește analizat: **Pressure** figura 9.23, **Rate of Heat Release** figura 9.24, **NO_x Accumulated** figura 9.25, respectiv **Soot Accumulated** figura 9.26.

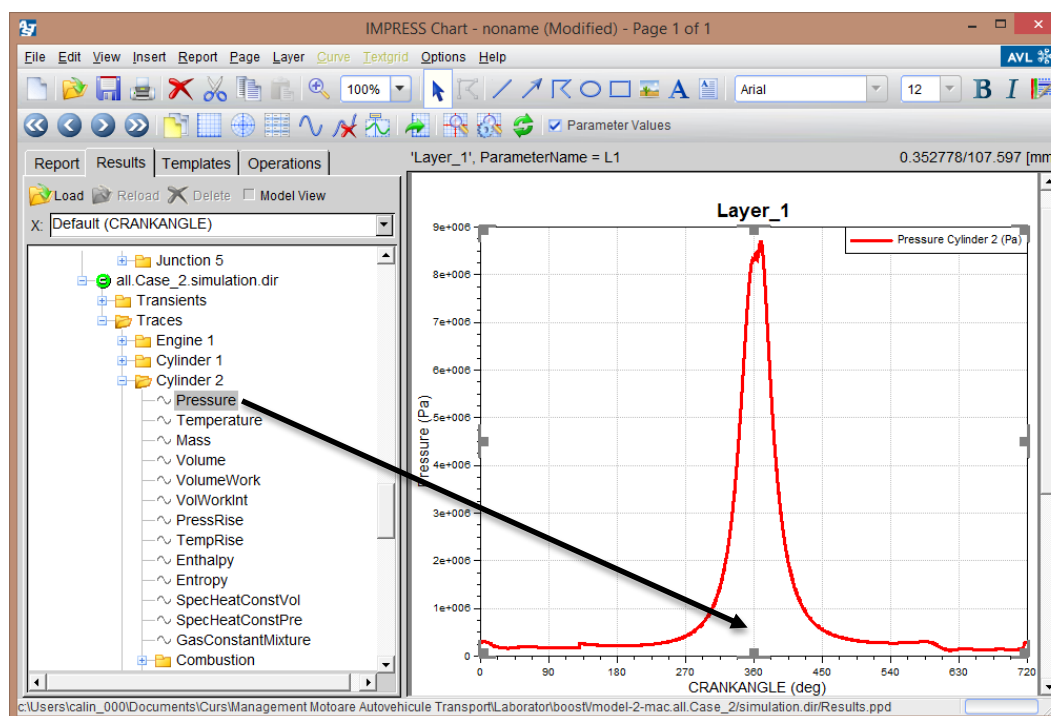


Fig. 9.23 Rezultatele simulărilor computerizate: Pressure

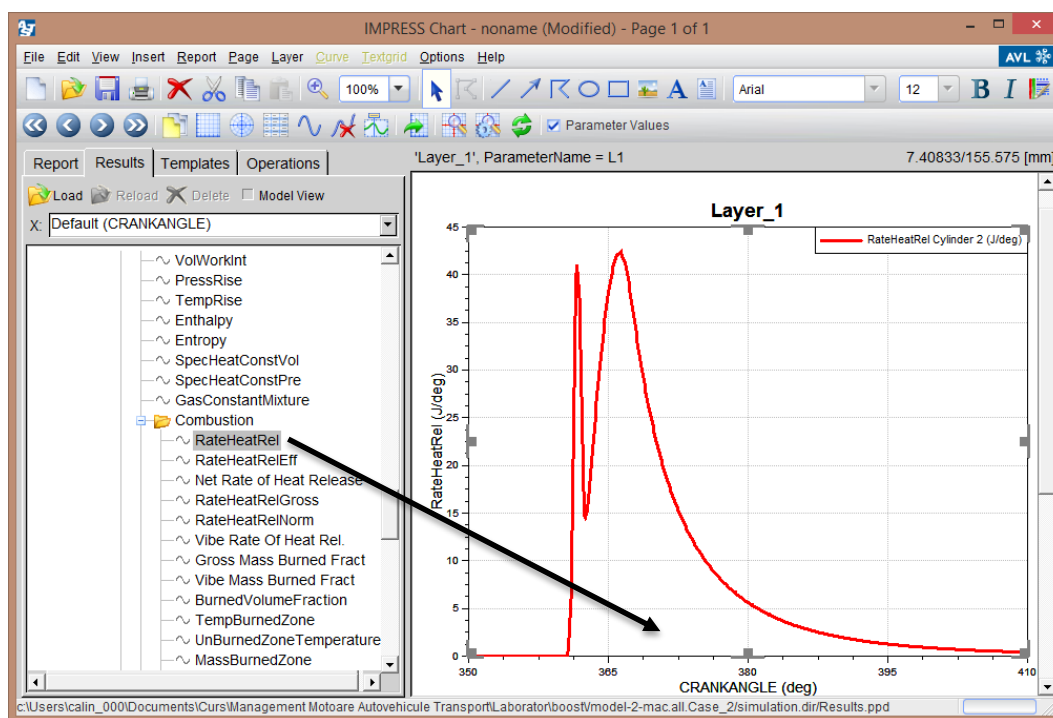


Fig. 9.24 Rezultatele simulărilor computerizate: Rate of Heat Release

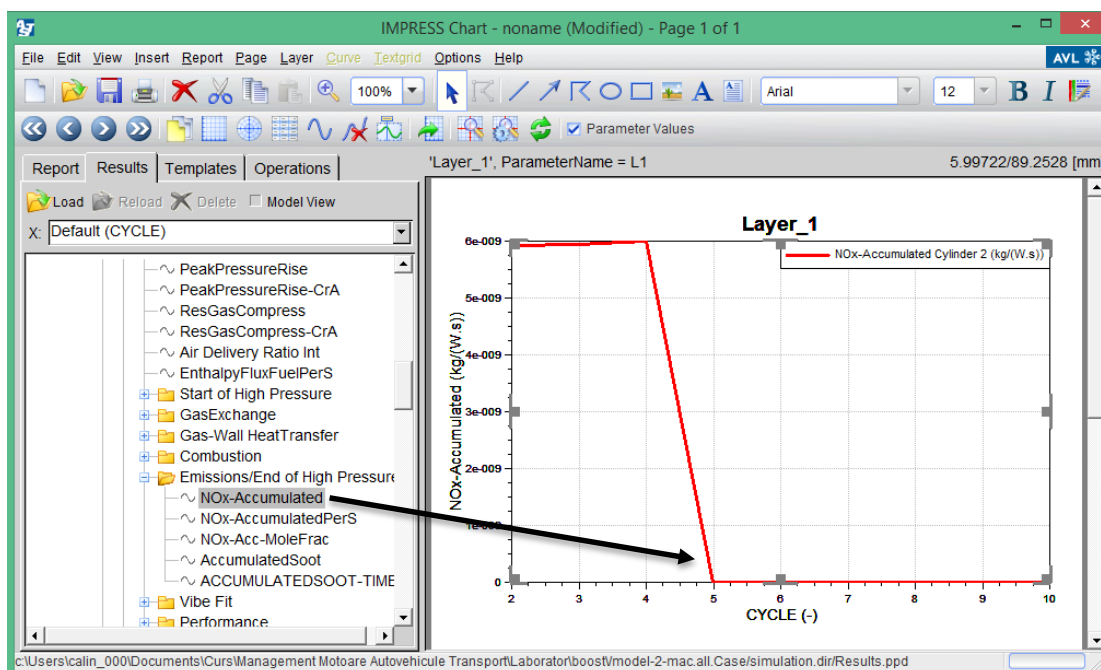


Fig. 9.25 Rezultatele simulărilor computerizate: NO_x Accumulated

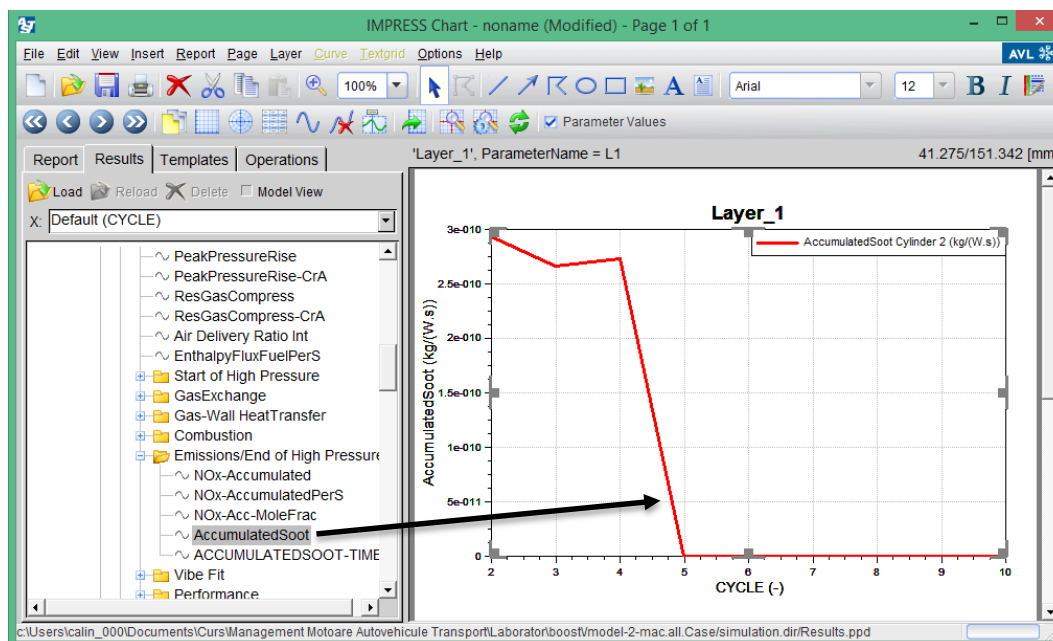


Fig. 9.26 Rezultatele simulărilor computerizate: Soot Accumulated

Teste de autoevaluare, teme și aplicații practice

1. Modificați pentru diferite valori, parametrii ce caracterizează modelul de ardere **Vibe**, față de modelul creat în cadrul lucrărilor de laborator 2 – 4. Rulați simularea și comparați rezultatele. Explicați diferențele.
2. Modificați în modelul de motor durata de deschidere a supapei de admisie (**Cam Length**) pentru valori cuprinse între 160 și 170 de grade. Realizați simulările aferente pentru un pas de 2 grade pentru fiecare caz. Afișați pe același grafic rezultatele obținute și analizați influența variației acestui parametru asupra performanțelor motorului.
3. Modificați în modelul de motor durata de deschidere a supapei de evacuare (**Cam Length**) pentru valori cuprinse între 175 și 185 de grade. Realizați simulările aferente pentru un pas de 2 grade pentru fiecare caz. Afișați pe același grafic rezultatele obținute și analizați influența variației acestui parametru asupra performanțelor motorului.
4. Pe baza rezultatelor obținute în cadrul testelor 2 și 3, analizați care proces (de admisie sau de evacuare) prezintă o influență mai mare în eficiența energetică a unui motor cu ardere internă.
5. Explicați lipsa elementului Injector în cadrul structurii modelului de motor cu aprindere prin comprimare dezvoltat în cadrul lucrărilor de laborator.
6. Care sunt modalitățile de reprezentare a datelor obținute prin simulare?
7. Folosind rezultatelor obținute prin simularea modelului de motor realizat în cadrul laboratoarelor 7 – 9, afișați grafic parametrii **Power** și **Torque** în cadrul unui singur **Layer**, în zone diferite și cu scale de măsură diferite.

8. Folosind elementele de analiză statistică din utilitarul **Impress Chart** determinați valoarea totală, valoarea maximă și medie a **Rate of Heat Release** pentru modelul de motor cu aprindere prin comprimare din cadrul laboratoarelor 7 – 9.
9. Creați un model de motor cu aprindere prin scânteie cu trei cilindri în linie.
10. Ce tipuri de conexiuni permite programul **AVL BOOST** să fie utilizate în construcția unui model?
11. Modificați alternativ alezajul și cursa pistonului în exemplul prezentat în lucrările de laborator 2 – 4. Simulați noile modele și interpretați rezultatele comparativ cu modelul inițial (din punct de vedere al performanțelor energetice ale motorului).
12. Calculați aria efectivă de curgere prin orificiul unei supape pentru o supapă de admisie cu diametrul scaunului supapei de 40 mm și un coeficient $\alpha = 0.2$ mm.
13. Utilizați modelul din cadrul laboratoarelor 2 – 4 și modificați temperatura aerului admis la valoarea de 40 °C. În urma analizei rezultatelor obținute prin simulare ce concluzii se pot trage?
14. Analizați influența modificării tipului uleiului de ungere (pentru diferite clase de viscozitate SAE) asupra performanțelor unui motor.
15. Analizați influența modificării temperaturii uleiului de ungere asupra eficienței energetice a unui motor.
16. Folosind metodele de analiză numerică analizați influența modificării excentricității unui piston asupra performanțelor unui motor cu ardere internă.
17. Explicați necesitatea/utilitatea introducerii în cadrul modelelor a unor puncte de referință (**Measurement Points**).
18. Trasați diagrama indicată (coordonate $p - V$) pentru un model de motor realizat în cadrul activităților de laborator, prin utilizarea funcțiilor specifice de setare a axelor de coordonate a **Layer**-ului de reprezentare grafică.

19. Pentru modelul de motor cu aprindere prin comprimare, modificați atât cantitatea injectată cât și durata pentru injecția pilot (alternativ). Realizați simularea computerizată pentru 5 – 10 cazuri de lucru considerând variația doar unui singur parametru. Ce concluzii rezultă relativ la graficul **Rate of Heat Release** datorită procesului de ardere?

20. Pentru modelul de motor cu aprindere prin comprimare, modificați legea de deschidere a acului injector (de exemplu: o lege de variație liniară). Realizați simularea și comparați datele obținute din punct de vedere al performanțelor funcționale ale motorului.

21. Reproduceți caracteristicile parametrilor de injecție determinați de legea de injecție **iRate (calculated)** prin legea de injecție **NormROI (user defined)**, definind momentele de început și sfârșit ale injecției pilot și injecției principale, respectiv durata acestor secvențe de injecție.

22. Reprezentați în aplicația **Impress Chart** comparativ, rezultatele simulărilor obținute pentru cele două legi de injecție (**iRate** și **NormROI**) pentru următoarele mărimi rezultate în urma procesului de ardere: **Pressure, Temperature, VolumeWork, Rate of Heat Release, NO_x Accumulated**, respectiv **Accumulated Soot**.

23. Optimizați parametrii de comandă ai **ECU** pentru legea de injecție **iRate (delay_tu, delay_ts, delay_te, delay_td)** în modelul motorului policilindric construit în laboratoarele 7 – 9, astfel încât să rezulte valori similare pentru graficul **Rate of Heat Release** în aplicația **Impress Chart** în cazul utilizării celor două legi de injecție.

24. Pentru modelul motorului policilindric construit în laboratoarele 7 – 9 introduceți o post-injecție care să înceapă la 2 °RAC după injecția principală și care să dureze 3 °RAC. Repetați simulările și încărcați rezultatele în **Impress Chart**.

25. Analizați graficul pentru **Rate of Heat Release** și **NO_x Accumulated** pentru modelul de motor cu două secvențe de injecție, respectiv cu trei secvențe de injecție. Comparați rezultatele obținute.

26. Repetați simulările pe modelul de motor policilindric pentru diferite valori ale turației motorului (**Speed**) și ale cantității de combustibil injectată pe ciclu motor (**Fuel Mass / Cycle**), pornind de la valorile definite în model (2500 min⁻¹ și 4 mg) și de la aceste

valori creșteți valoarea pentru cantitatea de combustibil injectată cu 1 mg pentru creșterea turației motorului cu 1000 min⁻¹, respectiv reduceți valoarea pentru cantitatea de combustibil injectată cu 1 mg pentru scăderea turației motorului cu 1000 min⁻¹.

27. Pentru simulările realizate la subiectul 26, reprezentați în aplicația **Impress Chart** comparativ, rezultatele obținute pentru următoarele mărimi rezultate în urma procesului de ardere: **Pressure, Temperature, VolumeWork, Rate of Heat Release, NO_x Accumulated**, respectiv **Accumulated Soot**. Fiecare dintre aceste mărimi vor fi reprezentate în câte un **Layer** pentru a evidenția evoluția parametrului evaluat odată cu modificarea turației motorului.

28. Evaluați funcționarea modelului de motor policilindric la temperaturi de pornire scăzute: -10 °C, 0 °C, respectiv 10 °C, prin modificarea temperaturii ambientale în setul de condiții de inițializare (opțiunea **Initialization**), respectiv în zonele de parametrizare **System Boundary** (SB1, SB2) prin activarea opțiunii **Local Boundary -> Conditions**.

29. Pentru simulările realizate la subiectul 28, reprezentați în aplicația **Impress Chart** comparativ, rezultatele obținute pentru următoarele mărimi rezultate în urma procesului de ardere: **Pressure, Temperature, VolumeWork, Rate of Heat Release, NO_x Accumulated**, respectiv **Accumulated Soot**.

30. Modificați tipul de combustibil definit în **Simulation Control / Globals -> Classic Species Setup -> Fuel Properties** pentru modelul de motor monocilindric. Repetați simulările încărcând fiecare tip de combustibil disponibil în secțiunea **Fuel Properties**. Evaluați rezultatele obținute prin analiza graficului pentru **Rate of Heat Release**. Evidențiați și justificați cazurile în care motorul nu funcționează cu unele din tipurile de combustibil definite.

Bibliografie

- [1] AVL BOOST version 2014, 1 Cylinder Gasoline Engine Example, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0103.2014.1, Edition 02.2015;
- [2] AVL BOOST version 2014, Aftertreatment, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0107.2014.1, Edition 02.2015;
- [3] AVL BOOST version 2014, Engine Performance Combustion Model Examples, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0105.2014.1, Edition 02.2015;
- [4] AVL BOOST version 2014, Engine Performance Compression Ignited Examples, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0105.2014.1, Edition 02.2015;
- [5] AVL BOOST version 2011, Examples, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0105.2011, Edition 07.2011;
- [6] AVL BOOST version 2011, Gas Properties Tool Users Guide, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0118.2011, Edition 07.2011;
- [7] AVL BOOST version 2011, Primer, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0103.2011;
- [8] AVL BOOST version 2014, Theory, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0114.2014.1, Edition 02.2015;
- [9] AVL BOOST version 2014, Users Guide, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0104.2014.1, Edition 02.2014;
- [10] AVL BOOST version 2014, Validation, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 01.0106.2014.1, Edition 02.2014;
- [11] AVL WORKSPACE version 2011, Graphical User Interface Users Guide, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 18.0101.2011, Edition 07.2011;
- [12] AVL WORKSPACE version 2014, IMPRESS Chart Users Guide, AVL List GmbH, Graz, Austria, Document no. 18.0108.2014.1, Edition 02.2014.