

EXECUTANT: UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA, CATEDRA: ARMA

Programul: IDEI; Tipul proiectului: Proiecte de cercetare exploratorie

Cod proiect: ID_1098; Nr. Contract: 88/01.10.2007

ETAPA 2009

Desfășurarea activităților în vederea atingerii obiectivelor propuse

3.1. DETERMINAREA PARAMETRILOR FUNCȚIONALI MOTORULUI CU ARDERE INTERNĂ PRIN ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE PE STAND DE PROBĂ

3.1.1. Determinarea parametrilor funcționali ai motorului cu combustibilul martor (motorina)

În scopul efectuării cercetărilor privind utilizarea amestecurilor de biodiesel-motorină-bioetanol ca și combustibili alternativi la motoarele diesel, s-au utilizat facilitățile laboratorului de Motoare cu ardere internă și al laboratorului de Biocombustibili, ambele din cadrul Catedrei: Autovehicule Rutiere și Mașini Agricole a Facultății de Mecanică din cadrul UTC-N. Aceste laboratoare dispun de standuri complet echipate, fiind prevăzute cu frâne hidraulice, traductoare pentru determinarea principalilor parametri funcționali ai motoarelor, aparatură de măsură și control, sisteme de achiziție și prelucrare a datelor experimentale etc.

Standul experimental (fig. 3.1), echipat cu un motor tip D-2402.000, frână hidraulică și sistem de achiziție de date, permite măsurarea turației, forței de frânare, consumul de combustibil, durata încercării, precum și a temperaturii lichidului de răcire. Alimentarea cu combustibil se realizează din blocul de rezervoare care se pot comuta în funcție de combustibilul utilizat (fig. 3.2).

Utilizând motorină comercială au fost ridicate variațiile ale puterii, momentului și consumului de combustibil.



Fig. 3.1. Standul experimental echipat cu motorul D-2402.000 (foto – laboratorul de Biocombustibili – Catedra: Autovehicule Rutiere și Mașini Agricole a Facultății de Mecanică din cadrul UTC-N).



Fig. 3.2. Blocul rezervoarelor de combustibili.

3.1.2. Determinarea parametrilor funcționali ai motorului cu combustibilii cercetați (amestecuri biodiesel-motorină-bioetanol)

Lista amestecurilor cercetate este redată în tabelul 3.1. Încercările efectuate pentru motorină au fost repetate pentru fiecare amestec. Exemple de caracteristici sunt redată în figurile 3.3-3.6.

De asemenea, pentru patru tipuri de combustibili au fost ridicate caracteristicile de sarcină (Fig. 3.7).

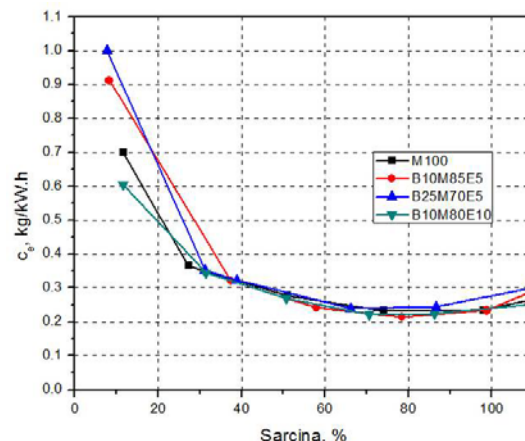
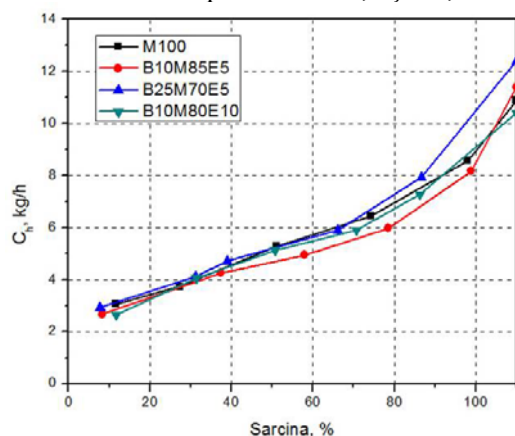
3.1.3. Evaluarea critic-comparativă a rezultatelor

Puterea și momentul efectiv ai motorului scad cu 5-9% în cazul utilizării amestecurilor cercetate față de cele determinate în cazul motorinei. De asemenea s-a constatat și faptul că se reduce turația

corespunzătoare puterii maxime cu 70-100 r/min în cazul alimentării motorului cu amestecuri de biodiesel-motorină-etanol.

Consumul specific efectiv este mai mare la sarcini mici, însă se reduce la sarcini medii și mari. Valorile cele mai mici s-au constatat în cazul motorinei. Pentru amestecuri consumul specific de combustibil este mai mare, deoarece puterea calorică a acestora este mai mică. Ordinea este M100, D85B10E5, M80B10E10 și M70B25E5, și se păstrează la toate sarcinile ale motorului, respectând ordinea crescătoare a conținutului de biocombustibil. Creșterile sunt mai mari la sarcini mici (32,4% în cazul M70B25E5), la sarcini medii și mari valorile determinate în cazul amestecurilor sunt comparabile cu cele constatate în cazul motorinei, fiind cuprinse între 6,2 și 15,8%.

Randamentul motorului în funcție de sarcină, așa cum era de așteptat, scade în cazul amestecurilor, tendințele fiind similare cu cele constatate în cazul consumului specific de combustibil. Scăderea randamentului este cuprinsă între 0,4 și 21,7%.



Tabelul 3.1. Amestecurile cercetate și unele proprietăți ale acestora

Nr. crt.	Cod comb.	Biocomb., % (v/v)	Viscozitatea cinematică, mm ² /s	CC	Densitatea, kg/dm ³	Temperatura de inflamabilitate, °C	Temperatura minimă de filtrabilitate, °C	Puterea calorică, MJ	Coeficient de echivalare
1	B25M70E5	30	2,7560	52,60	0,852	18	-3	41,10	0,96
2	B20M70E10	30	2,4796	49,70	0,847	16	-3	40,45	0,95
3	B20M75E5	25	2,6447	51,85	0,850	17	-3	41,24	0,97
4	B15M75E10	25	2,3739	48,95	0,845	15,5	-3	40,59	0,95
5	B15M80E5	20	2,5269	51,10	0,847	16	-3	41,38	0,97
6	B10M80E10	20	2,2746	48,20	0,843	15	-3	40,74	0,96
7	B10M85E5	15	2,4205	50,35	0,845	14	-3	41,53	0,97
8	B5M85E10	15	2,1759	47,45	0,843	15	-3	40,88	0,96
9	B5M90E5	10	2,4353	49,60	0,841	17,5	-3	41,67	0,98
10	M100	0	2,4853	51,00	0,843	69	0	42,60	1,00

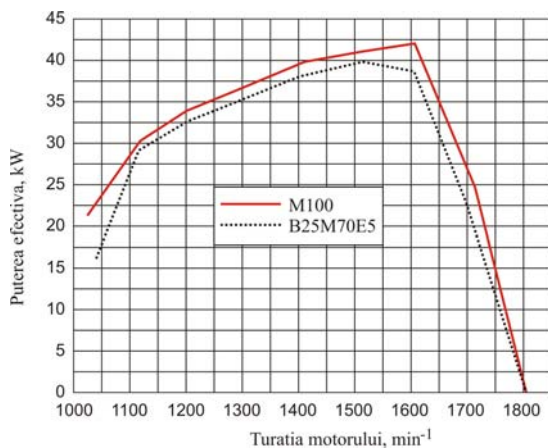


Fig. 3.3. Variația puterii motorului în funcție de turație.

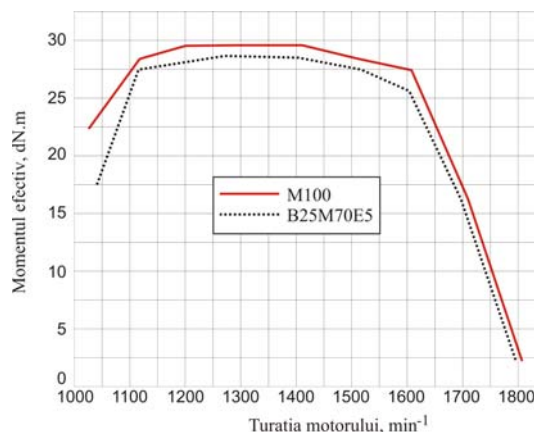


Fig. 3.4. Variația momentului în funcție de turație.

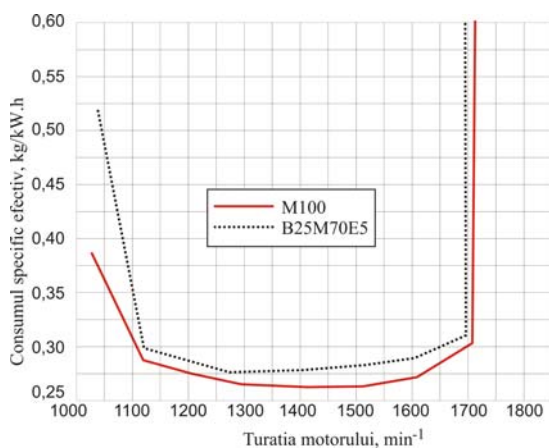


Fig. 3.5. Variația consumului specific de combustibil în funcție de turație.

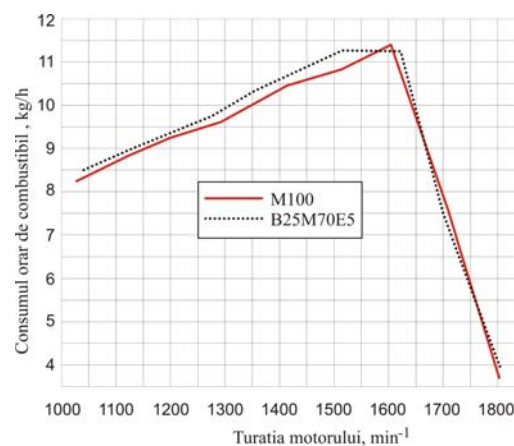


Fig. 3.6. Variația consumului orar de combustibil în funcție de turație.

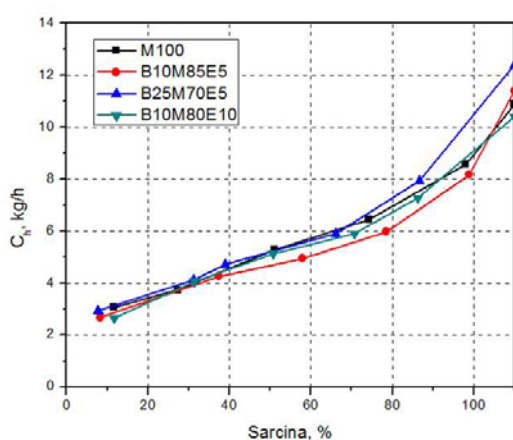
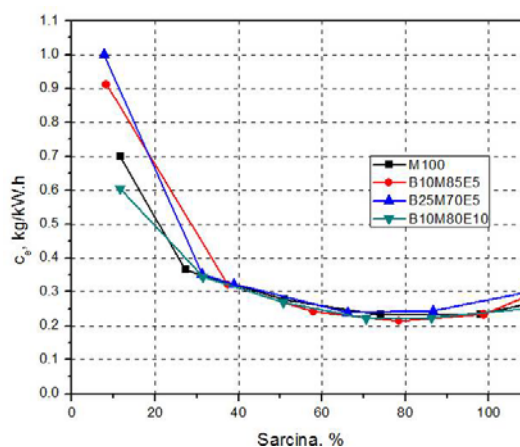


Fig. 3.7. Caracteristica de sarcină.



3.2. DETERMINAREA POLUĂRII MOTORULUI CU ARDERE INTERNĂ PRIN ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE PE STAND DE PROBĂ

3.2.1. Determinarea parametrilor de poluare ai motorului cu combustibilul martor (motorină)

Pentru determinarea poluanților motorului cu aprindere prin compresie s-au utilizat aparate de măsurare corespunzătoare (stație de diagnosticare BOSCH BEA 350 pentru măsurarea CO, CO₂, HC, NO_x, O₂ și analizorul de fum RTM 430 pentru determinarea coeficientului de absorbție, cele mai moderne aparate disponibile în cadrul catedrei de Autovehicule rutiere și Mașini agricole). Pentru a asigura concludența rezultatelor obținute, s-au efectuat calibrări de procedura a stației de diagnosticare.

3.2.2. Determinarea parametrilor de poluare ai motorului cu combustibilii cercetați (amestecuri biodiesel-motorină-bioetanol)

Exemple de caracteristici obținute sunt redate în figurile 3.8-3.11.

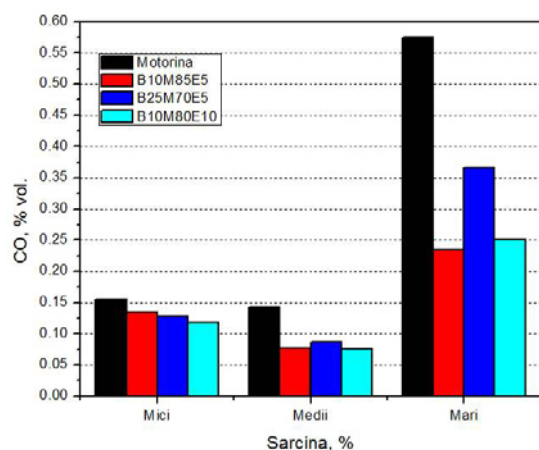


Fig. 3.8. Variația emisiilor de CO în funcție de sarcină.

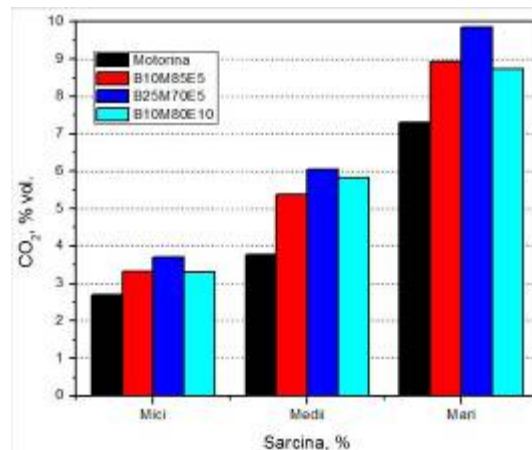
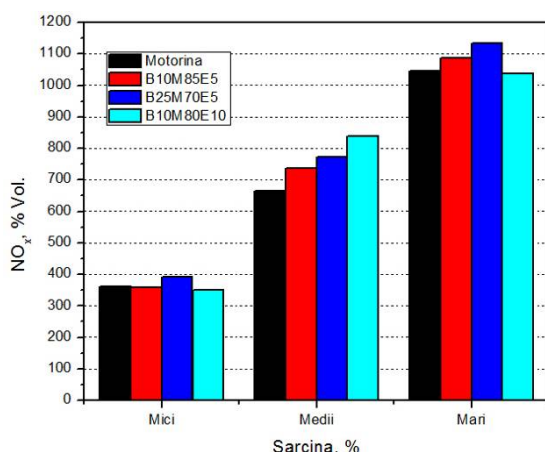
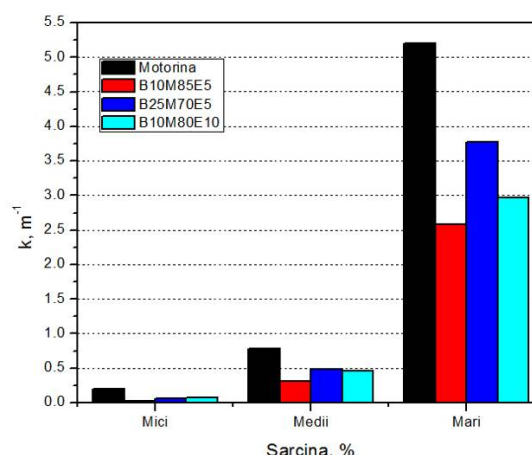
Fig. 3.9. Variația emisiilor de CO₂ în funcție de sarcină.Fig. 3.10. Variația emisiilor de NO_x în funcție de sarcină.

Fig. 3.11. Variația emisiilor de fum în funcție de sarcină.

3.2.3. Evaluarea critic-comparativă a rezultatelor

Emisiile de monoxid de carbon variază în funcție de combustibilul utilizat și sarcina motorului. Astfel, la sarcini mici și medii, emisiile cele mai mari au fost măsurate în cazul motorinei, iar cele mai reduse în cazul amestecului D80B10E10. Cum era de așteptat, la sarcini mari cresc și emisiile de CO, fiind mai reduse în cazul amestecurilor cercetate cu cca. 50%. Acest lucru este explicat prin conținutul ridicat de oxigen a biodieselului și etanolului, care susține procesul de oxidare și pe durata evacuării gazelor. Rezultatele experimentale au arătat, că la sarcini mari ale motorului, cea mai redusă emisie de CO are amestecul D85B10E5 (0,234% vol.), care comparativ cu cea constată în cazul motorinei (0,575% vol.), reprezintă o reducere cu 59%.

Emisiile de CO₂ în cazul amestecurilor cercetate sunt superioare celor măsurate în cazul funcționării motorului cu motorină la toate cele trei regimuri de sarcină luate în considerare în cadrul lucrării. Creșterea nivelului de emisii de CO₂ poate fi pusă pe seama scăderii CO, care se oxidează în continuare datorită conținutului ridicat de oxigen al combustibililor cercetați, asigurând o ardere mai completă. De asemenea, surplusul de oxigen face posibilă oxidarea CO și pe durata procesului de evacuare, inclusiv pe traseul de evacuare a gazelor de ardere. Această explicație este susținută și prin reducerea emisiilor de CO față de cele constatate în cazul motorinei. Creșterea emisiilor de CO₂ nu poate fi considerată ca o consecință negativă, deoarece ele sunt reutilizate (consumate) în procesul de fotosinteză ale plantelor din care sunt fabricați biocombustibili.

Emisiile de NO_x ai motorului Diesel încercat la sarcini mici prezintă de regulă o ușoară reducere. Însă la sarcini medii și mari emisiile de NO_x sunt superioare celor constatate în cazul motorinei cu 10-26%. Creșterea emisiilor de NO_x la sarcini medii și mari poate fi explicată prin creșterea temperaturii de ardere a combustibilului, datorită conținutului de oxigen al biodieselului și etanolului, care face posibilă o ardere mai completă și astfel o creștere a temperaturii de ardere, care favorizează formarea oxizilor de azot. De asemenea, datorită cifrei cetanice reduse al etanolului, cifra cetanică a amestecului se reduce. Acest lucru conduce la creșterea întârzierii la aprindere a combustibilului, din cauza căreia amestecul de combustibil/aer acumulat va arde mai rapid, generând o degajare de căldură mai rapidă la începutul procesului de ardere, rezultând o temperatură mai ridicată care favorizează formarea oxizilor de azot.

Emisiile de HC în cazul amestecurilor cu un conținut de 5% etanol se reduc în mod semnificativ față de motorină în toate cele trei domenii ale sarcinii motorului. Amestecurile cu un conținut mai ridicat de etanol generează emisii de HC mai mari, iar cele cu un conținut mai mare de biodiesel emit mai puțin HC. Acest lucru sugerează faptul că, prezența etanolului în amestec este un factor de creștere a emisiilor de HC, pe când prezența biodieselului conduce la reducerea acestora. O explicație ar putea fi data prin prisma cifrei cetanice: biodieselul având cifra cetanică superioară motorinei favorizează aprinderea ușoară și arderea mai completă a amestecului, pe când cifra cetanică redusă a etanolului acționează în mod opus. Datorită cifrei cetanice reduse, etanolul se va aprinde mai târziu și va arde incomplet, mărinđ astfel conținutul de hidrocarburi nearse din compoziția gazelor de evacuare. Cea mai semnificativă reducere constatându-se în domeniul sarcinilor mari de circa 50%.

Emisiile de fum ale motorului cu ardere internă au fost evaluate prin măsurarea opacității gazelor de evacuare, pusă în evidență prin coeficientul de absorbție a luminii. Opacitatea gazelor de evacuare s-a redus în mod semnificativ (cu peste 50%) în cazul tuturor amestecurilor, mai ales la sarcini mici și medii. La sarcini mari reducerea este cuprinsă între 27,6% în cazul amestecului D70B25E5 și 50,3% în cazul amestecului D85B10E5. Deși este cunoscut faptul că în cazul utilizării amestecurilor oxigenați emisiile de particule ale motorului cu aprindere prin compresie se reduc, mecanismul prin care are loc acest lucru nu și-a găsit încă o explicație plauzibilă. Formarea fumului are loc în zonele bogate în combustibil ale camerei de ardere, mai ales în zona vanei lichide a jetului injectat. Considerând că oxigenul din biocombustibili asigură oxidant pentru procesele de piroliză din zona de ardere a jetului, rezultă o reducere a formării particulelor solide.

3.2.4. Determinarea valorii optime a coeficientului de exces de aer în funcție de poluanții măsurați experimental

Datorită faptului că atât biodieselul, cât și etanolul conțin o cantitate considerabilă de oxigen, arderea amestecului de biodiesel-motorină-etanol în motorul cu aprindere prin comprimare – menținând doza de combustibil – va avea loc cu un exces de oxigen superior celei constatate în cazul arderii motorinei, rezultând o ardere mai completă. De asemenea, prin mărirea dozei de combustibil se poate compensa puterea calorică mai redusă a biocombustibililor, fără a reduce excesul de oxigen sub limita constatată în cazul motorinei.

3.3. DETERMINAREA INFLUENȚEI UTILIZĂRII COMBUSTIBILILOR CERCETAȚI ASUPRA STĂRII TEHNICE A MOTORULUI

3.3.1. Evaluarea comparativă a depunerilor pe piesele motorului

Încercările s-au efectuat pe un autoturism marca BMW, tip 524 TD, echipat cu un motor de tip E34, cu 6 cilindri în linie, având puterea maximă de 86 kW la turația de 4800 r/min și cuplul maxim de 220 N·m la turația de 2400 r/min. Au fost evaluate depunerile pe injectoare (Fig. 3.12) și pe capul pistoanelor. Nu a fost constatată o modificare semnificativă a depunerilor pe piesele inspectate.



Fig. 3.12. Depunerile pe injectoare: După alimentarea cu motorină;
Injectoare curățate. După alimentarea cu B25M70E5.

3.3.2. Evaluarea uzurii pieselor motorului

În scopul evaluării uzurilor au fost evaluate 5 piese ale motorului: acul injectorului (uzura vârfului), corpul injectorului (coeficientul de debit), cilindrul, fusta pistonului și cuzineții bielei (Fig. 3.13). Piesele au fost demontate și evaluate de 3 ori pe durata a cca. 300 de ore de funcționare a motorului cu amestecuri de biodiesel-motorină-etanol.



Fig. 3.13. Piese evaluate la uzură.

Nu au fost constatate uzuri anormale ale pieselor inspectate și nici modificarea semnificativă a coeficientului de debit al injectoarelor.

3.3.3. Evaluarea evoluției calității uleiului de ungere

Pentru încercări s-a utilizat un sortiment de lubrifianț recomandat de producătorul motorului, având clasificările: SAE - 10W40, API - SJ/ CG-4 și ACEA - A3/B3. Combustibilul utilizat a fost un amestec de 70% motorină comercială, 25% biodiesel obținut din ulei de rapiță și 5% etanol, compoziția fiind exprimată în procente volumice. Pe durata încercărilor au fost prelevate și evaluate 8 probe de ulei.

Pentru determinarea densității și viscozității uleiului de ungere s-a utilizat aparatul de tip SVM-3000. Densitatea uleiului s-a determinat prin metoda cu tub oscilant U conform SR EN ISO 12185, iar la determinarea viscozității s-a respectat metodologia descrisă în SR EN ISO 3104. Indicele de viscozitate s-a determinat respectând metodologia cuprinsă în STAS 55 și ISO 2909. Punctul de inflamabilitate s-a determinat cu aparat cu creuzet închis Pensky-Martens, de tip HFP 339, conform SR EN ISO 2719.

Se poate observa o creștere continuă a densității pe durata utilizării uleiului, fapt ce indică contaminarea acestuia cu funingine și substanțe oxidate, dar și lipsa contaminării și diluării cu combustibil. De asemenea se poate constata o creștere mai pronunțată în cazul motorinei, comparativ cu utilizarea amestecului de motorină-biodiesel-etanol, datorită unei arderi mai complete a acestuia.

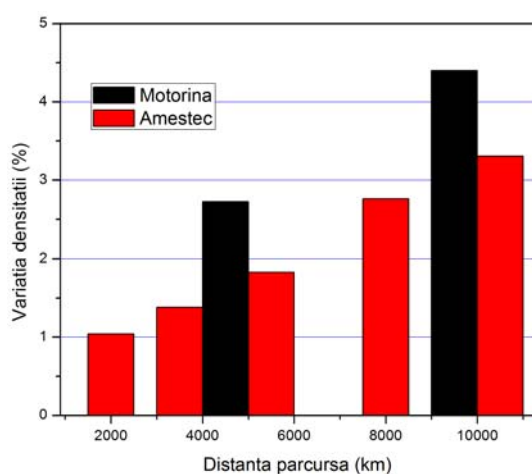


Fig. 3.14. Variația relativă a densității uleiului de ungere.

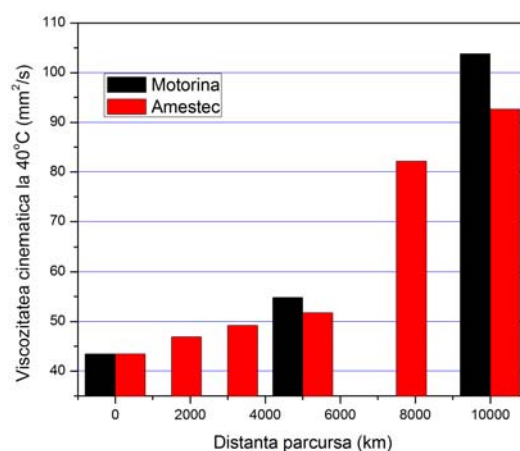


Fig. 3.15. Viscositatea cinematică la 40°C ale probelor de ulei.

De asemenea se poate constata o creștere continuă a vizcozității pe durata utilizării uleiului, fapt ce indică contaminarea acestora cu funingine și lipsa contaminării cu combustibil. Viscositatea uleiului de

ungere crește mai pronunțat în cazul alimentării motorului cu motorină, fapt ce indică o contaminare mai redusă a acestuia în cazul utilizării amestecului de motorină-biodiesel-etanol.

Variația viscozității uleiului cu temperatura crește sensibil în domeniul temperaturilor reduse, atât în cazul utilizării motorinei cât și în cazul utilizării amestecului de motorină-biocombustibil, creșterea fiind mai redusă în cazul amestecului. Acest lucru poate îngreuna pornirea motorului și ungerea necorespunzătoare a acestuia în domeniul temperaturilor joase. La temperaturi ridicate ($>60^{\circ}\text{C}$) creșterea viscozității este mai modestă, adică variația viscozității nu ridică probleme semnificative în cazul funcționării motorului la temperatura normală de exploatare a uleiului de ungere.

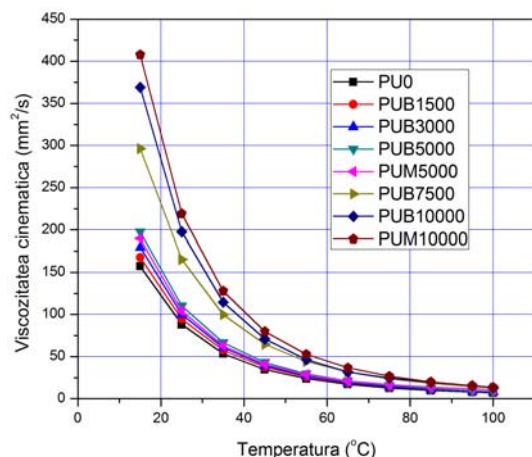


Fig. 3.16. Variația viscozității cinematice cu temperatura.

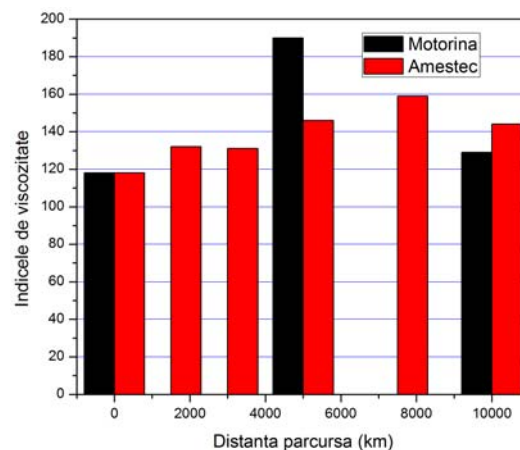


Fig. 3.17. Indicele de viscozitate ale probelor de ulei.

Indicele de viscozitate crește la începutul perioadei de utilizare a uleiului de ungere, datorită contaminării acestuia cu substanțe solide, apoi scade din cauza crăcii termice a acestuia în urma căreia rezultă fracțiuni cu viscozitate mai redusă.

Temperatura de inflamabilitate a probelor de ulei crește pe durata exploatării, indicând pierderea unor fracțiuni mai ușoare din ulei și confirmând faptul că măsura contaminării cu combustibil a uleiului de ungere este redusă.

CONCLUZII 2009:

- Datorită puterii calorice mai reduse față de motorină a biocombustibililor utilizați, performanțele motorului scad, mai ales la sarcini reduse ale acestuia.
- Emisiile de CO scad semnificativ pe seama creșterii emisiilor de CO_2 , ca rezultat a continuării oxidării inclusiv pe traseul de evacuare, lucru ce este posibil datorită faptului că amestecurile cercetate conțin oxigen până la 4,55% m/m.
- Emisiile de NO_x cresc, mai ales la sarcini medii și mari, fapt ce poate fi pus pe seama unei arderi mai complete și a creșterii temperaturii de ardere din cauza prezenței oxigenului din combustibil.
- Emisiile de HC scad în toate regimurile de sarcină a motorului.
- În ceea ce privește emisiile de fum s-a constatat că ele scad față de cele constatate în cazul motorinei, fiind mai mari în cazul amestecurilor cu conținut ridicat de biocombustibil.
- În general se poate concluziona că amestecurile cercetate emit mai puține noxe, mai ales la sarcini medii și mari ale motorului, excepții fiind CO_2 și NO_x , la care valorile constatate sunt superioare celor determinate în cazul motorinei.
- Rezultatele experimentale prezentate demonstrează viabilitatea utilizării amestecurilor de Biodiesel-motorină-etanol pentru alimentarea motoarelor cu aprindere prin compresie.
- În urma acestora nu au fost constatate diferențe semnificative în ceea ce privește calitatea uleiului de ungere în cazul utilizării amestecului de biocombustibil-motorină față de cazul alimentării motorului cu motorină comercială.
- Utilizarea amestecului de motorină-biodiesel-etanol ca și combustibil pentru motoarele cu aprindere prin compresie nu aduce dezavantaje privind evoluția depunerilor, uzurilor sau a calității uleiului de ungere prin prisma proprietăților evaluate.