

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

**CERCETĂRI PRIVIND SUBSTITUIREA PARȚIALĂ A MOTORINEI DESTINATĂ
MOTOARELOR DIESEL PRIN AMESTECURI DE BIODIESEL-MOTORINĂ-BIOETANOL**
≈ SINTEZA LUCRĂRII – PERIOADA 2007-2010 ≈

Importanța proiectului

În Europa de astăzi, biocarburanții trebuie să îndeplinească norme stricte de calitate pentru a putea fi utilizați la scară largă. Prevederile Directivei UE 2003/30/EC sunt transpuse în legislația națională prin *HG 1844/22.12.2005*, în care se prevede că ponderea de biocarburanți și alți carburanți regenerabili, introduși pe piață trebuie să fie de: *min 2%* până la data aderării, *min 5,75%* până la 31 dec 2010. Standardele europene permit la ora actuală utilizarea a 7% de biodiesel în motorină, dar în unele țări această limită este extinsă la 10%.

Scopul principal al cercetarilor a fost identificarea și încercarea unor combustibili alternativi pentru motoarele cu aprindere prin compresie, cu proprietăți apropiate cu cele ale motorinei, având un conținut ridicat de biocombustibil. *Proiectul de cercetare are obiectivul principal realizarea unui combustibil cu un conținut biocombustibil de min. 20%, utilizând amestecuri ternare de biodiesel-motorină-bioetanol.*

Desfășurarea activităților în vederea atingerii obiectivelor propuse

1.1. Determinarea proprietăților fizico-chimice ale constituenților combustibililor. Activitățile cuprinse în acest obiectiv au fost: *1.1.1. Achiziția motorinei și biocombustibililor; 1.1.2. Determinarea proprietăților fizico-chimice ale componentelor de biocombustibil; 1.1.3. Determinarea limitelor de miscibilitate și stabilitate a amestecurilor biodiesel-motorină-bioetanol.*

Materialele utilizate în cazul acestui proiect au fost: *Motorina comercială* (SC Petrotel Lukoil SA); *Biodiesel din ulei de rapiță* – (SC Profiland SA, Galați) și *Bioetanol* – (alcoolul etilic absolut 99,3%, SC Chemical Company SA). Proprietăților fizice și chimice ale constituenților și amestecurilor au fost determinate utilizând aparatele și metodele cuprinse în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1. Aparatura utilizată pentru determinarea proprietăților fizico-chimice ale componentelor de biocombustibil

Mărime măsurată	Aparat	Producător	Metoda de determinare
Densitatea	SVM 3000 Stabinger	Anton Paar GmbH, Austria	SR EN ISO 12185 (Metoda cu tub U oscilant)
Viscozitatea dinamică și cinematică			ASTM D 7042-04
Proprietățile principale ale motorinei	IROX 2000 DIESEL	GRABNER, Austria	Analiză în infraroșu apropiat
Conținutul de sulf	ANTEK 9000	PAC, SUA	Piro-chemiluminescență, ASTM D 5453
Temperatura minimă de inflamabilitate	MINIFLASH FLP HFP 339	GRABNER, Austria Herzog, SUA	Pensky-Martens EN/DIN 22719
Conținutul de apă	Predicta OM 1000, Model CA21	A1-envirotech, Anglia	Coulometrie prin titrare Karl-Fischer, EN ISO 12937
Caracteristica de distilare	PMD 100	ISL, Franța	EN ISO 3405
Temperatura minimă de filtrabilitate	FPP 5Gs	ISL, Franța	SR EN 116
Cifra cetanică	ZX-101XL	ZELTEX, SUA	Analiză în infraroșu apropiat
Tensiunea superficială	Stalagmetru	Adrian Sistem SRL	Metoda picăturilor

Unele rezultate obținute pentru constituenții amestecurilor studiate sunt prezentate în figurile 1.1 – 1.3, care demonstrează posibilitatea compensării unor proprietăți de bază ale biodieselului prin aportul de etanol.

Au fost determinate toate proprietățile cuprinse în tabelul 1.1 pentru cei trei constituenți ale amestecurilor cercetate.

Au fost preparate 28 de tipuri de amestecuri respectând compozițiile prezentate și marcate cu etichetă conform notărilor prezentate în tabelul 1.2 (B% biodiesel, M% motorină, E% etanol).

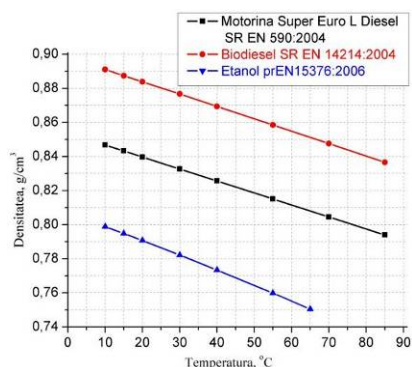


Fig. 1.1. Variația densității în funcție de temperatură, la constituenții BME.

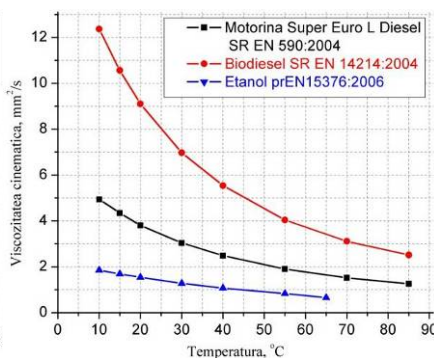


Fig. 1.2. Variația viscozității cinematice în funcție de temperatură, la constituenții BME.

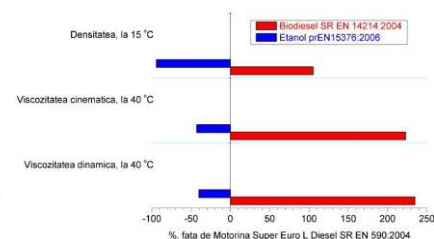


Fig. 1.3. Variația densității, viscozității dinamice și cinematice a constituenților utilizați în BME, comparativ cu motorina.

Tabelul 1.2. Notarea amestecurilor de biodiesel-motorină-bioetanol

Amestec	Cod combustibil	Amestec	Cod combustibil	Amestec	Cod combustibil	Amestec	Cod combustibil
BME(1)	B30M70	BME(8)	B15M75E10	BME(15)	B10M90	BME(22)	M70E30
BME(2)	B25M70E5	BME(9)	B15M80E5	BME(16)	B5M70E25	BME(23)	M75E25
BME(3)	B25M75	BME(10)	B15M85	BME(17)	B5M75E20	BME(24)	M80E20
BME(4)	B20M70E10	BME(11)	B10M70E20	BME(18)	B5M80E15	BME(25)	M85E15
BME(5)	B20M75E5	BME(12)	B10M75E15	BME(19)	B5M85E10	BME(26)	M90E10
BME(6)	B20M80	BME(13)	B10M80E10	BME(20)	B5M90E5	BME(27)	M95E5
BME(7)	B15M70E15	BME(14)	B10M85E5	BME(21)	B5M95	BME(28)	M100

Amestecurile preparate la temperatura camerei (Fig. 1.4), au fost observate și evaluate înainte și după omogenizare pentru a determina miscibilitatea acestora. Pentru aprecierea stabilității amestecurilor, acestea au fost inspectate la 30 de ore după preparare, precum și la temperaturi reduse de 0°C și -8°C (cu un °C deasupra temperaturii de tulburare a motorinei, care este cea mai ridicată dintre cele măsurate în cazul constituenților).

S-au constatat următoarele: la dozare, componenții amestecurilor formează straturi succesive în vasul de amestec, în ordinea densităților (v. Fig. 1.4), iar bioetanolul se difuzează parțial în stratul de motorină, formând o dispersie albicioasă; amestecurile cu un conținut mai mare de 10% biodiesel fără bioetanol, după omogenizare formează un amestec tulbure, semiopac; amestecurile care conțin bioetanol devin limpezi și transparente după omogenizare, chiar la proporții reduse de bioetanol (5% v/v); amestecurile binare motorină-biodiesel formează amestecuri omogene la preparare și sunt stabile la temperatura de 20°C (Fig. 1.5).

Odată cu scăderea temperaturii, amestecurile devin tulburi, astfel încât, la temperatura de -8°C doar amestecul B5M95 rămâne clar și transparent. Fenomenul se explică prin faptul că temperatura minimă de filtrabilitate a motorinei utilizate este de -9°C. La temperatura de 0°C amestecurile conținând până la 5% v/v bioetanol rămân clare și limpezi; cele care conțin 25, respectiv 30% v/v bioetanol se separă în 2 straturi (bioetanol + amestec motorină-biodiesel).



Fig. 1.4. Aspectul amestecului BME(1)-(B30M70) înainte de omogenizare.

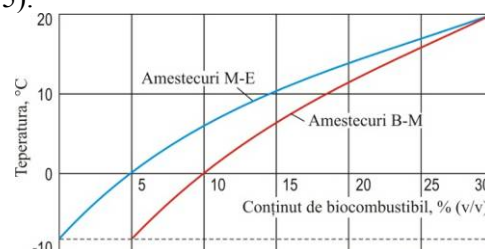


Fig. 1.5. Variația miscibilității amestecurilor binare în funcție de temperatură.

1.2. Elaborarea rețetelor de amestecuri biodiesel-motorină-bioetanol (BME) cercetate. Activitățile acestui obiectiv au fost: 1.2.1. Evaluarea teoretică a proprietăților amestecurilor pe baza proprietăților constituenților; 1.2.2. Stabilirea gamei de combustibili cercetați B(%)M(%)E(%)

Pentru evaluarea teoretică a proprietăților amestecurilor au fost utilizate relațiile analitice, dintre care o parte sunt prezentate în tabelul 2.1. Rezultatele obținute au fost interpretate grafic.

Principalul obiectiv al optimizării compoziției amestecului terțiar BME a fost maximizarea puterii calorice inferioare a amestecului, în condițiile respectării unor restricții privind calitatea combustibililor destinați motoarelor cu ardere prin comprimare, cum ar fi: cifra cetanică minimă, limitele de densitate, viscozitate, etc.

Tabelul 2.1. Evaluarea teoretică a proprietăților amestecurilor pe baza proprietăților constituenților

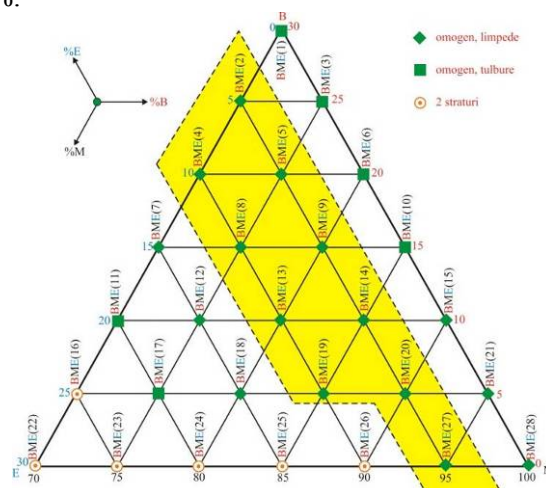
Caracteristica amestecului	Relația de calcul	UM
Densitatea	$\rho_{BME} = \frac{r_B}{100} \rho_B + \left(1 - \frac{r_B + r_E}{100}\right) \rho_M + \frac{r_E}{100} \rho_E$	kg/m ³
Puterea calorică inferioară	$Q_{BME} = \frac{r_B}{100} Q_B + \left(1 - \frac{r_B + r_E}{100}\right) Q_M + \frac{r_E}{100} Q_E$	kJ/kg
Cifra cetanică	$CC_{BME} = \frac{r_B}{100} CC_B + \left(1 - \frac{r_B + r_E}{100}\right) CC_M + \frac{r_E}{100} CC_E$	–

Funcția obiectiv este maximizarea puterii calorice a amestecului RME: $Q_{RME}(r_B, r_E) \rightarrow \max.$, având *restricțiile*: cifra cetanică minimă: $CN_{BME}(r_B, r_E) > CN_{\min}$; limitele impuse densității: $\rho_{\min} < \rho_{BME}(r_B, r_E) < \rho_{\max}$; limitele impuse viscozității prin raportul proporțiilor de bioetanol/biodiesel: $k \cdot r_E > r_B$; conținutul minim de biocombustibil: $r_B + r_E > R$.

Utilizând valorile limită impuse prin standardul SR EN ISO 590, cu privire la: cifra cetanică (min. 51); densitatea la 15°C (820-845kg/m³), viscozitatea la 40 °C (2,00-4,50 mm²/s), model matematic de optimizare s-a rezolvat utilizând algoritmul SIMPLEX pentru diferite valori ale conținutului minim de biocombustibil.

S-au constatat următoarele, conținutul de biocombustibil al amestecurilor BME este limitat de: limita inferioară a viscozității cinematice - în domeniul 0 ... 17,2 % (m/m); limita inferioară a densității amestecului - în domeniul 17,2 ... 31,5% (m/m); cifra cetanică minimă - peste 31,5% (m/m). La limita de 31,5% (m/m) conținut de biocombustibil, puterea calorică inferioară a combustibilului scade cu doar 3% față de puterea calorică inferioară a motorinei. Cu restricțiile impuse amestecului BME, cantitatea maximă de motorină ce poate fi substituită prin biodiesel și bioetanol este de 31,5%.

La stabilirea gamei de combustibili cercetați în etapele următoare (Fig. 2.1) s-au utilizat următoarele criterii: cifra cetanică a amestecului să nu scadă sub valoarea minimă prescrisă motorinei și biodieselului (51); densitatea să se situeze în limitele prescrise pentru cei doi combustibili de mai sus: să nu fie mai mică decât a motorinei și să nu fie mai mare decât a biodieselului; puterea calorică a amestecului să nu scadă cu mai mult de 5% față de puterea calorică a motorinei; cei trei componenți să fie miscibili până la temperatura de 0°C, iar amestecul format să fie stabil pe termen lung (cel puțin 3 luni de la preparare). Criteriilor enumerate mai sus au corespuns un număr de 6 amestecuri. Datorită faptului că amestecurile cu un conținut de 10% m/m bioetanol prezintă un interes deosebit în derularea cercetărilor, lista amestecurilor a fost completată cu încă 3 (B15M75E10, B10M80E10, B5M85E10), la care se adaugă amestecul binar M95E5.

**Fig. 2.1.** Gama de combustibili BME stabiliți.

2.1. Elaborarea și evaluarea calitativă a amestecurilor cercetate. Activitățile desfășurate la realizarea acestui obiectiv au fost: 2.1.1. Prepararea amestecurilor biodiesel-motorină-bioetanol cercetați; 2.1.2. Determinarea proprietăților fizico-chimice ale amestecurilor elaborate și compararea lor cu standardele în vigoare; 2.1.3. Determinarea agresivității combustibililor față de elastomeri

Proprietățile fizico-chimice determinate pentru cei 11 combustibili au fost: densitatea, viscozitatea dinamică și cinematică, tensiunea superficială, conținutul de apă, conținutul de sulf, temperaturile de inflamare, de tulburare și de filtrabilitate (Tab. 2.2 și Fig. 2.2).

Pentru determinarea agresivității combustibililor cercetați s-au ales o serie de elemente de etanșare, care fac parte din construcția unui sistem de alimentare cu combustibil la un MAC. Elementele de etanșare, la care au fost măsurate în prealabil masa, dimensiunile fizice, volumul și duritatea au fost introduse în 11 recipiente de sticlă ce conțineau combustibilii prezentați în tabelul 2.2. Pe durata a 10 luni (decembrie 2007-octombrie 2008) probele introduse au fost reevaluate bilunar. În această perioadă un au fost constatate modificări substanțiale în privința mărimilor urmărite.

Tabelul 2.2. Amestecurile cercetate și unele proprietăți determinate ale acestora

Nr. crt.	Amestec	Cod combustibil	Biocombustibil, % (v/v)	Viscozitatea cinematică, mm ² /s	Tensiunea superficială, N/m	Cifra cetanică	Densitatea, kg/dm ³	Conținutul de sulf, mg/kg	Conținutul de apă, mg/kg	Temperatura de inflamabilitate, °C	Temperatura min. de filtrabilitate, °C	Puterea calorică, MJ	Coefficient de echivalare
1	BME(2)	B25M70E5	30	2,7560	0,0285	52,60	0,852	8,578	594,8	18	-3	41,10	0,96
2	BME(4)	B20M70E10	30	2,4796	0,0294	49,70	0,847	7,912	629,8	16	-3	40,45	0,95
3	BME(5)	B20M75E5	25	2,6447	0,0329	51,85	0,850	8,171	520,5	17	-3	41,24	0,97
4	BME(8)	B15M75E10	25	2,3739	0,0347	48,95	0,845	7,504	555,5	15,5	-3	40,59	0,95
5	BME(9)	B15M80E5	20	2,5269	0,0348	51,10	0,847	7,764	446,2	16	-3	41,38	0,97
6	BME(13)	B10M80E10	20	2,2746	0,0318	48,20	0,843	7,097	481,2	15	-3	40,74	0,96
7	BME(14)	B10M85E5	15	2,4205	0,0348	50,35	0,845	7,356	371,9	14	-3	41,53	0,97
8	BME(19)	B5M85E10	15	2,1759	0,0307	47,45	0,843	6,689	406,9	15	-3	40,88	0,96
9	BME(20)	B5M90E5	10	2,4353	0,0346	49,60	0,841	6,949	297,6	17,5	-3	41,67	0,98
10	BME(27)	M95E5	5	2,2390	0,0332	48,85	0,841	6,541	223,3	14	-3	41,81	0,98
11	BME(28)	M100	0	2,4853	0,0290	51,00	0,843	6,800	114,0	69	0	42,60	1,00

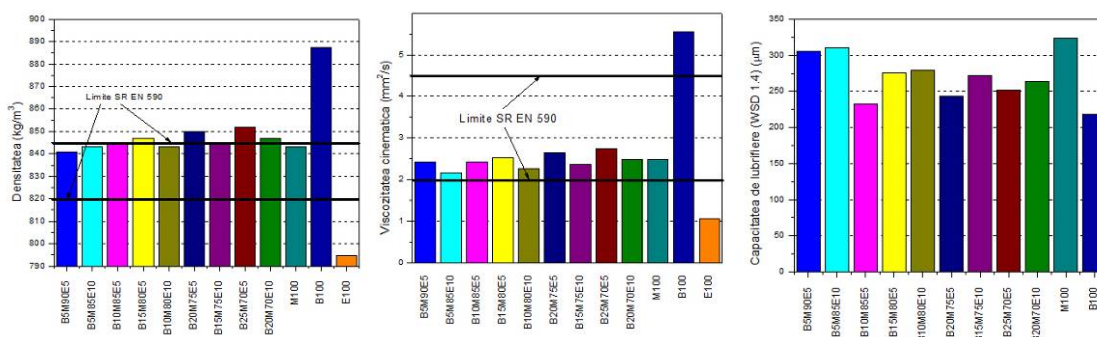


Fig. 2.2. Densitate, viscozitatea cinematică și capacitatea de lubrifiere.

2.2. Optimizarea procesului de injecție de combustibil prin modelare și simulare numerică. La acest obiectiv au fost efectuate activitățile: 2.2.1. *Adaptarea modelelor privind procesul de injecție existente la parametrii combustibililor cercetați;* 2.2.2. *Simularea computerizată a procesului de injecție;* 2.2.3. *Corelarea parametrilor procesului de injecție de combustibil cu arhitectura camerei de ardere*

Calitatea procesul de injecție influențează în mod determinant performanțele unui motor cu ardere internă (putere, economicitate și emisii poluante). Modelarea injecției de combustibil a presupus determinarea parametrilor de intrare: *debitul masic prin orificiile de pulverizare; presiunea de injecție; presiunea din camera de ardere; proprietățile fizice ale combustibilului; elementele geometrice ale orificiilor de pulverizare* și a urmărit determinarea parametrilor de ieșire: *coeficientul de debit al injectorului (orificiilor injectorului); unghiul de dispersare a jetului de combustibil; viteza efectivă a combustibilului injectat; penetrația jetului; diametrul picăturilor*. Valorile obținute în cazul a doi combustibili, pe baza unui model matematic particularizat, pentru *vitezele de injecție, unghiurile conului jetului de combustibil și diametrul mediu al particulei de combustibil* sunt prezentate în tabelul 2.3, care evidențiază și influența presiunii de injecție asupra vitezelor de injecție și a diametrelor particulelor de combustibil injectat.

Pentru combustibilii simulați s-au luat în considerare proprietățile: *căldura latentă de vaporizare, conductivitatea termică, densitatea, presiunea de vapor, tensiunea superficială (Fig.2.3) și viscozitatea* pentru intervalul de temperatură de 0...730 K.

Mediul de simulare ales a fost Kiva 3V, soft dezvoltat de către Laboratorul National Los Alamos și Centrul de Cercetare a Motoarelor din cadrul Universității Wisconsin – Madison USA.

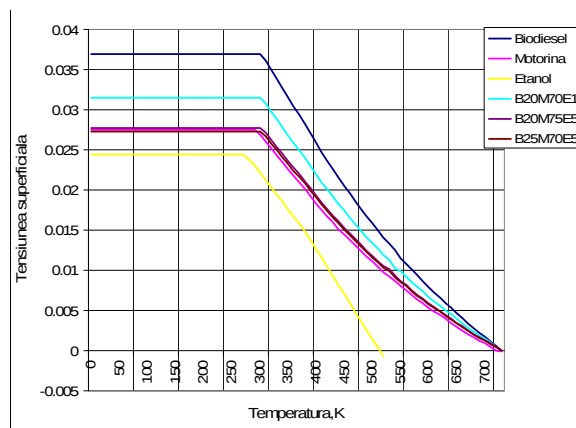


Fig. 2.3. Variația tensiunii superficiale pentru biodiesel, motorină, etanol și amestecuri de BME.

Tabelul 2.3. Programul de simulare pentru motorină și amestecul B25M70E5

Presiune de injecție, [bar]	Densitate, [kg/m³]	Viteza de injecție, [m/s]	Unghiul conului, [°]	SMD (diametrul mediu Sauter), [cm]
Motorină				
300	841	171,575	11,34	0,055
500		251,803	13,74	0,048
900		312,044	15,03	0,044
1200		362,406	16,49	0,041
B25M70E5				
300	851	170,563	11,34	0,058
500		250,319	13,74	0,050
900		310,205	15,3	0,046
1200		360,27	16,49	0,043

Pentru studiul comparativ ale jeturilor s-au efectuat 4 seturi de simulări pentru fiecare tip de combustibil selectat (v. Tab. 2.3). Datele obținute în urma simulărilor computerizate au fost procesate, iar rezultatele obținute au fost interpretate. Unde era cazul, datele de intrare au fost corijate, iar simularea a fost reluată.

Dispersia jeturilor de combustibil a fost reprezentat grafic în imagini și prin animație în scopul evidențierii diferențelor între caracteristicile jeturilor pentru motorină, biodiesel și amestecurile simulate. Exemple de rezultate obținute în cazul unui injector cu 4 orificii de pulverizare sunt redată în figura 2.4.

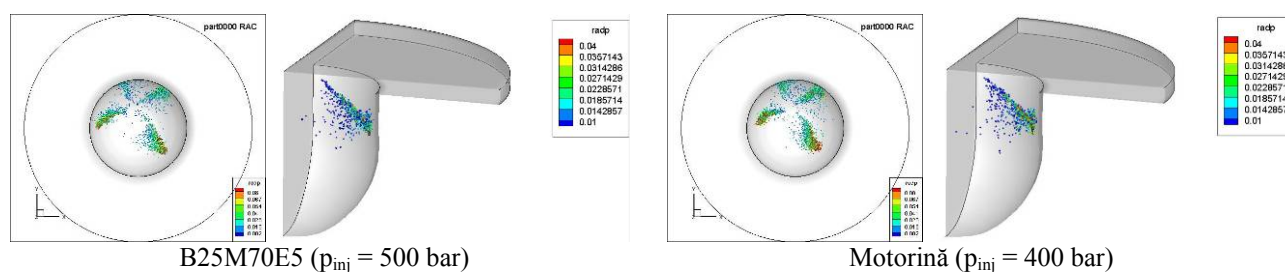


Fig. 2.4. Exemple de imagini obținute în urma simulării procesului de injecție.

2.3. Determinarea experimentală a caracteristicilor jetului de combustibil injectat

Realizarea acestui obiectiv a presupus efectuarea următoarelor activități: 2.3.1. *Adaptarea și pregătirea aparaturii de cercetare*; 2.3.2. *Determinarea parametrilor principali ai injecției de combustibil pe stand de încercare*; 2.3.3. *Corelarea prin cercetări experimentale ai parametrilor injecției de combustibil cu rezultatele teoretice*; 2.3.4. *Prelucrarea și evaluarea datelor experimentale. Validarea rezultatelor*

Pentru determinarea experimentală a caracteristicilor jetului de combustibil injectat a fost conceput și realizat un stand experimental specializat (Fig. 2.5), care a permis realizarea unor serii de fotografii în fazele succesive ale dezvoltării jetului de combustibil. Pentru aceasta s-a utilizat un timp de expunere mare (2s), iar blițul s-a declanșat cu o întârziere față de începutul injecției. Condițiile experimentale au fost: presiunea de injecție: 50 MPa, presiunea din camera de presiune 1 MPa, temperatura mediului 300 K. Câteva imagini obținute sunt redată în figura 2.6.

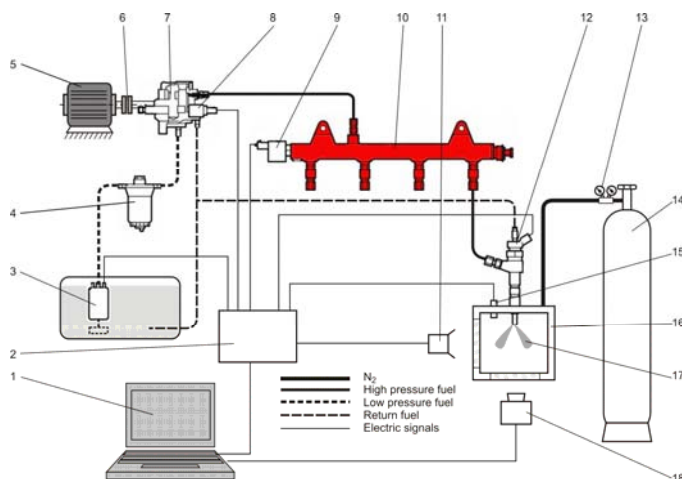


Fig. 2.5. Standul experimental pentru studiul procesului de injecție: 2 – sistem de sincronizare; 11 – bliț; 16 – camera presurizată; 18 – aparat foto.

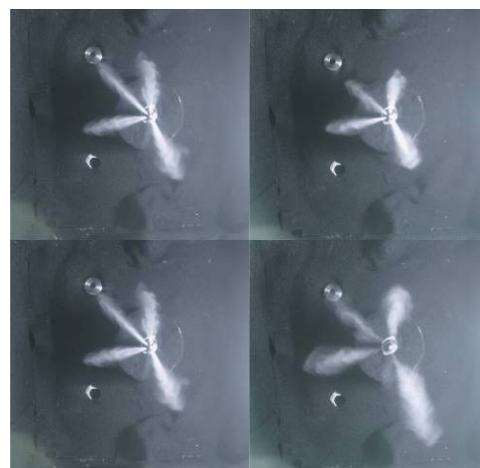


Fig. 2.6. Imaginile obținute pentru M100 și B25M70E5.

Pentru corelarea cercetărilor experimentale cu cele teoretice s-a urmărit asigurarea unor condiții identice privind desfășurarea procesului de injecție, astfel încât rezultatele obținute să fie cât mai apropiate. Pe durata desfășurării etapei de cercetare procesul de modelare și simulare a fost reluată ori de câte ori se impunea acest lucru pentru asigurarea concordanței dintre rezultatele teoretice și cele experimentale.

Prin prelucrarea imaginilor obținute cu ajutorul unor programe specializate s-au determinat: penetrația jetului, unghiul conului de injecție (Fig. 2.7), viteza jetului și timpul de dezintegrare a jetului. Datele experimentale au fost comparate cu cele teoretice, iar cele din urmă au putut fi validate în proporție de 90%.

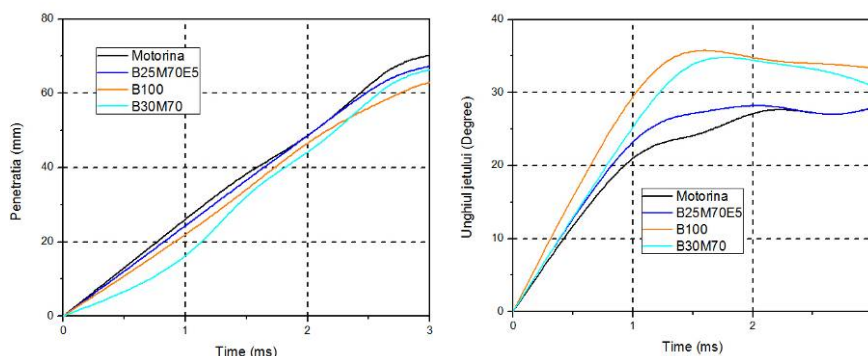


Fig. 2.7. Penetrația jetului și unghiul conului de injecție.

3.1. Determinarea parametrilor funcționali motorului cu ardere internă prin încercări experimentale pe stand de probă Obiectivul a fost realizat prin activitățile: 3.1.1. *Determinarea parametrilor funcționali ai motorului cu combustibilul martor (motorina)*; 3.1.2. *Determinarea parametrilor funcționali ai motorului cu combustibilii cercetați (amestecuri biodiesel-motorină-bioetanol)*; 3.1.3. *Evaluarea critic-comparativă a rezultatelor*

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

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

Amestecurile cercetate au fost cele vizate în etapa anterioară, câteva exemple de caracteristici obținute sunt redată în figurile 3.2-3.4.

O comparație a rezultatelor obținute pentru toți combustibilii încercați este arătată în figura 3.5.



Fig. 3.1. Standul experimental echipat cu motorul D-2402.000.

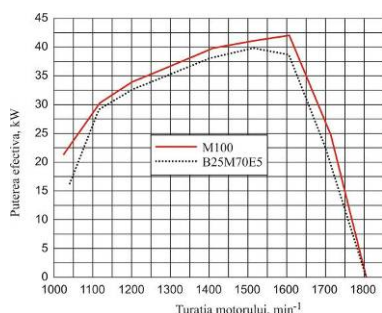


Fig. 3.2. Variația puterii motorului în funcție de turație.

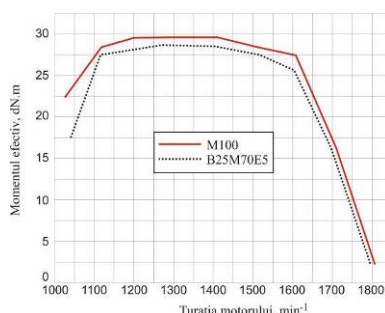


Fig. 3.3. Variația momentului în funcție de turație.

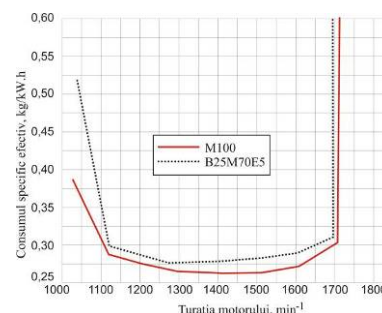


Fig. 3.4. Variația consumului specific de combustibil în funcție de turație.

De asemenea, pentru patru tipuri de combustibili au fost ridicate caracteristicile de sarcină.

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%.

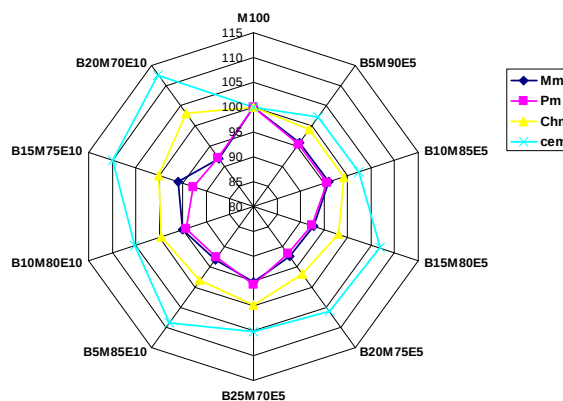


Fig. 3.5. Compararea rezultatelor.

3.2. Determinarea poluării motorului cu ardere internă prin încercări experimentale pe stand de probă. Activitățile efectuate au fost: 3.2.1. Determinarea parametrilor de poluare ai motorului cu combustibilul martor (motorină); 3.2.2. Determinarea parametrilor de poluare ai motorului cu combustibilii cercetați (amestecuri biodiesel-motorină-bioetanol); 3.2.3. Evaluarea critic-comparativă a rezultatelor; 3.2.4. Determinarea valorii optime a coeficientului de exces de aer în funcție de poluanții măsurați experimental

Aparatura utilizată a fost: BOSCH BEA 350 pentru măsurarea CO, CO₂, HC, NO_x, O₂ și RTM 430 pentru evaluarea emisiilor de fum. Exemple de caracteristici obținute sunt redată în figurile 3.6-3.8.

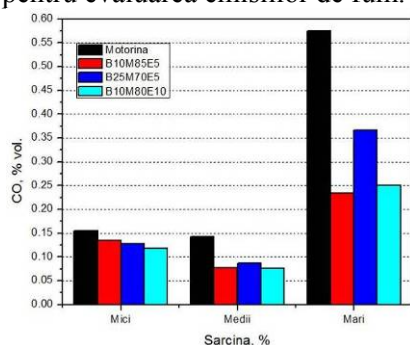


Fig. 3.6. Variația emisiilor de CO în funcție de sarcină.

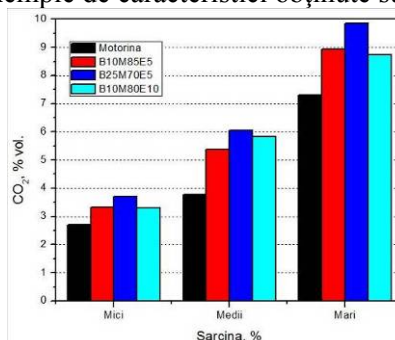


Fig. 3.7. Variația emisiilor de CO₂ în funcție de sarcină.

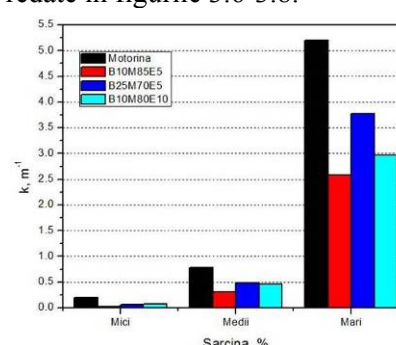


Fig. 3.8. Variația emisiilor de fum în funcție de sarcină.

3.3. Determinarea influenței utilizării combustibililor cercetați asupra stării tehnice a motorului

Obiectivul a presupus efectuarea următoarelor activități: 3.3.1. Evaluarea comparativă a depunerilor pe piesele motorului; 3.3.2. Evaluarea uzurii pieselor motorului; 3.3.3. Evaluarea evoluției calității uleiului de ungere

Încercările s-au efectuat pe un autoturism marca BMW, tip 524 TD, echipat cu un motor 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 și pe capul pistoanelor. Nu a fost constată o modificare semnificativă a depunerilor pe piesele inspectate. Combustibilul utilizat a fost amestecul B25M70E5.

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. 3.9). 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.

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

Pentru încercări s-a utilizat un sortiment de lubrifianți recomandat de producătorul motorului, având clasificările: SAE - 10W40, API - SJ/ CG-4 și ACEA - A3/B3. Pe durata încercărilor au fost prelevate și evaluate 8 probe de ulei.

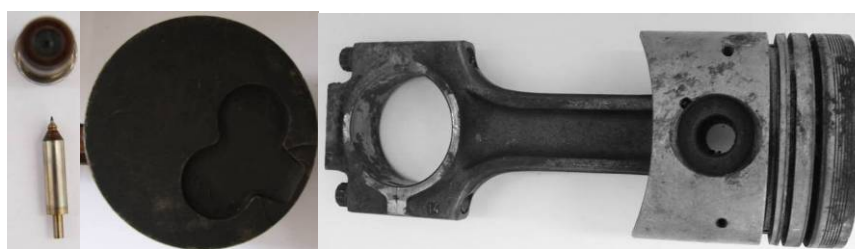
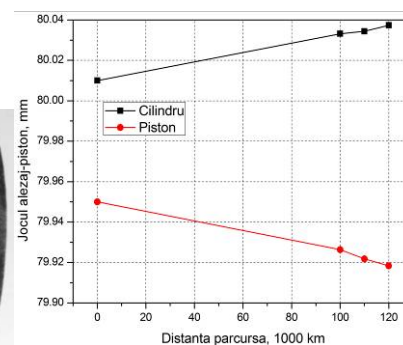


Fig. 3.9. Piese evaluate la uzură și exemplu de variație a uzurii (uzura inițială la 100.000 km).



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. Unele rezultate obținute sunt redată în figurile 3.10-3.11.

S-a constatat 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.

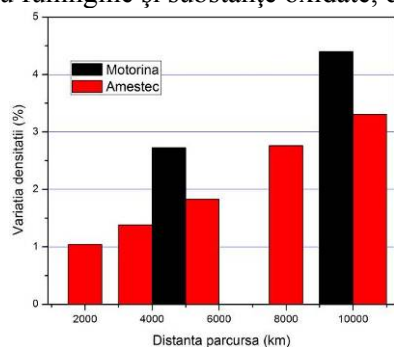


Fig. 3.10. Variația relativă a densității uleiului de ungere.

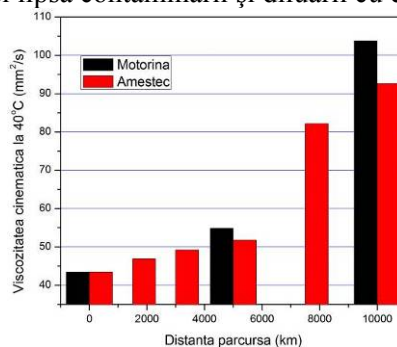


Fig. 3.11. Viscositatea cinematică la 40°C ale probelor de ulei.

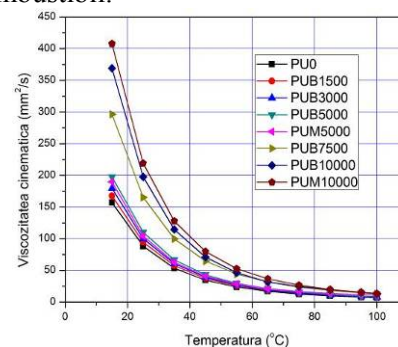


Fig. 3.12. Variația viscozității cinemactice cu temperatura.

De asemenea s-a observat o creștere continuă a viscozității 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°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.

Indicele de viscozitate crește la începutul perioadei de utilizare a uleiului de ungere, datorită contaminării acestuia cu substanțe solide, apoi scade din cauza cracării 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.

4.1. Încercarea combustibilului în exploatare Acest obiectiv a cuprins activitățile: 4.1.1. Determinarea caracteristicii externe a unui automobil cu motor Diesel; 4.1.2. Determinarea poluării; 4.1.3. Prelucrarea și interpretarea rezultatelor. Evaluarea critic-comparativă a rezultatelor.

Pentru determinarea momentului și puterii motorului precum și a momentului și puterii la roată s-a utilizat un stand dinamometric det tip AutoDyn 30 (Fig. 4.1). Caracteristicile obținute în cazul M100, B100, B10M85E5, B10M80E10 și B25M70E5 sunt redată în figurile 4.2 și 4.3.



Fig. 4.1. Determinarea caracteristicilor externe pe standul dinamometric.

S-a constatat o scădere a puterii maxime a motorului cu cca. 7,4% și a momentului maxim cu 6,5%. Elasticitatea motorului a scăzut ușor, crescând adaptabilitatea și flexibilitatea acestuia. Amestecurile cu un conținut de 5% etanol au arătat o comportare foarte apropiată biodieselului.

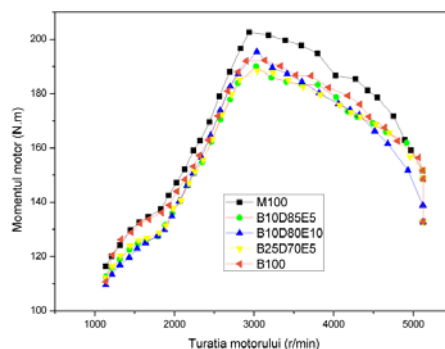


Fig. 4.2. Variația momentului motor în funcție de turație.

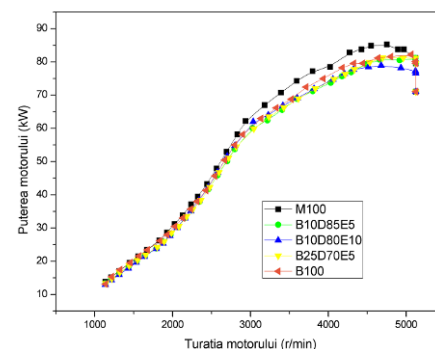


Fig. 4.3. Variația puterii motorului în funcție de turație.

În cadrul încercărilor de drum au fost determinate prin câte 12 încercări dus-întors: elasticitatea în treapta a 4-a și a 5-a, depășirea cu schimbarea treptelor 3/4 și 4/5 precum și timpii de accelerare la 100 km/h respectiv pentru parcurgerea unui spațiu de 400 m, cele mai bune rezultate obținându-se cu amestecul B10M85E5 la elasticitate și depășire și B25M70E5 în cazul testelor de accelerare (Fig. 4.4 și 4.5).

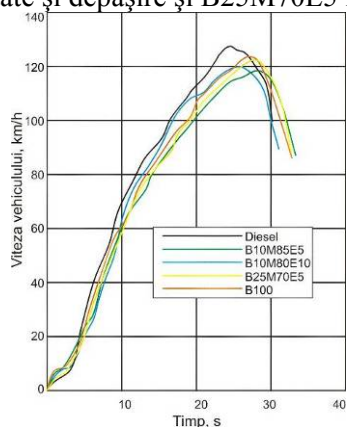


Fig. 4.4. Viteza autoturismului în funcție de timp.

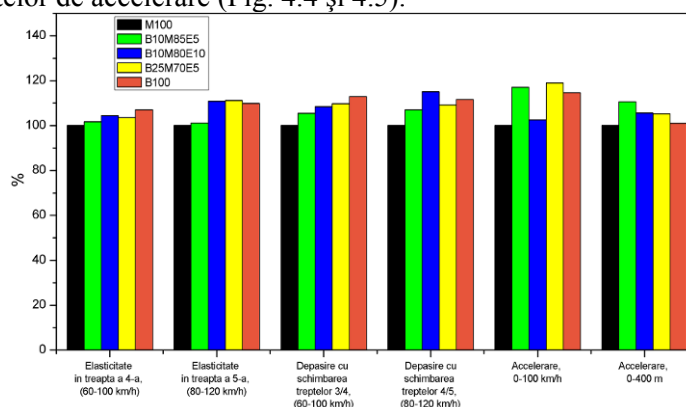


Fig. 4.5. Evaluarea comparativă a caracteristicilor de accelerare.

Rezultatele comparative procentuale obținute la determinarea poluării au condus la rezultate asemănătoare celor obținute pe stand în etapele anterioare.

4.2. Impactul cercetarilor asupra mediului, impactul economic și social al soluției propuse. Obiectivul a presupus următoarele cercetări: 4.2.1. *Impactul asupra mediului*; 4.2.2. *Impactul economic și social*
Evaluând impactul asupra mediului, impactul economic și impactul social s-au constatat următoarele:

Obiectivele internaționale cu privire la reducerea gazelor care contribuie la modificările globale de mediu și la îmbunătățirea calitatii aerului la nivel local sunt satisfăcute de calitățile biocombustibililor comparativ cu cele ale combustibililor clasici (Tabelul 4.1).

În România, promovarea și utilizarea resurselor regenerabile de energie va contribui la introducerea în sistemul economic a unor zone izolate și/sau a unor terenuri agricole neutilizate (în acest sens, s-a demonstrat că necesarul de teren arabil destinat culturilor energetice, în scopul obținerii materiei prime necesare

fabricării biodieselului și bioetanolului folosiți în realizarea amestecurilor BME: B10M85E5, B25M70E5, B10M80E10, poate fi satisfăcut cu succes din cele peste 2,7 mil. ha nefolosite (cca. 30%) din suprafața arabilă a țării, pentru oricare din noii combustibili luați în considerare, aceștia necesitând doar cca. 9% din suprafața arabilă a țării, la un nivel de consum anual național de combustibil de cca. 3,6 mil. litri).

Prin utilizarea noilor combustibili se eliberează cantități mai mici de noxe, astfel reducându-se impactul negativ asupra mediului și a vieții în general; oportunități de dezvoltare a unor IMM-uri și crearea de noi locuri de muncă în zonele rurale (în producerea biocombustibililor și în sectoarele adiacente - echipamente și utilaje, industria animalieră etc.).

Tabelul 4.1. Sintetizarea rezultatelor obținute, comparativ cu motorina, cu privire la emisiile de poluanți chimici ai motorului Diesel încercat cu combustibilii cercetați

Poluantul	mici (0-40%)			medii (40-80%)			mari (peste 80%)		
	B10M85E5	B25M70E5	B10M80E10	B10M85E5	B25M70E5	B10M80E10	B10M85E5	B25M70E5	B10M80E10
CO	-	--	---	---	--	---	---	-	--
CO ₂	+	++	+	+	+++	++	++	+++	+
NO _x	-	+	-	+	++	+++	++	+++	+
HC	--	---	-	--	---	-	---	---	--
Fum	---	--	-	---	-	--	---	-	--

4.3. Diseminarea rezultatelor proiectului și raportarea acestora

Au fost întocmite următoarele: 4.3.1.

Publicatii: carte, lucrari stiintifice, postere; 4.3.2. Raport final de cercetare/evaluare

Pe durata cercetărilor echipa de cercetare a publicat 27 de articole științifice, din care 1 – ISI; 9 – BDI; 13 – Conferințe internaționale și 4 – Reviste din țară. Au fost realizate 2 postere și a fost editată o carte. Un articol BDI a fost citat în trei publicații cotate ISI.

Primele rezultate parțiale au fost prezentate în cadrul Workshop-ului „Biofuels using possibilities” organizat în cadrul Congresului AMMA2007, iar rezultatele obținute în cadrul proiectului au fost prezentate în plenul Conferinței OGET2010.

Concluzii generale și finale

- În privința proprietăților fizice: majoritatea proprietăților fizice ale amestecurilor de biodiesel-motorină-bioetanol selectate sunt apropiate de cele ale motorinei;
- Cu privire la modelarea și simularea procesului de injecție s-au constatat că forma jetului pentru amestecuri care conțin etanol se apropie de forma jetului de motorină; corelarea formei jetului cu arhitectura camerei de ardere se poate realiza prin reglarea (în cazul amestecurilor studiate creșterea) cu cca. 15% a presiunii de injecție.
- În ceea ce privește încercările pe stand, imaginile înregistrate în fazele succesive ale procesului de injecție demonstrează că amestecul B25M70E5 se apropie foarte mult de motorină, confirmând și rezultatele teoretice obținute prin simulare.
- Datorită puterii calorice mai reduse față de motorină a biocombustibililor utilizați, performanțele motorului scad, mai ales la sarcini reduse ale acestuia.
- Utilizarea amestecului de motorină-biodiesel-etanol ca și combustibil pentru motoarele cu aprindere prin compresie nu aduce dezavantaje majore privind evoluția depunerilor, uzurilor sau a calității uleiului de ungere prin prisma proprietăților evaluate.
- Rezultatele experimentale prezentate demonstrează viabilitatea utilizării amestecurilor de biodiesel-motorină-etanol pentru alimentarea motoarelor cu aprindere prin compresie.
- Amestecul recomandat pe baza rezultatelor pentru testare în exploatare este cel format din 10% biodiesel, 85% motorină și 5% la etanol, respectiv 25% biodiesel, 70% motorină și 5% la etanol.

Din analiza rezultatelor obținute, se constată că motorina poate fi înlocuită cu succes de către biocombustibili sau amestecuri ale acestora cu motorina, situații în care se asigură reducerea considerabilă a poluării chimice a mediului înconjurător.

Director proiect,
Conf.dr.ing. István BARABÁS