

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA
DEPARTAMENTUL PENTRU PREGĂTIREA PERSONALULUI
DIDACTIC

LUCRARE METODICO-ȘTIINȚIFICĂ
pentru obținerea gradului didactic I.

STUDII PRIVIND UTILIZAREA ULEIULUI DE
RAPIȚĂ CA ȘI COMBUSTIBIL LA MOTOARE CU
ARDERE PRIN COMPRIMARE

Îndrumător științific,
Prof. Dr. ing. Nicolae Burnete
Îndrumător în probleme metodice,
Prof. Univ. Dr. Nicolae Jurcău

ing. Bartha Ludovic
Seria: 2003-2006
Colegiul Tehnic Turda
jud. Cluj

2005

Cuprins

1. IMPORTANȚA REÎNNOIRII SURSELOR DE ENERGIE, UTILIZATE LA MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ (MAI).....	5
2. FUNCȚIONAREA UNUI MAI.....	8
2.1. Părți componente.....	8
2.2. Procesele funcționale ale unui MAC.....	9
2.2.1. <i>Timpul 1 – Admisia</i>	9
2.2.2. <i>Timpul 2 – Compresia</i>	10
2.2.3. <i>Timpul 3 – Arderea și detenta</i>	10
2.2.4. <i>Timpul 4 – Evacuarea</i>	11
2.3. Ciclul de funcționare al motorului Diesel.....	12
3. GENEZA PRODUȘILOR POLUANȚI DIN GAZELE DE ARDERE	14
4. COMBUSTIBILI UTILIZAȚI LA MAC	16
4.1. Avantajele utilizării motoarelor Diesel.....	16
4.2. Resurse de țiței a României.....	18
4.3. Motorine standard.....	19
5. BIOCOMBUSTIBILI	21
5.1. Utilizarea combustibililor pe bază de uleiuri vegetale în alimentarea motoarelor Diesel.....	21
5.2. Avantajele utilizării uleiurilor vegetale	25
5.2.1. <i>Avantaje din punct de vedere al protecției mediului</i>	25
5.2.2. <i>Avantaje economico-energetice</i>	25
5.2.3. <i>Avantaje socio-umane</i>	25
5.2.4. <i>Avantaje economice</i>	26
5.3. Corelarea unor proprietăți caracteristice ale motorinei cu ale uleiurilor vegetale	26

6. PLANTE OLEAGINOASE	28
6.1. Cultivarea rapiței	28
6.1.1. Răspândire	29
6.1.2. Soiuri	30
6.1.3. Compoziția chimică	32
7. TEHNOLOGIA DE OBTINERE A ULEIULUI DE RAPIȚĂ	38
7.1. Transportul și depozitarea semințelor	38
7.2. Pregătirea semințelor	38
7.3. Obținerea uleiului	38
7.3.1. <i>Extracția</i>	39
7.3.2. <i>Desmucilaginare sau degomarea</i>	42
7.3.3. <i>Filtrarea</i>	43
7.4. Transesterificarea	44
7.4.1. <i>Transesterificarea continuă</i>	46
7.4.2. <i>Transesterificarea periodică</i>	46
8. STUDII, CERCETĂRI, PRIVIND UTILIZAREA ULEIULUI DE RAPIȚĂ, CA ȘI COMBUSTIBIL. STADIUL ACTUAL	49
8.1. Randament, putere, consum de combustibil	51
8.2. Depozite, depuneri	52
8.3. Diluarea, sau creșterea viscozității	53
8.4. Comportarea la rece	54
8.5. Corosivitatea	54
8.6. Compoziția gazelor de evacuare	55
8.6.1. <i>CO, hidrocarburi, NO_x</i>	55
8.6.2. <i>Aldehyde</i>	56
8.6.3. <i>Hidrocarburi aromatice</i>	56
8.6.4. <i>Hidrocarburi alifatice (alcani)</i>	57
8.6.5. <i>Emisii de fum, CO₂ și alte gaze care contribuie la amplificarea efectului de seră</i>	58
9. REALIZĂRI CONSTRUCTIVE DE MOTOARE	59
9.1. Motorul Elsbett	59

9.1.1. Pistonul Elsbett	60
9.1.2. Sistemul de răcire	61
9.1.3. Alimentarea motorului	62
9.1.4. Camera de ardere duotermică	63
10. CERCETĂRI COMPARATIVE CU COMBUSTIBILI FOSILI ȘI BIODIESEL (MER)	64
10.1. Date generale	64
10.2. Interpretarea rezultatelor	65
10.3. Compararea emisiilor poluante (C_mH_n , CO, NO_x)	67
10.4. Câteva experimente importante cu MER	71
11. REALIZĂRI PRACTICE EFECTUATE LA UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ – NAPOCA, ÎN CADRUL CATEDREI DE AUTOVEHICULE RUTIERE ȘI MAȘINI AGRICOLE.....	72
11.1. Modificările tehnice minime necesare motoarelor mijloacelor de transport urban alimentate cu metilester de rapiță.....	72
11.2. Experimentarea modelului pe stand. Măsurare noxe.....	79
11.3. Experimentarea prototipului în trafic.....	86
12. BILANȚUL ENERGETIC ȘI COSTURILE PRODUCERII MER	88
13. CONCLUZII FINALE.....	92
ANEXA 1. Semințe de rapiță și planta în luna martie	94
ANEXA 2. Rapița înflorită	95
ANEXA 3. Standul de încercări la UTC-N.....	96
ANEXA 4. Amestecuri de combustibili.....	97
ANEXA 5. Autobuzul, care a circulat cu biodiesel.....	98
BIBLIOGRAFIE	99

Sursele de energie regenerabile vor avea o importanță sporită în viitorul apropiat, astfel combustibilii motoarelor prin comprimare (MAC), vor fi obținuți prin transesterificarea uleiurilor vegetale, reprezentând 5% din consumul total de combustibili folosiți la MAC-uri în UE din 2009. Deocamdată costul de producție a esterului metilic de rapiță (MER) este sensibil mai ridicat decât ale motorinelor ecologice. În perspectivă nu costul de producție, ci poluarea datorată „prețului” combustibililor, fiindcă în urma arderii MER, CO_2 rezultat este recirculat. CO_2 rezultat în urma arderii combustibililor fosili contribuie la amplificarea efectului de seră. Această lucrare se axează doar asupra studiului utilizării uleiului de rapiță și a MER, ca și combustibil, o alternativă în reducerea poluării [9].

1. IMPORTANȚA REÎNNOIRII SURSELOR DE ENERGIE, UTILIZATE LA MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ (MAI)

Părintele MAC-ului, Rudolf Diesel, a preconizat chiar de la început posibilitatea funcționării acestora și cu combustibili de origine vegetală, prezentând în acest sens la Expoziția Mondială de la Paris din 1900, un MAC funcționând cu ulei de arahide. Totodată, conform informațiilor, în primele decenii ale secolului al XX-lea, firma Deutz oferea pe piață MAC-uri, funcționând cu combustibili alternativi. În continuare, dificultățile generate de formarea depozitelor în camera de ardere, modificarea calității uleiului de ungere, etc. au limitat mult utilizarea uleiurilor vegetale.

Criza petrolieră declanșată la începutul anilor '70 și cerințele pentru limitarea poluării globale, actualmente din ce în ce mai severe, au impulsionat cercetările privind înlocuirea combustibililor pe bază de petrol cu combustibili proveniți din surse neconvenționale regenerabile [1].

Până în anul 1930 în total s-au extras cca. 17 miliarde de galoane de țiței. În anii '70 extracția anuală a fost 17 miliarde de galoane de țiței. La cumpăna dintre milenii producția de țiței s-a ridicat la 807 miliarde de galoane.

Cu aproximație a mai rămas de „consumat” o cantitate aproximativă de 1600 miliarde de galoane de țiței, adică dublul cantității consumate până acum (Campbell C. J. 1997.).

Această cantitate pare uriașă, dar omenirea ar putea utiliza aproximativ 50 de ani, deoarece anual consumul de țiței crește cu $\sim 2\%$, ceea ce înseamnă că peste ~ 30 de ani consumul de țiței se dublează.

Pe baza datelor transmise de European Petroleum Yearbook (fig. 1.), se poate urmări consumul de combustibili folosiți, inclusiv cei neconvenționali [9].

În anii '80, când s-a constatat o scădere apreciabilă a resurselor de țiței, firmele constructoare de mașini încep din nou experimentele cu uleiurile vegetale.

Jamieson (1943) a identificat peste 350 de plante din care s-ar putea extrage uleiuri utilizabile drept combustibili pentru MAC-uri, în timp ce Duke și Bagby (1982) au stabilit o listă de 70 de specii de plante producătoare de semințe pentru ulei cu un potențial de producție acceptabil, cuprins între 200-1400 kg/ha [1].

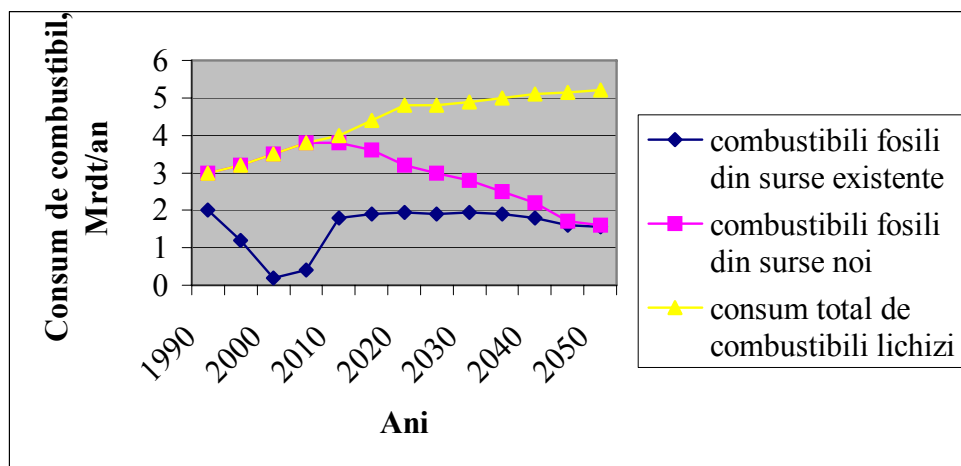


Fig. 1. Prognoza consumului de combustibili fosili (după European Petroleum Yearbook)

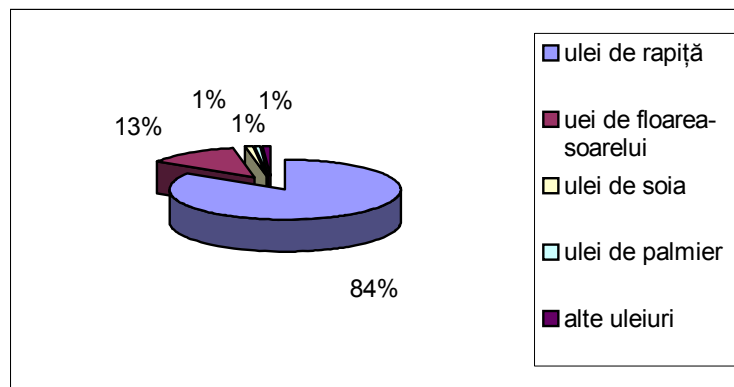


Fig. 2. Producția de uleiuri vegetale pe plan mondial

Una din soluțiile studiate a fost introducerea unor combustibili alternativi. Existând în mai multe variante, combustibili produși din uleiuri vegetale s-au dovedit a fi o alegere bună. Un avantaj important al combustibililor vegetali îl constituie faptul că aceștia sunt o sursă regenerabilă de energie. Acesta este un aspect important având în vedere reducerea rezervelor actuale de petrol.

Modificările ce trebuie făcute la motor cât și la procesul de obținere al uleiurilor vegetale precum și prelucrarea ulterioară pentru a se obține un combustibil de calitate pentru alimentarea motorului reprezintă principalele probleme ce trebuie rezolvate.

Deoarece caracteristicile uleiurilor vegetale diferă în anumite privințe față de dieselul pur, nu se recomandă folosirea uleiurilor vegetale într-un motor diesel convențional. Se pot face totuși adaptări combustibilului vegetal pentru motorul diesel convențional și/sau adaptarea motorului la combustibilul vegetal.

Scopul utilizării uleiurilor vegetale nu este înlocuirea combustibililor fosili, numai reducerea poluării. Se știe că sursa cea mai importantă de poluare reprezintă MAI. Gazele de ardere evacuate de motoarele termice, contribuie la poluarea atmosferei cu substanțe gazoase (CO , CO_2 , C_mH_n , NO_x), numite noxe și particule solide (fum sau funingine) [9].

2. FUNCȚIONAREA UNUI MAI

Un motor cu ardere internă poate fi definit ca un dispozitiv, care transformă energia chimică a combustibilului în lucru mecanic într-o cameră de combustie care este parte integrantă a motorului (spre deosebire de motoarele cu ardere externă unde arderea are loc în afara motorului).

Energia chimică a combustibilului, prin arderea acestuia se transformă, în energie mecanică (lucru mecanic).

Există patru tipuri de bază de motoare cu ardere internă, după cum urmează: motorul Otto, motorul Diesel, motorul cu turbină pe gaz și motorul rotativ.

Criteriul principal, care stă la baza diferențierii MAI, este *procesul de aprindere*:

- motoare cu aprindere prin scânteie (MAS);
- motoare cu aprindere prin compresie (MAC).

Un alt criteriu important de clasificare îl constituie *modul de realizare a ciclului funcțional*:

- motoare în doi timpi (la care ciclul funcțional se realizează la patru curse ale pistonului);
- motoare în doi timpi (la care ciclul funcțional se realizează la două curse ale pistonului).

Schimbarea gazelor are ca scop umplerea cilindrului cu gaze proaspete pentru a putea relua ciclul motor. Cu cât în cilindru se reține o cantitate mai mare de gaze proaspete cu atât va fi mai mare puterea motorului, deoarece în acest fel devine posibilă arderea unei cantități superioare de combustibil.

2.1. Părți componente

Camera de ardere este formată dintr-un cilindru închis la un capăt și un piston care alunecă de-a lungul cilindrului. Printr-un sistem bielă-manivelă pistonul este legat de arbore cotit prin intermediul bolțului, care transmite lucrul mecanic spre cutia de viteze. Arborele cotit transformă mișcarea alternativă a pistonului în mișcare de rotație.

Sistemul de alimentare cu combustibil constă dintr-un rezervor, o pompă și sistemul de injecție. Sistemele de injecție noi sunt gestionate electronic, iar eficiența lor a făcut ca ele să fie folosite pe majoritatea automobilelor.

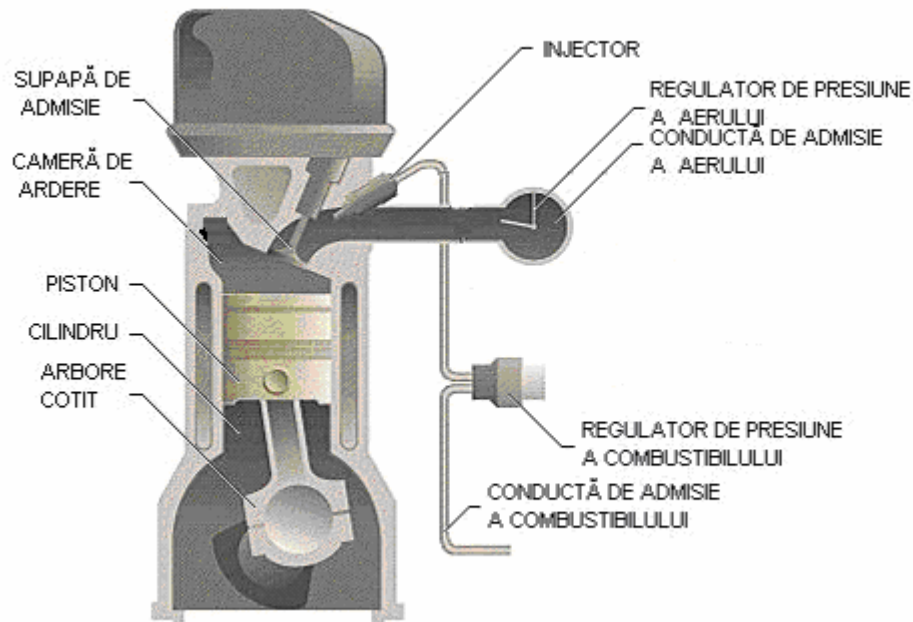


Fig. 3. Părțile componente ale unui MAC

2.2. Procesele funcționale ale unui MAC

2.2.1. Timpul 1 - Admisia

În cazul unui MAC în patru timpi, la deplasarea pistonului de la punctul mort superior (*pms*) către punctul mort inferior (*pmi*), supapa de admisie fiind deschisă, are loc aspirația aerului în cilindru la o presiune sensibil mai mică decât cea atmosferică. Când pistonul ajunge în *pmi*, se închide supapa de admisie (figura 4).

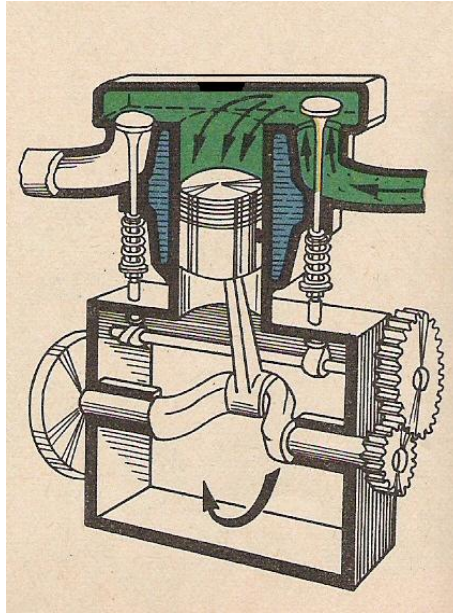


Fig.4. Timpul 1 – admisia

2.2.2. Timpul 2 - Compresia

După închiderea supapelor, pistonul începe să se deplaseze dinspre *p_{mi}* spre *p_{ms}*, comprimând aerul din cilindru. Parametrii finali ai procesului de comprimare trebuie să asigure autoaprinderea combustibilului și o mișcare turbulentă adecvată pentru a facilita formarea amestecului și arderea. Valoarea presiunii la sfârșitul comprimării trebuie să fie cuprins între 30 – 50 daN/cm², temperatura, între 500 -750 °C (800 – 950 K), iar raportul volumetric de comprimare ϵ este cuprins între 12:1 și 22:1 (figura 5).

Spre sfârșitul compresiei, prin injector este injectat în cilindru combustibilul pulverizat.

2.2.3. Timpul 3 - Arderea și detenta

Începe în momentul începerii injectiei și durează până când pistonul se deplasează din *p_{ms}* în *p_{mi}* (ambele supape fiind închise).

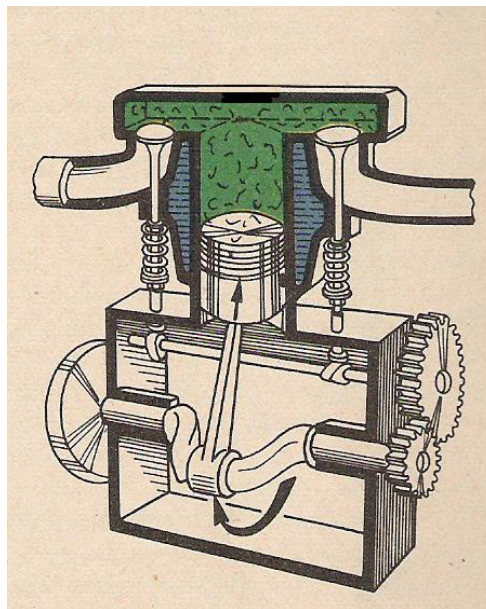


Fig. 5. Timpul 2 – compresia

Arderea este difuzivă și constituie o reacție chimică cu degajare de căldură produsă prin oxidarea cu viteză ridicată a elementelor combustibilului. Emisiunea de lumină (flacără), creșterea rapidă a presiunii și temperaturii sunt particularități importante ale arderii. La sfârșitul arderii, presiunea gazelor arse are valori cuprinse între $45 - 80 \text{ daN/cm}^2$, iar temperatura gazelor cu valori $1500 - 2100 ^\circ\text{C}$ ($1800 - 2400 \text{ K}$). Acest timp se mai numește și timp motor (figura 6).

2.2.4. Timpul 4-Evacuarea

Supapa de evacuare se deschide (presiunea gazelor scăzând brusc), iar cea de admisie rămâne închisă și prin deplasarea pistonului din *p_{mi}* în *p_{ms}* se evacuează gazele arse din cilindru.

Pe durata timpilor 1, 2 și 4 mișcarea este transmisă de la arborele cotit la piston, iar pe durata timpului 3, mișcarea este transmisă de la piston la arborele cotit, fiind de fapt cea care generează funcționarea motorului (figura 7).

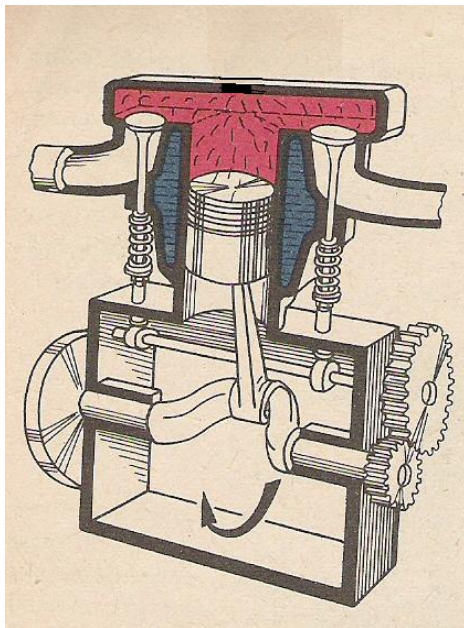


Fig. 6. Timpul 3 – arderea și detenta

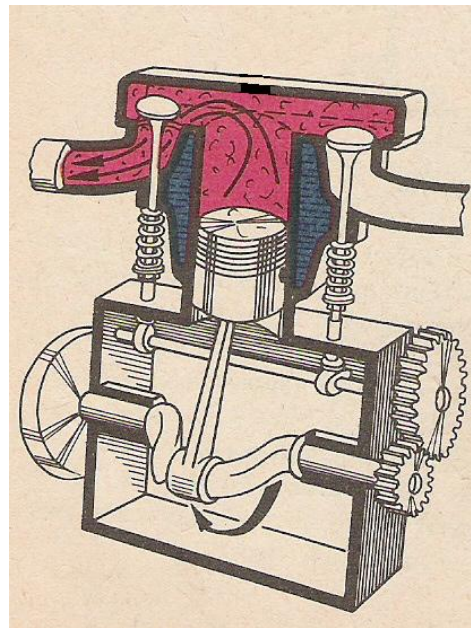


Fig. 7. Timpul 4 – evacuarea

2.3. Ciclul de funcționare al motorului diesel

Trasând schema de funcționare a motorului diesel, în sistemul de coordonate $p - V$, observăm următoarele transformări, în funcție de cei 4 timpi ai motorului (figura 8):

Timpul 1 – Aspirația

$r - a$ absorbție izobară

($p_0 = \text{constant} = \text{presiunea atmosferică}$)

Timpul 2 – Compresia

$a - c$ compresie adiabatică

Timpul 3 – Arderea și detenta

$c - y$ ardere izocoră

$y - z$ ardere izobară

z – b destindere adiabatică

(este singurul timp, motor, când se efectuează lucru mecanic)

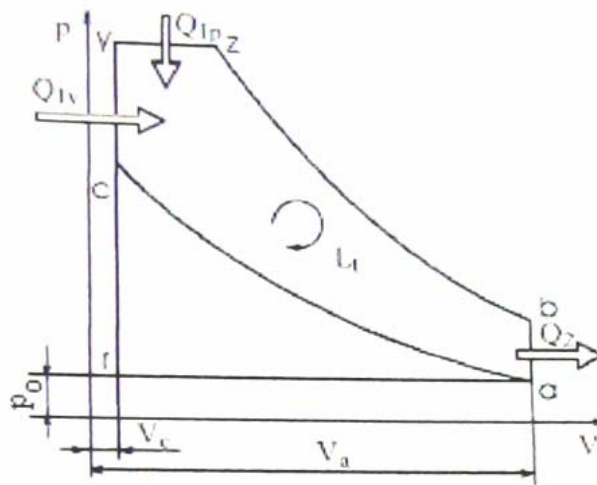


Fig.8. Ciclul de referință pentru MAC, în p-V (Q_{1v} – aportul de căldură prin ardere izocoră, Q_{1p} – aportul de căldură la ardere izobară Q_z – căldura cedată la volum constant).

Timpul 4 –Evacuarea

b – a destindere izocoră (momentul când se deschide supapa de evacuare, iar pistonul este în *pmi*)

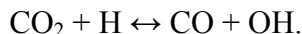
a – r evacuare izobară

(gazele arse sunt evacuate de piston în exterior, la $P_0 = \text{constant} = \text{presiunea atmosferică}$)

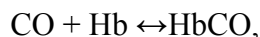
Randamentul (efectiv) al motorului diesel este cuprins între 0.28 și 0.40.

3. GENEZA PRODUSILOR POLUANȚI DIN GAZELE DE ARDERE

Oxidul de carbon (CO) se formează în timpul procesului de destindere:



Oxidul de carbon poate reacționa cu hemoglobina, rezultând carboxihemoglobina:

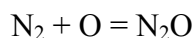


substanță stabilă, care poate bloca schimbul de gaze în timpul respirației omului.

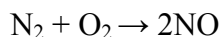
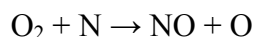
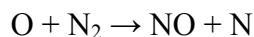
Intoxicația cu CO poate provoca dureri de cap, oprirea respirației, sau chiar moartea.

Oxizii de azot (NO_x) se formează în motor prin oxidarea azotului la temperaturi înalte. Se deosebesc oxidul azotos (N_2O), oxidul de azot (NO) și bioxidul de azot (NO_2).

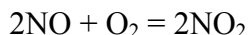
Oxidul azotos este un component stabil la 500 °C și rezultă dintr-o reacție de combinare a azotului cu oxigenul atomic:



Oxidul de azot se poate forma după reacții de forma:



Bioxidul de azot rezultă din reacția:

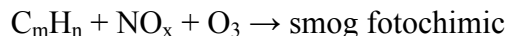


Dintre combinațiile azotului cu oxigenul, oxidul de azot are un efect ilariant asupra omului, putând provoca paralizia plămânilor. Bioxidul de azot provoacă tulburări respiratorii trecătoare. Bioxidul de azot este de patru ori mai toxic decât oxidul de azot, și de zece ori mai toxic decât oxidul de carbon.

Hydrocarburile C_mH_n apar în gazele de ardere din cauza arderii incomplete în apropierea pereților cilindrilor reci, sau datorită lipsei locale de aer.

Anumite hidrocarburi (alcanii) la concentrații de peste 35 g/m³ înrăutățesc respirația, iar cele aromatice (benzenul), provoacă intoxicații.

Hidrocarburile se pot asocia cu oxidul de azot și ozonul, în prezența razelor solare, formând „smogul fotochimic”:



Fumul, este un amestec de complecși de carbon cu gudron și hidrocarburi. Fiind în asociație cu alți poluanți, de exemplu SO₂, atacă țesuturile din plămâni, provocând bronșite cronice [9].

Concentrația produșilor poluanți depinde de o serie de factori: combustibili, tipul motorului, regimul de funcționare, etc.

Din *tabelul 1* reiese corelația emisiilor poluante rezultate în urma arderii motorinei și uleiului de rapiță, măsurate pe un motor IFA [9].

Tabel 1.

Denumire	Motorină	Ulei de rapiță	Diferență, [%]
Oxid de carbon, [vol %]	0,21	0,20	-5,26
Hidrocarburi [ppm*]	21,7	14,9	-31,34
Oxizi de azot [ppm]	1058	1080	2,08
Densitate de fum [mg/m ³]	47,0	31,0	-34,04
Coeficient de absorbție [m ⁻¹]	1,25	0,34	-72,8

* părți pe milion

3. COMBUSTIBILI UTILIZAȚI LA MAC

Uzual pentru alimentarea MAC se utilizează motorinele. Ele sunt combustibili de natură minerală, fiind constituite din hidrocarburi parafinice, naftenice, aromatice și hidrocarburi cu structuri mixte, care se distilă în intervalul de temperatură: 200-400⁰C, în compoziția acestora găsindu-se și o serie de compuși cu sulf, cu oxigen și azot.

Motorinele, în marea lor majoritate, provin din procesul de distilare atmosferică a petrolului. În compoziția lor pot intra și rafinate de la extracția hidrocarburilor aromatice, fracțiuni rezultate la cracarea termică.

Combustibilii utilizați la MAC, se apreciază prin *cifra cetanică* ce caracterizează proprietățile lor de autoaprindere. Această cifră reprezintă raportul procentual volumetric între *cetan* (care se aprinde ușor și i se atribuie cifra cetanică 100) și *alfa-metil-naftalena* (care are o mare întârziere la autoaprindere și i se atribuie cifra cetanică 0).

Motorina care are cifra cetanică mare se autoaprinde mai ușor, asigurând o pornire mai ușoară și un mers mai liniștit al motorului. Pe lângă cifra cetanică mare, o motorină de calitate trebuie să aibă temperatura de congelare scăzută, acțiune corosivă minimă, puritate mare și o tendință redusă de formare a depunerilor de calamină.

În vederea îmbunătățirii proprietăților motorinelor, din punct de vedere al cerințelor tehnico-economice de utilizare în MAC, se folosesc o serie de tipuri de aditivi, cum ar fi:

- aditivi care îmbunătățesc arderea;
- aditivi care împiedică sau anihilează depunerile;
- aditivi antioxidanți;
- aditivi anticorosivi;
- aditivi care îmbunătățesc proprietățile la temperaturi joase;

4.1. Avantajele utilizării motoarelor Diesel

Motoarele diesel pentru automobile s-au dezvoltat după anul 1975, în contextul economisirii combustibililor petrolieri și în vederea încadrării automobilelor în normele de protecție a mediului ambiant, prevăzute prin legislațiile tot mai severe.

Dintre avantajele pe care le prezintă motoarele diesel, comparativ cu motoarele cu aprindere prin scânteie se pot enumera:

- un consum de combustibil mai redus datorită raportului de comprimare ridicat, care poate atinge valori de 16-24, față de 8-11, în cazul motoarelor cu aprindere prin scânteie; avantajul se manifestă la sarcini parțiale, deoarece motorul diesel păstrează un raport de comprimare constant, pe când la MAS acesta se reduce la sarcini parțiale;
- cuplul motor mai constant în cazul MAC decât la MAS, datorită procesului de ardere, care asigură un coeficient favorabil de umplere;
- producerea unei cantități mai reduse de poluanți datorită condițiilor de ardere cu exces de aer;
- costuri ale combustibililor diesel inferioare comparativ cu cele ale benzinelor superioare.

Consumul mai redus de combustibili în cazul motoarelor alimentate cu motorină justifică tendința de dieselizare a automobilelor, manifestată în Europa.

Motoarele cu aprindere prin comprimare sunt cele mai economice, comparativ cu cele cu aprindere prin scânteie, mașinile cu abur și turbinele cu gaz.. Un avantaj al motoarelor diesel îl constituie consumul de combustibil, c_e mai redus la sarcini parțiale și mai redus față de MAS în toată gama de variație a sarcini (fig. 9).

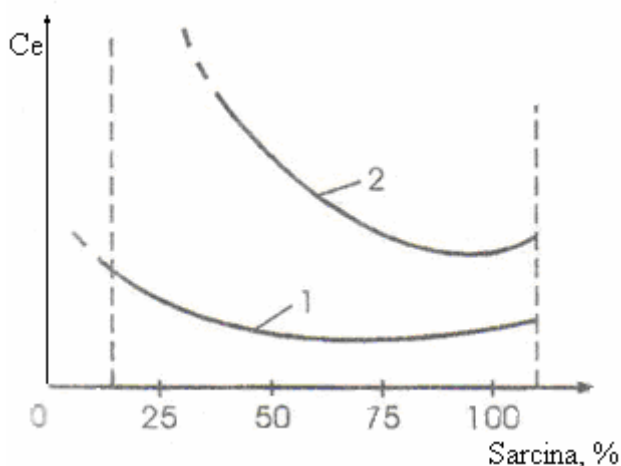


Fig 9. Variația c_e în funcție de sarcină: 1 – MAC; 2 - MAS

În România numărul de autovehicule echipate cu motoare Diesel este în creștere, deținând o cotă de 52,6 % în anul 2004.

4.2. Resurse de țiței a României

România este considerată o țară bogată, datorită resurselor materiale pe care le posedă. Cu o producție anuală de circa 7 milioane tone pe an, ea este una din cele mai mari producătoare de petrol din Europa, dacă se face abstracție la țările din zona Mării Negre și Comunitatea Statelor Independente. În perioada interbelică, România, cu o producție de 5 milioane de tone petrol pe an se situa pe locul 5 în lume. După ce extracția a ajuns la un nivel record de 14,7 milioane de tone petrol în anul 1976, producția a ajuns să se stabilizeze în jurul valorii de 7 milioane tone petrol pe an.

În figura 10 este prezentată producția de țiței a firmei Petrom, care este cea mai mare firmă care se ocupă cu extragerea, prelucrarea și comercializarea produselor petroliere din România.

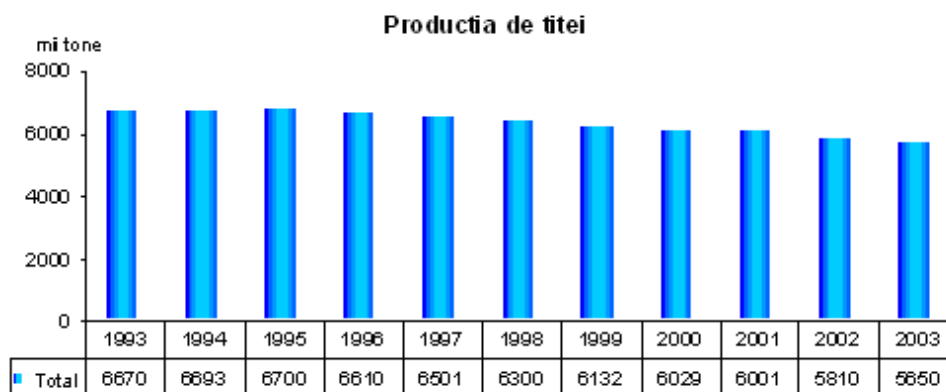


Fig. 10. Producția de țiței la Petrom

În figura 11 este prezentată cantitățile de țiței prelucrată de către compania Petrom:

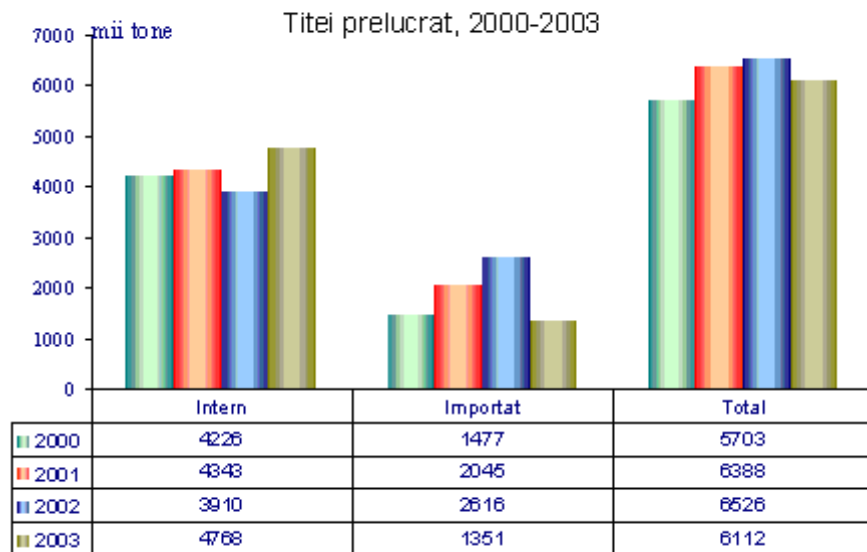


Fig. 11. Cantitatea de țiței prelucrată de către Petrom

4.3. Motorine standard

Prezentele standarde de motorină se referă la condițiile tehnice și metodele de încercare pentru stabilirea calității motorinelor comercializate în România de către S.C. PETROM S.A.

Din motorina EURO DIESEL se fabrică două tipuri :

- tip I de vară;
- tip II de iarnă.

Caracteristicile acestui tip de motorină este prezentat în *tabelul 2*:

Tabelul 2.

Standardul pentru motorina tip EURO DIESEL

Caracteristica UM	Valoare		Metoda de încercare
	Tip I vară	Tip II iarnă	
Cifra cetanică, min	51.0	51.0	EN ISO 5165 : 98
Indice cetanic calculat	46.0	46.0	SR ISO 4264 : 99
Densitate la 15°C kg/m ³	820 - 845	820 – 845	EN ISO 3675: 1998 EN ISO 12185: 1996
Conținut de sulf mg/kg, max.	350	350	SR ISO 8754 – 96 ASTM D 3120 – 96
Conținut de apă mg/ kg, max.	200	200	EN ISO 12937:2000 ASTM D 1744 – 92
Vâscozitate la 40° C, mm ² /s	2.00 – 4.50	2.00 – 4.50	SR ISO 3104 – 96
Punct de inflamabilitate °C	Peste 55	Peste 55	EN 22719 : 93 ASTM D 93 – 2000

Motorina SUPER EURO–DIESEL, standardul se aplică la motorina pentru motoarele diesel, proiectate să utilizeze acest tip de combustibil și este prezentat în *tabelul 3*:

Tabelul 3.

Standardul pentru motorina tip SUPER EURO – DIESEL

Caracteristica UM	Valoare		Metoda de încercare
	Tip I vară	Tip II iarnă	
Cifra cetanică, min	51.0	51.0	EN ISO 5165 : 98
Indice cetanic calculat	46.0	46.0	SR ISO 4264 : 99
Densitate la 15°C kg/m ³	820 - 845	820 – 845	EN ISO 3675: 1998 EN ISO 12185: 1996
Conținut de sulf mg/kg, max.	50	50	SR ISO 8754:1996 ASTM D 3120-96
Conținut de apă mg/kg, max.	200	200	EN ISO 12937:2000 SR ISO 760 – 94
Vâscozitate la 40° C, mm ² /s	2.00 – 4.50	2.00 – 4.50	SR ISO 3104 – 96
Punct de inflamabilitate °C	Peste 55	Peste 55	EN 22719 :93* ASTM D 93-99

5. BIOCOMBUSTIBILI

În cadrul familiei biocombustibililor, un loc central îl ocupă prin prisma perspectivelor combustibilii de substituție pe bază de compuși organici oxigenați de tipul *alcoolilor inferiori* (metanol, etanol), produși de fermentație acetono-butilică, eteri, *uleiuri vegetale*, etc. Dintre aceștia, uleiurile vegetale și derivatele lor prezintă, pentru majoritatea țărilor Europene, un interes deosebit prin prisma potențialului lor de producție și utilizare.

Având în vedere aceste considerente în cele ce urmează se vor prezenta biocombustibilii proveniți din uleiuri vegetale, care actualmente au început să înlocuiască din ce în ce mai mult motorinele [9].

Valorificarea uleiurilor vegetale, în calitate de combustibili diesel, se poate realiza pe următoarele căi:

- utilizarea uleiurilor vegetale ca atare;
- utilizarea mono esterilor obținuți prin transtransesterificarea uleiurilor vegetale, în stare pură sau în amestec cu motorină;
- conversia uleiurilor vegetale în hidrocarburi, prin procese de descompunere termică, de cracare catalitică, de hidroliză a uleiurilor și decarboxilarea acizilor grași rezultați, precum și prin procese de saponificare urmate de descompunerea termică a sărurilor acizilor corespunzători;
- amestecarea uleiurilor vegetale, în diferite proporții, cu combustibili de natură minerală.

5.1. Utilizarea combustibililor pe bază de uleiuri vegetale în alimentarea motoarelor diesel

Utilizarea uleiurilor vegetale drept carburanți ca atare sau sub formă de derivați, constituie o nouă cale, care permite acoperirea parțială a necesarului de combustibili auto al țărilor care nu dispun de petrol, dar care posedă astfel de materii prime.

Valorificarea uleiurilor vegetale în calitate de combustibil diesel se realizează pe următoarele căi:

- folosirea uleiurilor vegetale ca atare;
- utilizarea monoesterilor obținuți prin transesterificarea uleiurilor vegetale, în stare pură sau în amestec cu motorina;
- conversia uleiurilor vegetale în hidrocarburi, prin procese de descompunere termică.

Dintre variantele aplicate, un interes deosebit îl prezintă utilizarea uleiurilor vegetale ca atare și a derivaților de tip monoesteri pentru următoarele considerente:

- reprezintă o nouă cale de economisire a combustibililor de origine petrolieră și de acoperire a necesarului de motorine;
- uleiurile vegetale, derivații lor de tipul monoesteri și amestecurile motorine-monoesteri sunt compatibile cu motoarele ce echipază vehiculele actuale;
- alimentarea motoarelor diesel cu monoesteri sau amestecuri motorine-monoesteri permite reducerea poluării atmosferei, prin scăderea concentrațiilor de oxid de carbon și de fum din gazele emise.

Biodieselul are avantajul că este biodegradabil. Are o biodegradabilitate de 4 ori mai mare decât motorina. În 28 de zile biodieselul pur se poate descompune în apa în procent de 80-85%.

Biodieselul se poate folosi acolo unde se folosesc combustibili diesel, cu excepția perioadelor reci, deoarece în aceste perioade biodieselul își mărește vâscozitatea și sunt necesare echipamente speciale. Echipamentele fabricate înainte de 1993 pot avea elemente de etanșare din cauciuc în pompele și sistemele de alimentare cu combustibil, care pot ceda dacă se folosește biodiesel. Aceste elemente trebuie înlocuite cu alte elemente de etanșare fără cauciuc în cazul folosirii biodieselului. Se pot folosi de asemenea amestecuri de 20 sau 30% biodiesel cu orice combustibil diesel, chiar și pe motoare reci fără nici o modificare. Trebuie doar supravegheate elementele de etanșare. Biodieselul se amestecă bine cu combustibilul diesel și rămâne așa chiar și în prezența apei. Amestecurile de combustibil diesel și biodiesel au o onctuositate superioară, ceea ce reduce uzura și fisurile din motor, prelungind durata de viață a motorului. Aceste amestecuri vor curăța de asemenea și sistemul de alimentare.

Până în luna mai 2004, în SUA existau peste 400 mari parcuri de autovehicule care funcționau cu biodiesel incluzând aici parcuri auto a forțelor armate ale SUA, parcul național din

Yellowstone, NASA, diferite departamente de stat și diferite școli care posedă autobuze. Cele mai bune rezultate s-au obținut amestecând biodieselul cu motorină cu conținut sărac în sulf.

În prezent acest combustibil nou se vinde în peste 1700 de stații de alimentare cu combustibili în Germania și Austria și este de asemenea o alternativă naturală pentru combustibilul convențional (fig. 12). Oricum încă nu se poate vorbi despre o substituie completă a motorinei. Se estimează că 5 – 7 % din consumul de combustibil diesel poate fi înlocuit cu biodieselul produs din materii prime naturale indigene, din care 10% sunt folosite în Uniunea Europeană. În momentul de față biodieselul este în vârful piramidei combustibililor alternativi și împreună cu motoarele alimentate cu hidrogen și tehnologia pilelor de combustie, își va asuma rolul important de “mobilitate” al viitorului, în momentul în care puțurile sondelor de petrol vor fi secate.



Fig. 12. Stație de alimentare cu biodiesel

Pentru a se evalua posibilitatea de utilizare a uleiurilor vegetale și a derivaților lor în calitate de substituenți ai motorinei, trebuie luate în considerare următoarele caracteristici principale: intervalul de distilare, vâscozitatea, indicele cetanic, comportarea la rece, puterea calorică volumică, stabilitatea în cursul stocării.

Intervalul de distilare. Condiționează posibilitatea de vaporizare a combustibilului și arderea completă a acestuia în motor. În comparație cu motorina, intervalul de distilare al uleiurilor vegetale, în special în cazul uleiurilor vegetale, care conțin procente ridicate de acizi liberi, este mult mai mare. Ca urmare, la alimentarea motoarelor cu uleiuri vegetale, acestea determină combustii incomplete în motor cu formare de depuneri.

Vâscozitatea. Influențează alimentarea motorului și pulverizarea combustibilului în motor. Creșterea vâscozității defavorizează pulverizarea și arderea combustibilului în motor. Un combustibil prea vâscos va înrăutăți formarea amestecului carburant, deoarece picăturile, fiind mari și penetrante, vor ajunge în peretele opus injectorului. Uleiurile vegetale au o vâscozitate de circa 10 ori mai mare decât motorina.

Cifra cetanică (CC). exprimă calitățile la autoaprindere al combustibililor auto în camera de combustie. Pentru motorinele auto, domeniul optim al cifrei cetanice este cuprins între 40 și 50. Comparativ cu motorina, uleiurile vegetale au valori ale indicilor cetanici relativ mai mici (30 - 40) în funcție de tipul uleiului și structura chimică a radicalilor organici care intervin în structura acestora.

Puterea calorifică. Este o caracteristică importantă pentru un combustibil. Aceasta permite să se prevadă puterea maximă ce se poate atinge pentru un motor, la un reglaj volumetric al pompei de injecție dat. Pentru uleiuri vegetale valoarea medie a puterii calorifice inferioare este de 9000 kcal/mol, comparativ cu 10500 kcal/mol în cazul motorinei.

Comportarea la temperaturi joase. Datorită punctelor de tulburare, a celor de solidificare și a temperaturilor limită de filtrare relativ ridicate, uleiurile vegetale creează o serie de dificultăți în cadrul sistemelor de alimentare ale motoarelor diesel. În cazul unor uleiuri vegetale, punctele de tulburare variază între +13°C (pentru uleiul de soia) și +31°C (pentru uleiul de palimer).

Stabilitate la stocare a uleiurilor vegetale este esențială pentru utilizarea acestora în calitate de combustibili auto. Din acest punct de vedere, ele au o stabilitate relativ redusă putându-se hidroliza oxida, polimeriza, formând depuneri cu o compoziție complexă. O atenuare a fenomenului de hidrolizare și de formare a gumelor la stocare s-a realizat prin folosirea de aditivi care s-au dovedit eficienți în protejarea uleiurilor vegetale.

5.2. Avantajele utilizării uleiurilor vegetale

5.2.1. Avantaje din punct de vedere al protecției mediului

- au o toxicitate extrem de redusă;
- sunt biodegradabile;
- în urma arderii rezultă o cantitate mai mică de noxe, cu aproximativ 70% (fum, funingine), iar cantitatea de CO și C_mH_n se situează chiar sub limitele normelor Euro 1 și 2 (fig. 13.).

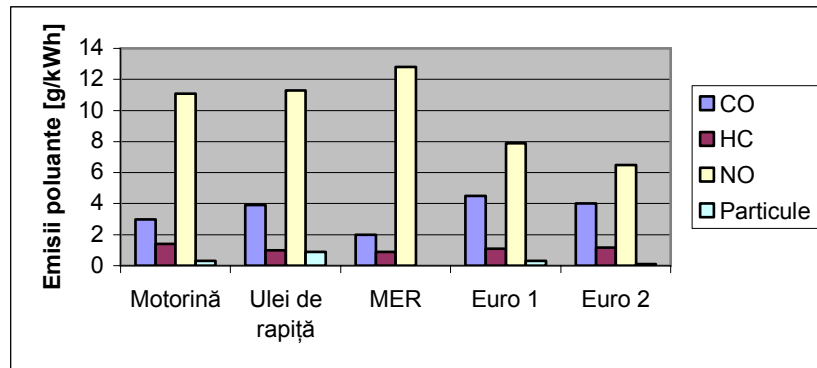


Fig. 13. Emisiile specifice în cazul utilizării diferitelor tipuri de combustibili

5.2.2. Avantaje economico-energetice

- putere calorică apropiată motorinei;
- posibilitate de producție anuală;
- proprietăți fizico-chimice asemănătoare cu cele ale motorinei.

5.2.3. Avantaje socio-umane

- creează noi locuri de muncă în agricultură;

- asigură siguranță pentru muncitorii din agricultură.

5.2.4. Avantaje economice

- economisirea/înlocuirea combustibililor de origine petrolieră;
- utilizarea plantei 100%:
 - ulei comestibil;
 - combustibil MAC;
 - hrană animale (șroturi);
 - așternut sau combustibil (tulpini);
- tehnologii de cultură nu prea complexe.

5.3. Corelarea unor proprietăți caracteristice ale motorinei cu ale uleiurilor vegetale

Pentru evaluarea posibilităților de utilizare ale uleiurilor vegetale și a derivatelor în calitate de substituenți ai motorinei, se iau în considerare următoarele caracteristici: densitatea, viscozitatea, cifra cetanică, puterea calorică, etc [1,5] (*tabelul 3.*).

Viscozitatea este o proprietate principală a combustibililor, de care depinde în foarte mare măsură calitatea pulverizării și formării amestecului, în special la motoarele cu aprindere prin compresie.

Un inconvenient important al uleiurilor vegetale îl constituie și procentul mai ridicat de sedimente, care poate ajunge, în cazul uleiurilor brute, până la 2%, comparativ cu 0,05% în cazul motorinei.

Stabilitatea la stocare ale uleiurilor vegetale, este relativ redusă, putându-se hidroliza, oxida, etc. O atenuare a fenomenului de hidroliză și de formare a gumelor la stocare s-a realizat prin folosirea de aditivi în protejarea uleiurilor vegetale [9].

Tabel 4.

Corelarea unor proprietăți fizice și chimice ale uleiurilor cu ale motorinei

	Floarea-soarelui		Soia		Rapiță		Ulei de ricin	Ulei de cocos	Ulei de palmier	Ulei de măsline	Motorina
	ulei	ester metilic	ulei	ester metilic	ulei	ester metilic					
Densitate la 15 ⁰ C, [g/dm ³]	0,92	0,88	0,92	0,88	0,91	0,88	0,91	0,87	0,92	0,92	0,835
Viscozitate cinem. La 40 ⁰ C, [mm ² /s]	34,9	4,22	33	3,89	51	5,65	71,0	21,7	29,4	83,8	2,98
Putere calorică, [MJ/kg]	36,5	35,3	39,3	39,7	40,1	40,54	37,2	35,3	37,0	37,8	45,4
Cifra cetanică	33	45-51	38	55	32	62	51			7,1	49
Punct de congelare [°C]	-18	-8	-12	-3	-21	-15	-14				-23
Punct de inflamabilitate, [°C]	316		351	188	317	179	340				70-90
Cifra de saponificare, [mgKOH/g]	186-194		188-195		167-180		138	246-168	246-268	186-190	
Cifra iod	118-144	114-138	169-192	90-117	94-118		34-61	75-90			
Sulf, [%]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,012	0,01	0,01	0,01	0,01	0,25

6. PLANTE OLEAGINOASE

Acele plante, din care se pot obține uleiuri, se numesc plante oleaginoase. Rapița, soia, inul, muștarul, macul, floarea-soarelui cresc în zonele temperate, iar ricinul, bumbacul, arahida, măslinul, arborele de cacao, palmierul în zonele subtropicale și tropicale ale Pământului.

Uleiurile vegetale în primul rând sunt utilizate ca uleiuri comestibile, sau materie primă la fabricarea margarinei, iar în industria chimică stau la baza fabricării vopselelor, lacurilor și a săpunurilor.

După proprietățile fizice și chimice, uleiurile vegetale se „înrudesc” cu motorina [1, 2, 3].

Dintre plantele uleioase, rapița este cea mai răspândită pe Mapamond.

6.1. Cultivarea rapiței

Rapița este una din cele mai importante plante uleioase din lume. Semințele sale au un conținut ridicat în ulei, cu utilizări în industrie și alimentație.

La noi în țară rapița a fost introdusă în cultură între anii 1840-1850 din Anglia, răspândindu-se în Moldova mai mult Colza (rapița mare), iar în Muntenia îndeosebi Naveta (rapița mărunță).

Rapița mare (Colza) se cultivă din antichitate în bazinul Mediteranean și Orientul apropiat, iar rapița mică (Naveta) a fost introdusă în cultură la începutul secolului al XVI-lea în Belgia și Olanda [9].

După rafinare (îndepărtarea gustului neplăcut și realizarea unei culori galben-deschis), uleiul de rapiță se utilizează în alimentație ca atare sau ca margarină.

Uleiul de rapiță se folosește în industria săpunurilor, a lacurilor, vopselelor, în industria textilă, sau ca și carburant, după transformarea în ester metilic sau etilic (numit „biodiesel” sau „diester”). Din 2500 kg sămânță de Colza se obține cca 1000 kg ulei. Din 1000 kg de ulei de Colza + 100 kg de metanol rezultă 1000 kg ester de metil + 100 kg glicerină [9].

Turtele rezultate după extragerea uleiului se folosesc doar în cantități moderate în rațiile animalelor. Deși este un furaj concentrat valoros, în cantități mai mari produce tulburări digestive, iar în alimentația vacilor de lapte imprimă gust neplăcut laptelui.

Tulpinile uscate sunt întrebuințate pentru așternut sau pentru foc.

Este o bună plantă meliferă, oferind albinelor un cules timpuriu [9].

6.1.1. Răspândire

Suprafața cultivată cu rapiță pe glob a crescut de la 9,5 mil. ha, cu o producție de 7800 kg/ha în 1969-1971, la 19,86 mil. ha cu o producție de 13700 kg/ha 1991. Suprafețele cultivate cu rapiță pe continente și țări sunt prezentate în *tabelul 5* [9].

Tabelul 5.

Continentul	Țara	Suprafața [mii ha]	Producția medie la ha [tone]	Producția totală [mii tone]
Africa		160	1,06	170
	Etiopia	145	0,52	76
America de Nord		3331	1,32	4395
	Canada	3268	1,32	4303
America de Sud		101	1,45	148
	Argentina	60	1,33	80
Asia		12161	1,07	13038
	China	5800	1,28	7436
	India	5722	0,90	5152
Europa		3452	2,60	8964
	Germania	944	2,80	2213
	Franța	735	3,10	2286
	Polonia	468	2,23	1043
	Marea Britanie	440	3,02	1330
	Danemarca	275	2,67	734
	România	9	0,90	9
Oceania		141	1,05	148
	Australia	138	1,01	140

Suprafețele cultivate cu rapiță și producțiile la hectar în țara noastră sunt prezentate în *tabelul 6*. [9]

Tabelul 6.

	1938	1950	1960	1970	1980	1985	1990
mii ha	54,2	13,8	17,9	x	14,3	59,3	13,1
kg/ha	628	75	619	-	1317	589	831
mii tone	37,0	1,0	11,1	-	18,9	35,0	10,9

x) sub 0,1 mii ha

Prin introducerea unor soiuri productive, prin mecanizare și utilizarea uleiului de rapiță ca și combustibil, cultura rapiței a fost din nou reconsiderată la noi în țară. Suprafețe mai mari se cultivă în județele: Olt, Teleorman, Mehedinți, Botoșani, etc.

6.1.2. Soiuri

Soiurile de rapiță cultivate în țara noastră se prezintă în *tabelul 7*. [9].

Perioada de vegetație a rapiței de toamnă este de 270-290 zile, iar a rapiței de primăvară de cca. 110-140 zile. Rapița de toamnă, până la intrarea în iarnă, rămâne în faza de rozetă (vezi ANEXA 1). La începutul lunii aprilie începe îmbobocirea, iar după încă 10-15 zile, plantele înfloresc. Înfloritul durează 25-30 zile, când tulpina își termină creșterea (vezi ANEXA 2).

Lista oficială a soiurilor de rapiță cultivate în România, pentru anul 1993:

Tabelul 7.

Soiul	Țara de origine	Anul luării în cultură	Instituția responsabilă cu menținerea purității biologice	Observații
Triumf	România	1992	Inst. Agr. București	omologat
Quinta	Germania	1982	-	admis în cultură
Rex	idem	1991	-	admis în cultură

Urmează apoi coacerea, care durează cca. 25 zile. Maturizarea, la actualele soiuri, are loc după 20 iunie.

Se adaptează bine la condiții pedoclimatice variate. Unele soiuri rezistă iarna la -20°C , iar altele reușesc în regiuni tropicale.

Este pretențioasă la umiditate și are o slabă rezistență la secetă. Deficitul de apă este resimțit mai ales în faza de înflorire.

Se seamănă la începutul lunii septembrie. Se poate cultiva după leguminoase pentru boabe, soia, cartofi timpurii și cereale de toamnă. Nu trebuie să se cultive după ea însăși. Se recomandă o rotație minimă de trei ani, iar în cazul infestării cu Sclerotinia, rotația minimă obligatorie este de 8 ani. Nu se cultivă după floarea-soarelui și soia.

Pentru o producție de 100 kg semințe, rapița consumă 5-6 kg azot, 3,5-5,5 kg fosfor, 3,5-5 kg potasiu, 4-5 kg calciu, 2-3 kg sulf etc.

Sămânța trebuie să provină din categoria biologică elită, să fie proaspătă, deoarece își pierde repede germinația. Vor fi folosiți doar semințe mari, cu o puritate de peste 95% .

Epoca de semănat pentru rapița de toamnă este între 5-15 septembrie în sudul țării și 1-10 septembrie în vestul și nordul țării, pentru ca plantele să răsară și să formeze o rozetă de frunze, mai rezistentă peste iarnă (vezi ANEXA 1).

Soiurile de primăvară se seamănă imediat după ce se poate intra în câmp. Germinează la 2-3°C.

Semănatul se realizează cu mașina de semănat SUP 29 sau SUP 48, la distanța între rânduri de 12,5 cm sau 25 cm.

Adâncimea de semănat este de 2-4 cm.

Cantitatea de sămânță la hectar este de 8-15 kg/ha la rapița Colza și 6-10 kg/ha la Naveta.

Odată cu semănatul se tăvăluște. Culturile semănate la distanță mai mare între rânduri, înainte de intrare în iarnă, se face o ușoară mușuroire, iar primăvara două prașile. Culturile semănate des, primăvara se grăpează și se erbicidează.

Recoltarea se poate face în două faze:

- la maturitatea în galben (25-30 % umiditate), urmată de treierat,
- după uscarea plantelor

Se poate recolta într-o singură fază cu combina, la maturitatea deplină (cca. 10% umiditate).

Producția variază între 1500-3000 kg/ha. Raportul între semințe și „paie” este de 1:1,5-2 [9]

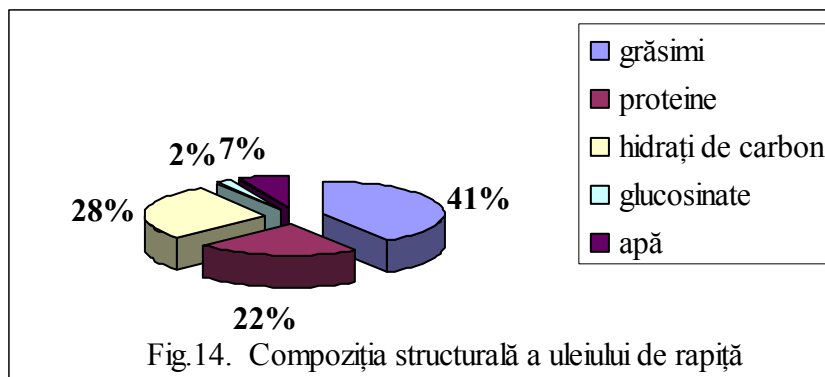
6.1.3. Compoziția chimică

În funcție de soi, semințele de rapiță conțin 41 % grăsimi, 22 % proteine brute, 28 % hidrați de carbon + lignină, 7 % apă și 2 % glucosinate (fig. 14.). Uleiul de rapiță conține în proporții diferite acizi grași: oleic, linoleic, linolenic, erucic și palmitic. Indicele iod este 94-118. Acidul erucic (monoacid nesaturat) pare a fi principalul factor al unor boli de inimă [9].

Uleiurile vegetale sunt triesteri ai glicerinei cu acizi monocarboxilici cu număr par de atomi de carbon (de obicei sunt C₁₂-C₁₈) care pot conține una sau mai multe legături duble, în funcție de materiile prime din care se extrag. Uleiurile cu un grad mai scăzut de nesaturare sunt mai pretabile ca și combustibili, decât cele cu un grad mai ridicat de nesaturare.

Cele mai multe uleiuri conțin predominant doi sau trei acizi principali, ceilalți acizi fiind în proporție mică (acizi secundari).

Conținutul uleiurilor vegetale în acizi grași este redat în *tabelul 8*, [9]:



Tabel 8.

Tipul de ulei	Acizi, %				
	Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic	Linolenic
Rapiță	2-4	1-2	60	20	8
Măsline	7-16	1-3	64-85	4-15	0,5-1
Floarea soarelui	4-9	3-6	14-35	60-75	0,1
Porumb	9-19	1-3	26-40	40-55	1
Dovleac	7-13	6-7	24-41	46-67	-
In	6-7	3-5	20-26	14-20	51-54
Soia	7-10	3-5	22-31	49-55	6-11
Palmier	40	4-6	38-41	8-12	-

- uleiuri de tip lauric, care conțin resturi ale acizilor lauric (C_{12}) și miristic (C_{14}); sunt, în general, uleiuri relativ saturate, cu indice de iod cuprins între 5 și 30;
- uleiuri de tip palmitic, uleiuri saturate care au resturi corespunzătoare acidului palmitic (C_{15});
- uleiuri de tip stearic, (C_{18}), care conțin acid stearic;
- uleiuri de tip oleic, sunt cele mai răspândite uleiuri și se găsesc în stare lichidă; au indicele de iod cuprins între 80 și 100 și se extrag din floarea-soarelui, soia, arahide, măsline, susan, etc., putând să conțină și cantități mici de acid linoleic;

- uleiuri de tip linoleic, sunt în general uleiuri cu un conținut ridicat de acid linoleic și valori ale indicilor de iod de cca. 100;
- uleiuri nesaturate, care conțin acizi nesaturați cu un număr mai mare decât C₁₈ atomi de carbon.

În afara compușilor cu structuri clasice corespunzătoare trigliceridelor, uleiurile vegetale pot să conțină și o serie de alți produși secundari, ca de exemplu monogliceridele, digliceridele, acizi liberi, produși peroxidici, fosfolipide (surse de gume), steroli liberi sau esterificați, alcooli terpenici, urme de apă, produși minerali.

Pe baza observațiilor legate de importanța compoziției acizilor grași asupra formării depozitelor cărbunoase din camera de ardere se introduce indicele *FIV* (*fuel index value*) pentru aprecierea pretabilității utilizării uleiurilor vegetale ca și combustibili:

$$FIV = 1(\% \text{ acid oleic}) + 4(\% \text{ acid linoleic}) + 8(\% \text{ acid linolenic}) + 1,1(\% \text{ acid eiconsenoic}) + 1,2(\% \text{ acid erucic})$$

Proprietățile fizice ale uleiurilor vegetale. Pentru a se evalua posibilitatea de utilizare a uleiurilor vegetale și a derivaților lor în calitate de substituenți ai motorinei, se iau în considerare următoarele caracteristici principale: intervalul de distilare, viscozitatea, indicele cetanic, comportarea la rece, puterea calorifică volumică, stabilitatea în cursul stocării.

Intervalul de distilare condiționează posibilitatea de vaporizare a combustibilului și arderea completă a acestuia în motor. Pentru motoarele diesel rapide, se folosesc combustibili cu temperaturi de distilare ($t_{10\%}$, $t_{50\%}$, $t_{90\%}$) care favorizează pornirea ușoară a motorului ($t_{10\%}$, $t_{50\%}$), economicitatea, eliminarea depunerilor și a fumului ($t_{50\%}$, $t_{90\%}$), funcționarea silențioasă ($t_{10\%}$, $t_{50\%}$). Pornirea MAC este determinată, în mare măsură, de temperatura $t_{90\%}$ a combustibilului [9].

Viscozitatea combustibilului influențează alimentarea motorului și pulverizarea acestuia în camera de ardere. Creșterea viscozității defavorizează pulverizarea și arderea combustibilului în motor. Un combustibil prea vâscos va înrăutăți formarea amestecului carburant, deoarece picăturile, fiind mari și penetrante, vor ajunge pe peretele opus al injectorului. Suprafața de contact fiind mai rece, va determina întreruperea lanțului reacțiilor de combustie. Din această cauză, se va forma fumul alb, cu miros înțepător (datorită produselor de combustie incompletă: aldehide și acizi). În schimb, la combustibilii cu viscozitate mică, care formează o pulverizare

fină, masa picăturilor fiind mai mică, penetrația jetului în aerul dens este insuficientă. Ca urmare, se formează fumul negru, caracteristic lipsei de oxigen (arderea se realizează cu exces de combustibili).

Viscozitatea este influențată de presiunea de injecție, de temperatura din cilindru și de proprietățile combustibilului (compoziție, densitate, tensiune superficială). Uleiurile de origine vegetală au viscozități de cca. 10 ori mai mari decât motorina (*tabelul 3.*).

Pornirea ușoară a motorului diesel depinde, printre altele, de viscozitate și de calitatea autoaprinderii, respectiv de cifra cetanică (CC), precum și de temperatura de tulburare și de cea de congelare ale combustibilului.

Cifra cetanică (CC) exprimă calitățile de autoaprindere ale combustibililor în camera de combustie la MAC. Domeniul optim este cuprins între 40 și 50. În condiții de climă temperată, corespunzătoare țării noastre, cifrele cetanice ale motorinelor au valorile sus amintite. Comparativ cu motorina, uleiurile vegetale au valori ale indicilor cetanici relativ mai mici (30-40), în funcție de tipul și de structura uleiului.

Puterea calorică este o caracteristică importantă pentru un combustibil, aceasta permițând să se prevadă puterea maximă ce se poate atinge pentru un motor, la un anumit reglaj volumetric al pompei de injecție. Pentru uleiuri vegetale, valoarea medie a puterii calorifice inferioare (PCI) este de cca. 37620 kJ/mol, comparativ cu 43890 kJ/mol, în cazul motorinei.

Comportarea la temperaturi joase. Datorită punctelor de tulburare, a celor de solidificare și a temperaturilor limită de filtrare relativ ridicate, uleiurile vegetale creează o serie de dificultăți în cadrul sistemelor de alimentare ale motoarelor diesel în cazul funcționării la temperaturi scăzute. În cazul unor uleiuri vegetale, punctele de tulburare variază între +13°C (pentru uleiuri de soia) și +31°C (pentru uleiuri de palmier).

Uleiurile cu punct de tulburare ridicate (având viscozități mari) vor favoriza scăderea debitului pompei de injecție și înfundarea frecventă a conductelor și filtrelor (motorinele au temperatura limită de filtrare de -22°C pentru sezonul de iarnă și de 0°C pentru sezonul de vară). Punctele de congelare ale uleiurilor vegetale au putut fi micșorate prin utilizarea de aditivi anticongelanți.

Un inconvenient important îl constituie și procentul mai ridicat de sedimente, care poate ajunge, în cazul uleiurilor brute, până la 2%. Este de menționat că procentul de sedimente din motorina standard nu depășește 0,05%.

Stabilitatea la stocare a uleiurilor vegetale este esențială pentru utilizarea acestora în calitate de combustibili auto. Din acest punct de vedere, ele au stabilitate relativ redusă, putându-se hidroliza, oxida, polimeriza, formând depuneri cu o compoziție complexă. O atenuare a fenomenului de hidroliză și de formare a gumelor la stocare s-a realizat prin folosirea de aditivi care s-au dovedit eficienți în protejarea uleiurilor vegetale.

Din punct de vedere economic, se consideră, însă, că varianta bazată pe conversia uleiurilor vegetale în monoesteri este cea mai avantajoasă.

Monoesteri de origine vegetală, utilizabili ca și combustibili diesel. Pentru eliminarea unor dificultăți care apar la utilizarea uleiurilor vegetale în calitate de combustibili diesel, o variantă de interes actual o reprezintă folosirea monoesterurilor obținuți prin transesterificarea uleiurilor vegetale cu alcooli inferiori (metanol, etanol, butanol, etc.).

Proprietățile fizice ale monoesterurilor. În raport cu uleiurile vegetale, monoesterii obținuți prin transesterificarea uleiurilor cu alcooli inferiori prezintă proprietăți fizico-chimice diferite. Marele avantaj al monoesterilor, comparativ cu uleiurile vegetale, îl constituie faptul că aceștia au viscozități și temperaturi de filtrare mult mai reduse. Viscositatea esterilor rămâne, totuși, aproximativ dublă față de cea a motorinei (2,2 cSt).

Comparativ cu uleiurile vegetale, masele moleculare ale monoesterilor sunt de circa trei ori mai mici. Indicii de iod și de saponificare prezintă, însă, valori asemănătoare cu cele ale uleiurilor vegetale.

Temperaturile de distilare ale monoesterilor, pentru 50% ($t_{50\%}$) și respectiv pentru 90% ($t_{90\%}$) sunt relativ apropiate, ceea ce indică o alură deosebită a caracteristicilor de distilare a acestora față de motorină. Ca urmare, volatilitatea esterilor sunt mai reduse comparativ cu cele ale motorinei. În același timp, punctele de tulburare și picurare au valori mai ridicate comparativ cu ale motorinei de referință. Aceste caracteristici fac ca esterii să prezinte unele dificultăți în cazul exploatării la temperaturi scăzute, comparativ cu motorina de bază. Un alt inconvenient îl constituie conținutul de gume care rezultă prin oxidarea catenelor nesaturate ale monoesterilor, corespunzătoare acizilor grași nesaturați. Gumele formate pot determina înfundarea filtrelor de combustibili și chiar griparea echipamentului de injecție. Având în vedere tendința de formare a gumelor, atât esterii ca atare, cât și cei aditivați, nu vor putea fi depozitați pe termen lung [9].

Valorile puterii calorice masice superioare a esterilor sunt cu aproximativ 12% mai mici decât în cazul motorinei. Având în vedere faptul că densitatea esterilor este mai mare comparativ

cu densitatea motorinelor, puterea calorică volumetrică superioară a esterilor va fi cu numai 8% mai mică.

Esterii menționați au proprietăți favorabile de autoaprindere, reflectate prin valori ridicate ale cifrei cetanice. Cercetările efectuate prin utilizarea unei bombe experimentale au relevat o serie de aspecte interesante legate de comportarea la autoaprindere a uleiurilor vegetale și a monoesterilor corespunzători.

Astfel, uleiul de floarea-soarelui are o întârziere la autoaprindere care prezintă o variație diferită cu temperatura, comparativ cu hidrocarburile folosite drept combustibili de referință la determinarea cifrei cetanice. Întârzierea la autoaprindere este de 2,4 m/s la cca. 940K, valoare care este egală cu aceea specifică a unui amestec etalon cu cifra cetanică 35,8.

La temperaturi inferioare, întârzierea la autoaprindere devine mai mare decât a amestecului cu cifra cetanică 35,8, iar la temperaturi superioare devine mai mică decât a unui amestec cu cifra cetanică superioară. Prin urmare, la o temperatură de cca. 1100K (830°C), întârzierea la autoaprindere va avea aceeași valoare cu aceea corespunzătoare unui amestec cu cifra cetanică 100.

Drept urmare, la temperaturi scăzute, motorul alimentat cu ulei de rapiță va porni mai greu decât în cazul alimentării cu un amestec de hidrocarburi cu cifra cetanică 35. Pe de altă parte, în condițiile de funcționare existente în cazul motorului cald, uleiul de floarea-soarelui se va comporta ca un combustibil cu cifra cetanică mai ridicată.

Având în vedere tendința generală existentă în Europa, precum și condițiile naturale oferite agriculturii în România, și totodată cerințele socio-economice din țara noastră, uleiurile vegetale au cele mai promițătoare perspective economice de dezvoltare în direcția producerii biocombustibililor [9].

7. TEHNOLOGIA DE OBTINERE A ULEIULUI DE RAPIȚĂ

7.1. Transportul și depozitarea semințelor

Semințele de rapiță se transportă sub formă de vrac, cu utilaje adecvate.

Înainte de depozitare, se are în vedere curățirea semințelor de impurități, pentru prevenirea deprecierii masei de semințe, având aceste impurități o umiditate mai ridicată. Masa de semințe poate conține maxim 2% impurități.

Pentru o depozitare mai îndelungată, umiditatea semințelor trebuie să se găsească în jurul valorii de 7%, valoare, ce se poate obține doar în urma uscării semințelor. Pentru uscarea semințelor se folosesc uscătoare de tip turn, de capacitate 5-30 t semințe pe oră, în urma căruia masa de semințe poate pierde 6-20% din umiditate.

7.2. Pregătirea semințelor

Constă în tăvălugirea și „prăjirea” semințelor. Tăvălugirea semințelor se face cu ajutorul unor valțuri zimțate și netede. În urma acestei operații, semințele sunt zdrobite și aplatisate de forma unor discuri groase de 0,3 mm. În timpul prăjirii, proteinele se denaturează, sămânța devine mai poroasă și viscozitatea uleiului mai mică. Prăjirea presupune încălzirea masei de semințe la 85-100°C, măbind în același timp umiditatea semințelor. Semințele sunt menținute la această temperatură, timp de 20-30 minute [9].

7.3. Obținerea uleiului

Imediat, după prăjirea semințelor are loc obținerea uleiului prin presare, extracție cu solvent, sau combinat.

În urma presării, în turte mai rămâne ulei în proporție de 4-6%.

Extracția uleiului cu ajutorul solvenților este mult mai avantajoasă, conținutul turtelor în ulei fiind doar aproximativ 0,5% [9].

Extracția uleiului de rapiță, respectiv a esterului său cuprinde mai multe etape tehnologice:

- **Etapa I:** extragerea uleiului;
- **Etapa II:** desmucilaginarea uleiului;
- **Etapa III:** filtrarea uleiului;
- **Etapa IV:** transesterificarea;
- **Etapa V:** depozitarea uleiului/esterului

7.3.1. Extracția

Extracția uleiurilor vegetale pentru alimentație și în scopuri industriale este în prezent destul de bine pusă la punct tehnic și tehnologic, experiența câștigată în acest sens putând fi folosită cu succes și în cazul biocombustibililor din clasa uleiurilor vegetale.

În mod curent, uleiurile vegetale se extrag din semințe prin trei metode fundamentale, fiecare dintre aceste metode fiind utilizabile în anumite condiții de producție date (ex. fermă agricolă, scară industrială, etc).

Prima metodă utilizează procesul de *extracție prin solvent*, în cadrul căreia semințele producătoare de ulei sunt strivite și macerate într-un solvent (ex. hexanul). Materialul este apoi deplasat și hexanul se evaporă eliberând uleiul. Complexitatea și hazardul care sunt asociate cu extracția prin solvent a uleiului au făcut ca această metodă să nu fie practicabilă în instalațiile de mici dimensiuni, metoda fiind destinată numai instalațiilor mari.

A doua metodă de extracție a uleiului este cea *prin presare*, în cadrul căreia cel mai adesea se utilizează presele cu șurub (fig. 15.). Procesul presării semințelor de rapiță executat de către acestea cuprinde inițial o zonă de comprimare înaltă (extracția primară) urmată de o succesiune de zone de relaxare și presare care desăvârșesc extracției uleiului prin creșterea treptată a presiunii exercitate. Turația șurubului care realizează presarea materialului este aleasă în așa fel încât fiecare timp de lucru să dureze cca. 22,5 secunde [9].

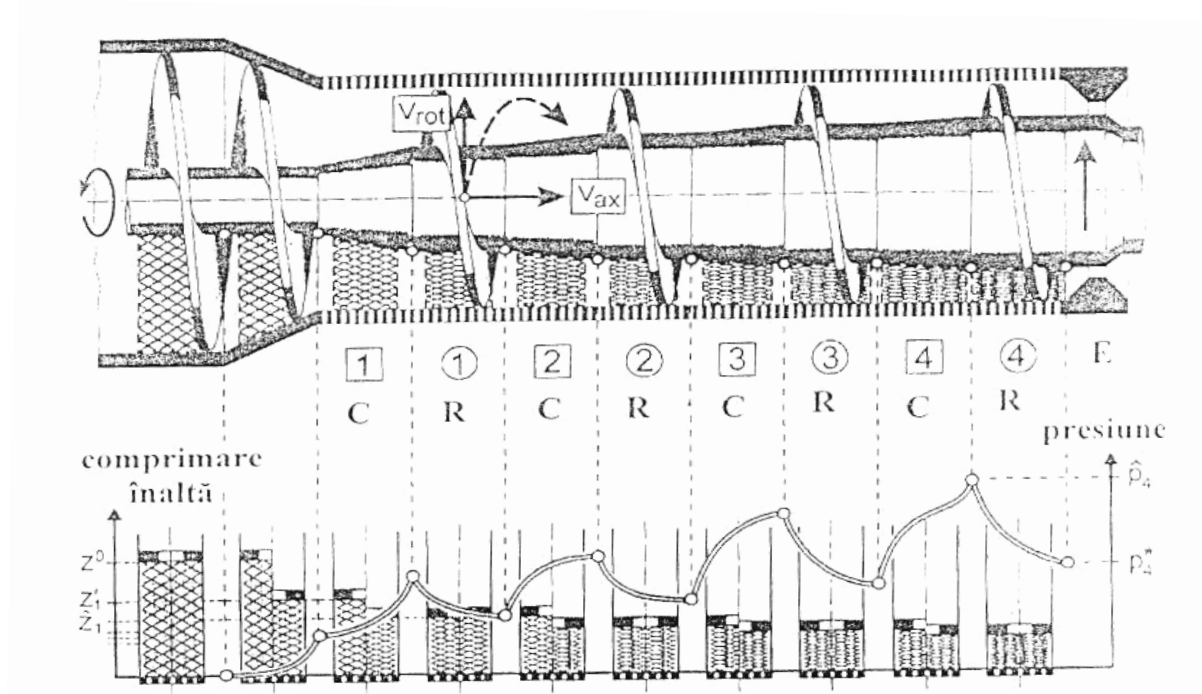


Fig. 15. Procesul de lucru executat de presele cu șurub (C-comprimare; R-relaxare; E-evacuare)

Prese cu șurub pentru extracția uleiului de rapiță sunt proiectate să lucreze la presiune cuprinsă între 1000 și 1400 daN/cm², și necesită o putere instalată de aproximativ 1 kW pentru fiecare tonă produsă zilnic.

La Baza de Recepție a cerealelor – Turda, pentru mărirea gradului de extracție a uleiului semințele sunt preîncălzite cu o instalație de aburi, tip ABA 400, care furnizează aburi pentru echipamentul de prăjire.

Procesul de extragere al uleiului, se observă în figura 16.

Materialul măcinat este alimentat prin intermediul dispozitivului de alimentare (1) în fiecare nivel al bazinului de abur (2), (3), (4) și este apoi treptat încălzit la temperaturi cuprinse între 50-100⁰C, timp de 15-20min înainte de extracție și amestecat la trecerea prin brațele amestecătorului de la un nivel la altul. După ce materialul este împins afară prin ieșirea (5), la nivelul de jos, cade în capul de alimentare (6) și este condus la cutia de presare (7) pentru a fi presat de secțiunile variate ale melcilor de presare. Uleiul extras curge prin găurile dintre barele cutiei în

transportorul cu melc pentru ulei (8), pentru ca în cele din urmă turta să fie descărcată în spatele mașinii [9].

Optimizarea condițiilor de lucru, corespunzător fiecărui tip de semințe, au permis atingerea unui procent de extracție a uleiului de până la 91% (*Goodrum și Sivakumarin*).

Extracția uleiului prin presare este utilizabilă atât în instalații de dimensiuni medii și mari, cât și în instalații de mici dimensiuni. Practica țărilor mari producătoare de biocombustibili a dovedit că cele două sisteme pot coexista foarte bine, completându-se unul pe altul.

Cea de-a treia metodă combină extracția prin solvent cu o operație de presare ușoară a semințelor. *Metoda combinată*, utilizată în instalațiile mari, este cea mai răspândită pentru producerea comercială a uleiului.

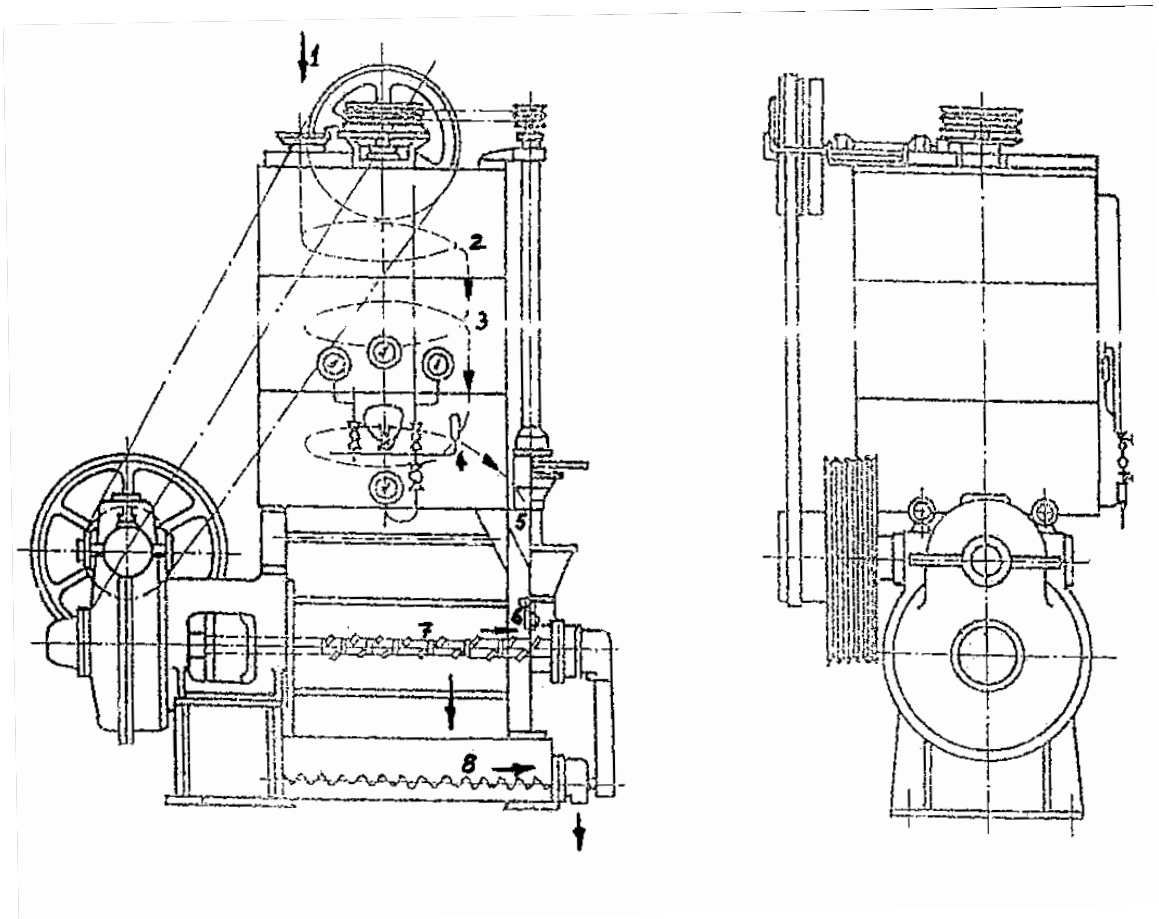


Fig. 16. Presa de ulei

7.3.2. Desmucilaginare sau degomarea

Uleiul brut, eliberat de impurități grosiere prin operația de purificare preliminară conține substanțe mucilaginoase (fosfatide, albumine, hidrați de carbon) sub formă coloidală, în suspensie sau dizolvate (uleiurile brute au 200 ppm fosfor).

Eliminarea fosfatidelor din ulei trebuie să se facă rapid și cât mai complet, prin următoarele metode:

Metoda prin hidratare: se bazează pe faptul că în prezența apei, la cald, mucilagiile își pierd solubilitatea în ulei și precipită în flocoane care pot fi separate prin sedimentare sau centrifugare.

Metoda acidă: se aplică după hidratare, folosind acid citric sau fosforic și ajută la îndepărtarea fosfatidelor nehidratabile. Acidul citric se folosește în soluție apoasă 10-20%, în proporție de 1-2% față de ulei, la temperatura de 70°C (instalația Sharples), și la 85-90°C (instalația Alfa-Laval), agitând în continuu amestecul (turația amestecătorului de 244 rot/min).

Acidul fosforic se folosește în proporții asemănătoare.

În instalația Sharples, uleiul este încălzit la 70°C, se amestecă cu 2-3% apă, se menține în vasul de hidratare sub agitare lentă (13 rot/min) timp de 25 min și apoi se centrifughează în centrifuge Sharples.

În instalația Alfa-Laval sau Westfalia, uleiul este încălzit la 65-70°C, este trecut în aparatul de hidratare (cu turație de 122 rot/min) și apoi în centrifuga cu talere, presiunea la ieșire din centrifugă fiind de 2,4 daN/cm²[9].

Metoda acidă, urmată de hidratare (superdegomarea): se aplică pentru uleiurile cu peste 1000 ppm fosfor în cadrul rafinării fizice. În acest caz, uleiul încălzit la 70°C este tratat cu acid fosforic sau citric cu amestecare 30 min, apoi amestecul se răcește la 25°C. Se adaugă apă în proporție de 1-3% și se continuă amestecarea încă 2 ore pentru hidratarea fosfalidelor. În final se realizează centrifugarea la 25°C, uleiul separat cu < 30 ppm fosfor fiind trecut direct la albire.

Metoda de desmucilaginare enzimatică: (procedeul Enzymax) cu o producție de 540 t/zi pentru uleiul de rapiță. Reacția de hidroliză are loc la 60°C și $pH = 5,0$ (pH -ul este reglat prin adaos de 2% soluție acid citric 40-50% și, respectiv, 5% soluție de NaOH 3-10%). După centrifugare uleiul conține numai 10 ppm fosfor.

În continuare, uleiul este depozitat în rezervoare de oțel cu capacitate mare (mii m³), fundul rezervorului înclinat ușor spre golire, pentru a se realiza golirea completă și pentru evitarea depunerii sedimentelor. Conducta de alimentare cu ulei a rezervoarelor trebuie să coboare până la partea inferioară a rezervorului, pentru a se evita contactul uleiului cu aerul. Pentru îndepărtarea pigmentilor (clorofilă, carotină, xantofilă), uleiul se decolorează. Decolorarea se face prin două procedee:

-*decolorarea fizică*, ce se realizează prin adsorbția pigmentilor de pământ sau pe cărbune decolorant. Pământul decolorant se introduce în ulei sub vacuum, se asigură un timp de contact la o anumită temperatură, după care se separă adsorbantul din ulei prin filtrare;

-*decolorarea chimică*, care se realizează printr-o reacție chimică în scopul de a modifica grupările cromogene ale pigmentilor. Reacția poate fi de oxidare sau de reducere. Decolorarea chimică se folosește numai pentru uleiurile tehnice puternic pigmentate [9].

7.3.3. Filtrarea

Filtrarea uleiului după extracție presupune inițial operația de sedimentare a acestuia prin depozitare într-un rezervor timp de minimum 48 ore, după care urmează filtrarea propriu-zisă cu ajutorul unei baterii de filtre (de construcție clasică), ultimul filtru realizând o filtrare de 4-5 μm. Experimentările au pus în evidență dese colmatări ale filtrelor care pot avea loc în decursul acestei operații, fenomen ce poate fi mult diminuat prin adăugarea în ulei a aditivului DuPont FOA-2 [1].

Cercetările, cu o durată de doi ani, efectuate de *Korus* și *Jo* (1985) și de către *Klopfenstein* și *Walker* (1985) au arătat că uleiurile vegetale își păstrează calitățile timp îndelungat dacă se iau minimum de măsuri de protecție. Astfel, experimentele au dovedit că rezervoarele din material plastic căptușite și prezența antioxidanților conduc la valori minime ale peroxizilor și ale pierderilor de acid linoleic. În același timp viscozitatea a crescut cu numai 4-6% după doi ani de depozitare anaerobică.

În cazul utilizării rezervoarelor de oțel pentru păstrarea biocombustibililor pe bază de uleiuri vegetale și a depozitării aerobice a acestora s-a remarcat o perioadă de inducție de 140-200 de zile în care valorile peroxizilor au crescut foarte lent.

Este de remarcat faptul, că în doi ani de depozitare anaerobică, viscozitatea a crescut doar cu 4-6%.

7.4. Transesterificarea

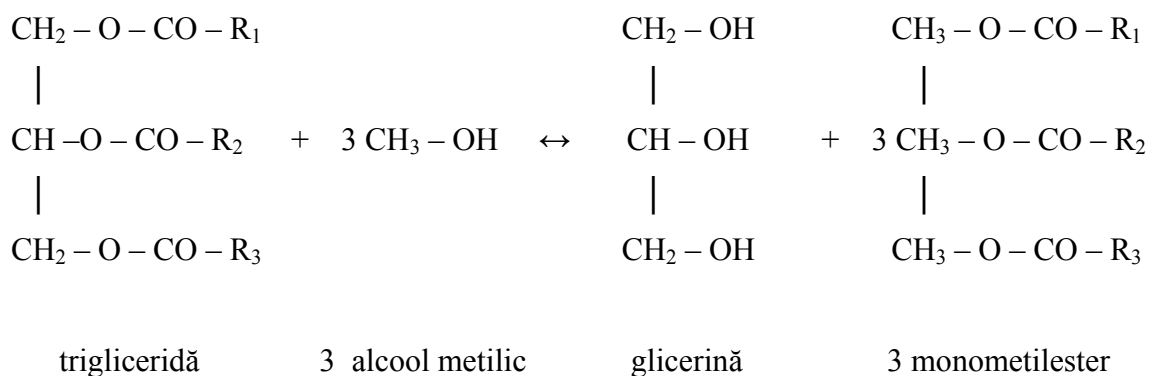
Folosirea uleiului brut la MAC-uri, are o serie de inconveniente, care pot fi diminuate prin:

- amestecarea uleiului brut cu motorina în proporție de 1:3
- uleiul brut se supune unui tratament de transesterificare, în urma căruia proprietățile esterului de metil de rapiță (MER) vor fi foarte apropiate motorinei.

Esterii sunt compuși chimici de forma: $-R-COOR'$, care rezultă în urma eliminării apei din acizi și alcooli: $acid + alcool \leftrightarrow ester + apă$.

În funcție de natura acidului, esterii pot fi anorganici, sau organici.

Reacția de transesterificare se face în prezența unui catalizator alchilic (KOH - hidroxid de potasiu, NaOH – hidroxid de sodiu, sau sodă caustică), în urma căreia, glicerina se descompune și reacționează cu alcoolul metilic, formând acizi grași-esteri-metilic. În urma reacției, dintr-un mol de triglicerid și 3 moli de alcool (în prezența catalizatorului), rezultă 3 moli mono-alcool-esteric și 1 mol glicerină [9]:



Pentru 184 kg (200 l) de ulei brut (de rapiță) este necesar 19,6 kg (24,8 l) de metanol. Pentru a determina desfășurarea reacției de transesterificare, este indicată folosirea 40 % mai

mult metanol, adică 24,4 kg (34,7 l) de metanol [9]. În cei 34,7 l de metanol se dizolvă 2,26 kg KOH. Procesul de transesterificare se realizează în cataliză bazică, la temperaturi de 50-70°C (procedeul Esterfip 1, figura 17.), sau în cataliză acidă, atunci uleiurile vegetale conțin procente ridicate de acizi liberi sau când alcoolii inferiori conțin apă (procedeul Esterfip 2).

Fabricarea esterilor metilici, prin procedeul Esterfip, plecând de la uleiuri vegetale, cuprinde următoarele etape: etapa de transesterificare; separarea monoesterilor; distilarea soluțiilor apă-alcool pentru recuperarea alcoolului și recircularea acestuia în procesul de transesterificare; purificarea soluțiilor de glicerină în vederea conținerii glicerinei pure. Ultima etapă cuprinde fazele: neutralizare, decantare, distilare în vid a glicerinei și purificarea acesteia prin trecere peste cărbune activ. În condiții de operare optime, conversiile în monoesteri depășesc 95%. Simultan cu monoesterii rezultă și glicerină, produs foarte valoros, compensând o parte din costul esterilor și al procesului de transesterificare.

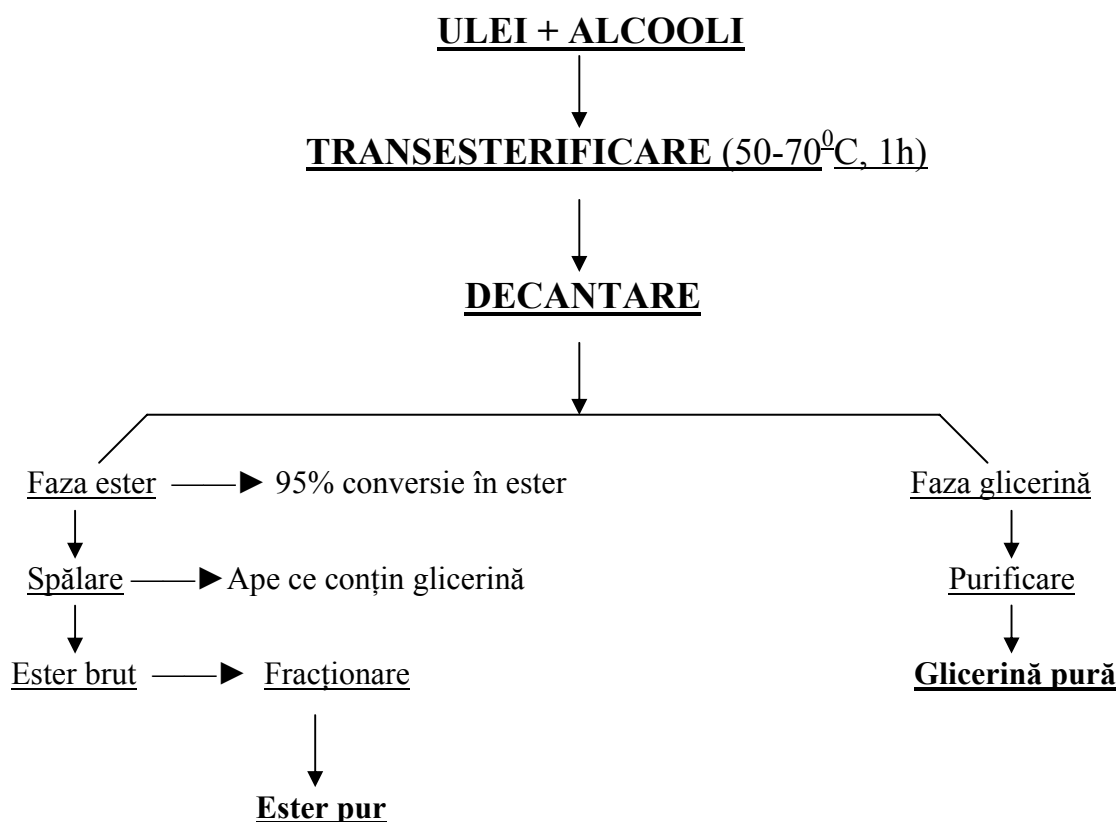


Fig. 17. Schema de principiu a procedurii Esterfip 1

7.4.1. Transesterificarea continuă

Metoda se utilizează la producerea MER în cantități mari, deoarece la pornirea reacțiilor se consumă cantități mari de energie și necesită reglaje fine; controlul temperaturii și a vitezei de reacție efectuându-se la intervale apropiate.

Dozarea catalizatorului dizolvat în metanol se realizează cu dozatoare performante în două etape, pentru a obține un MER de calitate. În timpul amestecării catalizatorului (NaOH, sau KOH) cu metanol, are loc încălzirea acestui amestec până la temperatura de $\sim 60^{\circ}\text{C}$, când dozatorul începe să dozeze catalizatorul la uleiul brut.

Pentru ca reacțiile de transesterificare să se producă în tot volumul uleiului brut, are loc o amestecare accentuată în timpul dozării catalizatorului. În același timp amestecul este spălat cu apă la temperatura de $\sim 75^{\circ}\text{C}$, pentru a îndepărta unele substanțe mucoase.

Din recipientul de omogenizare, amestecul astfel obținut este dirijat într-un alt recipient, în care are loc separarea glicerinei și a apei de MER. Pentru îndepărtarea apei și a glicerinei, a mono- și digliceridelor, se amestecă (agită) esterul cu o soluție concentrată de clorură de calciu. După sedimentare, esterul se filtrează pe un suport de silicogel.

În finele etapei a doua, MER are o puritate de cca. 100%.

În ultima fază glicerina se neutralizează cu acizi și se recuperează metanolul în întregime (figura 18.) [9].

7.4.2. Transesterificarea periodică

Această metodă se utilizează la transesterificarea unor cantități mai mici de ulei.

Transesterificarea are următoarele etape:

1. Pomparea uleiului vegetal se realizează cu o pompă mobilă direct din butoaie. Pe perioada pomparei agitarea și încălzirea reactorului sunt oprite. După terminarea operațiunii de pompare se pornește agitarea reactorului. Durata procesului este de 10 minute și necesită prezența unui operator.
2. Prima dozare a soluției de catalizator. După dozare se încălzește reactorul.

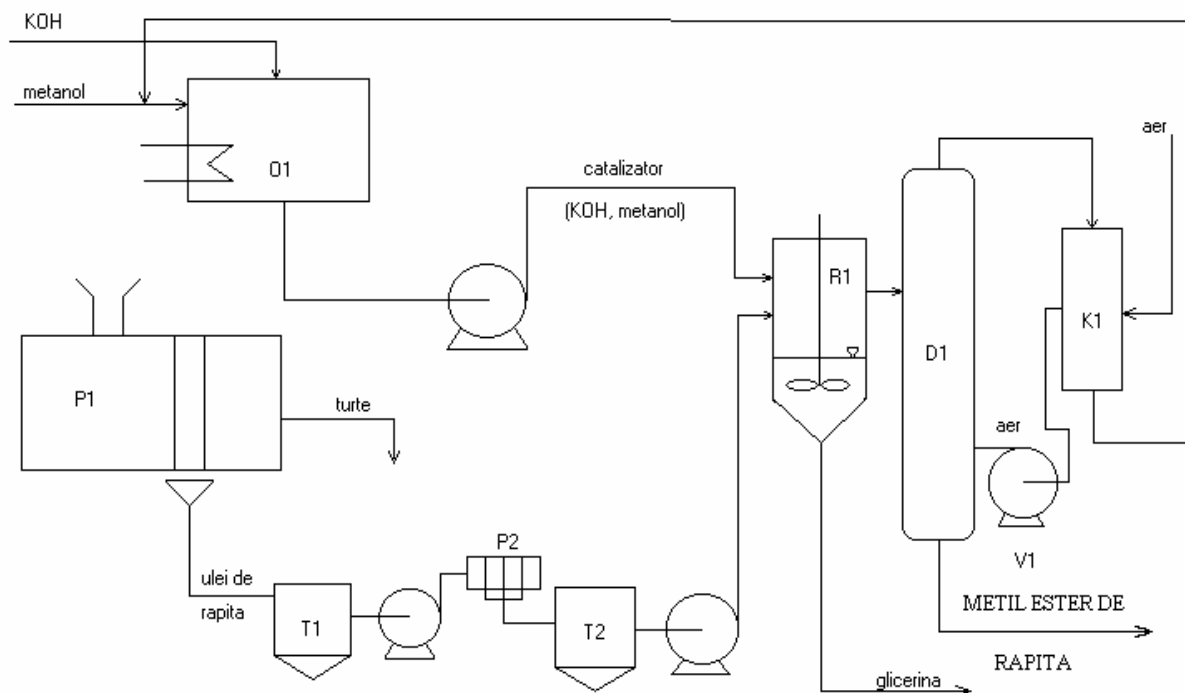


Fig. 18. Schema de obținere a esterului metilic de rapiță prin metoda continuă

Legendă

P1 presa de ulei
catalizatorului

T1 rezervor de ulei brut

P2 filtru de ulei

T2 rezervor de ulei filtrat

O1 rezervor pentru pregătirea

R1 recipient de omogenizare

D1 recuperator de metanol

K1 condensator

3. Are loc a doua dozare de catalizator. Operațiunea este similară cu cea de la etapa 2.
4. Etapa a II-a de transesterificare. Se agită la o temperatură de 65°C timp de 30 de minute, se menține 50 de minute. Se oprește agitarea și încălzirea lăsând în repaus 60 de minute, se decantează glicerina.
5. Colectarea glicerinei și pomparea biocombustibilului.

6. Dozarea apei. Se agită și se încălzește reactorul, se introduc 30 de litri de apă. Se menține amestecul de reacție, se agită la 45°C timp de 30 de minute, se oprește agitația și încălzirea, se lasă în repaus timp de 60 de minute pentru decantare.
7. Se pompează biodiselului brut, se spală, se uscă și se filtrează.
8. Se dozează soluția de uscare. Se agită și se încălzește reactivul, la temperatura de 45°C cca 110 minute, se face repaus 60 de minute pentru decantarea soluției uscate.
9. Filtrarea biocombustibilului prin scurgere liberă gravitațională, prin strat filtrant.

Pentru prepararea biocombustibilului trebuie respectate normele PSI și regulile de protecția a muncii, deoarece utilizează substanțe inflamabile, combustibile corozive și chiar toxice. Metanolul este foarte iritant, foarte volatil și foarte inflamabil, temperatura de autoaprindere este de 385°C.

În figura 19. este prezentat un dispozitiv de transesterificare a uleiului vegetal, care poate produce 200 litri/șarjă, respectiv 1 tonă/șarjă.



Fig. 19. Instalație de transesterificare a uleiului vegetal (I.C.I.A. Cluj-Napoca)

8. STUDII, CERCETĂRI, PRIVIND UTILIZAREA ULEIULUI DE RAPIȚĂ, CA ȘI COMBUSTIBIL. STADIUL ACTUAL

Specialiștii unor firme constructoare de MAI (Deutz, John Deere, Elsbett, etc.) au efectuat multe experimente cu ulei de rapiță pe mai multe tipuri de motoare (cu cameră de ardere divizată, cu cameră de vârtej, cu injecție directă, motoare răcite cu aer sau lichid, motoare de automobile, autocamioane, mașini agricole, etc.). Rezultatele au fost analizate în funcție de puterea efectivă, consum de combustibil, compoziția gazelor de evacuare, redată în *tabelul 11* [9].

Din totalitatea și multitudinea experimentelor efectuate rezultă: doar motoarele cu capacitate cilindrică mari și cu camere de ardere divizate (fig. 20.) dau rezultate bune pe termen lung [9].

La motoarele cu injecție directă (fig. 21.), funcționând cu un amestec de ulei de rapiță (1-50%) cu motorină, s-au constatat următoarele nereguli:

- colmatarea orificiilor injectoarelor și depuneri pe supape după scurt timp de funcționare;
- la concentrații mai mici de ulei de rapiță fenomenul apare mai târziu;

În concluzie, doar la motoare cu capacitate cilindrică mari, cu camere de ardere divizate se poate utiliza uleiul de rapiță fără să fie amestecat cu motorina. Aceste motoare însă sunt prezente pe piață într-un număr mai restrâns față de cele cu injecție directă, datorită puterii efective dezvoltate mai mici la același consum de combustibil.

Firma John Deere a construit un motor, care funcționează cu ulei de rapiță, dar la pornire (pentru încălzirea pieselor motorului) și la oprire (pentru îndepărtarea depunerilor și pornire ușoară) se utilizează motorina. Aceste motoare sunt scumpe, datorită numărului mic de fabricație.

Tabel 11.

Tip motor	Cu cameră de preardere	Cu cameră de vârtej		Cu injecție directă	
Utilizare	tractoare	tractoare	automobile	tractoare puternice	autocamioane puternice
Putere și energie efectivă	0	0	-	0	0
Consum de combustibil	0	0	0	0	0
Emisii de CO	-	-	-	-	-
Emisii de hidrocarburi	-	-	-	-	-
Emisii de NO _x	+	0	+	0	-
Emisii de fum	+	+	+	+	+
Emisii de particule	+	+	-	-	0
Conținut de aldehyde	-	-	-	-	-
Conținut subst. aromatice	+	+	-	-	-
Durata de viață	0	0	-	-	-

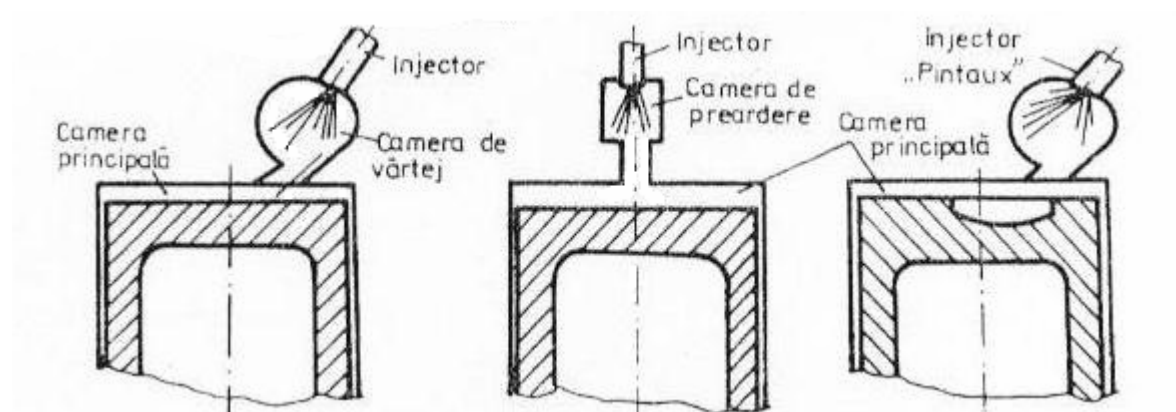


Fig. 20. Schema unor camere de ardere cu camere divizate

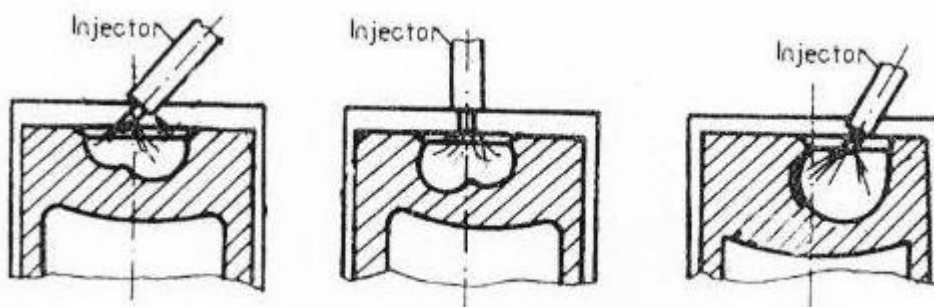


Fig. 21. Schema unor camere de ardere cu injecție directă

În concluzie, uleiul de rapiță trebuie transformat, astfel încât să fie utilizabil la toate MAC-urile, fără transformări majore ale acestora.

Soluția cea mai bună este transformarea uleiului de rapiță în MER.

8.1. Randament, putere, consum de combustibil

Rezultatele experimentelor efectuate în Austria, pe un motor Steyr WD 411/87, 4 cilindri, turbo, cu cilindrul de 3500 cm³, cu o putere nominală de 60 kW, o turație de 2200 rot/min, injecție directă, sunt următoarele:

- puterea maximă dezvoltată de motor alimentat cu MER, este de 50,5 kW, atins de motor la o turație de 1800-2000 rot/min, față de 55,0 kW (alimentat cu motorină), mai mic cu 8,2%;
- momentul motor efectiv dezvoltat este 280 Nm, în loc de 298 Nm, mai mic cu 5,9%;
- consumul specific efectiv de combustibil a motorului la turația de 1800 rot/min este de 256 g/kWh, cu 14% mai mult decât în cazul motorinei (226 g/kWh). Cauza principală: valoare mai scăzută a puterii calorice a MER (37,2 MJ/kg), față de valoarea puterii calorice ale motorinei (42,9 MJ/kg).
- randamentul efectiv rămâne aproape neschimbat (MER: 37,3%, motorină: 37,8%) [9].

Variația puterii efective a motorului la sarcina plină în funcție de turație, este redată în figura 22.

În condiții asemănătoare au fost făcute experimente și pe un motor Volkswagen, cu 4 cilindri, cu cameră de vârtej și cu cilindrul de 1600 cm³ [9].

Rezultatele în ambele situații au fost pozitive, chiar în unele privințe sensibil mai bune decât în cazul utilizării motorinei (de exemplu, la modificarea cantității de combustibil injectat, unghiul de injecție, avansul la injecție).

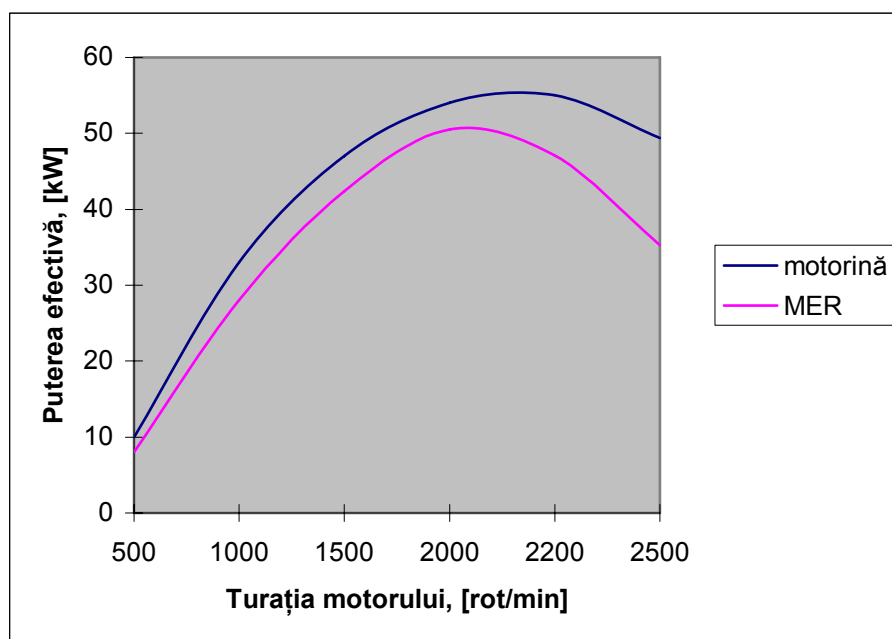


Fig. 22. Caracteristica de turație a motorului Steyr cu motorină și MER

8.2. Depozite, depuneri

Mărimea depozitelor în camera de ardere depinde de compoziția chimică și puritatea MER, de tipul motorului și de regimul de funcționare (sarcină, turație) al acestuia. La sarcină totală și turația maximă (temperaturi mai ridicate) mărimea depozitelor este mai mică.

Măsurătorile s-au făcut pe același motor Steyr, după 250 ore de funcționare (10 cicluri). La terminarea fiecărui ciclu, motorul funcționa la sarcina nominală timp de 15 min, deoarece

în gazele de evacuare s-au găsit cantități însemnate de MER, din cauza scăderii calității pulverizării combustibilului.

După cele 250 ore de funcționare s-au constatat următoarele [9]:

- depozite moi, uleioase în jurul orificiilor de pulverizare;
- după 75 ore de funcționare la un injector s-a dereglat presiunea de injecție de la 216 bar la 211 bar;
- pe părțile superioare ale cămășilor de cilindru (între chiulasă și punctul mort superior al pistonului) s-au observat depuneri maronii-negre, tari, subțiri, lucioase;
- pe suprafața de contact a segmentilor cu cămașa de cilindru nu s-au constatat depuneri;
- pe capul pistonului s-a observat o peliculă relativ subțire, în unele locuri lucioasă, neagră; grosimea depunerilor era mai mare în dreptul întâlnirii jetului cu capul pistonului;
- grosimea depunerilor în jurul supapei de admisie era mai groasă și rășinoasă
- supapa de admisie este lipsită aproape de depuneri; în galeria de admisie s-au observat depuneri rășinoase sub formă de nervuri de culoare maronie, paralele cu căile aerului;
- pe talerul supapei de evacuare se observă depuneri alb-maronii rugoase; pe scaunul supapei depuneri subțiri negricioase, iar în galeria de evacuare grosimea depunerilor neuniforme, cu grosimea cuprinsă între 0 – 1 mm.

Rezultatele obținute sunt aproape identice cu mărimea depunerilor constatate în cazul motorinei.

După mai multe verificări periodice, nici cantitatea gazelor din carter nu au crescut semnificativ [9].

8.3. Diluarea, sau creșterea viscozității

În motorul alimentat cu MER se petrec două fenomene opuse. Ambele fenomene au aceeași cauză: combustibilul injectat și ners din camera de ardere ajunge în baia de ulei, unde

În prima fază, datorită amestecării MER cu uleiul de ungere provoacă scăderea viscozității a acestuia. În a doua fază, datorită aditivilor și a reacțiilor chimice, are loc o creștere a viscozității a uleiului de ungere.

În funcție de mărimea celor două fenomene opuse, rezultatul fenomenului poate să fie chiar nul, adică diluarea este compensată de creșterea viscozității uleiului [9].

Prin utilizarea unor uleiuri de ungere multigrad adecvate, sau schimbări mai frecvente ale acestora, se poate menține funcționarea în siguranță a motorului.

După 1000 de ore de funcționare, pe același motor Steyr, s-a constatat următoarele: în primele 150 ore de funcționare se observă o creștere accentuată a MER în uleiul de ungere, la 300 de ore se oprește această creștere, iar spre final cantitatea scade, oprindu-se la valoarea de 10 %.

În concluzie, uleiurile de ungere de calitate superioară, folosite în motoare fără uzuri mari, își păstrează calitățile fizice, chimice și reologice, chiar dacă funcționează cu MER.

8.4. Comportarea la rece

Cercetătorii germani au arătat că uleiul de rapiță neaditivat creează probleme la pornirea motoarelor, sub temperaturi de -6°C . La această temperatură nivelul de încărcare a bateriei de acumulatori joacă un rol important. La temperaturi cuprinse între -8°C ... -12°C în conductele de combustibil și filtre se separă corpuri solide și după câteva minute motorul se oprește.

Prin aditivarea MER, în proporție de 1:50 cu CFI – MER, motorul poate fi pornit și la temperatura de -20°C [9].

8.5. Corosivitatea

Experimentele efectuate în anii '90, arată că unele garnituri și membrane s-au distrus, iar unele vopsele și lacuri au fost dizolvate. Din această cauză nu se folosesc în construcția

motoarelor alimentate cu MER cauciucuri butadienice, sau garnituri pe bază de izopreni, siliconi, polisulfuri, etc. Doar cauciucurile pe bază de fluor nu se degradează în contact cu MER.

Lacurile pe bază de rășini sintetice se dizolvă în MER. Nici lacurile pe bază de poliuretani sau melanină nu rezistă timp îndelungat în contact cu MER [9].

8.6. Compoziția gazelor de evacuare

În continuare, rezultatele prezentate au fost obținute pe motoare identice, alimentate cu MER, respectiv motorină.

8.6.1. CO, hidrocarburi, NO_x

În urma măsurărilor, doar emisiile de hidrocarburi sunt sensibil mai mici la motoare alimentate cu motorină (vezi tabelul 12.) [9].

Tabel 12.

	Motorină	MER
CO	2,77	3,18
Hidrocarburi	1,95	1,06
NO	5,82	6,24
NO ₂	0,99	1,23
NO _x	8,9	10,8

Rezultatele sunt mult mai îmbucurătoare, dacă se compară emisiile unui motor cu catalizator (alimentat cu MER), cu un motor fără catalizator, alimentat cu motorină (figura 23.).

Motorinele, datorită conținutul lor în sulf, nu permit echiparea motoarelor cu catalizator, în schimb MER permite acest lucru (practic nu conține sulf).

8.6.2. Aldehyde

Cantitatea de aldehyde măsurate în gazele de evacuare sunt prezentate în *tabelul 13*.

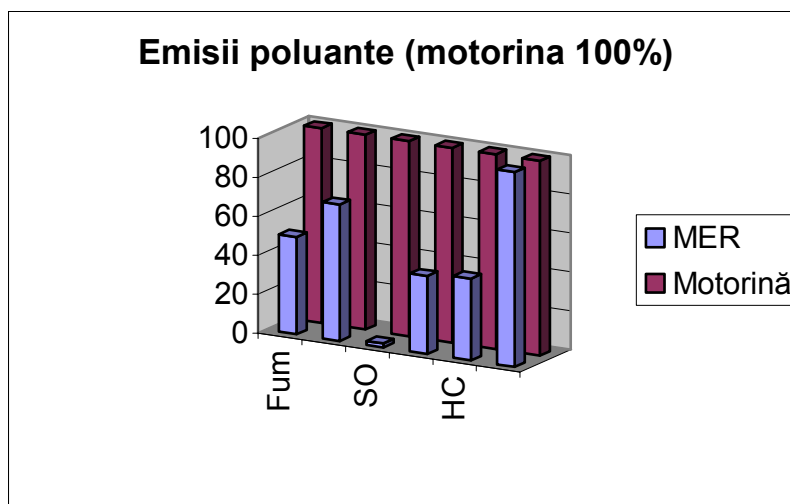


Fig. 23. Emisiile poluante pentru MER (cu catalizator) și motorină 100% (fără catalizator)

Tabel 13.

Aldehyde	Motorină	MER
Aldehidă formică	23	23
Acetaldehidă	22	14
Propinaldehidă	3,8	2,7
Acroleină	1,3	3,7

8.6.3. Hidrocarburi aromatice

Cu MER, emisiile de hidrocarburi aromatice scad cu cca 30-60%, exceptând benzenul, stirenul și acetofenona (*tabel 14.*) [9].

Tabel 14.

Hidrocarburi aromatice	Motorină	MER
Benzen	2,0	2,6
Toluen	4,9	2,8
Etilbenzen	2,1	1,2
p- și m-xilol	3,8	1,6
o-xilol	1,9	0,42
Stiren	-	0,21
Acetofenonă	-	1,0
Naftalonă	3,6	2,8

8.6.4. Hidrocarburi alifatice (alcani)

Emisiile hidrocarburilor alifatice în cazul MER sunt mai mari, cum rezultă din *tabelul*

15.

Tabel 15.

Hidrocarburi alifatice	Motorină	MER
Metan	10,3	9,2
Etan	4,6	6,3
Etenă	129	209
Acetilenă	22,2	42
Propan+propenă	51,4	48,9

8.6.5. Emisii de fum, CO₂ și alte gaze care contribuie la amplificarea efectului de seră

În orice condiții, emisiile de fum sunt cu 1/3....2/3 mai mici în cazul utilizării MER, decât în cazul motorinei.

Dintre gazele care contribuie la amplificarea efectului de seră, sunt: CO₂, CH₄, N₂O, CFC și, dar nu în ultimul rând vaporii de apă în concentrație de 60% și peste.

Avantajul folosirii combustibililor de origine vegetală, constă în faptul că, planta, în urma creșterii și dezvoltării (în urma fotosintezei), consumă o cantitate de CO₂, egală cu ceea ce se degajă în urma arderii sale [9].

Practic, în cazul arderii a 3 kg de MER se degajă o cantitate de CO₂, cât se degajă în urma arderii a 1 kg de motorină (vezi *tabelul 16.*).

Tabel 16.

	Motorină	MER
CO ₂	3,4-3,9	0,8-1,4
Alte gaze	0,1	1,1-1,6

Notă: în urma folosirii MER, ca și combustibil, emisiile de N₂O sunt nesemnificative.

9. REALIZĂRI CONSTRUCTIVE DE MOTOARE

9.1. Motorul ELSBETT

Institutul de cercetare Elsbett a fost înființată în anul 1964 de către Ludwig Elsbett și fiul Günter Elsbett în orașul Hilpolstein din Germania.

La începutul anilor '70, Elsbett era prima firmă constructoare de motoare cu injecție directă, cu un consum de combustibil scăzut. Tot această firmă a construit primele motoare diesel, care funcționau cu doar cu uleiuri vegetale. Deoarece aceste motoare erau asamblate și reglate manual, prețul lor mult mai piperat, decât oricare alt motor renumit.

În continuare vor fi prezentate câteva soluții tehnice utilizate la fabricarea motoarelor Elsbett (figura 24.).

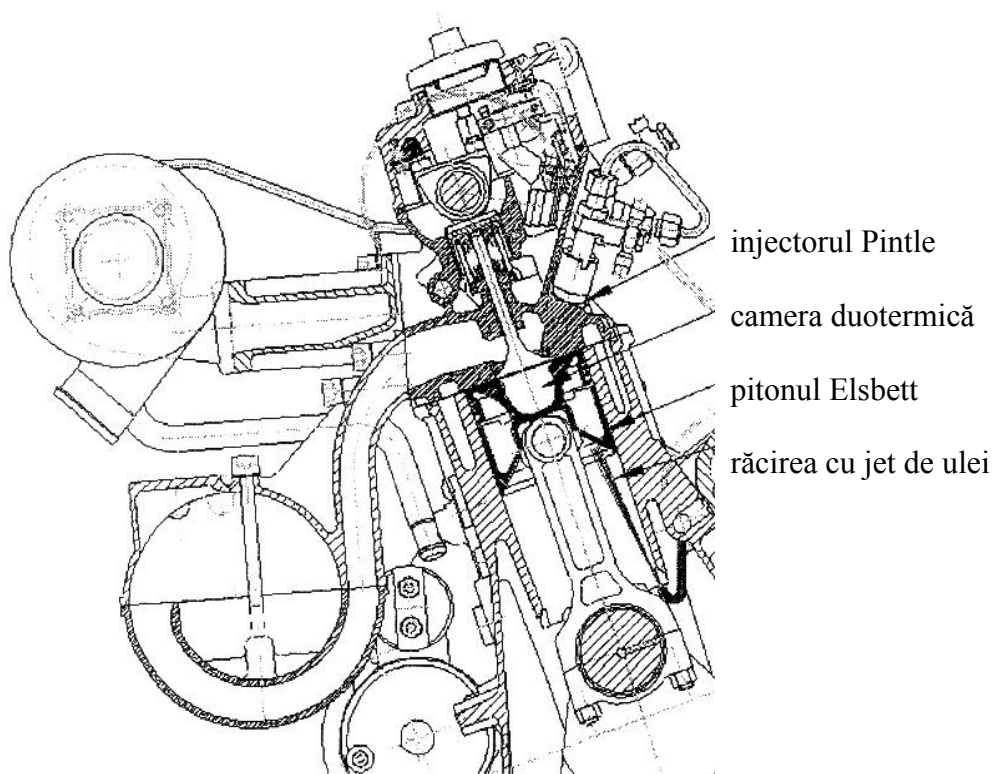


Fig. 24. Construcția motorului Elsbett

9.1.1. Pistonul Elsbett

Este alcătuit din două părți:

- capul pistonului și regiunea port-segmenți, confecționat din fontă perlitică cu grafit nodular;
- mantaua, din aliaje de Al (figura 25.).

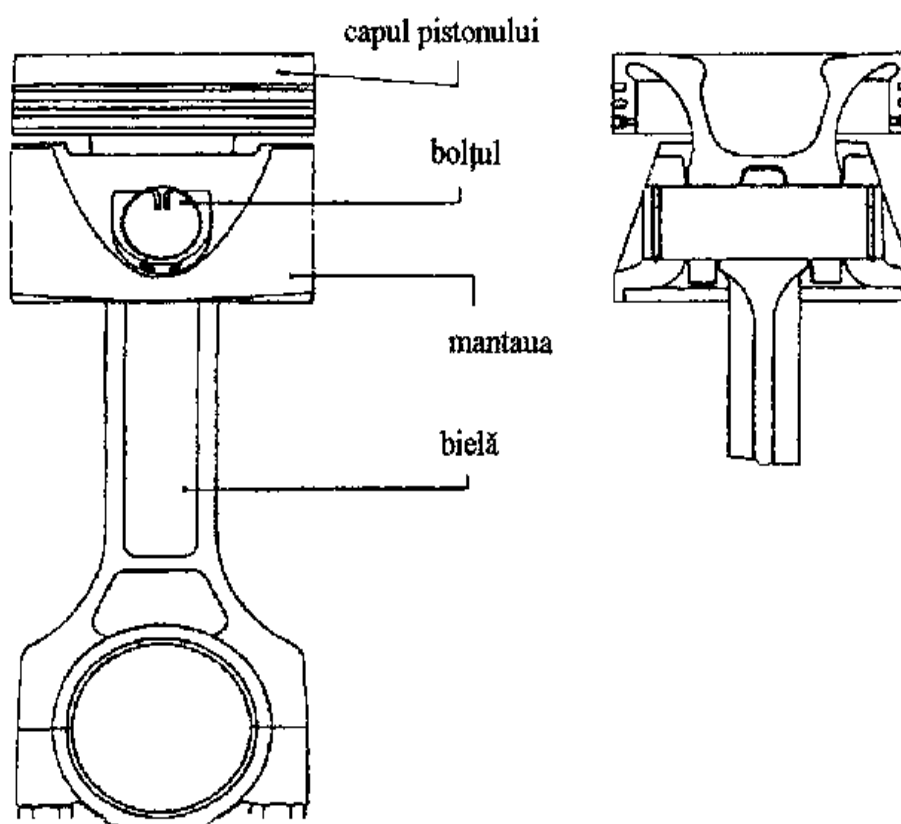


Fig. 25. Pistonul Elsbett

Capul pistonului, mantaua și biela sunt prinse între ele printr-o singură articulație, cu ajutorul bolțului.

Fonta cenușie perlitică cu grafit nodular, este materialul din care se confecționează capul pistonului din următoarele motive:

- preia și rezistă la forța de presiune a gazelor;
- coeficientul de dilatare termică mai mică;

- conductibilitate termică bună.

Mantaua preia forțele normale ce apasă periodic pistonul pe peretele cilindrului, conduce și dirijează uleiul de ungere, rezolvând răcirea cămășii de cilindru. Aliajul de Al are o conductibilitate termică mai ridicată decât fonta, asigurând o temperatură de funcționare mai redusă a motorului.

Acest tip de piston, datorită formei geometrice și datorită construcției, are o masă minimă, în același timp rezistență la rupere și duritate.

9.1.2. Sistemul de răcire

Motoarele Elsbett au randamentul mecanic de 40-43%, ce se datorează unui echilibru termic mai ridicat a motorului, realizat prin micșorarea pierderilor de căldură.

La un motor diesel cu cameră de ardere divizată, o cantitate de cca. 31% din energia rezultată în urma arderii combustibilului se pierde prin sistemul de răcire (în cazul motoarelor cu injecție directă, pierderile sunt de cca. 26%, iar la motoarele cu aprindere prin scânteie, cca. 28%). În cazul motoarelor Elsbett, această energie pierdută s-a redus la 14-16%, datorită:

- minimizării camerei de ardere;
- eliminarea sistemului de răcire (făcându-se cu uleiul de ungere);
- camera de ardere sferică este „căptușită” cu un surplus de aer, care reduce schimbul de căldură între camera de ardere și mediu.

În acest caz, uleiul de ungere joacă rolul și lichidului de răcire al motorului, realizând o răcire suficientă a acesteia. Având o temperatură de fierbere mult mai ridicată decât a lichidului de răcire, contribuie la diminuarea tensiunilor datorate diferențelor de temperatură între piesele motorului, nu provoacă corodarea pieselor, nu îngheață și după pornire, motorul atinge repede regimul termic optim de funcționare.

Nu lipsește din sistemul de ungere radiatorul de ulei (prin care se elimină în mediu cele 14-16% de căldură) și pompa de ulei, cu ajutorul căruia se realizează ungerea și răcirea pistonului (jet de ulei dirijat în interiorul pistonului), a chiulasei și a mecanismului de distribuție.

9.1.3. Alimentarea motorului

Combustibilul este pulverizat în camera de ardere tangențial și spre centrul acesteia, evitând contactul cu pereții camerei de ardere, împiedicând astfel răcirea acestora. Injectorul, cu care se realizează pulverizarea, este de tip Pintle (figura 26.), cu ac cu știft, montat într-o poziție bine determinată (figura 27.a.).

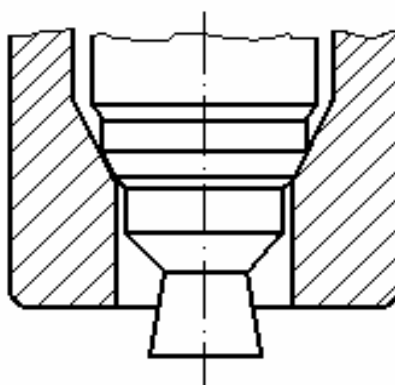


Fig. 26. Injectorul cu ac cu știft

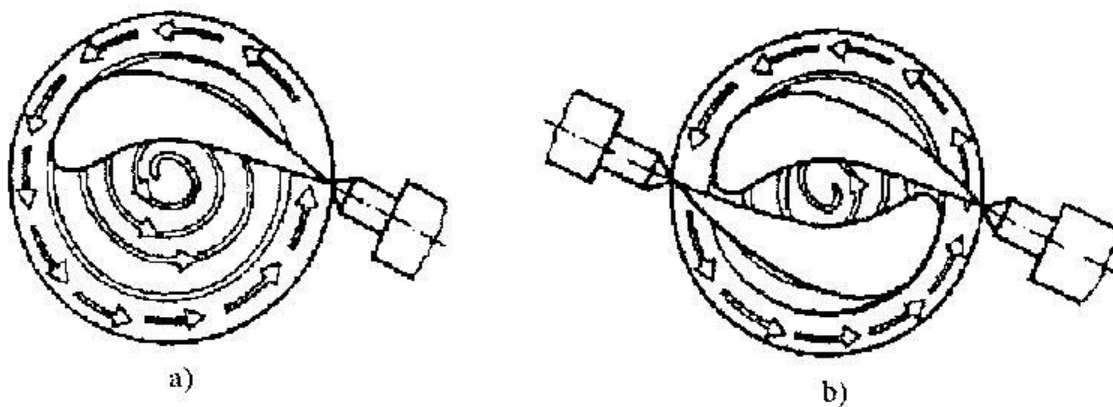


Fig. 27. Poziția unui, sau a două injectoare opuse

Pentru reducerea emisiilor poluante, motoarele Elsbett, cu cilindrul mai mare, sunt prevăzute cu două injectoare, dispuse simetric (figura 27.b.). Cele două injectoare reduc timpul de injecție cu cca. 50%, ceea ce contribuie și la apariția mai redusă a depunerilor de funingine.

9.1.4. Camera de ardere duotermică

Rolul acestei camere de ardere este, de a menține și a împiedica evacuarea în mediu a unei cantități de căldură destul de însemnare. Acest lucru se realizează cu ajutorul arhitecturii camerei de ardere sferice și prin dirijarea aerului admis în cilindru, astfel, doar aerul rece intră în contact cu pereții camerei de ardere. Combustibilul este pulverizat tangențial în direcția de înaintare a aerului aspirat (figura 28.).

Astfel, combustibilul injectat în camera de ardere nu intră în contact cu pereții camerei de ardere, reducându-se astfel formarea funinginei. Aerul, care „spală” peretele camerei de ardere are dublu rol: izolează termic și fonic motorul.

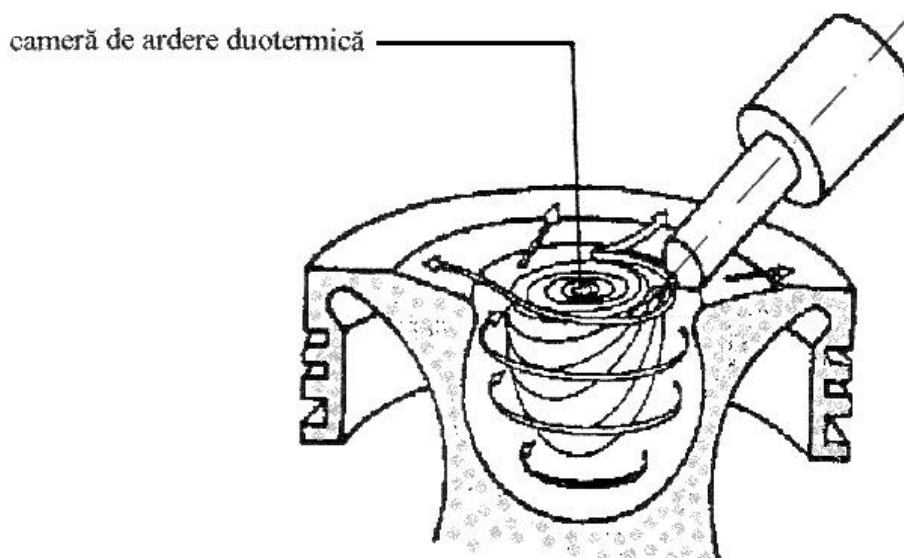


Fig. 28. Camera de ardere duotermică

10. CERCETĂRI COMPARATIVE CU COMBUSTIBILI FOSILI ȘI BIODIESEL (MER)

10.1. Date generale

Respectarea prescripțiilor protecției mediului, încercarea surselor de energie alternative și alte cauze determină firmele producătoare de MAC-uri, să cerceteze funcționarea acestor motoare cu MER.

În continuare se prezintă datele tehnice unui motor Perkins turbo-diesel cu injecție directă (vezi *tabelul 17*), cu care s-au făcut experimentele la Facultatea de Științe Agricole și Catedra de Termotehnică Gödöllő-Ungaria [9].

Tabel 17.

Firma:	Perkins
Tipul:	1004-4T
Nr. cilindri:	4
Cilindreea totală:	4.000 cm ³
Alezaj:	100 mm
Cursa pistonului:	127 mm
Pompa de injecție:	Lucas CAV, TYPE 609 DPS 8520A960A Ser. 04137JHG 2643L6120MAA/1/2420
Turația maximă:	2420 rot/min
Puterea maximă la 2200 rot/min:	71,3 kW
Cuplul maxim la 1600 rot/min:	320 Nm
Consum specific efectiv de combustibil la 1600 rot/min:	

Caracteristicile fizice și chimice ale combustibililor utilizați în timpul experimentelor, se găsesc în *tabelul 18*.

Tabel 18.

Proprietăți fizice și chimice	Motorină	MER
Densitate la 15 ⁰ C [kg/dm ³]	0,835	0,89
Viscozitate cinematică la 20 ⁰ C [m ² /s]	4,07	6,85
Putere calorică [MJ/kg]	42,5	37,0
Cifra cetanică	49,0	>50
Punct de autoaprindere	70-90	143
Punct de congelare [⁰ C]	<-7	-4
Cifra de saponificare [mgKOH/g]	0,17	0,03
Conținut de sulf [%]	0,25	0,01
Conținut apă	-	0,07

10.2. Interpretarea rezultatelor

Pentru interpretarea rezultatelor, se construiesc caracteristicile de turație, care reprezintă variația puterii efective (P_e), a momentului motor efectiv (M_e), a consumului specific efectiv (c_e), a consumului orar de combustibil (C_h) în funcție de variația turației, la sarcină constantă. Se deosebesc:

- caracteristica de turație la sarcina totală ($\chi = 1,1$);
- caracteristica de turație la sarcina plină ($\chi = 1$);
- caracteristica de turație la sarcini parțiale ($\chi < 1$);
- caracteristica de turație la mers în gol ($\chi = 0$, pe diagramă apărând doar consumul de combustibil).

Pentru MAC, echipate cu regulator de turație, se întocmește caracteristica de regulator.

Caracteristica de regulator, ridicat pentru motorul Perkins 1004-4T, nou (0 ore de funcționare), funcționând cu motorină, respectiv MER, rezultă din figura 29.

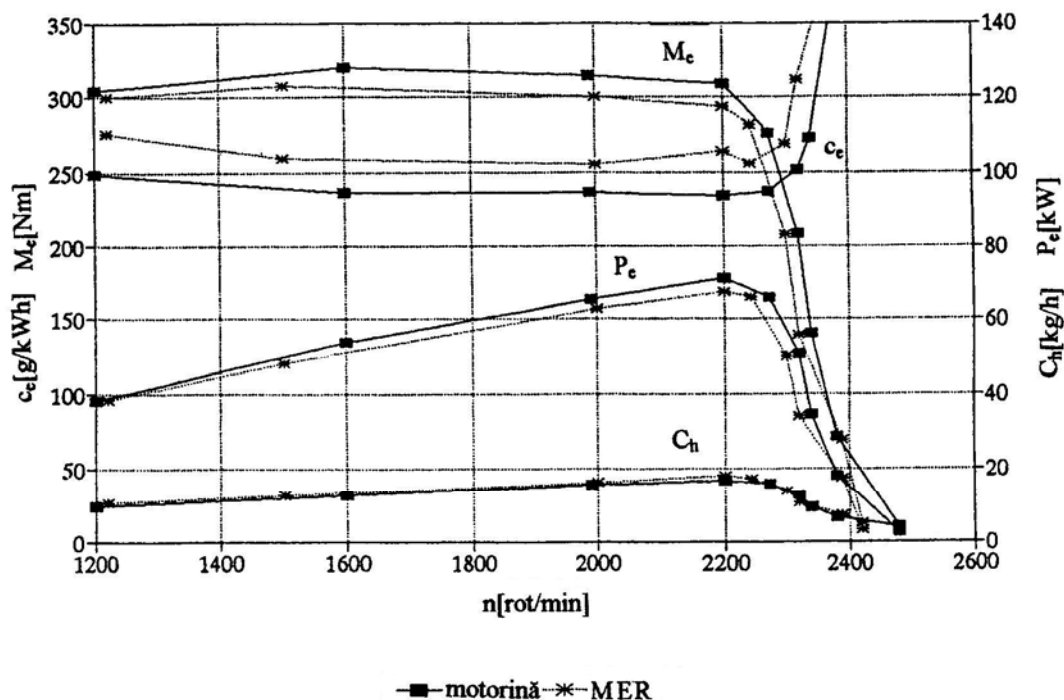


Fig. 29. Caracteristica de regulator a motorului Perkins nou

După 500 de ore de funcționare, diagrama ridicată este aproape identică cu caracteristica de regulator, obținută la începutul experimentului, ceea ce se datorează unei uzuri nesemnificative a mecanismului motor după 500 de ore de funcționare (figura 30.). Diferențe majore, vizibile nu se observă la compararea celor două diagrame.

De menționat, că în cazul folosirii MER ca și combustibil, momentul motor efectiv (M_e) și puterea efectivă (P_e) au valori mai scăzute; consumul specific efectiv (c_e) și consumul orar de combustibil (C_h) au valori mai ridicate, comparativ cu rezultatele obținute în cazul folosirii motorinei ca și combustibil. Aceste diferențe se datorează valorii mai scăzute a puterii calorice ale MER, față de puterea calorică ale motorinei.

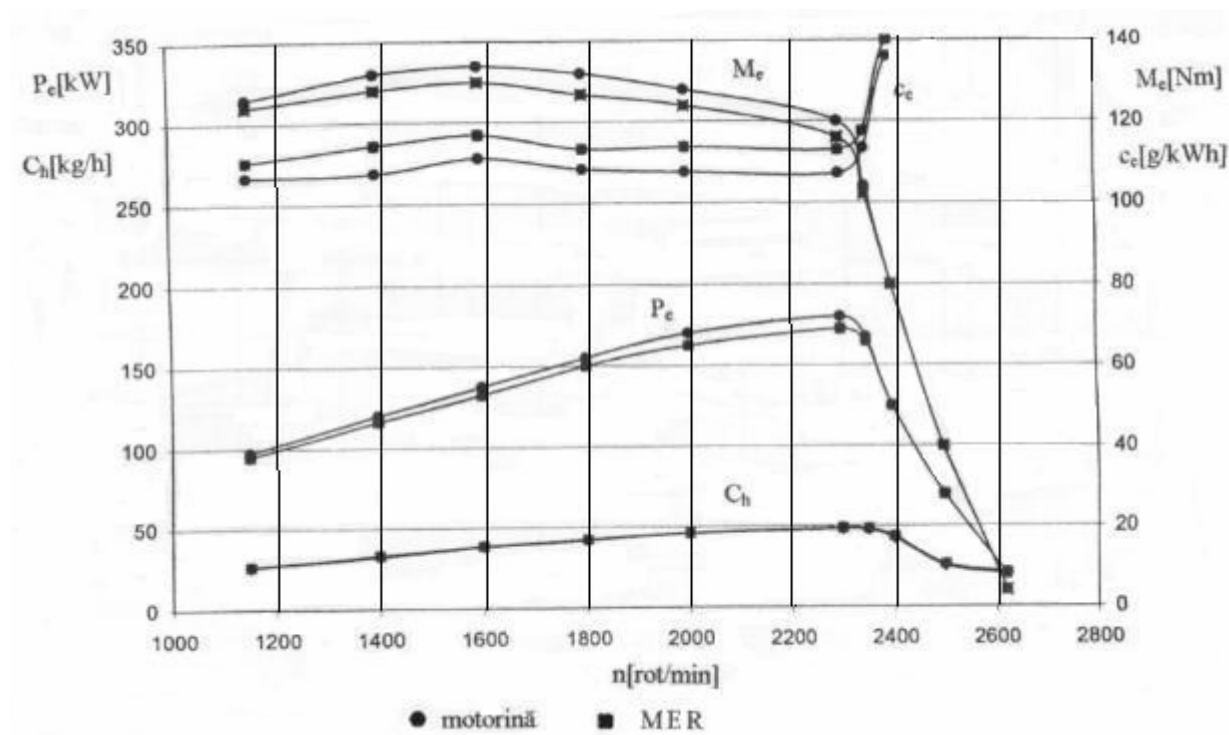


Fig. 30. Caracteristica de regulator pentru același motor, după 500 de ore de funcționare

10.3. Compararea emisiilor poluante (C_mH_n , CO, NO_x)

Comisia Economică pentru Europa, care a luat ființă în 1958 a dat primele directive în anii '70, care impuneau reducerea treptată a celor trei poluanți: C_mH_n , CO, NO_x .

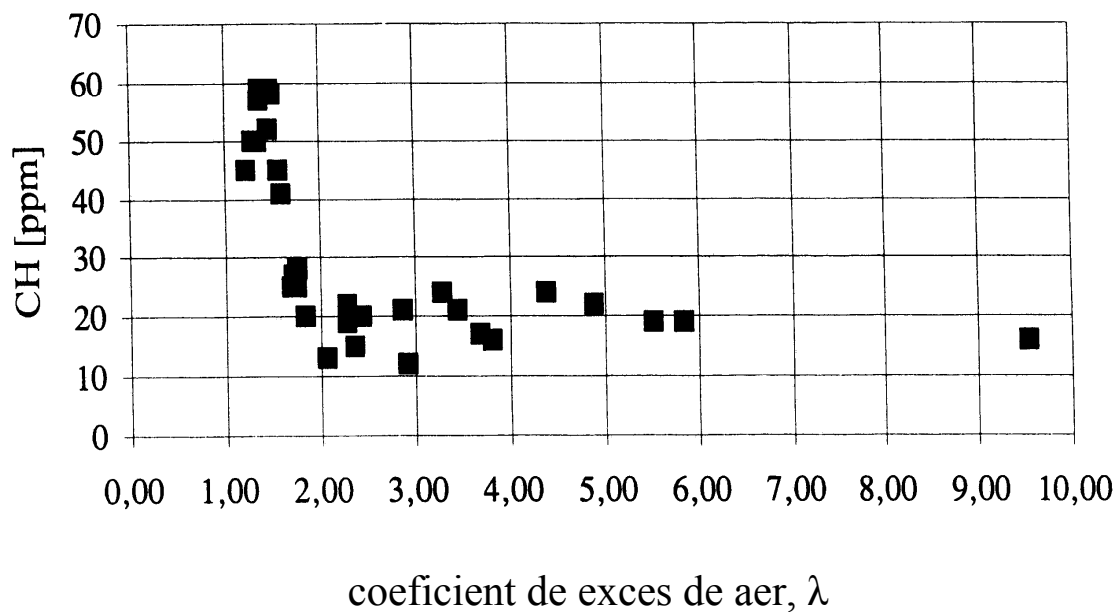
C_mH_n – hidrocarburi nearse, care apar datorită întreruperii desfășurării flăcării, în contact cu peretele mai rece ale camerei de ardere;

CO – apare în urma unor arderi incomplete;

NO_x – oxizii de azot care apar în urma reacțiilor la temperaturi ridicate.

Compararea emisiilor poluante în cazul folosirii motorinei, respectiv MER, sunt prezentate în figura 31 – pentru C_mH_n , figura 32 – pentru CO, iar pentru NO_x – figura 33.

motorină



MER

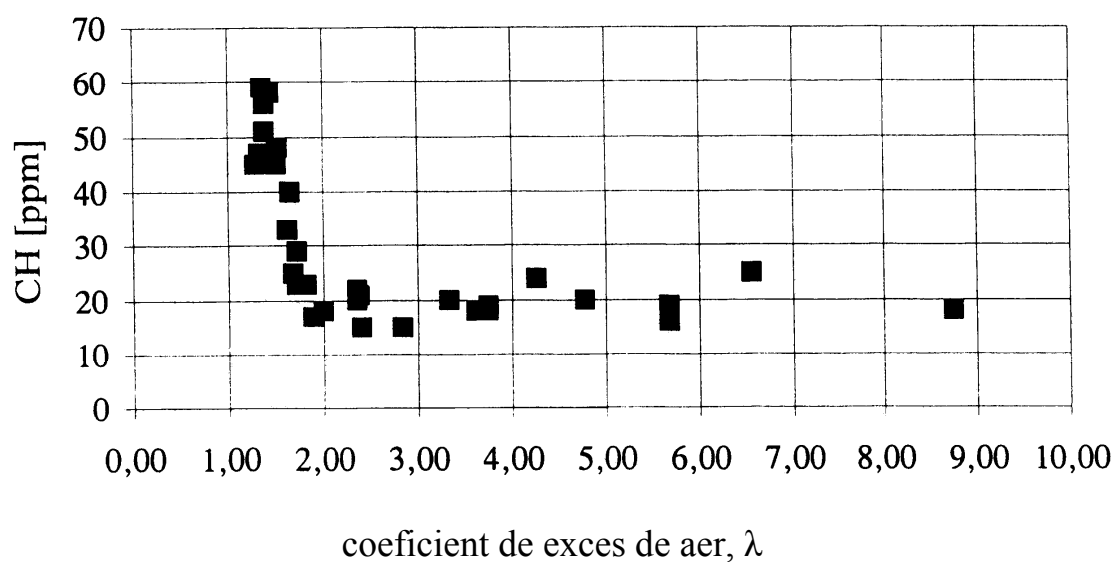
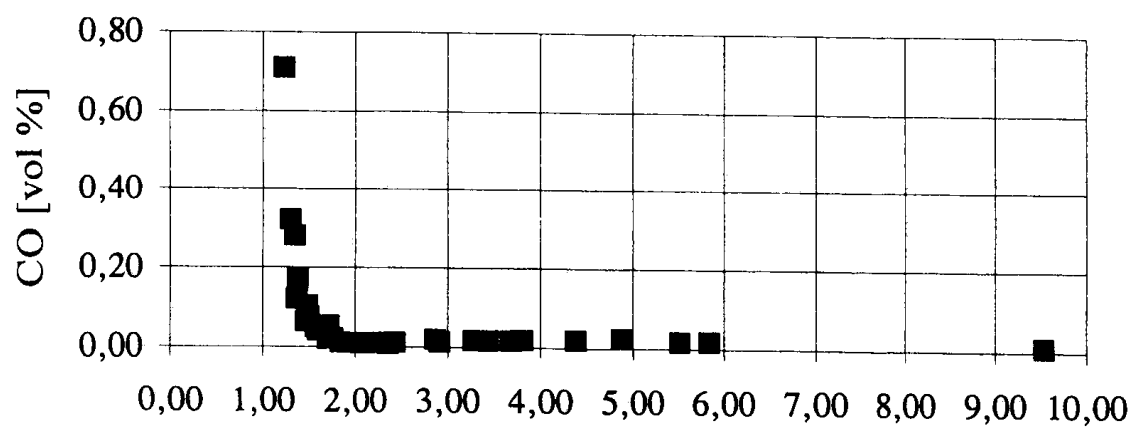


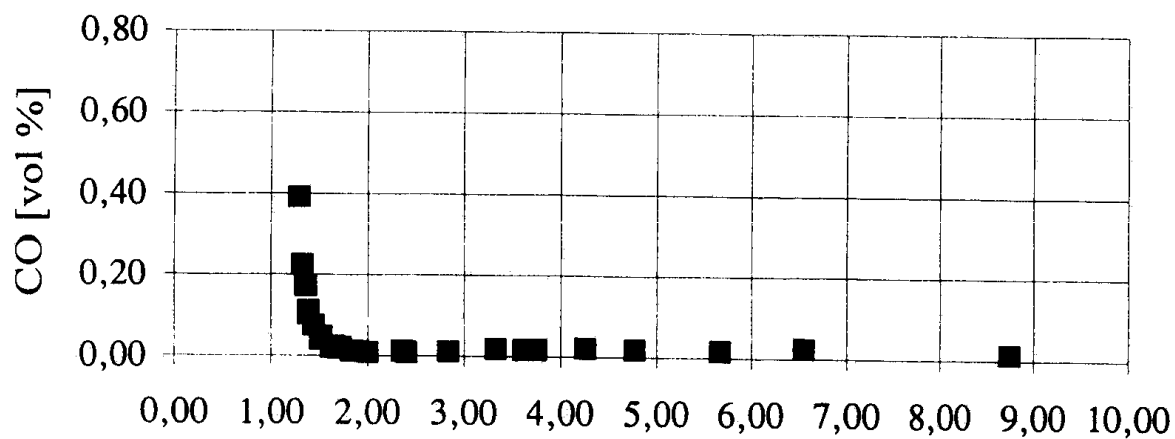
Fig. 31. Emisii C_mH_n pentru motorină, respectiv MER

motorină



coeficient de exces de aer, λ

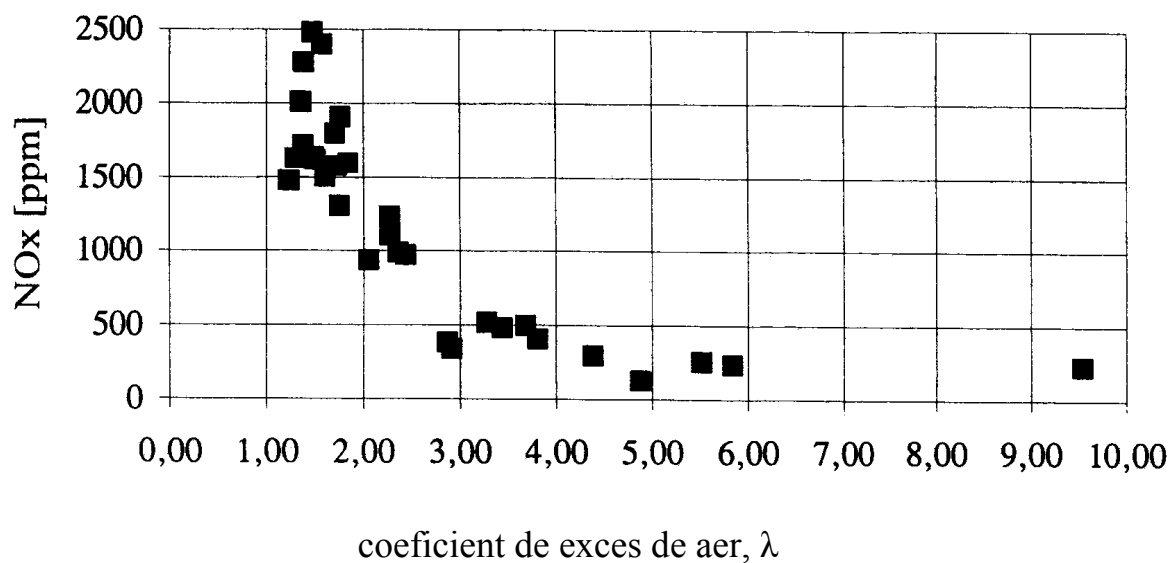
MER



coeficient de exces de aer, λ

Fig. 32. Emisii CO pentru motorină, respectiv MER

motorină



MER

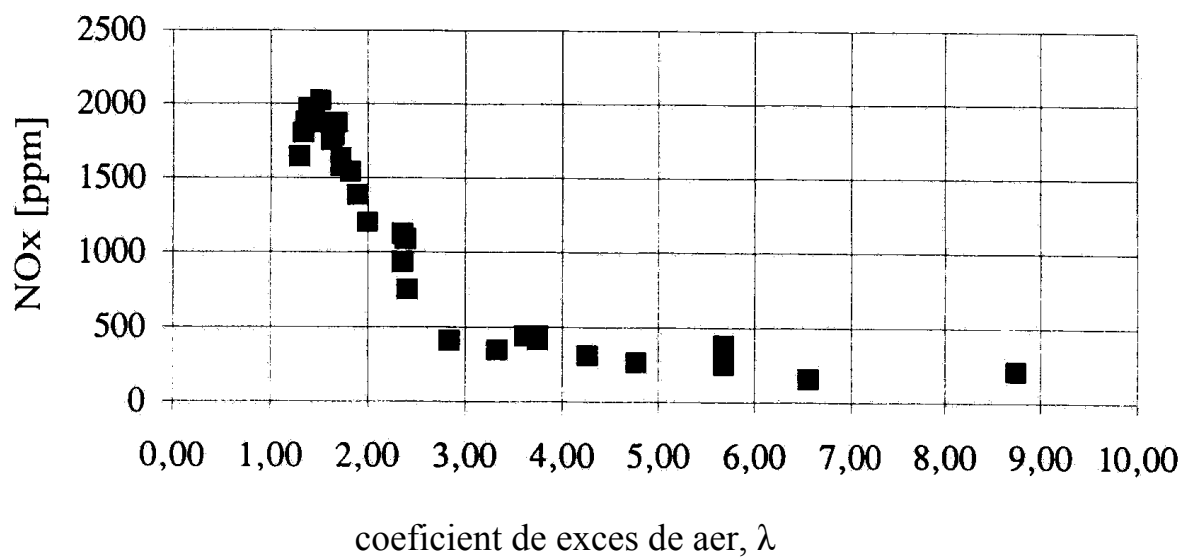


Fig. 33. Emisii NO_x pentru motorină, respectiv MER

10.4. Câteva experimente importante cu MER

Cel mai mare experiment de acest gen a fost inițiat în regiunea Wieselburg din Austria, în perioada noiembrie 1987 și decembrie 1989, acțiune la care au participat 34 de autovehicule (33 diferite tipuri de tractoare noi și uzate și 1 autocamion). Aceste autovehicule au funcționat aproximativ 25000 ore, timp în care au consumat 168 m³ de MER.

În vara anului 1991, Regia de Transporturi din Zürich a început un experiment pe 5 autobuze Mercedes-Benz, tip 0405.

Automobilul experimental Golf al firmei Volkswagen AG în același an a parcurs 41000 km cu MER.

În perioada 1993-1995 Germania experimentează pe 10 automobile Opel Astra (4 de tipul 1,7D și 6 de tipul 1,7TD).

În toate cazurile rezultatele au fost asemănătoare, doar cu probleme de pornire în timpul iernii și reducerea intervalului schimbului uleiului de motor cu 30 – 50% [9].

La ora actuală tractoarele livrate de marile firme, ca: Fendt, Ford, John Deere, Deutz-Fahr, Steyr, etc., sunt fabricate cu posibilitate de funcționare cu motorină sau MER.

În concluzie, uleiurile vegetale și esterii acestora nu rezolvă problema energetică. Folosirea acestora, însă contribuie la:

- reducerea poluării în marile orașe, rezervații naturale, păduri, agricultură;
- protejarea combustibililor fosili;
- folosirea economică a capacităților neutilizate din agricultură;
- degradarea biologică rapidă a uleiurilor vegetale față de combustibili fosili.

11. REALIZĂRI PRACTICE EFECTUATE LA UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA, ÎN CADRUL CATEDREI DE AUTOVEHICULE RUTIERE ȘI MAȘINI AGRICOLE

11.1. Modificările tehnice minime necesare motoarelor mijloacelor de transport urban alimentate cu metilester de rapiță

Modificările minime necesare motoarelor Diesel ce echipază mijloacele de transport urban (vezi ANEXA 5), pentru a funcționa cu combustibili alternativi (amestecuri de motorină cu esteri proveniți din uleiuri vegetale) au avut în vedere următoarele:

- să se asigure posibilitatea utilizării combustibililor alternativi la motoarele Diesel ce echipază autobuzele din municipiul Cluj-Napoca;
- să se asigure obținerea de performanțe superioare în ceea ce privește poluarea față de combustibilul clasic (motorina);
- să nu implice modificări ale mecanismului motor (ansamblul piston - inclusiv camera de ardere, cilindru, chiulasa etc.), pentru a nu crește semnificativ prețul de cost al motorului;
- să nu se afecteze rezistența mecanică și termică a pieselor mecanismului motor;
- să se crească durabilitatea motoarelor cu aprindere prin comprimare ce funcționează cu astfel de combustibili.

Având în vedere cele de mai sus, s-au stabilit modificări doar la sistemul de alimentare al motorului cu aprindere prin comprimare. În acest sens s-au avut în vedere modificări la următoarele elemente:

- garniturile sistemului de joasă presiune (pentru ca materialul din care s-au executat să nu reacționeze cu noul combustibil);
- elementii pompei de injecție - bușă și pistonul sertar (pentru a asigura debite sporite de combustibil);
- arcurile supapelor de refulare ale pompei de injecție (pentru a asigura presiuni de refulare mai mari);
- injectoarele – pulverizator, ac, arcuri (pentru a asigura presiuni de injecție mai mari).

În continuare se vor face câteva precizări privind necesitatea modificărilor efectuate.

1. Garniturile sistemului de joasă presiune. Studiile efectuate au condus la concluzia că garniturile clasice pe baza de cauciuc (așa cum sunt cele din circuitul de joasă presiune al sistemului de alimentare al motoarelor cu aprindere prin comprimare) sunt distruse în timp de

acțiunea combustibililor de tip metilester de rapiță (obținut în laboratoarele IC Cluj și ICIA Cluj). Acest lucru a fost sesizat încă de la primele teste pe motor când, în zona filtrelor de combustibil și a îmbinărilor au apărut scurgeri de culoare neagră, ceea ce a demonstrat reacția materialului acestor garnituri cu noul combustibil.

2. *Bucșa si pistonul sertar* (din cadrul elementelor pompei de injecție). Modificările acestor elemente au avut drept scop asigurarea unor debite sporite de combustibil, în condițiile în care proprietățile noului tip de combustibil (bazat pe esteri proveniți din uleiuri vegetale) diferă într-o oarecare măsură de cele ale motorinelor (*tab. 19*).

Tabelul 19.

Caracteristicile fizico-chimice ale biocombustibililor și motorinei

Caracteristicile fizico-chimice	Ulei de rapiță	Ester	Motorină
Densitatea la 20 °C [kg/dm ³]	0,92	0,88	0,84
Viscozitatea cinematică la 20 °C [mm ² /s]	74	6,30	4...6
Punctul de inflamabilitate [°C]	317	184	80
Cifra cetanică	40	51	50
Puterea calorică [MJ/kg]	37,6	37	41,8

Având în vedere diferența de putere calorică dintre ester și motorină, pentru a asigura puteri efective ale motorului, fără diferențe prea mari între cele două variante de combustibil (motorina și respectiv diferite amestecuri ale acestora cu biodiesel), mărimea pompei de injecție (valoarea diametrului pistonului sertar 2 – v. figura 34) se poate stabili cu ajutorul

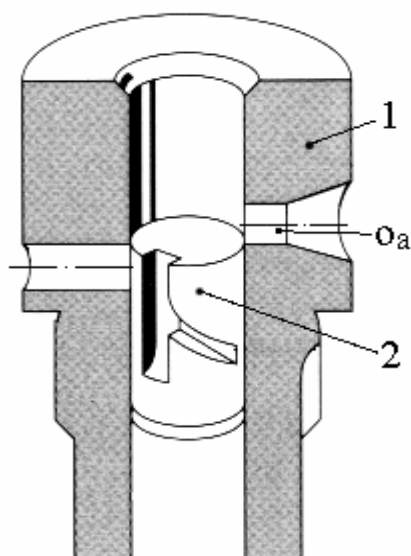


Fig. 34. Pistonul sertar

nomogramelor, pe baza cantității de combustibil injectat pe ciclu (Q_i) la regimul nominal de funcționare al motorului, cu ajutorul relației:

$$Q_i = 1000 P_e c_e / 60 i n_p \rho_{comb} \text{ [mm}^3\text{/cursă]},$$

în care: P_e – puterea efectivă a motorului, în kW;

c_e – consumul specific efectiv de combustibil, în g/kWh;

i – numărul de cilindri ai motorului;

n_p – turația axului cu came al pompei de injecție, în rot/min;

ρ_{comb} – densitatea combustibilului, în kg/dm³.

La stabilirea valorii diametrului pistonului sertar (d_{ps}) trebuie avut în vedere faptul că un element de refulare cu

diametru mai mare este mai avantajos, întrucât realizează presiuni de injecție mai mari, favorabile pulverizării, determină scăderea duratei injecției, prin modificarea cursei utile a pistonului sertar și contribuie la acordarea mai bună a caracteristicii de injecție cu procesul de ardere.

Viscozitatea mai mare a esterului provenit din ulei de rapiță influențează trecerea combustibilului din corpul pompei de injecție în interiorul elementului de refulare (bucșa pistonului sertar - 1) prin orificiul de alimentare (o_a) al bucșei, și ca atare este influențată umplerea completă cu combustibil a elementului de refulare, mai ales la turații ridicate - caz în care timpul de umplere cu combustibil a elementului de refulare este mult redus. Din această cauză a fost necesar ca acest orificiu să fie redimensionat corespunzător (prin creșterea diametrului său).

3. *Injectoarele* (pulverizator, ac, arc). În cazul injecției cu distribuția combustibilului în peliculă, ideea fundamentală este aceea de a elimina producerea amestecurilor (aer-combustibil) performante în perioada de întârziere la autoaprindere și arderea lor violentă prin accelerarea fizică (turbulentă) și chimică (succesiuni de autoaprindere) a flăcării. Pentru aceasta, contrar principiilor injecției în volum, cca. 95% din doza de combustibil se injectează tangențial pe peretele camerei de ardere de tip cupă, în vârtejul de aer, care o transformă într-o peliculă fină, în timp ce un procent de 5% rămâne în centrul camerei, servind la autoaprindere. Pelicula de combustibil, cu o grosime de până la 200 μm , încălzită în contact cu peretele cald, se vaporizează treptat la suprafață și se amestecă progresiv cu aerul din camera de ardere. Ca urmare, temperatura peretelui pistonului pe care are loc injecția, are un rol hotărâtor asupra procesului de vaporizare și amestecare.

Mișcarea de vârtej favorizează difuzia produșilor calzi spre centrul camerei de ardere, în timp ce oxigenul (cu o temperatură mai scăzută și o densitate mai mare) trece la periferia acesteia, spălând continuu suprafața peliculei de combustibil și alimentând astfel reacțiile de oxidare.

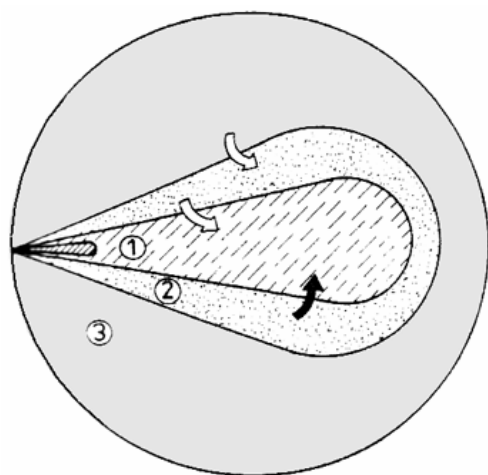


Fig. 35. Modelul multizonal

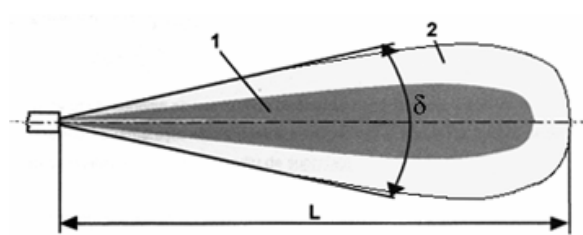
Controlul vitezei de formare a amestecului se realizează prin modificarea vitezei de deplasare a curenților, a caracteristicilor de pulverizare, cât și prin temperatura peretelui camerei de ardere din piston. Modelul multizonal al camerei de ardere (prezentat în figura 35) cuprinde următoarele trei zone [3]:

- zona 1 – constituită din combustibilul nears și pătrunderi reduse de gaze arse;
- zona 2 – constituită din gaze arse și pătrunderi reduse de aer proaspăt din zona 3;
- zona 3 – constituită numai din aer.

Aerul din zona 3 nu pătrunde direct în zona 1, ci mai întâi el este stratificat și amestecat în zona 2, iar pătrunderea gazelor arse are loc simultan cu începerea arderii.

Cu toate că în zona 2 aerul și gazele arse au fost complet amestecate, la început pătrund în zona 1, în procent mai mare, gazele arse după care urmează aerul proaspăt. La mărirea duratei perioadei de întârziere la autoaprindere, masa fracțiunii gazelor arse din zona 1 crește și corespunzător scad masele fracțiunilor de oxigen și combustibil, cu repercursiuni negative asupra arderii, implicând formarea de funingine ca urmare a creării condițiilor de pirogenare.

Jetul de combustibil (dezvoltat după ieșirea prin orificiul pulverizatorului) nu are o structură uniformă, ci este alcătuit din: partea centrală (1) cu o densitate mai mare de



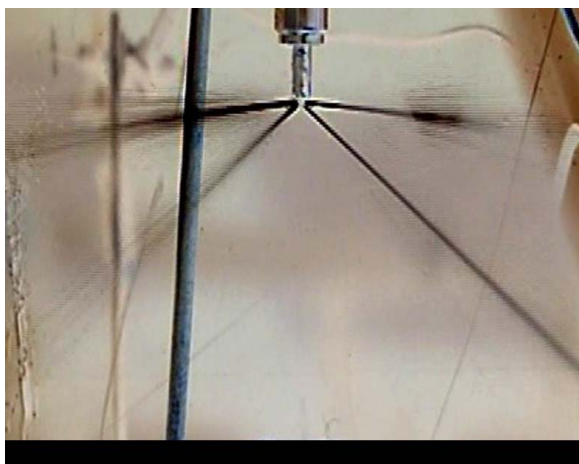
combustibil sub forma unor picături de diferite diametre situate la distanțe relativ mici între ele; anvelopa (2) formată din picături fine, distanțate și cu pătrunderi însemnate de aer/gaze reziduale. În mod evident, datorită

Fig. 36. Forma jetului de combustibil

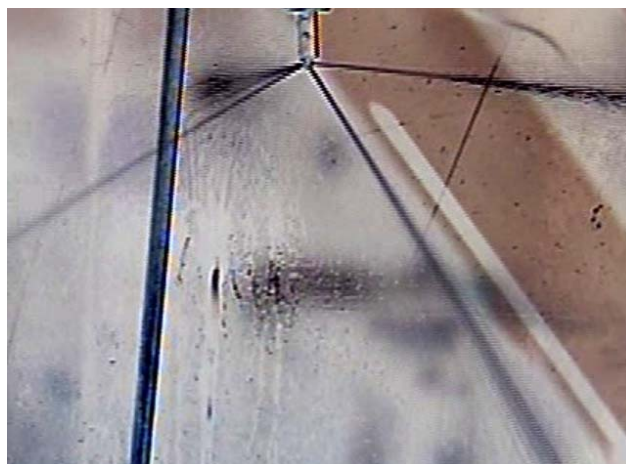
structurii diferite a celor două zone principale ale jetului, aerul exercită o acțiune diferențiată asupra acestora și, ca urmare vitezele lor de deplasare sunt diferite (vezi figura 36).

Întrucât jetul de combustibil este caracterizat printr-o serie de parametri fundamentali, cum ar fi: finețea pulverizării, omogenitatea pulverizării, penetrația și unghiul de dispersie (δ), este necesar ca fiecare să i se acorde atenția cuvenită.

Finețea pulverizării este semnificativ influențată de presiunea de injecție și de proprietățile combustibilului (vezi figura 37).



Jetul de motorină



Jetul de amestec 50% motorină – 50%
biodiesel



Jetul de biodiesel

Fig. 37. Finețea de pulverizare a diferitelor tipuri de combustibili

Prin analizarea comparativă a imaginilor din figura 37, se observă faptul că la presiunea de deschidere a injectorului de 175 bar cea mai bună pulverizare o are motorina. Amestecul de ulei de rapiță și motorină are de asemenea o pulverizare destul de bună. Uleiul de rapiță are cea mai proastă pulverizare datorită vâscozității ridicate. Se recomandă ca la folosirea uleiului de rapiță în stare pură să se folosească o presiune de injecție mai ridicată.

Creșterea presiunii de injecție determină scăderea accentuată a proporției picăturilor cu diametrul peste 20 μm din cadrul jetului.

Diametrele medii ale picăturilor obținute cu duza pulverizatorului cu orificiul de 0,40 mm sunt sensibil mai mici decât cele obținute cu duza cu orificiul de 0,60 mm.

Uniformitatea dimensională a picăturilor este, la rândul său, influențată atât de dimensiunea orificiului pulverizatorului, fiind superioară la $\phi_{\text{inj}} = 0,40$ mm față de $\phi_{\text{inj}} = 0,60$ mm, cât și de presiunea de injecție, având valoarea maximă la presiunea maximă.

Variația volumului relativ (V_r) al diferitelor clase de picături de combustibil în funcție de presiunea de injecție este prezentată în figura 38. De asemenea presiunea de 250 daN/cm² oferă rezultatele cele mai bune (referitor la clasele 10...20 μm) în cazul orificiului mai mic [4].

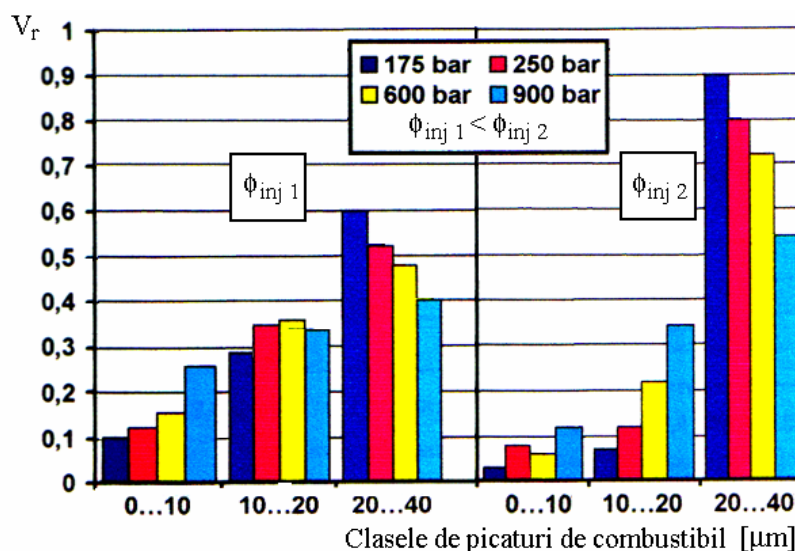


Fig. 38. Variația volumului relativ (V_r) al picăturilor în funcție de presiunea de injecție

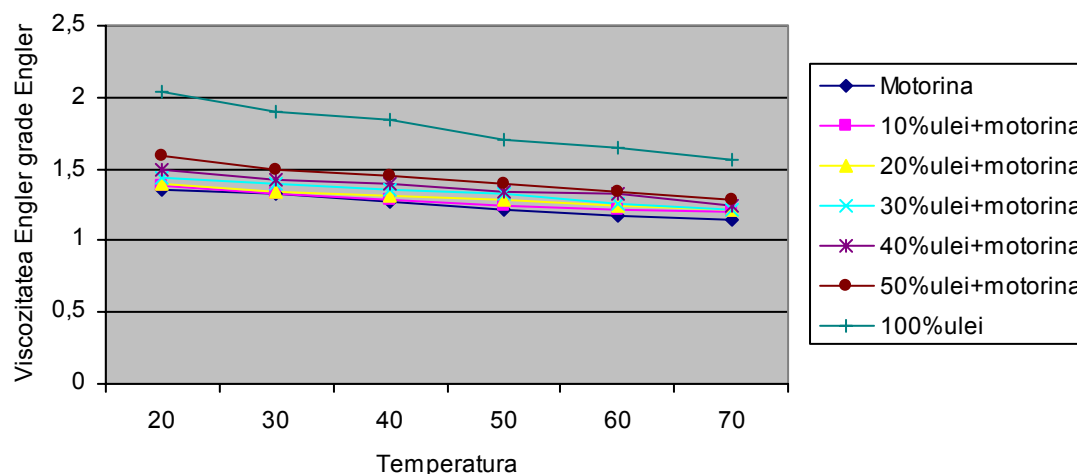


Fig. 39. Variația viscozității relative în funcție de temperatură

Viscozitatea combustibilului exercită o puternică influență asupra diametrului picăturilor ce alcătuiesc jetul de picături, diametrul acestora crescând odată cu creșterea viscozității, la toate presiunile de injecție. Viscositatea scade cu creșterea temperaturii (vezi figura 39).

O influență deosebită asupra formării emisiilor de HC o are mărimea volumului interior al pulverizatorului ("sacului") de sub acul injectorului (figura 40) [3].

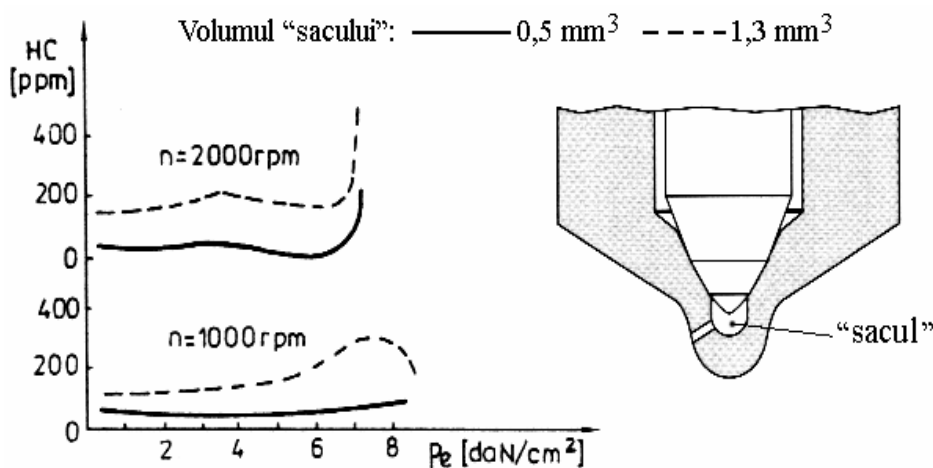


Fig. 40. "Sacul" injectorului

Se apreciază ca emisiunea de HC pe ciclu reprezintă aproximativ 20% din volumul de sub ac, ceea ce sugerează ca o parte din combustibilul scurs în camera de ardere este totuși antrenat în reacții de oxidare. Posibilitățile constructive de reducere a spațiului de sub acul

Combustibilul din acest volum se scurge parțial în cilindru după sfârșitul injecției, în cursa de destindere, și devine o sursă a emisiilor de HC datorită condițiilor improprie de formare a amestecului.

pulverizatorului depind de poziția de montaj al injectorului și de unghiul de dispunere al orificiilor (orificiului) de injecție.

În stabilirea modificărilor necesare pentru ca motoarele cu a-prindere prin comprimare să poată funcționa cu combustibili (proveniți din uleiuri vegetale) care să înlocuiască combustibilii clasici de tip motorină, este nevoie să se ia în considerare și alte aspecte.

Astfel, densitatea combustibilului are o influență destul de semnificativă asupra emisiilor de particule, adică, prin utilizarea unui combustibil cu densitate mai mare cresc emisiile de particule (vezi figura 41) [4].

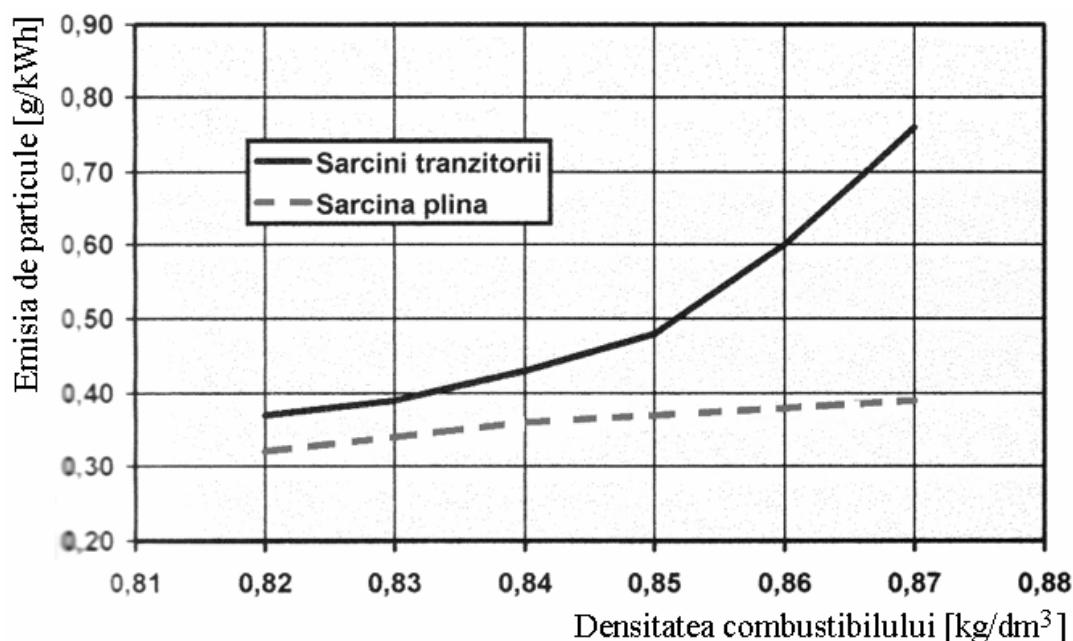


Fig. 41. Variația emisiilor de particule

11.2. Experimentarea modelului pe stand. Măsurare noxe

Încercările experimentale efectuate pe standul din Laboratorul de Biocombustibili al Catedrei de Autovehicule Rutiere și Mașini Agricole din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca (vezi ANEXA 3), au constatat în determinarea caracteristicii de turație cu regulator și a variației concentrației principalelor elemente poluante din gazele de evacuare pentru motorul Saviem 846 HM, ce dezvoltă momentul motor maxim $M_e=470\text{Nm}$ la 1750 rot/min și puterea efectivă maximă $P_e=114\text{ kW}$ la 2700 rot/min.

În timpul încercărilor experimentale s-au respectat următorii pași:

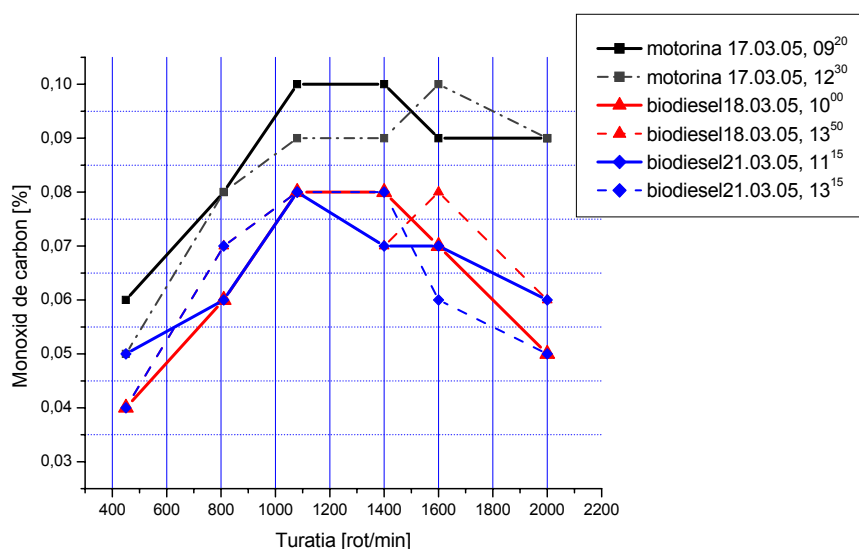
- după pornirea motorului, acesta a fost adus la temperatura de regim;

- s-a reglat turația de mers în gol la 2500 rot/min;
- la această turație s-au citit indicațiile referitoare la turație, consumul orar de combustibil, CO, CO₂, C_mH_n, fum. Pentru analiză, s-au citit și indicațiile referitoare la temperatura lichidului de răcire, temperatura uleiului de ungere, presiune din circuitul de ungere etc.;
- s-a încărcat motorul cu frâna hidraulică cu care acesta a fost racordat, indicația frânei fiind de 5 daN;
- s-au citit toate mărimile indicate mai sus, suplimentar notându-se: indicația frânei, momentul, consumul orar de combustibil;
- s-a încărcat motorul cu 10 daN și apoi s-au repetat determinările crescându-se încărcarea (motiv pentru care turația motorului s-a redus de la o încărcare la alta până la o valoare minimă de aproximativ 800 rot/min). La fiecare încărcare a frânei s-au notat toate mărimile determinate.

Pe baza determinărilor experimentale și a calculelor efectuate, s-au trasat curbele de variație a puterii efective, momentului efectiv al motorului, CO, CO₂, C_mH_n și fumului, în funcție de turație.

Emisiile de monoxid de carbon: s-au înregistrat valori care nu depășesc normele EURO 3, în mod constant semnalându-se un nivel de poluare mai redus la funcționarea cu biocombustibil. Valorile mai reduse în cazul utilizării biodieselului se justifică prin modificările aduse echipamentului de injecție, modificări care asigură o mai bună dispersie a combustibilului în masa de aer din camera de ardere. Astfel, asistăm la arderi mai complete, apropiate de cerințele funcționării motorului Diesel.

După cum se poate constata tendința generală de creștere a emisiilor de monoxid de carbon se menține în domeniul turațiilor tranzitorii, fapt ce arată că din punct de vedere al desfășurării cinetice arderii în motorul cu aprindere prin comprimare nu s-au produs



modificări majore, existând doar o evidență de ameliorare a proceselor caracteristice (figura 42).

Fig. 42. Emisii de CO

Emisiile de bioxid de carbon: sunt mai ridicate în cazul utilizării biocombustibilului în mod constant, fapt previzibil, având în vedere că s-au obținut condiții mai bune de ardere, care au dus la scăderea fracției de monoxid (indicator al arderii incomplete), în favoarea fracției de bioxid, acesta indicând existența unor condiții favorizante pentru desfășurarea cineticii arderii cât mai complete. Valorile înregistrate nu depășesc normele naționale, însă sunt mai ridicate decât cele obținute pentru motorină (figura 43).

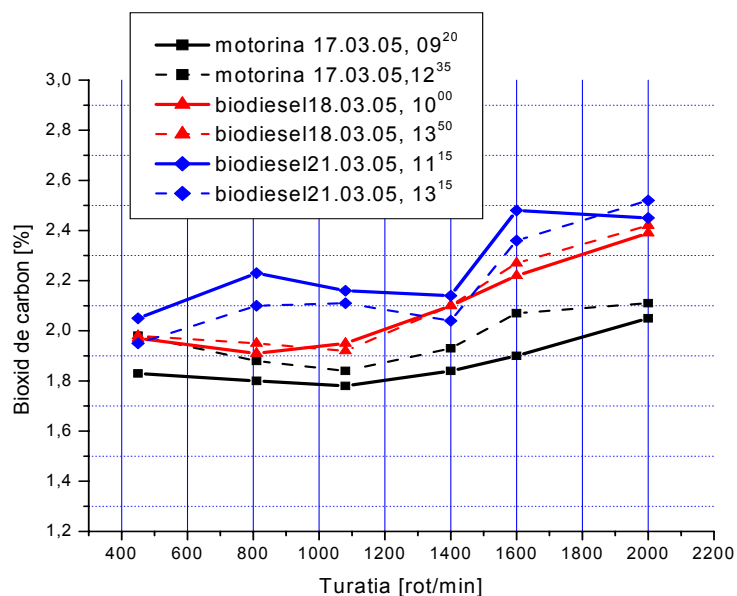


Fig. 43. Emisii de CO₂

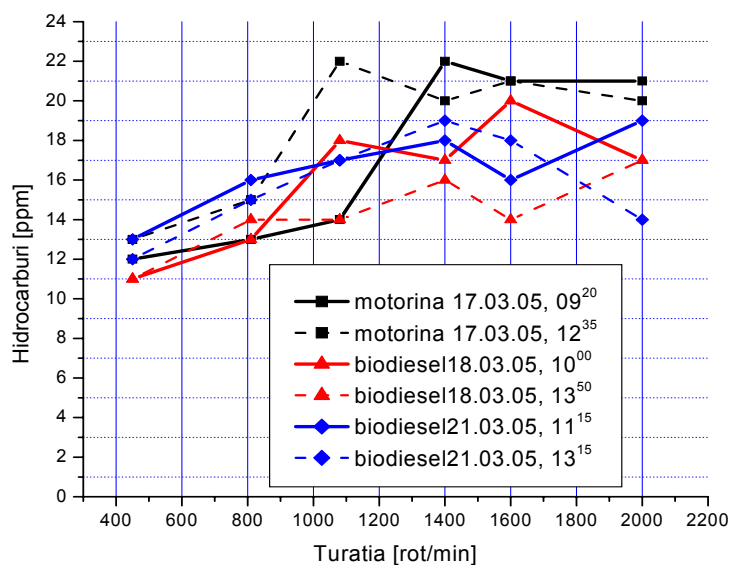


Fig. 44. Emisii de hidrocarburi

Emisiile de hidrocarburi înregistrate, au avut un pronunțat caracter aleator din punct de vedere al rezultatelor obținute. Practic, valorile comparate înregistrate pentru motorină și biocombustibil, arată că nu se poate concluziona o tendință reală, în acord cu cinetica arderii, la funcționarea cu combustibilul propus. Cauza o constituie probabil, cinetica reacțiilor chimice care se produc în condiții de temperatură înaltă în camera de ardere. Dacă cinetica reacțiilor chimice specifice motorinei se cunosc și sunt deja cuantificate din punct de vedere al aportului în emisii poluante, în cazul rețetei de biocombustibil testat, stadiul cercetărilor derulate nu a atins până în prezent aceste aspecte.

Totuși, evaluarea globală a emisiei de hidrocarburi.

în întreaga gamă de turații, indică o încadrare completă în normele actuale (figura 44).

Emisia de fum măsurată indică un avantaj net al rețetei de bicomustibil testat. Un factor favorizant al reducerii emisiei de fum îl reprezintă creșterea presiunii de injecție care asigură o mai bună pulverizare a combustibilului în camera de ardere. Particulele fine sunt mai eficient arse iar conținutul de fracții solide și de carbon este mai redus (pe de o parte), dar și mai difuz în volmul de gaze eșapate. Este de semnalat și modificarea observată din punct de vedere al culorii fumului emis, care diferă față de fumul rezultat prin arderea motorinei. Astfel, există o tendință nunață de maro a acestuia, semnalată îndeosebi la turațiile de mers în gol și apropiate de turația la limită (figura 45).

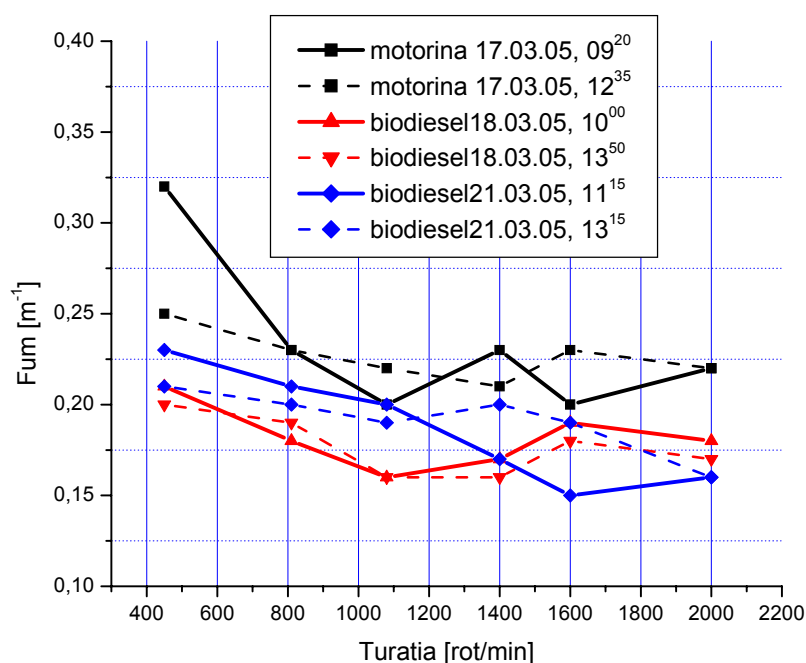


Fig. 45. Emisii de fum

tificarea efectului ecologic al biocombustibilului.

Diagrama indicată în coordonate P – V pentru motorină este reprezentată în fig 46, iar pentru amestec de biocombustibil și motorină în fig 47.

Pentru motorul alimentat cu motorină, diagrama indicată desfășurată în coordonate P- φ Rac este prezentată în figura 48 și pentru motorul alimentat cu amestec de motorină și biodiesel, este prezentată în figura 49.

S-a constatat că regimul de turații tranzitorii este suficient de bine situat din punct de vedere al emisiei de fum, la biodiesel, comparativ cu motorina. Astfel, se poate aprecia că în condiții reale de exploatare a autovehiculelor în mediu urban, efectul poluant este diminuat în limite care permit cuan-

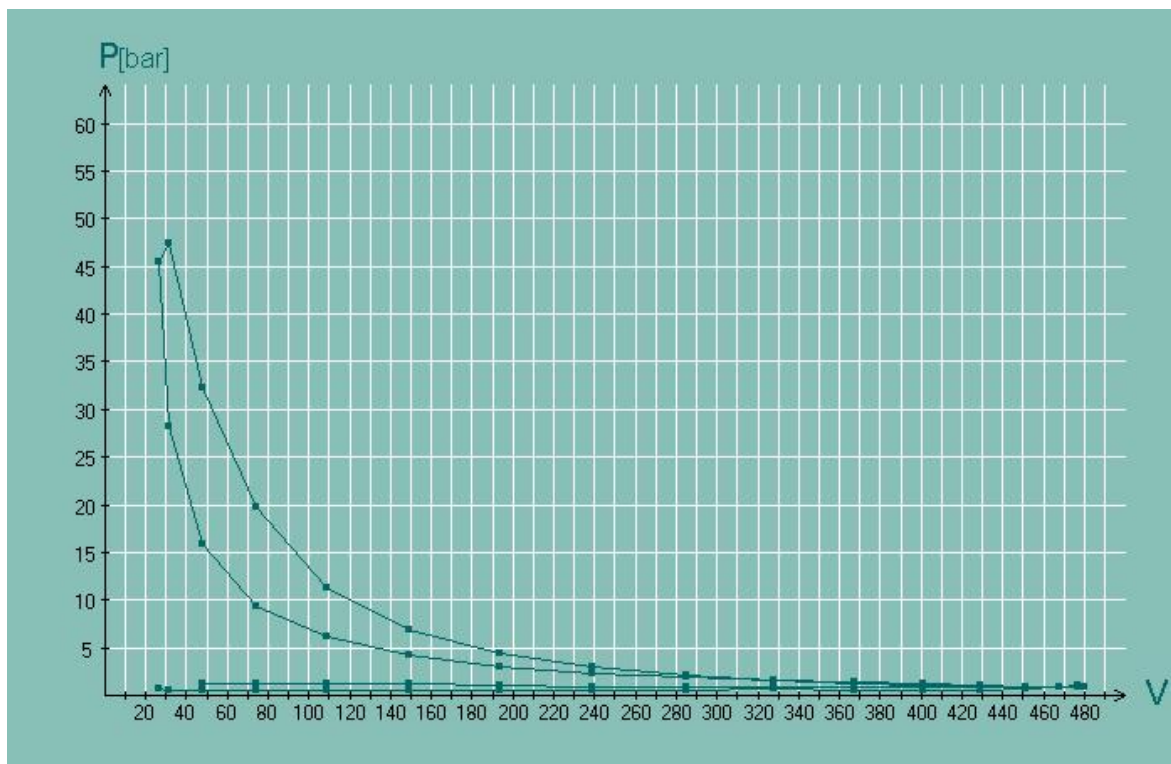


Fig 46. Diagrama indicată pentru motorul alimentat cu motorină

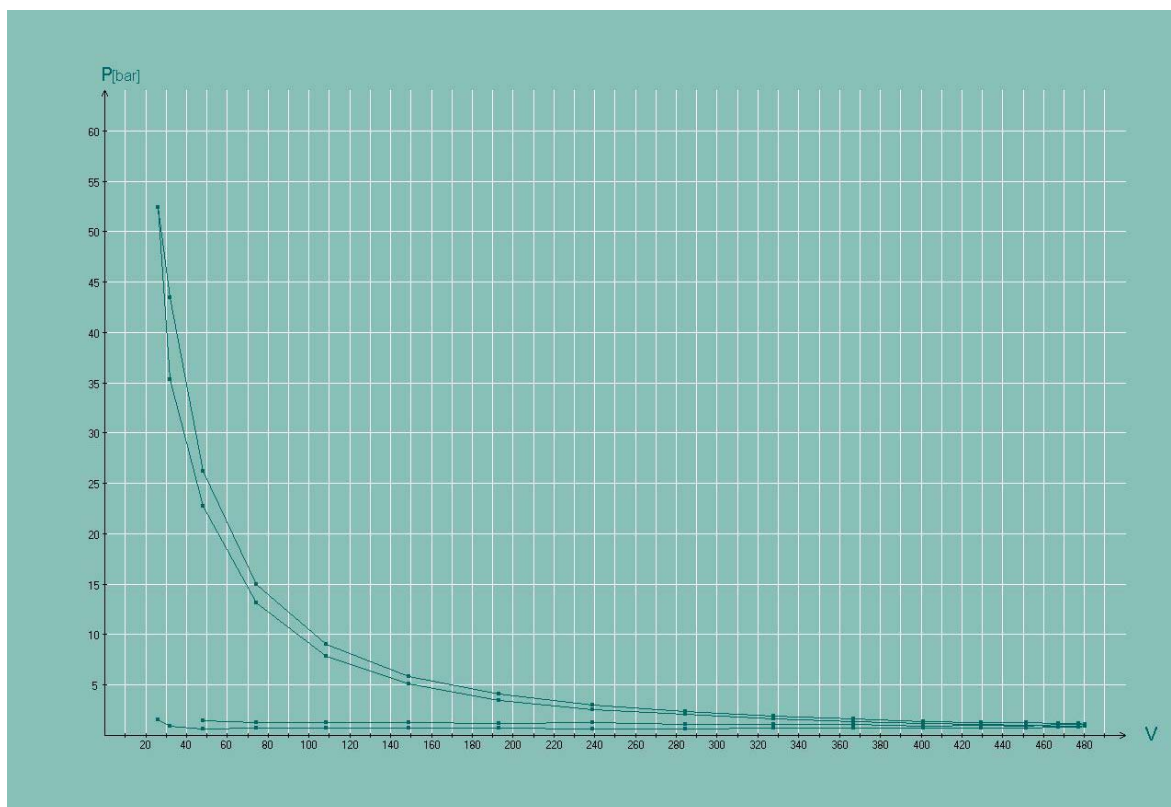


Fig 47. Diagrama indicată pentru motorul alimentat cu amestec de motorină și biodiesel

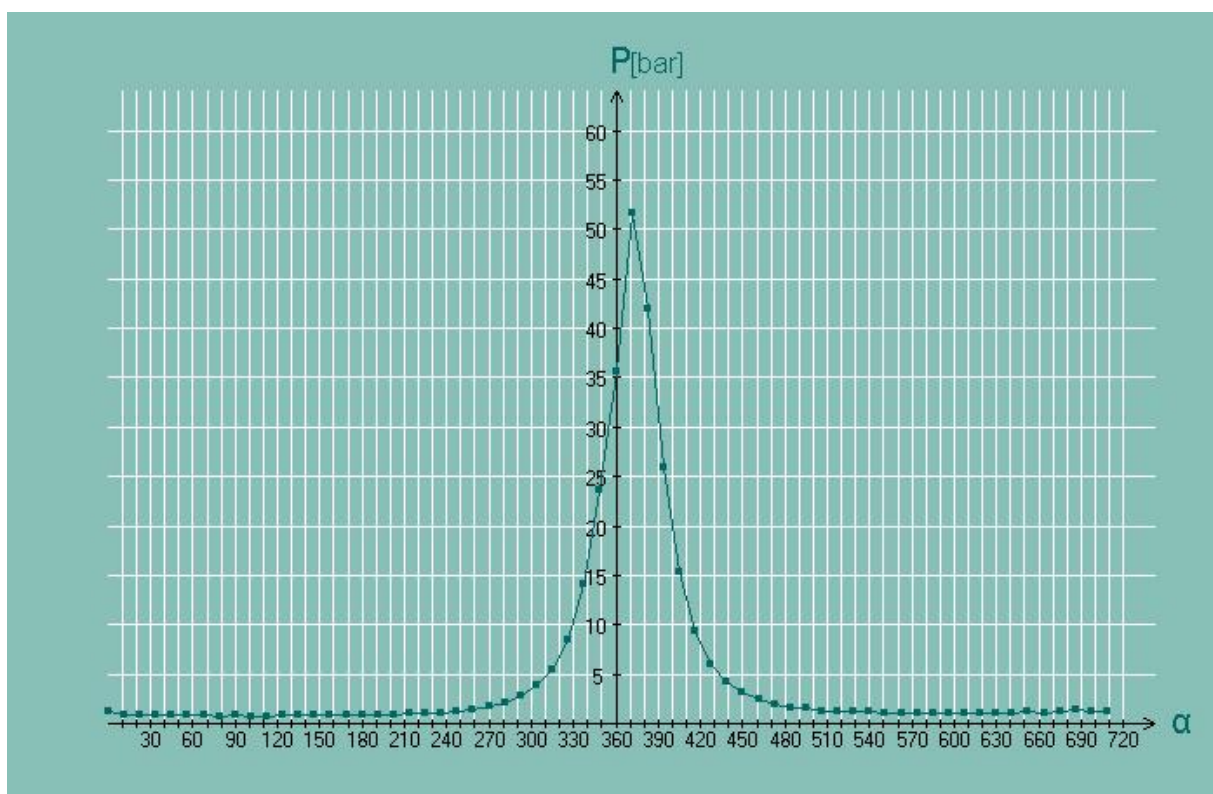


Fig 48. Diagrama indicată desfășurată în coordonate $P-\phi^{\circ} \text{ Rac}$ pentru motorină

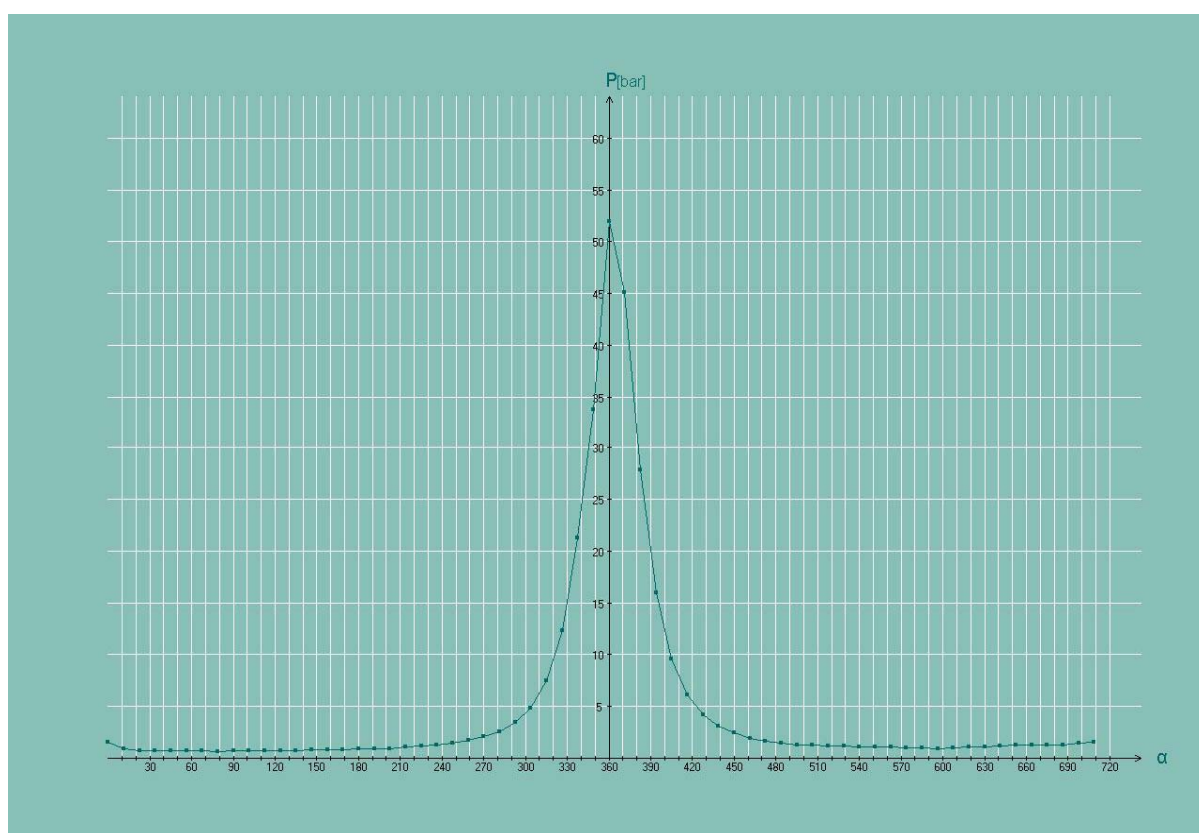


Fig 49. Diagrama indicată desfășurată în coordonate $P-\phi^{\circ} \text{ Rac}$ pentru amestec de motorină și biodiesel

Din analiza rezultatelor obținute se constată că:

1. modificările aduse sistemului clasic de alimentare al motorului pun în evidență performanțe de putere, moment și poluare mai bune decât în cazul motorului fără modificări;
2. încă o dată se dovedește faptul că combustibilul clasic de tip motorină poate fi înlocuit cu succes de către biocombustibil sau amestecuri ale acestuia cu motorina, situații în care se asigură reducerea considerabilă a poluării chimice a mediului înconjurător;
3. cele mai bune rezultate din punct de vedere al puterii se obțin cu amestecuri de 30% și 40% biodiesel cu motorină, 20% biodiesel+5%metanol +motorină și 30% ulei de in cu motorină (vezi ANEXA 4);
4. cele mai bune rezultate din punct de vedere al momentului se obțin cu amestecuri de 30% și 40% biodiesel cu motorină, 20% biodiesel+5% metanol +motorină și 10% și 30% ulei de in cu motorină;
5. din punct de vedere al consumului specific de combustibil rezultate bune (apropiate de cele obținute în cazul utilizării motorinei) se obțin cu amestecuri de 10% și 40 % biodiesel cu motorină, 20% biodiesel+5% metanol +motorină și 30% ulei de in cu motorină;
6. din punct de vedere al emisiei de monoxid de carbon CO, rezultatele obținute sunt mult mai bune decât în cazul utilizării motorinei. Cele mai bune rezultate se obțin totuși cu amestecuri 30 și 40% biodiesel cu motorină și 20% biodiesel+5% metanol +motorină;
7. din punct de vedere al emisiei de CO₂, aproape toate amestecurile se comportă mai bine decât motorina, cel mai puțin poluant fiind amestecul de 40% biodiesel+motorină;
8. din punct de vedere al emisiei de C_mH_n, se remarcă iarăși superioritatea amestecurilor fata de motorină;
9. din punct de vedere al emisiei de fum, rezultatele obținute depind de regimul de funcționare. Cea mai bună comportare, pe întreaga gama de turații o are amestecul de 50% biodiesel+motorina.

11.3. Experimentarea prototipului în trafic

Experimentarea prototipului în trafic a fost posibilă prin punerea la dispoziție de către Regia Autonomă de Transport Urban Cluj-Napoca a unui autobuz echipat cu un motor Saviem 846 HM, ce dezvoltă momentul motor maxim $M_e=470$ Nm la 1750 rot/min și puterea efectivă maximă $P_e=114$ kW la 2700 rot/min (același tip de motor utilizat și la testele pe stand).

Experimentarea a constat în parcurgerea următorilor pași:

1. golirea completă a sistemului de alimentare al autobuzului de combustibilul propriu și înlocuirea filtrelor de combustibil;
2. alimentarea cu motorină (aceeași motorină cu care s-a realizat și amestecul motorină-biodiesel);
3. determinarea performanțelor motorului în condițiile funcționării cu motorină;
4. repetarea încercărilor experimentale după patru ore de funcționare;
5. golirea completă a sistemului de alimentare al autobuzului și înlocuirea filtrelor de combustibil;
6. umplerea rezervorului autobuzului cu amestec motorină-biodiesel (60%+40%) ;
7. determinarea performanțelor motorului în condițiile funcționării cu noul combustibil;
8. efectuarea parcurșului în trafic cu călători;
9. repetarea testelor experimentale (după 4 ore de funcționare în trafic);
10. ciclu de câte două măsurători zilnic.

Ca urmare a acestui ciclu de testare s-au obținut rezultatele prezentate în continuare.

Eficiența utilizării biocombustibilului pentru motoarele Diesel modificate a fost testată în condiții reale de exploatare a autobuzelor din dotarea Regiei Autonome de Transport Urban Cluj-Napoca. În acest sens, autobuzul echipat cu motorul modificat, a funcționat cu biocombustibil, fiind utilizată rețeta care a dat cel mai bun randament la încercările pe standul de laborator (40% biocombustibil în amestec cu motorină).

Determinarea nivelului de emisii poluante s-a efectuat pe întreaga durată de funcționare a autobuzului cu biocombustibil. Ținând cont de programul de lucru al mijloacelor de transport în comun, s-au efectuat măsurători la intervale de timp caracteristice, care au cuprins echilibrat, întregul program de exploatare zilnic.

Programul de încercări a vizat efectuarea următoarelor măsurători:

- măsurători efectuate pentru funcționarea cu motorină: 2 măsurători/zi – o zi;
- măsurători efectuate pentru funcționarea cu bicom bustibili 2 măsurători/zi – 4 zile.

De asemenea s-au înregistrat consumurile de combustibil aferente curselor efectuate, pe liniile pe care a rulat autobuzul.

Emisiile poluante monitorizate au fost aceleași ca și în cazul determinărilor efectuate pe standul de laborator. Având în vedere că nu există posibilitatea efectuării unei evaluări directe în sarcină, în condiții reale de trafic, determinările s-au efectuat numai la mers în gol, pentru turații caracteristice domeniului de funcționare al motorului. Poluanții monitorizați fiind:

- monoxidul de carbon CO [%] – determinări în volum, emisii poluante;
- bioxidul de carbon CO₂ [%] – determinări în volum, emisii poluante;
- hidrocarburi HC [ppm] - determinări în volum, emisii poluante;
- fum în unități [1/m].

12. BILANȚUL ENERGETIC ȘI COSTURILE PRODUCERII MER

Se remarcă potențialul deosebit de ridicat al culturilor de soia și rapiță, exprimat printr-un randament energetic de cca. 4,33 în cazul utilizării semințelor acestor culturi la producerea biocombustibililor.

Nivelul randamentului energetic la producerea biocombustibililor din semințele diferitelor culturi este reflectat și de costurile acestora, prezentate în *tabelul 9*, respectiv *tabelul 10*. Aceste costuri nu reflectă influențele date de utilizarea produselor secundare ce rezultă în procesul tehnologic al producerii biocombustibililor (ex. glicerină 1500 \$/t) [9].

Conform datelor prezentate, uleiul de rapiță are prețul cel mai scăzut (311 \$/t), fiind urmat de uleiul de palmier și de uleiul de floarea-soarelui.

În cazul monoesterurilor uleiurilor vegetale, prețul lor de cost este de 160-200 \$/t, acesta diferind sensibil de cel al motorinelor de bază.

Tabel 9.

Denumirea biocombustibilului	Cost mediu, [\$/t]	Producția de semințe (1995), [10⁶ t]
Ulei de rapiță	311	7,0
Ulei de palmier	331	0,67
Ulei de floarea-soarelui	346	154,0
Ulei de ricin	353	11,2
Ulei de bumbac	482	3,3
Ulei de in	490	3,8
Ulei de arahide	502	3,6
Ulei de soia	985	0,39

Tabel 10.

Rapița 100 GJ/ha	Tulpini 50,1 GJ/ha	tulpini hrană 31,5 GJ/ha îngrășământ	UTILIZARE	%
		pierderi 18,6 GJ/ha	Hrană, îngrășământ	40,5%
			Glicerină	1,1%
	Semințe 49,9 GJ/ha	turte 18,1 GJ/ha	Pierderi	33,0%
		glicerină 1,4 GJ/ha		
		pierderi ulei 1,0 GJ/ha		
		ulei brut 29,4 GJ/ha	MER 31,1 GJ/ha	25,4%
metanol 1,7 GJ/ha				
TOTAL				100%

Rentabilitatea folosirii biodieselului la noi: se consideră un parc de 100 de tractoare U-800¹, care sunt alimentate pe rând cu motorină standard, și apoi cu ulei de rapiță.

În urma unor calcule empirice, am dedus un preț al producerii biodieselului după cum urmează în *tabelul 11*.

Tabelu 11

Calculul prețului de producere al biodieselului

Compusul folosit	Cost unitar	Cantitatea folosită	Prețul total
Metanol	6,5688 lei/litru	1,75 litri	11,4954 lei
Apă distilată	0,3700 lei/litru	16 litri	5,9200 lei
Hidroxid de sodiu	13 Euro/kilogram 40,5000 lei/kg	43,75 grame	1,7718 lei
Energia consumată	0,3053 lei/kWh	1 kWh	0,3053 lei
Ulei de rapiță	1,5000 lei/litru	7 litri	10,5000 lei
Cost total			30,3340 lei / 7,3 1
Cost unitar			≈ 4,1530 lei / l

¹ Tractoare echipate cu motorul D-118, motor pe care s-au făcut testele

Așadar, am obținut biodiesel la prețul de 4,1340 lei/litru, ceea ce-l face total necompetitiv cu motorina standard. Acest preț ar putea scădea mult dacă se iau în considerare următoarele trei aspecte:

- la prepararea biodieselului s-au folosit compuși foarte scumpi, de o mare puritate și calitate, ceea ce ridică foarte mult prețul final al biodieselului. În loc de hidroxid de sodiu (NaOH) de proveniență germană, s-ar putea folosi și sodă caustică autohtonă, mult mai ieftină, ceea ce ar complica puțin separarea fazelor și ar mări perioada de decantare (produsul final al avea mai multe impurități, dar ar fi mult mai ieftin). Ar fi necesare mai multe spălări, și s-ar mai lungi puțin perioada de producere a combustibilului. În loc de apă distilată, s-ar putea folosi apă normală, la fel mult mai ieftină, care ar necesita mai multe spălări, de o durată mai îndelungată. Și acidul acetic ar putea fi preluat din producția autohtonă. Aceste modificări ar scădea mult costul de producere al biodieselului.

- în cadrul experimentului, s-au produs doar 7 litri de combustibil, consumând aproape aceleași resurse energetice și umane, cât la o producție la scară mare, chiar industrială (cum este cazul motorinei) ar scădea de asemenea mult prețul biodieselului.

- în cazul experimentului nu s-a recuperat nici unul dintre compușii chimici care ar fi putut fi refolosiți. De asemenea nu s-a valorificat glicerina, un compus destul de prețios. Metanolul și hidroxidul de sodiu nereacționate se pot recupera din apa de spălare prin evaporarea acesteia, putând fi apoi refolosiți la alte reacții. De asemenea, apa de spălare poate fi refolosită, după o filtrare prealabilă. Glicerina (care în cadrul experimentului a rezultat în cantitate de 880 ml), se poate valorifica, având mai multe întrebuințări, în diferite ramuri.

Toate acestea reduc simțitor prețul de producere al biodieselului, apropiindu-l de cel al motorinei standard.

Presupunând că fiecare tractor funcționează opt ore pe zi sub sarcină de aproximativ 10daN la o turație de 2000 rot/min, vom avea zilnic următoarele consumuri:

$$100 \times 8 \times 6,48 = 5.184 \text{ l motorină/zi}$$

$$100 \times 8 \times 6,171 = 4.936,8 \text{ l biodiesel/zi}$$

Ceea ce în cheltuieli înseamnă:

- motorină (3.10 lei / Diesel Plus la stațiile Petrom)

$$5.184 \times 3,10 = 16,07 \text{ lei/zi}$$

- biodiesel (3,36 lei/litru)

$$4.936,8 \times 4,13 = 20,38 \text{ lei/zi}$$

Ceea ce înseamnă cheltuieli cu 26,85% mai mari în cazul folosirii biodieselului (care are prețul cu 33,2% mai mare decât motorina).

Dacă se respectă indicațiile (producere la scară mare din compuși ieftini și cu recuperări de compuși) această diferență ar fi compensată, și am avea în plus mai puține emisii poluante, riscuri de sănătate și accidente ecologice, care în condițiile date (100 tractoare) ar fi foarte mari.

O altă variantă de reducere a costurilor combustibilului, a poluării și a altor factori importanți, este folosirea de amestecuri biodiesel-diesel, care pe parcursul testelor s-au comportat ireproșabil, dând performanțe bune și consumuri reduse.

Un astfel de combustibil ar costa:

$$4,13/5 + (4 \cdot 3,10)/5 = 2,48 \text{ lei/litru}$$

Aceste cheltuieli apropiate fac încă de pe acum amestecul biodiesel-diesel foarte atractiv, chiar și fără aplicarea metodelor de scădere a prețului de producție a biodieselului, deoarece balanța va fi înclinată de partea sa de către celelalte avantaje majore (poluare, biodegradabilitate, etc.).

13. CONCLUZII FINALE

Având în vedere toate aceste rezultate, se desprind următoarele concluzii principale:

1. beneficiind de existența în compoziția biodieselului a 10% oxigen, pe baza modificărilor efectuate în sistemul de alimentare s-a obținut o îmbunătățire considerabilă a performanțelor de poluare chimică (în ceea ce privește emisiile de CO, CO₂; C_mH_n);
2. lipsa sulfului din compoziția biocombustibilului duce la reducerea emisiilor de SO₂;
3. cele mai bune performanțe de poluare, putere, moment și consum se obțin cu amestecul 40% biodiesel+motorină și cu cel de 20% biodiesel+5% metanol +motorină. Până la anumite turații și amestecul de 10% biodiesel+motorină asigură performanțe foarte bune.
4. încercările experimentale comparative, efectuate pe motorul D118 (în Laboratorul de Biocombustibili al UTC-N), au confirmat rezultatele obținute pe motorul Saviem 846 HM.

Luând în considerare aspectele prezentate mai sus se recomanda două direcții de acțiune:

1. utilizarea amestecurilor 40% biodiesel cu motorină la toate mijloacele de transport în comun și la cele de transport marfă în marile orașe. În acest fel se va asigura:
 - reducerea semnificativă a poluării chimice;
 - se rezolvă în parte problema rezervei de combustibili;
 - se asigură o anumită independență energetică;
 - se creează locuri de muncă (întrucât producerea și utilizarea biocombustibililor din uleiuri vegetale se realizează într-un sistem complex, integrat, cu conexiuni puternice între toate nivelele sistemului);
2. eliminarea sulfului din motorină și folosirea biodieselului (în proporții de 5-10%) ca aditiv în aceasta, pentru toți combustibili diesel utilizați la autovehiculele rutiere dotate cu motoare Diesel. Prin aceasta se va asigura:
 - reducerea efectului de seră;
 - creșterea durabilității motoarelor Diesel (testele efectuate în acest sens demonstrând calitățile combustibilului provenit din ulei de rapiță);
 - reducerea prețului de cost al combustibilului.

Se constată ca prin utilizarea biocombustibililor în alimentarea motoarelor cu aprindere prin comprimare ce echipază autobuzele utilizate în transportul urban se obțin avantaje certe față de cazul utilizării ca și combustibil a motorinei.

Se consideră necesară dezvoltarea cercetărilor în acest domeniu pentru tratarea tuturor aspectelor legate: de alte modificări ale motoarelor ce se utilizează la autovehiculele de transport urban, ale eventuale combinații de amestecuri, comportarea altor tipuri de motoare cu aprindere prin comprimare, durabilitate etc.

ANEXA 1

Semințe de rapiță și planta în luna martie



ANEXA 2

Rapiță înflorită



ANEXA 3

Standul de încercări la UTC-N



ANEXA 4

Amestecuri de combustibili



ANEXA 5

Autobuzul, care a circulat cu biodiesel



BIBLIOGRAFIE

1. **Bățaș, N., Burnete, N.:** *Motoare cu ardere internă – Combustibili, lubrifianți*. Cluj-Napoca, Editura U.T. Press, 2000.
2. **Bățaș, N., Burnete, N.:** *Motoare cu ardere internă*. București, EDP, 1995.
3. **Burnete, N., Cordoș, N.:** *Study regarding the use of burned oil from food industry as fuel for the Diesel engines, The 30th Internationally attended scientific conference of the Military Technical Academy*, Bucharest, 2003.
4. **Burnete, N., Cordoș, N.:** *Research concerning the Diesel engine using vegetal oil as fuel, FISITA, World Automotive Congress*, Barcelona, Spain, 2004.
5. **Finichiu L.,** *Növényolaj – környezetkímélő motorhajtó anyag a közlekedésben és a mezőgazdaságban*. Budapest, Akadémiai Könyvkiadó, 2002.
6. **Jánosi, L., Vass A.:** *Biodízel*. Gödöllő, Universitatea Szent István, 2000.
7. **Kovács F.:** *A biodízel*. Budapest, Akadémiai Könyvkiadó, 2002.
8. **Muntean, L.:** *Fitotehnie*. Cluj-Napoca, Tipo Agronomia, 1993.
9. **Naghiu, Al.:** *Baza energetică pentru agricultură*. Cluj-Napoca, Editura Risoprint, 2002.
10. <http://www.biodiesel.org>
11. <http://www.opec.org>
12. <http://www.petrom.ro>