

ASPECTE ENERGETICE SI ECOLOGICE ALE EXPLOATARII AUTOVEHICULELOR CU MOTOARE HIBRIDE SAU ELECTRICE

Conf. dr. ing. Ion IONESCU, Facultatea de Utilaj Tehnologic, UTCB.

Rezumat. In articolul de fata se arata ca la nivel global problemele actuale privind poluarea mediului datorate motoarelor cu ardere interna nu vor fi eliminate prin inlocuirea lor de catre sistemele de actionare electrice sau de cele hibride. Daca se are in vedere si modul de obtinere al energiei electrice, transportul si inmagazinarea acesteia, atat din punct de vedere al randamentului cat si din punct de vedere al poluarii mediului, pe ansamblu, rezultatele sunt mai slabe decat cele actuale de la motoarele termice, si deci societatea nu are de castigat nici sub aspect energetic, nici sub aspect ecologic.

Abstract. The article presented shows that at a global level the ecological problems caused by heat engines are not eliminated by electric vehicles and hybrid cars. If it is considered the way the electrical energy is obtained, the way it is transferred and stored, from the energetic efficiency point of view as well as the environment's pollution, the results do not benefit human society. The conclusion is that the electrical and hybrid transportation are not a beneficial solution for replacing heat engines.

Inca din secolul al XVIII-lea cand a inceput industrializarea societatii umane si au inceput sa fie utilizate primele motoare in atelierele manufacturiere (intai motoare cu ardere externa si mai apoi si cele cu ardere interna) acestea erau actionate prin arderea de combustibili, care la inceput erau vegetali si mai apoi combustibili fosili (carbuni si apoi petrol sub diverse forme). Produsii rezultati din arderile incomplete cat si din tot mai larga raspandire a motoarelor termice de toate felurile, marimile si in domenii de activitate din ce in ce mai diverse a facut ca poluarea atmosferica produsa de gazele de evacuare sa fie tot mai accentuata si mai raspandita pe suprafata globului.

Primele probleme de acest gen au aparut la nivelul anilor 60' ai secolului XX in marile aglomerari urbane din SUA, datorate unei superconcentrari industriale cat si a mijloacelor de transport personale si a celor de marfa. Au aparut astfel probleme datorate concentratiilor mari de dioxid de carbon CO_2 , oxizi de azot NO_x , si diverse hidrocarburi CH emise, care au afectat stratul de ozon, au produs ploii acide, au creat smogul uscat sau cel umed etc.

Motorul termic este sursa energetica cea mai plina de "pacate" (inconveniente):

- este destul de complex constructiv si are un randament scazut de functionare, de aproximativ 35-38% (fata de 95-98% cat are un motor electric de constructie obisnuita);
- este mai scump la investitia initiala fata de motorul electric;
- este zgomotos;
- necesita o intretinere periodica atenta si uneori complexa;
- este puternic poluant prin emisii de dioxid de carbon CO_2 , oxizi de azot NO_x , si hidrocarburi diverse CH , fum, mirosuri neplacute etc.;
- are o fiabilitate mai redusa decat motorul electric.

Toate aceste inconveniente sunt insa suplinite de o calitate unica - **mobilitatea si independenta (cel puțin temporara) fata de o sursa fixa de energie.**

Aceasta independenta este numita **autonomie** si este asigurata de catre rezervorul de combustibil, care poate fi mai mare sau mai mic, dupa necesitati (pot exista si rezervoare suplimentare).

Sunt domenii la ora actuala la care (datorita acestei calitati a motorului termic), nu pot fi concepute activitatile umane fara el. Astfel aviatia, marina (chiar si navele cu sursa de energie atomica sunt actionate de motoare termice), transporturile in desert, in jungle, in stepa, sau in Siberia, precum si alte activitati umane se desfasoara pe baza motoarelor termice. La acestea se adauga marile santiere, exploatarile miniere de suprafata, transportul feroviar, agricol etc.

Tot mai larga raspandire a acestor motoare, cresterea numarului de unitati de diverse marimi si tipuri produse anual a facut ca gazele de evacuare a acestora sa se adauge poluantilor de natura industrială ajungandu-se la o deteriorare semnificativa a calitatii mediului cu consecintele dintre cele mai neplacute si mai periculoase.

Aceasta deteriorare a calitatii aerului, cat si a altor aspecte ale mediului ambient (miros, pacla, zgomot, vibratii etc.) a facut necesara aparitia unor organisme la nivel statal si international care sa legifereze normative limitative maximale pentru emisiile de noxe si aplicarea acestora pe plan national sau international.

Totusi la nivel mondial s-a creat o situatie anormala datorata faptului ca dintre principalii constituinti ai gazelor de evacuare ale motoarelor termice cu ardere interna (dioxidul de carbon CO_2 , oxizii de azot NO_x , si hidrocarburi diverse CH) normativele din zona americana considera principalul "inamic" al calitatii aerului oxizii de azot NO_x , iar in Europa principalul element de deteriorare a atmosferei este considerat dioxidul de carbon CO_2 . Aceasta situatie face ca un motor care se incadreaza in normativele tot mai restrictive din SUA sa nu poata fi omologat pentru zona europeana, iar un motor de origine europeana care satisface normele EURO sa nu poata fi admis fara modificari pe piata americana.

Acesta este unul din motivele pentru care marile firme producatoare de autovehicule au creat filiale de productie pe partea opusa a Atlanticului (FORD, CHEVROLET au filiale europene, iar BMW, VOLKSWAGEN, VOLVO etc. au filiale americane) cu scopul de a produce modele special adaptate pietei respective.

Din pacate cele doua componente de baza ale gazelor evacuate de motoarele termice dioxidul de carbon CO_2 , si oxizii de azot NO_x , au o dezvoltare antagonica in gazele de evacuare si acest fapt conduce la situatii precum cea prezentata mai sus (fig.1.).

Normativele limitative aparute atat la nivel regional cat si la nivel mondial au condus la masuri de natura constructiva cat si la aparitia de sisteme de control care sa conduca la arderi cat mai complete in motoare, la limitarea compusilor nocivi din gazele de evacuare si incadrarea motoarelor noi concepute si produse in prevederile limitative restrictive de noxe.

Tot ca o consecinta a dorintei de reducere a poluarii mediului, in special in zonele urbane, a condus la aparitia de mijloace de transport actionate cu motoare electrice, sau cu actionare mixta. **Problema principala care apare la aceste vehicule este insa autonomia redusa.**

Autovehiculele **hibride** actualmente "la moda" si cele electrice **EV**, asa cum sunt ele la ora actuala, nu pot fi o solutie viabila si de viitor datorita complexitatii constructiei, a greutatii mari, a autonomiei reduse, a capacitatii de stocare mici a bateriilor si a randamentului redus al acestora.

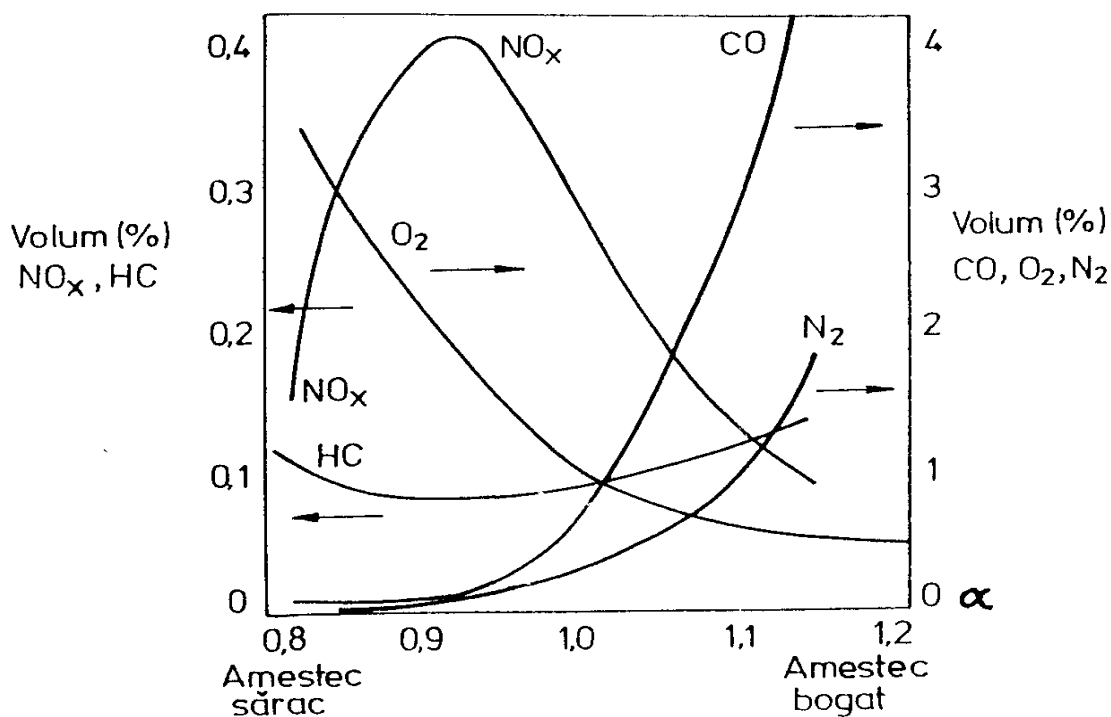


Fig.1. Dezvoltarea antagonica a principalelor componente poluante ale gazelor de evacuare la motoarele cu ardere interna.

Pentru a demonstra ca aceste constructii hibride, sau chiar vehiculele actionate electric nu sunt asa de “curate” si “nevinovate”, asa de “**environmental friendly**” (denumire consacrata in problematica de protectie a mediului) pe cat par vom face o comparatie pe baza randamentului energetic si pe baza implicarii lor sub diverse aspecte in poluarea mediului. Mai mult, in functie de provenienta curentului electric pot fi, in ansamblul totalitatii aspectelor, chiar mai poluante decat batranul motor termic. Pentru a demonstra aceasta vom actiona pe doua cai:

- comparatia din punct de vedere al **eficientei energetice**, iar cealalta
- comparatia privind actiunea lor in legatura cu **poluarea mediului**.

La actionarea acestor vehicule “**curate**” electrice (**EV**) sau hibride (**HE**) se folosesc baterii de acumulatori care au cateva “calitati” esentiale, atat din punct de vedere energetic cat si sub aspectul poluarii mediului pe cale directa cat si pe cale indirecta, prin elementele lor constitutive. Deci acumulatorii:

- au o capacitate relativ mica de inmagazinare de energie, ceea ce conduce la o autonomie redusa a mijlocului de transport electric;-
- au volum si greutate mare ceea ce ingreuneaza foarte mult constructia vehiculului si ii scad considerabil capacitatea de transport si performantele dinamice;
- o alta “calitate” este durata mare de incarcare, care este in general de peste 8 ore;
- tot la aceasta categorie de “calitati” ale bateriilor de acumulatori este si randamentul lor scazut, ceea ce face ca o parte din energia initiala (obtinuta cu producere de dioxid de carbon CO_2 , si oxizi de azot NO_x , in centralele termoelectrice) sa se piarda.

Bateriile care au la baza plumbul sunt excesiv de grele, au un randament de redare maximum numai pana la 20% din capacitate lor de incarcare (dupa care performantele lor scad accentuat), au o viata scurta si au in componenta elemente extrem de toxice si poluante cum sunt acidul sulfuric si plumbul. Aceste baterii sunt insa considerate actualmente depasite tehnologic pentru acest domeniu.

Bateriile de tip lithiu-ion sunt mai indicate datorita faptului ca au capacitate de inmagazinare si redare mai mare, au o densitate de energie marita, si un ciclu de durabilitate de 400 – 1200 cicluri, iar in conditii optime randamentului lor de redare este mai mare. Ca dezavantaje al acestor baterii este faptul ca si ele sunt grele, iar in timp capacitatea celulelor se micsoreaza si pierd ireversibil aproximativ 20% din capacitate pe an. Ele trebuiesc depozitate la temperaturi scazute, iar in caz contrar pierzand 35% din energie la temperaturi de 40°C. Cand sunt stocate pe perioade lungi de timp curentul din circuitul propriu de protectie poate consuma toata capacitatea bateriei.

La ambele tipuri de baterii dupa dezafectare apar compusi toxici, poluanti, care trebuiesc gestionati corect si pentru reciclarea carora trebuie cheltuiti bani si energie.

Tabel comparativ cu performantele principalelor tipuri de baterii utilizate

| | Acumulator Li-ion | Acumulator cu acid |
|----------------------------|--|---------------------------|
| Energie specifică | 100-250 Wh/kg (0.36-0.90 MJ/kg) | 30-40 Wh/kg |
| Densitate energetică | 250-360 Wh/L (0.90-1.30 MJ/L) | 60-75 Wh/L |
| Putere specifică | 250-340 W/kg | 180 W/kg |
| Efic. încărcare/descărcare | 80-90% | 50%-92% |
| Rată autodescărcare | 8% la 21 °C 15% la 40 °C 31% la 60 °C pe lună | 3%-20% Pe lună |
| Durabilitate | 400-1200 cicluri | 500-800 cicluri |

Mai mult la bateriile de tip lithiu-ion (LIB) exista si pericolul de explozie.

Datorită utilizării pe scară mare și foarte mare, multe state au inclus LIB în politica generală de reciclare a bateriilor/acumulatorilor, impunând măsuri speciale de manipulare și depozitare, corelate cu efectele nocive asupra mediului pe care le au unele elemente componente ale acestor produse. Deși se solicită anumite măsuri de manipulare/depozitare, legate, mai ales de posibilitatea de apariție a incendiilor/exploziilor datorată scurtcircuitării, LIB legal nu sunt considerate ca nocive pentru mediu, deoarece nu conțin compuși sau metale toxice (ca de ex. cadmiu sau litiu metalic), ci doar cobalt, cupru, nichel sau fier, precum și compuși ai litiului care sunt considerați siguri pentru mediu și incinerare. In concordanță, de exemplu, cu guvernul USA **"Lithium Ion batteries are classified by the federal government as non-hazardous waste and are safe for disposal in the normal municipal waste stream"**.

Problema bateriilor explozive, bazate pe tehnologia Litiu-Ion, este intens discutata in urma numeroaselor incidente in care acestea au luat foc sau au explodat aparent din senin, incidente soldate cu retrageri masive de pe piata a modelelor de baterii afectate. Un aspect esential, care trebuie luat in calcul, este insasi natura volatila a acestei tehnologii, comparata cu alte forme de baterii reincarcabile. Defectele in membrana izolatoare ce separa elementele

componente ale unei astfel de baterii pot duce la adevărate miniexplozii în care electrolitii conținuți în acestea sunt vaporizați și eliberați sub formă de abur supraincalzit la peste 300 grade Celsius. Fabricanții sunt conștienți de acest fapt și evaluează acest risc din punct de vedere statistic.

Un aspect mai puțin luat în considerare (sau chiar total desconsiderat), este cel al **modului în care se obține energia electrică livrată** la rețea.

Curentul electric care încarcă aceste baterii este obținut de cele mai multe ori prin arderea în termocentrale a unor combustibili fosili (gaze, petrol, carbuni) care degaja de asemenea aceleași noxe la arderea lor în termocentrale (la care se adaugă cenusa, haldele de zgură și funingine). În acest fel se transferă locul de producere a gazelor poluante la centralele termoelectrice, iar aceasta nu poate fi o soluție care să dea satisfacție din punct de vedere a protecției mediului.

De cele mai multe ori în aceste centrale la producerea curentului electric se degajă în atmosferă cantități de dioxid de carbon **CO₂** pe KWh mai mari decât la un motor termic de autovehicul (asa cum se va arăta ulterior în articol).

Conform normelor degajarea de **CO₂** în urma arderii diversilor combustibili în motoarele termice la ora actuală are următoarele valori medii:

- **motorina** - 0.865 kg/10.000 KJ (**0,311 kg CO₂/KWh**);
- **benzina** (izooctan) - 0.805 kg/10.000 KJ (**0,289 kg CO₂/KWh**);
- **alcool metilic** - 0.800 kg/10.000 KJ (**0,288 kg CO₂/ KWh**);
- **metan** - 0.640 kg/10.000 KJ (**0, 230 kg CO₂/ KWh**);

Se observă că metanul din componenta gazului natural este varianta cea mai convenabilă în privința emisiilor de **CO₂**.

Un studiu la nivel european din anul 2007 arată că producerea curentului electric prin termocentrale pe carbune, (ca în cazul ROMANIEI), este însoțită de emanarea în atmosferă a 1096g de **CO₂** pentru fiecare KWh de curent electric produs. Dacă însă curentul electric este obținut prin arderea de gaze emisia de **CO₂** va fi de "numai" 523 g/KWh. Evident că în cazul celui produs din energie hidro, nucleară sau eoliană emisiile sunt foarte mici. Dacă însă producția de energie electrică se obține prin ardere de lemn, sau altă biomasă emisiile sunt foarte mari și depășesc 1500 g **CO₂/KWh**.

În ROMANIA curentul electric se obține cu o emisie medie de 566 g **CO₂/KWh**, ceea ce reprezintă puțin peste media din UE. Sunt țări în UE unde emisia medie de **CO₂** la producerea curentului electric este mult mai mică, cum sunt FRANȚA cu 40g **CO₂/KWh** (preponderent obținut pe baza de energie nucleară), SUECIA cu 18 g **CO₂/KWh**, ELVEȚIA cu 15 g **CO₂/KWh** și NORVEGIA cu numai 5 g **CO₂/KWh** (aproape în totalitate curentul electric este obținut din energie hidro). Prin urmare și poluarea directă și indirectă produsă de către motorul acționat electric va depinde de țară în care el funcționează și de originea curentului electric cu care este alimentat.

Prin comparație cu valorile prezentate mai sus limitele actuale prevăzute de normativele de poluare în cazul motoarelor de autovehicule prevăd limitele maxime de 311 g **CO₂/KWh** pentru cele pe motorină și de 289 g **CO₂/KWh** pentru cele pe benzină. Aceste valori sunt, după cum se poate vedea, inferioare cantităților de dioxid de carbon **CO₂** emise pentru aceiași energie produsă în centralele termoelectrice.

La aceste elemente poluante produse la obținerea curentului electric se adaugă și câmpurile electromagnetice perturbatoare în zona adiacentă rețelelor de transport de înaltă tensiune.

În final se poate afirma că din punct de vedere al **poluării mediului** avem de comparat gazele de esapament produse la funcționarea motorului termic cu cele de la producerea curentului electric (care s-a arătat că sunt mai mari), cu poluarea produsă de

componentele bateriilor de acumulatori si cu campurile electromagnetice perturbatoare produse in apropierea retelelor de transport ale curentului electric. Si in acest caz comparatia este cel putin discutabila si se poate afirma ca se compara o emanatie majora produsa local in centralele termoelectrice, cu alte mii de emanatii mult mai mici, dar raspandite in teritoriu, in special in zonele urbane.

Din **punct de vedere al aspectului energetic** constatam ca avem de facut comparatia intre randamentul general al vehicolului cu motor termic cu randamentul general al energiei electrice de la producere pana la motorul electric. In acesta din urma intra o serie de randamente de eficienta la obtinerea, transportul, la inmagazinarea si la redarea curentului electric.

Randamentul de producere al curentului electric depinde de natura combustibilului folosit, de calitatea instalatiilor din centralele electrice, de tipul de centrale electrice etc.

Transportul energiei electrice presupune si el un randament (care depinde de distanta de transport, de tensiunea curentului transportat, precum si de starea retelelor de distributie). Deci apar si aici pierderi energetice la care se adauga apoi randamentele de stocare si apoi de redare a curentului din bateriile de acumulatori.

$$\eta_{ve} = \eta_{cte} \cdot \eta_{rte} \cdot \eta_{ib} \cdot \eta_{db} \cdot \eta_{me};$$

unde:

- η_{ve} – randamentul vehicolului electric;
- η_{cte} – randamentul centralei termoelectrice;
- η_{rte} – randamentul retelei electrice;
- η_{ib} – randamentul de incarcare al bateriei;
- η_{db} – randamentul de descarcare al bateriei;
- η_{me} – randamentul motorului electric.

In final se poate spune ca din punct de vedere al **randamentului energetic** avem de comparat randamentul unic al vehicolului cu motor termic (e drept destul de modest de aprox. 32-36%) cu produsul randamentelor de obtinere a curentului electric in centralele termoelectrice, randamentul retelei de transport, randamentul de incarcare si de redare a bateriilor de acumulatori si randamentul motorului electric. Se vede ca sunt cam multe si oricum produsul lor e sub randamentul motorului termic, iar acest lucru conteaza foarte mult in societatea actuala care este si asa energofaga (puse cap la cap aceste randamente dau o valoare care este de ordinul 0,25 – 0,29, care reprezinta o valoare oricum mai mica decat a randamentului general al motorului termic).

La cele aratate mai sus se poate adauga ca din punct de vedere constructiv solutia cu motor termic este mai simpla si mai usoara decat solutia hibrida, dar este mai complexa si mai costisitoare decat actionarea electrica.

Se pare ca actionarea hibrida a autovehiculelor nu este altceva decat o “**inginerie de marketing**” care creaza impresia de economicitate si protectie a mediului si are scopul obtinerii adeziunii ecologistilor.

In prezentul articol autorul doreste o atentionare a faptului ca la momentul actual stadiul de dezvoltare tehnica si tehnologica a societatii aceasta nu isi poate permite generalizarea autovehiculelor hibride, sau a celor electrice, asa cum sunt ele acum. Cresterea numarului de hibride pe piata nu va face altceva decat sa creasca profiturile fabricantilor si a dealerilor auto care vor vinde cate doua motoare pentru fiecare vehicul si la un pret de cost mai ridicat. Insa in ansamblu ei societatea nu va avea de castigat nici sub aspect energetic, nici sub aspect ecologic.

Actionarea electrica a vehiculelor se va rezolva cu adevarat numai atunci cand se va rezolva problema inmagazinarii energiei electrice astfel incat cantitativ sa fie suficienta

pentru a asigura motorului electric o autonomie comparabila cu cea a motorului termic, cu randamente mai bune de stocare si redare si cu deseuri mai putin periculoase pentru mediu.

Pana atunci se pare ca este posibil, si se vor aduce in continuare multe imbunatatiri motoarelor termice cu ardere interna, atat din punct de vedere al performantelor de lucru, al imbunatatirii arderilor cat si a randamentului termic al lor si implicit al reducerii consumurilor de combustibili si al reducerii noxelor produse si emanate in mediu. Foarte probabila se pare ca va fi utilizarea de combustibili noi pe baza de hidrogen care sa arda "curat" in motoare fara produci poluanti.

BIBLIOGRAFIE

- [1] AGUESSE P. Clefs pour l'ecologie. Editions SEGHERS. Paris. 1971 ;
- [2] BABUT G. Legislatia in domeniul mediului, Ed. UNIVERSITAS _ Petrosani 2000;
- [3] IONESCU A. ION Motoare termice. Solutii constructive si masuri generale pentru reducerea emisiilor poluante. Editura MATRIX ROM. Bucuresti 2001.
- [4] IONESCU A. ION Solutii moderne pentru protectia mediului la motoarele termice cu ardere interna. Ed Conspress, Bucuresti 2011.
- [5] MARINESCU D. Dreptul mediului inconjurator, Ed. "SANSĂ" S.R.L.,1996
- [6] MIHAILESCU, R. De la Euro 0 la Euro 2. Revista Cargo Romania, nr.8/1998, Bucuresti.
- [7] OSENGA, M. Actualizarea emisiilor, aerul pur si CAREB, Revista Diesel Progress-Engines&Drive, februarie 1991.
- [8] SARBU, L. Motoare termice, masini de tractiune si transport pentru constructii. Ed. ECONOMICA, 2010.

- [9] ***** Guvernul Romaniei, Departamentul Afaceri Europene