

## **Procese antropice și impact generat asupra mediului**

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**MĂRCULESCU, COSMIN**

**Procese antropice și impact generat asupra mediului /**

Cosmin Mărculescu. - București : Editura Academiei Oamenilor

de Știință din România, 2011

Bibliogr.

Index

ISBN 978-606-8371-11-5

502/504

**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

**Adresa:** Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 București,  
România

**Redactor:** ing. Mihail CĂRUȚAȘU

**Documentarist:** ing. Ioan BALINT

**Coperta:** ing. sist. Adrian Nicolae STAN

**Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Știință din România,  
București, 2011**

**Cosmin Mărculescu**

# **Procese antropice și impact generat asupra mediului**



**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România**

**București**

**2011**



# Cuprins

<b>1. Combustibili energetici, fosili și regenerabili</b> .....	<b>7</b>
1.1. Clasificarea combustibililor .....	7
1.2. Combustibili solizi .....	8
1.3. Combustibilii lichizi .....	11
1.4. Combustibilii gazoși .....	13
<b>2. Arderea combustibililor solizi, lichizi și gazoși</b> .....	<b>15</b>
2.1. Arderea completă a combustibililor solizi și lichizi .....	15
2.2. Arderea completă a combustibililor gazoși .....	19
2.3. Arderea incompletă a combustibililor solizi și lichizi .....	20
<b>3. Procese industriale termo-fizico-chimice</b> .....	<b>31</b>
3.1. Clasificarea proceselor industriale pentru producerea de energie .....	32
3.2. Combustia – Tehnologii .....	36
3.3. Piroliza – Tehnologii .....	40
3.4. Gazeificarea – Tehnologii .....	44
<b>4. Procese energetice. Cicluri termodinamice, tipuri de centrale</b> .....	<b>49</b>
4.1. Electricitatea ca vector energetic .....	49
4.2. Piața de energie .....	54
4.3. Curbe de sarcină zilnică. Participarea CE la acoperirea cererii de energie .....	56
4.4. Cicluri termodinamice .....	57
<b>5. Poluarea aerului prin arderea combustibililor</b> .....	<b>71</b>
5.1. Fluxuri de noxe globale și raportate. Exprimarea noxelor la emisie și imisie .....	74
5.2. Instalații de reducere a noxelor de ardere în cadrul C(T)E .....	78
<b>Bibliografie</b> .....	<b>83</b>



# 1. COMBUSTIBILI ENERGETICI FOSILI ȘI REGENERABILI

Necesarul de energie electrică și termică al omenirii a atras după sine o evoluție dinamică în privința modalităților de acoperire a acestuia. Diversitatea surselor de energie primară, atât ca formă de energie, cât și ca parametri calitativi și cantitativi, conduce la o mare diversitate a filierelor de producere a energiei electrice și termice, în principal datorită tipului de “combustibil”. Alegerea, dezvoltarea și implementarea unui tip de sistem de producere sau conversie a energiei în cadrul activităților antropice nu este strict doar o consecință a gradului de dezvoltare tehnologică ci un rezultat al unor factori precum:

- accesibilitatea la sursele de energie primară;
- prețul energiei primare;
- diponibilitatea rezervelor de energie primară;
- restricțiile de mediu;
- nivelul investiției specifice;
- strategii energetice, geo-politice, economice.

Dincolo de considerentele politice sau tehnologice, factorii cu influență majoră în alegerea unei anumite tehnologii sunt tipul și disponibilul de energie primară.

Conversia energiilor primare în forme de energie utilă este însoțită aproape întotdeauna de o modificare de stare a materiei, cu generarea unor componente cu efect negativ asupra mediului înconjurător.

Structura consumurilor anuale arată că, deși se găsesc în cantități finite, combustibilii fosili și nucleari vor continua să acopere cea mai mare parte din nevoile energetice ale lumii.

## 1.1 Clasificarea combustibililor

Combustibilul reprezintă acea substanță care reacționează cu oxigenul din aer și prin ardere dezvoltă căldură utilizabilă din punct de vedere tehnico-economic.

Criterii de clasificare:

- a) după starea de agregare: solizi, lichizi și gazoși;

b) după modul de obținere: naturale, fabricate din cei naturali (artificiali/derivați) și sintetici;

c) după calitate (putere calorifică inferioară):

- inferiori cu  $H_i^i < 3000$  kcal / kg (12560 kJ/kg);
- medii cu  $3000 < H_i^i < 5000$  kcal / kg;
- superiori cu  $H_i^i > 5000$  kcal / kg (20934 kJ/kg).

Puterea calorifică inferioară  $H_i^i$  este raportată la starea inițială a combustibilului și reprezintă cantitatea de căldură dezvoltată prin arderea combustibilului (completă) și răcirea gazelor de ardere până la 25 °C fără condensarea vaporilor de apă proveniți din ardere [1].

*Tabelul 1.1*

**Clasificarea generală a principalilor combustibili**

Starea de agregare	Combustibili naturali	Combustibili artificiali/derivați	Combustibili sintetici
Solizi	- Biomasa - Deseuri - Turda - Cărbune brun - Huila - Antract - Șisturi combustibile	- Mangan - Semicocs - Cocs de cărbune - Cocs de petrol - Brichete de cărbune - Deșeuri combustibile (rumeguș, talaj, etc.)	- Combustibili pentru rachete
Lichizi	- Țiței (petrol)	- Benzina - Petrol lampant - Motorina - Păcură - Gaze lichefiate	- Izoprofil - Senzen - Neohexan - Alchilati - Metanol
Gazoși	- Gaze naturale - Gaze de sonda	- Gaze de: furnal, cocserie, semicocserie, rafinărie, sinteza.	- Hidrogen

## 1.2 Combustibili solizi

Principalii combustibili solizi sunt cărbunii și lemnul. După modul și condițiile de carbonificare, cărbunii se împart în trei mari grupe:

- cărbunii humici: formați prin incarbonizarea plantelor uriașe care populau pădurile;
- cărbunii sapropelici: formați din alge și mâl sapropolic (șisturi bituminoase și unele turbe);
- cărbunii liptobiolitici: formați prin incarbonizarea substanțelor rășinoase și ceroase.



Compoziția combustibililor solizi depinde de vârsta lor ecologică și de transformările suferite de materia organică sub influența diverșilor factori (presiune, temperatură) adică de vârsta lor chimică.

După vârsta chimică cel mai tânăr cărbune este turba, urmat de cărbunele brun, huila și antracitul.

Compoziția combustibilului solid

Combustibilii solizi sunt formați din următoarele părți principale: masa combustibilă, masa minerală și umiditatea.

C	H	N	O	Sulf S <sub>c</sub> comb		M minerală	W umiditate
				S <sub>org</sub>	S <sub>sulfului</sub>		
Stare organică convențională				Sulf organic	Sulf sulfuri	M <sub>comb</sub>	hidroscopici
Stare organică (indice o)							
Stare combustibilă (indice mc)							
Stare anhidră (stare anh)							
Stare uscată la aer (indice u) sau analitică (a)							
Stare inițială (indice i)							

Stările combustibililor sunt:

- starea inițială (i) – conține umiditatea totală (de inhibație și higroscopică), masa minerală necombustibilă și masa organică;
- starea uscată la aer (u), pentru determinarea umidității higroscopice, este proba de combustibil pregătită ce trece prin sita cu ochiuri de 0,75 mm și conține umiditatea higroscopică, masa minerală necombustibilă și masa organică combustibilă;
- starea pentru analiză (analitică) (a) – este masa pregătită ce trece prin sita de 0,2 mm și servește la efectuarea analizelor combustibilului;
- starea anhidră (anh) – este proba care nu mai conține umiditate (uscată la 105 °C timp de 24 h);
- starea combustibilă (mc) – reprezintă combustibili fără umiditate și fără masa minerală necombustibilă dar care mai conține sulful, sub formă de sulfuri (S<sub>A</sub>);

• starea organică (o) – reprezintă combustibilul fără umiditate, masă minerală și fără sulfuri.

Masa minerală necombustibilă (cenușa) conține toți compușii minerali care rezultă după calcinarea combustibilului la temperatura de 825 °C [1], [2].

Considerând în procente gravimetrice elementele constituente ale combustibilului la diversele stări, compoziția combustibilului se poate defini astfel:

- Stare organică: (o)

$$C^0 + H^0 + O^0 + N^0 + S_0^0 = 100\% \quad (1.1)$$

- Starea combustibilă: (mc)

$$C^{mc} + H^{mc} + O^{mc} + N^{mc} + S_0^{mc} + S_s^{mc} = 100\% \quad (1.2)$$

Daca se notează:  $S_0 + S_s = S_c$  (sulful combustibil)

$$\rightarrow C^{mc} + H^{mc} + O^{mc} + N^{mc} + S_c^{mc} = 100\% \quad (1.3)$$

- Starea anhidră: (anh)

$$C^{anh} + H^{anh} + O^{anh} + N^{anh} + S_c^{anh} + A^{anh} = 100\% \quad (1.4)$$

A = procentul gravimetric de cenușă.

- Starea analitică: (a)

$$C^a + H^a + O^a + N^a + S_c^a + A^a + W_h^a = 100\% \quad (1.5)$$

- Starea inițială: (i)

$$C^i + H^i + O^i + N^i + S_c^i + A^i + W_h^i + W_i^i = 100\% \quad (1.6)$$

Daca se notează:  $W_h^i + W_i^i = W_t^i$

$$\rightarrow C^i + H^i + O^i + N^i + S_c^i + A^i + W_t^i = 100\% \quad (1.7)$$

Toți combustibilii conțin, în general, aceleași elemente combustibile. Astfel cei solizi și lichizi conțin carbon (C), hidrogen (H), azot (N), sulf (S) ce se găsesc în diverse combinații chimice. Combustibilii gazoși conțin aceleași elemente sub formă de gaze distincte: monoxid de carbon (CO), dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), etan (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) sau hidrocarburi de forma C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>.

Carbonul se găsește în proporția cea mai mare (30%...85%) fiind elementul principal al masei combustibile ce produce prin ardere completă 33829 kJ/kg.

Hidrogenul se găsește ca element în combustibilii gazoși naturali și artificiali, în restul combustibililor găsindu-se sub formă de combinații cu carbonul (hidrocarburi). Prin ardere completă degajă 143105 kJ/kg.

Oxigenul se găsește în proporții variabile (2% în antracit și 44% în lemn) și scade puterea calorifică a combustibilului prin oxidarea unor elemente combustibile. În schimb prezența sa în combustibil reduce necesarul de aer pentru

ardere și implicit pierderile de căldură prin căldura sensibilă a gazelor de ardere (în special în azot).

Azotul fiind inactiv în procesul de ardere reduce totuși căldura degajată prin ardere prin încălzirea și evacuarea sa în mediu ambient la o temperatură superioară punctului de rouă acidă a gazelor de ardere.

Sulfurul se găsește sub forma unor compuși combustibili în cantități variabile (0,1%...7%) și prin ardere degajă 9253 kJ/kg). Prezența lui este nedorită deoarece produce gaze toxice ( $\text{SO}_2$  sau  $\text{SO}_3$ ), iar prin combinare cu apa formează acizi corozivi pentru părțile metalice și cocsul de fum (acizi sulfuroși sau chiar acid sulfuric).

Masa minerală necombustibilă (M) micșorează valoarea combustibilului îngreunând manipularea și transportul și înrăutățind transferul de căldură prin depunerile de pe suprafețele de schimb de căldură. Prin încălzire se transformă în cenușă și zgură.

Cenușa variază în limite largi în funcție de natura combustibilului și nu corespunde nici calitativ și nici cantitativ cu masa minerală deoarece prin ardere apar o serie de transformări chimice (pierderea apei de cristalizare, formarea sulfurilor de fier, carbonaților, volatilizarea clorurilor alcaline, etc.).

Umiditatea (W) reprezintă un consumator important de căldură în timpul arderii deoarece prin evaporare consumă din căldura degajată în timpul arderii (proporțional cu căldura sa latentă de vaporizare).

Puterea calorifică (Q) a combustibililor reprezintă cantitatea de căldură degajată de unitatea de masă sau volum de combustibil prin ardere și răcirea gazelor de ardere până la 25 °C.

Puterea calorifică superioară ( $Q_s$ ) – se consideră că vaporii de apă formați în procesul de ardere cedează căldura de vaporizare (prin condensarea lor în ultimele suprafețe de schimb de căldură din cazan) căldurii utile a procesului.

Puterea calorifică inferioară ( $Q_i$ ) – se consideră că vaporii de apă formați în procesul de ardere nu cedează căldura de vaporizare.

### **1.3 Combustibilii lichizi**

În general sunt combustibilii artificiali și sunt formați din amestecuri complexe de hidrocarburi lichide și compuși ale acestora cu oxigenul, sulfurul și azotul și care se obțin prin distilare fracționată sau prin dizolvare din țiței sau sisturi bituminoase.

Combustibilii lichizi sintetici se obțin prin cracarea păcurei sau motorinei, prin reformarea catalitică a petrolului sau benzinelor grele, polimerizarea termică sau catalitică a unor hidrocarburi ușoare, izomerizarea sau dehidrogenarea parțială a unor hidrocarburi (butan, hexan), hidrogenarea termică a cărbunilor, sinteza catalitică a gazelor de gazogen, etc.