A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

UTILIZAREA DEŞEURILOR CA SURSĂ ALTERNATIVĂ DE ENERGIE

Andrei Tudor RUSU, Tiberiu RUSU, Mircea BEJAN

USING WASTE AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Urban waste in storage can be an inexhaustible source of energy. Under the action of bacteria, an organic substance from waste undergoes anaerobic reduction as a result the significant amount of biogas, which contains an average of over 50 % methane, which has a high calorific value. These gases can be captured by a network of pipes, filters, dryers can be fuel for an internal combustion engine driving a generator, or can be liquefied. Thus from the waste, obtain electricity, clean energy and easy to carry. In this way all urban landfills in Romania can become energy producers. The benefits are enormous, in that energy from waste sites and biogas is captured with a more powerful greenhouse gases than carbon dioxide.

Keywords: waste, alternative energy source, biogas, greenhouse, gas
Cuvinte cheie: deşeuri, sursă alternativă de energie, biogaz, efect de seră, gaz metan

1. Generalități

Deşeurile urbane aflate în depozite, pot constitui o sursă inepuizabilă de energie. Sub acțiunea bacteriilor, substanțele organice din deşeuri suferă un proces de reducere anaerobă în urma căruia rezultă o cantitate însemnată de biogaz, ce conține în medie peste 50 % gaz metan, care are o mare putere calorică. Aceste gaze pot fi captate printr-o rețea de conducte, filtrate, uscate putând constitui

combustibilul pentru un motor cu combustie internă care acționează un generator de curent, sau pot fi lichefiate. Astfel pornind de la deşeuri, se obține energie electrică, o energie curată şi uşor de transportat. În acest mod toate depozitele de deşeuri urbane din România pot să devină producătoare de energie. Avantajele sunt enorme, prin faptul că se obține energie din deşeuri neutilizabile şi se captează biogazul care are un efect de seră mult mai puternic decât dioxidul de carbon.

Biogazul este un produs al fermentării anaerobe a produselor organice[1]. Biogazul obținut prin descompunerea pe cale aerobă a deşeurilor conține 50 - 90 % gaz metan (CH_4), 10 - 40 % CO_2 şi 0 - 0,1 % H_2S, şi are o compoziție comparabilă cu a gazului metan brut.

Constituie o metodă aplicată cu succes în câteva țări cu populații mari din Asia (se apreciază că în China sunt peste 10 milioane de astfel de instalații, în regiunile rurale aceste instalații asigurând peste 80 % din producția de energie necesară. Procedeul denumit „Globar Gas Schema" este folosit în India de peste 75 de ani, existând peste 80 mii de instalații în funcțiune).

În urma cercetărilor făcute între anii 1942 şi sfârşitul celui de al doilea război mondial de chimistul Ducelier şi inginerul agronom Marcel Isman, metoda şi-a făcut apariția şi în Europa, mii de ferme fiind echipate cu astfel de instalații. După cel de-al doilea război mondial, vest germanii au inițiat o acțiune pe scară largă construind uzine biologice în care prin prelucrarea reziduurilor menajere şi a subproduselor agricole obțineau biogaz şi bioîngrăşăminte.

Tehnologiile biologice de producere a gazelor combustibile folosite în prezent în multe țări de pe glob tind să dezvolte acțiunea unor microorganisme cu scopul de a se obține o biomasă bogată, convertibilă în metan. Funcție de compoziția reziduurilor, prin amestecarea lor cu mâluri de la bazinele de decantare pentru epurarea apelor menajere, se pot obține 400-600 m^3_N de biogaz la 1 t de acest amestec, cu o putere calorifică de 2500-4500 kcal/ m^3_N.

2. Principii de bază privind formarea biogazului

La un conținut de umiditate optim, componenta de natură organică din deşeuri se poate descompune, în condiții anaerobe, cu ajutorul microorganismelor, în metan şi dioxid de carbon. În mediul

[1] El se produce pe cale naturală pe fundul bălților şi lacurilor ieşind la suprafață sub formă de beşicuțe. Este cunoscut de multă vreme sub denumirea de *gaz de baltă* sau *gaz de gunoaie* (se produce şi în timpul fermentării gunoaielor).

anaerob din interiorul unui depozit de deşeuri, microorganismele trebuie să-şi acopere nevoia de energie şi de oxigen prin reducerea substanțelor organice. Procesele complexe care conduc la ruperea legăturilor polimerice până când se ajunge la formarea metanului se prezintă în figura 1 [1].

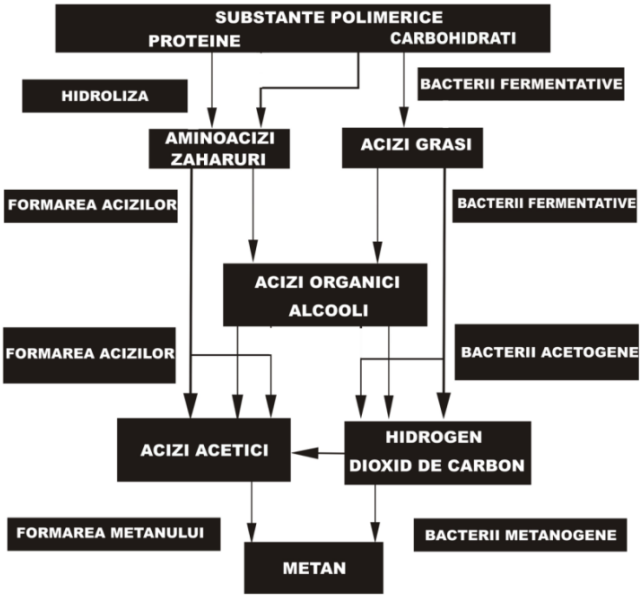

Fig. 1 Descompunerea anaerobă a substanțelor organice

Gazul astfel produs, uscat, este în mod normal saturat. Constă aproape exclusiv (circa 99 % din volum) din cele două componente inodore, metan CH_4 (50-60 % din volum) şi dioxid de carbon CO_2 (40-50 % din volum). Celelalte componente care, însumate depăşesc numai rar 1 % din volum, sunt totuşi decisive pentru efectul gazului ca substanță urât mirositoare (în special mercaptani, amoniac, sulfuri) sau alte gaze dăunătoare [4]. Metanul este purtătorul de energie al gazului de la rampă. Are o valoare calorică de 35,5 MJ/ m^3_N. Pe baza compoziției gazului colectat de la rampă poate fi calculată valoarea calorică. Deoarece la o valorificare termică elementele ignifuge, inerte, adică în principal CO_2 şi azotul, trebuie să fie încălzite şi ele, pentru un gaz cu 55 % CH_4, 36 % CO_2, 8 % N_2 şi 1 % O_2 rezultă o valoare calorică minimă de: val.calc. = 18,5 MJ/ m^3_N

Efectul dăunător al gazelor însoțitoare poate fi evaluat din perspectiva poluării atmosferei (de exemplu concentrații de gaz inadmisibile pentru personalul de la rampa de depozitare[2] şi pentru plantele din zonă) sau a prejudicierii posibilităților de utilizare a gazelor în scopuri energetice (N_2S, hidrocarburi) [3].

Compoziția gazului de la rampa de depozitare variază în funcție de vârsta rampei, producerea de CO_2 începând imediat după depozitare, iar formarea metanului după o fază scurtă de fermentație anaerobă acidă.

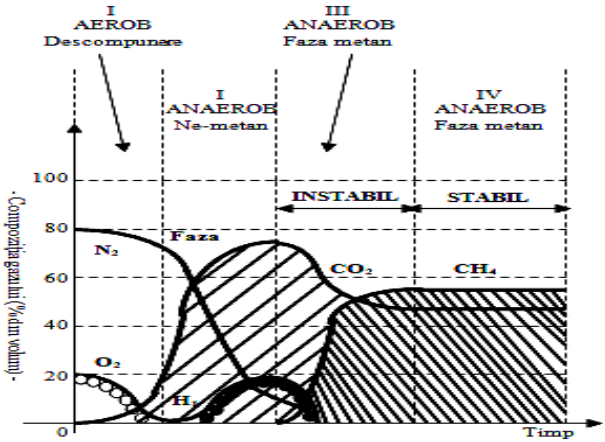

Fig. 2

Modificarea compoziției gazului de la rampa de depozitare în funcție de timp [Farquhar/ Rovers, 1973]

Incinerarea sau valorificarea gazului de la rampa de depozitare poate fi realizată la scară industrială numai după atingerea „fazei metan stabil". Intrarea în faza metan stabilă este caracterizată prin faptul că se obține raportul: $CH_4/CO_2 \geq 1$

3. Studiu experimental

Deşeurile de orice fel, rezultate din multiplele activități umane, constituie o problemă majoră de mare actualitate datorită volumului imens al acestor materiale şi faptului că prezintă un risc de poluare pentru mediul înconjurător. S-a considerat util să se facă o analiză a

[2] **HÁLDĂ,** *halde,* s. f. Loc unde se depozitează sterilul şi deşeurile inutilizabile provenite din lucrările miniere, de la prepararea minereurilor sau din uzinele metalurgice; *p. ext.* materialul depozitat pe acest loc. – Din germ. **Halde.**

gazelor emanate din diferite gropi de gunoi din țară, deoarece există anumite variații ale compoziției gunoaielor funcție de nivelul de dezvoltare şi civilizație a localității/oraşului. S-au făcut forări experimentale, s-au prelevat probe de gaz şi s-a făcut analiza cromatografică a gazului. Precizăm că au fost diferențe de compoziție chimică chiar şi pentru aceiaşi groapă de gunoi, deoarece în general gunoiul menajer nu este un material omogen, atât din punct de vedere al stării fizice, chimice, cât şi din punct de vedere al vârstei şi al etapei de transformare.

Se prezintă o sinteză a studiilor şi cercetărilor privind proiectarea unui sistem de captare şi evacuare a gazelor de fermentare de la groapa de gunoi administrată de S.C. URBANA S.A. BISTRIȚA.

Calitatea unui deşeu este factorul principal care stă la baza stabilirii procedeelor şi tehnologiilor optime de neutralizare şi valorificare a acestuia. Parametrul de bază care determină calitatea deşeului este, în primul rând componența structurală (fizică şi chimică) precum şi alți factori cum sunt: puterea calorifică, conținutul de cenuşă, umiditatea, raportul dintre C/N etc.

Teoretic, literatura de specialitate precizează cantitatea de biogaz ce poate fi produsă de o tonă de gunoi, care variază funcție de compoziția acestuia.

Pentru a face studii comparative, s-a stabilit ca mijloc de comparație cantitatea de carbon legat chimic prezent în substanțele chimice biodegradabile, respectiv raportările ce se fac la o tonă de carbon biodegradabil. Din acest punct de vedere, teoretic, dintr-o tonă de carbon biodegradabil se poate obține 1868 m^3_N de gaz metan[3]. Practic vorbind, cantitatea de biogaz generat este influențat de o serie de factori externi şi interni, fiecare influențând pozitiv sau negativ producerea de biogaz.

În tabelul 1 se prezintă sinteza *compoziției biogazului* obținută în urma determinărilor realizate asupra unor probe de biogaz.

Tabelul 1

Nr. crt.	Componentul prezent în biogaz	Unitate de măsură	Intervalul de variație a componentului
1	Gaz metan CH_4	%	30-65
2	Dioxid de carbon CO_2	%	20-40

[3] Cercetările realizate în țări dezvoltate cu preocupări mai vechi în acest domeniu au arătat că volumul de biogaz produs, precum şi viteza de producere a lui, depinde de anumite particularități locale, dar în medie se poate estima că se obține circa 370 m^3_N pe tonă de gunoi menajer.

3	Amoniac NH_3	%	5-40
4	Hidrogen H_2	%	1-3
5	Oxigen O_2	%	0-5
6	Argon Ar	%	0-0,4
7	Hidrogen sulfurat H_2S	%	0-0,01
8	Sulfați	%	0-0,01
9	Clorhidrați	%	0,002-0,005

Din analiza datelor tabelului 1, rezultă că ponderea cea mai mare în cadrul biogazului o are gazul metan împreună cu dioxidul de carbon, între minim 50 şi maxim 93 %. Majoritatea cercetătorilor calculului puterii calorifice a biogazului consideră că în biogaz ponderea celor două componente de bază este egală ca proporție.

Măsurătorile efectuate în teren şi din informațiile primite de la beneficiar au concluzionat următoarele date inițiale:

● pe actualul depozit de gunoi, primele depuneri au fost din anul 1985; ● grosimea stratului de gunoi variază între 5 m şi 7 m; ● suprafața totală a depozitului ce urmează a fi prevăzut cu o rețea de ventilare este de 33428,994 m^2; ● volumul estimat de gunoi depus este de circa 167.145 m^3.

Analiza cromatografică a gazelor s-a făcut pe probe prelevate de gaze din mai multe puncte. Rezultatele au diferit în funcție de gradul de etanşare a stratului, gradul de îndesare şi compoziția gunoiului şi vechimea lui. Valorile medii sunt prezentate în tabelul 2 (componența gazului aflat pe rampa de gunoi), rezultate care se încadrează în valorile medii din România.

Tabelul 2

Componentul gazos	**Unitatea de măsură**	**Valoarea medie determinată**
Gaz metan (CH_4)	m^3/an şi t deşeu	2,50
Dioxid de carbon (CO_2)	m^3/an şi t deşeu	1,50
Amoniac	m^3/an şi t deşeu	0,95
Hidrogen sulfurat (H_2S)	m^3/an şi t deşeu	0,01
Alte gaze:		0,04

Referitor la volumul de gaze produse de o tonă de deşeuri urbane, valorile determinate statistic sunt foarte diferite în funcție de natura deşeului, compoziția chimică, condițiile de mediu etc, dar se poate aproxima pe baza cantității de carbon biodegradabil din deşeu. Calculele şi determinările au concluzionat că se obține circa 100 m^3_N/t deşeuri pe perioadă de 20 ani, care este considerată perioada de fermentare a gunoaielor în condiții optime.

În concluzie se produce în medie 5 m^3_N /an, respectiv 0,416 m^3_N /lună pentru o tonă de deşeu depozitat şi acoperit.

Cu formula:

$$Q = \frac{C \cdot q}{T} \qquad [m^3/h] \qquad (1)$$

unde:

- C = 3.000.000 t deşeuri - reprezintă capacitatea depozitului existent, în t, la care se aplică o reducere de 30 % datorită straturilor superficiale perimetrale ale depozitului;
- q = 100 m^3_N /t deşeu depozitat - reprezintă debitul de biogaz generat, în m^3/t;
- T = 20 ani - reprezintă perioada în care se va capta biogazul, în ani,

rezultă:

$$Q = \frac{3.000.000 \cdot 0,7 \cdot 100}{20 \cdot 8.760} = 1.200 \quad m^3_N/h \qquad (2)$$

Folosindu-se aceasta metodă, deşeurile/reziduurile pot fi valorificate în totalitate, practic devenind o sursă de materii prime a unei ramuri noi de producere a energiei, deoarece după terminarea fermentării rezultă un produs care în cazul arderii are o putere calorifică de 2.500-3.500 kcal/kg, superioară ligniților inferiori folosiți în cea mai mare parte în centralele electrice din țară.

Acest produs obținut în instalații care sunt uşor de construit şi executat, prin valorificarea reziduurilor menajere împreună cu cele stradale şi apele uzate provenite din gospodării, poate fi folosit sub formă de brichete sau sub formă de praf. Este un foarte bun îngrăşământ pentru agricultură, fiind biodegradabil şi nu poluează solul, apele freatice şi cele de suprafață. Tabelul 3 prezintă *rata şi compoziția deşeului casnic*

Tabelul 3

	Deşeu bucătărie	Hârtie	Fibre	Lemn	Plastic	Metal	Sticlă	Pământ şi nisip
Rata compoziției	18,4	45,3	2	1,4	12,9	6,6	12,4	1
Rata separare	91,6	46,8	5,5	38,6	10,5	11,5	99,3	86,4

4. Concluzii

■ Reziduurile menajere pot fi folosite pentru obținerea unor surse de energie cum este biogazul şi compostul.

■ Într-o primă fază, biogazul astfel obținut, poate fi folosit pentru încălzirea serelor, fermelor şi caselor. În acest sens este necesară o vastă informare a populației, a lucrătorilor din sectorul agricol, despre avantajele prelucrării deşeurilor menajere pentru obținerea biogazului şi utilizării acestuia ca un combustibil universal.

■ Prin fermentarea anaerobă a deşeurilor menajere, se va ameliora considerabil starea mediului, se va diminua poluarea râurilor, lacurilor şi apelor freatice, rezolvând şi unele aspecte sociale destul de spinoase.

BIBLIOGRAFIE

[1] Pietraru, Janeta, *Halde pentru depozitarea slamurilor, cenuşilor, zgurilor, sterilelor şi deseurilor menajere*. Editura tehnică, Bucureşti, 1982.
[2] Antonescu, N., Polizu, R., Popescu, M., *Valorificarea energetică a deşeurilor: procese şi instalații de ardere*. Editura tehnică, Bucureşti, 1988.
[3] Rusu, T, Bejan, M., *Deşeul – sursă de venit*. Editura MEDIAMIRA, Cluj Napoca, 2006.
[4] Rusu, T, Soporan, V, Nemeş, O., *Deşeuri şi tehnologii de valorificare* Editura UTPRESS, Cluj Napoca, 2008.

Drd.Ing. Andrei Tudor RUSU
Facultatea de Inginerie Electrică
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca
Prof.Dr.Ing. Tiberiu RUSU
Prorectorul Universității Tehnice din Cluj Napoca
membru al Consiliului Director al Filialei Cluj a AGIR
e-mail: tiberiu.rusu@sim.utcluj.ro
Prof.Dr.Ing. Mircea BEJAN
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
membru al Consiliului Director al Asociației Generale a
Inginerilor din România – AGIR, preşedintele Filialei Cluj a AGIR
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro