

O SURSĂ DE ENERGIE REGENERABILĂ – BIOGAZUL DIN DEȘEURILE ORGANICE



Prof.dr.ing. Mircea BEJAN,
Universitatea Tehnică din Cluj-
Napoca

Este profesor universitar la Catedra de rezistența materialelor din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca. A publicat 15 cărți, peste 390 de articole și studii în reviste de specialitate din țară și din străinătate, în volumele editate cu ocazia diferitelor manifestări științifice și în ziare, rezolvând peste 50 de contracte de cercetare. A publicat monografia, pliante și ziare privind protecția muncii. A editat și redactat 16 volume de lucrări științifice și tehnice în cadrul Academiei Române, Academiei de Științe Tehnice din România și Asociației Generale a Inginerilor din România. Este membru al unor asociații și societăți științifice (AGIR, ASRO, ARTENS, AGER etc.). Este nominalizat în enciclopedia personalităților românești, *Who's Who în România*, ediția princeps, București, 2002.



Prof.dr.ing. Tiberiu RUSU,
Universitatea Tehnică din Cluj-
Napoca

Este profesor universitar la Catedra de turnarea metalelor din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca. A publicat 18 cărți, peste 140 de articole și studii în reviste de specialitate din țară și din străinătate, în volumele editate cu ocazia diferitelor manifestări științifice, rezolvând peste 40 de contracte de cercetare. Titular al disciplinelor: ingineria calității; procedee și echipamente pentru tratarea apelor; procedee speciale de control și reducere a poluării apelor. Este membru al unor asociații și societăți științifice (AGIR, ATT - Asociația Tehnică de Turnătorie, Asociația Managerilor și Evaluatoților de Mediu, Asociația Producătorilor de Oțel din România).

REZUMAT

Biogazul este un produs al fermentării anaerobe a produselor organice. 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. Biomasă înmagazinează energie solară, prin procesele de fotosinteză ale plantelor din care provine. Descompunerea biomasei de origine vegetală sau animală se realizează în natură prin organisme unicelulare (microorganisme), fără a fi necesar niciun aport energetic. Biogazul obținut prin descompunerea pe cale aerobă a deșeurilor conține 50–90 % gaz metan (CH₄), 10–40 % CO₂ și 0–0,1 % H₂S și are o compoziție comparabilă cu a gazului metan brut. Conversia biologică a radiației solare prin intermediul fotosintezelor furnizează anual, sub formă de biomasă, o rezervă de energie evaluată la 3 x 10²¹ J/an, ceea ce înseamnă de zece ori cantitatea totală de energie consumată pe plan mondial în fiecare an. Printre altele, lucrarea concluzionează că folosirea biogazului obținut, împreună cu arderea resturilor care rămân după fermentare, rezultate din reziduurile colectate într-o localitate care are 1 milion de locuitori, ar reprezenta aproximativ 50 % din necesarul consumului anual de gaz metan !

ABSTRACT

The biogas is a product of anaerobic ferment of organic products. Biological technologies for production of combustible gas used in many countries worldwide are based upon amplifying the action of microorganisms with the purpose of obtaining a rich biomass convertible into methane. The biomass accumulates solar energy, through the photosynthesis processes of those respective plants. Decomposition of vegetal or animal origin biomass is made naturally with the help of unicellular organisms (microorganisms), without any energy consumption. The obtained biogas through anaerobic wastes decomposition contains 50 - 90 % methane gas (CH₄), 10 - 40 % CO₂, and 0 - 0,1 % H₂S and resembles the raw, extracted methane. The biological conversion of solar radiation through photosynthesis produces annually, as biomass, an energy reserve evaluated at 3 x 10²¹ J/year, meaning that is ten times the total consumed energy worldwide a year. Among others, the paper concludes that using the biogas, complemented with burning the wasted remained after fermentation, from a city with one million inhabitants, would mean almost 50 % of the total methane required in a year.

1. CONSIDERAȚII GENERALE

Biogazul este un produs al fermentării anaerobe a produselor organice. El se produce pe cale naturală pe

fundul bălților și lacurilor, ieșind la suprafață sub formă de bășicuțe. Este cunoscut de multă vreme sub denumirea de *gaz de baltă* sau *gaz de gunoai* (se produce și în timpul fermentării gunoaielor).

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. Procedeu denumit „Gloab Gas Schema” este folosit în India de peste 75 de ani, fiind peste 80 mii de instalații în funcțiune). În urma cercetărilor făcute între anii 1942 și sfârșitul celui de al Doilea Război Mondial de chimistul Ducelier și inginerul agronom Marcel Isman, metoda și-a făcut apariția și 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 și a subproduselor agricole, obțineau biogaz și bioîngrășăminte.

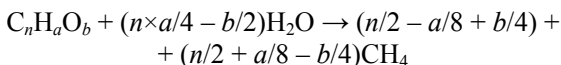
Tehnologiile biologice de producere a gazelor combustibile folosite în prezent în multe țări de pe glob tind să dezvolte acțiunea unor microorganisme cu scopul de a se obține o biomasă bogată convertibilă în metan.

2. CONDIȚIILE BIOLOGICE ȘI BIOCHIMICE ÎN PROCESELE/PROCEDEELE ANAEROBE

2.1. Mecanismul de reacție

La fermentație (un proces anaerob care se produce în absența oxigenului din aer) se descompune substanța organică într-un recipient închis (reactor). Ca produse de descompunere se obțin gazul metan (CH₄) și dioxidul de carbon (CO₂).

În condiții anaerobe, substanța organică este descompusă după următoarea ecuație chimică:



Din punct de vedere biochimic, microorganismele regenerează purtătorii de energie în cadrul metabolismului lor, prin oxidarea carbonului legat organic (C_nH_aO_b) până la CO₂.

O parte a carbonului legat organic trebuie să accepte electroni eliberați în procesul de oxidare, deoarece O₂ ca acceptor de electroni nu este disponibil. Carbonul redus se combină apoi cu hidrogenul (CH₄), formându-se gazul metan.

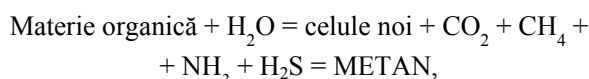
În general, descompunerea anaerobă a substanței organice trebuie considerată ca fiind un proces metabolic complicat. În etapele succesive de descompunere, grupuri de organisme specializate sunt active – dacă dispun de un echipament enzimatic suficient. Aceste organisme

necesită condiții de mediu constante și o mare stabilitate de proces, care trebuie realizate printr-un efort tehnologic corespunzător, dacă se dorește obținerea unei cantități mari de gaz.

În procesul anaerob, cantitatea de energie a microorganismelor pe unitatea cantitativă este relativ redusă. Motivul este că se obține ca produs metabolic un gaz cu un conținut ridicat de energie, cum este CH₄.

Pentru acoperirea necesarului lor de energie, organismele trebuie să aibă o rată mare de descompunere. Această performanță (de descompunere crescută) este caracteristică pentru procesul de fermentație.

Reacția de descompunere pe cale anaerobă a deșeurilor urbane:



conduce la producerea metanului, a deșeurilor de noroi, a dioxidului de carbon și a unor cantități mici de amoniac și sulfat de hidrogen.

În funcție de compoziția reziduurilor, prin amestecarea lor cu mături de la bazinele de decantare pentru epurarea apelor menajere, se pot obține 400–600 m³_N de biogaz la 1 t de acest amestec, cu o putere calorifică de 2500–4500 kcal/ m³_N. **Biogazul obținut prin descompunerea pe cale aerobă a deșeurilor conține 50–90 % gaz metan (CH₄), 10–40 % CO₂ și 0–0,1 % H₂S și are o compoziție comparabilă cu a gazului metan brut.**

Folosindu-se această metodă, 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 2500–3500 kcal/kg, superioară ligniților inferiori folosiți în cea mai mare parte în centralele electrice din țară. Acest produs obținut în instalații care sunt ușor de construit/executat, prin valorificarea reziduurilor menajere împreună cu cele stradale și apele uzate provenite din gospodăria, poate fi folosit sub formă de brichete sau sub formă de praf. Este un foarte bun îngrășământ pentru agricultură, fiind biodegradabil și nu poluează solul, apele freatice și pe cele de suprafață.

Deșeurile de noroi produse pot fi uscate pentru a se obține un pământ cu calități deosebite sau un filtru asemănător unui burete, care are rol de fertilizator și care prezintă efecte benefice pentru fertilizarea solului. Aceste filtre pot fi folosite în preamestecarea deșeurilor urbane organice pentru a crea un „*slurry feed stock*” (pastă/nămol/mâl, ce constituie materie primă) și care va fi supus în continuare procesului de compostare. Pot de asemenea să fie folosite ca un îngrășământ lichid.

2.2. Compoziția biogazului

Gazele formate în procesul de fermentație, metanul și dioxidul de carbon, se găsesc într-un anumit raport cantitativ, influențat de diferiți factori.

Pe de-o parte, compoziția deșeurilor organice influențează raportul CH_4/CO_2 . La descompunerea anaerobă a hidraților de carbon se formează biogaz cu o compoziție de $CH_4/CO_2 = 1/1$. Acest raport poate avansa până la $CH_4/CO_2 = 2/1$, cu cât este mai mare partea unor proteine și grăsimi bogate în carbon. O astfel de compoziție a deșeurilor duce atât la o producție mai mică de CO_2 cât și la un consum de apă pentru a acoperi necesarul de hidrogen (H_2) în vederea formării CH_4 .

Componența reziduurilor menajere în România (valori orientative) este prezentată în tabelul 1.

Soluțiile influențează în continuare compoziția biogazului. CO_2 extras din biogaz este precipitat sub formă de carbonat. Gradul de producere a procesului de precipitare este, de asemenea, dependent de compoziția deșeurilor.

Conținutul de sulf și azot în deșeu fermentat influențează cantitatea urmelor de gaze din biogaz, în special conținutul de amoniac (NH_3) și hidrogen sulfurat (N_2S). Totuși, aceste gaze, foarte corozive și inhibitoare ale fermentației, se obțin în cantitate foarte mică la fermentația deșeurilor biologice „normale”. La utilizarea biogazului în motoare pe gaz, nu este în mod normal necesară epurarea gazelor.

Tabelul 1

Nr.crt.	Denumirea deșeurii	% din total
1	Metale	21
2	Hârtie	17,8
3	Moloz de la construcții, veselă spartă	12,5
4	Resturi alimentare	12,4
5	Cenușă	10,0
6	Deșeuri lemnoase	6,2
7	Frunziș și paie	5,0
8	Materiale plastice	3,5
9	Textile	3,0
10	Oase	2,9
11	Praf	2,0
12	Piele	2,0
13	Cărbune	1,2
14	Diverse	0,5

2.3. Procese biologice și biomecanice de descompunere și transformare

Cele mai importante procese biologice și biomecanice de descompunere și transformare ce caracterizează procedeele aerob-microbiene de tratare a deșeurilor

sunt: descompunerea celulozei și chitinei; descompunerea xilanului; descompunerea ligninei; formarea humusului; formarea metanului; amonificare/nitrificare; nitrificare/denitrificare.

• **Descompunerea celulozei și chitinei.** Substanța vegetală, în procesul de compostare, este formată în proporție de 40–70 % din celuloză. Celuloza este o componentă esențială a pereților celulari ai plantelor inferioare sau superioare și contribuie decisiv la rezistența ei și la permeabilitatea pentru apă. Celuloza este un polimer format din molecule de glucoză, așa-numitele hexoze.

În condiții aerobe, celuloza este descompusă de ciuperci și bacterii specializate, proces care este relativ insensibil la modificările pH -ului și la temperaturile ridicate din compost.

Chitina este o substanță formată din molecule de acetilglucosamin-N, care sunt structurate asemănător celulozei și reprezintă o componentă esențială a pereților celulari ai ciupercilor.

• **Descompunerea xilanului.** Xilanul este de asemenea o componentă principală a substanței vegetale. Acționează ca material de depozitare și de susținere a plantelor. Paiele conțin, de exemplu, până la 30 % xilan, iar lemnul de foioase, 20–25 %.

Xilanul este descompus în mediu acid în principal de ciuperci, iar în mediu bazic ($pH > 7$), de bacterii. Pe ansamblu, descompunerea xilanului este un proces care se realizează mai ușor decât descompunerea celulozei și de către un număr mai mare de tipuri de microorganisme. Ca hidrat de carbon, xilanul este format din hexoze, pentoze și acizi.

• **Descompunerea ligninei.** Formarea ligninei, prin efectele ei, este numită și „lemnificarea” substanței vegetale. 18–30 % din masa uscată a substanței vegetale constă în lignină și reprezintă partea lemnoasă a unei plante. Lignina constă din molecule de compuși aromatici, legate tridimensional, la care unitatea de bază este diferită de la plantă la plantă. De exemplu, la conifere, este alcoolul coniferil, la foioase – alcoolul sinapinal, iar la ierburi – alcoolul cumar. Prin reacții enzimatică și chimică, din acești monomeri se formează lignina polimerică.

Descompunerea efectivă a ligninei se realizează foarte lent și numai de către tipuri specializate de ciuperci, în condiții de mediu extrem de variabile. Optim pentru descompunerea ligninei, realizată prin procese metabolice oxidative, este intervalul de temperatură 45...50 °C.

• **Formarea humusului.** Odată cu descompunerea ligninei începe formarea substanțelor humice. Motivul este că în timpul intervenției microbiene asupra structurii ligninei sunt stimulate și reacții chimice. Acestea duc la

polimerizarea moleculelor rupte la descompunerea ligninei și la alte produse metabolice microbiene. Substanța organică se denaturează, iar din componentele materialului de fermentație se formează humusul.

Prin formarea humusului, în timpul descompunerii ligninei, azotul liber este legat și îmbogățește materialul nou format.

- **Formarea metanului.** Bacteriile metanogene există exclusiv în mediu anaerob. La introducerea oxigenului ele dispar imediat. Formarea metanului este facilitată de o temperatură între 40 și 60 °C și o valoare a pH-ului între 6,5 și 8,5.

La începutul procesului de fermentație, este disponibilă o mare diversitate materială, respectiv substanțe ușor valorificabile, formate din molecule simple ce se pot descompune ușor. În compostul finit, formarea metanului nu se mai realizează, deoarece această condiție nu mai este îndeplinită.

- **Amonificarea.** Amonificarea este un proces de bază în descompunerea biomasei, respectiv în metabolismul microorganismelor. Prin descompunerea proteinelor, sunt puși la dispoziție aminoacizi, care degradați (mineralizați) sunt în continuare prelucrați și devin componente de bază ale descompunerii biomasei.

De asemenea, la începutul procesului de compostare, prin amonificare se formează proteine, valorificate de microorganisme pentru aprovizionarea cu azot.

Cantitatea de azot mineral (aici $\text{NH}_4\text{-N}$) din materialul în fermentație poate deveni problematică, deoarece în anumite condiții, la valori ale pH > 7 amoniacul se poate degaja. Aceasta reprezintă o poluare a mediului și are ca urmare o pierdere de azot a îngrășământului format din compost.

- **Nitrificare/Denitrificare.** În procesul de nitrificare, într-o prima etapă, amoniacul este oxidat la nitrit (NO_2), iar, în a doua etapă, se realizează oxidarea la nitrat (NO_3). Bacteriile nitrificatoare (nitrificanți) necesită un mediu aerob, performanța nitrificării fiind influențată de schimbările temperaturii și ale valorilor pH-ului.

Formarea nitratului se realizează mai ales în zonele de margine ale grămezilor de gunoi din spațiile deschise, nu însă și la temperaturi mai mari de 40 °C în instalații închise.

Concentrațiile mari de azot mineralizat prezente în procesul de compostare pot conduce la poluări ale apei freactice, prin spălarea nitratilor de către apele de precipitații.

La denitrificare, microorganismele inițial aerobe, puse în condiții anaerobe, își obțin necesarul de oxigen din NO_2/NO_3 , folosindu-l ca agent oxidant pentru descompunerea legăturilor organice, luând naștere, ca urmare a procesului de reducere, protoxidul de azot (N_2O) și azot elementar (N_2).

Denitrificarea apare în compost dacă în zona grămezilor cu concentrații mari de nitrat se realizează condiții anaerobe. Procesul este puțin sensibil la mediu, și se realizează mai puternic la valori ale pH-ului de ≈ 7 și la temperaturi de aproape 30 °C.

3. BIOMASA – SURSĂ DE ENERGIE REGENERABILĂ

Reacțiile de descompunere pe cale aerobă a deșeurilor au loc indiferent că sunt dirijate, controlate și valorificate, sau nu, dar în acest din urmă caz toți acești compuși se degajă liber, în atmosferă. Cunoscându-se cantitățile impresionante de deșeuri care există în prezent și că în medie rezultă 500 m^3_{N} de metan la o tonă de deșeuri organice fermentate, putem intui ce cantitate enormă de gaz este eliminată în atmosferă. Acest gaz, care stagnează în deșeuri, captat și utilizat, poate deveni o sursă spectaculoasă de energie, fiind considerată aproape inepuizabilă.

Descompunerea biomasei de origine vegetală sau animală se realizează în natură prin organisme unicelulare (microorganisme), fără a fi necesar niciun aport energetic. Este vorba despre grupele principale descompunătoare, respectiv ciupercile și bacteriile. Prin faptul că sunt mici (bacterii $\approx 1/1000$ mm) raportul suprafață/volum este foarte mare și, deoarece transformarea materialelor de către microorganisme este proporțională cu suprafața specifică (și nu cu masa), rezultă un randament de descompunere foarte mare pe care-l realizează aceste organisme.

Un alt element de performanță a microorganismelor este faptul că pot descompune diferite substanțe și sunt adaptabile în scurt timp la condiții de mediu schimbătoare. Deoarece bacteriile nu sunt supuse proceselor de metabolism fixe, ci dispun de o mare adaptabilitate, au capacitatea să descompună toate substanțele organice naturale și o mare parte din compușii organici artificiali.

Biomasa este considerată o sursă majoră de energie regenerabilă, cu o cotă de aproximativ 63 % în consumul total de energie regenerabilă al UE. Contribuția biomasei a crescut cu un ritm mediu de până la 3,3 % pe an în perioada anilor 1990–1999, atât pentru producerea de energie (în special în țările nordice) cât și pentru utilizarea directă în scopuri casnice. Evoluția tehnologiilor pe bază de biomasă (care sunt tot mai competitive și viabile economic) va constitui importante repere strategice în contextul liberalizării pieței de energie.

Substanțele care pot fi descompuse de microorganisme sunt specifice majorității tipurilor de deșeu din localități, respectiv:

- deșeuri din producția de alimente și din pregătirea mâncărurilor;

- deșeuri vegetale din grădini, parcuri etc.;
- deșeuri din hârtie, carton, textile din fibre naturale, celuloză;
- fecale, excremente;
- deșeuri din lemn;
- deșeuri de la abatoare.

Din compoziția generală a reziduurilor din diferite țări și orașe de pe glob, materiile organice constituie următoarele procentaje (medie): SUA, 22,5; Canada, 10,0; Marea Britanie, 10–15; Suedia, 12; Elveția, 15–25; Norvegia, 30–40; Israel, 71,3; Finlanda, 10; Polonia, 35–45; Paris, 24; Berlin, 22; Madrid, 45; Haga, 14; Bruxelles, 23; Praga, 22–35.

Cantitățile de biogaz (valori informative) obținute din materii organice aflate la îndemână sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr. crt.	Denumirea materiei organice	Cantitate, kg	Biogaz – medie, m ³
1	Frunziș uscat	50	22
2	Deșeuri vegetale (verzi)	50	35
3	Coceni de porumb	50	40
4	Dejecții de porcine	60	30
<i>Total</i>		<i>210</i>	<i>127</i>

Se poate obține o producția medie de 0,5 m³/kg de materie uscată, care rezultă în funcție de calitatea materiei organice folosite, de felul amestecurilor executate etc.; astfel, în m³/kg: frunziș uscat, 0,45; deșeuri vegetale (verzi), 0,45–0,94; coceni de porumb, 0,81; dejecții de porcine, 0,39–0,54; dejecții păsări, 0,21–0,31; gunoi divers, 0,24; pleavă de grâu, 0,90; nămol stații de epurare, 0,39–0,60.

4. DOTAREA TEHNICĂ A STAȚIILOR DE TRATARE BIOLOGICĂ A DEȘEURILOR

Înainte de tratarea biologică propriu-zisă, deșeurile organice sunt supuse atât unei prelucrări de ansamblu cât și uneia de detaliu. Impuritățile care pot dăuna procesului tehnologic sunt îndepărtate. Dotarea tehnică (instalații și aparate utilizate independent de procesul propriu-zis al tratării biologice a deșeurilor) este compusă din:

- instalații de transport;
- mașini de mărunțire;
- instalații de cernere;
- separatoare cu magnet pentru metale feroase;
- separatoare pentru metale neferoase;
- vânturătoare;
- separator al materialelor dure;
- pulbere/rezervoare cu malaxor;

- aparate de răsturnare a grămezilor;
- buncăre de depozitare și dozare;
- instalații de epurare a aerului rezidual;
- cântare.

Folosirea unui procedeu de fermentație nu necesită de obicei utilizarea agregatelor furnizate de un anumit producător, deoarece nu există strictete în privința cerințelor impuse. Totuși, cerințele din tehnologia aleasă trebuie respectate cel puțin la agregatele de prelucrare și clasare. De asemenea, trebuie să se asigure o bună adaptare la :

- consistența și compoziția deșeurilor;
- cantitatea livrată și performanța în îndeplinirea sarcinilor;
- condițiile de la fața locului și din împrejurimi (protecție fonică etc.);
- orarul zilnic de funcționare ales și deci randamentul.

În cadrul exploatarei unei instalații de obținere a biogazului, timpul de funcționare este stabilit de obicei la circa 5,5 h/zi.

Agregatele de prelucrare sunt supuse unor standarde înalte din punct de vedere mecanic și al calităților anti-corozive. Sunt respectate cerințele privind :

- activitățile de întreținere și curățare;
- livrările de material fără impurități (puține devieri);
- construcția simplă și execuția constantă;
- constanța fizică și chimică a materialului supus tratării biologice.

O soluție tehnică de instalație de producere a biogazului din deșeuri organice [2] care să poată fi adaptată și utilizată într-o gospodărie individuală, de orice mărime, cu înzestrare medie, chiar și în zone izolate, a fost realizată la SC ICPT Tehnomag SA Cluj-Napoca.

Pe acest model experimental (cu funcționare discontinuă) s-au efectuat măsurători și analize ale biogazului obținut și s-au verificat factorii care influențează procesul de obținere a biogazului.

Practic, după introducerea materialului până la nivelul stabilit și realizarea etanșării, fermentația a început imediat, însă producția de biogaz s-a obținut după circa 20 de zile (la o temperatură de 30 °C). La primele degajări de biogaz, acesta, având un conținut mare de dioxid de carbon, s-a aprins greu. În această situație s-a deschis robinetul montat pe furtunul de transport al biogazului, iar biogazul a fost eliminat în atmosferă. S-a repetat de trei ori această operație până când s-a eliminat cantitatea mai mare de CO₂ degajată inițial, conținutul în metan al biogazului a crescut, iar acesta a putut fi folosit la ardere.

Această perioadă se numește perioadă de amorsare, iar la instalațiile industriale care au un flux continuu de

producție, după această perioadă, când bacteriile metanogene încep să consume, se alimentează periodic instalația cu materie organică proaspătă, pentru o producție constantă de biogaz.

S-a măsurat zilnic cantitatea de biogaz rezultată, cu un aparat de măsură a debitului, până la finalizarea fermentării (170 kg de amestec de substanță organică) și epuizarea metanului.

Cu aceste măsurători, în figura 1 se prezintă graficul „volum zilnic generat/timp”, care exprimă evoluția în timp a cantității de biogaz produse în toată perioada de staționare a materialului de fermentare în bazin.

În cazul real, al alimentării continue, zona optimă determină ritmul de alimentare cu material proaspăt, nefermentat, după cum este ilustrat în figura 2. Se observă că dacă ritmul de alimentare este constant, producția rămâne constantă la o valoare maximă.

Compoziția biogazului funcție de perioada de fermentare este prezentată în figura 3, iar în figura 4 este reprezentată compoziția medie a biogazului rezultat din încărcătură pe întreaga perioadă de fermentare.

5. CONCLUZII

Să realizăm un calcul sumar al cantității de biogaz, puterea calorifică rezultată și cât din cantitatea de biomasă realizată anual la nivelul globului ar putea asigura consumul mondial actual de combustibil consumat.

■ Cantitatea de reziduuri colectate zilnic (stradale, menajere, piețe, parcuri etc.) se cifrează la o medie de 0,8 kg-loc./zi; rezultă 300 kg-loc./an.

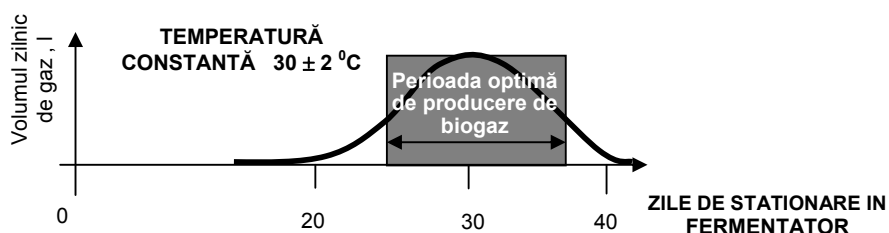


Fig. 1. Volumul zilnic de biogaz pentru o perioadă întreagă de staționare în fermentator, până la epuizarea substanței organice

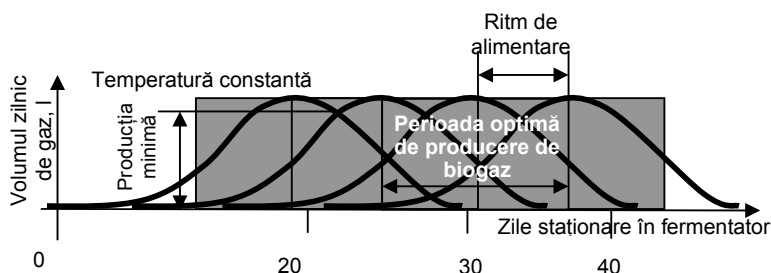


Fig. 2. Stabilirea ritmului de alimentare, în funcție de minimul necesar de biogaz.

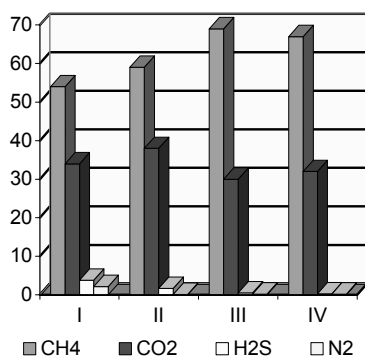


Fig. 3. Variația degajării biogazului, în %, pe gaze componente, în perioada de fermentare, la patru prelevări de probe.

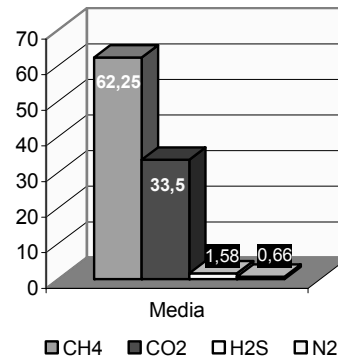


Fig. 4. Compoziția medie, în %, a biogazului, pe toată perioada de fermentare.

Considerând o localitate care are 1 milion de locuitori, cu această medie rezultă 300 000 t/an reziduuri colectate. Se recuperează direct 35 % (metale, hârtie, sticlă, plastic, textile) și 65 % se folosesc pentru producerea biogazului, adică aproximativ 200 000 t/an. Cu o medie de biogaz de $400 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{t}$ ar reieși $800 \cdot 10^6 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{an}$, care, cu numai o putere calorică de $3000 \text{ kcal}/\text{m}^3$, ar produce $240 \cdot 10^9 \text{ kcal}/\text{an}$.

Socotind resturile care rămân după fermentare și producerea biogazului la numai 40 %, adică 80 000 t/an și utilizarea lor în încălzire la o putere calorică de numai $2500 \text{ kcal}/\text{kg}$, rezultă $200 \cdot 10^9 \text{ kcal}/\text{an}$.

Însumate cu cele produse prin arderea biogazului, rezultă $440 \cdot 10^9 \text{ kcal}/\text{an}$ obținute la o localitate cu 1 milion de locuitori, numai din reziduurile colectate într-un an.

■ La o medie de $100 \text{ m}^3_{\text{N}}$ de gaz metan consumat într-o lună pe cap de locuitor, la 1 milion de locuitori rezultă un consum de $1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3_{\text{N}}$ de gaz metan/an, care dă circa $900 \cdot 10^9 \text{ kcal}/\text{an}$.

Concluzia: folosirea biogazului obținut, împreună cu arderea resturilor care rămân după fermentare, rezultate din reziduurile colectate într-o localitate care are 1 milion de locuitori, ar reprezenta aproximativ 50 % din necesarul consumului anual de gaz metan !

■ Statistica mondială apreciază că, într-un an, în lume biomasa nefolosită de om se cifrează la circa $150 \cdot 10^9 \text{ t}$. Considerând că 1 t biomasă uscată produce

doar 300 m^3 gaz metan ($300 \text{ m}^3 \text{ gaz} \approx 1,25$ barili țitei $\approx 250 \text{ kg}$ combustibil convențional), rezultă circa $2,5 \cdot 10^6 \text{ kcal}$. Apreciind că numai 25 % din întreaga cantitate de biomasă se transformă în gaz metan, rezultă $50 \cdot 10^9$ barili țitei, adică $34 \cdot 10^9 \text{ t}/\text{an} \approx 50 \cdot 10^9 \text{ t cc}$. Iar dacă anual, pentru încălzire, se consumă la nivel mondial $9 \cdot 10^9 \text{ t cc}$ (dintre care mai mult de 65 % petrol și gaze), înseamnă că numai 5 % din cantitatea de biomasă transformată anual asigură consumul actual de combustibil pe întreg globul ...

■ Literatura de specialitate indică faptul că biomasa înmagazinează energie solară, prin procesele de fotosinteză ale plantelor din care provine. Conversia biologică a radiației solare prin intermediul fotosintezei furnizează anual, sub formă de biomasă, o rezervă de energie evaluată la $3 \times 10^{21} \text{ J}/\text{an}$, ceea ce înseamnă de zece ori cantitatea totală de energie consumată pe plan mondial în fiecare an.

BIBLIOGRAFIE

1. **Rusu, T., Bejan, M.** *Deșeul – sursă de venit*. Editura MEDIAMIRA, Cluj-Napoca, 2006.
2. **Fizeșanu Silvia, Cătuneanu, T., Gndt, Fr., Bejan, M.** *Știință și inginerie*, vol. 5, „Creșterea calității vieții prin realizarea de energie regenerabilă din deșeuri organice”, Editura AGIR, București, 2004, pag. 59-64.