CERCETĂRI APLICATIVE PENTRU PRODUCEREA DE BIOGAZ ŞI ECO-FERTILIZANŢI DIN DEŞEURI AGROZOOTEHNICE

Dr. ing. **Carmen MATEESCU**

Institutul Naţional de Cercetare Dezvoltare pentru Inginerie Electrică, ICPE-CA,

REZUMAT. Deşeurile organice generate în activităţi agro-zootehnice, precum resturi vegetale şi dejecţii animaliere dar şi deseurile şi apele reziduale generate în industria alimentară şi de băuturi alcoolice reprezintă o resursă valoroasă pentru producerea de biogaz şi fertilizanţi ecologici. Prin valorificarea acestei resurse în instalaţii de biogaz, se aduc importante beneficii atât sectorului energetic, cât şi calităţii mediului, contribuindu-se totodată la creşterea competitivităţii produselor agricole, precum şi la cresterea veniturilor şi nivelului de trai ale populaţiei. Lucrarea de faţă prezintă o soluţie simplă şi eficientă de valorificare energetică a deşeurilor biodegradabile generate în fermele agro-zootehnice şi în gospodăriile din mediul rural, într-o instalaţie de biogaz având capacitatea fermentatorului de 4-16 m³. Sunt evidenţiate principalele avantaje de ordin economic, energetic, social şi de mediu oferite de această tehnologie, precum şi elementele inovative care contribuie la o descompunere avansată a materialului organic şi, implicit, o producţie de biogaz crescută. Deoarece calitatea materiei prime este esenţiala pentru calitatea şi volumul de biogaz generat, lucrarea punctează şi unele aspecte teoretice şi experimentale privind potenţialul de biogaz al deşeurilor agro-zootehnice. De asemenea, sunt subliniate avantajele utilizării reziduului fermentat drept fertilizant pentru sol, datorită conţinutului crescut al acestuia în nutrienţii de bază azot, fosfor şi potasiu. Evaluarea oportunităţii de dezvoltare a instalaţiilor de biogaz în regiunile agricole şi analiza unor indicatori referitori la forma de proprietate şi dimensiunea fermei pentru implementarea de proiecte de succes sunt alte aspecte importante abordate în această lucrare.

Cuvinte cheie: tratare deşeuri, agricultură, biogaz, fertilizanţi.

ABSTRACT. The organic waste generated in agriculture activities, such as crop residuals and animal waste but also waste and waste water generated in the food and alcohol industry, represent a valuable resource to produce biogas and ecological fertilizers. By recovery of this resource to be used in biogas plants, important benefits both for the energy and environment sectors can be achieved. Furthermore, increasing the competitiveness of agricultural products, as well as increasing income and standard of population can be reached. This paper presents a simple but effective solution for the energy recovery of biodegradable waste generated in agriculture farms and rural households to biogas units having the digester capacity of 4 to16 m³. There have been highlighted the main economical, energetic, social and environment advantages which this technology can offer, as well as the innovative elements that contribute to an advanced decomposition of organic material and consequently an increased biogas production. Since the quality of raw materials is essential for the quality and volume of biogas, this paper points out some theoretical and experimental aspects related to the biogas potential of agriculture waste. Moreover, there are highlighted the advantages of using fermented residuals as a soil fertilizer, due to its rich content in basic nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium. The assessment of opportunity for development of biogas systems in agricultural regions, as well as analysis of several indicators referred to property type and farm size for implementation of successful project are other important issues addressed in this paper.

Keywords: waste treatment, agriculture, biogas, fertilizers.

1. ASPECTE GENERALE

Identificarea şi implementarea de noi tehnologii de tratare şi valorificare energetică a deşeurilor a devenit o prioritate la nivel mondial în contextul unor preocupări crescânde pentru îmbunătăţirea calităţii mediului, dar şi a creşterii costurilor în sectorul energetic, concomitent cu diminuarea resurselor de combustibili fosili.

Sectorul agro-zootehnic generează mari cantităţi de deşeuri organice solide, nămoluri şi ape reziduale. În cazul depozitării deşeurilor organice pe sol, o mare parte din acestea sunt descompuse natural de către bacteriile anaerobe, rezultând biogaz care se eliberează în atmosferă.

Metanul, constituentul majoritar din biogaz, este al doilea gaz ca importanţă, după CO_2, în ceea ce priveşte efectul de seră. Contribuţia metanului la efectul de seră este de 20%, comparativ cu contribuţia CO_2 de 62%. De asemenea, metanul are un potenţial asupra încălzirii globale de 25 ori mai nociv decât CO_2, calculat pe o perioadă de 100 ani.

Instalaţiile de biogaz contribuie efectiv la reducerea cantităţii de metan eliberat direct în atmosferă prin captarea acestuia şi utilizarea sa drept combustibil alternativ, pentru generarea de energie electrică şi termică.

În plus, instalaţiile de biogaz de capacitate mică, amplasate în gospodăriile populaţiei, care produc biogaz pentru necesităţile casnice uzuale (iluminat, prepararea hranei), reduc substanţial utilizarea lemnului de foc, contribuind astfel la reducerea defrestizării, reducerea degradării solului şi a consecinţelor catastrofale precum alunecări de teren, deşertificare, inundaţii. Un volum de 1 m^3 biogaz ce conţine 65% metan, suplineşte cca. 0,5 l combustibil petrolier sau 5,5 kg lemn.

Pe lângă beneficiile economice aduse sectorului energetic, producerea şi utilizarea biogazului are un impact pozitiv semnificativ asupra mediului la nivel local, regional şi global, prin reducerea considerabilă a emisiilor de gaze cu efect de seră şi implicit a efectului de încălzire globală, reducerea poluării tuturor factorilor de mediu (apă-aer-sol) şi recondiţionarea solului cu obţinerea de recolte ecologice.

2. DEŞEURILE AGROZOOTEHNICE – RESURSE ENERGETICE VALOROASE

Biomasa forestieră, dar şi cea de natură agrozootehnică, continuă să ofere surse importante de energie în multe părţi ale lumii. Bioenergia este sursa de energie dominantă, în multe cazuri unică, pentru majoritatea populaţiei care trăieste în sărăcie extremă. Principalele utilităţi sunt necesităţile casnice de bază: prepararea hranei, încălzirea apei menajere, iluminat.

În prezent, tehnologii de conversie avansate şi mai eficiente permit extragerea de biocombustibili – în forme solide, lichide şi gazoase – din diverse tipuri de materiale organice reziduale şi/sau culturi energetice, producând electricitate, caldură sau gaz combustibil.

Instalaţiile de obţinere a biogazului realizate de statele lidere in domeniu sunt destinate tratării atât a produselor reziduale din agricultură, cat şi altor materiale fermentabile (deşeuri din industria cărnii, laptelui, băuturilor spirtoase), precum şi nămolurilor de la staţiile de epurare a apelor reziduale, fiind proiectate şi realizate exclusiv în scopul valorificării deşeurilor prin generarea de energie. Deşeurile pot fi tratate separat sau pot fi amestecate în diferite proporţii pentru optimizarea productiei de biogaz. În figura 1 este reprezentată schematic conversia biomasei la biogaz, căldură şi electricitate prin procedeu de fermentare anaerobă, cu valorificarea produşilor secundari la fertilizarea solului.

Agricultura şi agroindustriile generează cantităţi uriaşe de reziduuri organice şi produşi secundari care pot fi valorificaţi în sectorul energetic, pentru producerea de biocombustibili de diverse aplicaţii: bioetanol, biodiesel, biogaz.

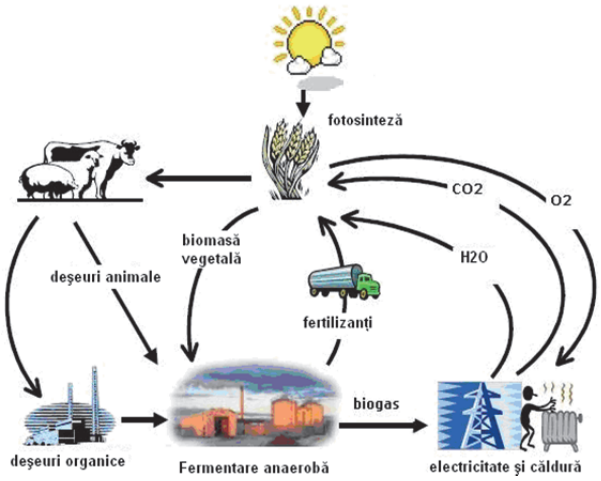


Fig. 1. Conversia biomasei prin fermentare anaerobă.

Dezvoltarea actuală a pieţei energetice, în contextul noilor politici energetice şi de mediu, redefineşte rolul agriculturii, a cărei menire rămâne în principal asigurarea hranei, dar este completată de furnizarea de materie primă pentru tehnologii energetice curate, cu asigurarea de noi surse de energie şi crearea de noi locuri de muncă.

Competiţia pentru terenurile agricole devine un aspect important în luarea deciziilor privind dezvoltarea de tehnologii energetice prin valorificarea culturilor în detrimentul hranei. Această problemă este eliminată în cazul dezvoltării de tehnologii energetice (biogaz, biodiesel, bioetanol), prin valorificarea reziduurilor agricole şi a celor zootehnice.

Există numeroase argumente care vin în sprijinul dezvoltării şi implementării tehnologiilor de obţinere a biogazului din diverse tipuri de deşeuri biodegradabile provenind din sectorul agroindustrial. În figura 2 sunt reprezentate schematic cele mai importante avantaje oferite de această metodă de tratare anaerobă a deşeurilor şi apelor uzate cu încărcare organică ridicată provenite din activităţi agricole.

Materiile prime de origine vegetală si animală, provenite din activităţi agro-zootehnice, care pot fi utilizate pentru producerea de biogaz sunt foarte variate, practic orice material organic, cu conţinut redus de lignină, putând fi transformat anaerob în biogaz şi fertilizanţi ecologici. Între acestea, pot fi exemplificate urmatoarele:

- paie de grâu, orz, ovăz, orez, secară;
- lujeri (vrejuri) de cartofi, soia, fasole, roşii, mac;
- coceni şi tuleie de porumb;
- frunze de sfeclă de zahăr sau sfeclă furajeră;

− frunze verzi sau uscate de copaci;
− iarbă verde sau uscată;
− buruieni diferite, verzi sau uscate;
− lucernă verde sau uscată, tulpini de in;
− tescovină;
− deşeuri de cânepă;
− alge diferite;
− trestie şi trestie de zahăr, sorg zaharat;
− seminţe diferite, coji de alune şi de seminţe;
− uleiuri şi grăsimi vegetale;
− dejecţii animaliere;
− resturi animale din abatoare, carmangerii, industria cărnii;
− ape uzate provenite din salubrizarea fermelor etc.

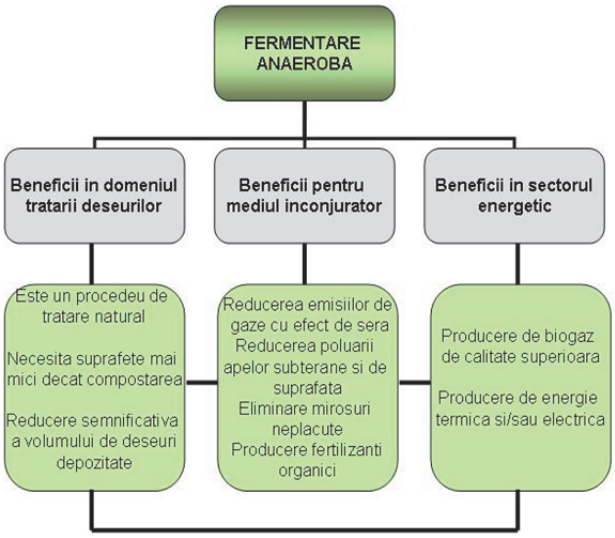


Fig. 2. Beneficiile tratării deşeurilor agrozootehnice prin fermentare anaerobă

Potenţialul metanogen precum şi continutul de metan din biogaz diferă în funcţie de materia primă utilizată.

Nămolul fermentat rezultat după descompunerea anaerobă a reziduurilor agricole este relativ stabil şi inert.

Analiza de laborator a indicat faptul că deşeul organic tratat anaerob este de 3-10 ori mai bogat în nutrienţi esenţiali (N, P, K), decât reziduul nedigerat. În tabelul 1 sunt prezentate caracteristicile chimice ale borhotului de porumb proaspăt, comparativ cu cel fermentat anaerob.

Tabelul 1. **Concentraţia în nutrienţi de bază pentru reziduul de porumb** [*Sursa:* www.energies-direct.com]

Tip reziduu	Azot, N	Fosfor, P	Potasiu, K
Material brut	3,46 %	1,05 %	2,03 %
Material fermentat	9,89 %	3,00 %	26,3 %

Prin aplicarea acestui material fermentat pe terenurile agricole, se reduce necesarul de pesticide şi fertilizanţi chimici şi se promovează dezvoltarea agriculturii ecologice, contribuindu-se totodată la îmbunătăţirea sănătăţii şi a nivelului de trai ale populaţiei.

3. EVALUAREA OPORTUNITĂŢII DE DEZVOLTARE A INSTALAŢIILOR DE BIOGAZ ÎN REGIUNILE AGRICOLE

Indicatorii agricoli (tipul culturilor agricole, numărul de ferme, tipul şi mărimea acestora, volumul de reziduuri generate, forma de proprietate etc.) oferă informaţii importante privind gradul de fragmentare al terenurilor, producţia specifică la hectar, culturi sau specii dominante, disponibilitatea deşeurilor şi a apelor reziduale din fermele zootehnice care pot fi valorificate pentru producerea de biogaz.

Aceste informaţii sunt esenţiale pentru evaluarea oportunitatii implementării instalaţiilor de biogaz şi dezvoltarea de proiecte de succes.

Următoarele aspecte trebuie luate în considerare la evaluarea oportunităţii de dezvoltare a instalaţiilor de biogaz:

a. Tipul fermei. Reziduurile agro-zootehnice diferite au potenţial de biogaz specific, atât din punct de vedere al volumului de biogaz produs pe tonă de deşeu, cât şi din punct de vedere al tipului şi cantităţii de material care poate fi valorificat pentru producerea de biogaz.

b. Forma de proprietate:

o România se caracterizează prin prezenţa în număr mare de ferme individuale mixte, agricole şi zootehnice, unde se practică o agricultură „de subzistenţă".

o din datele statistice Eurostat, la nivelul UE România a fost inclusă în clasa maximă 5 in ceea ce priveşte numărul de proprietăţi agricole (fig. 3);

o asociaţiile proprietarilor individuali sunt destul de larg răspândite în România; prin sporirea suprafeţei fermelor, asociaţiile transformă unităţile agricole în structuri mai eficiente.

o asocierea fermelor mici reprezentă un factor pozitiv în dezvoltarea tehnologiilor de biogaz.

c. Dimensiunea fermei. Între ţările UE, în România există cele mai multe ferme cu suprafaţa mai mică de 5 hectare.

Alegerea amplasamentului pentru construirea instalaţiilor de biogaz trebuie să ţină cont de tipul de cultură (cel mai potrivit pentru biogaz).

Varietatea materiilor prime şi posibilitatea de a trata amestecuri de origine vegetală şi animală, reprezintă un alt parametru important în evaluarea potenţialului local de biomasă pentru biogaz. Prin urmare, regiunile cu un grad moderat de variabilitate a materiei prime prezintă un avantaj pentru dezvoltarea instalaţiilor de biogaz.

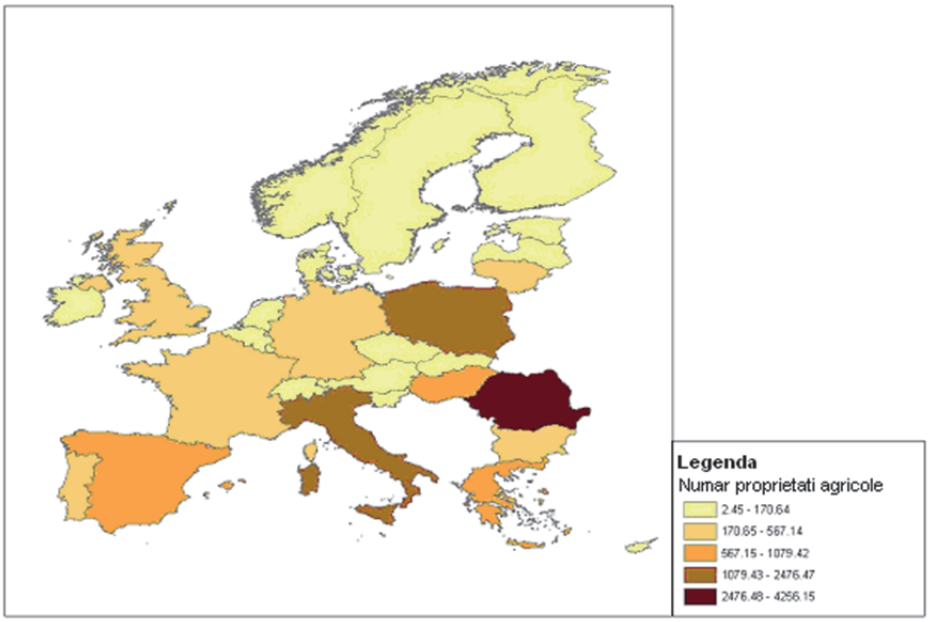


Fig. 3. Numărul total de proprietăţi agricole la nivel european.
[*Sursa:* Eurostat.]

4. OPORTUNITĂŢI ŞI BARIERE DE DEZVOLTARE A PROIECTELOR DE BIOGAZ

Fragmentarea terenurilor este unul dintre factorii majori care ar putea influenţa proiectele de biogaz, deoarece accesul la materiile prime necesită existenţa unui sistem de management local.

România are un grad ridicat de fragmentare a terenturilor agricole. Acesta constituie un dezavantaj în dezvoltarea proiectelor de biogaz de dimensiuni mari, prin dificultatea de asigurare a materiilor prime într-un flux durabil şi constant.

Cele mai mari oportunităţi de implementare a instalaţiilor de biogaz în Romania le au judeţele din sud-estul ţării, unde gradul de fragmentare al terenurilor agricole este mai redus (terenuri de 20-50 hectare), iar fermele zootehnice, de dimensiuni mai mari decât în alte zone, pot opta pentru producerea de biogaz ca metodă de management al deşeurilor.

Condiţiile actuale de fragmentare a terenurilor agricole în România sunt favorabile dezvoltării proiectelor de biogaz pentru gospodării individuale sau pentru mici asociaţii familiale.

În plus, din experienţele altor state (China, India, Nepal, Vietnam etc.) care au dezvoltat instalaţii de biogaz pentru aplicaţii domestice, s-a ajuns la concluzia că cu cât instalaţia are o capacitate mai mare, cu atât probabilitatea ca aceasta să opereze în condiţii optime este mai mică. Din acest motiv, instalaţiile cele mai eficiente care operează cu tehnologie simplă, în zonele rurale, sunt de tip familial.

5. CONCEPT TEHNOLOGIC ICPE-CA. INSTALAŢIE DE BIOGAZ PENTRU GOSPODĂRII INDIVIDUALE ŞI ASOCIAŢII FAMILIALE

Se prezintă în această secţiune un concept tehnologic inovativ de instalaţie de biogaz, proiectată şi realizată de către un colectiv de cercetători de la INCDIE ICPE-CA Bucureşti.

Instalaţia este destinată tratării şi valorificării energetice a deşeurilor biodegradabile generate în gospodăriile din mediul rural (dejecţii animaliere, deşeuri agricole de tip paie, coceni, ştiuleţi de porumb, deşeuri de grădinărit, resturi de fructe şi borhot rezultate la producerea de băuturi alcoolice, deşeuri menajere, resturi alimentare, etc.), cu producere de biogaz şi material fertilizant ecologic, concomitent cu salubrizarea terenurilor şi îmbunătăţirea calităţii mediului.

Aspectele constructive specifice se referă în principal la forma inovativă a reactorului de fermentare, compartimentat parţial în patru zone de fermentare, care asigură menţinerea masei în incintă până la descompunerea completă a substanţelor organice şi o hidrodinamică a nămolului de fermentare ce permite omogenizarea masei prin curgere liberă, fără un consum suplimentar de energie.

Amplasarea economică pe teren, prin localizarea rezervoarelor de alimentare a biomasei şi de evacuare a nămolului fermentat pe aceeaşi parte a fermentatorului, constituie un alt aspect de noutate al proiectului.

Instalaţia de biogaz, realizată din cărămidă şi mortar de ciment, este de constructie parţial subterană, camera de fermentare fiind amplasată sub nivelul solului.

Principalele elemente constructive din care este compusa instalaţia sunt urmatoarele:

○ un fermentator de formă sferică construit subteran, confecţionat din caramidă neporoasă şi mortar de ciment, amplasat pe un postament de beton, având o configuraţie interioară specifică ce favorizează fermentarea eficientă a biomasei cu obţinerea de biogaz;

○ un rezervor plutitor pentru biogaz, care pluteşte liber într-o manta cu apă;

○ două rezervoare de alimentare, respectiv evacuare pentru biomasă şi nămol fermentat, confecţionate din beton şi amplasate de aceeaşi parte a fermentatorului;

○ două conducte pentru alimentarea, respectiv evacuarea nămolului.

Imaginea de ansamblu a instalaţiei de biogaz este prezentată în figura 4.

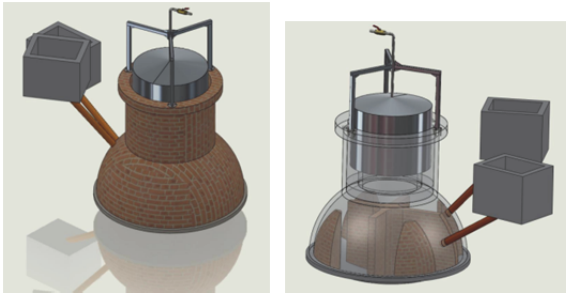


Fig. 4. Instalaţie de biogaz de uz gospodăresc.

Rezultate tehnico-economice. Între principalele rezultate tehnico-economice obţinute, pentru o tipodimensiune corespunzătoare unui volum interior al fermentatorului de 4 m^3 şi un volum util de 2,8 m^3, pot fi menţionate următoarele:

○ tratarea zilnică a unei cantităţi de cca. 25 kg deşeuri organice (dejecţii animaliere, deşeuri vegetale, resturi alimentare etc.);

○ obţinerea de biogaz în volum de cca. 1-2 m^3/zi, în condiţiile respectării parametrilor de proces (*p*H, temperatura, umiditate); valoarea energetică a biogazului cu un conţinut de cca. 60% metan este de 5000-6000 kcal/m^3, un volum de 1 m^3 biogaz suplinind 0,5 l combustibil petrolier sau 5,5 kg lemn.

○ obţinerea unei cantităţi zilnice de cca. 20 kg fertilizant ecologic lichid, lipsit de agenţi patogeni, inodor şi bogat în nutrienţi.

Instalaţia de biogaz pentru gospodarii individuale din mediul rural a fost construită in comuna Boteni, jud. Arges, in cursul anului 2010 (fig. 5), fiind in prezent functională.

Instalaţia de biogaz pentru gospodăriile individuale din mediul rural are un impact pozitiv asupra mediului prin facilitarea salubrizării terenurilor, a gospodăriilor şi anexelor, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, îmbunătăţirea calităţii terenurilor agricole fertilizate cu nămol fermentat bogat în nutrienţi.

Biogazul generat este un gaz combustibil ce conţine 50-70% metan. Acesta este utilizat pentru activităţi casnice curente (gătit, asigurare apa caldă menajeră), prin arderea în arzătoare speciale, nu se eliberează în mediu şi nu reprezintă o sursă de poluare dacă se respectă condiţiile de proiectare şi etanşeizare a instalaţiei.



Fig. 5. Instalaţie de biogaz construită în comuna Boteni, jud.Argeş.

5. CONCLUZII

Deşeurile organice generate în activitati agro-zootehnice, precum resturi vegetale şi dejecţii animaliere dar şi deşeurile şi apele reziduale generate în industria alimentară şi de băuturi alcoolice, reprezintă o resursă valoroasă pentru producerea de biogaz şi fertilizanti ecologici. Prin valorificarea acestei resurse în instalaţii de biogaz, se aduc importante beneficii atât sectorului energetic, cât şi calităţii mediului, contribuindu-se totodată la creşterea competitivităţii produselor agricole, precum şi la creşterea veniturilor şi nivelului de trai ale populatiei.

Gradul ridicat de fragmentare a terenurilor agricole în Romania reprezintă un dezavantaj pentru implementarea de instalaţii de biogaz de dimensiuni mari, cu producere de biogaz, eco-fertilizanţi, energie electrică şi căldură.

În schimb, condiţiile actuale de fragmentare sunt favorabile dezvoltării proiectelor de biogaz pentru gospodării individuale şi asociaţii familiale. Aceste instalaţii de uz gospodăresc prezintă avantajul de a menţine cu uşurinţă parametrii optimi, operează cu eficienţă ridicată şi rezolvă la nivel local probleme precum asigurarea de gaz combustibil pentru necesităţi casnice curente, concomitent cu salubrizarea terenurilor şi dezvoltarea agriculturii ecologice.

REFERINŢE BIBLIOGRAFICE:

[1] Băran Gh., Mateescu C., Băbuţanu C.A, Băran N., Mândrea L., Craiu C., Pena Leonte E., Ghita I., Dumitru L., *Realizări şi perspective în industria biogazului,* Editura Printech, 2008, ISBN 978-606-521-064-6.

[2] Eurostat, Statistical Office of the European Communities: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/

[3] Mateescu C., Baran Gh., Babutanu C.A., *Opportunities and barriers for development of biogas technologies in Romania.* Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 7, No. 5, pag. 603-607.

[4] Mateescu C., Teza de doctorat „*Studii privind posibilităţi de valorificare energetică a deşeurilor organice din industria etanolului la obţinerea de biogaz cu valoare energetică ridicată"*, UPB, Feb. 2012.

[5] Nikolić V., *Producerea şi utilizarea biogazului pentru obtinerea de energie*, Suport de curs, 2006, pag. 10-16.

[6] Proiect Nucleu nr. 0935/0201N/2009, „*Creşterea eficientei echipamentelor si proceselor tehnologice pentru conversia energetica din resurse regenerabile"*.

[7] Teodor Vintilă, *Biogazul, protectorul neconvenţional al mediului*, Revista Ferma nr. 1(45)/2007, pag. 5-9.

Despre autor

Dr. ing. **Carmen MATEESCU**
INCDIE ICPE-CA – Bucureşti

Îşi desfăşoară activitatea de cercetător ştiinţific principal în cadrul INCDIE ICPE-CA Bucureşti, Departamentul de Eficienţă în Conversia şi Consumul de Energie, unde studiază procese de tratare anaerobă a deşeurilor şi apelor uzate, pentru obţinerea de biogaz şi materiale fertilizante. În acelaşi domeniu de cercetare a obţinut titlul de doctor inginer. Are o bogată experienţă teoretică şi practică în domeniul cercetării, proiectării şi execuţiei de echipamente pentru valorificarea energetică a deşeurilor biodegradabile şi imbunătăţirea calităţii mediului, deţine competenţe în cercetări privind valorificarea biomasei pentru obţinerea biogazului, monitorizarea proceselor de fermentare anaerobă în instalaţiile de biogaz prin analize fizico-chimice şi microbiologice, cercetări privind stimularea activităţii microbiene în procesele de obţinere a biogazului pentru creşterea randamentului energetic al reactoarelor de biogaz, cercetări de îmbunătăţire a biodegradabilitatii biomasei lignocelulozice utilizată în industria biocombustibililor. A elaborat un număr de peste 50 de articole şi comunicări la diverse manifestări ştiinţifice nationale şi internationale, este autor al cărţii *Metanogeneza în procese naturale şi antropice* şi co-autor al cărţii *Realizări şi perspective în industria biogazului*. A elaborat două brevete de invenţie *Metodă de tratare a nămolului fermentat pentru îmbunătăţirea activităţii microorganismelor metanogene* şi *Instalatie de biogaz pentru gospodării individuale din mediul rural*. A obţinut importante medalii şi distincţii la competiţii naţionale şi internaţionale de inventică, precum şi Premiul Asociaţiei Generale a Inginerilor din România în anul 2011.