

CALITATEA SISTEMELOR TEHNICE DE PRODUCERE A BIOGAZULUI

Prof.dr.ing.ec. Dumitru MNERIE,
Universitatea „Politehnica” din Timișoara



A absolvit Facultatea de mecanică a Universității „Politehnica” din Timișoara, specializarea Tehnologia construcțiilor de mașini (1980). A dobândit calitatea de inginer principal la Întreprinderea de construcții navale și prelucrări la cald din Drobeta Turnu Severin, (1989), cercetător științific principal la Institutul Național de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică ICSIT Titan, Filiala Timișoara, iar din anul 1990 este cadru didactic la Catedra de Tehnologie Mecanică a Facultății de Mecanică, din cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara. Este membru a asociațiilor AGIR, ARTN și International Society of Lyophilization - Freeze Drying Inc –USA (ISL-FD). Autor a peste 150 de lucrări științifice, 19 contracte și granturi de cercetare. Domenii majore de interes: fabricația utilajului alimentar, tehnologii neconvenționale, managementul sistemelor integrate de producție. Începând cu anul 2000 este profesor asociat și rector al Universității „Joan Slavici” din Timișoara.



Prof.dr.ing.ec. Titus SLAVICI,
Universitatea „Politehnica” – Timișoara,

A absolvit: Facultatea de mecanică a Universității „Politehnica” din Timișoara, specializarea Tehnologia construcțiilor de mașini (1983), Facultatea de Automatică și Calculatoare, secția Automatică și calculatoare (1994), Facultatea de științe economice, specializarea Managementul firmei (2001) și Finanțe (2002). Din anul 1985 este cadru didactic la catedra de Tehnologie mecanică a Facultății de Mecanică din cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara. Autor a peste 110 lucrări științifice, 16 contracte și granturi de cercetare, 4 brevete de invenții, 6 prototipuri. Domenii majore de interes: Utilaje tehnologice, Tehnologii convenționale și neconvenționale, Automatizarea utilajelor industriale, Finanțe, Managementul firmei. Președinte al Fundației pentru Cultură și Învățământ „Joan Slavici” din Timișoara.

Dipl. Ing. (FH) Aurel CRACALIANU,
UTS-Biogastechnik GmbH, Schwindegg, Germania



Absolvent al Facultății de Mecanică a Universității „Politehnica” din Timișoara, specializarea Tehnologia construcțiilor de mașini (1983). Specializat în programarea mașinilor unelte cu comandă numerică, șeful biroului de programare și al secției de MUCN, în cadrul Întreprinderii „Electrotimiș” – Timișoara. Din 1996, recunoașterea diplomei în Germania. Specializări în domeniul managementului controlului de calitate. Activitate ca specialist în programare CNC și QS-Management. Din anul 2006, specializare în tehnologia instalațiilor de biogaz.



Prof.univ.dr.ing.ec. Dumitru ȚUCU,
Universitatea „Politehnica” – Timișoara

Licențiat în specialitățile Mașini agricole (Universitatea „Politehnica”, Timișoara – 1984) și Managementul firmei (Universitatea de Vest, Timișoara – 2001), doctor în Tehnologia materialelor din 1995. Inginer proiectant la INMA – Timișoara (1986-1989), cadru didactic la Universitatea „Politehnica” din anul 1989. Expert evaluator, membru ANEVAR, expert CNC SIS. A fost profesor invitat la mai multe universități europene: Budapesta (2000), Osijek – Croația (2002), Nitra – Slovacia (2003), Zagreb (2004 și 2006). Membru în mai multe asociații profesionale: AGIR, Asociația Română de Tehnologii Neconvenționale, International Society of Lyophilization- Freeze Drying Inc. – USA, Balkan Environment Association etc. A scris 14 cărți și peste 150 de lucrări științifice publicate în țară și în străinătate, a coordonat 5 cărți, a condus și participat la realizarea a peste 25 contracte de cercetare, a participat la mai multe proiecte europene de cercetare în Franța, Belgia, Ungaria, Croația, Serbia, Italia etc. Începând din anul 2000 este profesor asociat pentru disciplinele Management și Economia firmei și prorector al Universității „Joan Slavici” din Timișoara.

REZUMAT. România a transpus multe din directivele europene încuzând folosirea eficientă a energilor regenerabile. Un important avantaj al biogazului este de anihilare a potențialului nefavorabil al gunoalelor. În această perioadă pentru România este foarte importantă folosirea biomasei pentru producția de biogaz. Lucrarea prezintă câteva aspecte ale tehnologiei de producere a

biogazului, câteva concluzii privind analiza evoluției calității sistemelor tehnice de producere a biogazului prin inovarea unor subsansabile de mai mare performanță, utilizând echipamente fabricate de către UTS Biogastechnik GmbH (Germany). Pentru exemplificare sunt prezentate și două brevete europene care au stat la baza creșterii performanțelor calitative ale instalațiilor.

Keywords: biogaz, tehnologie, echipament, energie regenerabilă.

ABSTRACT. Romania has transposed many of the European directives including those on efficient energy use and promotion of renewable energies. One main advantage of biogas is the waste reduction potential. In this period for Romania is very important to use the biomass for biogas production. The paper shows some details about biogas technology, some conclusions about quality evolution of technical system for biogas production through the innovation of some components with good performances, using an equipment of UTS Biogastechnik GmbH (Germany). For example its are presented two Europeans patents who was determined the increasing of qualitative performances.

Keywords: biogas, technology, equipment, renewable energies.

1. CONTEXTUL RECONSIDERĂRII PRODUCERII BIOGAZULUI

De aproape 400 de ani se fac cercetări în domeniul chimiei gazelor, *Volta* fiind primul care a extras metanul, (constituent principal al biogazului), din gazele colectate din mlaștini. În România, interesul mai mare pentru cercetarea posibilităților de producere a biogazului apare după 1958, când la *Centrul Experimental de Îngrășăminte Bacteriene (C.E.I.B.) de la Băneasa*, s-au inițiat cercetări de laborator pentru izolarea unor surse active de bacterii metanogene și obținerea de gaze combustibile pe cale biologică, din diferite substraturi organice (dejecții de animale și gunoai menajere).

Cercetarea românească a trecut de la nivelul fundamental, constând în aprofundarea microbiologiei procesului de metanizare și la selecția de surse de bacterii metanofore cu activitate maximă în vederea optimizării bioconversiei energetice, la cel aplicativ, cu eficiențe economice semnificative, materializate în existența și funcționarea în condiții normale de producere și captare a biogazului, instalații cu o capacitate însumată la nivelul țării, de aproape 85 000 m³ biogaz/zi, respectiv 30 milioane m³/an, încă din deceniul 8 al secolului nu demult încheiat. Din nefericire, atât cercetarea cât și industria au cam abandonat domeniul.

Mileniul a III-lea începe cu o reconsiderare a resurselor energetice, pe fond ecologic și economic. Progresul umanității se poate aprecia și prin calitatea vieții, dependentă de un consum energetic individual cu o creștere lentă dar continuă. Pentru asigurarea energiei necesare sunt reconsiderate resursele energetice alternative. În prima parte a anului 2008, *Parlamentul European a adoptat o Rezoluție privind agricultura durabilă și biogazul*, considerându-se *necesitatea revizuirii legislației europene ((2007/2107(INI))*). Astfel se recunoaște că biogazul este o *resursă energetică vitală*, care contribuie la dezvoltarea durabilă a economiei, agriculturii și a mediului rural și la protecția mediului, subliniindu-se *contribuția pe care o poate avea biogazul la reducerea*

dependenței sectorului energetic al Uniunii Europene. Totodată se consideră că *folosirea biogazului în principal pentru producerea de electricitate și energie termică ar putea contribui în mod semnificativ la realizarea obiectivului obligatoriu de a obține, până în 2020, o pondere de 20% a energiei regenerabile din consumul total de energie al UE.* Cu acest prilej s-a încurajat, atât Uniunea cât și statele membre să exploateze potențialul uriaș al biogazului prin crearea unui mediu favorabil, precum și prin menținerea și dezvoltarea regimurilor de sprijin pentru a promova investițiile în instalațiile de biogaz și garantarea viabilității acestora. Un mare accent s-a pus pe calitatea instalațiilor de producere a biogazului în special pe bază de gunoi de grajd, nămol de epurare sau deșeuri organice, care pot duce la creșterea gradului de percolare a amoniacului. Este necesar ca prin construcție acest efect colateral să poată fi ținut sub control. S-au emis recomandări pentru adoptarea unor măsuri în legislația națională privind instalațiile de biogaz, precum și în cadrul condițiilor de acordare a subvențiilor pentru instalațiile de biogaz. De asemenea, au fost îndemnate statele membre și Comisia să ia toate măsurile pentru ca instalațiile de biogaz să nu aibă scăpări de metan, deoarece prin aceasta s-ar compromite efectul benefic asupra încălzirii globale. Printr-un raport *Parlamentul European prin Comisia pentru industrie, cercetare și energie* recomandă *Comisiei pentru agricultură și dezvoltare rurală* ca producția de biogaz din gunoi de grajd, nămol de epurare, ape reziduale urbane, deșeuri de origine animală și deșeuri organice să contribuie la diversificarea surselor de energie, reprezentând prin aceasta, într-o măsură semnificativă, un aport la securitatea, competitivitatea și durabilitatea aprovizionării cu energie la nivel european, precum și o oportunitate de creare de noi venituri pentru agricultori.

Sistemele tehnice de producere a biogazului se perfecționează continuu, fiecare producător urmărind să aducă îmbunătățiri care să determine creșterea calității prin performanțe ridicate de valorificare superioară a materiei

prime destinate producerii biogazului, precum și de convertire a biogazului în energie electrică și/sau termică. Concurența pe piața constructorilor de instalații fiind destul de mare, inovările se aduc atât la nivel de principii cât, mai ales la nivelul subsansamblelor și componentelor.

Principiul de producere a biogazului, ce constă în formarea de gaze combustibile prin descompunerea

substanțelor organice umede în medii lipsite de oxigen molecular, este un proces care se produce în mod natural pe Terra. În figura 1 se prezintă ciclul de transformare a energiei în natură prin intermediul biogazului, cu posibilitatea de valorificare industrială, în instalații specializate de convertire în energie electrică și căldură atât de necesară gospodăriilor.

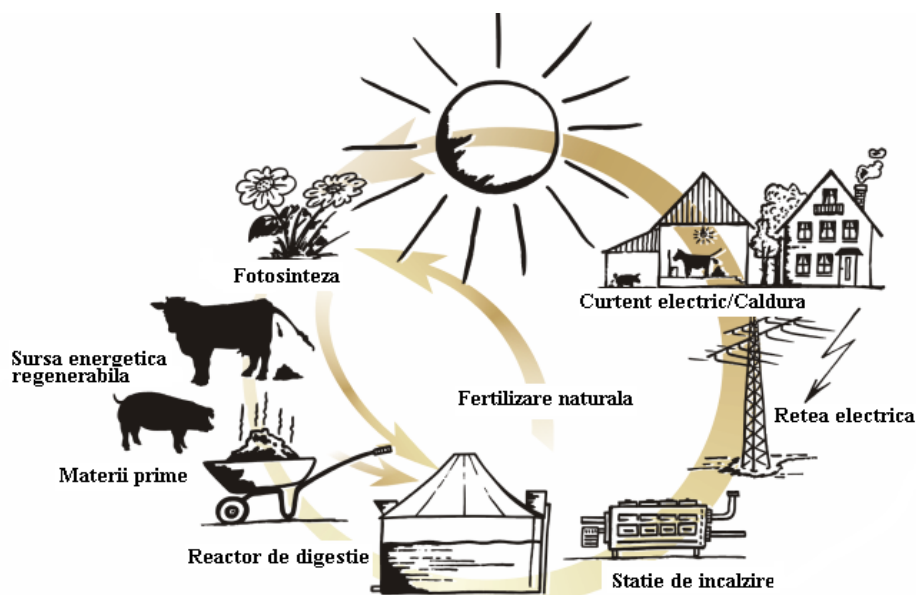


Fig. 1. Ciclul de transformare a energiei în natură prin intermediul biogazului.

2. TIPOLOGIA SISTEMELOR TEHNICE DE PRODUCERE A BIOGAZULUI

În prezent în cele mai frecvente cazuri biogazul se obține prin fermentare anaerobă, când microorganismele descompun materia organică, eliberând o serie de metaboliți conținând în principal bioxid de carbon și metan, care constituie biogazul. Drept combustibil este folosit fie direct, fie numai metanul purificat. Dintre componentele chimice ale materiei organice, grade mai ridicate de conversie în biogaz au celulozele, hemicelulozele și grăsimile. Fermentarea anaerobă, folosită pentru producerea și captarea biogazului, este un proces dirijat de descompunere a materiei organice umede, în condiții controlate de mediu, în absența oxigenului molecular și a luminii. În această fază acționează microorganismele fermentative nespecializate, cu capacitate de producere de acizi organici. Ele sunt bacterii celulozice, lactice, acetice, sulfat-reducătoare și denitrificatoare, etc. precum și numeroase specii de ciuperci și unele drojdii. În faza metanogenă acționează bacteriile metanogene, anaerobe, specializate în producerea de metan. În acesta se mai găsesc și urme de hidrogen, hidrogen

sulfurat, mercaptani, vapori de apă, amoniac, azot, indol și scatol.

Metanul este componenta care conferă valoare energetică biogazului. În stare pură metanul este un gaz combustibil lipsit de culoare, miros sau gust, mai ușor decât aerul, arde cu o flacără albastruie și are o putere calorică de 37 MJ/ml, puțin mai ridicată decât a motorinei. Biogazul comparativ cu metanul pur are o putere calorică de 25 MJ/ml, din cauza bioxidului de carbon cu care e în amestec.

După ce este produs, biogazul conține o anumită cantitate de substanțe nefolositoare ca hidrogenul sulfurat și apa. Aceste substanțe cauzează avarii instalației CHP (producerea combinată de energie electrică și termică) și mediului în concentrații mari, de aceea biogazul trebuie să fie eliberat de o concentrație prea mare de H_2S .

În general, o stație de biogaz mare, industrială este formată din:

- stație de pompare a apei reziduale;
- secantor gravitațional;
- îngrășător de nămol;
- stație de distribuție a nămolului;
- reactor de fermentație anaerobă dotat cu un clopot metalic pentru captarea biogazului.

Instalațiile moderne au în continuare unități CHP, în care biogazul este ars, iar motorul se rotește cu o viteză constantă și conduce generatorul. Generatorul produce electricitate.

La fel ca toate motoarele electrice, motorul produce căldură. Această căldură poate fi utilizată pentru încălzirea reactorului și pentru alte scopuri.

Cele mai frecvente instalații de biogaz de uz și aplicație sunt asimilabile în 3 tipologii distincte, având fiecare trăsătura caracteristică specială și, de aceea, fiecare este adaptată la specifice și diferite realități ale aplicațiilor:

- instalația cu canal tip plug-flow sau flux cu piston;
- instalație cilindrică tip up-flow amestecat;
- instalație tip super-flow pentru biomasă superdensă.

În funcție de utilizare, instalațiile de biogaz sunt asigurate cu posibilități de tratare a abiogazului prin:

- depurare;
- filtrare;
- deumidificare;
- desulfurare.

Odată tratat, biogazul trece în generatoare simple de căldură sau în sisteme de cogenerare pentru producerea simultană de energie electrică și căldură, dotate cu motoare endotermice alternative sau microturbine.

3. INOVAREA – ACȚIUNE PERMANENTĂ DE ÎMBUNĂȚĂRIRE CALITATIVĂ A SISTEMULUI TEHNIC

Analiza s-a efectuat prin exemplificări din structura instalațiilor realizate de *UTS-Biogastechnik GmbH*, (Schwindegg, Germania). Aceste instalații de producere a biogazului marca destinate fermentării materiilor organice au în structură subansamble în concepție nouă, brevetate la nivel european. Activitatea de cercetare-dezvoltare a firmei UTS s-a axat în mare măsură pe perfecționarea sistemului de amestecare, utilizându-se atât versiuni de acționare electrică cât și hidraulică. Astfel, prin brevetul EP 1 130 084 A1 se aduc substanțiale îmbunătățiri sistemului de amestecare a materialului biologic supus fermentării. Instalațiile au cel puțin un recipient fermentator, în partea inferioară având o zonă pentru materia organică fluidă, iar în partea superioară, zona de acumulare (înmaganizare) a biogazului produs prin fermentare. În acest fermentator există cel puțin un malaxor acționat de un motor imersibil. Sistemul de amestecare se poate regla axial (vertical) și/sau unghiular (orizontal). Alimentarea cu energie a motorului se face printr-o trecere etanșă prin peretele recipientului, trece prin zona de acumulare a gazului și este apoi condusă la motor.

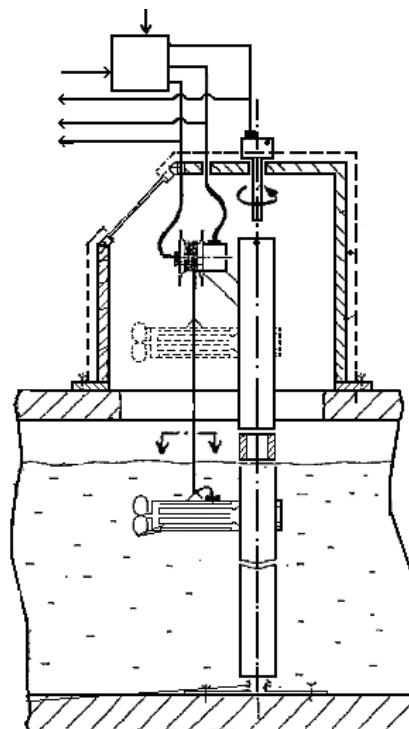


Fig. 2. Instalație de amestecare pentru fermentarea materialelor organice.

Motorul imersibil de acționare poate fi electric, hidraulic sau pneumatic. Agregatul hidraulic sau compresorul sunt poziționate în afara incintei. În componență sunt, de asemenea diferite sisteme de poziționare pe verticală și/sau orizontală a malaxorului cu diferite soluții de derulare și rulare a cablurilor și/sau conductelor ce asigură alimentarea cu agent energetic a motorului. Deasupra fiecărui sistem de amestecare, în plafonul recipientului fermentator se găsește o deschizătură etanșată pe care se află puțul-service. Prin acest puț-service se poate extrage amestecătorul pentru a se executa lucrări de întreținere sau reparații. Datorită acestei soluții se pot desfășura intervenții fără a fi nevoie întreruperea procesului instalației prin descoperirea și/sau golirea recipientului fermentator.

Avantajele aplicării soluțiilor tehnice brevetate sunt următoarele:

- creșterea securității muncii prin eliminarea pericolului de electrocutare datorită folosirii motoarelor electrice imersibile;
- scădere prețului prin eliminarea soluțiilor constructive speciale privind funcționarea motoarelor electrice în mediu gazos;
- securitate absolută în ceea ce privește pericolul de explozie în incinte cu mediu gazos și în imediata lor vecinătate;

– sistemul este economic, intervalele de timp pentru întreținere și reparații fiind considerabil mai mari, comparativ cu acționarea cu motoare electrice, motoarele hidraulice fiind mai fiabile și mai ușor de întreținut;

– soluțiile patentate pot fi cu ușurință incluse într-un sistem automatizat, computerizat;

– prin posibilitatea ajustării poziției malaxoarelor, pe verticală și/sau orizontală, se optimizează procesul biologic, asigurându-se, funcție de nivelul de umplere al fermentorului și al viscozității substratelor, omogenizarea, împiedicarea sedimentărilor, sau formarea crustei la suprafața substratului în fermentare;

– datorită puțului-service, se pot efectua lucrări de reparație și întreținere fără a fi necesară întreruperea procesului de producere al biogazului prin descoperirea și/sau golirea fermentorului;

– timpul necesar întreținerii sau reparației se reduce la minimum.

Accesul operativ în instalația de fermentare se asigură printr-un sistem brevetat european (EP 1 717 30 A1). Acesta este realizat într-o construcție care protejează o deschidere etanșată aplicată în tavanul din beton, sau în acoperișul din folie al fermentorului. Prin trapa etanșă a descizăturii trece sistemul de susținere, de alimentare și poziționare pe verticală și orizontală al malaxorului. În caz de avarie sau pentru revizie, se va deschide trapa prin care se va scoate amestecătorul. Imediat după ce amestecătorul a fost scos, trapa se închide, asigurându-se etanșarea recipientului pentru derularea fără perturbații sau întreruperi a procesului biologic. Pierderile de gaz în timpul acestei operații este minimal. După terminarea intervenției, se deschide trapa de acces și se introduce amestecătorul, procesul de producere al biogazului nefiind perturbat.

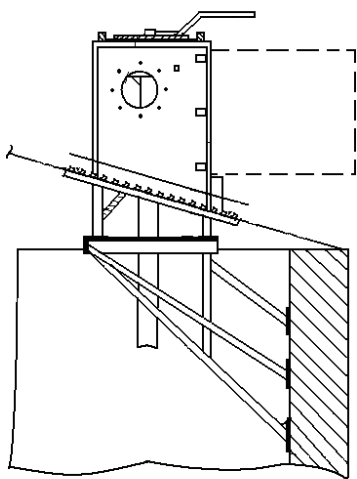


Fig.e 3. Sistem de acces operativ în instalația de fermentare.

Prin aplicarea acestui brevet, se asigură continuitatea procesului biologic de producere al biogazului în cazul necesității executării lucrărilor de reparație sau de revizie al malaxoarelor. Aceasta invenție elimină costurile ce ar fi necesare pentru descoperirea reactoarelor de fermentare și eventual chiar golirea lor pentru a avea acces la malaxoare. De asemenea, elimină pierderile ce s-ar produce din cauza perioadei îndelungate de staționare și apoi de repornire și stabilizare a procesului biologic de producere al biogazului. Se elimină de asemenea cheltuielile suplimentare datorate pierderii unei cantități mari de substrat (material biologic) datorat descoperirii fermentorului, și îndepărtarea acestuia.

Variantele constructiv-funcționale de instalații analizate, produse de firma germană **UTS Biogastechnik**, se dovedesc se alătură cu succes deja multora existente în funcțiune în țările europene. Firma a pus în funcțiune două tipuri de instalații:

– Triton® (fig. 4);

– Helios® (fig. 5).

Instalațiile de tip Triton® sunt compacte, ocupând suprafețe minime, cu rețele de conducte de lungime minimă, amplasate exclusiv în interiorul rezervoarelor, iar casa pompelor este în zona centrală construcției. Construcția este modulară, cu legături și protecții foarte etanșe.

Instalațiile de tip Helios®, sunt caracterizate printr-o flexibilitate ridicată, distribuție compactă a compartimentelor de lucru, cu o multitudine de posibilități de extindere, de mărire a capacității de prelucrare.

Ambele variante sunt realizate din componente și subansamble prefabricate, respectiv standardizate. Toate închiderile sunt etanșe, asigurând eliminarea pierderilor de metan precum și o folosire completă a gazelor reziduale. Ușurință mare în curățire și întreținere. Sistemele de amestecare sunt foarte eficiente asigurând o valorificare energetică completă. De asemenea, se asigură o montare operativă, în timp scurt și eforturi

Instalațiile produse de firma UTS se regăsesc în locații din Italia, Germania, Ungaria, Cehia. Spre exemplu instalația din Gut Borken are o putere instalată a grupurilor de producere combinată a energie electrice și termice, CHP instalată de 2×341 kW, cu o putere electrică de 16 MWh/zi, respectiv, 5,377 MWh/an. Energie termică elibertă de aproximativ 17 MWh/zi, adică 5,645 MWh/an. Capacitatea energetică a instalației poate fi suficientă pentru 1700 gospodării cu energie electrică și 160 gospodării cu căldură.

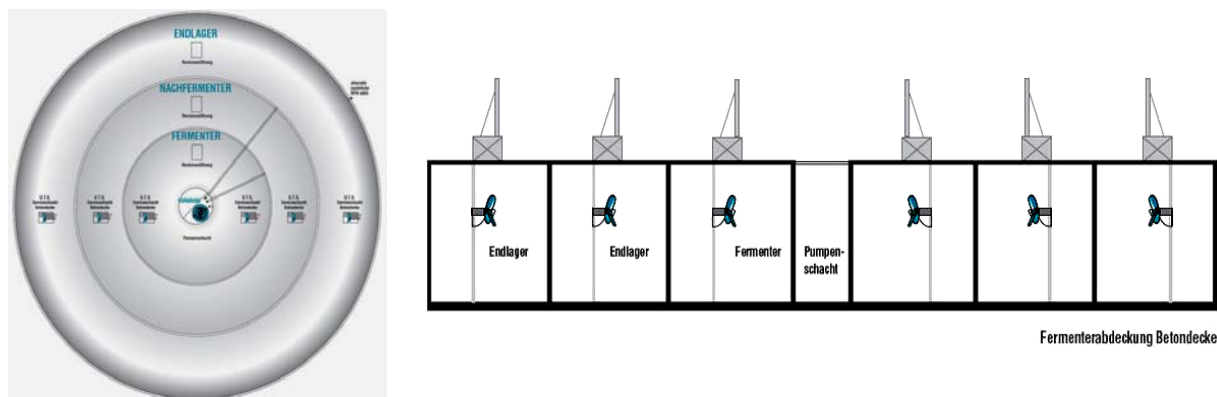


Fig. 4. Instalație de tip Triton® cu capacitate de 700 – 1000 kW cu casa pompelor plasată central.

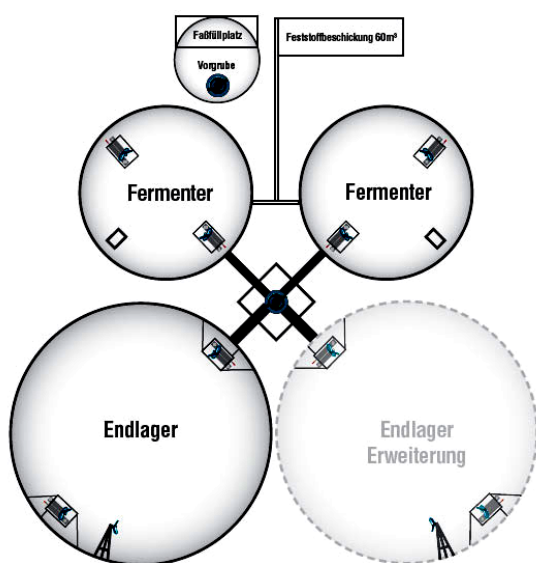


Fig. 5. Instalație de tip Helios® cu capacitate de peste 750 kW.

4. CONCLUZII

Nivelul de calitate a sistemelor tehnice de producere și valorificare a biogazului este într-o continuă creștere. Cine investește în instalații noi, dorește să-și asigure beneficii pe termen lung și să excludă eventuale riscuri.

Durabilitatea și disponibilitatea ridicată decid asupra funcționării economice a instalațiilor.

Investițiile realizate în această direcție trebuie să asigure un raport corect calitate/preț, într-o concepție desăvârșită și materialele de calitate superioară, cu o funcționare îndelungată. În condițiile în care va fi mereu o creștere a productivității recoltelor agricole, cu reducerea cheltuielilor, producerea energiilor alternative poate aduce o contribuție esențială în domeniul energetic. Instalațiile de producere și valorificare a biogazului

prezintă în plus avantajul că, în cazul alimentării continue cu substraturi, furnizează energie electrică la putere relativ constantă – avantaj care va juca un rol tot mai important în discuțiile despre energie, în viitor.

Rentabilitatea funcționării unei instalații de biogaz depinde în mod decisiv de durata de viață și de fiabilitatea ei. Prin utilizarea materialelor de calitate superioară, precum și a subsansamblurilor performante, cu grad ridicat de automatizare, activitățile de întreținere și de revizie sunt reduse la minim, astfel încât instalațiile ating în mod uzual perioade lungi de exploatare cu un grad de utilizare efectivă de peste 90%. Unitățile de fermentare realizate fie din beton armat sau oțel inoxidabil se derulează procese biologice, de la descompunerea materiei prime până la formarea biogazului. Compoziția foarte agresivă a gazelor produse poate ataca multe materiale. De aceea, se folosesc cele mai potrivite materiale, funcție de varianta constructivă, utilizată. Unitățile de fermentare sunt dotate cu scări de acces, platforme cu grilaj, toate conform normelor de siguranță și prescripțiilor în vigoare. Cupola de gaz poate fi realizată și din membrane speciale, rezistente la radiații ultraviolete.

Eficiența economică a unei instalații de biogaz depinde în mod decisiv de calitatea programului de comandă a procesului. Din acest motiv, se livrează unități de comandă cu softul necesar, pentru toate instalațiile de biogaz, începând de la cele mai mici până la cele mai mari. Toți parametrii de intrare importanți, cum ar fi tipul substraturilor, cantitățile de dozare zilnice și orele de alimentare pot fi preselecțate. Nivelul de umplere pe zone este supravegheat și monitorizat în mod automat, pompele și agitatoarele sunt comandate automat, reducându-se astfel costurile exploatarei. Toate datele controlate de calculator în timpul exploatarei, pot fi vizualizate pe un display și tipărite. Aceasta ușurează controlul și supravegherea procesului, permite sesizarea din timp a unor deficiențe, astfel încât pot fi luate

din timp măsuri preventive. De asemenea, instalațiile de calitate asigură o supravegherea calității gazului, transmiterea la distanță a datelor, sesizarea automată a problemelor tehnologice și semnalizarea lor, precum și înregistrarea și vizualizarea datelor cogeneratorului CHP.

În majoritatea țărilor europene există o mare preocupare pentru valorificarea energetică a gunoiului de natură biologică din gospodării, a dejecțiilor animale, deșeurilor naturale, nămolurilor rezultate din diferite procese de producție agroalimentare, gama instalațiilor de producere a biogazului fiind foarte diversă.

În România este necesară o extindere a experiențelor pozitive, adaptarea legislației la legislația europeană, cu toate facilitățile stimulativă acordate celor care produc sau utilizează forme de folosire a energiilor alternative.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Țucu, D., Mneric, D., Rotărescu, V.**, 2007, *Solution for obtaining of biofuels from houses and urban wastes*, Buletinul Stiințific al Universității „Politehnica” din Timișoara, România, Seria Mecanică, Tomul 52 (66), Fascicola 4, 2007, ISSN 1224-6077, Editura Politehnica, p. 109-113.
- [2] **Țucu, D., Mneric, D.**, *Combustibilii neconvenționali- o soluție pentru energia durabilă*, Buletinul AGIR, 2007.
- [3] Rezoluția Parlamentului European din 12 martie 2008 privind agricultura durabilă și biogazul: necesitatea revizuirii legislației europene (2007/2107(INI)).
- [4] <http://www.uts-biogas.com>
- [5] <http://www.ogin.nl/>
- [6] <http://www.biogazul.info>
- [7] <http://biogaz-luethe.weblog.ro>