



# biogazul

GHID PRACTIC



## Caseta editurii

### Autori

Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, Augustin Ofițeru, Mihai Adamescu, Florian Bodescu, Dan Ionescu (pentru partile specifice României)

### Recenzie

Dominik Rutz, Teodorita Al Seadi, Konstantinos Sioulas, Biljana Kulisic Augustin Ofițeru, Mihai Adamescu (pentru partile specifice României)

### Editare

Teodorita Al Seadi, Augustin Ofițeru, Mihai Adamescu, Dan Ionescu, Leonard Tudor

### Corectură, paginație și traducere

Catrineda Al Seadi, Iwona Cybulska, Augustin Ofițeru, Mihai Adamescu, Dan Ionescu, Leonard Tudor

### Coperta

Catrineda Al Seadi

### ISBN

Toate drepturile sunt rezervate. Nicio parte din acest manual nu poate fi reprodusă în nici o formă și prin nici un mijloc, fără permisiunea scrisă din partea deținătorului dreptului de autor și a editorului.

Editorul nu garantează că informațiile și datele incluse sau descrise în acest ghid tratează în mod exhaustiv subiectul cărții.

### Referințe

Acest ghid practic a fost elaborat cu eforturile comune ale unui grup de experți în biogaz din Danemarca, Germania, Austria, Grecia și România, parteneri în cadrul proiectului BiG>East (EIE/07/214/SI2.467620), derulat pe perioada 09.2007-02.2010, cu scopul general de a promova dezvoltarea tehnologiilor bazate pe digestia anaeroba a biomasei în Europa de Est. Proiectul BiG>East a fost co-finanțat de Comisia Europeană, prin „Programul Energie Inteligentă pentru Europa“.

Ghidul practic a fost elaborat inițial în versiunea standard în limba engleză, care a fost apoi tradusă în limbile bulgară, croată, greacă, letonă, română și slovenă, ale țărilor vizate de proiectul BiG>East. Fiecare versiune tradusă conține un capitol de informații specifice țării, scris de către partenerul de proiect din respectiva țară. Paginația, corectura și coperta ghidului au fost realizate de către studenții noștri talentați.

Mulțumesc tuturor pentru considerabila muncă de echipă.

Teodorita Al Seadi, editor

---

Octombrie 2008

## Cuprins

<b>CUPRINS</b> .....	<b>3</b>
<b>SCOP ȘI MODUL DE UTILIZARE A GHIDULUI PRACTIC</b> .....	<b>9</b>
<b>CE ESTE BIOGAZUL ȘI DE CE AVEM NEVOIE DE EL?</b> .....	<b>10</b>
<b>1 AVANTAJE ALE TEHNOLOGIILOR PENTRU BIOGAZ</b> .....	<b>10</b>
1.1 BENEFICIILE LA NIVELUL SOCIETĂȚII .....	10
1.1.1 Sursă de energie regenerabilă .....	10
1.1.2 Emisii reduse de gaze cu efect de seră și diminuarea încălzirii globale.....	11
1.1.3 Dependență scăzută de importul de combustibili fosili.....	11
1.1.4 Contribuție la directivele UE pentru energie și protecția mediului .....	11
1.1.5 Reducerea deșeurilor .....	12
1.1.6 Crearea de noi locuri de muncă .....	12
1.1.7 Utilizare flexibilă și eficientă a biogazului.....	12
1.1.8 Reducerea necesarului de apă.....	12
1.2 BENEFICIILE PENTRU FERMIERI.....	12
1.2.1 Venituri suplimentare pentru fermieri.....	12
1.2.2 Digestatul, un îngrășământ valoros.....	13
1.2.3 Circuit închis al nutrienților.....	13
1.2.4 Flexibilitate în utilizarea diferitelor tipuri de materii prime .....	13
1.2.5 Miroșuri slabe și insecte puține.....	14
1.2.6 Securitate veterinară.....	14
<b>2 SITUAȚIA PREZENTĂ ȘI POTENȚIALUL PENTRU BIOGAZ</b> .....	<b>15</b>
2.1 SITUAȚIA BIOGAZULUI LA NIVEL EUROPEAN ȘI MONDIAL .....	15
2.2 POTENȚIALUL ENERGETIC AL BIOGAZULUI ÎN EUROPA ȘI ÎN LUME.....	16
<b>3 DIGESTIA ANAEROBĂ (AD)</b> .....	<b>17</b>
3.1 SUBSTRATURI PENTRU AD .....	17
3.2 AD – PROCESUL BIOCHIMIC .....	21
3.2.1 Hidroliza .....	23
3.2.2 Acidogeneza.....	23
3.2.3 Acetogeneza .....	23
3.2.4 Metanogeneza.....	23
3.3 PARAMETRII PROCESULUI AD.....	24
3.3.1 Temperatura.....	24
3.3.2 Valoarea pH-ului.....	27
3.3.3 Acizii grași volatili (VFA) .....	27
3.3.4 Amoniacul.....	28
3.3.5 Oligoelemente, nutrienți și compuși toxici.....	28
3.4 PARAMETRI DE LUCRU .....	29
3.4.1 Capacitatea de încărcare.....	29
3.4.2 Timpul de retenție hidraulică (HRT).....	29
3.4.3 Lista de parametri.....	30
<b>4 PRINCIPALELE APLICAȚII ALE BIOGAZULUI</b> .....	<b>31</b>
4.1 FABRICILE AGRICOLE DE BIOGAZ .....	31
4.1.1 Fabrici de biogaz de nivel familial .....	32
4.1.2 Fabrici de biogaz de nivel fermier.....	33
4.1.3 Fabrici de co-digestie centralizate.....	36
4.2 UZINE PENTRU TRATAREA APELOR UZATE.....	38
4.3 FABRICI PENTRU TRATAREA DEȘEURILOR MENAJERE .....	39
4.4 FABRICI DE BIOGAZ INDUSTRIAL.....	40
4.5 FABRICI PENTRU RECUPERAREA GAZULUI DE LA GROPILE DE GUNOI .....	41

<b>5</b>	<b>UTILIZAREA BIOGAZULUI.....</b>	<b>42</b>
5.1	PROPRIETĂȚILE BIOGAZULUI.....	42
5.2	COMBUSTIA DIRECTĂ ȘI UTILIZAREA CĂLDURII .....	44
5.3	GENERAREA COMBINATĂ A ENERGIEI (CHP) .....	44
5.3.1	<i>Motoarele Otto cu gaz.....</i>	46
5.3.2	<i>Motor cu gaz Pilot - cu injecție .....</i>	46
5.3.3	<i>Motorul Stirling.....</i>	47
5.3.4	<i>Microturbine cu biogaz.....</i>	47
5.3.5	<i>Pile de combustie.....</i>	48
5.4	PRODUCEREA BIOMETANULUI (ÎMBUNĂȚĂȚIREA BIOGAZULUI).....	49
5.4.1	<i>Biogazul, combustibil pentru autovehicule.....</i>	50
5.4.2	<i>Biometanul, combustibil pentru rețeaua de gaze naturale .....</i>	52
5.4.3	<i>Fabricarea dioxidului de carbon și a metanului, din biogaz, în industria chimică.....</i>	53
<b>6</b>	<b>UTILIZAREA DIGESTATULUI .....</b>	<b>53</b>
6.1	AD - O TEHNOLOGIE PENTRU MANAGEMENTUL REZIDUURILOR ANIMALIERE .....	53
6.2	DE LA GUNOI ANIMAL LA DIGESTAT, CA ÎNGRĂȘĂMÂNT .....	53
6.2.1	<i>Biodegradarea materiei organice.....</i>	53
6.2.2	<i>Reducerea mirosurilor neplăcute.....</i>	54
6.2.3	<i>Sanitația .....</i>	54
6.2.4	<i>Distrugerea semințelor buruienilor.....</i>	55
6.2.5	<i>Evitarea arsurii plantelor.....</i>	55
6.2.6	<i>Îmbunătățirea calităților îngrășământului .....</i>	55
6.3	APLICAREA DIGESTATULUI CA ÎNGRĂȘĂMÂNT .....	56
6.4	EFACTELE APLICĂRII DIGESTATULUI ASUPRA SOLULUI .....	57
6.5	EXPERIENȚE PRACTICE .....	58
6.6	CONDIȚIONAREA DIGESTATULUI.....	59
6.6.1	<i>Strategii de condiționare a digestatului .....</i>	59
6.6.2	<i>Considerații necesare .....</i>	62
6.7	MANAGEMENTUL CALITĂȚII DIGESTATULUI .....	62
6.7.1	<i>Prelevarea probelor, analiza digestatului și declarația de conformitate a produsului .....</i>	62
6.7.2	<i>Managementul nutrienților în digestat.....</i>	63
6.7.3	<i>Măsurile generale pentru o reciclare sigură și pentru asigurarea calității digestatului.....</i>	63
<b>7</b>	<b>COMPONENTELE UNEI FABRICI DE BIOGAZ.....</b>	<b>64</b>
7.1	UNITATEA DE RECEPȚIE A MATERIEI PRIME .....	68
7.2	STOCAREA ȘI CONDIȚIONAREA MATERIILOR PRIME .....	68
7.2.1	<i>Stocarea materiilor prime .....</i>	68
7.2.2	<i>Condiționarea materiilor prime.....</i>	71
7.3	SISTEMUL DE ALIMENTARE.....	73
7.3.1	<i>Transportul materiilor prime fluide .....</i>	73
7.3.2	<i>Transportul materiilor prime solide .....</i>	75
7.4	CONDUCTE ȘI ARMĂTURI.....	78
7.5	SISTEMUL DE ÎNCĂLZIRE – ÎNCĂLZIREA DIGESTORULUI .....	79
7.6	DIGESTOARE .....	80
7.6.1	<i>Digestoare cu funcționare discontinuă.....</i>	81
7.6.2	<i>Digestoare cu funcționare continuă.....</i>	82
7.6.3	<i>Întreținerea digestoarelor .....</i>	85
7.7	TEHNOLOGII DE AMESTECARE .....	86
7.7.1	<i>Amestecarea mecanică.....</i>	87
7.7.2	<i>Amestecarea pneumatică .....</i>	88
7.7.3	<i>Amestecarea hidraulică .....</i>	88
7.8	STOCAREA BIOGAZULUI .....	89
7.8.1	<i>Tancuri de joasă presiune .....</i>	90
7.8.2	<i>Stocarea biogazului la presiune medie și înaltă.....</i>	91
7.8.3	<i>Arzătoare de biogaz.....</i>	91
7.9	PURIFICAREA BIOGAZULUI.....	93
7.9.1	<i>Condiționarea biogazului.....</i>	93

7.9.2	Desulfurarea .....	94
7.9.3	Uscarea .....	97
7.10	STOCAREA DIGESTATULUI.....	98
7.11	UNITATEA DE CONTROL.....	100
7.11.1	Determinarea cantității de materie primă fluidă introdusă în digestor .....	101
7.11.2	Determinarea cantității de materie primă solidă introdusă în digestor .....	102
7.11.3	Nivelul de umplere al digestorului .....	102
7.11.4	Nivelul de umplere al rezervoarelor de gaz .....	102
7.11.5	Temperatura de procesare .....	102
7.11.6	Valoarea pH-ului .....	102
7.11.7	Determinarea conținutului în acizi grași.....	102
7.11.8	Cantitatea de biogaz.....	103
7.11.9	Compoziția gazului .....	103
<b>CUM SĂ ÎNCEPEM .....</b>		<b>104</b>
<b>8</b>	<b>PROIECTAREA ȘI CONSTRUIREA UNEI FABRICI DE BIOGAZ .....</b>	<b>104</b>
8.1	STABILIREA PROIECTULUI UNEI FABRICI DE BIOGAZ .....	104
8.2	ASIGURAREA APROVIZIONĂRII CONTINUE CU MATERIE PRIMĂ.....	106
8.2.1	Dimensionarea fabricilor de biogaz care utilizează materii prime provenite din fermele de creștere a animalelor.....	107
8.2.2	Dimensionarea fabricilor de biogaz care utilizează materii prime provenite din deșeuri industriale și menajere .....	108
8.2.3	Scheme de aprovizionare cu materii prime.....	109
8.3	UNDE TREBUIE AMPLASATĂ FABRICA DE BIOGAZ.....	109
8.4	OBȚINEREA AVIZELOR .....	111
8.5	PUNEREA ÎN FUNCȚIUNE A FABRICII DE BIOGAZ .....	111
<b>9</b>	<b>NORME DE SIGURANȚĂ ÎN FABRICILE DE BIOGAZ.....</b>	<b>112</b>
9.1	PREVENIREA INCENDIILOR ȘI A EXPLOZIILOR.....	112
9.2	RISURI DE OTRĂVIRE ȘI ASFIXIE.....	113
9.3	RISURI DE ACCIDENTARE .....	114
9.4	SANITAȚIA, CONTROLUL AGENȚILOR PATOGENI ȘI ASPECTE VETERINARE .....	114
9.4.1	Aspecte referitoare la igienă în fabricile de biogaz.....	114
9.4.2	Parametrii de igienă în fabricile de biogaz.....	115
9.4.3	Organisme indicatoare.....	117
9.4.4	Condiții de sanitație .....	118
<b>10</b>	<b>ASPECTE ECONOMICE ÎN CAZUL FABRICILOR DE BIOGAZ .....</b>	<b>121</b>
10.1	FINANȚAREA PROIECTULUI PENTRU BIOGAZ .....	121
10.2	PREDICȚII ECONOMICE ÎN CAZUL PROIECTELOR PENTRU FABRICI DE BIOGAZ .....	121
10.2.1	Concluzii asupra predicțiilor economice în cazul proiectelor pentru fabrici de biogaz.....	123
<b>11</b>	<b>SITUAȚIA BIOGAZULUI ÎN ROMÂNIA.....</b>	<b>124</b>
11.1	POTENȚIALUL DE BIOGAZ AL ROMÂNIEI .....	124
11.1.1	Metodologia.....	124
11.1.2	Evaluarea potențialului de biomasă în România.....	126
11.1.3	Potențialul de biogaz în România.....	132
11.1.4	Accesibilitatea / distribuția materiei prime pentru biogaz.....	133
11.1.5	Concluzii .....	134
11.2	EVALUAREA POLITICILOR NAȚIONALE .....	135
11.2.1	Cadrul legislativ pentru energie regenerabilă .....	135
11.2.2	Politica energetică și biogazul în România.....	136
11.3	BARIERE PENTRU IMPLEMENTAREA / DEZVOLTAREA PROIECTELOR PENTRU BIOGAZ ÎN ROMÂNIA .....	137
11.3.1	Bariere ale pieței în implementarea programelor pentru biogaz .....	138
11.3.2	Bariere financiare în implementarea proiectelor de biogaz.....	138
11.3.3	Bariere sociale în implementarea proiectelor de biogaz.....	139
11.3.4	Bariere juridice și administrative.....	139

<b>ANEXA 1. GLOSAR, UNITĂȚI DE CONVERSIE ȘI ABREVIERI.....</b>	<b>140</b>
GLOSAR.....	140
UNITĂȚI DE CONVERSIE .....	147
ABREVIERI.....	147
<b>ANEXA 2. BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXA 3. ADRESE.....</b>	<b>151</b>

## Cuvânt înainte

Una dintre principalele probleme de mediu ale societății de astăzi este creșterea continuă a cantității de deșeuri organice. În multe țări, managementul durabil al deșeurilor, precum și prevenirea acumulării și reducerea cantității acestora au devenit priorități politice majore, aceasta reprezentând o contribuție importantă la eforturile comune de reducere a poluării, a emisiilor de gaze cu efect de seră și diminuării schimbărilor climatice la nivel global. Practicile din trecut ale evacuării necontrolate a deșeurilor nu mai sunt astăzi acceptabile. Chiar și depozitarea pe platforme de gunoi sau incinerarea deșeurilor organice nu reprezintă cele mai bune practici, deoarece standardele de protecție a mediului au devenit mult mai stricte în prezent, iar recuperarea energiei și reciclarea nutrienților și a materiei organice un lucru necesar.

Producerea biogazului prin digestie anaerobă (AD) este considerată a fi tratamentul optim în cazul gunoiului animal, precum și în acela al unei largi varietăți de deșeuri organice pretabile acestui scop, deoarece astfel respectivele substraturi sunt transformate în energie recuperabilă și în îngrășământ organic pentru agricultură. În același timp, eliminarea fracției organice din cantitatea totală de deșeuri crește atât eficiența conversiei energetice prin incinerarea deșeurilor rămase, cât și stabilitatea haldelor.

AD reprezintă un proces microbiologic de descompunere a materiei organice, în lipsa oxigenului, întâlnit în multe medii naturale și aplicat astăzi la scară mare pentru producerea de biogaz în reactoare-cisternă, etanșe împotriva pătrunderii aerului, în mod obișnuit denumite digestoare. O largă varietate de microorganisme sunt implicate în procesul anaerob, în urma căruia rezultă două produse finale: biogazul și digestatul. Biogazul este un gaz combustibil, care constă din metan, dioxid de carbon, și cantități mici de alte gaze și microelemente. Digestatul reprezintă substratul descompus anaerob, bogat în macro- și micronutrienți și care poate fi utilizat, prin urmare, drept îngrășământ pentru plante.

Producerea și colectarea biogazului rezultat în urma unui proces biologic a fost pentru prima dată documentat în Marea Britanie în anul 1895 (METCALF & EDDY, 1979). De atunci, acest proces a fost continuu dezvoltat și aplicat pe scară largă, în scopul tratării apelor reziduale și a stabilizării nămolurilor. Criza energetică de la începutul anilor '70 a adus o nouă provocare cu privire la utilizarea combustibililor regenerabili, inclusiv a biogazului rezultat din procesele AD. Interesul pentru biogaz a crescut până astăzi, datorită eforturilor globale de înlocuire a combustibililor fosili utilizați pentru producerea energiei cu unii regenerabili, precum și a necesității găsirii unor soluții sustenabile pentru tratamentul și reciclarea gunoiului de origine animală și a deșeurilor organice.

În prezent, cea mai importantă aplicație a proceselor AD o reprezintă producerea de biogaz în instalații speciale, prin procesarea substraturilor provenite din agricultură, precum gunoiul animal, reziduurile vegetale, culturile energetice sau deșeurile organice rezultate din activitățile agro-industriale și din industria alimentară. Conform Agenției Internaționale pentru Energie (IEA), un număr de câteva mii de fabrici agricole care utilizează procesul AD sunt funcționale în Europa și în America de Nord. Multe dintre acestea sunt reprezentate de instalații avansate din punct de vedere tehnologic, construite la scară mare, numărul lor cunoscând o creștere considerabilă în ultimii ani. Numai în Germania, mai mult de 3.700 de fabrici pentru biogaz funcționau în anul 2007. În Asia, câteva milioane de digestoare mici, simple, pentru biogaz, sunt funcționale în țări precum China, India, Nepal și Vietnam, acestea producând combustibil pentru gătit și iluminat.

Se estimează că la nivel european există un potențial considerabil pentru creșterea producției actuale de biogaz, pe baza activităților din domeniul zootehnic. După lărgirea UE, noile țări membre ale Europei de Est trebuie, de asemenea, să utilizeze aceste tehnologii și să beneficieze de pe urma potențialului lor ridicat pentru biogaz. Implementarea tehnologiilor AD în aceste țări va contribui la reducerea unui număr mare de probleme de poluare a mediului, odată cu intensificarea dezvoltării durabile a comunităților rurale și a sectorului agricol în ansamblu.

Biogazul produs prin procesul AD este ieftin și constituie o sursă de energie regenerabilă, acesta producând, în urma combustiei, CO<sub>2</sub> neutru și oferind posibilitatea tratării și a reciclării unei întregi varietăți de reziduuri și produse agricole secundare, a diverselor bioreziduuri, a apelor reziduale organice provenite din industrie, a apelor menajere și nămolurilor de canalizare, pe o cale sustenabilă și “prietenoasă” cu mediul înconjurător. În același timp, biogazul aduce un mare număr de beneficii de natură socio-economică, atât pentru fermierii implicați în mod direct în producerea acestuia, cât și la nivelul întregii societăți. Din toate aceste motive, biogazul rezultat prin procesele AD constituie una dintre principalele priorități ale strategiei europene privitoare la biocombustibili și energie regenerabilă.

Teodorita Al Seadi și Dominik Rutz



## Scop și modul de utilizare a ghidului practic

Una dintre problemele majore ale crescătorilor de animale interesați de tehnologiile producerii biogazului este lipsa unei surse unice de informare cu privire la procesul AD, la aspectele tehnice și non-tehnice ale planificării, la construirea și exploatarea fabricilor de biogaz, precum și în ceea ce privește utilizarea biogazului și a digestatului. Toate aceste informații se găsesc împrăștiate prin literatură și, de aceea, a fost necesară o abordare unitară și clarificarea acestora.

Ghidul cuprinde patru părți principale. Prima parte, *“Ce este biogazul și de ce avem nevoie de el”*, furnizează informațiile de bază despre tehnologiile de producere a biogazului, descriind procesul microbiologic al AD și principalele aplicații ale acestuia, utilizarea sustenabilă a biogazului și a digestatului precum și principalele componente și caracteristici tehnice ale unei fabrici de biogaz. A doua parte a manualului, *“Cum să începem”*, arată cum să fie abordată planificarea și construirea unei fabrici de biogaz, elementele de siguranță care trebuie luate în considerare și posibilele costuri și beneficii ale unei asemenea întreprinderi. Toate acestea sunt argumentate cu ajutorul unui instrument de calcul EXCEL. A treia parte, *“Anexe”*, include explicarea termenilor, prescurtări, unități de conversie, literatura recomandată și adrese utile. Partea a patra, *“Implementarea uzinelor de biogaz în...”*, conține informații despre potențialul de producție de biogaz și despre starea de fapt din România în anul 2008, legislația națională în domeniu, principalele încurajări și piedici în dezvoltarea producției de biogaz în țara noastră, adrese utile și link-uri web etc.

Ghidul pentru biogaz se dorește a fi un ghid “cum să abordez”, care să dea informații de bază despre biogazul de proveniență AD, cu axare în special pe fabricile agricole de biogaz. Scopul este acela al furnizării unei surse de informare cu privire la aspectele tehnice și nontehnice ale producției de biogaz din agricultură. Ghidul se adresează crescătorilor de animale, operatorilor viitoarelor fabrici de biogaz și, în general, fermierilor care doresc să abordeze acest domeniu.

## Ce este biogazul și de ce avem nevoie de el?

### 1 Avantaje ale tehnologiilor pentru biogaz

Producerea biogazului prin procesul AD și utilizarea sa furnizează multe beneficii de ordin socio-economic, dar și de mediu, atât la nivelul întregii societăți, cât și pentru fermierii implicați în mod direct în această activitate. Valorizarea intrinsecă a lanțului tehnologic de producere a biogazului crește eficiența economică locală, asigură locuri de muncă în domeniul rural și crește puterea de cumpărare regională. Aceasta conduce la îmbunătățirea standardelor de viață și contribuie la dezvoltarea economică și socială de ansamblu a societății.

#### 1.1 Beneficii la nivelul societății

##### 1.1.1 Sursă de energie regenerabilă

În prezent, producerea la nivel global a energiei este în mare măsură dependentă de sursele de energie fosilă (petrol brut, lignit, antracit, gaze naturale). Aceste surse sunt rezultatul fosilizării resturilor plantelor și animalelor moarte, care au fost expuse la presiune și temperatură în scoarța terestră timp de sute de milioane de ani. Din această cauză, combustibilii fosili reprezintă surse neregenerabile de combustibili, ale căror rezerve sunt consumate mult mai repede decât sunt formate cele noi.

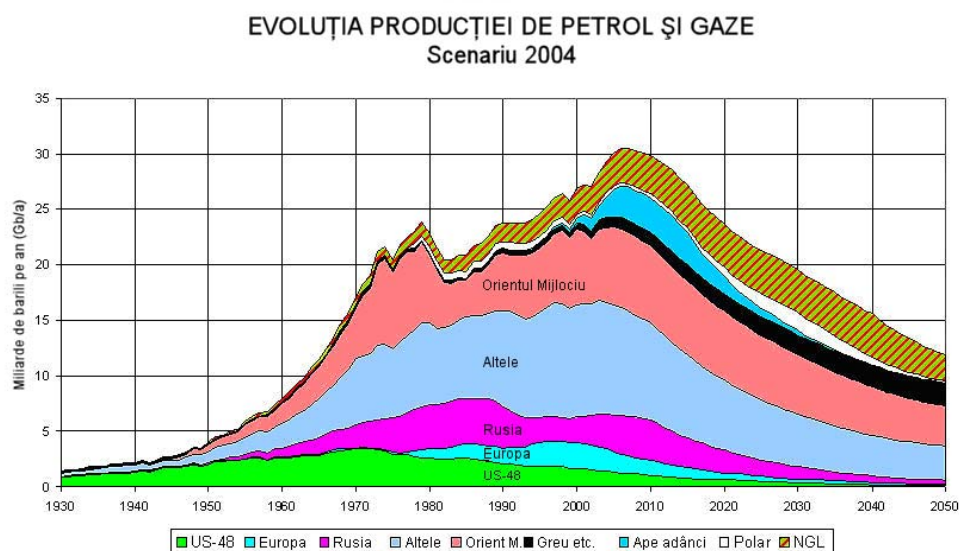


Figura 1. 1. Scenariu pentru producția mondială de petrol și vârful producției de petrol (ASPO, 2008)

Producția de vârf a petrolului este definită drept “momentul în care este atinsă rata globală maximă a producției de petrol brut, după care această rată de producție intră în declinul ei final”. După diferiți cercetători, producția de vârf a petrolului a fost deja atinsă, sau urmează să fie atinsă în următoarea perioadă (Figura 1.1.). Față de combustibilii fosili, biogazul rezultat prin AD este regenerabil în mod permanent, pe măsură ce este produs din biomasă, care nu reprezintă altceva decât stocarea actuală a energiei solare prin procesul de

fotosinteză. Biogazul produs prin procesul AD nu numai că va îmbunătăți bilanțul energetic al unei țări, ci va aduce și o contribuție importantă la conservarea resurselor naturale și la îmbunătățirea condițiilor de mediu.

### **1.1.2 Emisii reduse de gaze cu efect de seră și diminuarea încălzirii globale**

Utilizarea combustibililor fosili, precum lignitul, antracitul, petrolul brut și gazele naturale, convertește carbonul stocat timp de milioane de ani în scoarța terestră și îl eliberează sub formă de dioxid de carbon ( $\text{CO}_2$ ) în atmosferă. Creșterea concentrației  $\text{CO}_2$  atmosferic în prezent are drept consecință încălzirea globală, deoarece dioxidul de carbon este un gaz cu efect de seră (GHG). Arderea biogazului, de asemenea, eliberează  $\text{CO}_2$ . Totuși, principala diferență, prin comparație cu combustibilii fosili, este aceea a originii carbonului din biogaz, care este recent preluat din atmosferă, prin activitatea fotosintetică a plantelor actuale. Prin urmare, ciclul carbonului din biogaz este închis într-o perioadă foarte scurtă de timp (între unul și câțiva ani). Producția de biogaz prin procesul AD reduce, de asemenea, și emisiile de metan ( $\text{CH}_4$ ) și de oxid azotos ( $\text{N}_2\text{O}$ ), rezultate în urma depozitării și utilizării gunoierului animal ca îngrășământ. Potențialul efectului de seră al metanului este de 21 de ori mai mare, iar cel al oxidului azotos de 296 de ori mai ridicat, în comparație cu acela al dioxidului de carbon. Prin urmare, utilizarea biogazului în locul combustibililor fosili pentru producerea și transportul energiei reduce emisiile de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  și  $\text{N}_2\text{O}$ , contribuind, în acest fel, la reducerea încălzirii globale.

### **1.1.3 Dependență scăzută de importul de combustibili fosili**

Combustibilii fosili reprezintă resurse limitate, concentrate în puține zone geografice de pe planeta noastră. Acest lucru creează, pentru țările situate în afara acestor areale, o stare permanentă și nesigură de dependență de importul de resurse energetice. Cele mai multe țări europene sunt foarte puternic dependente de importurile de energie fosilă din regiuni bogate în surse de combustibili fosili, precum Rusia și Orientul Mijlociu. Dezvoltarea și implementarea sistemelor de energie regenerabilă, cum este biogazul de proveniență AD, bazate pe resurse naționale și regionale, vor crește sustenabilitatea și siguranța rezervelor naționale de energie și vor reduce dependența de importul de energie.

### **1.1.4 Contribuție la directivele UE pentru energie și protecția mediului**

Lupta împotriva încălzirii globale reprezintă una dintre principalele priorități ale politicilor europene pentru energie și mediu. Directivele europene referitoare la producția de energie regenerabilă, la reducerea emisiilor de GHG și la managementul sustenabil al deșeurilor se bazează pe angajamentul statelor membre de a implementa măsuri potrivite în scopul îndeplinirii acestora. Producerea și utilizarea biogazului din AD are potențialul de a satisface toate cele trei directive, simultan.

### **1.1.5 Reducerea deșeurilor**

Unul dintre principalele avantaje ale producerii biogazului este capacitatea de a transforma deșeurile în resurse valoroase, prin utilizarea acestora ca materii prime pentru procesul AD. Multe țări europene se confruntă cu probleme uriașe, asociate unei supraproducții a deșeurilor organice rezultate din industrie, agricultură, precum și din activitățile casnice. Producerea biogazului reprezintă o cale foarte bună de satisfacere a reglementărilor naționale și europene din ce în ce mai restrictive din acest domeniu și de utilizare a deșeurilor organice pentru producerea de energie, urmată de reciclarea acestora ca îngrășăminte. Tehnologiile de producere a biogazului contribuie la reducerea volumului de deșeuri, precum și a costurilor determinate de înlăturarea acestora.

### **1.1.6 Crearea de noi locuri de muncă**

Dezvoltarea unui sector național în domeniul biogazului stimulează constituirea unor noi întreprinderi cu potențial economic semnificativ, care vor crește veniturile din zonele rurale și vor crea noi locuri de muncă. Comparativ cu utilizarea combustibililor fosili importați, producerea de biogaz prin tehnologia AD necesită o forță de muncă mult mai numeroasă pentru procesul de producție, pentru colectarea și transportul materiilor prime necesare, fabricarea echipamentului tehnic, execuția lucrărilor de construcții și exploatarea fabricilor de biogaz.

### **1.1.7 Utilizare flexibilă și eficientă a biogazului**

Biogazul este o sursă flexibilă de energie, potrivită multor aplicații. În țările dezvoltate, una dintre cele mai simple aplicații ale acestuia o reprezintă gătitul și iluminatul. În multe dintre țările europene, biogazul este folosit pentru co-generarea energiei termice și electrice (CHP). De asemenea, biogazul este îmbunătățit și folosit pentru alimentarea rețelei de gaze naturale, utilizat drept combustibil pentru autovehicule sau în tehnologiile pilelor electrice.

### **1.1.8 Reducerea necesarului de apă**

Prin comparație cu alți biocombustibili, biogazul necesită cele mai scăzute aporturi de apă tehnologică. Acest lucru este important, din punct de vedere al eficienței energetice a biogazului, din cauza preconizatei crize a apei, prevăzută în multe regiuni ale lumii.

## **1.2 Beneficii pentru fermieri**

### **1.2.1 Venituri suplimentare pentru fermieri**

Producerea materiilor prime, combinată cu activitatea fabricilor de biogaz, face tehnologiile biogazului atractive din punct de vedere economic și contribuie la creșterea veniturilor fermierilor. În plus față de veniturile suplimentare, aceștia obțin noi și importante funcții sociale, precum cele de furnizori de energie și de operatori pentru tratarea deșeurilor.

## 1.2.2 Digestatul, un îngrășământ valoros

O fabrică de biogaz nu constituie numai un furnizor de energie. Biomasa animalieră rezultată în urma procesului AD, numită digestat, reprezintă un îngrășământ valoros al solului, bogat în azot, fosfor, potasiu și micronutrienți, care poate fi aplicat pe teren cu echipamentele obișnuite, folosite și în cazul gunoiului de grajd lichid. Comparativ cu gunoiul animal brut, digestatul prezintă o eficiență îmbunătățită ca fertilizator, datorită omogenității sale ridicate și a disponibilității mai mari a nutrienților, un raport mai bun C/N și lipsa aproape totală a mirosurilor neplăcute.

## 1.2.3 Circuit închis al nutrienților

Circuitul nutrienților, prin procesul producerii biogazului – de la producția de materii prime la aplicarea digestatului ca îngrășământ – este unul închis. Compușii cu carbon (C) sunt reduși, prin procesul de digestie anaerobă, metanul (CH<sub>4</sub>) fiind folosit pentru producerea de energie, în timp ce dioxidul de carbon (CO<sub>2</sub>) este eliberat în atmosferă, de unde este preluat de către plante, în cursul fotosintezei. Unii compuși ai carbonului rămân în digestat, îmbunătățind conținutul în carbon al solurilor, atunci când digestatul este utilizat ca îngrășământ. Producția de biogaz poate fi perfect integrată în activitatea fermelor convenționale sau a fermelor organice, unde digestatul înlocuiește îngrășămintele anorganice obișnuite, produse cu consumul unei mari cantități de energie fosilă. Figura 1.2. prezintă circuitul închis, sustenabil, al biogazului.

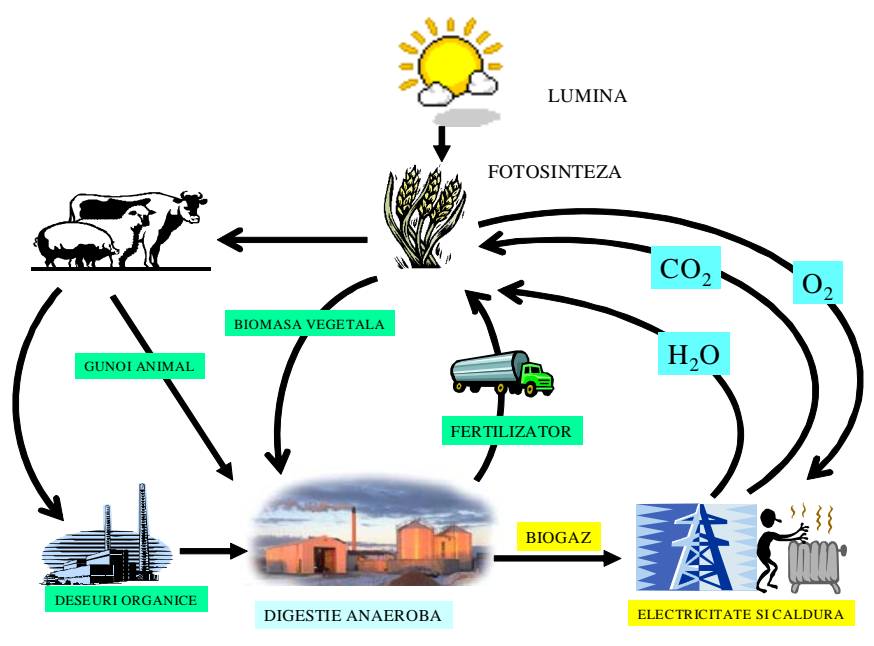


Figura 1.2. Circuitul sustenabil al biogazului provenit din procesul AD (AL SEADI, 2002)

## 1.2.4 Flexibilitate în utilizarea diferitelor tipuri de materii prime

Pentru producerea biogazului pot fi folosite numeroase tipuri de materii prime: gunoi animal, resturi vegetale, deșeurile organice provenite din fermele de producere a lactatelor, din industria alimentară și agro-industrii, nămoluri de canalizare, fracția organică din deșeurile

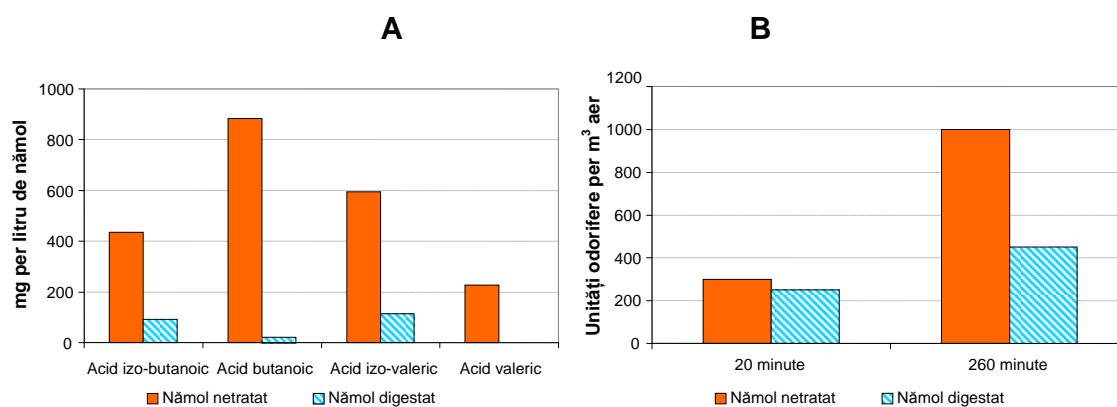
orășenești, deșeuri organice menajere, din serviciile de catering și culturi de plante energetice. Biogazul poate fi, de asemenea, colectat și direct de la rampele de gunoi.

Unul dintre principalele avantaje ale producerii biogazului constă în abilitatea de utilizare a așa-numitei biomase umede, drept materie primă. Exemple de biomasă umedă sunt: nămolurile de canalizare, nămolurile provenite din fermele pentru lactate și din cele de creștere a porcilor, nămolul de flotație rezultat din procesarea alimentelor, toate caracterizate de un conținut de umiditate de mai mult de 60-70%.

În ultimii ani, a fost utilizată și biomasa provenită dintr-o serie întreagă de plante energetice de cultură (cereale, porumb, semințe de rapiță etc.) drept materie primă pentru producerea biogazului, așa cum s-a întâmplat, de exemplu, în Austria. La acestea se mai adaugă diverse reziduuri agricole, produse agricole vegetale depreciate, improprii pentru consum sau rezultate în urma condițiilor de creștere și climatice nefavorabile, care pot fi utilizate pentru producția de biogaz și de îngrășăminte. De asemenea, un număr de produse secundare animaliere, improprii consumului uman, pot fi procesate în fabricile de biogaz. O descriere detaliată a substraturilor AD reprezintă subiectul Capitolului 3.1.

### 1.2.5 Miroșuri slabe și insecte puține

Depozitarea și aplicarea gunoiului animal lichid, a celui solid, dar și a multor deșeuri organice creează surse de miroșuri neplăcute și persistente și atrag insectele. AD reduce aceste miroșuri cu mai mult de 80%. Digestatul este aproape inodor, iar amoniacul remanent dispare rapid după aplicarea sa ca îngrășământ în câmp. Figura 1.3. ilustrează reducerea miroșurilor în urma procesului AD.



**Figura 1.3. A: Concentrația de acizi grași volatili ce provoacă miroșuri neplăcute în nămolurile netratate și în cele digestate**

**B: Concentrația miroșurilor neplăcute în probele de aer colectate deasupra câmpului, după aplicarea nămolului netratat și a nămolului digestat (HANSEN, 2004)**

### 1.2.6 Securitate veterinară

Utilizarea digestatului ca îngrășământ îmbunătățește securitatea veterinară, în comparație cu folosirea gunoiului animal brut. Tehnologia AD implică măsuri sanitare controlate, în vederea conformării digestatului pentru utilizarea sa ca îngrășământ. Igienizarea digestatului se poate realiza prin menținerea acestuia la temperatura de digestie termofilă, ori prin

pasteurizarea sau sterilizarea sa sub presiune, în funcție de tipul materiei prime folosite. În toate cazurile, scopul îl constituie inactivarea agenților patogeni, a semințelor de buruieni sau a altor dăunători biologici și întreruperea lanțului de transmitere a bolilor.

## 2 Situația prezentă și potențialul pentru biogaz

### 2.1 Situația biogazului la nivel european și mondial

În ultimii ani, piața mondială pentru biogaz a crescut cu 20% până la 30% pe an. În Europa, țări precum Austria, Danemarca, Germania și Suedia sunt printre cele mai experimentate în ceea ce privește tehnologiile pentru biogaz și au reușit să stabilească piețe naționale competitive în domeniu. Pentru a dezvolta aceste piețe au fost efectuate intense cercetări RD&D, iar sectoarele pentru biogaz au primit subsidii guvernamentale considerabile și s-au bucurat și de sprijin public. Fermierii implicați, operatorii fabricilor de biogaz, precum și investitorii au acumulat cunoștințe importante, informații tehnice private și expertiză cu privire la tehnologiile biogazului.

Pe lângă tipurile de materii prime tradiționale, în țări precum Germania și Austria a fost inițiată și cultivarea plantelor energetice pentru producerea biogazului. Au fost întreprinse eforturi de cercetare însemnate, în direcția creșterii productivității și a diversității plantelor energetice, precum și pentru evaluarea potențialului acestora pentru biogaz. Au fost definite noi practici agricole, noile sisteme de rotație a culturilor, de intercultură și cultură combinată făcând obiectul unor cercetări și al unei dezvoltări intensive.

În ultimii ani, au fost efectuate importante cercetări cu privire la tehnologiile de conversie a materiilor prime în biogaz. Au fost introduse și adaptate noi tipuri de digestoare, de sisteme de alimentare, de facilități pentru depozitare, precum și o serie întreagă de alte echipamente. Atât sistemele de AD în mediu uscat, cât și în cel umed sunt îmbunătățite în mod continuu, prin activități de cercetare de înalt nivel, care se concentrează atât pe asigurarea stabilității operațiilor și a proceselor, pe performanțe, cât și pe găsirea unor noi combinații de substraturi.

Utilizarea biogazului pentru producția combinată de căldură și electricitate (CHP) a devenit aplicația standard pentru cea mai mare parte a proiectelor pentru biogaz din Europa. În țări precum Suedia, Olanda și Germania, biogazul îmbunătățit a fost, de asemenea, utilizat și ca biocombustibil pentru transport. În aceste țări au fost stabilite rețele de distribuție și construite stații de îmbunătățire și îmbuteliere. Îmbunătățirea biogazului și alimentarea rețelei de gaze naturale reprezintă o aplicație relativ recentă, iar primele instalații de alimentare a rețelei de gaze naturale cu biometan au fost realizate în Germania și Austria. Cea mai nouă utilizare a biogazului este cea din domeniul pilelor electrice, care deja reprezintă o tehnologie evoluată și disponibilă comercial, funcționând în țări precum Germania.

Producția integrată de biocombustibili (biogaz, bioetanol, biodiesel), de alimente și de materii prime pentru industrie reprezintă astăzi un domeniu important pentru cercetare, ca parte integrantă a conceptului de biorafinare. În cadrul acestui concept integrat, biogazul furnizează energia necesară procesării, pentru producerea de biocombustibil lichid, în timp ce produsele secundare astfel rezultate sunt folosite drept materii prime pentru procesul AD. Se consideră că procesul integrat de biorafinare oferă o serie de avantaje în legătură cu eficiența energetică, cu performanțele economice și reducerea emisiilor de GHG. Din acest motiv, în

Europa și în întreaga lume a fost implementat un număr de proiecte pilot, ale căror rezultate finale vor fi disponibile în anii următori.

## 2.2 Potențialul energetic al biogazului în Europa și în lume

Potențialul mondial al producției de energie pe bază de biomasă se estimează a fi la un nivel foarte ridicat. Evaluarea potențialului energetic al biomasei se bazează pe numeroase studii, scenarii și simulări, care demonstrează faptul că numai o mică parte a acestuia este folosită în prezent. Potrivit aceluiași cercetări, gradul de utilizare a biomasei ar putea fi crescut semnificativ în viitorul apropiat.

Asociația Europeană pentru Biomasă (AEBIOM) estimează că producția europeană de energie, având ca bază biomasa, poate fi crescută de la 72 Mtoe în 2004 la 220 Mtoe în 2020. Cel mai mare potențial de creștere corespunde biomasei de origine agricolă. Conform AEBIOM, în țările UE27 pot fi utilizate între 20 și 40 de milioane de hectare (Mha) de teren pentru producția agricolă de energie, fără a fi afectată producția alimentară a Uniunii. În această privință, biogazul joacă un rol important, având un potențial pentru dezvoltare foarte ridicat. Pentru conversia biomasei în biogaz prin procesul AD pot fi folosite diferite tipuri de reziduuri: deșeuri și produse secundare provenite din agricultură, din agro-industria și industria alimentară, din gospodării și, în general, deșeuri rezultate dintr-o multitudine de activități cotidiene ale societății.



**Figura 2.1. Rețeaua europeană de transport a gazelor naturale și potențialele coridoare (în galben) potrivite injecției de biometan, obținut prin procesul de îmbunătățire a biogazului (THRÂN, 2007)**

La nivel european, estimarea potențialului energetic al biogazului este destul de dificil de realizat, din cauza numărului mare de variabile care trebuie luate în calcul. Spre exemplu, potențialul energetic al biogazului depinde de disponibilitatea terenurilor care să fie dedicate culturilor agricole energetice, fără a fi afectată producția alimentară, de productivitatea acestor culturi, de randamentul diferitelor substraturi de generare a metanului, precum și de eficiența energetică totală a utilizării biogazului. Institutul German pentru Energie și Mediu a stabilit că, în Europa, potențialul energetic al biogazului este suficient de mare pentru a putea



înlocui consumul total de gaze naturale, prin injecția de biogaz îmbunătățit (biometan) în rețea (Figura 2.1.).

În prezent, Germania, Austria, Danemarca și Suedia se numără printre cele mai avansate țări din Europa în domeniul tehnologiilor pentru biogaz, având cel mai mare număr de fabrici de acest fel, de ultimă generație. Un număr important de instalații de biogaz funcționează și în alte părți ale lumii. În China, de exemplu, în anul 2006, au fost identificate mai mult de 18 milioane de digestoare domestice pentru biogaz, potențialul total pentru biogaz chinezesc fiind estimat la 145 bilioane de metri cubi. De asemenea, în India există astăzi în funcțiune aproximativ 5 milioane de fabrici pentru biogaz mici. Alte țări, precum Nepalul și Vietnamul, posedă și ele un număr considerabil de instalații pentru biogaz. Cele mai multe fabrici de biogaz din Asia utilizează tehnologii simple și sunt, prin urmare, ușor de proiectat și de reprodus. De cealaltă parte a Atlanticului, SUA, Canada și multe țări ale Americii Latine sunt pe cale de a dezvolta sectoare moderne pentru biogaz, în această direcție fiind implementat, în fiecare dintre acestea, un cadru politic favorabil, pentru a veni în sprijinul acestui domeniu de activitate. Numărul mare de instalații de biogaz existente, care funcționează în diferite țări, dovedește faptul că, în prezent, tehnologiile pentru biogaz sunt evolute, sustenabile și oferă garanții economice solide.

### 3 Digestia anaerobă (AD)

AD reprezintă un proces biochimic, prin care substraturi organice complexe (biomasă vegetală și deșeuri, gunoi animal, deșeuri organice, ape reziduale, nămoluri provenite din sistemul de canalizare etc.) sunt descompuse, în absența oxigenului, până la stadiul de biogaz și digestat, de către diverse tipuri de bacterii anaerobe. Procesul AD este întâlnit în numeroase medii naturale, precum sedimentele oceanice, stomacul rumegătoarelor sau turbării.

Dacă substratul supus AD este constituit dintr-un amestec de două sau mai multe materii prime (de exemplu, gunoi animal și reziduuri organice din industria alimentară), procesul poartă numele de co-digestie. Co-digestia este întâlnită în cazul celor mai multe aplicații pentru biogaz.

#### 3.1 Substraturi pentru AD

Numeroase tipuri de biomasă pot funcționa ca substraturi (materii prime) pentru producerea de biogaz prin procesul AD. Cele mai întâlnite categorii de materii prime sunt următoarele:

- gunoiul de grajd
- reziduuri și produse agricole secundare
- deșeuri organice digerabile din industria alimentară și agro-industrii (de origine vegetală și animală)
- fracția organică a deșeurilor menajere și din catering (de origine vegetală și animală)
- nămoluri de canalizare
- culturi energetice (de exemplu, porumb, trestie chinezească – *Miscanthus*, sorg, trifoi)

Exemple din categoriile enumerate mai sus sunt ilustrate în Figurile 3.1., 3.2., și 3.3., iar în Tabelul 3.1. este prezentată o listă de deșeuri adecvate producerii biogazului.

Utilizarea gunoiului animal drept materie primă pentru procesul AD prezintă unele avantaje, datorită proprietăților acestuia:

- Conținut în inoculi ai bacteriilor anaerobe naturale.
- Conținut de apă ridicat (4-8% DM în gunoiul lichid), acționând ca solvent pentru celelalte co-substraturi și asigurând omogenizarea și fluiditatea corespunzătoare a biomasei.
- Ieftin și ușor accesibil, fiind colectat ca reziduu din fermele zootehnice.

În ultimii ani, a fost testat și introdus un alt tip de materie primă, pentru a fi supus procesului AD: așa-numitele plante energetice (DEC – culturi energetice dedicate), care sunt cultivate în mod special pentru scopul producției de energie/biogaz. Plantele energetice sunt reprezentate de plante de cultură ierboase (de exemplu, iarbă, porumb, rapiță) și lemnoase (de exemplu, salcie, plop, stejar), deși, în ultimul caz, este necesară aplicarea unui pre-tratament special pentru delignificare.

**Tabelul 3.1. Biodeșeuri adecvate tratamentului biologic (CATALOGUL EUROPEAN AL DEȘEURILOR, 2007)**

Cod deșeu	Descriere deșeu	
02 00 00 <sup>1</sup>	Deșeuri din agricultură, horticultură, acvacultură, silvicultură, vânătoare și pescuit, prepararea și procesarea alimentelor	Deșeuri din agricultură, horticultură, acvacultură, silvicultură, vânătoare și pescuit
		Deșeuri din prepararea și procesarea cărnii, peștelui și altor alimente de origine animală
		Deșeuri din prepararea și procesarea fructelor, legumelor, cerealelor, uleiurilor comestibile, cacao, a ceaiului și tutunului; din producția de conserve; din prepararea și fermentarea drojdiilor și extractelor pe bază de drojdie, melasei
		Deșeuri din procesarea zahărului
		Deșeuri din industria produselor lactate
		Deșeuri din industria de panificație și a produselor de cofetărie
		Deșeuri din industria băuturilor alcoolice și ne-alcoolice (cu excepția cafelei, ceaiului, și cacao)
03 00 00	Deșeuri din prelucrarea lemnului, dulgherit, producția de mobilă, industria de celuloză, hârtie și carton	Deșeuri din prelucrarea lemnului, dulgherit și din producția de mobilă
		Deșeuri din producția și prelucrarea celulozei, hârtiei și cartonului
04 00 00	Deșeuri din industria pielăriei, blănurilor și textilă	Deșeuri din industria pielăriei și blănurilor
		Deșeuri din industria textilă
15 00 00	Deșeuri de tipul ambalajelor, absorbantilor, cârpelor pentru curățat, materialelor filtrante și îmbrăcămintei de protecție, nespecificate altundeva	Ambalaje (inclusiv cele sortate la colectare din deșeurile orășenești de tip ambalaj)
19 00 00	Deșeuri provenite din instalațiile de management al deșeurilor, deșeuri evacuate de către uzinele pentru tratarea apelor uzate și pentru prepararea apei potabile și a apei utilizate în industrie	Deșeuri provenite din tratamentul anaerob al reziduurilor
		Deșeuri din instalațiile de management al apelor uzate, nespecificate altundeva
		Deșeuri din prepararea apei potabile sau a apelor industriale
20 00 00	Deșeuri orășenești (provenite din gospodăria și alte asemenea deșeuri comerciale și industriale) inclusiv deșeurile sortate la colectare	Fracțiunile de deșeuri sortate la colectare (exceptând 15 01)
		Deșeuri din grădini și parcuri (inclusiv deșeurile din cimitire)
		Alte deșeuri orășenești

1) Codul de 6 digiți se referă la numerotarea corespunzătoare din Catalogul European al Deșeurilor (EWC), adoptat printr-o Decizie a Comisiei Europene



Figura 3.1. Deșeuri solide orășenești, furnizate unei fabrici de biogaz din Germania (RUTZ, 2008)



Figura 3. 2. Deșeuri din catering (RUTZ, 2008)



Figura 3. 3. Siloz de porumb (RUTZ, 2008)

Substraturile procesului AD pot fi clasificate după originea acestora, conținutul de substanță uscată (DM), producția de metan, precum și după alte criterii. Tabelul 3.2. prezintă succint caracteristicile câtorva tipuri de materii prime digerabile. Substraturile cu conținut de substanță uscată mai mic de 20% sunt utilizate pentru așa-numita digestie umedă (unii autori o numesc fermentație umedă). Această categorie include gunoiul de grajd, precum și deșeurile organice umede provenite din industria alimentară. Când conținutul de substanță uscată este mai mare de 35%, tipul digestiei este denumit digestie uscată (fermentație uscată). Digestia uscată este tipică pentru cazul culturilor energetice și materialelor însilozate. Alegerea tipului și a cantității de materie primă pentru obținerea amestecului de substraturi supus procesului AD depinde de conținutul de substanță uscată, precum și de conținutul de glucide, lipide și proteine al acestuia.

Substraturile care conțin cantități mari de lignină, celuloză și hemiceluloză pot fi, de asemenea, co-digerate, dar în acest caz este aplicat un pre-tratament, de regulă cu scopul desfacerii structurilor compacte și de a le mări digerabilitatea.

Randamentul potențial în metan este unul dintre cele mai importante criterii de evaluare a diferitelor substraturi pentru procesul AD. Figura 3.4. prezintă randamentele în metan ale diferitelor tipuri de materii prime. De notat faptul că gunoiul de grajd are un randament destul de mic în metan. De aceea, în practică, gunoiul animal nu este supus ca atare procesului de digestie, ci în combinație cu alte co-substraturi cu un randament mare în metan, în scopul creșterii producției de biogaz. Cel mai des utilizate co-substraturi pentru co-digestie, împreună cu gunoiul de grajd, sunt reprezentate de reziduurile uleioase provenite din industriile alimentară, piscicolă și de catering, de deșeurile alcoolice din industria berii și a zahărului, precum și de culturile energetice dedicate.

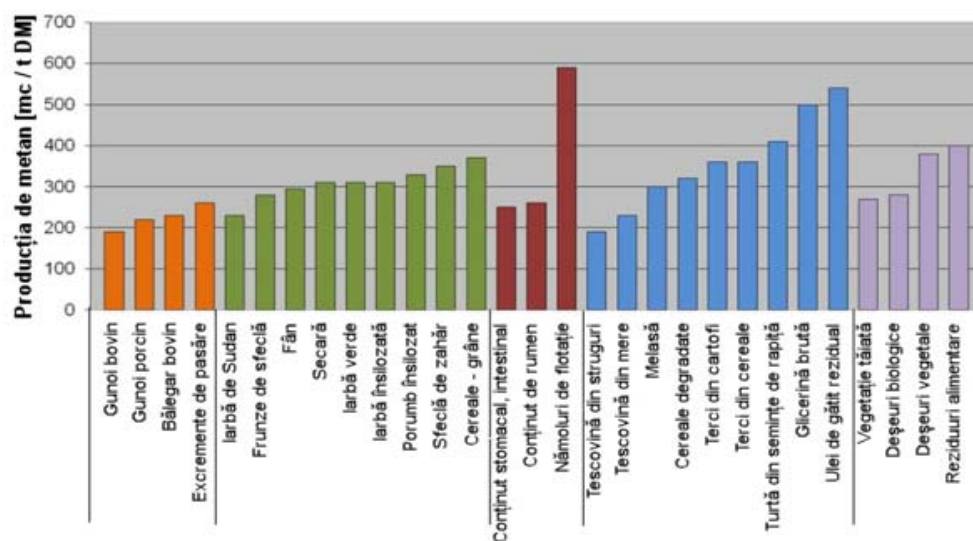


Figura 3.4. Valori de referință pentru randamentul specific în metan (PRAßL, 2007)

Tabelul 3.2. Caracteristicile câtorva tipuri de materii prime digerabile (AL SEADI, 2003)

Tipul de materie primă	Conținut organic	Raport C:N	DM %	VS % din DM	Producție de biogaz $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot VS$	Impurități fizice	Alte substanțe nedorite
Gunoi porcine	Glucide, proteine, lipide	3-10	3-8	70-80	0,25-0,50	Surcele de lemn, păr de porc, apă, nisip, sfuri, paie	Antibiotice, dezinfectanți
Gunoi bovine	Glucide, proteine, lipide	6-20	5-12	80	0,20-0,30	Surcele de lemn, pământ, apă, paie, lemn	Antibiotice, dezinfectanți, $NH_4^+$
Gunoi avicole	Glucide, proteine, lipide	3-10	10-30	80	0,35-0,60	Pietriș, nisip, pene	Antibiotice, dezinfectanți, $NH_4^+$
Conținut stomacal/intestinal	Glucide, proteine, lipide	3-5	15	80	0,40-0,68	Țesuturi animale	Antibiotice, dezinfectanți
Zer	75-80% lactoză 20-25% proteine	n.a.	8-12	90	0,35-0,80	Impurități din transport	
Zer concentrat	75-80% lactoză 20-25% proteine	n.a.	20-25	90	0,80-0,95	Impurități din transport	
Reziduuri de flotație	65-70% proteine 30-35% lipide					Țesuturi animale	Metale grele, dezinfectanți, poluanți organici
Ape de spălare din procese de fermentare	Glucide	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Resturi nedegradabile de fructe	
Paie	Glucide, lipide	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Nisip, pietriș	
Deșeuri din grădini		100-150	60-70	90	0,20-0,50	Pământ, componente celulozice	Pesticide
Iarbă		12-25	20-25	90	0,55	Pietriș	Pesticide
Fân		10-25	15-25	90	0,56	Pietriș	
Deșeuri de fructe		35	15-20	75	0,25-0,50		
Ulei de pește	30-50% lipide	n.a.					
Ulei de soia/margarină	90% ulei vegetal	n.a.					
Alcool	40% alcool	n.a.					
Resturi alimentare			10	80	0,50-0,60	Oase, plastic	Dezinfectanți
Deșeuri organice menajere						Plastic, metal, pietre, lemn, sticlă	Metale grele, poluanți organici
Nămoluri din sistemul de canalizare							Metale grele, poluanți organici

Materiile prime supuse procesului AD pot conține diverși contaminanți chimici, biologici sau fizici. Gunoiul de grajd și deșeurile vegetale pot fi contaminate cu agenți patogeni ai organismelor de proveniență. Deșeurile organice din industria alimentară, deșeurile menajere și nămolurile din sistemul de canalizare pot conține contaminanți chimici, biologici și fizici. Controlul calității tuturor tipurilor de materii prime este esențial, în scopul asigurării unei reciclări sigure a digestatului, sub formă de îngrășământ. Tabelul 3.3. prezintă încărcarea potențială cu impurități, contaminanți și agenți patogeni a câtorva tipuri de materii prime uzuale.

**Tabelul 3.3. Clasificarea câtorva tipuri de substraturi pentru procesul AD, în funcție de încărcarea potențială cu materiale-problemă, contaminanți și agenți patogeni (PRAßL, 2008)**

		Risc			
		<i>Sigur</i>	<i>Riscuri sanitare</i>	<i>Conținut de materiale problemă</i>	<i>Risc de contaminare</i>
Materii prime	<i>Materiale reziduale comunale</i>	Frunze, iarba tunsă		Biodeșeuri, deșeuri vegetale de pe marginea drumurilor	
	<i>Materiale reziduale industriale</i>	Deșeuri vegetale, borhot, terci etc.	Alimente expirate, alimente deteriorate prin transport		Reziduuri din industria uleiului
	<i>Reziduuri agricole</i>	Gunoi animal fluid, gunoi animal solid			Cu și Zn
		Frunze de sfeclă, paie			
	<i>Materii prime regenerabile</i>	Porumb însilozat, fân			
	<i>Deșeuri din abatoare</i>		Conținut din rumen, stomacal și intestinal, grăsimi separate, făină de sânge etc.		Grăsimi separate
	<i>Diverse</i>		Deșeuri din restaurante, deșeuri menajere		

Deșeurile de origine animală solicită o atenție deosebită, în cazul în care sunt utilizate ca substraturi pentru procesul AD. Directiva 1774/2002 a Parlamentului European stabilește regulile sanitare cu privire la manipularea și utilizarea produselor secundare nealimentare de natură animală. Directiva instituie reguli minimale și măsuri ce trebuie implementate și indică, de asemenea, tipurile de produse secundare nealimentare de natură animală care pot fi procesate în fabricile de biogaz. Directiva este disponibilă în întregime la adresa de web <http://www.europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/f81001.htm>.

### 3.2 AD – procesul biochimic

AD este un proces microbiologic de descompunere a substanțelor organice, în lipsa oxigenului. Principalele produse rezultate în urma acestui proces sunt biogazul și digestatul.

Biogazul este un gaz combustibil, constând, în principal, din metan și dioxid de carbon, utilizat, de regulă, pentru producerea curentului electric și a căldurii. Supus unui proces de îmbunătățire, biogazul poate fi introdus și în rețeaua de gaze naturale sau folosit drept combustibil pentru autovehicule, în pile electrice sau pentru producerea altor forme de

energie. După producerea biogazului, substratul descompus (digestatul) este reciclat prin introducere în sol, fiind folosit ca îngrășământ pentru plante.

În timpul procesului AD este generată o cantitate foarte mică de căldură, comparativ cu cazul descompunerii aerobe (în prezența oxigenului), așa cum este compostarea. Energia conținută în legăturile chimice ale substratului rămâne, în principal, înmagazinată în biogazul produs, sub formă de metan.

Procesul de formare a biogazului este rezultatul unor etape succesive, în care substanțele inițiale sunt continuu descompuse în molecule tot mai mici. În fiecare etapă sunt implicate grupe specifice de microorganisme. O diagramă simplificată a procesului AD este prezentată în Figura 3.5., în care sunt evidențiate cele patru etape principale ale procesului: hidroliza, acidogeneza, acetogeneza și metanogeneza.

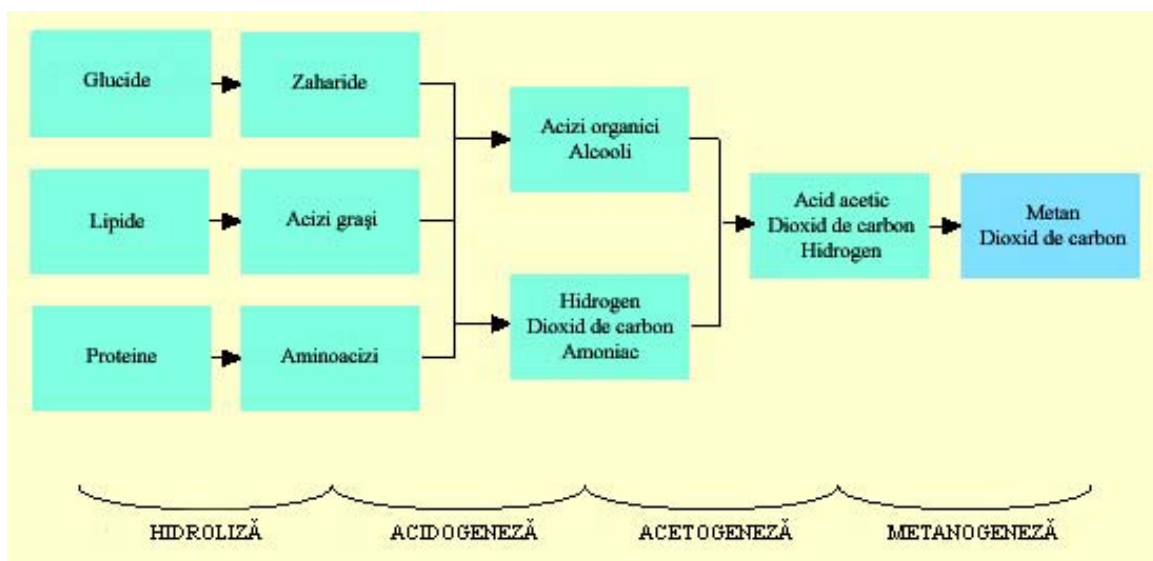


Figura 3.5. Principalele etape ale procesului AD (AL SEADI, 2003)

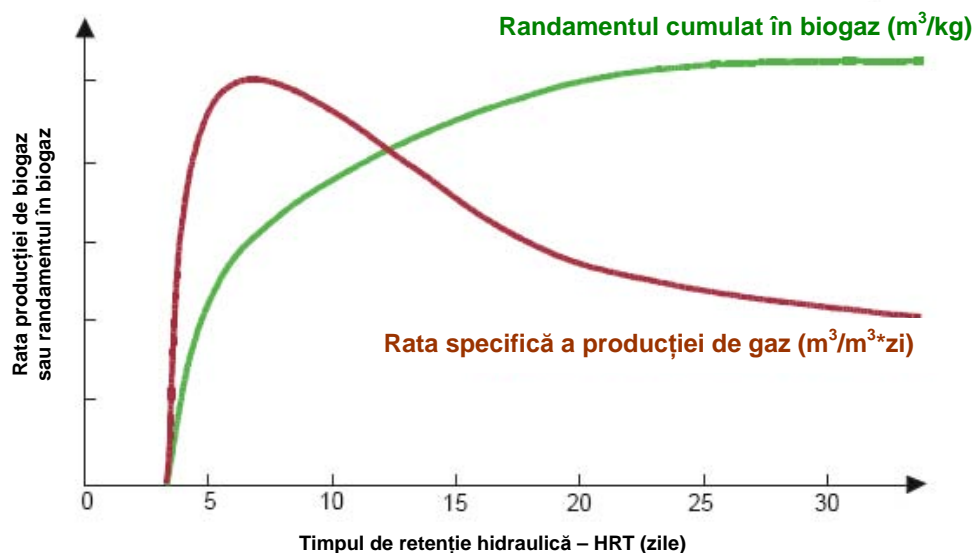
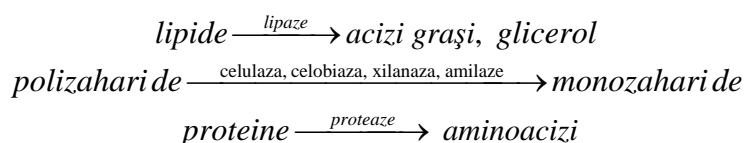


Figura 3.6. Producția de biogaz, după adăugarea substratului – test serie (STMUGV, 2004)

În timpul hidrolizei sunt produse cantități relativ mici de biogaz. Producția de biogaz atinge maximul în timpul metanogenezei. Legătura dintre randamentul producerii biogazului și HRT este prezentată în Figura 3.6..

### 3.2.1 Hidroliza

Teoretic, hidroliza este prima etapă a procesului AD, în timpul căreia substanțele organice complexe (polimerii) sunt descompuse în substanțe mai mici, numite mono- sau oligomeri. Polimeri precum glucidele, lipidele, acizii nucleici și proteinele sunt transformate în glucoză, glicerol, purine și pirimidine. Bacteriile hidrolitice secretă enzime hidrolitice, transformând biopolimerii în compuși mai mici și solubili, așa cum este arătat mai jos:



Lanțurile de procese prezentate au loc în paralel, în spațiu și timp, în interiorul tancului de digestie. Viteza procesului de descompunere totală este determinată de reacția cea mai lentă din lanț. În cazul fabricilor de biogaz care procesează substraturi vegetale care conțin celuloză, hemiceluloză și lignină, etapa de hidroliză este etapa determinantă de viteză. În procesul de hidroliză este implicată o varietate mare de bacterii, acesta realizându-se prin intermediul unor exoenzime bacteriene care atacă materia particulată, nedizolvată. Produsele rezultate în urma hidrolizei sunt ulterior descompuse/digerate de către bacteriile implicate în proces și utilizate, apoi, în cadrul propriului metabolism.

### 3.2.2 Acidogeneza

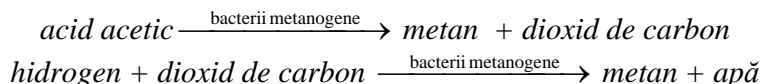
În timpul etapei de acidogeneză, produșii de hidroliză sunt transformați de către bacteriile acidogene (fermentative) în substraturi metanogene. Glucidele simple, aminoacizii și acizii grași sunt degradați până la acetat, dioxid de carbon și hidrogen (70%) precum și la acizi grași volatili (VFA) și alcooli (30%).

### 3.2.3 Acetogeneza

În timpul acetogenezei, produșii rezultați din acidogeneză, care nu pot fi transformați direct în metan de către bacteriile metanogene, sunt transformați în substraturi metanogene. VFA și alcoolii sunt oxidați la substraturi metanogene, precum: acetat, hidrogen și dioxid de carbon. Atât VFA, cât și alcoolii cu lanț de atomi de carbon mai lung de o unitate sunt oxidați până la acetat și hidrogen. Producerea hidrogenului conduce la creșterea presiunii sale parțiale. Acesta poate fi privit ca un “produs rezidual” al acetogenezei și inhibă metabolismul bacteriilor acidogene. În timpul metanogenezei, hidrogenul este transformat în metan. Acidogeneza și metanogeneza se desfășoară de obicei în paralel, ca simbioză a două grupe de microorganisme.

### 3.2.4 Metanogeneza

Producerea metanului și a dioxidului de carbon din produșii intermediari de reacție este realizată de către bacteriile metanogene. 70% din metanul format își are originea în acetat, în timp ce restul de 30% este produs prin conversia hidrogenului și a dioxidului de carbon, conform următoarelor reacții:



Metanogeneza reprezintă o etapă critică a întregului proces de digestie, constând, totodată, din cele mai lente reacții biochimice ale procesului. Metanogeneza este puternic afectată de condițiile de lucru. Compoziția materiei prime, rata de încărcare, temperatura și pH-ul sunt exemple de factori care influențează metanogeneza. Supraîncărcarea digesterului, variațiile de temperatură sau o pătrundere masivă a oxigenului determină, de obicei, oprirea producerii de metan.

### 3.3 Parametrii procesului AD

Eficiența procesului AD depinde de câțiva parametri critici. De aceea, este crucială asigurarea celor mai potrivite condiții de dezvoltare pentru microorganismele anaerobe. Creșterea și activitatea acestora sunt influențate semnificativ de lipsa totală a oxigenului, temperatură, valoarea pH-ului, conținutul de nutrienți, intensitatea amestecării, precum și de prezența și cantitatea inhibitorilor. Bacteriile metanogene sunt strict anaerobe, de aceea prezența oxigenului, în cursul procesului de digestie, trebuie evitată cu desăvârșire.

#### 3.3.1 Temperatura

Alegerea și controlul temperaturii sunt decisive pentru desfășurarea procesului AD. Temperatura necesară procesului este asigurată cu ajutorul sistemelor de încălzire prin podea și pereți, montate în interiorul digesterului. În practică, temperatura de lucru este aleasă în funcție de tipul materiei prime utilizate.

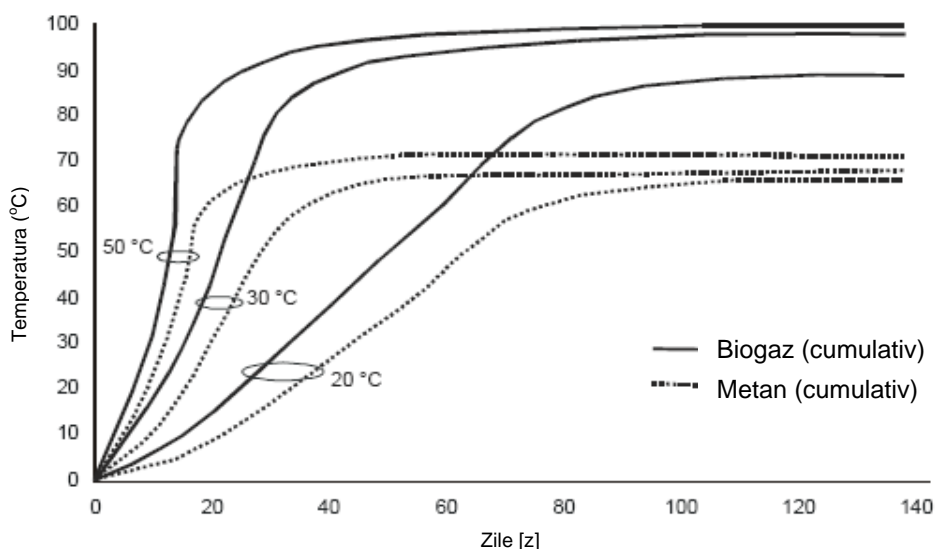
Procesul AD poate avea loc la diferite temperaturi, în funcție de care acesta este împărțit în trei tipuri: psihrofil (< 25<sup>0</sup>C), mezofil (25-45<sup>0</sup>C) și termofil (45-70<sup>0</sup>C). Între temperatură și HRT există o corelație directă (Tabelul 3.4.).

**Tabelul 3.4. Tipul termic al procesului AD și timpii de retenție corespunzători**

Tipul termic	Temperaturi de procesare	Timp minim de retenție
Psihrofil	< 20 °C	70 - 80 zile
Mezofil	30 - 42 °C	30 - 40 zile
Termofil	43 - 55 °C	15 - 20 zile

Figura 3.7. prezintă ratele producției relative de biogaz, în funcție de temperatura de procesare și de timpul de retenție.





**Figura 3.7. Rata producției relative de biogaz, în funcție de temperatura de procesare și de timpul de retenție (STMUGV, 2004)**

Multe fabrici de biogaz moderne europene funcționează la temperaturi cuprinse în intervalul termofil, datorită ratei ridicate de creștere a bacteriilor metanogene, la temperaturi înalte. Procesul AD termofil prezintă mai multe avantaje, comparativ cu cel mezofil și psihrofil:

- Distrugerea eficientă a agenților patogeni.
- Timpul de retenție redus, astfel, procesul fiind mai rapid și mai eficient.
- Digestibilitatea și disponibilitatea îmbunătățită a substraturilor.
- Degradarea mai bună a substraturilor solide și o utilizare mai eficientă a acestora.
- Posibilitatea mai bună de separare a fracțiilor lichide și solide.

Principalele dezavantaje ale procesului termofil sunt:

- Gradul mai mare de instabilitate.
- Necesități energetice mai mari, din cauza temperaturii ridicate.
- Riscul mai mare de inhibiție cu amoniac.

Temperatura de lucru influențează nivelul de toxicitate al amoniacului. Acesta crește odată cu temperatura și poate fi redus prin scăderea temperaturii procesului. Totuși, la o scădere a temperaturii sub 50°C, rata de creștere a microorganismelor termofile se va diminua drastic și poate apărea riscul eliminării populației microbiene, din cauza unei rate de creștere mai mici decât HRT, la momentul respectiv (ANGELIDAKI, 2002).

Un digester termofil cu funcționare optimă poate fi încărcat la un nivel mai mare sau să opereze la un HRT mai mic decât unul mezofil. Aceasta se datorează ratei de creștere a microorganismelor termofile, care este mai mare în comparație cu aceea a speciilor mezofile. (Figura 3.8.).

Experiența dovedește faptul că, la o încărcare mai mare sau la un HRT mai mic, digesterul termofil are o productivitate în gaz mai mare și o rată de conversie mai mare decât digesterul mezofil.

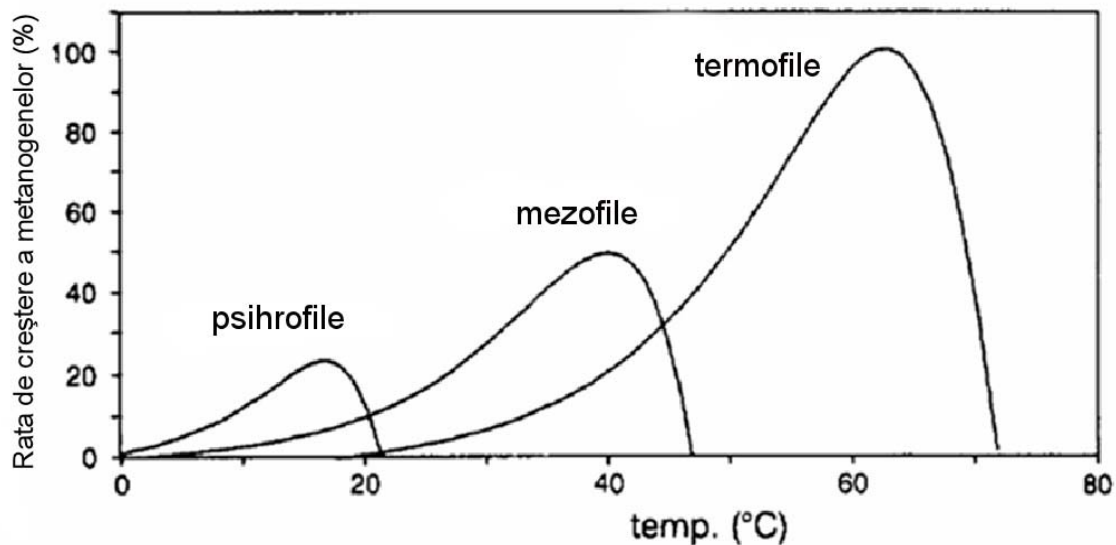


Figura 3.8. Ratele de creștere a microorganismelor metanogene psihrofile, mezofile și termofile (ANGELIDAKI, 2002)

Solubilitatea diverselor componente ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , VFA) depinde, de asemenea, de temperatură (Tabelul 3.5.). Acest lucru poate fi important, în cazul compușilor care pot prezenta un efect inhibitor asupra procesului.

Tabelul 3.5. Relația dintre temperatură și solubilitatea în apă a câtorva substanțe (ANGELIDAKI, 2002)

Gaz	Temperatură (°C)	Solubilitate mmol/l apă	Gradient de solubilitate 50°C-35°C
$\text{H}_2$	35	0,749	3,3 %
	50	0,725	
$\text{CO}_2$	35	26,6	36 %
	50	19,6	
$\text{H}_2\text{S}$	35	82,2	31 %
	50	62,8	
$\text{CH}_4$	35	1,14	19 %
	50	0,962	

Viscozitatea compușilor de digestie este invers proporțională cu temperatura. Substratul este mai fluid la temperaturi înalte, în acest caz fiind facilitată și difuzia substanțelor dizolvate.

Temperatura înaltă, în intervalul termofil, determină rate mai mari ale reacțiilor chimice, și, prin urmare, o eficiență mai ridicată a producției de metan, o solubilitate accentuată și o viscozitate redusă. Necesitățile energetice mai mari ale procesului termofil sunt compensate de productivități corespunzătoare în biogaz. Este importantă păstrarea constantă a temperaturii, în timpul procesului de digestie, deoarece schimbările sau fluctuațiile de temperatură vor afecta negativ producția de biogaz.

Bacteriile termofile sunt mult mai sensibile la fluctuațiile de temperatură de  $\pm 1^\circ\text{C}$  și necesită o perioadă mai mare de adaptare la noua temperatură, pentru a atinge maximum de productivitate în metan. Bacteriile mezofile sunt mai puțin sensibile. În acest caz, sunt tolerate fluctuații de temperatură de  $\pm 3^\circ\text{C}$ , fără o reducere semnificativă a producției de metan.

### 3.3.2 Valoarea pH-ului

Valoarea pH-ului oferă măsura acidității/bazicității unei soluții. pH-ul influențează creșterea microorganismelor metanogene și poate afecta disocierea unor compuși importanți pentru procesul AD (amoniac, hidrogen sulfurat, acizi organici). Formarea metanului are loc într-un interval relativ îngust al pH-ului, între aproximativ 5,5-8,5 unități, cu un interval optim între 7-8 unități, pentru cele mai multe bacterii metanogene, în timp ce cele acidogene, în multe cazuri, prezintă o valoare optimă a pH-ului mai scăzută.

Intervalul de pH optim pentru digestia mezofilă este situat între 6,5-8,0 unități, iar procesul este puternic inhibat dacă pH-ul scade sub valoarea 6,0 sau crește peste valoarea 8,3. Solubilitatea dioxidului de carbon în apă descrește odată cu creșterea temperaturii. Valoarea pH-ului în digestoarele termofile este, din acest motiv, mai mare decât în cele mezofile, deoarece dioxidul de carbon se dizolvă formând acid carbonic, prin reacție cu apa.

Valoarea pH-ului poate fi crescută de către amoniac, produs în timpul degradării proteinelor sau prin prezența acestuia în fluxul de alimentare, în timp ce acumularea de VFA scade valoarea pH-ului.

Valoarea pH-ului în reactoarele anaerobe este controlată, în principal, prin intermediul sistemului tampon bicarbonat. De aceea, valoarea pH-ului în digestoarele pentru biogaz depinde de presiunea parțială a CO<sub>2</sub> și de concentrația componentelor acide și bazice prezente în faza lichidă. În cazul acumulării de acizi sau baze, capacitatea tamponului temperează modificarea pH-ului, până la un anumit nivel. Atunci când este depășită capacitatea sistemului tampon, au loc modificări drastice ale valorii pH-ului, procesul fiind inhibat total. Din acest motiv, valoarea pH-ului nu poate fi recomandată ca un parametru de sine stătător, care să fie utilizată pentru monitorizarea procesului.

### 3.3.3 Acizii grași volatili (VFA)

VFA sunt compuși intermediari, produși în timpul acidogenezei, cu un lanț format din șase sau mai puțini atomi de carbon (de exemplu, acetat, propionat, butirat și lactat). Stabilitatea procesului AD depinde și de concentrația produșilor intermediari.

Instabilitatea procesului conduce la acumularea VFA în interiorul digestorului, ceea ce poate determina scăderea valorii pH-ului. Acumularea de VFA nu va fi întotdeauna concretizată prin scăderea valorii pH-ului, datorită capacității de tamponare a unor tipuri de biomasă. Gunoiul animal, spre exemplu, prezintă un surplus de alcalinitate, ceea ce înseamnă că acumularea de VFA trebuie să depășească un anumit nivel, înainte ca aceasta să poată fi detectată sub forma unei scăderi semnificative a valorii pH-ului. La un asemenea nivel, concentrația de acizi din digestor ar fi atât de mare încât procesul AD ar fi deja puternic inhibat.

Capacitatea de tamponare a substratului supus AD poate să varieze. Experiența daneză a arătat faptul că, în cazul gunoiului bovin, aceasta variază în funcție de anotimp, fiind influențată, probabil, de compoziția rației alimentare a vitelor. Valoarea de pH a gunoiului de grajd este, prin urmare, o variabilă greu de utilizat pentru identificarea dezechilibrului procesului, deoarece aceasta se modifică foarte puțin și foarte lent. Totuși, este important de subliniat faptul că valoarea pH-ului poate reprezenta o modalitate rapidă, relativ de încredere

și ieftină pentru înregistrarea dezechilibrului în sistemele mai slab tamponate, cum este cazul procesului AD aplicat diferitelor tipuri de ape reziduale.

Desfășurarea proceselor AD este influențată în mod diferit de către concentrațiile VFA, în sensul că una și aceeași concentrație a VFA poate fi optimă pentru un anumit tanc de digestie, în timp ce pentru un altul poate să fie inhibitoare. Una dintre posibilele explicații este aceea a variației compoziției populațiilor de bacterii de la un digester la altul.

Ca și în cazul pH-ului, concentrația VFA nu poate fi recomandată drept parametru de sine stătător pentru monitorizarea procesului.

### 3.3.4 Amoniacul

Principala sursă de amoniac, în cadrul procesului AD, este reprezentată de proteine. Amoniacul reprezintă un nutrient de bază și deține un rol important în cursul procesului AD. O concentrație prea mare de amoniac, mai ales sub formă neionizată, determină inhibarea procesului. Acest lucru se întâmplă, în mod obișnuit, în cazul procesului AD aplicat gunoiului de grajd, din cauza concentrației ridicate a amoniacului în urină. Din cauza efectului inhibitor, concentrația amoniacului trebuie menținută sub 80 mg/l. În special bacteriile metanogene sunt sensibile la amoniac. Concentrația amoniacului liber este direct proporțională cu temperatura, și, de aceea, există un risc ridicat de inhibare prin amoniac a proceselor AD ce au loc la temperaturi termofile, comparativ cu cele mezofile. Cauza o constituie forma neionizată a amoniacului, care reprezintă componenta activă responsabilă de inhibiția prin amoniac. Amoniacul liber,  $NH_3$ , este dovedit a reprezenta fracția de amoniac care determină, de fapt, inhibiția. Concentrația amoniacului liber se calculează cu ajutorul relației de echilibru:

$$[NH_3] = \frac{[T - NH_3]}{\left(1 + \frac{H^+}{k_a}\right)}$$

unde  $[NH_3]$  și  $[T - NH_3]$  reprezintă concentrațiile amoniacului liber și, respectiv, totalul de amoniac, iar  $k_a$  reprezintă constanta de disociere, a cărei valoare crește odată cu temperatura. Aceasta înseamnă că o valoare în creștere a pH-ului și creșterea temperaturii conduc la o inhibiție ridicată, deoarece toți acești factori cresc fracția de amoniac liber. Atunci când un proces este inhibat de către amoniac, va rezulta o creștere a concentrației VFA, care, la rândul ei, va determina o scădere a pH-ului. Acest lucru va contracara parțial efectul amoniacului liber, datorită scăderii concentrației acestuia.

### 3.3.5 Oligoelemente, nutrienți și compuși toxici

Oligoelementele, precum fierul, nichelul, cobaltul, seleniul, molibdenul și wolframul sunt la fel de importante pentru dezvoltarea și supraviețuirea bacteriilor anaerobe ca și macronutrienții. Raportul optim al macronutrienților: carbon, azot, fosfor și sulf (C:N:P:S) este de 600:15:5:1. O insuficientă provizie de nutrienți și oligoelemente, precum și o digestibilitate prea ridicată a substratului, poate determina inhibiția și dereglarea procesului AD.

Un alt factor care influențează populațiile de bacterii anaerobe este prezența compușilor toxici. Aceștia pot fi introduși în sistemul AD odată cu materia primă, dar pot fi, de asemenea, generați și în cursul procesului. Determinarea unor valori prag ale acestora prezintă dificultate, întrucât substanțele toxice pot să se găsească sub formă fixată, în urma proceselor chimice, iar microorganismele anaerobe se pot adapta, între anumite limite, la condițiile variabile de mediu.

### 3.4 Parametri de lucru

#### 3.4.1 Capacitatea de încărcare

Construirea unei fabrici de biogaz combină atât condiții tehnice, cât și economice. Maximul producției de biogaz, obținut prin digestia completă a substratului, necesită un HRT mare și o dimensiune corespunzătoare a digesterului. În practică, alegerea proiectului sistemului (de exemplu, mărimea și tipul digesterului) reprezintă un compromis între maximul productivității în biogaz și rentabilitatea economică. În acest sens, capacitatea de încărcare este un parametru de lucru important, care indică masa substanței organice uscate ce poate fi încărcată în digester, pe unitatea de volum și de timp, conform ecuației de mai jos:

$$B_R = m * c / V_R$$

$B_R$	capacitatea de încărcare [kg/zi*m <sup>3</sup> ]
$m$	masa de substrat încărcată pe unitatea de timp [kg/zi]
$c$	concentrația substanței organice [%]
$V_R$	volumul digesterului [m <sup>3</sup> ]

#### 3.4.2 Timpul de retenție hidraulică (HRT)

Un parametru important care trebuie luat în calcul pentru dimensionarea digesterului este timpul de retenție hidraulică (HRT). HRT reprezintă intervalul de timp mediu în care substratul este păstrat în interiorul tancului de digestie. HRT este corelat cu volumul digesterului ( $V_R$ ) și cu volumul de substrat încărcat pe unitatea de timp, conform ecuației următoare:

$$HRT = V_R / V$$

HRT	timpul de retenție hidraulică [zile]
$V_R$	volumul digesterului [m <sup>3</sup> ]
$V$	volumul de substrat încărcat pe unitatea de timp [m <sup>3</sup> /d]

Conform ecuației de mai înainte, creșterea cantității încărcăturii organice scurtează HRT. Timpul de retenție trebuie să fie suficient de lung pentru a se asigura condiția ca numărul de bacterii îndepărtate odată cu efluentul (digestatul) să nu fie mai mare decât numărul bacteriilor rezultate prin reproducere (rata de duplicare a bacteriilor anaerobe este de 10 zile sau mai mult). Un HRT scurt asigură o rată bună a fluxului substratului, dar o productivitate în gaz mai mică. De aceea, este important să se adapteze HRT la rata de descompunere specifică substraturilor utilizate. Cunoscând HRT, încărcătura zilnică de materie primă și rata de descompunere a substratului, este posibil să se calculeze volumul necesar al digesterului.

### 3.4.3 Lista de parametri

Pentru evaluarea caracteristicilor fabricilor de biogaz, precum și pentru a efectua o comparație între diferitele sisteme folosite, poate fi utilizată o diversitate de parametri (Tabelul 3.6.).

În literatură sunt descrise două categorii principale de parametri:

- Date de lucru, care pot fi determinate prin măsurări.
- Parametri, care pot fi calculați cu ajutorul datelor măsurate.

Pentru a evalua capacitățile de performanță ale unei fabrici de biogaz trebuie realizată o analiză pe mai multe criterii. Evaluările pe baza unui singur parametru nu pot să garanteze niciodată rezultatul. Pentru a determina dacă o fabrică de biogaz poate să-și amortizeze investiția într-un interval de timp acceptabil, trebuie incluși întotdeauna parametri economici.

**Tabelul 3.6. Parametrii de lucru ai fabricilor de biogaz (SCHNELL, 2008)**

Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Mod de determinare
Temperatura	T	°C	Măsurare în timpul lucrului
Presiunea de lucru	P	Mbar	Măsurare în timpul lucrului
Capacitate, debit	V	m <sup>3</sup> /zi; t/zi	Măsurare
Volumul reactorului	V <sub>R</sub>	m <sup>3</sup>	Determinat prin construcție
Cantitatea de gaz	V pe zi V pe an	m <sup>3</sup> /zi m <sup>3</sup> /a	Măsurare în timpul lucrului și transformare în m <sup>3</sup>
Timpul de retenție hidraulic Timpul de retenție hidraulic minim garantat	HRT MGRT	Zi	Calculare cu ajutorul datelor de lucru
Încărcătura organică		kg oTS / (m <sup>3</sup> * zi)	Calculare cu ajutorul datelor de lucru
Concentrația metanului din biogaz	CH <sub>4</sub>	%	Măsurare în timpul lucrului
Randamentul specific în biogaz		%	Calculare cu ajutorul datelor de lucru
Producția specifică de biogaz		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Calculare cu ajutorul datelor de lucru
Energia brută		KWh	Determinare din cantitatea de biogaz și concentrația metanului
Producția de electricitate		KWh	Măsurare la generatorul BTTP
Energia de ieșire în rețeaua electrică		kWh	Măsurare la ieșirea din generatorul BTTP
Eficiența BTTP	η	%	Calculare cu ajutorul datelor de lucru
Furnizarea de energie termică / electrică a stației		kWh	Baza planificării, după măsurătorile din timpul lucrului
Furnizarea de energie termică / electrică specifică a stației		kWh/m <sup>3</sup> consumați kWh/GV	Calculare cu ajutorul datelor de lucru
Producția de energie		kWh	Suma energiilor care pot fi utilizate. Calculare cu ajutorul datelor de lucru

Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Mod de determinare
Randamentul uzinei	$\eta$	%	Energia netă rezultată din energia brută
Disponibilitatea		%	Procentul de ore dintr-un an în care fabrica funcționează la capacitate maximă
Exploatarea		%	Raportul dintre cantitatea reală intrată și capacitatea proiectată
Investiția totală		€	Totalul cheltuielilor efectuate la fabrica de biogaz
Subvenții		€	Pre-determinate
Procentul de subvenționare		%	Procentul tuturor subvențiilor raportate la investiția totală
Investiția specifică		€/m <sup>3</sup> de reactor €/GV	Perceptibilă numai când este utilizat gunoi animal domestic
Costurile de tratare specifice		€/m <sup>3</sup> consumați; €/GV	Calculare

## 4 Principalele aplicații ale biogazului

La nivelul societății moderne, producerea de biogaz prin intermediul procesului AD este larg utilizată pentru tratamentul reziduurilor provenite din crescătorii (gunoiului de grajd), pentru producerea de energie regenerabilă și pentru îmbunătățirea proprietăților de îngrășământ ale gunoiului animal.

În țări cu o importantă producție agricolă, continua înăsprire a legislației și reglementărilor cu privire la depozitarea și reciclarea gunoiului animal și a deșeurilor vegetale a condus la creșterea interesului pentru procesul AD. Mai mult, ultimele evoluții arată o preocupare din ce în ce mai mare în rândul fermierilor pentru cultivarea plantelor energetice, cu scopul utilizării acestora drept materie primă pentru producerea de biogaz.

AD reprezintă, de asemenea, principala tehnologie folosită pentru stabilizarea primară și secundară a nămolului provenit din sistemul de canalizare, pentru tratamentul apelor reziduale industriale rezultate din procesarea biomasei, a alimentelor și a produselor din industriile fermentative, precum și pentru tratarea fracției organice din deșeurile orășenești solide. O aplicație specială o reprezintă recuperarea biogazului din rampele de gunoi.

### 4.1 Fabricile agricole de biogaz

Fabricile agricole de biogaz procesează, în principal, substraturi provenite din agricultură (de exemplu, gunoi de grajd, reziduuri și produse secundare din culturile agricole, culturi energetice dedicate – DEC etc.).

Gunoiul animal bovin și cel porcine reprezintă materia primă de bază pentru cele mai multe fabrici de biogaz, deși, în ultimii doi ani, numărul fabricilor care utilizează DEC a crescut. Gunoiul de grajd brut este folosit, în mod obișnuit, drept îngrășământ organic, însă procesul AD îmbunătățește valoarea sa de îngrășământ prin:

- Gunoiul animal de diferite proveniențe (de exemplu, gunoiul bovin, porcine sau avicol) este amestecat în același digester, ceea ce conduce la un conținut mai echilibrat de nutrienți.
- Prin procesul AD, substanțele organice complexe sunt descompuse (inclusiv azotul organic), în acest mod crescându-se cantitatea de nutrienți absorbabili de către plante.
- Co-digestia gunoierului animal împreună cu alte substraturi (de exemplu, deșeuri de abator, grăsimi și uleiuri reziduale, deșeuri menajere, reziduuri vegetale etc.) adaugă o cantitate substanțială de nutrienți amestecului de materii prime.

După dimensiuni, modul de funcționare și amplasare, fabricile agricole de biogaz se împart în trei mari categorii:

- Fabrici de biogaz de nivel familial (la scară mică).
- Fabrici de biogaz de nivel fermier (de la scară medie la scară mare).
- Fabrici centralizate/de co-digestie (de la scară medie la scară mare).

#### 4.1.1 Fabrici de biogaz de nivel familial

Tehnologia utilizată pentru construirea unei fabrici de biogaz diferă de la o țară la alta, în funcție de condițiile climatice și de contextul național (de exemplu, politicile energetice, legislația, capacitatea industriei energetice etc.).

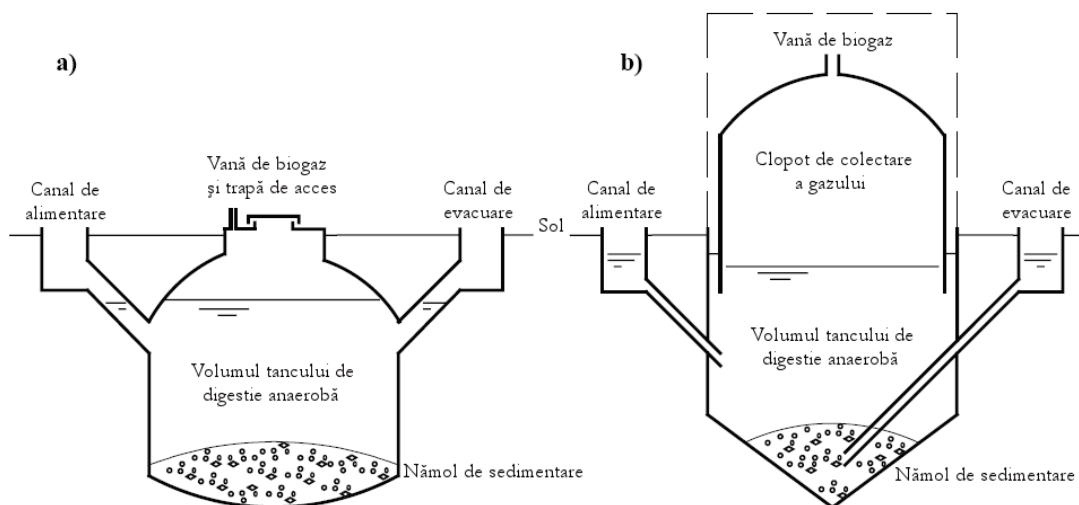
În țările în curs de dezvoltare, precum Nepalul, China sau India, funcționează milioane de fabrici de biogaz de nivel familial, care utilizează tehnologii foarte simple. Materia primă folosită în aceste fabrici de biogaz provine din gospodării și/sau din activitățile fermiere reduse ale acestora, iar biogazul produs este folosit pentru necesitățile casnice și iluminat. Digestoarele sunt simple, ieftine, robuste, ușor de manipulat și de întreținut și pot fi construite cu materiale disponibile la nivel local. De obicei, nu există instrumente de control și nici sisteme de încălzire a procesorului (mod de lucru psihrofil sau mezofil), deoarece multe dintre aceste digestoare funcționează într-un climat cald și prezintă un HRT lung.

a) Tipul chinezesc (Figura 4.1.a) este reprezentat de un reactor subteran, de obicei cu un volum de 6 până la 8 m<sup>3</sup>. Acesta este alimentat cu nămoluri de canalizare, gunoi animal și deșeuri menajere organice. Reactorul funcționează în mod semi-continuu, noile substraturi fiind adăugate o dată pe zi, cu aceeași periodicitate fiind evacuată și o cantitate egală de amestec lichid decantat. Acest reactor este de tip fără agitare, motiv pentru care suspensiile solide sedimentate trebuie îndepărtate de 2-3 ori pe an, ocazie cu care cea mai mare parte a substratului este scoasă și numai o mică parte (aproximativ o cincime din conținutul reactorului) este lăsată ca inocul. Primul reactor chinezesc a fost construit în 1958 (ANGELIDAKI & ELLEGARD, 2003).

b) Tipul indian (Figura 4.1.b) este similar celui chinezesc, adică un reactor subteran pentru deșeurile menajere și de fermă la scară mică. Diferența este că efluentul este colectat la partea de jos a reactorului, iar clopotul plutitor cu gaz funcționează și ca rezervor pentru biogaz.

c) Un alt tip de fabrică de biogaz la scară mică este acela al fabricii mobile, care constă dintr-un reactor cilindric orizontal, alimentat cu substrat la unul dintre capete, în timp ce digestatul este colectat la capătul opus. Substratul se deplasează prin reactor sub forma fluxului în bloc, o fracție a materialului evacuat fiind recirculată, în scopul diluării materiei prime nou adăugate, în acest mod realizându-se și inocularea.





**Figura 4.1. Tipuri de reactoare rurale pentru biogaz: a) Tipul chinezesc; b) Tipul indian (ANGELIDAKI & ELLEGAARD, 2003)**

#### 4.1.2 Fabrici de biogaz de nivel fermier

În prezent, interesul fermierilor pentru tehnologia AD este din ce în ce mai crescut. Producția de biogaz creează noi oportunități în afaceri, reduce cantitatea deșeurilor și produce un îngrășământ de înaltă calitate. La nivel mondial, există numeroase tipuri de fabrici pentru biogaz de nivel fermier. În Europa, țări precum Germania, Austria și Danemarca sunt printre pionierii producției de biogaz la scară de fermă.

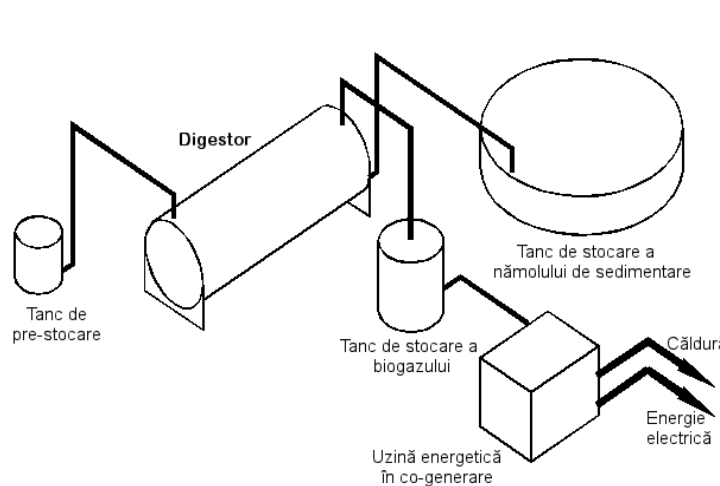
O fabrică de biogaz de nivel fermier deservește o singură fermă, digerând materia primă rezultată în cursul activității proprii. Multe fabrici de biogaz folosesc și co-digestia unor cantități mici de substraturi bogate în metan (de exemplu, deșeuri uleioase din industria de prelucrare a peștelui, reziduuri de uleiuri vegetale etc.), cu scopul creșterii productivității în metan. De asemenea, este posibilă și alimentarea cu gunoi animal provenit de la una sau două ferme vecine (de exemplu, prin conducte).

Fabricile pentru biogaz de nivel fermier prezintă dimensiuni variate, diverse tipologii constructive, precum și o serie întregă de tehnologii de procesare. Unele dintre aceste fabrici sunt de dimensiuni foarte mici și utilizează tehnologii simple, în timp ce altele sunt foarte mari și complexe, asemănătoare fabricilor centralizate de co-digestie (vezi Capitolul 4.1.3). Totuși, toate funcționează după același plan constructiv general: gunoiul este colectat într-un bazin de pre-stocare, situat în apropierea digesterului, care este alimentat prin pomparea materiei prime pre-stocate. Digesterul este construit sub forma unui rezervor etanș, realizat din oțel sau beton armat și izolat termic, pentru menținerea constantă a temperaturii procesului (mezofil, la aproximativ 35<sup>0</sup>C, sau termofil, la aproximativ 55<sup>0</sup>C).

Digestoarele pot fi de tip orizontal sau vertical, de obicei prevăzute cu sisteme de amestecare, în vederea omogenizării substratului și minimizării riscului de formare a straturilor de flotație și sedimentelor. Amestecarea asigură, de asemenea, și aprovizionarea microorganismelor cu toți nutrienții necesari. HRT mediu este, de obicei, de 20-40 zile, în funcție de tipul de substrat și de temperatura de digestie.

Digestatul este utilizat ca îngrășământ pe terenurile agricole ale fermei, iar surplusul este comercializat către fermele care posedă culturi vegetale din vecinătate. Biogazul produs este folosit drept combustibil într-un motor cu gaz, în scopul producerii energiei electrice și a căldurii. O cantitate de aproximativ 10-30% din căldura și energia electrică produsă în acest mod este folosită pentru necesitățile proprii ale fabricii de biogaz și pentru consumul menajer al fermei, în timp ce surplusul este vândut companiilor energetice, respectiv consumatorilor de energie termică din zonele învecinate.

Schema de bază a unei fabrici tipice de biogaz de nivel fermier, dotată cu un digester orizontal, din oțel inoxidabil, este prezentată în Figurile 4.2. și 4.3..



**Figura 4.2. Reprezentare schematică a unei fabrici de biogaz de nivel fermier, dotată cu un digester orizontal din oțel. Sursa: (HJORT-GREGERSEN, 1998).**

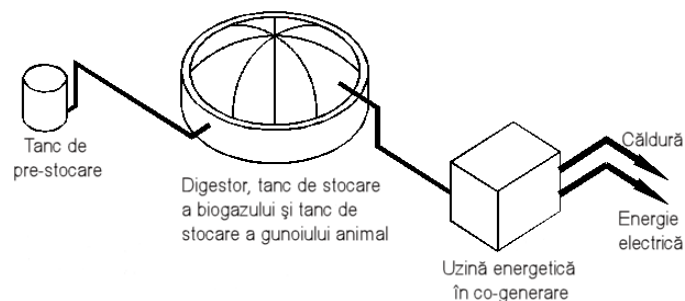
În afara digesterului, având un volum de 100-200 m<sup>3</sup> și echipat cu un sistem de amestecare lentă, fabrica mai cuprinde și un tanc de pre-stocare a gunoiului, un tanc de stocare a biomasei digestate, un spațiu de depozitare a biogazului și o unitate de co-generare a energiei electrice și termice (CHP). Temperatura procesului AD poate varia, din domeniul mezofil până la cel semi-termofil (35-48<sup>0</sup>C), iar timpul de retenție hidraulică, în intervalul de 15-25 zile. Producția de biogaz se situează între 40-50 m<sup>3</sup> de biogaz per m<sup>3</sup> de biomasă digerată.



**Figura 4.3. Digester orizontal, construit în Danemarca (Nordisk Folkecenter, 2001)**

Digesterul poate fi construit și sub forma unui cilindru vertical, cu baza conică (Figurile 4.4. și 4.5.), constând dintr-un tanc așa-numit “două într-unul”, folosit atât pentru stocarea materiei prime, cât și pentru digestie. Digesterul este construit în interiorul tancului de

stocare a digestatului, tangențial la peretele acestuia, și este acoperit cu ajutorul unei membrane impermeabile pentru gaz, care va fi menținută în stare tensionată sub influența biogazului produs. Tancul este prevăzut și cu un mixer electric cu elice. De asemenea, fabrica deține și un tanc de pre-stocare a co-substratului, precum și o unitate CHP. Temperatura de procesare este de 22-25<sup>0</sup>C, iar timpul de retenție hidraulică de peste 50 de zile.



**Figura 4.4. Reprezentare schematică a unei fabrici de nivel fermier, dotată cu un digester de tip “două într-unul”, acoperit cu o membrană ușoară (folie) (HJORT-GREGERSEN, 1998)**



**Figura 4.5. Imagine a unei fabrici de biogaz de nivel fermier din Danemarca, de co-digestie a gunoiului animal și a materialului provenit din culturi energetice (GROENGAS A/S)**



**Figura 4.6. Digester vertical din Germania, pentru procesarea dejecțiilor provenite din fermele de porci și păsări și a biomasei vegetale însilozate (KRIEG AND FISHER, 2008)**

O evoluție recentă în domeniul fabricilor de biogaz de nivel fermier este aceea a utilizării biomasei rezultate din culturi energetice dedicate. Avantajul constă în conținutul energetic al

acestui tip de biomasă, cu mult mai ridicat decât în cazul celor mai multe deșeuri organice. Totuși, apar unele limitări și probleme referitoare la costurile de operare, la modul de utilizare și la disponibilitatea terenului pentru acest tip de culturi.



Figura 4.7. Digester vertical din Germania, construit în 2005 pentru digestia biomasei provenite din culturi energetice (KRIEG & FISHER, 2008)

#### 4.1.3 Fabrici de co-digestie centralizate

Co-digestia centralizată reprezintă un concept bazat pe digestia gunoiului animal, colectat din mai multe ferme, într-o fabrică de biogaz amplasată central față de acestea. Localizarea centrală a fabricii de biogaz este făcută cu scopul reducerii costurilor, a timpului și a necesarului de forță de muncă pentru transportul gunoiului și a digestatului între fermă și fabrica de biogaz. Gunoiul animal este supus co-digestiei, împreună cu o varietate de tipuri de materii prime (de exemplu, reziduuri agricole digerabile, reziduuri din industriile alimentară, piscicolă și agro-industrii, deșeuri organice sortate sau nămol de canalizare). Fabricile de co-digestie centralizate (de asemenea, denumite și fabrici de co-digestie comune) sunt folosite la scară mare în Danemarca (Figura 4.8.), dar și în alte regiuni ale lumii cu un sector zootehnic dezvoltat.



Figura 4.8. Imagine a unei fabrici de co-digestie centralizată din Danemarca (LEMVIG BIOGAS)

Gunoiul animal (gunoiul de grajd bovin, cel porcine, precum și dejectiile provenite de la nurci și păsări) este depozitat în tancurile de pre-stocare ale fermei și în canalele pentru colectarea

nămolurilor. De la facilitățile de pre-stocare, gunoiul este transportat, conform unei scheme stabilite, până la fabrica de biogaz, în containere tubulare speciale, vidate. La destinație, acestea sunt amestecate cu alte co-substraturi, omogenizate și pompate în tancul de digestie. Fabrica de biogaz este responsabilă pentru colectarea și transportul gunoiului proaspăt de la ferme către fabrică și a digestatului în sens invers. Digestatul este transportat direct la suprafețele de teren pe care trebuie aplicat ca îngrășământ, unde fermierii și-au stabilit, deja, un număr de facilități de post-stocare a acestuia.

Procesul de digestie are loc atât la temperaturi mezofile, cât și la temperaturi termofile, iar HRT este de 12-25 zile. După digestie, are loc un proces controlat de igienizare a substratului, în scopul realizării unei reduceri eficiente a populațiilor de agenți patogeni și a capacității germinative a semințelor buruienilor, asigurându-se, în acest mod, o reciclare sigură a digestatului, ca îngrășământ.

Alimentarea digesterului se face în flux continuu, amestecul de biomasă fiind pompat în digester și evacuat din acesta în cantități egale, într-o secvență de pompare strictă. Digestatul evacuat este transportat prin conducte până la tancurile de stocare. În multe cazuri, aceste tancuri sunt acoperite cu ajutorul unor membrane impermeabile, în scopul captării biogazului produs în faza de post-digestie (până la 15% din total), la temperaturi mai scăzute. Biogazul rezultat este colectat împreună cu cel produs în interiorul digesterului. Digestatul este supus analizelor și se realizează caracterizarea acestuia din punct de vedere al conținutului în nutrienți (DM, VS, N, P, K, pH), după care este transportat către ferme (furnizorilor de materie primă) și depozitat în tancurile de post-stocare de pe teren. Fermierii primesc numai cantitatea de digestat permisă prin lege a fi dispersată pe terenul agricol, excesul fiind comercializat către fermele învecinate. În toate cazurile, digestatul este inclus în planurile pentru fertilizare ale fiecărei ferme, acesta înlocuind îngrășămintele minerale. Astfel, producția de biogaz reprezintă o etapă în circuitul de reciclare a nutrienților din gunoiul animal și deșeurile organice (Figura 4.9.). Multe fabrici centralizate sunt echipate, de asemenea, și cu instalații pentru separarea fracțiilor lichidă și solidă din digestat.

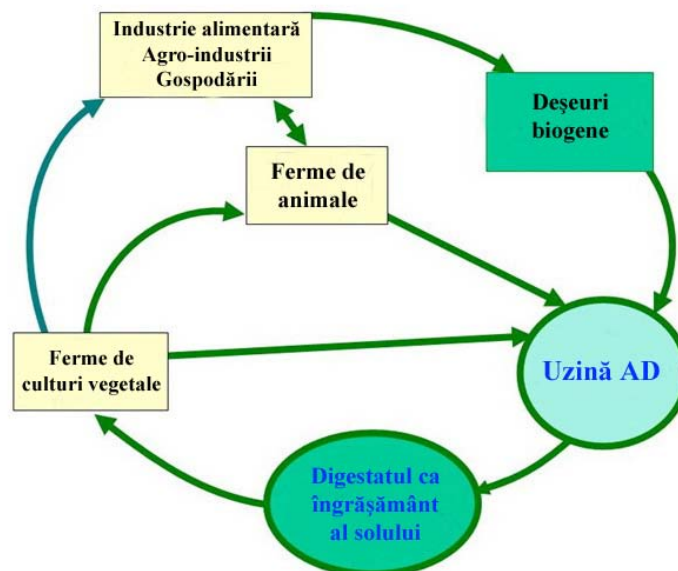


Figura 4.9. Reprezentare schematică a circuitului închis al unei fabrici de biogaz centralizate (AL SEADI, 2003)

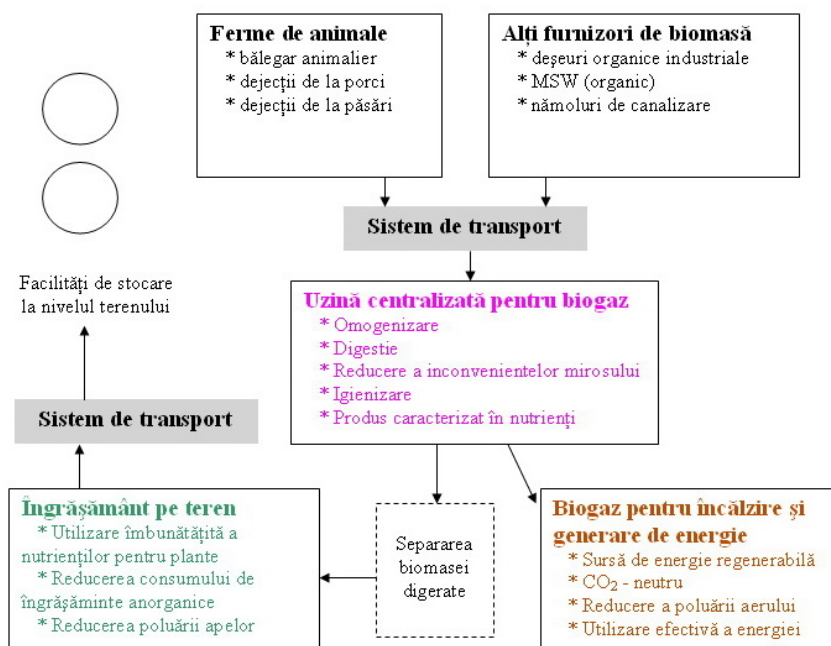


Figura 4.10. Principalele fluxuri ale conceptului integrat al unei fabrici de co-digestie centralizate (TAFDRUP, 1994 and AL SEADI, 2003)

Co-digestia centralizată reprezintă un sistem integrat de producție a energiei regenerabile, de tratament al deșeurilor organice și de reciclare a nutrienților. Aceasta generează beneficii la nivel agricol, de mediu și economic pentru fermieri, pentru personalul operator al fabricii de biogaz și pentru societate în ansamblu, asigurând:

- Reciclarea ieftină și fără riscuri de mediu a gunoierului animal și a deșeurilor organice.
- Producerea energiei regenerabile.
- Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.
- O securitate veterinară îmbunătățită, prin sterilizarea digestatului.
- O eficiență a fertilizării îmbunătățită.
- Mai puține inconveniente cauzate de mirosuri neplăcute și insecte.
- Beneficii economice pentru fermieri.

Cele mai multe fabrici de co-digestie centralizate sunt organizate sub forma companiilor cooperatiste, fermierii care le aprovizionează cu materii prime fiind, în același timp, acționari și proprietari. De obicei, aceste companii posedă un comitet de directori, responsabil cu managementul fabricii, cu angajarea personalului necesar, precum și cu încheierea tuturor acordurilor economice și legale de cooperare cu privire la construcția fabricii, aprovizionarea acestora cu materie primă, distribuirea/redistribuirea îngrășământului rezultat, comercializarea energiei și finanțare. În Danemarca, companiile cooperatiste s-au dovedit a fi structuri organizaționale fezabile din punct de vedere economic și funcțional.

## 4.2 Uzine pentru tratarea apelor uzate

Procesul AD este în mod frecvent utilizat pentru tratarea nămolului primar și secundar rezultat în urma tratamentului aerob al apelor reziduale orășenești. Sistemul este aplicat în

multe țări dezvoltate, în combinație cu sisteme avansate de tratare a apelor uzate. Procesul AD este folosit pentru stabilizarea și reducerea cantității finale de nămol.



Figura 4.11. Uzină pentru tratarea apelor uzate din Psyttalia, Grecia (EYDAPSA, 2008)

Tehnologia folosită pentru tratarea nămolurilor de canalizare prin procesul AD este bine stabilită. Cele mai multe companii de inginerie care furnizează proiecte pentru tratamentul nămolurilor au și capacitatea de a furniza sisteme de AD. În mod obișnuit, în țările europene, între 30-70% din cantitatea de nămoluri provenite din sistemul de canalizare este tratată cu ajutorul tehnologiei AD, în funcție de legislație și de prioritățile naționale.

Efluentul poate fi utilizat ca îngrășământ pe terenurile agricole sau pentru producerea de energie prin incinerare. În unele țări, efluentul este deversat în gropile de gunoi. Această practică are consecințe negative asupra mediului, din cauza infiltrării nutrienților în apele freactice și a emisiilor de gaze nocive în atmosferă, fiind interzisă în cele mai multe țări europene.

### 4.3 Fabriци pentru tratarea deșeurilor menajere

În multe țări, deșeurile solide orășenești sunt colectate, amestecate și incinerate în uzine energetice mari sau depozitate în rampe de gunoi. În realitate, această practică risipește energie și nutrienți, atât timp cât fracția organică ar putea fi separată de restul deșeurilor și folosită ca materie primă pentru procesul AD. Chiar și deșeurile colectate în vrac pot fi ulterior procesate și utilizate pentru producerea de biogaz.

În ultimii ani, atât separarea la sursă cât și reciclarea deșeurilor s-au bucurat de o atenție crescută. Ca rezultat, fracții separate din deșeurile solide orășenești devin acum disponibile pentru un tratament de reciclare mai avansat, în locul dispersiei. Cunoașterea originii deșeurilor organice este importantă pentru determinarea celei mai potrivite metode de tratament. Deșeurile menajere sunt, în general, prea umede și lipsite de structuri pretabile compostării aerobe, însă reprezintă o materie primă excelentă pentru AD. Pe de altă parte, deșeurile lemnoase conțin proporții mari de substanțe lignocelulozice care, dacă nu sunt pre-tratate, sunt mai potrivite pentru compostare.

Utilizarea fracției organice separată la sursă din deșeuri menajere în scopul producerii biogazului prezintă un potențial foarte ridicat. La nivel mondial, există câteva sute de fabrici care folosesc tehnologiile AD pentru procesarea fracției organice separate din deșeuri solide orășenești. Scopul este acela al reducerii fluxului de deșeuri organice către alte sisteme de tratare, cum ar fi rampele de gunoi sau facilitățile de incinerare, și de a le redirecționa către sistemele de reciclare a nutrienților din sectorul agricol. Deșeurile organice menajere pot fi utilizate și sub formă de co-substraturi în fabricile de co-digestie, împreună cu gunoiul animal.

#### 4.4 Fabrici de biogaz industrial

Procesele anaerobe sunt folosite pentru tratarea deșeurilor industriale și a apelor reziduale de mai mult de un secol. Procesul AD aplicat deșeurilor industriale și apelor reziduale reprezintă astăzi o tehnologie standard pentru tratarea acestor tipuri de reziduuri, provenite dintr-o serie de industrii, de la cea de procesare a alimentelor, agro-industrii, până la industria farmaceutică. De asemenea, această tehnologie poate fi utilizată și pentru pre-tratarea apelor reziduale industriale încărcate cu substanțe organice, înainte de evacuarea finală. Datorită îmbunătățirilor recente ale tehnologiilor de tratare, pot fi supuse digestiei anaerobe inclusiv apele industriale reziduale diluate. Europa se află pe o poziție de lider în lume în privința acestei aplicații a AD. În ultimii ani, considerațiile energetice și preocupările de mediu au crescut și mai mult interesul pentru tratamentul anaerob direct al deșeurilor industriale organice.

Managementul deșeurilor organice solide din industrie este din ce în ce mai mult controlat prin legislația de mediu. Industriile care utilizează procesul AD pentru tratarea apelor uzate aparțin următoarelor categorii:

- Industriile de procesare a alimentelor: industria de conservare a legumelor, a fabricării lactatelor și a brânzeturilor, abatoare, industria procesării cartofilor etc.
- Industria băuturilor: fabrici de bere, de băuturi nealcoolice, distilerii, industria cafelei, industria sucurilor de fructe etc.
- Produse industriale: industria hârtiei și cartonului, a cauciucului, industria chimică, cea a fabricării amidonului, industria farmaceutică etc.

Fabricile de biogaz industrial oferă un număr de beneficii la nivelul societății, dar și al industriilor respective, astfel:

- Valoare adăugată prin reciclarea nutrienților și reducerea costurilor de eliminare a deșeurilor.
- Biogazul este utilizat pentru generarea energiei de procesare.
- Tratamentul deșeurilor îmbunătățește imaginea de mediu a industriilor respective.

Se așteaptă ca, pe de o parte, beneficiile de mediu și sociale ale utilizării procesului AD pentru tratarea reziduurilor industriale, iar, pe de alta, costurile mari ale altor metode de eliminare a deșeurilor să crească în viitor numărul de solicitări pentru biogazul de proveniență industrială.



## 4.5 Fabriци pentru recuperarea gazului de la gropile de gunoi

Gropile de gunoi pot fi considerate niște fabrici anaerobe mari, cu diferența că procesul de descompunere este mai puțin continuu și depinde de vârsta acestora.

Recuperarea gazului de la gropile de gunoi este esențială pentru protecția mediului, în principal pentru că reduce emisiile de metan și alte gaze nocive în atmosferă. Gazul de la gropile de gunoi reprezintă o sursă de energie ieftină, cu o compoziție similară cu cea a biogazului produs în fabricile tehnologice de digestie (50-70% metan, 30-50% dioxid de carbon). Gazul de la gropile de gunoi poate conține și gaze toxice, rezultate prin descompunerea substanțelor din deșeurile depozitate.

Recuperarea gazului de la gropile de gunoi poate fi optimizată printr-un management corespunzător al acestora, precum: tăierea deșeurilor, recircularea fracției organice și tratarea gropii de gunoi asemenea unui bioreactor.

Un bioreactor-groapă de gunoi reprezintă o groapă de gunoi controlată, proiectată pentru a accelera conversia deșeurilor solide în metan. Un bioreactor-groapă de gunoi este, în mod obișnuit, împărțit în mai multe celule și este prevăzut cu un sistem de colectare a reziduurilor lichide de la baza acestora. Reziduurile lichide sunt colectate și pompate la suprafață, fiind apoi distribuite peste toate celulele componente ale bioreactorului. Acest lucru transformă groapa de gunoi într-un digester de dimensiuni foarte mari pentru deșeuri solide.

Recuperarea biogazului de la gropile de gunoi generează beneficii prin mai rapidă stabilizare a terenului pe care acestea sunt amplasate, precum și prin câștigurile obținute în urma comercializării biogazului.

Din cauza distanțelor mari până la gropile de gunoi, biogazul astfel generat este folosit, de obicei, pentru producerea energiei electrice, însă este posibilă și utilizarea acestuia în celelalte scopuri, precum generarea de energie termică sau îmbunătățirea sa pentru a putea fi folosit drept combustibil în rezervoarele autovehiculelor, ori pentru injecție în rețeaua de gaze naturale.

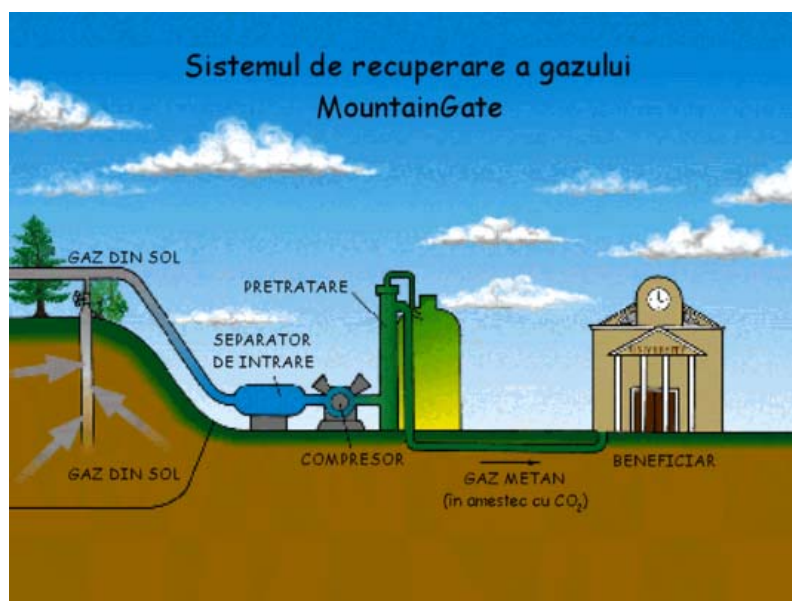


Figura 4.12. Sistem de recuperare a biogazului de la gropile de gunoi (NST ENGINEERS, 2007)



Figura 4.13. Proiect pentru exploatarea gazului de la Groapa de gunoi Ano Liosia, Atena, Grecia (SIOULAS, 2005)



Figura 4.14. Emisiile de gaze și scurgerile în apele freatiche, provenite de la gropile de gunoi, constituie amenințări serioase pentru mediu (ANONIM)

## 5 Utilizarea biogazului

Biogazul numără o serie de utilizări în domeniul energetic, în funcție de natura sursei și de cererea locală de energie. În general, biogazul poate fi folosit pentru producerea de căldură prin ardere directă, pentru producerea de energie electrică prin intermediul pilelor electrice sau a microturbinelor, pentru co-generarea energiei electrice și termice în unități CHP sau drept combustibil pentru autovehicule.

### 5.1 Proprietățile biogazului

Proprietățile și compoziția biogazului variază în funcție de tipul și structura materiei prime, sistemul de procesare, temperatură, timpul de retenție, volumul încărcăturii etc. Conținutul energetic al biogazului se găsește în legăturile chimice ale metanului. Valoarea căldurii specifice medii a biogazului este  $21 \text{ MJ/m}^3$ , densitatea medie  $1,22 \text{ Kg/m}^3$  (pentru un conținut în metan de 50%), iar masa este similară cu aceea a aerului ( $1,29 \text{ Kg/m}^3$ ). Compoziția medie a biogazului este prezentată în Tabelul 5.1..

Productivitatea în metan a substraturilor supuse procesului AD depinde de conținutul de proteine, grăsimi și glucide, așa cum este prezentat în Tabelul 5.2..

Compoziția biochimică a diferitelor tipuri de materii prime este determinantă pentru productivitatea lor în metan, așa cum reiese din Tabelul 5.3..

### Utilizarea completă a biogazului

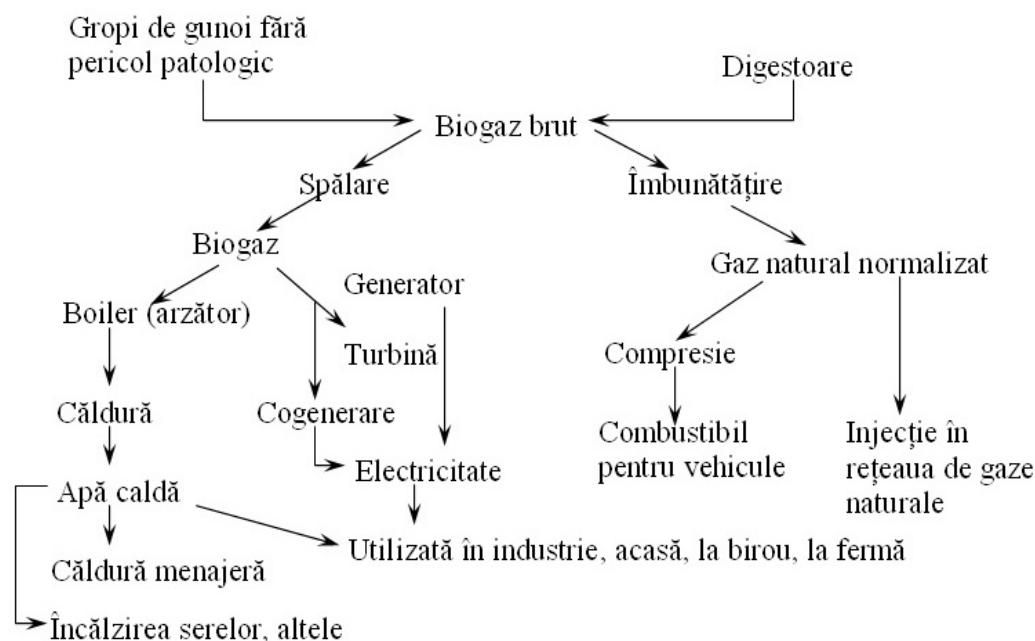


Figura 5.1. Privire de ansamblu asupra utilizărilor biogazului

Tabelul 5.1. Compoziția biogazului

Compus	Formula chimică	Conținut (Vol.-%)
Metan	CH <sub>4</sub>	50-75
Dioxid de carbon	CO <sub>2</sub>	25-45
Vapori de apă	H <sub>2</sub> O	2 (20°C) -7 (40°C)
Oxigen	O <sub>2</sub>	<2
Azot	N <sub>2</sub>	<2
Amoniac	NH <sub>3</sub>	<1
Hidrogen	H <sub>2</sub>	<1
Hidrogen sulfurat	H <sub>2</sub> S	<1

Tabelul 5.2. Productivitatea teoretică în biogaz a diferitelor substraturi

Substrat	Litri de gaz / (kg x tona de substrat)	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]
Proteine brute	700	70-71	29-30
Grăsimi brute	1.200-1.250	67-68	32-33
Glucide	790-800	50	50

**Tabelul 5.3. Randamentul în metan al diferitelor tipuri de materii prime**

Materie primă	Randament în metan [%]	Productivitate în biogaz [m <sup>3</sup> /tona de materie primă]
Dejecții lichide bovine	60	25
Dejecții lichide porcine	65	28
Borhot de distilerie cu solvenți	61	40
Gunoii de grajd bovin	60	45
Gunoii porcini	60	60
Gunoii avicoli	60	80
Sfeclă	53	88
Deșeuri organice	61	100
Sorg zaharat	54	108
Sfeclă furajeră	51	111
Fân	54	172
Porumb însilozat	52	202

## 5.2 Combustia directă și utilizarea căldurii

Cea mai simplă cale de utilizare a biogazului este arderea sa directă în boilere sau cuptoare, metodă folosită pe scară largă în țările dezvoltate, în cazul biogazului provenit din digestoare mici, familiale.

În țările dezvoltate, de asemenea, este folosită și combustia directă în cuptoare pentru gaz natural. În scopul generării căldurii, biogazul poate fi supus combustiei fie la locul producerii sale, fie transportat prin conducte către utilizatori. Pentru încălzire, biogazul nu trebuie îmbunătățit, iar nivelul de contaminare nu limitează utilizarea acestuia atât de mult, precum în cazul altor aplicații. Totuși, biogazul necesită, ulterior producerii, un pre-tratament constând în condensare și deshidratare, înlăturarea particulelor, comprimare și răcire.

## 5.3 Generarea combinată a energiei (CHP)

Generarea combinată a energiei (numită și co-generare) din biogaz este considerată o utilizare foarte eficientă a acestuia. Înainte de conversia în CHP, biogazul este degazat și uscat. Majoritatea motoarelor cu gaz prezintă limite maxime admise pentru hidrogenul sulfurat, hidrocarburile halogenate și siloxanii conținuți în biogaz. Motorul generatorului CHP are un randament de până la 90% și produce aproximativ 35% electricitate și 65% căldură.

Cea mai frecvent întâlnită aplicație a unităților energetice în co-generare CHP este reprezentată de către uzinele de tip cuplat termo-electrice (BTTP), constând din motoare termice (de combustie) cuplate la un generator electric. Generatoarele prezintă, de obicei, o turație constantă (1.500 rpm), pentru a fi compatibile cu frecvența rețelei. Motoarele termice pot fi de tip Otto cu gaz, Diesel cu gaz sau motoare cu injecție Pilot cu gaz. Atât motoarele Diesel cât și cele Otto cu gaz funcționează fără motorină pentru aprindere, conform principiului Otto. Diferența dintre cele două motoare constă numai în raportul de compresie. Prin urmare, ambele motoare vor fi numite, în restul textului, motoare Otto cu gaz. Alternative la BTTP-urile menționate mai sus sunt microturbinile cu gaz, motoarele Stirling și pilele electrice. Totuși, aceste tehnologii se află încă în faza de dezvoltare, sau chiar numai la stadiul de prototip. Toate aplicațiile CHP sunt descrise mai detaliat în capitolele următoare.



**Figura 5.2. Cuptor cu biogaz pentru producerea căldurii (AGRINZ GmbH, 2008)**

Electricitatea produsă din biogaz poate fi utilizată drept energie de procesare pentru echipamentele alimentate cu energie electrică, precum pompele, sistemele de control și mixerele. În multe dintre țările care oferă tarife mari pentru energia electrică regenerabilă introdusă în rețea, toată energia electrică produsă este comercializată, iar cea necesară procesului tehnologic este cumpărată și preluată din aceeași rețea de distribuție.

O chestiune importantă privitoare la randamentul energetic și economic al unei fabrici de biogaz este utilizarea căldurii produse. De obicei, o parte din căldură este utilizată pentru încălzirea digestoarelor (căldură de procesare), aproximativ 2/3 din totalul energiei produse fiind disponibilă pentru necesități externe. În trecut, multe dintre fabricile de biogaz au funcționat exclusiv cu scopul producerii energiei electrice, fără utilizarea și a căldurii generate în cursul acestui proces. Astăzi, folosirea căldurii este considerată a fi de foarte mare importanță pentru economia fabricii. În condițiile unor prețuri crescute ale mărfurilor (de exemplu, cel al porumbului), doar comercializarea energiei electrice nu este suficientă pentru sustenabilitatea economică a fabricii de biogaz. Din acest motiv, proiectarea viitoarelor fabrici trebuie să ia în considerare, întotdeauna, și utilizarea căldurii rezultate în urma operării acestora.

Căldura provenită din biogaz poate fi folosită pentru procesele industriale, în activitățile agricole sau pentru încălzirea spațiilor. Cel mai potrivit utilizator de căldură este industria, deoarece cererea este constantă pe tot timpul anului. Calitatea căldurii (temperatura) reprezintă un factor important pentru aplicațiile industriale. Utilizarea căldurii din biogaz pentru încălzirea locuințelor și a construcțiilor, în general, (mini-rețea ori rețea de cartier), reprezintă o altă opțiune, deși această aplicație este împărțită într-un sezon slab, pe timpul verii, și unul intens, pe cel al iernii. Căldura produsă din biogaz poate fi folosită, de asemenea, și în scopul uscării recoltelor, a așchiilor de lemn sau pentru separarea digestatului. În cele din urmă, căldura poate fi utilizată în sisteme “de cuplare a energiei termice cu răcirea”. Acest proces este cunoscut, de exemplu, în cazul frigiderelor și este folosit fie pentru păstrarea alimentelor, fie pentru condiționarea aerului. Energia de intrare este reprezentată de căldură, răcirea realizându-se printr-un proces de sorbție, spre deosebire de procesul de răcire prin adsorbție și de cel prin absorbție. Avantajele răcirii prin sorbție sunt: uzura scăzută a echipamentelor, datorită unui număr redus de componente mecanice, și consumul mic de energie comparativ cu cazul răcirii prin compresie. Utilizarea principiului cuplării energiei termice cu răcirea în fabricile de biogaz este testată, în prezent, în cadrul câtorva proiecte pilot.

### 5.3.1 Motoarele Otto cu gaz

Motoarele de tip Otto cu gaz sunt dezvoltate special pentru utilizarea biogazului conform principiului Otto.



Figura 5.3. Motoare Otto cu gaz (RUTZ, 2007)

Motoarele (motoare cu ardere incompletă) funcționează cu un surplus de aer, cu scopul minimizării emisiilor de monoxid de carbon, fapt care determină un consum redus de gaz, însă reduce performanțele motorului. Acest lucru este compensat prin utilizarea unui grup de turbo-supraalimentare, bazat pe presiunea gazelor de eșapament. Motoarele Otto cu gaz necesită un biogaz cu un conținut de minimum 45% metan. Motoarele mai mici, de până la 100 KW<sub>el</sub> sunt, de obicei, motoare Otto. Pentru performanțe electrice mai mari sunt folosite agregate Diesel adaptate. Acestea sunt echipate cu bujii. Ambele tipuri de motoare sunt numite “motoare Otto cu gaz”, deoarece la baza funcționării acestora stă principiul Otto. Motoarele Otto cu gaz (Figura 5.3.) pot funcționa cu biogaz sau cu un alt tip de gaz, cum este cel natural. Acesta din urmă este util atunci când se pune în funcțiune fabrica de biogaz, căldura generată fiind folosită pentru încălzirea digestoarelor.

### 5.3.2 Motor cu gaz Pilot - cu injecție

Motorul cu injecție Pilot (numit și motorul cu injecție cu gaz natural, PING, sau motorul cu combustibil dublu) se bazează pe principiul motorului Diesel. Aceste motoare sunt utilizate adesea în cazul tractoarelor, precum și în acela al autovehiculelor de sarcină mare. Biogazul este amestecat într-un mixer pentru gaz, împreună cu aerul de combustie. Acest amestec trece printr-un sistem de injecție în camera de combustie, unde este aprins cu ajutorul motorinei. În mod obișnuit, este injectată și arsă o cantitate de până la 10% motorină pentru aprindere. Motoarele cu injecție Pilot lucrează cu un surplus mare de aer.

În cazul întreruperii alimentării cu gaz, motoarele cu injecție Pilot pot, de asemenea, să lucreze și cu motorină pură sau cu combustibil diesel, pentru aprindere. Înlocuirea biogazului cu motorină sau combustibil diesel poate fi necesară în momentul punerii în funcțiune a fabricii de biogaz, pentru realizarea încălzirii inițiale. Motorina pentru aprindere poate fi de tip diesel fosil sau combustibil ușor fosil, însă pot fi folosite, în același mod, și motorină pe bază de metil-ester din semințe de rapiță (biodiesel) sau ulei vegetal. Avantajul motorinelor pentru aprindere regenerabile este acela al inexistenței conținutului de sulf și emisiilor mai scăzute de monoxid de carbon. Mai mult, acestea sunt biodegradabile, lucru important în

cazul scurgerilor și împrăștierii. Totuși, în cazul utilizării biocombustibililor, trebuie luate în considerare o uzură mai avansată a filtrelor, înfundarea jicloarelor și viscozitatea mai ridicată a motorinei vegetale. Un alt dezavantaj îl constituie eliberarea oxidului azotos. În toate cazurile, este importantă citirea cu atenție a instrucțiunilor cu privire la calitatea combustibililor, prevăzute de producătorul motorului.

### 5.3.3 Motorul Stirling

Motorul Stirling funcționează fără ardere internă, pe principiul modificării volumului gazului, în urma modificării temperaturii acestuia. Pistoanele motorului sunt puse în mișcare prin destinderea gazului închis în cilindri, ca rezultat al injecției de căldură dintr-o sursă externă. Căldura necesară poate fi furnizată de către diferite surse de energie, cum ar fi arzătoarele cu gaz, care folosesc biogazul.

Randamentul de producere a energiei electrice este cuprins între 24-28%, ceea ce reprezintă mai puțin decât în cazul motoarelor Otto cu gaz. Capacitatea motoarelor Stirling este, de obicei, mai mică de 50 KW<sub>el</sub>. Temperaturile gazelor de evacuare sunt cuprinse în intervalul 250-300<sup>0</sup>C. Datorită folosirii combustiei externe, sursa de energie o poate constitui și biogazul cu un conținut scăzut de metan. Pentru utilizarea motoarelor Stirling cu combustibil pe bază de biogaz sunt necesare câteva adaptări tehnice. Datorită uzurii reduse a componentelor motorului Stirling, pot fi prevăzute costuri de întreținere scăzute. Motorul Stirling poate fi utilizat în uzinele termo-electrice de tip co-generare.

### 5.3.4 Microturbine cu biogaz

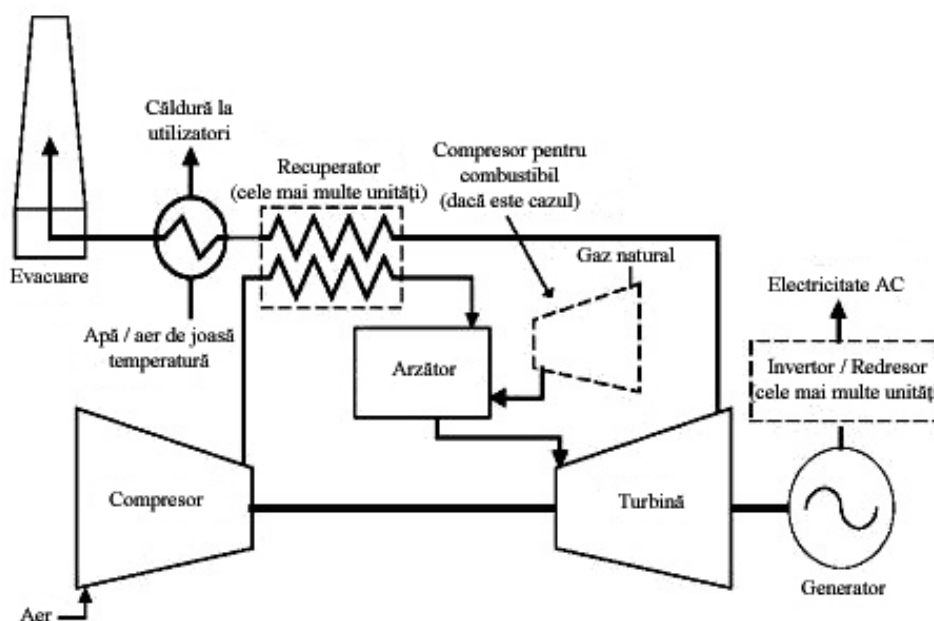


Figura 5.4. Structura unei microturbine (www.energysolutionscenter.org)

În turbinele cu biogaz, aerul este comprimat într-o cameră de combustie, la presiune ridicată, și amestecat cu biogazul. Amestecul aer-biogaz este supus combustiei și, datorită creșterii temperaturii, amestecul gazos se destinde. Gazele fierbinți sunt eliberate printr-o turbină,

conectată la un generator electric. Structura schematică a microturbinii este prezentată în Figura 5.4.. Puterea electrică tipică a unei microturbinii se află în jurul valorii de 200 KW<sub>el</sub>. În prezent, microturbinile cu biogaz sunt prea scumpe pentru a fi competitive din punct de vedere economic, dar sunt implementate sub forma unor experimente cu biogaz, în viitor așteptându-se o reducere a costurilor.

### 5.3.5 Pile de combustie

Pilele de combustie reprezintă dispozitive electrochimice, care transformă energia chimică a unei reacții direct în energie electrică. Structura fizică de bază (ansamblul componentelor) a unei pile de combustie constă dintr-un strat de electrolit, aflat, pe ambele părți ale sale, în contact direct cu un anod și un catod construite din material poros. O reprezentare schematică a unei pile de combustie este arătată în Figura 5.5.. Într-o pilă de combustie tipică, combustibilul gazos (biogazul) este în mod continuu introdus în compartimentul din partea anodului (electrodul negativ), iar oxidantul (de exemplu, oxigenul atmosferic) alimentează în mod continuu compartimentul situat în partea catodului (electrodul pozitiv). La nivelul electrozilor are loc o reacție electrochimică, în urma căreia este produs curentul electric.

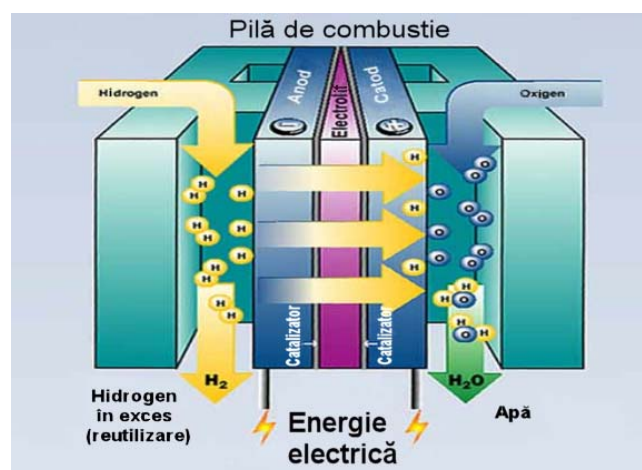


Figura 5.5. Schema simplificată a unei pile de combustie (EMERGING ENVIRONMENTAL ISSUES, 2005)

Diferitele modele existente de pile de combustie sunt denumite în funcție de tipul de electrolit folosit, astfel: pile de combustie de temperatură joasă (AFC, PEM), medie (PAFC) sau înaltă (MCFC, SOFC). Alegerea pilei de combustie se face în funcție de tipul gazului combustibil folosit și de modul de utilizare a căldurii. În cazul biogazului, pot fi folosite pilele de combustie de tip Membrană-Polimer-Electrolit (PEM). Datorită temperaturii de lucru de 80°C, căldura poate fi utilizată direct pentru încălzirea apei din rețeaua de apă caldă. Tipul de electrolit folosit influențează durata de funcționare a PEM, care este foarte sensibilă la impuritățile din gazul combustibil, inclusiv la dioxidul de carbon. Din acest motiv, sunt necesare eforturi în scopul purificării gazului.

Cel mai evoluat model de pilă de combustie este Pila de Combustie cu Acid Fosforic (PAFC), frecvent folosită în lume pentru funcționarea pe bază de gaz natural. În contrast cu alte pile de combustie, eficiența sa electrică este scăzută. Totuși, PAFC este mai puțin sensibilă la prezența dioxidului de carbon și a monoxidului de carbon conținuți în gazul combustibil. MCFC (Pila de Combustie cu Carbonat Topit) lucrează cu flux de carbon topit pe post de electrolit și este insensibilă la monoxidul de carbon, tolerând concentrații ale



acestui de până la 40% din volum. Datorită temperaturii sale ridicate de lucru, de 600-700°C, are loc transformarea metanului în hidrogen, proces numit reformare. Căldura disipată de către pilă poate fi utilizată, spre exemplu, într-o turbină, montată la ieșirea din aceasta.



**Figura 5.6. Prima pilă de combustie MCFC pentru biogaz din lume, funcționând în Germania (RUTZ, 2007)**

O altă pilă de combustie cu funcționare la temperatură ridicată este SOFC (Pila de Combustie cu Oxid Solid). Aceasta lucrează la temperaturi situate în intervalul 750-1.000°C. Pila de combustie SOFC are o eficiență electrică mare, în interiorul său putând avea loc reformarea metanului în hidrogen. Utilizarea biogazului în aceasta este posibilă, datorită sensibilității sale scăzute la sulf.

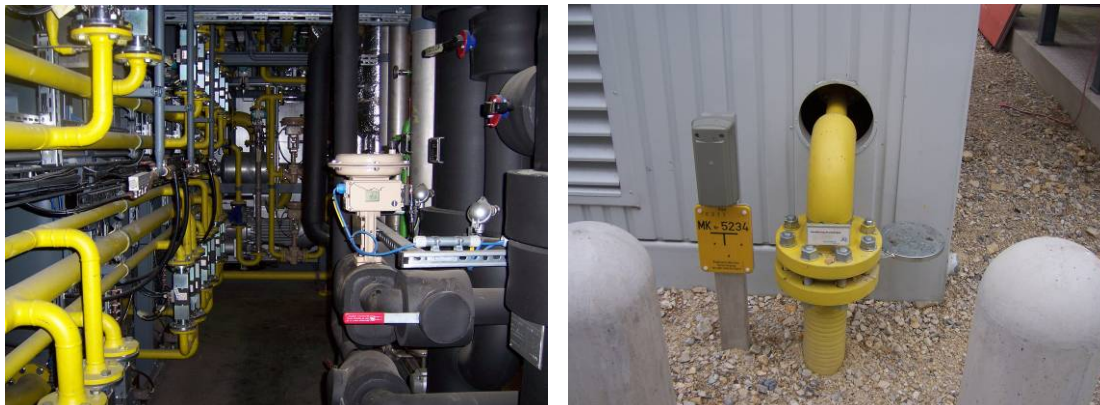
Costurile de investiție în cazul tuturor pililor de combustie sunt foarte mari (12.000 €/KWh), ceea ce reprezintă mult mai mult decât costurile corespunzătoare în cazul motoarelor puse în funcțiune în cadrul BTTP-urilor. Din acest motiv, și luând în considerare și evoluțiile curente și rezultatele cercetărilor, în cazul pililor de combustie nu sunt încă disponibile sisteme comercializabile.

## 5.4 Producerea biometanului (îmbunătățirea biogazului)

Înainte de utilizarea biogazului pe post de combustibil, fie prin introducerea sa în rețeaua de gaze naturale, fie în rezervoarele autovehiculelor, acesta trebuie purificat, prin îndepărtarea tuturor substanțelor contaminante, precum și a dioxidului de carbon. În acest mod, are loc o creștere a conținutului său de metan. Acest proces este numit *îmbunătățirea biogazului*. Concentrația de metan a biogazului, care, în mod normal, este de 50-75%, este ridicată, prin procesul de îmbunătățire, la o valoare de peste 95%. La ora actuală există disponibile câteva tehnologii folosite pentru îndepărtarea substanțelor contaminante din biogaz.

Îndepărtarea dioxidului de carbon trebuie făcută în scopul atingerii indicelui Wobbe pentru gaz. Odată cu îndepărtarea dioxidului de carbon din biogaz sunt înlăturate, de asemenea, și mici cantități de metan (CH<sub>4</sub>). Metanul este un gaz cu efect de seră de 21 de ori mai puternic decât CO<sub>2</sub> (adică, o moleculă de metan este de 21 de ori mai eficientă în reținerea căldurii radiate de pământ decât o moleculă de CO<sub>2</sub>), astfel încât reducerea pierderilor de metan prezintă o importanță deosebită, atât din motive economice cât și de mediu. Există disponibile câteva tehnologii pentru reducerea dioxidului de carbon, cu aplicare comercială.

Cele mai comune dintre acestea sunt procesele de absorbție (prin barbotare în apă sau solvenți organici) și cele de adsorbție (adsorbție prin variația de presiune – PSA). Alte tehnici, mai rar utilizate, sunt: separarea prin membrană și separarea criogenică. O metodă relativ nouă, aflată încă în cercetare, este denumită proces de îmbunătățire internă.



**Figura 5.7.** Secția de purificare a biometanului prin metoda PSA (stânga) și conexiunea la rețeaua de gaz natural (dreapta) ale Uzinei de biometan din Pliening, Germania (RUTZ, 2007)

Costul total pentru purificarea și îmbunătățirea biogazului derivă, pe de o parte, din costul investiției, iar, pe de alta, din cheltuielile necesare funcționării fabricii și întreținerii echipamentelor. Pentru producerea unui biogaz de o calitate adecvată folosirii drept combustibil auto sau introducerii sale în rețeaua de gaze naturale, partea cea mai costisitoare a procesării o constituie îndepărtarea dioxidului de carbon.

Costurile investiției, în cazul unei fabrici pentru îmbunătățirea biogazului destinat a fi folosit drept combustibil pentru autovehicule, depind de câțiva factori, unul dintre cei mai importanți fiind chiar dimensiunile acesteia. Costurile investiției cresc odată cu creșterea capacității, în timp ce investiția pe unitate de capacitate instalată este mai scăzută în cazul fabricilor mari, comparativ cu cele mici.

#### 5.4.1 Biogazul, combustibil pentru autovehicule

Utilizarea biometanului în sectorul transporturilor reprezintă o tehnologie cu un mare potențial și care determină importante beneficii la nivel socio-economic. Biogazul este deja folosit drept combustibil pentru autovehicule în țări precum Suedia, Germania și Elveția.

Numărul autovehiculelor pentru pasageri, al celor destinate transportului public și al camioanelor care funcționează pe gaz lichefiat se află într-o creștere accelerată. Biometanul poate fi folosit drept combustibil pe aceleași autovehicule care folosesc și gazul natural. Un număr din ce în ce mai mare de orașe europene își înlocuiesc parcul de autobuze diesel cu unul format din autobuze care funcționează pe bază de biometan.

Cele mai multe dintre automobilele care funcționează pe gaz sunt automobile obișnuite, pe combustibil fosil, adaptate pentru a folosi gazul prin adăugarea unui rezervor pentru gaz lichefiat, amplasat în portbagaj, și a unui sistem de alimentare cu gaz a motorului, simultan cu păstrarea capacității de funcționare pe combustibil clasic.

Autovehiculele proiectate în mod special pentru a folosi gazul sunt optimizate în scopul obținerii unei eficiențe crescute în funcționare, precum și a unei amplasări mai convenabile a rezervoarelor de gaz, astfel încât să nu se piardă din spațiul destinat bagajelor. Gazul este stocat la 200-250 bari, în recipiente presurizate construite din oțel sau din materiale compozite, având ca bază aluminiul. În prezent, mai mult de 50 de fabricanți din lumea întreagă pun la dispoziție un număr de aproximativ 250 de modele de autovehicule de pasageri, ori destinate transportului de mărfuri ușoare sau grele, care funcționează pe bază de gaz.

Autovehiculele destinate transportului mărfurilor grele pot fi adaptate pentru a funcționa numai pe gaz metan, însă în unele cazuri sunt folosite și motoare duale, capabile să funcționeze simultan pe gaz și pe combustibili lichizi clasici. Un astfel de motor utilizează un sistem de injecție diesel, gazul fiind aprins prin injecția unei mici cantități de combustibil diesel. Motoarele duale necesită o proiectare mai puțin specială și sunt capabile de performanțe egale cu cele ale motoarelor diesel clasice. Cu toate acestea, valorile emisiilor nu sunt la fel de satisfăcătoare precum cele din cazul autovehiculelor similare dedicate pe gaz, iar tehnologia de construcție a motoarelor duale rămâne un compromis între aceea a motoarelor cu aprindere prin scânteie și cea a motoarelor diesel.

Autovehiculele care funcționează pe bază de biometan prezintă avantaje substanțiale comparativ cu cele care folosesc motoare pe benzină sau diesel. Emisiile totale de dioxid de carbon sunt drastic reduse, în funcție de natura materiilor prime utilizate și de originea energiei electrice (fosilă sau regenerabilă) folosită în procesul de îmbunătățire a biogazului, precum și în comprimarea acestuia. Emisiile de particule și de funingine sunt, de asemenea, reduse în mod drastic, chiar și în comparație cu motoarele diesel de ultimă generație, echipate cu filtre de particule. Emisiile de NO<sub>x</sub> și de hidrocarburi non-metan (NMHC) sunt și acestea reduse în mod semnificativ.

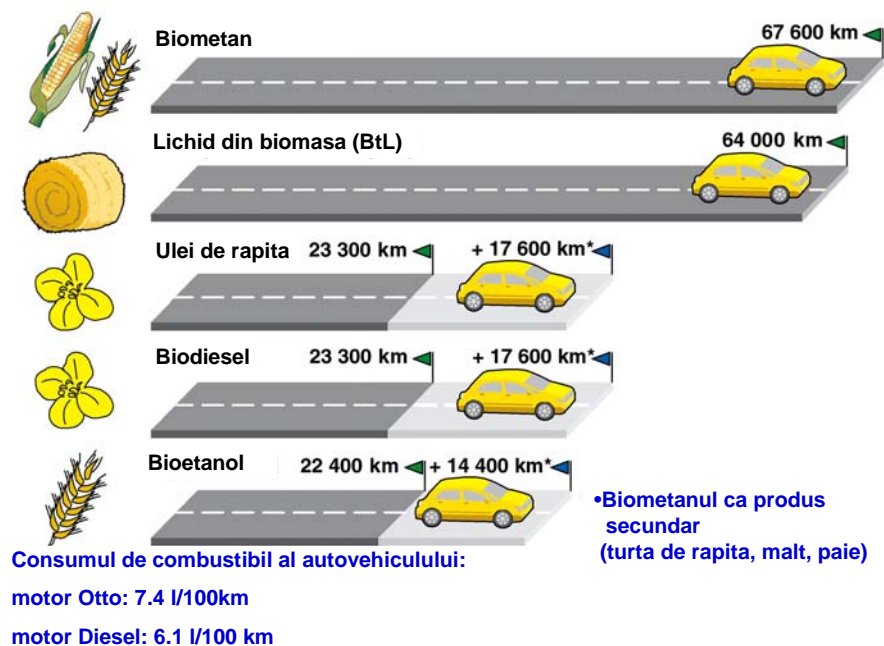


Figura 5.8. Comparație între diverși biocombustibili, sub forma distanței parcurse de către un automobil care funcționează pe bază de biocombustibili produși din culturi agricole, pe hectarul de teren arabil. Sursa: (FNR, 2008)

Biogazul îmbunătățit (biometanul) este considerat a fi combustibilul auto cu cel mai înalt potențial, comparativ cu ceilalți biocombustibili. În Figura 5.8. este prezentată o comparație între biocombustibilii folosiți în transporturi, sub forma distanței ce poate fi parcursă de către un automobil, atunci când acesta folosește drept combustibil biocombustibilul respectiv, produs din culturi destinate acestui scop, pe hectarul de teren arabil. Potențialul biogazului folosit pentru transport este chiar mai mare, în cazul folosirii ca materie primă pentru obținerea sa a deșeurilor, în locul culturilor agricole.

#### 5.4.2 Biometanul, combustibil pentru rețeaua de gaze naturale

Biogazul îmbunătățit (biometanul) poate fi introdus în rețeaua de gaze naturale și distribuit prin aceasta, după ce în prealabil a fost comprimat la presiunea din rețea. Conform legislației Uniunii Europene, accesul la rețeaua de gaze naturale este garantat tuturor furnizorilor de biogaz (Parlamentul European, 2001).

Există câteva avantaje în ceea ce privește distribuția biometanului cu ajutorul rețelei de gaze naturale. Unul dintre cele mai importante este acela că rețeaua conectează locul de producție a biometanului, care, în mod normal, se găsește în zona rurală, cu zonele cel mai dens populate, lucru care permite utilizarea sa de către noi beneficiari. De asemenea, devine posibilă și creșterea producției de biogaz într-o zonă mai izolată, fără a exista problema de a nu se putea folosi excesul de căldură generată.

Țări precum Suedia, Elveția, Germania și Franța posedă standarde (sisteme de certificare) folosite pentru introducerea biogazului în rețeaua de gaze naturale. Standardele, care stabilesc limitele din punctul de vedere al conținutului de sulf, oxigen, particule precum și al punctului de condensare a apei, au scopul de a evita contaminarea rețelei și a utilizatorului final. Indexul Wobbe a fost introdus pentru evitarea neconcordanțelor în efectuarea măsurătorilor asupra calității gazului, în funcție de destinația utilizării acestuia. Standardele sunt, în majoritatea cazurilor, ușor de îndeplinit prin procesele curente de îmbunătățire a biogazului. În unele situații, gazul rezultat din gropile de gunoi poate fi mai greu adus la standarde acceptabile de calitate, ca urmare a conținutului său ridicat de azot.

Biogazul îmbunătățit și introdus în rețea poate fi folosit în termocentrale aflate la mare depărtare față de locul de producere a acestuia, dar apropiate de consumatori. În acest mod, este obținută o mai bună utilizare a căldurii produse, reducându-se pierderile termice prin transport.

Introducerea în rețeaua de gaze naturale a biogazului face suficientă existența unei centrale proprii mai mici, sau numai a unui arzător de biogaz al fabricii producătoare, în scopul generării energiei necesare pentru procesare.

Fabrici de procesare a biogazului sunt operative în Suedia, Germania, Austria, Olanda, Elveția și Franța. Principalele obstacole care stau în calea introducerii biometanului în rețeaua de gaze naturale sunt costurile înalte ale procesării și posibilitatea conectării la rețea. Introducerea în rețea a biometanului este limitată de localizarea corespunzătoare a siturilor de producție și procesare a acestuia, care trebuie să fie cât mai apropiate de rețeaua de gaze naturale.

### 5.4.3 Fabricarea dioxidului de carbon și a metanului, din biogaz, în industria chimică

Fabricarea metanului și a CO<sub>2</sub> pur din biogaz poate constitui o alternativă viabilă la producerea acestora din surse fosile. Ambele substanțe prezintă importanță pentru industria chimică. CO<sub>2</sub> pur este utilizat pentru producerea de policarbonați, a gheții uscate sau pentru tratarea suprafețelor (sablare cu CO<sub>2</sub>). CO<sub>2</sub> provenit din biogaz poate fi, de asemenea, folosit în agricultură, ca îngrășământ în sere.

## 6 Utilizarea digestatului

Producția agricolă de biogaz reprezintă un element integrat al agriculturii holistice, care ia în considerare nu numai costurile și beneficiile economice ale activităților agricole, dar și aspectele socio-economice și de mediu ale acestora. Producția de biogaz determină beneficii interrelate de natură economică, agricolă și de mediu și, din acest motiv, pionierii tehnologiilor de biogaz de generația a treia în Europa, după criza petrolului, au fost fermierii de produse organice, interesați și în a crește, în acest mod, calitățile de fertilizator ale îngrășămintelor de natură animală.

### 6.1 AD - o tehnologie pentru managementul reziduurilor animaliere

Practicile de creștere intensivă a animalelor domestice au condus la situația în care fermele de animale nu dispun de suprafețe suficiente de teren pentru producerea cantităților necesare de nutrețuri, și nici pentru utilizarea cantităților mari de reziduuri animaliere rezultate din activitatea proprie. Acest fapt a condus, în timp, la acumulări mari de nutrienți aflați în exces în zonele respective, proveniți din gunoiul animal, situație care necesită măsuri imperative de management al acestor bioreziduuri, în scopul prevenirii unor consecințe grave, precum:

- Poluarea apelor freatice și de suprafață, din cauza scurgerilor de nutrienți.
- Distrugerea structurii solului și a microbiotei acestuia.
- Distrugerea populației specifice de plante ierbacee și formarea vegetației tipice terenurilor cu exces de nutrienți.
- Riscuri majore de emisii de metan și amoniac.
- Persistența muștelor și a mirosurilor neplăcute, din cauza depozitării gunoiului animal și împrăștierea acestuia.
- Riscul contaminării cu agenți patogeni și al răspândirii acestora.

Tehnologia AD oferă o serie de soluții pentru rezolvarea problemelor menționate mai sus, probleme rezultate din activitățile de producție zootehnică, aceasta fiind o tehnologie sustenabilă, potrivită pentru tratarea și managementul reziduurilor animale, în acest mod permițându-se și o abordare holistică și orientată spre mediu a practicilor agricole.

### 6.2 De la gunoi animal la digestat, ca îngrășământ

#### 6.2.1 Biodegradarea materiei organice

Tratamentul gunoiului animal în fabricile de biogaz constă în biodegradarea compușilor organici până la substanțe anorganice și metan. În practică, fabricile de biogaz care procesează gunoiul de grajd prezintă o rată a degradării materiei organice de aproximativ 40% pentru gunoiul bovin și de 65% pentru cel porc. Rata de degradare depinde, în general, de tipul materiei prime, de timpul de retenție hidraulică (HRT), precum și de temperatura de procesare. Datorită procesului de degradare a materiei organice, digestatul este ușor de pompat și de aplicat ca îngrășământ, nefiind necesară, în prealabil, o amestecare puternică a acestuia, comparativ cu gunoiul brut, netratat.

### 6.2.2 Reducerea mirosurilor neplăcute

Unul dintre avantajele sesizate imediat ale tehnologiei AD este reducerea semnificativă a substanțelor odorifere emise de gunoiul de grajd (acizi volatili, fenol și derivați ai acestuia).

Experiența demonstrează faptul că până la 80% dintre mirosurile emise de substraturile materiei prime pot fi reduse cu ajutorul tehnologiei AD. Nu este vorba aici numai despre o reducere a intensității și persistenței mirosurilor (Figura 6.1.), ci și de o modificare pozitivă în ceea ce privește compoziția acestora, deoarece digestatul își pierde mirosul neplăcut de gunoi, căpătându-l mai mult pe acela de amoniac. Chiar și stocat pe perioade mai lungi de timp, digestatul nu arată o creștere a emisiilor de substanțe odorifere. Figura 6.1. arată faptul că, după o perioadă de 12 ore de la aplicarea digestatului, mirosul neplăcut aproape că a dispărut.

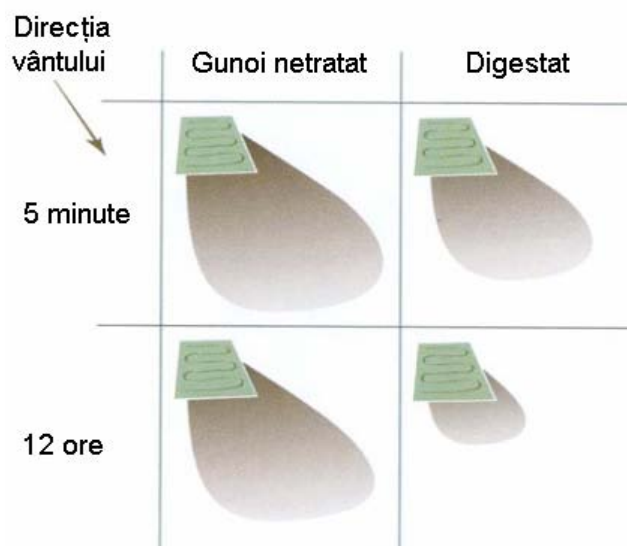


Figura 6.1. Zona afectată și persistența mirosului neplăcut după aplicarea digestatului și a gunoiului netratat, pe un teren cu vânt din direcția nord-vest (BIRKMOSE, 2003)

### 6.2.3 Sanitația

Procesele AD inactivează virusurile, bacteriile și paraziții conținuți în substraturile materiei prime, efect numit, în mod uzual, sanitație. Eficiența sanitației, în cazul tehnologiei AD, depinde de timpul de retenție al materiei prime în interiorul digesterului, de temperatura de

procesare, de tehnica de amestecare, precum și de tipul digesterului. Cel mai eficient proces de sanitație este obținut la temperaturi termofile (50-55°C), într-un reactor cu flux longitudinal, cu un timp de retenție adecvat. În acest tip de digester, amestecarea digestatului cu materia primă proaspătă este împiedicată, acest fapt permițând o distrugere de până la 99% din totalul agenților patogeni.

În scopul obținerii siguranței veterinare la reciclarea digestatului, prin utilizarea sa ca îngrășământ, legislația europeană prevede măsuri specifice de sanitație, în cazul materiilor prime de origine animală. În funcție de tipul materiei prime folosite, este necesar, mai întâi, un proces de pre-sanitație, prin pasteurizare sau prin sterilizare sub presiune, înaintea introducerii substratului în digester. Pentru detalii suplimentare privind sanitația, consultați, de asemenea, Capitolul 7.2.

#### **6.2.4 Distrugerea semințelor buruienilor**

Prin tehnica de procesare AD se obține reducerea considerabilă a capacității de germinare a semințelor buruienilor. În acest mod, producerea de biogaz contribuie la o reducere ecologică a numărului plantelor nefolositoare. Pierderea capacității de germinare are loc, în cazul majorității semințelor de buruieni, după o perioadă de 10-16 zile de retenție hidraulică; cu toate acestea, există diferențe, în funcție de specie. Ca și în cazul sanitației, efectul crește odată cu creșterea timpului de retenție și a temperaturii.

#### **6.2.5 Evitarea arsurii plantelor**

Aplicarea gunoiului brut ca îngrășământ determină apariția arsurilor la nivelul frunzelor plantelor, acesta fiind efectul prezenței acizilor grași de joasă densitate, cum este acidul acetic. În cazul fertilizării cu digestat, fenomenul arsurii plantelor este evitat, deoarece majoritatea acizilor grași sunt degradați prin procesul AD. Digestatul se scurge mai eficient de pe corpul plantelor comparativ cu gunoiul brut, fapt care reduce timpul de contact direct dintre digestat și părțile aeriene ale acestora, astfel micșorându-se și riscul vătămării frunzelor.

#### **6.2.6 Îmbunătățirea calităților îngrășământului**

Prin procesul AD, cei mai mulți nutrienți legați în substanțele organice, în special azotul, sunt mineralizați, devenind, în acest mod, ușor disponibili pentru plante. Figura 6.2. prezintă utilizarea azotului conținut în digestat, aplicat culturilor de grâu de toamnă și celor de orz de primăvară, comparativ cu utilizarea azotului provenit din gunoiul netratat. Datorită disponibilității crescute a azotului, digestatul poate fi pe deplin integrat în secțiunea de fabricare a îngrășământului din cadrul fermei, fiind posibil calculul efectului de fertilizare, la fel ca și în cazul îngrășămintelor minerale.

În comparație cu gunoiul de grajd, digestatul prezintă un raport C/N mai scăzut. Un astfel de raport denotă un efect mai bun de fertilizare cu azot, pe termen scurt, al digestatului. Atunci când valoarea raportului C/N este prea mare, microorganismele preiau controlul în sol, acestea concurând cu succes rădăcinile plantelor pentru preluarea azotului disponibil.

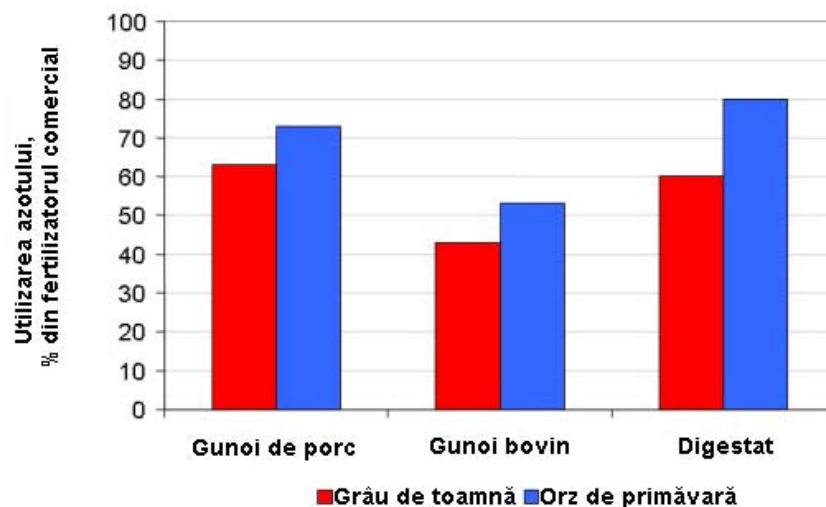


Figura 6.2. Utilizarea azotului din digestat, comparativ cu gunoiul de grajd brut, de proveniență porcină și bovină (BIRKMOSE, 2002)

### 6.3 Aplicarea digestatului ca îngrășământ

Digestatul este mai omogen, comparativ cu gunoiul brut, având și un raport N-P îmbunătățit. De asemenea, acesta prezintă un conținut cunoscut de nutrienți, permițând, așadar, o dozare precisă, deci o bună integrare a acestuia în schemele de fertilizare ale fermelor. Digestatul conține mai mult azot anorganic, mai ușor accesibil plantelor decât în cazul gunoiului brut.

Eficiența în azot a acestui îngrășământ este în mod considerabil crescută, iar pierderile de nutrienți cauzate de scurgeri și prin evaporare vor fi minime, atunci când digestatul este folosit în conformitate cu principiile agriculturii de bune practici. Pentru o utilizare optimă a digestatului ca îngrășământ, trebuie luate în considerare aceleași reguli de bază, aplicabile și în cazul gunoiului brut:

- Asigurarea unei capacități suficiente de stocare (pentru minimum 6 luni).
- Restricționarea aplicării la o anumită perioadă de timp.
- Respectarea cantității optime aplicate la hectar.
- Respectarea tehnicii de aplicare.

Datorită omogenității și fluidității sale ridicate, digestatul se infiltrează în sol mai rapid decât gunoiul brut. Cu toate acestea, aplicarea digestatului ca îngrășământ implică riscul pierderilor de azot, din cauza emisiilor de amoniac și a scurgerilor de nitrați. În scopul minimizării acestui risc, trebuie respectate următoarele reguli de bună practică agricolă:

- Evitarea amestecării în exces a digestatului înainte de aplicare.
- Digestatul se aplică rece, direct din tancul de stocare.
- Aplicarea în câmp se face cu ajutorul pompelor, prin intermediul conductelor sau furtunurilor, prin injectarea directă în sol sau cu ajutorul injectoarelor cu disc.
- În cazul aplicării la suprafața solului, este necesară încorporarea imediată în acesta.
- În funcție de tipul culturii, digestatul trebuie aplicat la începutul sezonului de creștere sau în cursul fazei de creștere vegetativă. Experiența arată faptul că, în Europa, momentul optim pentru aplicarea digestatului este acela al creșterii vegetative viguroase.



- În cazul culturilor de toamnă, aplicarea se face, inițial, într-o cantitate corespunzătoare unei treimi din necesarul de azot.
- Condițiile meteorologice optime pentru aplicarea digestatului sunt: pe timp ploios, cu umiditate mare și în lipsa vântului. Vremea uscată, însorită și cu vânt puternic reduce eficiența fertilizării cu azot în mod considerabil.

Digestatul poate fi utilizat ca îngrășământ de suprafață, în cazul culturilor aflate în plină vegetație. Acest mod de aplicare ridică puține probleme în ceea ce privește pierderile de azot sub forma infiltrațiilor de nitrați în pânza freatică, de vreme ce nutrienții sunt absorbiți, în cea mai mare parte, direct de către plante. Experiența daneză demonstrează faptul că aplicarea superficială a digestatului are drept consecință absorbția unei părți a nutrienților direct la nivelul frunzelor.

## 6.4 Efectele aplicării digestatului asupra solului

Degradarea materiei organice prin procesul AD implică desfacerea legăturilor de carbon, degradarea acizilor organici, precum și a substanțelor odorifere și a celor caustice. Din acest motiv, atunci când este aplicat solului, digestatul creează mai puține inconveniente și asigură un mediu mai potrivit dezvoltării organismelor prezente în sol, în comparație cu gunoiul brut. Măsurătorile directe ale necesarului biologic de oxigen (BOD), în cazul digestatului provenit din gunoi bovin și porcine, arată o valoare de 10 ori mai scăzută decât în cazul gunoiului brut. Aceasta înseamnă că solul tratat cu digestat nu intră în faza anaerobă, așadar folosește mai puțin oxigen. Datorită consumului redus de oxigen, se constată o tendință scăzută de formare a zonelor anoxice la nivelul solului, adică a zonelor lipsite de oxigen, dar bogate în azot. Capacitatea de reconstrucție a solului și a regenerării humusului pe baza substanțelor organice adăugate este, de asemenea, mai ridicată decât în cazul folosirii gunoiului brut.

### Sfaturi de bună practică

#### Pentru minimizarea emanațiilor de amoniac în cursul stocării și aplicării digestatului

- Digestatul păstrat în tancul de stocare trebuie întotdeauna acoperit cu un capac sau cu un strat de material de suprafață.
- Digestatul trebuie pompat întotdeauna pe fundul tancului de stocare, pentru evitarea amestecării excesive, iar amestecarea trebuie făcută doar înaintea utilizării.
- Amplasați tancul de stocare la umbră, adăpostit de vânt.
- Cea mai mare parte a emisiilor pot fi evitate dacă digestatul este injectat direct în sol.
- În scopul aplicării digestatului, pompele de sucțiune cu furtun sunt preferabile sprinklerelor, acestea din urmă crescând emisiile de amoniac și împrăștiind aerosoli nedoriți pe mari suprafețe.
- Aplicarea digestatului trebuie făcută în condiții meteorologice optime (vreme rece, umedă și lipsită de vânt).
- Există posibilitatea adăugării de acid digestatului, înaintea aplicării acestuia. Acest lucru scade valoarea pH-ului, diminuând capacitatea de volatilizare a amoniacului.



Figura 6.3. Vehicule folosite la aplicarea digestatului ca îngrășământ, prin utilizarea pompelor de sucțiune cu furtun (AGRINZ GmbH)

Digestatul asigură o mare parte din carbonul necesar generării substanțelor organice în sol, comparativ cu compostul și gunoiul de grajd netratat, aplicate ca îngrășământ. Studii germane efectuate cu digestat de proveniență porcină au arătat o creștere a indexului de eficiență a producerii de humus de la valoarea de 0,82 până la cea de 1,04. Substanțele organice biodegradabile, precum celuloza și acizii grași, sunt descompuse la substanțe mai simple. Lignina, necesară formării humusului, rămâne ca atare. Bacteriile metanogene însele produc o serie întregă de aminoacizi, care vor fi disponibili atât plantelor, cât și celorlalte organisme vii din sol.

## 6.5 Experiențe practice

Cu toată diversitatea opiniilor existente printre oamenii de știință privitor la efectele aplicării digestatului ca îngrășământ, în special asupra subiectului azotului, rezultatele experienței nu sunt ambigue.

Pentru mulți fermieri care utilizează digestatul, îmbunătățirea calității îngrășământului este de o mare importanță. Fermierii care folosesc metode clasice în practica agricolă utilizează mai puține substanțe chimice pentru stropiri, iar, prin folosirea digestatului, necesarul de îngrășăminte minerale este redus în mod simțitor.

Pe terenurile agricole pe care a fost folosit digestatul au fost observate animale sălbatice, precum câprioare și iepuri, hrănindu-se la scurt timp după aplicarea acestuia, în timp ce animalele domestice sunt, de asemenea, atrase de vegetația de pe aceste culturi, după o perioadă scurtă de la aplicarea digestatului, fapt care indică o mai slabă pierdere a calităților gustative a masei vegetale, comparativ cu situațiile în care a fost aplicat direct gunoiul brut.

Procesul AD inactivează cea mai mare parte a semințelor buruienilor prezente în gunoiul de grajd. Astfel, ciclul de reproducere al acestor plante este întrerupt, iar numărul plantelor nedorite din culturi este, astfel, redus. Mulți dintre fermierii care au folosit digestatul pe post de îngrășământ, pe perioade mai lungi de timp, au confirmat creșterea cantitativă a plantelor valoroase de cultură pe terenurile astfel tratate.

Fermierii de produse organice utilizează procesul AD atât pentru tratarea gunoiului animal, cât și a celorlalte resturi organice produse în cadrul propriilor ferme. Rezultatul este nu numai asigurarea cantitativă a nutrienților adecvați plantelor de cultură și minimizarea pierderilor, ci și creșterea activității microorganismelor din sol, fapt care are drept consecință o mai mare vigurozitate a plantelor. Un număr crescut de fermieri raportează o recoltă mai ridicată de fân și paie, precum și o calitate mai ridicată a recoltelor, ca urmare a aplicării digestatului ca îngrășământ. De vreme ce agricultura organică are drept țintă minimizarea oricăror aporturi

externe, inclusiv pe cel energetic, tehnologia AD nu numai că oferă fermelor un îngrășământ de înaltă calitate, ci face posibilă și producerea de energie proprie, sub forma căldurii și a electricității.

## 6.6 Condiționarea digestatului

Digestatul prezintă un conținut mare de apă și, în consecință, și un volum ridicat. Condiționarea digestatului are drept scop reducerea volumului său și concentrarea nutrienților. Acest lucru este de o importanță deosebită, în special în cazul fermelor de creștere intensivă a animalelor, unde există un exces de nutrienți sub forma gunoiului rezultat în urma activității proprii, însă teren insuficient pentru aplicarea acestuia. În aceste cazuri, nutrienții aflați în exces trebuie transportați în alte zone, în moduri eficiente din punct de vedere economic. Condiționarea digestatului nu numai că oferă oportunitatea reducerii costurilor de transport, dar, de asemenea, contribuie și la reducerea emisiilor de substanțe poluante și a mirosurilor neplăcute.

### 6.6.1 Strategii de condiționare a digestatului

Digestatul poate fi condiționat fie parțial, fie complet. Eficiența proceselor de digestie, în cazul fabricilor de biogaz agricole, se situează, în mod tipic, în jurul valorilor de 50-60% (ANGELIDAKI, 2005). Acest lucru înseamnă că digestatul conține în jur de 40-50% din materia organică inițială, în primul rând, sub formă de fibre.

Condiționarea parțială constă în separarea materiilor solide (a fibrelor) din digestat, prin utilizarea separatoarelor cu site spirale sau a decantoarelor. Condiționarea parțială, prin separarea fibrelor, a fost inițial folosită cu scopul producerii compostului comercial. Ulterior, s-a încercat folosirea pe scară largă a fracției fibrelor astfel separate, cu un conținut de materie uscată mai mare de 45%, drept combustibil adițional pentru boilerele cu funcționare pe deșuri lemnoase, fiind astfel îmbunătățită eficiența energetică totală a acestora cu până la 15%, prin producere suplimentară de căldură (ANGELIDAKI, 2005). Un beneficiu colateral, care se dovedește astăzi a determina creșterea fezabilității schemei de separare, este îndepărtarea și exportul excesului de fosfor, care se găsește predominant în compoziția fracției fibroase. Deoarece fosfatul se află direct atașat particulelor solide, fosforul este parțial îndepărtat odată cu fracția fibrelor. Din acest motiv, condiționarea parțială (separarea prin decantare) este o tehnologie potrivită în situațiile în care există un surplus de fosfor. Frația fibroasă, bogată în fosfor, poate fi exportată, în timp ce fracția lichidă rămasă, care conține cea mai mare parte a azotului, poate fi aplicată ca îngrășământ. Rezultatele cercetărilor recente arată faptul că fracția fibroasă poate fi reintrodusă în digestor, după amestecarea acesteia cu alte co-substraturi. Scopul îl constituie îmbunătățirea conținutului de masă uscată al materiei prime și creșterea, în acest mod, a potențialului metanogen al substratului.

Condiționarea completă separă digestatul în trei produși finali de rafinare: apă pură, nutrienți concentrați și fibre organice. Toti nutrienții (azotul, fosforul și potasiul), precum și compușii organici sunt separați din materialul brut într-o formă foarte concentrată și pot fi exportați, în cazul în care în zonă există un surplus de nutrienți. Apa pură rămasă poate fi deversată în sistemul apelor de suprafață sau poate fi utilizată drept apă de procesare. Condiționarea completă este folosită, în mod normal, în zonele agricole care dispun de un exces de azot.

Tabelul 6.1. Frațiile separate cu ajutorul decantorului centrifugal (AL SEADI, 2003)

	Cantitatea %	DM %	N %	NH <sub>4</sub> -N %	P %	K %
<b>Gunoii brut</b>	100	100 (6,4%)	100 (5,7%)	100 (4,2%)	100 (1,6%)	100 (2,6%)
<b>Fracția solidă</b>	14	65 (30%)	25 (10,1%)	15 (4,5%)	75 (8,7%)	17 (3,1%)
<b>Fracția lichidă</b>	86	35 (2,6%)	75 (4,9%)	65 (4,2%)	25 (0,5%)	83 (2,5%)

În ambele cazuri (condiționare parțială sau completă), prima etapă o constituie separarea fracției lichide de cea fibroasă, ceea ce împarte digestatul într-o fracție solidă, concentrată în carbon și fosfor, și o fracție fluidă, bogată în azot. În funcție de configurația fabricii și de tipul condiționării, condiționarea completă concentrează sau separă, în continuare, nutrienții N, P și K. Cele mai folosite procedee includ tehnologia de separare prin membrană, absorbția și îndepărtarea amoniacului și evaporarea sau tratarea biologică.

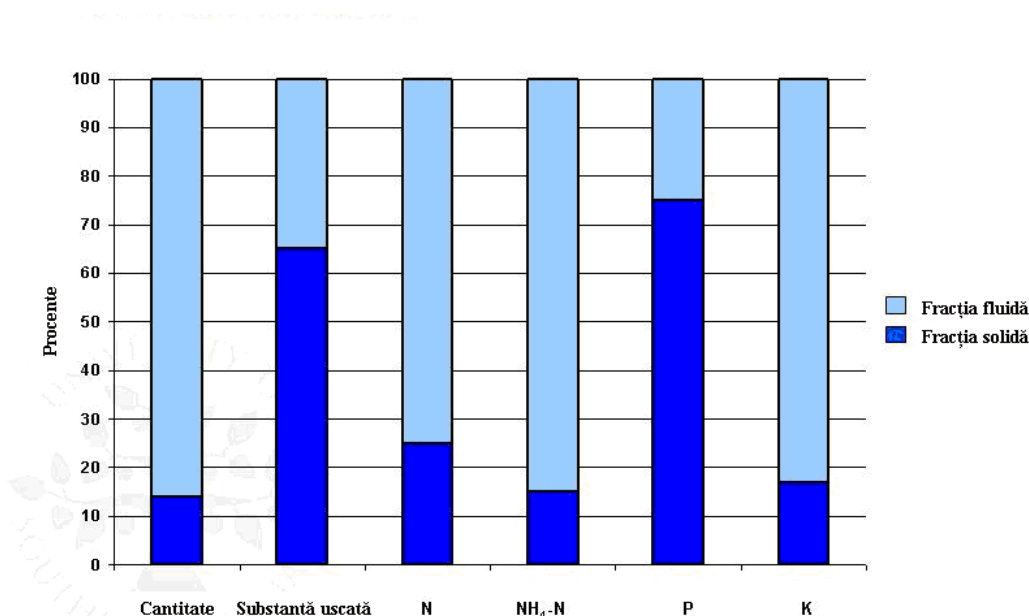


Figura 6.4. Distribuția materiei uscate și a nutrienților în fracții separate prin decantare centrifugală (AL SEADI, 2003)

Tabelul 6.2. Distribuția nutrienților în digestat

	Materie uscată %	N total kg/tonă	NH <sub>4</sub> -N kg/tonă	P kg/tonă	K kg/tonă	pH
<b>Gunoii bovin</b>	6,0	5,0	2,8	0,8	3,5	6,5
<b>Gunoii porcini</b>	4,0	5,0	3,8	1,0	2,0	7,0
<b>Digestat</b>	2,8	5,0	4,0	0,9	2,8	7,5

### ***Separarea fracțiilor lichidă și solidă***

Separarea fibrelor de partea lichidă se realizează cu ajutorul separatoarelor sau sitelor spirale, a decantoarelor și, ocazional, prin intermediul preselor cu sită de tip bandă. 15-20% dintre fibrele/materialele solide sunt separate cu ajutorul sitelor spirale, și mai mult de 60% cu ajutorul decantoarelor centrifugale. Cea mai mare parte a azotului (până la 90%) este separat odată cu fracția lichidă în care este conținut, în timp ce fosforul este numai parțial îndepărtat, fiind majoritar legat de fracția fibroasă și de particulele conținute în materia solidă.

Pentru totalitatea proceselor de condiționare (inclusiv acela al extracției apei) se folosesc două tehnologii de bază: tehnologia separării prin membrană și tehnica evaporării. Ambele sunt de o complexitate tehnologică ridicată și necesită un consum semnificativ de energie. Din acest motiv, acestea sunt fezabile din punct de vedere economic numai pentru fabricile de biogaz având capacități de peste 700 kW.



**Figura 6.5.** Container de colectare a fibrelor, cu melc de distribuție (ANGELIDAKI, 2005)

### ***Tehnologia de separare prin membrană***

O membrană este un filtru cu pori foarte fini, care poate separa particule și soluți din majoritatea lichidelor, la scară moleculară. Decizia de a folosi micro-, ultra- sau nano-filtrarea, ori osmoza inversă în soluție, depinde de mărimea particulelor ce vor fi separate. Forța motrice a separării materiei uscate rezultă din diferența de presiune de pe cele două fețe ale membranei; astfel, apa, asemenea particulelor microscopice, trece prin membrană, sub influența presiunii. Câteva etape ale procesului de condiționare sunt adesea interconectate, într-o serie succesivă, în scopul atingerii parametrilor de separare propuși. Spre exemplu, particulele de dimensiuni mai mari sunt îndepărtate din filtratul rezultat în urma procesului de decantare, într-o primă etapă a ultra-filtrării, iar mai apoi particulele solubile sunt îndepărtate într-o a doua etapă, prin osmoză inversă.

Pe lângă apă purificată, separarea prin membrană produce și un concentrat bogat în nutrienți, care poate fi comercializat fie în mod direct, ca îngrășământ lichid, fie procesat în continuare, pentru reducerea volumului prin evaporare.

### ***Evaporarea***

Prin evaporare, lichidul este în continuare rafinat și separat în nutrienți și apă purificată. Unitățile de evaporare necesită un consum ridicat de energie. În cea mai mare parte a

cazurilor, căldura suplimentară produsă prin co-generare este utilizată în unitățile de evaporare, în acest fel crescându-se eficiența energetică și realizându-se economii, care pot fi folosite ulterior pentru finanțarea unei părți din costurile operaționale ale unității de condiționare.

Caracteristicile substratului supus evaporării sunt cruciale pentru alegerea acestei tehnologii. În cazul digestatului, este posibilă utilizarea unui evaporator cu circuit închis, în care transmiterea căldurii și procesul propriu-zis de evaporare au loc separat. Aceasta asigură un proces mult mai stabil, în special în cazul în care substratul prezintă tendință de sedimentare.

## 6.6.2 Considerații necesare

Tehnologiile de condiționare (în special condiționarea completă) solicită un consum mare de energie, în scopul creării presiunii folosite în cazul tehnologiilor prin membrană sau pentru producerea căldurii utilizate în procesul de evaporare. O cantitate de până la 50% din energia electrică produsă din biogaz este necesară pentru condiționarea completă a digestatului, cu ajutorul tehnologiilor prin membrană. Condiționarea parțială este mai puțin energofagă, mai ieftină, și, în zonele cu surplus de fosfor, reprezintă cea mai economică tehnologie de condiționare.

În toate cazurile, tehnologia de condiționare este aleasă în funcție de caracteristicile fizico-chimice ale digestatului, și, prin aceasta, trebuie luată în calcul și tendința de sedimentare a acestuia. Dacă se dorește condiționarea completă, este importantă îndepărtarea unei cât mai mari părți din materia uscată digerabilă, prin separarea completă a fibrelor de lichid, urmată de ultra-filtrare (<0,2 mm), astfel încât fracția lichidă rămasă să posede calități apropiate de cele ale apei pure. În cazul în care fracțiile separate nu ating nivelul necesar de puritate, sau dacă membranele și procesele alese pentru condiționare nu sunt potrivite caracteristicilor digestatului, cheltuielile cu energia, cu personalul operator, cu întreținerea și curățarea sistemelor vor crește în mod considerabil.

## 6.7 Managementul calității digestatului

### 6.7.1 Prelevarea probelor, analiza digestatului și declarația de conformitate a produsului

Pentru a utiliza digestatul ca biofertilizator valoros în agricultură și silvicultură, precum și pentru ca acesta să poată fi integrat în schema de fertilizare a fermei, este necesară cunoașterea compoziției chimice și a proprietăților sale. Din acest motiv, trebuie prelevate probe reprezentative din toate cantitățile de digestat produse și determinat conținutul de N, P și K, precum și valorile substanței uscate (DM), a substanțelor volatile (VM) și a pH-ului acestora. În cazul în care fabrica de biogaz folosește co-digerarea reziduurilor organice, trebuie determinată, de asemenea, și prezența metalelor grele și a contaminanților organici persistenți în digestat. Concentrația acestora nu trebuie să depășească limitele stabilite prin lege. Pentru a putea fi aplicat în siguranță, în scopul fertilizării și a condiționării solului, digestatul trebuie să fie liber de agenți patogeni, de particule prionice, precum și de impurități fizice.

## 6.7.2 Managementul nutrienților în digestat

Una dintre problemele legate de reciclarea digestatului este legată de cantitatea de nutrienți prezentă pe suprafața fermei. Scurgerile de nitrați sau supraîncărcarea cu fosfor pot avea loc din cauza manipulării greșite, a stocării și aplicării necorespunzătoare a digestatului ca îngrășământ. Directiva referitoare la cantitatea de nitrați (91/676/EEC nitrați) stabilește cantitatea de nitrați ce poate fi prezentă pe terenurile agricole, cu scopul protejării apelor de suprafață și a celor de adâncime împotriva poluării cu aceste substanțe, cantitatea maximă permisă fiind de 170 kg N/ha/an. Încărcarea cu nutrienți a terenurilor agricole este stabilită prin lege, în majoritatea țărilor europene, în scopul evitării poluării ca urmare a creșterii intensive a animalelor în fermă. Tabelul 6.3. prezintă exemple din câteva țări europene.

**Tabelul 6.3. Exemple de norme naționale în ceea ce privește încărcarea cu nutrienți la nivelul terenurilor agricole (NORDBERG, 1999)**

	Încărcarea maximă cu nutrienți	Capacitatea obligatorie de stocare	Perioada obligatorie de aplicare a îngrășământului
<b>Austria</b>	170 kg N/ha/an	6 luni	28/2-25/10
<b>Danemarca</b>	Până în 2003: 230-210 kg N/ha/an (bovine) 140-170 kg N/ha/an (porcine) Din 2003: 170 kg N/ha/an (bovine) 140 kg N/ha/an (porcine)	9 luni	1/2-recoltare
<b>Italia</b>	170-500 kg N/ha/an	90-180 zile	1/2- 1/12
<b>Suedia</b>	Pe baza mărimii efectivelor de animale	6-10 zile	1/2- 1/12
<b>UK</b>	250-500 kg N/ha/an	4 zile	-

Aplicarea digestatului ca îngrășământ trebuie făcută pe baza unui plan de fertilizare. Acesta trebuie elaborat pentru fiecare parcelă agricolă în parte, în funcție de tipul culturii, producția planificată, procentul anticipat al utilizării nutrienților din digestat, tipul solului (textura, structura, calitatea, pH-ul), rezerva existentă de macro- și micronutrienți, condițiile precedente culturii și cele de irigație, precum și în funcție de zona geografică.

Experiența daneză arată că, atât din punctul de vedere al protejării mediului, cât și din cel economic, o aplicare optimă a digestatului ca îngrășământ înseamnă satisfacerea necesităților de fosfor ale culturii, precum și adăugarea suplimentară de îngrășământ mineral în scopul completării necesarului de azot.

## 6.7.3 Măsurile generale pentru o reciclare sigură și pentru asigurarea calității digestatului

- Controlul procesului AD (temperatura, timpul de retenție etc.), în scopul obținerii unui produs stabil (digestat).
- Sanitația digestatului, în concordanță cu standardele europene, pentru reducerea efectivă a numărului de agenți patogeni.
- Prelevarea periodică de probe, analiza acestora și efectuarea declarației de conformitate a digestatului.
- Includerea digestatului în planul de fertilizare al fermei și folosirea de “bune practici agricole” pentru aplicarea digestatului pe terenurile de cultură.

- Sortarea la sursă și colectarea separată a reziduurilor digerabile, de preferat în recipiente biodegradabili, precum și un pre-tratament extensiv/separare la fața locului (în special pentru reziduuri nesortate).
- Selecția/excluderea din procesul AD a materiilor prime necorespunzătoare, pe baza declarației și descrierii complete a fiecărui lot de materie primă: originea, compoziția, conținutul în metale grele și compuși organici persistenți, contaminarea cu agenți patogeni, precum și alte potențiale pericole.

## 7 Componentele unei fabrici de biogaz

O fabrică de biogaz reprezintă o instalație complexă, constând dintr-o varietate de elemente principale. Planul unei astfel de fabrici depinde, în mare măsură, de tipurile și cantitățile de materie primă utilizată. Deoarece există o serie întreagă de tipuri diferite de materii prime, de diverse origini, care se pretează proceselor de digestie în fabricile de biogaz, există, în mod corespunzător, și tehnici variate de tratare a acestor tipuri de materii prime, precum și numeroase modalități de construcție a digestoarelor și sistemelor de operare. Mai mult, în funcție de tipul, mărimea și condițiile de operare ale fiecărei fabrici de biogaz, există variate tehnologii pentru condiționarea, stocarea și utilizarea biogazului, posibil de a fi implementate. În ceea ce privește stocarea și utilizarea digestatului, acestea sunt, în principal, orientate către folosirea sa ca îngrășământ, și, de asemenea, către măsurile necesare pentru protecția mediului legate de această activitate.

Principalele etape de procesare care au loc într-o fabrică de biogaz sunt prezentate schematizat în Figura 7.1.. Etapele de procesare descrise cu caractere italice nu sunt practice comune pentru fabricile agricole de biogaz.

### Substraturi de materie primă

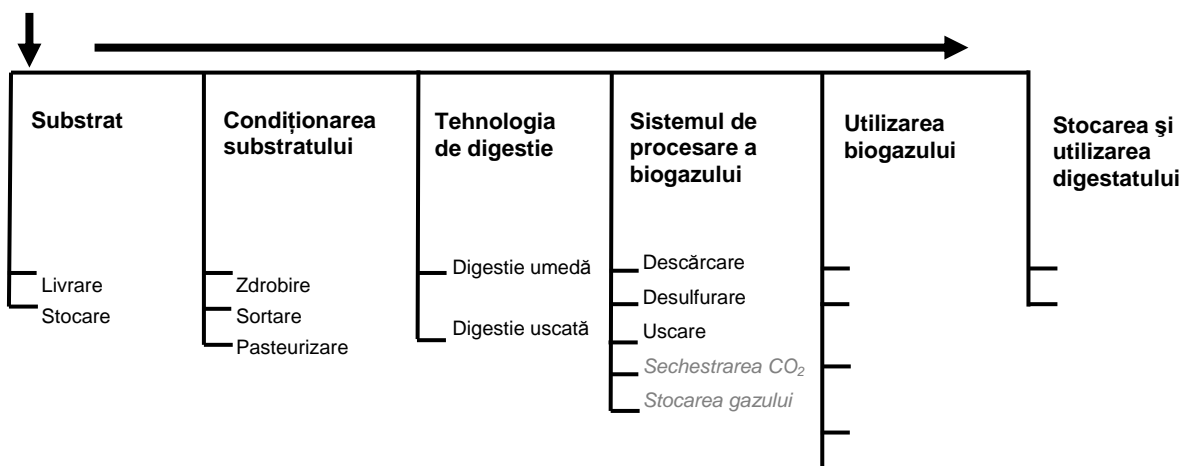


Figura 7.1. Etapele de procesare în tehnologia biogazului (PRAßL, 2008)

Diferențierea în procese AD umede și uscate este numai una teoretică, de vreme ce toate procesele microbiologice au loc, întotdeauna, în medii fluide. Delimitarea dintre procesele de digestie umedă și uscată este determinată de gradul de fluiditate al materiei prime. Un conținut de substanță uscată (DM) de peste 15% desemnează faptul că materialul este prea puțin fluid și nu poate fi pompat, în acest caz, procesul AD fiind definit drept digestie uscată. Alimentarea directă a digesterului cu materie primă relativ uscată (cum este porumbul



însilozat) conduce la creșterea conținutului de substanță uscată a mixturii folosite ca materie primă.

Componenta principală a unei fabrici de biogaz este digestorul (tancul de reacție AD), care este acompaniat de un număr de alte componente (Figura 7.2.).

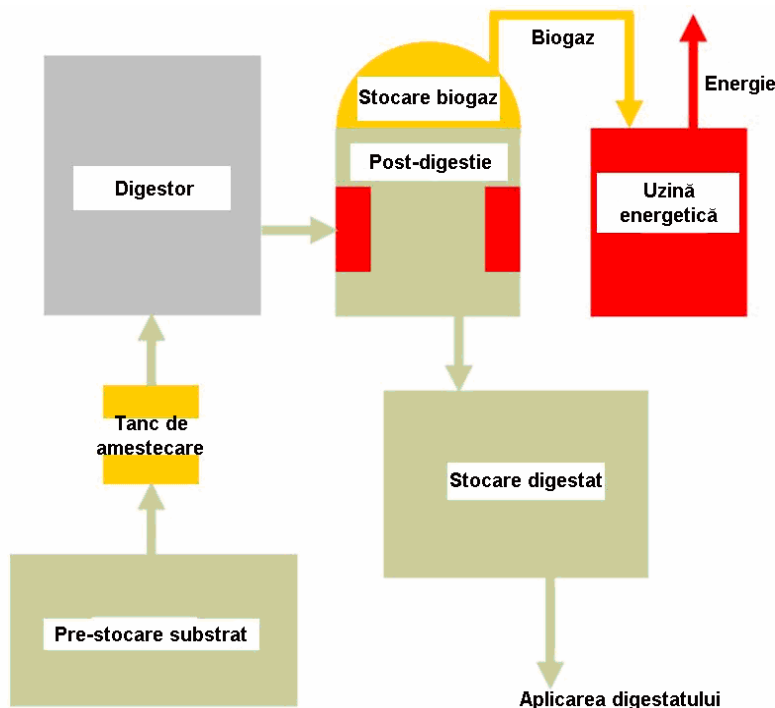


Figura 7.2. Principalele componente ale unei fabrici de biogaz (PRAßL, 2008)

Fabricile agricole de biogaz operează, în general, în patru mari etape de procesare (Figura 7.3.):

1. Transportul, livrarea, stocarea și pre-tratamentul materiei prime.
2. Producerea biogazului (AD).
3. Stocarea digestatului, eventual condiționarea și utilizarea acestuia.
4. Stocarea biogazului, condiționarea și utilizarea sa.

Etapele de procesare prezentate în Figura 7.3. sunt, mai departe, ilustrate în Figura 7.4., în care se reprezintă, simplificat, schema unei fabrici agricole de biogaz prin co-digestie.

1. Prima etapă de procesare (stocarea, condiționarea, transportul și alimentarea cu materie primă) necesită un tanc de stocare pentru gunoii de grajd (2), recipiente de colectare (3), tancul de sanitație (4), tancuri de stocare cu încărcare directă din mijloacele de transport (5) și sistemul de alimentare cu materie primă solidă (6).
2. A doua etapă de procesare constă în producerea de biogaz în reactorul de biogaz (7), de asemenea denumit și digester.
3. A treia etapă a procesării este reprezentată de stocarea digestatului în tancul de stocare (10) și de utilizarea acestuia ca îngrășământ pe terenurile de cultură (11).
4. A patra etapă de procesare (stocarea biogazului, condiționarea și utilizarea acestuia) are loc la nivelul tancului de stocare a biogazului (8) și a unității de co-generare a energiei (CHP) (9).

Cele patru etape de mai sus ale procesării sunt strâns legate între ele. În particular, între etapa a doua și cea de a patra există o legătură strânsă, întrucât etapa a patra asigură, în mod obișnuit, căldura necesară procesării în cadrul etapei a doua.

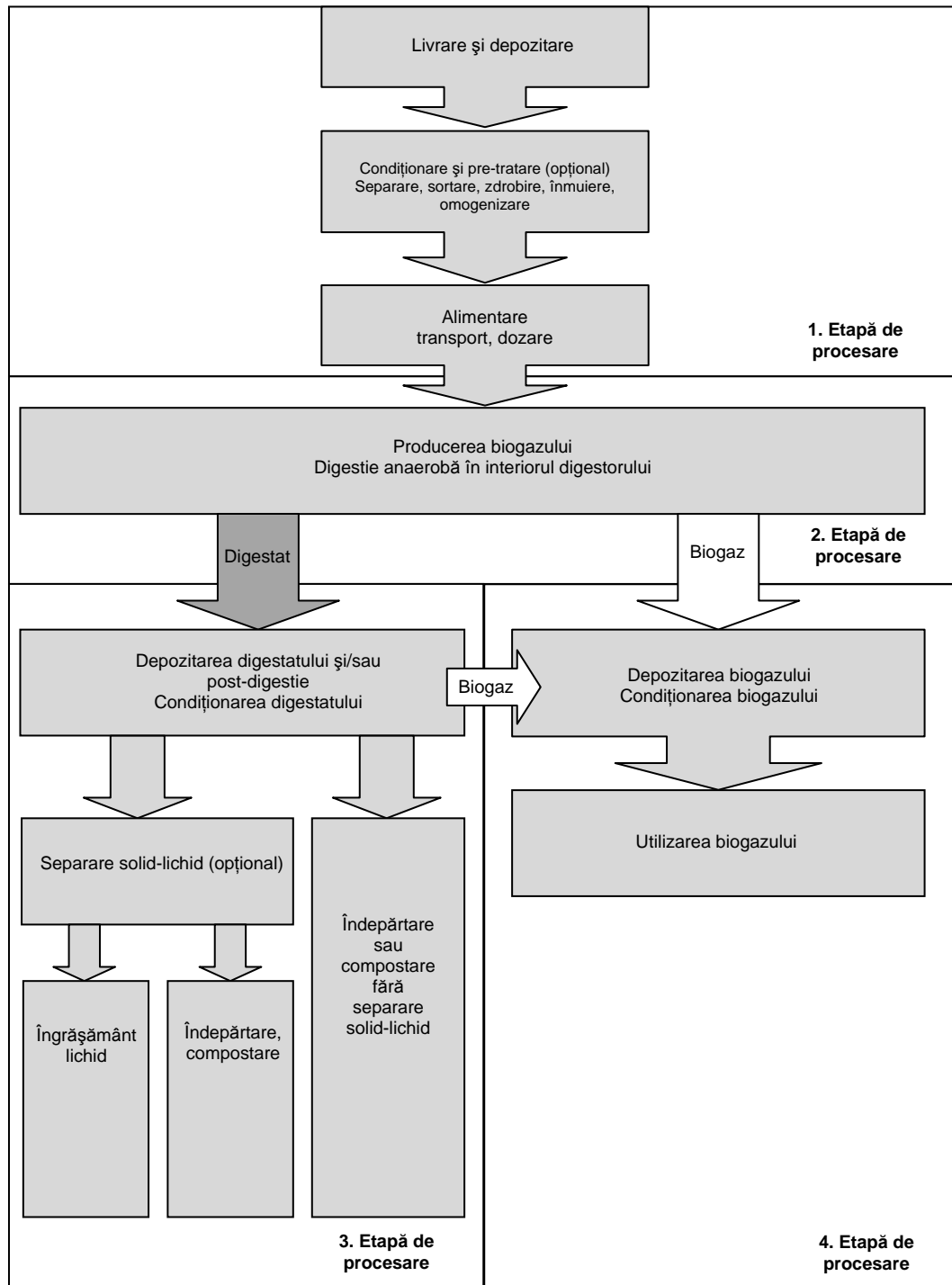
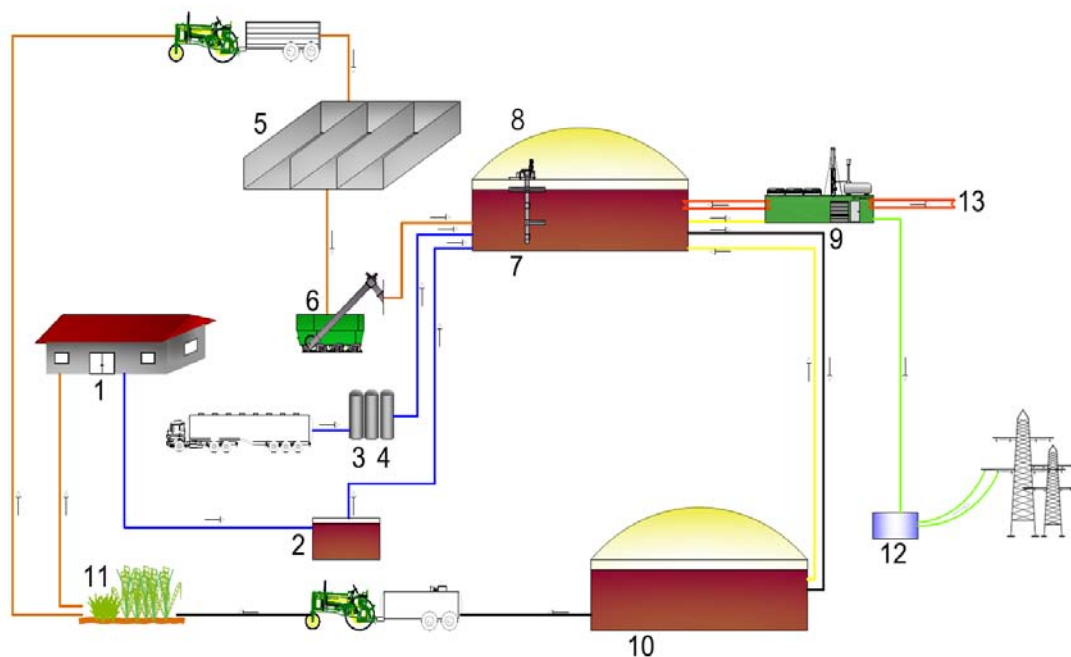


Figura 7.3. Etapele de procesare în fabricile agricole de biogaz (PRABL, 2008)



- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 1 Grajduri  | 8 Tanc de stocare a biogazului    |
| 2 Tancuri pentru gunoiul lichid                                       | 9 Uzina energetică în co-generare |
| 3 Recipiente de colectare pentru reziduuri biologice                  | 10 Tanc de stocare a digestatului |
| 4 Tanc de sanitație   | 11 Terenuri agricole              |
| 5 Tancuri de stocare cu încărcare directă din mijloacele de transport | 12 Transformator/Energie în rețea |
| 6 Sistem de alimentare cu materii prime solide                        | 13 Utilizarea căldurii            |
| 7 Digestor (reactor de biogaz)  |                                   |

**Figura 7.4. Fabrică agricolă de biogaz prin co-digestie, care utilizează ca materii prime gunoiul de grajd și porumbul însilozat (LORENZ, 2008)**

Alegerea tipului și a planului general al unei fabrici de biogaz depinde, în principal, de natura materiei prime avute la dispoziție. **Cantitatea** materiei prime determină dimensionarea digesterului, a capacităților de stocare, precum și a unității energetice. **Calitatea** materiei prime (conținutul în substanță uscată, structura și originea acesteia etc.) determină alegerea tehnologiei de procesare.

În funcție de compoziția materiei prime, poate fi necesar un proces de separare a materialelor nedorite, înmuierea și zdrobirea materiei prime sau adăugarea de apă, astfel încât amestecul să devină fluid și să poată fi pompat. În cazul în care materia primă este susceptibilă la contaminare, devine necesară includerea unei etape de sanitație în schema generală de funcționare a viitoarei fabrici de biogaz.

În cazul folosirii tehnologiei AD umede, proiectarea fabricii se realizează, în mod normal, pentru o procesare AD într-o singură etapă, în flux, a materiei prime. Atunci când procesarea include două etape, înaintea digesterului principal se adaugă un pre-digester. Pre-digesterul creează condițiile optime pentru reacțiile care au loc în cadrul primelor două faze ale procesului AD (hidroliza și formarea mediului acid). După ieșirea din pre-digester, materia primă este introdusă în digesterul principal, unde au loc fazele următoare ale procesului AD.

Substratul digestat (digestatul) este evacuat din digester prin pompare și încărcat în tancurile de stocare. Acestea trebuie acoperite cu copertine impermeabile pentru gaze, deoarece producerea și colectarea biogazului poate continua și la temperatura ambientală (post-digestie). Ca o alternativă la aceasta, digestatul poate fi stocat și în containere deschise, având la suprafața sa un strat de flotație, natural sau artificial, în scopul minimizării emisiilor de suprafață. Utilizarea standard a digestatului este aceea de îngrășământ lichid pe terenurile agricole.

Biogazul produs este stocat, condiționat și folosit pentru producerea energiei. Utilizarea standard a acestuia este pentru producerea de energie prin co-generare, în centrale termice de tip bloc, unde are loc generarea simultană atât a electricității, cât și a căldurii.

## **7.1 Unitatea de recepție a materiei prime**

Furnizarea și transportul materiei prime joacă un rol important în cadrul operării unei fabrici de biogaz. Este importantă asigurarea unei alimentări stabile și continue cu materie primă, într-o cantitate și de o calitate corespunzătoare. În cazul în care operatorul fabricii de biogaz este, în același timp, și producătorul materiei prime, calitatea superioară a acesteia poate fi garantată cu ușurință. În numeroase situații, fabricile de biogaz folosesc materii prime suplimentare, provenite de la fermele din vecinătate, din industrie sau din gospodării. În aceste cazuri, managementul calității materiilor prime este, în mod inevitabil, necesar, în scopul verificării și analizării atente a materialului furnizat. Într-o primă etapă, este absolut necesar un control vizual al fiecărui lot de materie primă. Apoi, trebuie înregistrată masa de material, precum și toate celelalte date privitoare la acesta (furnizorul, data, cantitatea, tipul materiei prime, procesul de obținere și calitatea sa).

O atenție sporită trebuie acordată în cazul materiilor prime clasificate drept reziduuri, când poate fi necesară îndeplinirea unor cerințe obligatorii (în funcție de categoria în care acestea se încadrează), precum și a unor condiții de ordin legal și administrativ.

## **7.2 Stocarea și condiționarea materiilor prime**

### **7.2.1 Stocarea materiilor prime**

Depozitarea materiilor prime are drept scop, în primul rând, compensarea fluctuațiilor sezoniere survenite în aprovizionare. De asemenea, ea servește și la amestecul diferitelor co-substraturi, pentru o alimentare continuă a digesterului.

Tipul depozitelor depinde de natura materiei prime. Acestea pot fi clasificate, în general, în silozuri de tip buncăr, pentru materii prime solide (de pildă, silozuri pentru porumb), și în tancuri de stocare, în cazul materiilor prime lichide (de exemplu, gunoiul de grajd). În general, silozurile de tip buncăr au capacitatea de a depozita materia primă pe o perioadă de peste un an, în timp ce tancurile de stocare pentru gunoiul de grajd îl pot depozita numai un timp de câteva zile. În unele cazuri, sunt folosite și silozuri verticale, de tip cilindric, pentru depozitarea cerealelor sau chiar a gunoiului de grajd. Dimensionarea acestor facilități se face în funcție de cantitatea ce urmează a fi stocată, de intervalele dintre aprovizionări, precum și de capacitatea digesterului.

### ***Silozuri de tip buncăr pentru materii prime energetice***

Silozurile de tip buncăr au fost proiectate inițial pentru depozitarea nutrețurilor, astfel încât să fie compensată variația sezonieră a acestora. În prezent, acest mod de depozitare este folosit din ce în ce mai mult în cazul materiilor prime utilizate pentru producerea biogazului, adică a materiilor prime energetice.

Materiile depozitate trebuie să fie de proveniență vegetală, cu un conținut adecvat de umiditate (55-70%, în funcție de modul de depozitare, de gradul de compresie și de conținutul de apă ce va fi pierdut în cursul depozitării).

Materia primă stocată suferă un proces de fermentație, iar bacteriile fermentative utilizează energie pentru a produce acizi grași volatili (VFA), precum: acetat, propionat, lactat și butirat, care ajută la conservarea materialului depozitat. Rezultatul acestor procese este scăderea conținutului energetic față de materia vegetală originală, de vreme ce bacteriile fermentative folosesc o parte din cantitatea de carbohidrați pentru a produce VFA.

În țări precum Germania, materiile prime sunt depozitate în silozuri de tip buncăr, construite din beton armat (Figura 7.5.), sau în grămezi mari, pe sol (Figura 7.6.). Materialul este compactat cu ajutorul buldozerelor, pentru a fi obținut un volum minim de depozitare, în acest mod fiind eliminat și aerul conținut. Minimizarea conținutului de oxigen este necesară, cu scopul evitării proceselor aerobe. În acest sens, se procedează și la acoperirea materialului cu folii din material plastic, fixate în loc cu ajutorul anvelopelor de mașină sau al sacilor cu nisip. Ca o alternativă, se poate folosi și acoperirea naturală, de exemplu, prin aplicarea unui strat înierbat, care ajută și la compactarea silozului (Figura 7.6.). Pe unele silozuri se cultivă chiar și grâu, în timp ce altele sunt lăsate complet descoperite, lucru care conduce la scăderea costurilor pentru acoperire, însă mărește pierderile de energie ale silozului.

În cazul silozurilor de tip buncăr, trebuie întotdeauna luat în considerare faptul că, în urma procesului de fermentație a materiei depozitate, sunt eliberate lichide ce pot contamina cursurile de apă, dacă nu sunt luate măsuri de precauție. Conținutul ridicat de nutrienți poate duce la eutrofizare (dezvoltarea algelor, adică înflorirea apelor). De asemenea, efluentul conține acid azotic, cu efect coroziv.



**Figura 7.5. Siloz de tip buncăr (WIKIPEDIA, 2008)**



Figura 7.6. Porumb depozitat pe sol, în grămezi mari, acoperite cu un strat înierbat (RUTZ, 2007)

### ***Tancuri pentru stocarea materiilor prime fluide***

Materiile prime fluide sunt, în general, depozitate în tancuri subterane din beton armat, ermetizate împotriva scurgerilor. Aceste tancuri, similare celor utilizate în agricultură pentru stocarea gunoiului de grajd fluid, au o capacitate suficientă pentru depozitarea pe o perioadă de 1-2 zile. În scopul prevenirii emisiilor, toate tancurile de stocare trebuie acoperite. Soluția aleasă pentru acoperire trebuie să asigure o descoperire ușoară și posibilitatea îndepărtării sedimentelor formate. Atunci când tancurile de stocare sunt plasate la un nivel mai ridicat comparativ cu digesterul (topografie în pantă), forța hidrolică determinată de înclinație elimină necesitatea echipamentelor de transport (pompe), în acest fel economisindu-se energie.

Co-substraturile (fie lichide, fie solide) pot fi amestecate, în tancul de stocare, cu substratul principal, zdrobite, omogenizate și transformate într-o mixtură fluidă. În acest amestec trebuie evitată formarea cocoloașelor, sedimentarea, apariția straturilor de flotație și separările fazelor. Din acest motiv, tancurile de stocare sunt dotate cu mixere, combinate adeseori cu instrumente de tăiere și zdrobire pentru omogenizarea substraturilor. În cazul tancurilor de stocare, amestecarea se efectuează cu aceleași tehnici folosite și în cazul digestoarelor.

Tancurile de stocare necesită operații simple de întreținere, acestea incluzând îndepărtarea straturilor de sedimente, precum și nisipul și pietrișul, care altfel ar reduce capacitatea de depozitare a tancului. Sedimentele sunt îndepărtate folosindu-se platforme de răzuire, dispozitive cu melc rotativ, pompe de vidanjare, tancuri de colectare sau agregate montate în podea.

Materiile prime de proveniență industrială pot necesita măsuri de sanitație și, din acest motiv, trebuie întotdeauna manevrate și depozitate strict separat de locul de recepție al materiilor prime provenite din agricultură, în scopul prevenirii amestecării acestora, înainte de procesarea cu ajutorul echipamentului de sanitație.

În scopul minimizării mirosurilor neplăcute emansate de fabrica de biogaz, ca și din motive practice, livrarea, stocarea și prepararea materiilor prime trebuie să fie executate în încăperi echipate cu sisteme de ventilație dotate cu biofiltre. Astfel, echipamentul este protejat, și atât operarea, cât și activitățile de monitorizare pot fi conduse indiferent de condițiile meteo.

## 7.2.2 Condiționarea materiilor prime

Condiționarea materiilor prime influențează eficiența și fluxul procesului AD. Scopul condiționării îl constituie, pe de o parte, îndeplinirea cerințelor de sanitație, iar pe de alta, creșterea digestibilității materiei prime.

Condiționarea materiei prime conferă un potențial important pentru optimizarea procesului AD și conduce la creșterea ratei digestiei și a producției de biogaz. Există câteva posibilități de condiționare și optimizare a materiilor organice folosite în fabrica de biogaz, cum ar fi zdrobirea mecanică, procese de dezintegrare (deja utilizate pentru tratarea reziduurilor menajere) și etapa de hidroliză în contra-curent.

### *Sortarea și separarea*

Necesitatea sortării și separării impurităților și a materialelor nedorite conținute în substraturile materiilor prime depinde de originea și de compoziția acestora. Materialele de siloz sunt printre cele mai curate materii prime, în timp ce, spre exemplu, gunoiul de grajd și cel menajer pot conține pietre și alte impurități mecanice. Acestea sunt îndepărtate, în general, prin sedimentare, în tancurile de stocare (iar, în cazul nisipului, chiar în interiorul digestoarelor), fiind necesară, apoi, îndepărtarea periodică a acestora de pe fundul recipientilor respectivi. În multe cazuri este utilizat și un pre-tanc, dotat cu grătare speciale pentru reținerea pietrelor și a celorlalte corpuri străine, înaintea pompării materiei prime în tancul principal de stocare.

Gunoiul menajer și resturile alimentare provenite din activitatea de catering pot conține diferite impurități (reziduuri din ambalaje din material plastic, metale, lemn, sticlă și alte materiale non-digestibile), care pot să deterioreze pompele și să blocheze conductele și digestoarele (Figura 7.7. stânga). Aceste impurități pot fi îndepărtate cu ajutorul unui sistem separat de colectare a resturilor menajere, spre exemplu, sau pot fi îndepărtate manual sau prin metode mecanice sau magnetice.



Figura 7.7. Sistem de alimentare pentru curățarea resturilor menajere solide (stânga) și materialele nedorite separate din resturile alimentare provenite din activitatea de catering (dreapta) (RUTZ, 2007)

### *Sanitația*

Manipularea, tratarea și reciclarea resturilor organice trebuie făcută fără vătămarea oamenilor, viețuitoarelor și a mediului înconjurător. Legislația europeană și cea națională reglementează practicile de tratare a deșeurilor, pentru prevenirea riscurilor epidemice și de igienă, stabilind tratamentul termic potrivit în cazul materialelor de risc. Pentru detalii suplimentare, consultați Capitolul 9.4.4.

În toate cazurile, sanitația materiilor prime trebuie efectuată înainte de pomparea acestora în digestor. Motivul îl constituie evitarea contaminării întregii cantități de material și păstrarea la nivel scăzut a costurilor de sanitație. Sanitația este condusă, de obicei, în tancuri separate, din oțel inoxidabil, încălzite și conectate la sistemul de alimentare al digestorului. Parametrii tipici pentru sanitație sunt: temperatura, presiunea, timpul minim garantat de retenție (MGRT) și volumul. Temperatura materialului, ulterior procesului de sanitație, este mai ridicată decât temperatura din timpul procesului AD. Din acest motiv, înainte de a alimenta digestorul, materialul sanitizat este trecut printr-un schimbător de căldură, unde are loc transferul unei părți din căldură către biomasa cu temperatură mai scăzută, care este pompată în digestor.

### **Zdrobirea**

Zdrobirea materiilor prime pregătește suprafețele particulelor pentru procesul de descompunere biologică, deci pentru producerea subsecventă de metan. Procesul de descompunere decurge mai rapid atunci când mărimea particulelor este mai redusă. Cu toate acestea, mărimea particulelor influențează doar timpul de digestie, însă nu determină, în mod necesar, și creșterea cantității de metan produse. Zdrobirea materiei prime se află în conexiune directă cu sistemul de alimentare. Ambele operații pot fi conduse prin intermediul unui motor electric sau cu ajutorul arborelui de transmisie al unui tractor.

### **Înmuierea și omogenizarea**

Înmuierea materiei prime este necesară în scopul obținerii unui conținut relativ ridicat de apă al acesteia, astfel încât să poată fi încărcată în digestor prin pompare. Înmuierea are loc în tancurile de stocare sau în pre-digestoare, înaintea pompării materialului în digestorul principal. Lichidele folosite în procesul de înmuiere sunt alese în funcție de disponibilitatea acestora și sunt constituite, în general, din gunoi de grajd lichid brut, digestat, apă de procesare sau chiar apă proaspătă.

Avantajul utilizării digestatului în procesul de înmuiere este acela al reducerii consumului de apă proaspătă și al inoculării substratului cu microorganismele necesare procesului AD, care are loc la nivelul digestorului. Acest lucru poate prezenta importanță în post-sanitație sau în cadrul procesului de curgere lentă. Cu toate acestea, folosirea digestatului pentru înmuiere poate avea drept consecință creșterea conținutului în săruri și nutrienți al substratului, ceea ce poate conduce la dezechilibrarea procesului sau chiar la inhibiția acestuia. Aceleași precauții trebuie luate și în cazul utilizării apei provenite din procesele de spălare, deoarece substanțele dezinfectante pot avea un impact negativ asupra microorganismelor necesare procesului AD. Folosirea apei potabile trebuie evitată din cauza costurilor crescute.

Omogenitatea substratului este importantă pentru stabilitatea procesului AD. Materiile prime fluide sunt omogenizate prin amestecare în tancul de stocare, în timp ce materiile solide trebuie omogenizate în cursul procesului de alimentare. Fluctuațiile mari ale tipurilor de materii prime livrate, precum și ale compoziției acestora, supun microorganismele AD stresului, acestea fiind obligate să se adapteze continuu noilor substraturi și schimbării permanente a condițiilor de mediu. De obicei, acest fapt conduce la scăderea producției de biogaz. Experiența demonstrează necesitatea existenței unor loturi stabile și constante de materie primă, pe perioade mai lungi de timp, în scopul obținerii unui proces AD stabil și "sănătos" (echilibrat), lucru care va determina o producție mai ridicată de metan.



## 7.3 Sistemul de alimentare

După depozitare și pre-tratament, materia primă ce urmează a fi supusă procesului AD este introdusă în digestor. Tehnica de alimentare a digestorului depinde de tipul materiei prime și de fluiditatea acesteia. Materia primă fluidă este transferată din tancurile de stocare în digestor cu ajutorul pompelor. În această categorie sunt cuprinse gunoiul animal lichid și o serie numeroasă de deșeuri organice fluide (de exemplu, materialele de flotație din apele reziduale menajere, reziduurile din industria lactatelor, uleiul de pește). Tipurile de materiale solide ce nu pot fi pompate (materiale fibroase, fân, porumb însilozat, gunoi de grajd cu conținut ridicat de paie) pot fi răsturnate sau turnate direct în sistemul de alimentare, cu ajutorul dispozitivelor de încărcare, și, de aici, în digestor (de exemplu, printr-un sistem de conducte echipate cu melc rotativ). Ambele tipuri de materii prime (fluide și solide) pot fi încărcate în digestor și simultan. În acest caz, este preferabil ca alimentarea cu materiale solide să se efectueze pe o cale auxiliară.

Din punct de vedere microbiologic, situația ideală pentru obținerea unui proces AD stabil este aceea a unui flux continuu de materie primă prin digestor. În practică, materia primă este adăugată cvasi-continuu, în câteva tranșe, pe parcursul unei zile. Acest fapt conduce la economii de energie, deoarece agregatele de alimentare nu operează permanent. Există diverse sisteme de alimentare, alegerea lor depinzând de calitatea materiilor prime, și în primul rând de fluiditatea acestora, precum și de intervalul dintre alimentări.

O mare atenție trebuie acordată temperaturii materiei prime introduse în digestor. Între temperatura materiilor ce urmează a fi adăugate și temperatura de operare a digestorului pot exista mari diferențe; de exemplu, în cazul în care materia primă a fost supusă procesului de sanitizare (până la 130°C) sau pe timpul iernii (sub 0°C). Diferențele de temperatură perturbă biologia procesului, determinând scăderea producției de biogaz, astfel încât acestea trebuie evitate. Există câteva soluții tehnice pentru combaterea acestei probleme, cum ar fi utilizarea pompelor de căldură sau a schimbătoarelor de căldură pentru preîncălzirea materiilor prime înainte de introducerea acestora în digestor.

### 7.3.1 Transportul materiilor prime fluide

Transferul substraturilor materiilor prime fluide din tancul de stocare în digestor se realizează cu ajutorul pompelor. În mod frecvent, sunt utilizate două mari categorii de pompe: pompe centrifugale și pompe de dizlocuire. Pompele centrifugale (rotative) sunt, cel mai adesea, imersate, însă pot fi amplasate și alăturat digestorului, într-un puț sec. Pentru aplicații speciale, sunt disponibile pompe de fragmentare, care sunt folosite în cazul materialelor care conțin fibre lungi (paie, resturi de nutreț, iarbă cosită). Pompele de dizlocuire (pompe cu piston, pompe cu melc rotativ excentric) prezintă o mai mare rezistență la presiune decât pompele rotative. Acestea creează vacuum propriu, funcționează în două direcții și ating presiuni relativ ridicate, având o capacitate de transport diminuată. Totuși, datorită prețului scăzut, pompele rotative sunt mai frecvent alese decât cele de dizlocuire.

#### *Pompe centrifugale*

O pompă centrifugală este o pompă roto-dinamică, ce folosește o elice rotativă pentru creșterea vitezei fluidului. Fluidul este condus de-a lungul axului rotativ și accelerat de către elice, fiind împins radial, înspre exterior, într-o cameră de difuzare sau de formă spirală, de unde este evacuat printr-un sistem de conducte. Pompele centrifugale sunt utilizate, în mod

obișnuit, pentru a pune în mișcare lichidele printr-un sistem de conducte, și, de aceea, sunt folosite frecvent pentru transportul gunoiului de grajd lichid.



Figura 7.8. Valve de închidere (stânga) și sistemul de pompare (dreapta) (RUTZ, 2006)

### *Pompele de dizlocuire prin presiune*

Pentru transportul materiilor prime lichide cu vâscozitate mai ridicată și cu un conținut mai mare de materii solide, pompele de dizlocuire prin presiune (cu piston rotativ sau cu melc rotativ excentric) sunt utilizate frecvent. Cantitatea de material transportată depinde de viteza de rotație, ceea ce permite un control mai bun asupra pompei, precum și dozarea precisă a materialului pompat. Pompele de dizlocuire creează vacuum propriu și sunt mai stabile în condiții de presiune decât pompele centrifugale. Din acest motiv, performanțele lor de transport prin conductă depind mai puțin de diferențele de înălțime. Din cauza faptului că pompele de dizlocuire sunt relativ susceptibile la probleme determinate de conținutul mare de fibre al materialelor supuse pompării, este necesară echiparea acestora cu dispozitive de tăiere și separare, pentru a le proteja de acțiunea materialelor fibroase și a altor corpuri de dimensiuni mai mari.

Alegerea tipului potrivit de pompe, precum și al tehnologiilor de pompare depinde de caracteristicile materialelor care trebuie transportate (tipul materialului, conținutul de substanță uscată, dimensiunile particulelor și nivelul de prelucrare). Fabricile de biogaz folosesc, de regulă, același tip de pompe cu cel utilizat pentru transportul gunoiului de grajd lichid, pompe care și-au dovedit eficacitatea și pentru alimentarea digesterului și manevrarea digestatului. Experiența demonstrează că formarea blocajelor la gurile de admisie și de evacuare poate fi prevenită prin alegerea unui diametru suficient de mare al conductelor. Conductele de presiune, folosite pentru umplere și amestecare, trebuie să aibă un diametru de cel puțin 150 mm, în timp ce conductele nesupuse la presiune, precum cele de evacuare sau supraplin, trebuie să aibă un diametru de cel puțin 200 mm, pentru transportul gunoiului lichid, și de 300 mm, în cazul celui cu un conținut ridicat de paie.

Toate piesele aflate în mișcare ale pompelor sunt supuse unei uzuri ridicate și, din acest motiv, trebuie înlocuite periodic. Această operație trebuie să fie fezabilă fără întreruperea producției de biogaz. Din acest motiv, pompele trebuie echipate cu valve de închidere, care să permită atât alimentarea, cât și golirea digestoarelor și a conductelor. Pompele și conductele trebuie să fie ușor accesibile, iar în jurul acestora trebuie să existe suficient spațiu pentru asigurarea condițiilor necesare lucrărilor de întreținere.

Transportul substraturilor fluide este controlat în mod automat, prin intermediul computerelor de proces și a temporizatoarelor. În numeroase cazuri, întregul transport la nivelul unei fabrici de biogaz se realizează cu ajutorul a 1-2 pompe, amplasate într-o stație de pompare.



Figura 7.9. Sisteme de pompare (AGRINZ GmbH, 2008)

### 7.3.2 Transportul materiilor prime solide

Materiile prime solide, precum fânul, porumbul însilozat, gunoiul de grajd cu un conținut ridicat de paie, reziduurile vegetale etc. trebuie transportate de la locul de depozitare (siloz de tip buncăr) la sistemul de alimentare al digesterului. Aceasta se realizează, în general, prin intermediul încărcătoarelor și al tractoarelor (Figurile 7.10. și 7.11.), iar materia primă este introdusă în digester, spre exemplu, cu ajutorul unui sistem de transport format dintr-un ansamblu conductă cu melc rotativ, precum cele prezentate în Figura 7.12..

În general, sistemul de alimentare include un container, în care materialul este introdus cu ajutorul unui tractor și al unui sistem de transport controlat în mod automat. Acesta constă din platforme de răzuire, benzi rulante, tije de împingere și transportoare cu melc rotativ.

Platformele de răzuire și tijele de împingere sunt folosite pentru transportul materialului până la transportoarele cu melc rotativ. Acestea sunt capabile să transporte aproape întreaga cantitate de materie primă, atât în plan orizontal, cât și în plan ușor înclinat, și de aceea sunt utilizate în cazul containerelor de dimensiuni foarte mari, pentru stocare temporară, nefiind potrivite pentru efectuarea dozajelor.

Mecanismele cu melc rotativ pot transporta materialul în aproximativ orice direcție. Singura condiție este lipsa corpurilor străine de mari dimensiuni, cum ar fi pietrele. Pentru o funcționare optimă, materialul grosier trebuie în prealabil zdrobit, pentru a putea fi prins de către melc și preluat în cavitățile acestuia.



Figura 7.10. Sistem de alimentare al containerului pentru materii prime solide: porumb însilozat și gunoi solid de pasăre (stânga) și încărcător cu porumb însilozat (dreapta) (RUTZ, 2008)



Figura 7.11. Încărcător alimentând un container cu porumb însilozat (RUTZ, 2008)



Figura 7.12. Sistem de transport tip conductă cu melc rotativ (stânga) și melci rotativi, pregătiți pentru instalare (dreapta) (RUTZ, 2007)

Încărcarea materiilor prime în digester trebuie făcută fără adăugare de aer și nu trebuie să permită nici scăpările de biogaz. Din acest motiv, sistemul de alimentare introduce materialul sub suprafața stratului de digestat (Figura 7.13.). De regulă, sunt folosite trei tipuri de sisteme: canale de scurgere, pistoane de alimentare și melci rotativi.

### **Canale de scurgere**

Alimentarea cu materiale solide prin intermediul canalelor de scurgere, utilizând încărcătoare frontale sau de tip rotativ, permite introducerea, în orice moment, a unor mari cantități de materiale solide direct în digestor.

### **Pistoane de alimentare**

Atunci când sunt folosite pistoane de alimentare, materia primă este introdusă direct în digestor, cu ajutorul cilindrilor hidraulici, care împing materialul printr-o deschidere aflată în peretele digestorului. Acest mod de alimentare, prin partea inferioară, la nivelul solului, permite înmuierea materialului astfel introdus în lichidul deja conținut în digestor. În acest fel, se reduce riscul formării stratului de flotație. Acest sistem este echipat cu role de amestecare în contrasens, care dirijează co-substraturile către cilindrii orizontali amplasați la un nivel mai coborât, în același timp efectuându-se și zdrobirea fibrelor lungi.

### **Melci rotativi**

Introducerea co-substraturilor în digestor poate fi realizată și prin intermediul sistemelor de alimentare cu melci rotativi. În acest caz, materialul este presat sub nivelul lichidului din interiorul digestorului, cu ajutorul unui șurub de tip melc. Metoda prezintă avantajul prevenirii scurgerilor de gaze ce pot surveni pe durata alimentării. Modul cel mai simplu de punere în practică este acela al amplasării dozatorului direct pe digestor, astfel încât să fie necesară inserția unui singur șurub-melc. Pentru alimentarea melcului sunt utilizate containere pentru stocare temporară, prevăzute sau nu cu dispozitive de zdrobire.

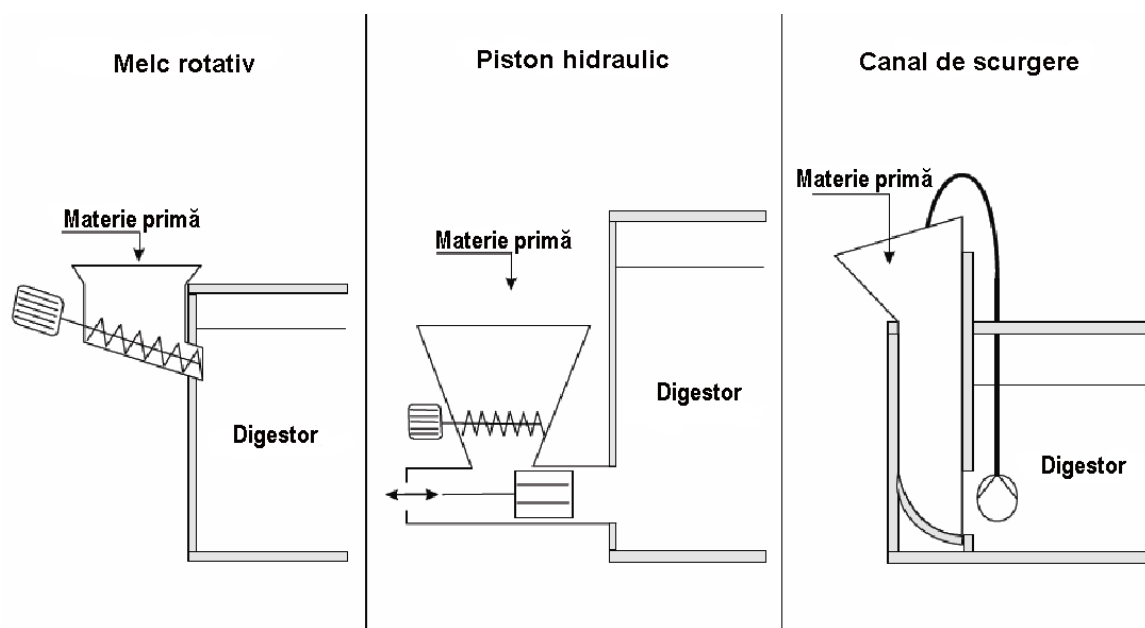


Figura 7.13. Sistem cu melc rotativ, piston de alimentare și canal de scurgere, folosite pentru alimentarea digestorului (FAL, 2006)



Figura 7.14. Container de alimentare pentru material însilozat (AGRINZ GmbH, 2006)

## 7.4 Conducte și armături

Conductele și armăturile folosite pentru construcția sistemelor de producție a biogazului trebuie să prezinte rezistență la coroziune și să fie potrivite manevrării acestor tipuri de materiale (biogazul și biomasa). Materialele utilizate pentru construcția conductelor depind de natura substanțelor transportate și de nivelul presiunii de operare și sunt reprezentate de PVC, HDPE, oțel simplu sau oțel inoxidabil. Armăturile, precum cuplajele, valvele glisante, valvele de tip fluture, ferestrele de curățare și manometrele trebuie să fie accesibile, ușor de întreținut și amplasate astfel încât să fie protejate de îngheț. În unele cazuri, este necesară izolarea conductelor (Figura 7.15.). Pentru operarea în siguranță a fabricilor de biogaz, trebuie îndeplinit un minimum de condiții în ceea ce privește proprietățile materialelor, sistemele de siguranță și etanșeitatea sistemului de conducte și armături.

**Conductele pentru transportul biomasei** trebuie să aibă un diametru de 300 mm. Refluxul substratului din digester către tancurile de stocare trebuie evitat printr-o proiectare judicioasă a sistemului. La instalarea conductelor trebuie respectată o înclinare de 1-2% a acestora, pentru a se permite curgerea completă. O mare atenție trebuie acordată etanșezării corespunzătoare a instalației. Conductele lungi, precum și cele care formează unghiuri pe traseu sunt susceptibile la pierderea presiunii.



Figura 7.15. Conducte de gaz izolate (stânga) și conducte pentru digestat (dreapta) (RUTZ, 2008)

**Conductele pentru transportul gazului** trebuie instalate înclinat și echipate cu valve, în scopul evacuării condensatului. Chiar și cantități mici de condensat pot conduce la blocarea completă a liniilor de transport al gazului, ca urmare a scăderii presiunii în sistem.

## 7.5 Sistemul de încălzire – încălzirea digesterului

Temperatura constantă de procesare reprezintă una dintre condițiile de bază pentru operarea în condiții stabile și obținere a unei înalte producții de biogaz. Fluctuațiile de temperatură, inclusiv cele sezoniere, determinate de anotimp și de condițiile meteorologice, precum și fluctuațiile locale, între diferite zone din interiorul digesterului, trebuie păstrate la un minimum, pe cât posibil. Fluctuațiile mari de temperatură pot conduce la dezechilibrarea procesului AD, și chiar, în cazurile cele mai grave, la eșecul complet al procesului.

Cauzele fluctuațiilor de temperatură sunt variate:

- Adăugarea unor noi cantități de materie primă.
- Formarea straturilor cu temperaturi diferite sau a zonelor de temperatură, din cauza izolării insuficiente, a dimensionării necorespunzătoare a sistemului de încălzire sau a unei amestecări insuficiente.
- Amplasarea inadecvată a elementelor de încălzire.
- Temperaturile exterioare extreme din timpul verii sau al iernii.
- Defectarea mecanismelor de antrenare.

În scopul atingerii și menținerii unei temperaturi constante de procesare, precum și pentru compensarea pierderilor de căldură, digestoarele trebuie izolate și încălzite cu ajutorul surselor externe (Figura 7.16.). Sursa de căldură cel mai frecvent folosită este căldura reziduală provenită din centrala termică în co-generare a fabricii de biogaz.



Figura 7.16. Sistemul de încălzire al unei fabrici de biogaz (stânga) și izolarea unui digester din beton armat, aflat în construcție (dreapta) (RUTZ, 2008)

Încălzirea materiei prime poate fi făcută fie pe durata alimentării (pre-încălzire), cu ajutorul schimbătoarelor de căldură, fie poate avea loc în interiorul digesterului, prin intermediul elementelor de încălzire (Figura 7.17.), a aburului fierbinte etc. Pre-încălzirea substraturilor materiei prime în cursul alimentării prezintă avantajul evitării fluctuațiilor de temperatură din interiorul digesterului. Numeroase fabrici de biogaz utilizează o combinație din ambele tipuri de încălzire a materiilor prime.



Figura 7.17. Conducte pentru încălzit amplasate în interiorul digesterului (AGRINZ GmbH, 2008)

## 7.6 Digestoare

Elementul esențial al unei fabrici de biogaz este digesterul, un tanc de reacție etanș la pătrunderea aerului, în interiorul căruia materia primă este supusă procesului AD, având loc, astfel, producerea biogazului. Caracteristicile comune tuturor digestoarelor, în afara etanșeității împotriva pătrunderii aerului, sunt: existența unui sistem de alimentare cu materii prime, precum și a sistemelor de evacuare a biogazului și digestatului. În condițiile climatice ale continentului european, digestoarele anaerobe trebuie izolate și încălzite.

La nivel mondial, există o întreagă varietate constructivă de digestoare pentru biogaz. Astfel, sunt folosite digestoare din beton, oțel, cărămidă sau material plastic, în formă de siloz, de jgheaburi sau bazine, amplasate în subteran sau la suprafață. Dimensiunile unei fabrici de biogaz sunt determinate de dimensiunile digestoarelor, care variază de la câțiva metri cubi, în cazul instalațiilor mici, gospodărești, până la marile fabrici comerciale, care posedă câteva digestoare, fiecare cu volume de mii de metri cubi.

Alegerea tipului constructiv al digesterului este determinată, în primul rând, de conținutul de apă, respectiv, de substanță uscată al substratului digestat. Așa cum a fost menționat mai înainte, tehnologia AD operează cu două sisteme de bază: digestia umedă, în cazul în care conținutul mediu de substanță uscată (DM) al substratului este mai scăzut de 15% și digestia uscată, atunci când conținutul în substanță uscată al substratului este superior acestei valori, de obicei între 20-40%. Definițiile și limitele amintite aici prezintă unele variații regionale, iar, în unele cazuri, acestea sunt stabilite prin legislație și scheme suport, așa cum se întâmplă, de exemplu, în Germania.

Digestia umedă este folosită, de obicei, în cazul substraturilor de tipul gunoiiului de grajd fluid și nămolurilor de canalizare, în timp ce digestia uscată este utilizată pentru producerea de biogaz din gunoiiul de grajd solid cu un conținut ridicat de paie, din reziduuri menajere și bioreziduuri orașenești solide, precum și din vegetația tăiată în scopuri de întreținere sau din materiale provenite din culturi energetice (proaspete sau însilozate). Ambele tipuri de digestoare, care folosesc AD umedă sau uscată, sunt descrise mai jos, cu accentul pe sistemele de digestie umedă, acestea reprezentând cea mai interesantă alternativă pentru fabricile agricole de biogaz.



Din punct de vedere al transferului de material prin digestor, acestea se împart în două tipuri principale: digestoare cu funcționare discontinuă și digestoare cu funcționare continuă.

### 7.6.1 Digestoare cu funcționare discontinuă

Specificul de operare al digestoarelor cu funcționare discontinuă constă în alimentarea acestora numai cu o porțiune din materia primă (tranșă), care este apoi supusă digestiei, după care este evacuată complet. Ulterior, o nouă porțiune este introdusă în digestor, iar procesul se repetă. Digestoarele cu funcționare discontinuă sunt mai simple de construit și sunt folosite, în mod obișnuit, pentru digestia uscată.

Un exemplu de digestor cu funcționare discontinuă îl reprezintă așa-numitele digestoare “de tip garaj” (Figura 7.18.) construite din beton, pentru tratarea bioreziduurilor separate la sursă, provenite din gospodării, cosiri, gunoi de grajd și culturi energetice. Capacitatea de tratare variază între 2.000-50.000 tone pe an. Materia organică este inoculată cu digestat și introdusă în digestor. Inocularea permanentă cu biomasă bacteriană are loc prin percolație, prin recircularea lichidului, acesta fiind pulverizat peste substratul aflat în digestor.

Spre deosebire de digestia umedă, digestia uscată nu necesită amestecarea substratului supus AD pe parcursul digestiei. Temperatura de procesare și cea a lichidului de percolație sunt controlate cu ajutorul unui sistem de încălzire prin podea, construit în interiorul digestorului, și prin intermediul unui schimbător de căldură, care funcționează ca rezervor pentru lichidul de percolație.

Digestia discontinuă prezintă un număr de avantaje comparativ cu alte sisteme, în termenii unor costuri reduse de procesare și ai tehnologiei mecanice pe care aceasta se bazează. Aceasta, în schimb, prezintă și efecte adverse în ceea ce privește consumul energetic și costurile de întreținere.



Figura 7.18. Digestor cu funcționare discontinuă de tip garaj, încărcat cu ajutorul buldozerului (BEKON, 2004)

O alternativă promițătoare pentru tehnologia AD complet uscată este utilizarea sacilor din plastic sau a tubulaturii din folie de plastic. Ideea constă în reducerea costurilor investiției prin folosirea foliilor din plastic, aceasta fiind împrumutată din tehnologia de însilozare prin

utilizarea sacilor din plastic, prin care substraturile AD (gunoi de grajd, bioreziduuri, culturi energetice dedicate) sunt depozitate în saci din plastic ermetizați împotriva pătrunderii aerului.

Digestoarele cu funcționare discontinuă sunt, de asemenea, utilizate și în cazul digestiei combinate umedă-uscată, pentru procesarea materiilor prime solide, în care este folosită apă reziduală suplimentară sau lichid de percolație în cantități mai mari pentru imersia materialului sau pentru procese de percolație.

Posibilitatea manipulării substraturilor, nu numai prin procese de pre-tratare și percolație, ci și cu ajutorul “aerației” de înaltă presiune și a inundării, permite utilizarea fermentației uscate ca tratament potrivit în cazul gropilor de gunoi controlate.

## 7.6.2 Digestoare cu funcționare continuă

Într-un digester cu funcționare continuă, substraturile materiei prime sunt introduse în acesta în mod constant. Materialul circulă prin digester fie condus mecanic, fie datorită presiunii generate de materialul proaspăt adăugat, acesta împingând materialul digestat către ieșirea digesterului. Spre deosebire de digestoarele cu funcționare discontinuă, cele cu funcționare continuă produc biogaz fără întreruperea procesului pentru încărcarea unei noi tranșe de materie primă și pentru evacuarea efluentului digestat. Digestoarele cu funcționare continuă produc cantități constante și predictibile de biogaz și digestat.

Există trei sisteme principale de digestoare cu funcționare continuă: vertical, orizontal și sisteme de tancuri multiple. În funcție de soluția aleasă pentru amestecarea substraturilor AD, digestoarele cu funcționare continuă pot fi clasificate în digestoare cu amestecare completă și digestoare cu flux lent (Tabelul 7.1.). Astfel, digestoarele cu amestecare completă sunt, în principal, verticale, în timp ce digestoarele cu flux lent sunt orizontale.

**Tabelul 7.1. Tipuri de digestoare**

Digestoare cu amestecare completă	Digestoare cu flux lent
tanc vertical simplu, circular	tanc orizontal, alungit
amestecare completă	amestecare verticală
potrivit pentru materii prime simple (gunoi de grajd lichid)	potrivit pentru materii prime dificile (gunoi de grajd solid)
fracții nedigestate de materie primă pot ajunge în efluent	în mod normal, nu există contact între materialul introdus și efluent; sanitație sigură
temperatura de procesare 20-37° C	temperatura de procesare 35-55° C
timp de retenție 30-90 zile	timp de retenție 15-30 zile

### *Digestoare verticale*

În practică, cea mai mare parte a digesterelor sunt de tip vertical. Digestoarele verticale sunt, în general, construite la fața locului, sub forma unor tancuri circulare din oțel sau beton armat, cel mai adesea având o bază conică, pentru o mai ușoară amestecare și evacuare a nisipului sedimentat. Digestoarele sunt etanșe împotriva pătrunderii aerului, izolate, încălzite și echipate cu mixere și pompe. În cele mai multe cazuri, digestoarele sunt acoperite cu o cupolă din beton sau din oțel, iar biogazul produs este evacuat prin conducte și depozitat într-

o incintă externă de stocare, aflată în proximitatea digestorului. În alte situații, cupola de acoperire poate consta dintr-o membrană impermeabilă pentru gaze, care facilitează stocarea biogazului. Membrana este umflată de către biogazul produs sau poate fi ancorată de un catarg central (Figura 7.19.).



Figura 7.19. Digestoare verticale, acoperite cu membrane impermeabile pentru gaze (AGRINZ GmbH, 2008) - stânga și (RUTZ, 2006) - dreapta

Digestoarele construite din **beton armat** sunt suficient de impermeabile pentru gaze, datorită saturației în apă a betonului, provenită din umiditatea conținută în materiile prime și biogaz. Tancurile din beton armat pot fi instalate, complet sau parțial, în subteran. Construcția defectuoasă poate conduce la crăparea betonului, la scurgeri, coroziune și, în cazuri extreme, chiar la demolarea digestorului. Aceste probleme pot fi evitate prin asigurarea calității adecvate a betonului și prin proiectarea și construirea profesională a digestorului.



Figura 7.20. Construcția la fața locului a digestoarelor verticale din beton armat (RUTZ, 2007)

**Digestoarele din oțel** sunt instalate pe o fundație din beton. Plăcile din oțel sunt fie sudate, fie prinse cu ajutorul bolțurilor, iar îmbinările trebuie ranforsate. Digestoarele trebuie întotdeauna amplasate deasupra solului.

Unul dintre avantajele digestoarelor verticale este acela că tancurile pentru gunoi de grajd, deja existente în cadrul fermelor, pot fi convertite în mod eficient din punct de vedere economic în digestoare de biogaz, prin adăugarea izolației și a sistemului de încălzire. Pentru izolarea ulterioară a acestora se folosesc plăci hidroizolante din polistiren, atașate cu ajutorul unor dibluri pe pereții interiori ai tancului. O altă opțiune pentru realizarea izolației tancurilor pentru gunoi convertite este impregnarea completă a interiorului acestora cu spumă, pentru obținerea impermeabilității la gaze, operație ce trebuie executată de către firme specializate. În final, tancurile sunt acoperite prin cupole impermeabile pentru gaze, simple sau duble.

Un sistem special de digestie, utilizat în fabricile de biogaz agricole care folosesc gunoiul de grajd drept materie primă, este așa-numitul sistem cu acumulare și curgere continuă (sistem ACF). Într-un astfel de sistem, întregul tanc de stocare a gunoiului animal servește, în același timp, și ca digestor. Aceste tipuri de fabrici de biogaz au fost instalate în fermele în care s-a impus construirea unor capacități de stocare suplimentare. Încărcarea minimă a digestorului are loc pe timpul verii, după ultima aplicare a digestatului ca îngrășământ. În timpul toamnei și al iernii, digestorul funcționează la capacitate maximă. În această etapă, sistemul lucrează în regim de curgere continuă, cu timp de retenție mare și o bună producție de biogaz. Digestatul este evacuat în tancul de stocare, care funcționează și ca post-digestor.

### ***Digestoare orizontale***

Digestoarele orizontale (Figura 7.21.) sunt de formă cilindrică și prezintă o axă orizontală. Acest tip de digestoare sunt, în mod obișnuit, construite și transportate către fabrica de biogaz în monobloc, astfel încât acestea prezintă limitări dimensionale și de volum. Tipul standard, potrivit aplicațiilor la scară mică, constă dintr-un tanc orizontal, din oțel, cu volumul de 50-150 m<sup>3</sup>, care este utilizat ca digestor principal pentru fabricile mici de biogaz, sau ca pre-digestor, în cazul fabricilor mari. Există și alternativa folosirii digestoarelor de tip canal, construite din beton, care permit un volum de digestie mai mare, de până la 1.000 m<sup>3</sup>.



**Figura 7.21. Digestoare orizontale cu flux lent “EUCO®”, ale Schmack Biogas, cu un volum de 400 m<sup>3</sup> (RUTZ, 2006)**

Digestoarele orizontale pot opera și în paralel, în scopul obținerii unei capacități mai mari de prelucrare. Datorită formei lor, este utilizată, în mod automat, metoda fluxului lent. Materia primă se deplasează încet, de la intrarea în digestor până la ieșirea din acesta. Riscul evacuării de substrat nedigestat este minimizat și există garanția timpului specific de retenție pentru întreaga cantitate de substrat. Digestoarele orizontale cu flux continuu sunt, în mod normal, utilizate în cazul materiilor prime precum gunoiul de pasăre, fânul, porumbul însilozat sau gunoiul de grajd cu conținut ridicat de paie.

Digestorul izolat este echipat cu un sistem de încălzire, un dom de stocare a gazului, conducte pentru alimentarea cu gunoi animal și un mixer. Sistemul de încălzire constă fie din conducte de amestecare ale mixerului, încălzite cu ajutorul apei calde, fie din radiatoare diagonale, incluse prin construcție. Brațele mixerului cu mișcare lentă sunt dotate cu palete,

amplasate pe axul acestuia sub formă de spirală, în scopul distribuirii uniforme a cuplului de forțe. Numeroasele palete sunt capabile să transporte și nisipul depus, către tancurile de evacuare. Prin asigurarea unui flux continuu al materiei prime poate fi obținut un timp mediu de retenție de 15-30 zile. Nivelul de umplere al digestorului va atinge întotdeauna aceeași înălțime și va fluctua în domul pentru gaze, în cursul umplerii și al amestecării. Acest nivel este controlat prin intermediul unui sifon al supraplinului. Digestorul este echipat cu o copertină impermeabilă pentru apă sau este amplasat sub un acoperiș. Poate fi construit fie la fața locului, fie produs în serie limitată de către o fabrică specializată. Digestoarele din oțel simplu sau inoxidabil sunt construite, întotdeauna, la suprafața solului și fixate pe o fundație din beton armat, iar șuruburile de asamblare trebuie sigilate.

### ***Sisteme de tancuri multiple***

Fabricile de co-digestie ale fermelor de dimensiuni mari cuprind, de obicei, câteva sisteme de tancuri multiple. Acestea sunt, în mod normal, operate ca sisteme cu flux continuu, incluzând unul sau mai multe digestoare principale și post-digestoare. Digestoarele pot fi fie numai de tip vertical, fie se folosește o combinație între digestoare verticale și orizontale. Tancurile de stocare a digestatului servesc, de asemenea, și ca post-digestoare, fiind întotdeauna necesară acoperirea acestora cu o membrană impermeabilă pentru gaze, în scopul evitării emisiilor de metan din timpul producerii biogazului, emisii care continuă și la temperaturi mai coborâte, la nivelul post-digestorului.

## **7.6.3 Întreținerea digestoarelor**

### ***Îndepărtarea sedimentelor din digestor***

În interiorul digestoarelor cu funcționare continuă se pot acumula sedimente formate din materiale grele, cum ar fi nisipul și alte materiale non-digestibile. Cea mai mare parte a acestora poate fi îndepărtată în cursul proceselor premergătoare depozitării sau în timpul alimentării cu materie primă a digestorului. Totuși, nisipul poate adera foarte puternic la substanțele organice ale substratului, fapt care conduce la dificultatea separării acestuia înainte de procesul de digestie. O mare parte a nisipului este eliberată în timpul procesului AD, în interiorul digestorului. Gunoiul animal (gunoiul porcilor și cel de pasăre), dar și alte tipuri de biomasă pot conține diverse cantități de nisip. Acumularea nisipului în interiorul tancurilor și digestoarelor reduce volumul util al acestora. Prezența nisipului în compoziția biomasei supuse fluxului de producție suprasolicitează sistemele de amestecare, pompele și schimbătoarele de căldură, determinând blocarea, obstrucția și uzura prematură a acestora. Straturile de sediment se pot întări, în cazul în care nu sunt îndepărtate periodic. Dacă acest fenomen a avut loc, sedimentul poate fi îndepărtat numai prin folosirea utilajelor grele. Îndepărtarea continuă a straturilor de sediment formate în interiorul digestoarelor poate fi efectuată cu ajutorul dispozitivelor de răzuire sau a gurilor de evacuare prevăzute în podea. În cazul în care formațiunile sedimentare ating dimensiuni prea mari, sistemele de îndepărtare a acestora pot să nu mai funcționeze și, din acest motiv, poate fi necesară scoaterea digestorului din funcțiune, deschiderea acestuia și îndepărtarea manuală a sedimentelor sau cu ajutorul utilajelor, în funcție de dimensiunile digestorului. Presiunea statică dezvoltată în interiorul digestoarelor cu înălțimi foarte mari (peste 10 m) poate fi suficientă pentru îndepărtarea nisipului, a crustelor și a nămolurilor.

Problemele cauzate de sedimente pot fi minimizate, dacă sunt luate următoarele măsuri:

- Golirea periodică a tancurilor de depozitare și pre-depozitare.
- Asigurarea unei capacități suficiente de pre-depozitare.
- Folosirea unor metode adecvate de amestecare.
- Amplasarea corespunzătoare a ștuțurilor conductelor de pompare, în scopul evitării circulației nisipului.
- Evitarea utilizării tipurilor de materie primă cu un conținut ridicat de nisip.
- Folosirea metodelor dezvoltate special pentru evacuarea nisipului din interiorul digestoarelor.

### *Măsuri împotriva formării spumei*

Formarea straturilor de spumă și de materiale de flotație depinde de tipul materiei prime utilizate sau poate fi determinată de dezechilibrarea procesului. Prezența acestora la suprafața biomasei din interiorul digestorului poate determina blocaje pe liniile de transport al biogazului. În scopul prevenirii acestui lucru, liniile de transport al gazului trebuie să fie montate cât mai sus posibil, în interiorul digestorului. Captatoarele de spumă pot preveni pătrunderea acestuia în conductele de alimentare cu materie primă ale post-digestorului sau bazinelor de depozitare. În zona de depozitare a biogazului din interiorul digestorului poate fi instalat un senzor de spumă, cu rolul de declanșare automată a împrăștierii antispumantului, în cazul acumulării unei cantități prea mari de spumă la suprafața biomasei. Agenții antispumanti trebuie folosiți numai în situațiile de urgență, de vreme ce aceștia sunt alcătuiți, în general, din substanțe de legare a silicaților, ce pot defecta termocentrala în co-generare a fabricii de biogaz.

## **7.7 Tehnologii de amestecare**

O omogenizare minimă a biomasei are loc în interiorul digestorului, prin fenomenul de amestecare pasivă. Aceasta se realizează prin adăugarea de materie primă proaspătă, când iau naștere curenți subsecvenți de convecție termică, precum și prin eliberare de bule de gaz. Totuși, amestecarea pasivă este insuficientă pentru o operare optimă a digestorului, astfel încât este necesar un proces de amestecare susținut în mod activ.

Amestecarea poate fi făcută mecanic, hidraulic sau pneumatic. În 85-90% din fabricile de biogaz sunt folosite echipamente mecanice.

Conținutul digestorului trebuie omogenizat de câteva ori pe zi, în scopul amestecării materiei prime proaspăt adăugate cu substratul deja prezent în digestor, al prevenirii formării crustelor la suprafață precum și a straturilor de sedimentare, al aducerii în contact a microorganismelor cu noile particule de materie primă adăugată, al facilitării ridicării bulelor de gaz și al omogenizării distribuției de căldură și nutrienți.

În general, mixerele pot funcționa fie în mod continuu, fie secvențial. Experiența arată faptul că perioadele de amestecare pot fi optimizate în mod empiric și adaptate specificului fabricii respective de biogaz (dimensiunile tancului, calitatea materiei prime, tendința formării straturilor de flotație). După alimentarea inițială și punerea în funcțiune a fabricii, experiența și observațiile vor determina durata optimă, frecvența secvențelor de amestecare, precum și reglajele ce trebuie aduse mixerelor.

Experiența daneză a demonstrat faptul că mixerele electrice imersate, de viteză medie, utilizate pe scară largă în trecut, s-au dovedit a fi relativ scumpe în operare și greu accesibile pentru inspecții tehnice și reparații. În schimb, mixerele cu operare continuă, la viteze mici, instalate central, la partea superioară a digestoarelor, s-au dovedit a fi o alternativă bună. Totuși, utilizarea acestora necesită o ajustare corectă a nivelului biomasei din digestor, în scopul evitării formării straturilor de flotație.

### 7.7.1 Amestecarea mecanică

Amestecarea mecanică a conținutului digestoarelor se realizează folosind mixere, ce pot fi clasificate în mixere de viteză mare, medie și mică.



Figura 7.22. Mixer de plafon cu palete (stânga) și motorul acestuia (dreapta) (AGRINZ GmbH, 2006)

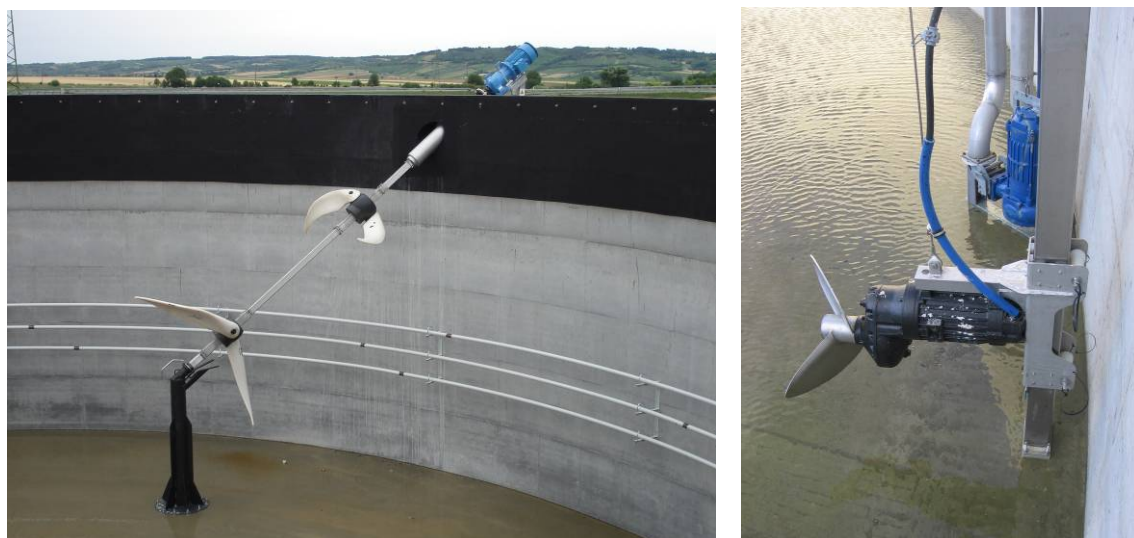


Figura 7.23. Mixere cu palete (stânga) și mixer de tip motor submersibil cu elice (dreapta) (AGRINZ GmbH, 2006)

În cazul digestoarelor verticale sunt folosite, în mod frecvent, mixere submersibile de tip motor cu elice (Figura 7.23.). Acestea sunt puse în mișcare prin intermediul motoarelor electrice, în mod direct (fără ajutorul mecanismelor de transmisie cu roți dințate), și sunt protejate împotriva pătrunderii apei prin carcase etanșe, fiind acoperite cu straturi de vopsea anticorozivă și răcite prin contactul direct cu materialul înconjurător. Aceste mixere sunt complet imersate în materia primă și sunt prevăzute, în mod obișnuit, cu două sau trei elice, optimizate geometric. Datorită sistemului de ghidare, constând din consolă, vinci cu cablu și șine de ghidaj, poziția mixerelor poate fi ajustată în înălțime, înclinare laterală și verticală.

Mixerele cu palete prezintă o axă orizontală, una verticală și alta diagonală (Figurile 7.22. și 7.23.). Motorul este amplasat în exteriorul digestorului. Joncțiunile de trecere ale axului motorului prin plafonul, peretele sau membrana acoperișului digestorului trebuie ermetizate.

O altă posibilitate de amestecare mecanică este aceea a folosirii mixerelor axiale. Acestea funcționează, adeseori, în mod continuu. Mixerele axiale sunt, în mod obișnuit, montate pe arbori de transmisie amplasați central în plafonul digestorului. Viteza de rotație a motorului, situat în exteriorul digestorului, este redusă la câteva revoluții pe minut, prin intermediul unui mecanism de transmisie. Astfel, în interiorul digestorului iau naștere curenți constanți, orientați dinspre fundul acestuia către pereții laterali.

În cazul digestoarelor de tip orizontal, de regulă, sunt folosite mixere cu zbatouri, cu funcționare lentă, însă acestea pot fi, de asemenea, instalate și în digestoarele verticale. Paletele de antrenare sunt fixate pe axuri orizontale, care au rolul de amestecare, dar și de antrenare lentă a materiilor prime supuse procesului AD. Efectul de amestecare trebuie să aibă loc doar în plan vertical. Fluxul orizontal de deplasare lentă este asigurat prin adăugarea materiei prime proaspete în digestor. Conductele sistemului de încălzire sunt adeseori încorporate în arborele de transmisie și în brațele mixerului, pentru încălzirea materiei prime. Mixerele cu palete sau zbatouri sunt puse în funcțiune de câteva ori pe zi, în secvențe scurte și la viteză redusă.

### 7.7.2 Amestecarea pneumatică

Amestecarea pneumatică utilizează însuși biogazul, care este barbotat pe fundul digestorului prin masa materialului supus procesării. Bulele de gaz care urcă determină o mișcare în plan vertical, aceasta având drept consecință amestecarea materiei prime. Acest sistem prezintă avantajul că echipamentul necesar operației (pompe și compresoare) este amplasat în exteriorul digestorului, astfel încât uzura acestora este mai scăzută. Amestecarea pneumatică a materialului supus AD este mai puțin utilizată în fabricile agricole de biogaz. Tehnologia nu este potrivită pentru distrugerea straturilor de flotație și poate fi folosită numai în cazul substraturilor lichide cu viscozitate mică și cu o tendință scăzută de formare a straturilor de flotație.

### 7.7.3 Amestecarea hidraulică

În cazul amestecării hidraulice, substratul este comprimat cu ajutorul pompelor și evacuat printr-o serie de ajutaje pivotante, orizontale sau verticale, amplasate în interiorul digestorului. Absorbția și evacuarea substratului AD trebuie proiectate în așa fel, încât conținutul digestorului să fie amestecat pe cât de energetic posibil. Sistemele de amestecare hidraulică prezintă avantajul că piesele mecanice ale mixerelor sunt amplasate în partea



exterioră a digesterului, fiind supuse unei uzuri mai scăzute, iar accesul pentru întreținerea acestora este mai facil. Amestecarea hidraulică este potrivită pentru distrugerea straturilor de flotație numai ocazional și, în mod similar amestecării pneumatice, este folosită numai în cazul substraturilor lichide cu vâscozitate redusă și cu tendință scăzută de formare a straturilor de flotație.

## 7.8 Stocarea biogazului

În scopul optimizării procesului, producția de biogaz trebuie menținută, pe cât posibil, la un nivel cât mai stabil și constant. În interiorul digesterului, biogazul se formează în cantități fluctuante, atingându-se vârfuri de producție. De asemenea, necesitățile de biogaz (de exemplu, cele ale centralei energetice – CHP), pot fi, și ele, variabile. Pentru a compensa aceste variații, este necesară depozitarea temporară a biogazului produs, folosindu-se, pentru aceasta, facilități adecvate de stocare.

În prezent există numeroase soluții pentru stocarea biogazului. Acest lucru se poate face în partea superioară a digesterelor, prin utilizarea unor membrane speciale, care servesc și pentru acoperirea acestora. În cazul fabricilor de dimensiuni mai mari este folosită, în mod obișnuit, depozitarea separată a biogazului, fie în incinte de sine-stătătoare, fie în spații incluse în clădirile care funcționează ca depozite. Facilitățile de stocare a biogazului pot fi operate la presiune joasă, medie sau înaltă.

Alegerea corectă a sistemului de stocare a biogazului, precum și dimensionarea adecvată a acestuia contribuie în mod substanțial la eficientizarea și creșterea siguranței în ceea ce privește operarea fabricii de biogaz. O depozitare corespunzătoare a biogazului asigură cantitățile necesare și reduce pierderile acestuia, contribuind, în acest mod, la creșterea siguranței și a fiabilității.



Figura 7.24. Dispozitive de siguranță la presiune și valve aferente (AGRINZ GmbH, 2006)

Toate sistemele de depozitare a biogazului trebuie să prezinte etanșitate împotriva scurgerilor de gaze și să prezinte rezistență la funcționarea sub presiune, iar în cazul incintelor de sine-stătătoare, ridicate în aer liber, neprotejate de clădiri, este necesar ca acestea să prezinte rezistență la acțiunea radiațiilor UV, a temperaturii și a apei. Înaintea punerii în funcțiune a fabricii, trebuie verificată etanșitatea tancurilor de stocare a gazului. Din motive de securitate, acestea trebuie să fie echipate cu valve de siguranță (la sub-presiune și supra-presiune – Figura 7.24.), în scopul prevenirii distrugerilor și pentru reducerea riscurilor de operare. De asemenea, trebuie garantată protecția la explozii. Mai

mult, este necesară montarea unui arzător al surplusului de gaz, pentru situațiile de urgență, iar tancul de stocare trebuie să asigure o capacitate de depozitare cel puțin egală cu o pătrime din producția zilnică de biogaz. În mod normal, este recomandată o capacitate totală de stocare egală cu producția fabricii pe timp de 1-2 zile.

### 7.8.1 Tancuri de joasă presiune

Tancurile de joasă presiune sunt construite din membrane care trebuie să îndeplinească condiții obligatorii de siguranță. Rezervoarele construite din membrane se instalează fie sub forma unor rezervoare externe, fie a domurilor care acoperă digestoarele. Cel mai frecvent sunt utilizate tancurile de joasă presiune care funcționează în intervalul de 0,05-0,5 mbari, presiune pozitivă.

Rezervoarele externe de joasă presiune pot fi proiectate sub forma unor perne membranare (Figura 7.25.). Pernele membranare sunt amplasate fie în interiorul clădirilor, pentru protecția împotriva intemperiilor, fie sunt echipate cu o a doua membrană, cu rol protector.



Figura 7.25. Tancuri de stocare a gazului la joasă presiune (RUTZ, 2007)



Figura 7.26. Copertină constituită dintr-o membrană impermeabilă pentru gaze, montată peste digestor, văzută din interiorul acestuia (stânga) (AGRINZ GmbH, 2006), și vedere din exterior; se observă plasa specială de limitare a extinderii (dreapta) (RUTZ, 2006)

În cazul în care digestorul sau post-digestorul este utilizat pentru stocarea biogazului, acesta trebuie acoperit printr-un dom impermeabil pentru gaze (rezervor cu membrană dublă), după cum este arătat în Figura 7.26., stânga, fixat de marginea superioară a acestuia. În digestor

poate fi instalat și un cadru-suport, cu scopul susținerii membranei atunci când digestorul este gol. Membrana se extinde în funcție de volumul de gaz conținut. Pentru limitarea acestei extinderi, peste membrană se poate monta o plasă specială (Figura 7.26., dreapta).

### 7.8.2 Stocarea biogazului la presiune medie și înaltă

Biogazul poate fi stocat în rezervoare de medie și înaltă presiune (tancuri și recipiente presurizați construiți din oțel), la presiuni cuprinse între 5 și 250 bari. Acest mod de depozitare necesită costuri mari de operare și solicită consum de energie. Pentru rezervoare de gaz care funcționează până la maximum 10 bari trebuie luat în calcul un necesar energetic de până la 0,22 kWh/m<sup>3</sup>, în timp ce pentru rezervoare care funcționează la presiuni înalte, de 200-300 bari, consumul de energie este de aproximativ 0,31 kWh/m<sup>3</sup>. Din cauza costurilor ridicate, aceste moduri de depozitare a biogazului sunt rar utilizate în fabricile agricole de biogaz.

### 7.8.3 Arzătoare de biogaz

Există situații în care biogazul este produs în cantități mai mari decât este consumat pentru generarea de energie. Aceasta se poate întâmpla datorită unei rate foarte mari de producere a biogazului, sau din cauza opririi sistemului de producere a energiei pentru lucrări de întreținere sau reparații. În asemenea cazuri, apare necesitatea luării unor măsuri de siguranță, precum stocarea biogazului în exces sau punerea în funcțiune a unor sisteme suplimentare de producere a energiei. Stocarea biogazului, fără comprimarea acestuia, este posibilă numai pe perioade scurte de timp. Pe durate mai mari, de câteva ore, depozitarea este, în general, nefezabilă, din cauza volumului foarte mare de gaz acumulat și necesității existenței sistemelor suplimentare de producere a energiei (o a doua termocentrală în co-generare), lucru foarte costisitor. Din acest motiv, fiecare fabrică de biogaz este dotată cu un arzător de biogaz. În cazul în care apare un exces de biogaz, care nu poate fi nici stocat, nici utilizat, arderea acestuia în atmosferă reprezintă ultima soluție, fiind necesară pentru eliminarea oricăror riscuri, precum și pentru protecția mediului. În situații excepționale, arderea atmosferică poate fi soluția potrivită pentru neutralizarea biogazului produs prin procesul AD, în condiții de siguranță, în cazul în care recuperarea energiei nu este fezabilă.

Procesul de combustie în sine determină beneficiile alegerii unui anumit tip de arzător, în raport cu altul. De asemenea, acesta trebuie să asigure și îndeplinirea standardelor de emisie, precum și a criteriilor de performanță folosite pentru clasificarea arzătoarelor. Proiectarea acestora trebuie să aibă în vedere maximizarea conversiei metanului, cu scopul minimizării emisiilor de metan nears și a oricăror produși de oxidare incompletă, cum este, de pildă, monoxidul de carbon. Acesta, însă, nu este singurul produs secundar nedorit, rezultat în urma arderii biogazului. Se pot forma și alți compuși, în funcție de raportul de aer și de temperatură, precum și în funcție de cinetica reacțiilor de combustie. Cu scopul maximizării reacțiilor dorite și a minimizării celor nedorite, intervalul de temperatură trebuie să fie cuprins între 850-1.200°C, iar timpul de rezidență să fie de minimum 0,3 secunde. Acești doi parametri, temperatura și timpul de rezidență, alcătuiesc specificațiile de performanță ale celor mai avansate tipuri de arzătoare.

Indiferent de tipul de arzător, operarea în regim de siguranță și continuă a acestuia necesită existența unui număr de componente suplimentare esențiale, precum un întrerupător de flacără, o valvă de siguranță și un sistem de aprindere, care încorporează un detector de

flacără. Este esențială și prezența unui suflător de gaz, în scopul creșterii presiunii acestuia la 3-15 kPa la nivelul arzătorului. Necesitatea purificării sau a condiționării gazului depinde de calitatea acestuia, precum și de scopul utilizării sale finale: în cazul în care acesta este destinat alimentării centralei energetice a fabricii, toleranța pentru prezența particulelor străine, precum și a acizilor formați în cursul combustiei, este mai mică.

Există două tipuri principale de arzătoare de biogaz: arzătoare cu flacără deschisă și arzătoare cu flacără închisă.

Un arzător cu flacără deschisă este, în fapt, un arzător simplu, prevăzut cu un mic paravânt, pentru protejarea flăcării. Controlul fluxului de gaz este rudimentar – în multe cazuri, o simplă valvă manuală. Amestecul bogat în gaz, lipsa izolației și slaba omogenizare a gazelor supuse arderii conduce la o combustie incompletă și la o flacără luminoasă, adesea vizibilă deasupra paravântului. Pierderea de căldură prin radiație este considerabilă, fapt care conduce la scăderea temperaturii la marginea flăcării și la împiedicarea reacțiilor de combustie în această zonă, în acest fel rezultând numeroși produși nedorți de reacție.

Istoric vorbind, arzătoarele cu flacără deschisă s-au bucurat de o mare popularitate în trecut, datorită simplității lor și a costului redus, precum și a legislației primitive sau chiar a lipsei acesteia și a controlului privind standardele de emisie. În prezent, reglementările stricte și controlul emisiilor determină folosirea din ce în ce mai rară a acestora.



Figura 7.27. Arzătoare moderne de biogaz (RUTZ, 2007)

Arzătoarele cu flacără închisă sunt reprezentate, de obicei, de construcții permanente, amplasate la sol, găzduind fie un singur arzător, fie un sistem de arzătoare, adăpostite într-o incintă de formă cilindrică, căptușită cu material refractar.

Incinta este special concepută pentru prevenirea împiedicării arderii, aceasta având drept rezultat o combustie mult mai uniformă și obținerea scăderii emisiilor. Monitorizarea

emisiilor este relativ ușor de realizat, prin încorporarea sistemelor de monitorizare continuă a temperaturii, precum și a conținutului în hidrocarbonați și monoxid de carbon, ca mijloace de control al procesului.

Proiectarea avansată din punct de vedere tehnologic și controlul procesului de producție determină o mai mare flexibilitate de operare (în ceea ce privește raportul dintre fluxul minim și cel maxim de biogaz sub care sunt menținute condiții satisfăcătoare de operare). Producătorii citează, în mod tipic, raporturi de 4-5:1 pentru o calitate a biogazului, în ceea ce privește conținutul de metan, de 20-60% (procente de volum). Pot fi atinse chiar și raporturi mai mari, de până la 10:1, însă prin pierderea calității combustiei, de vreme ce căldura eliberată nu permite atingerea unor temperaturi corespunzătoare.

## 7.9 Purificarea biogazului

### 7.9.1 Condiționarea biogazului

Când biogazul părăsește digesterul, acesta este saturat în vapori de apă și conține, pe lângă metan (CH<sub>4</sub>) și dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>), și diverse cantități de hidrogen sulfurat (H<sub>2</sub>S). Acesta din urmă este un gaz toxic, cu miros neplăcut, similar ouălor stricate, care, în combinație cu vaporii de apă conținuți în biogaz, formează acid sulfuric. Acidul prezintă proprietăți corozive și atacă generatoarele unității de producere a energiei, dar și alte componente, precum conductele de gaz și cele de evacuare. Din acest motiv, devine necesară desulfurarea și uscarea biogazului.

Producătorii de unități energetice în co-generare impun condiții minime privitoare la proprietățile gazului combustibil (Tabelul 7.2.). Acestea se aplică, de asemenea, și în cazul biogazului. Proprietățile de combustie trebuie să fie garantate, în scopul prevenirii defectării generatoarelor.

**Tabelul 7.2. Proprietățile minime ale gazelor combustibile cu un conținut relativ de oxigen de 5% (GÜLZOW, 2005)**

Valoarea energetică (scăderea valorii energetice)	H <sub>u</sub>	≥4 kWh/m <sup>3</sup>
Conținut de sulf (total)	S	≤2,2 g/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
sau conținutul de H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	≤0,15 Vol.-%
Conținutul de clor (total)	Cl	≤100,0 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Conținutul de fluor (total)	F	≤50,0 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Suma conținutului de clor și fluor	(Cl + F)	≤100,0 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Praf (3...10 μm)		≤10,0 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Umiditatea relativă (la cea mai joasă temperatură a aerului admis în arzător), sau gradul de condensare în conducta de alimentare și în sistemul de control al debitului de gaz	Φ	<90%
Presiunea gazului înainte de pătrunderea acestuia în sistemul de control al debitului	p <sub>Gas</sub>	20...100 mbari
Fluctuația presiunii gazului		<±10% din valoarea fixată
Temperatura gazului	T	10...50 °C
Conținutul de hidrocarburi (>C5)		<0,4 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Conținutul de siliciu (la un conținut de Si >5 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> , analiza conținutului în metale a petrolului a arătat o valoare <15 mg/kg petrol)	Si	<10,0 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Indice de metan (MC biogaz aprox. 135)	MZ	>135

În funcție de utilizările biogazului (combustibil pentru vehicule, în celule de combustie etc.), pot fi necesare măsuri suplimentare de condiționare a acestuia.

## 7.9.2 Desulfurarea

Biogazul uscat, provenit din gunoiul animal supus procesului AD, prezintă un conținut mediu de 1.000-3.000 ppm hidrogen sulfurat ( $H_2S$ ) (Angelidaki, 2003). În cazul co-digestiei gunoiului animal împreună cu alte substraturi, biogazul produs poate conține niveluri mai scăzute sau mai ridicate de  $H_2S$ . Atunci când biogazul este utilizat pentru alimentarea unității energetice în co-generare, conținutul de hidrogen sulfurat trebuie să fie sub 700 ppm, în cazul majorității generatoarelor convenționale cu funcționare pe gaz, în vederea evitării unei coroziuni excesive și a uzării prea rapide și costisitoare a uleiului de lubrifiere.

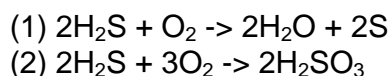
Procesul de îndepărtare a  $H_2S$  din biogaz poartă denumirea de desulfurare. Metodele folosite pentru desulfurare sunt variate, iar procesele pot fi fie de natură biologică, fie chimică, având loc în interiorul sau în exteriorul digesterului.

Desulfurarea depinde de conținutul de  $H_2S$  și de rata fluxului de gaz prin sistemul de desulfurare. Această rată poate fluctua în mod semnificativ, în funcție de proces. O producție mai ridicată de biogaz, și astfel o rată mai înaltă a fluxului, pot fi constatate după alimentarea digesterului cu noi cantități de materie primă, precum și în cursul amestecării. Rate cu o valoare cu până la 50% mai înaltă decât în mod obișnuit pot să apară pentru perioade scurte de timp.

Din acest motiv, în scopul asigurării unei desulfurări complete, este necesară supradimensionarea echipamentului de desulfurare, comparativ cu media ratei fluxului.

### Desulfurarea biologică în digester

Atunci când este necesară îndepărtarea  $H_2S$  din biogazul produs, oxidarea biologică constituie una dintre metodele cele mai utilizate, aceasta constând în injecția unei cantități mici de aer (2-8%) în biogazul brut. În acest fel, hidrogenul sulfurat este oxidat biologic, fie la sulf elementar (solid), fie la acid sulfuros (lichid), conform următoarelor reacții:



Desulfurarea biologică este condusă, în mod frecvent, chiar în interiorul digesterului, aceasta fiind o metodă eficientă din punctul de vedere al costurilor. Pentru ca acest tip de desulfurare să aibă loc, este necesară prezența oxigenului și a bacteriei *Sulfobacter oxydans*, pentru convertirea hidrogenului sulfurat în sulf elementar, în prezența oxigenului. *Sulfobacter oxydans* este prezentă în interiorul digesterului în mod natural (nu este necesară adăugarea sa din afară), deoarece substratul AD conține nutrienții necesari metabolismului acesteia. Oxigenul este administrat prin injecție de aer în partea superioară a digesterului, cu ajutorul unui mic compresor. Conductele pentru injecția aerului trebuie amplasate în interiorul digesterului pe partea opusă conductei de evacuare a biogazului, în scopul evitării blocării acesteia.

Aerul este injectat direct în spațiul de sub capacul digesterului, iar reacțiile chimice au loc în partea superioară a acestuia, în stratul de flotație (în cazul existenței sale) și pe pereții reactorului. Din cauza naturii acide a produșilor de reacție, există riscul apariției coroziunii.

Procesul este, de asemenea, dependent de existența unui strat de flotație stabil, în interiorul digestorului.



Figura 7.28. Sulf elementar, rezultat în urma desulfurării biologice în interiorul digestorului (RUTZ, 2007)

Din aceste motive, procesul are loc, adeseori, într-un reactor separat, după cum este arătat în Figura 7.29..

#### Desulfurarea biologică în exteriorul digestorului

Desulfurarea biologică poate avea loc și în afara digestorului, în tancuri sau coloane de desulfurare. Această metodă facilitează controlul procesului de desulfurare și permite o ajustare precisă a cantității de oxigen adăugate.

În practică, precipitatul de sulf astfel produs este colectat în tancurile de stocare și amestecat cu digestatul, în scopul îmbunătățirii proprietăților fertilizatoare ale acestuia.

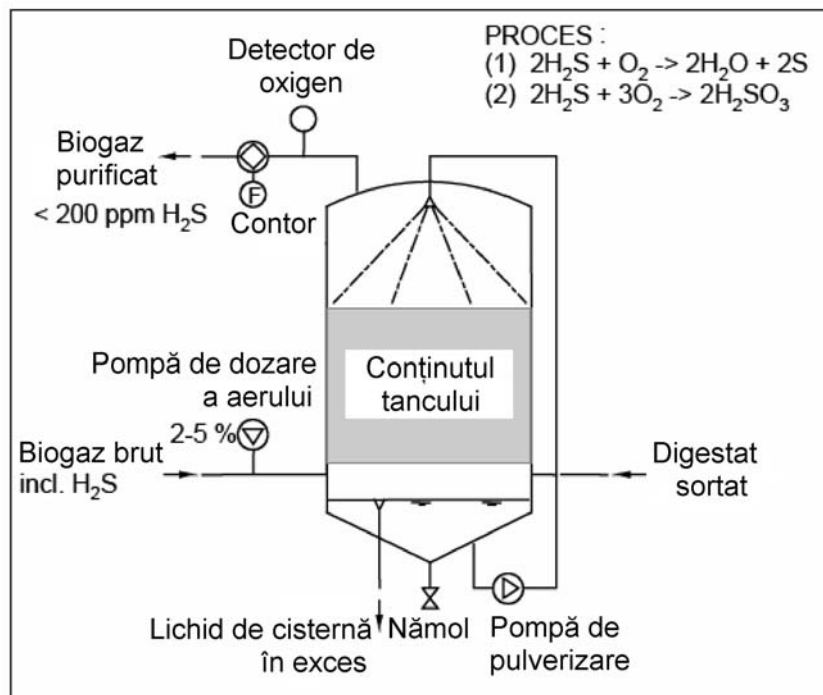


Figura 7.29. Schema sistemului de desulfurare în cazul oxidării biologice a  $\text{H}_2\text{S}$ .

Reactorul (Figura 7.30.) constă dintr-o matrice din material poros (elemente din material plastic agregate la întâmplare sau alte materiale similare), în interiorul căreia se pot dezvolta microorganismele, o cisternă, o pompă, precum și un sistem de duze pentru pulverizarea uniformă a materialului. Reactorul prezentat în Figura 7.30. are o capacitate de 80 m<sup>3</sup>, cu un volum al materialului poros de 50 m<sup>3</sup>. H<sub>2</sub>S este oxidat printr-un proces biologic la produși de natură acidă sau la sulf elementar, prin injecția în contracurent a unei mici cantități de aer atmosferic.



**Figura 7.30. Tanc de reacție pentru îndepărtarea hidrogenului sulfurat (ANGELIDAKI, 2005)**

Pulverizarea uniformă se face în scopul îndepărtării, prin spălare, a produșilor de natură acidă și al furnizării de nutrienți microorganismelor din mediul de reacție. De aceea, lichidul conținut în cisternă trebuie să prezinte o alcalinitate ridicată și un conținut bogat în nutrienți esențiali, ceea ce face ca alegerea cea mai potrivită acestui scop să fie digestatul provenit din gunoi de grajd, de preferat, în stare cernută.

Valoarea normală utilizată, în ceea ce privește încărcarea reactorului, este de 10 m<sup>3</sup>/h biogaz per m<sup>3</sup> de încărcătură, în timp ce temperatura de procesare este de aproximativ 35°C, procesul dovedindu-se foarte eficient în condițiile injectării unei cantități suficiente de aer (ușor mai ridicată decât valoarea stoichiometrică). Valoarea de pH a mediului trebuie să fie menținută la 6 sau mai ridicată. Periodic, trebuie pusă în practică o procedură de spălare, prin care elementele matricei sunt supuse unui flux format dintr-un amestec de apă și aer, în scopul prevenirii formării depozitelor de sulf elementar și a blocării porilor matricei.

În unele situații în care biogazul este stocat sau trece printr-un tanc de depozitare a digestatului, reactorul de îndepărtare a H<sub>2</sub>S este omis, fiind efectuată numai injecția aerului. Purificarea biogazului se bazează, în acest caz, pe formarea unui strat de flotație în tancul de depozitare, în care se pot dezvolta microorganismele, în vederea realizării oxidării. Stratul de flotație poate fi menținut, în mod normal, prin alegerea unei intensități reduse a amestecării, fără să apară probleme deosebite în ceea ce privește utilizarea tancului ca spațiu-tampon pentru depozitare. Această soluție este mai eficientă din punct de vedere economic, însă mai puțin fiabilă, straturile de flotație fiind, mai degrabă, instabile (de exemplu, scufundându-se



peste noapte, fără semne de avertizare, și reapărând la suprafață la o distanță de câteva zile). În aceste cazuri, pot exista perioade cu eficiență scăzută de îndepărtare a H<sub>2</sub>S.

#### Desulfurarea chimică în interiorul digestorului

Desulfurarea poate fi făcută, de asemenea, prin adăugarea unor substanțe chimice amestecului de materie primă din interiorul digestorului. În acest fel, sulful este legat chimic în cursul procesului AD la care este supus amestecul, prevenindu-se, astfel, eliberarea hidrogenului sulfurat în biogaz. În acest mod, sulful nu este pierdut, ci este păstrat în digestat.

#### Desulfurarea chimică în afara digestorului

Desulfurarea chimică a biogazului poate avea loc și în exteriorul digestorului, prin utilizarea, spre exemplu, a unei baze chimice (de obicei, hidroxidul de sodiu). Această metodă necesită un echipament special.

O altă metodă chimică pentru reducerea conținutului de hidrogen sulfurat este aceea a adăugării unei soluții feroase, procurată din comerț, materiei prime. Compușii feroși leagă sulful, formând substanțe insolubile în faza lichidă, ceea ce previne producerea hidrogenului sulfurat sub formă gazoasă. Metoda este destul de costisitoare, din cauza consumului de 2-3 ori mai ridicat de compuși feroși, în raport stoichiometric, pentru obținerea reducerii dorite în hidrogen sulfurat gazos (ANGELIDAKI, 2005). O alternativă mai ieftină este folosirea deșeurilor cu un conținut feros ridicat drept co-substraturi și utilizarea adaosului suplimentar de compuși feroși, până la atingerea necesarului cantitativ al acestora.

### **7.9.3 Uscarea**

Cantitatea de apă ce poate fi absorbită de biogaz este dependentă de temperatură. Umiditatea relativă a biogazului din interiorul digestorului este de 100%, astfel încât gazul este saturat în vapori de apă. În scopul protejării echipamentului de conversie a energiei împotriva uzurii și apariției unor eventuale defecțiuni, apa trebuie îndepărtată din biogazul produs.

O parte din vaporii de apă poate fi condensată prin răcirea gazului. Acest lucru se întâmplă, în mod frecvent, în conductele de gaz care transportă biogazul de la digestor către unitatea de generare a energiei (CHP). Apa condensează pe pereții conductelor montate înclinat și este colectată într-un separator de condensat, amplasat în cel mai jos punct al conductei.

O condiție necesară pentru ca răcirea efectivă a biogazului din conducte să aibă loc este o lungime suficientă a acestora. În cazul în care conductele de gaz sunt amplasate în subteran, efectul de răcire este și mai pronunțat. În cazul conductelor subterane este foarte importantă amplasarea acestora pe o fundație cât mai stabilă, în scopul asigurării înclinației necesare a acestora, care altminteri poate fi afectată de mișcările solului.

Separatorul de condensat trebuie să fie ferit de îngheț și amplasat într-un loc ușor accesibil, în scopul golirii periodice a acestuia. Pe lângă îndepărtarea vaporilor de apă, prin procesul de condensare sunt îndepărtate și o serie de substanțe nedorite, precum gazele solubile în apă și aerosolii.

Un alt mijloc de uscare a biogazului este prin răcirea acestuia cu ajutorul unor instalații de răcire alimentate cu curent electric, la temperaturi de sub 10°C, fapt care permite îndepărtarea unei mari părți a umidității. În scopul minimizării umidității relative, dar nu și a celei

absolute, gazul poate fi încălzit din nou după răcire, cu scopul prevenirii formării condensului de-a lungul conductelor de gaz.

## 7.10 Stocarea digestatului

Digestatul poate fi stocat temporar în incinte de depozitare construite special în acest scop. Legislația multor țări europene prevede obligativitatea existenței unei capacități de depozitare pentru digestat de până la nouă luni (lucru valabil și în cazul gunoiului animal brut), în scopul asigurării unei utilizări optime a acestuia în agricultură, ca îngrășământ, precum și pentru evitarea aplicării sale în cursul anotimpului rece.

Substratul digestat este pompat secvențial afară din digester, ca digestat, și transportat prin conducte sau cu ajutorul cisternelor speciale de vidanșare până în tancurile de stocare a acestuia. Capacitatea totală a acestor tancuri trebuie să fie suficientă pentru asigurarea depozitării producției de digestat pe timp de câteva luni.

Digestatul poate fi depozitat fie în tancuri construite din beton armat și acoperit cu straturi de flotație, formate natural sau artificial, sau cu ajutorul copertinelor de tip membrană (Figura 7.31.), fie în bazine în aer liber (Figura 7.34.).



Figura 7.31. Tancuri de stocare acoperite cu straturi naturale de flotație (AL SEADI, 2008)

Experiența daneză demonstrează faptul că utilizarea straturilor artificiale de flotație pentru acoperirea tancurilor de depozitare a digestatului poate reduce procesul de volatilizare a amoniacului de la o valoare de 20% până la mai puțin de 2% (Figura 7.32.).

După tratarea substratului prin procesul AD sunt posibile pierderi de metan și azot din digestat, însă numeroși ani de experiență în agricultura de bună practică au arătat cele mai potrivite căi de minimizare a emisiilor, mirosurilor neplăcute, precum și a scurgerilor de nutrienți. O cale importantă de prevenire a emisiilor și scurgerilor este aceea de a depozita și manipula digestatul în mod corespunzător.

Experiența arată că o cantitate de până la 20% din totalul producției de biogaz poate lua naștere în afara digesterului, în tancurile de stocare. În scopul prevenirii emisiilor de metan și a colectării extra-producției de gaz, tancurile de stocare trebuie întotdeauna acoperite printr-o membrană impermeabilă pentru gaze, în scopul recuperării biogazului. Când digestatul este transportat către facilitățile de stocare din câmp, acestea trebuie, de asemenea, acoperite

printr-un strat de flotație natural, ca o condiție minimă, în scopul reducerii riscului volatilizării amoniacului (Figura 7.32.).

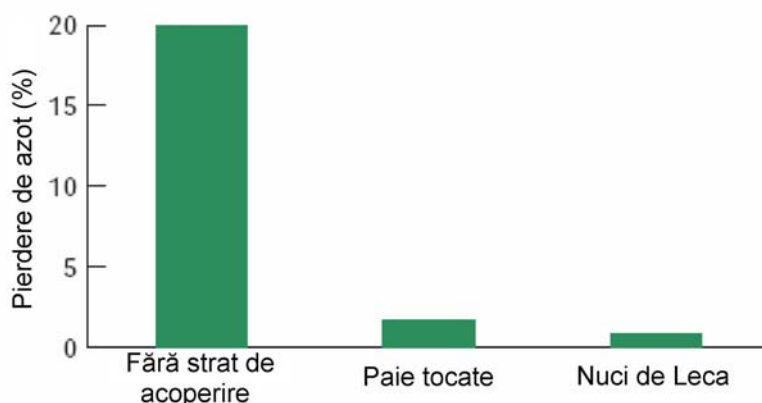


Figura 7.32. Reducerea procesului de volatilizare a amoniacului, cu ajutorul straturilor de acoperire a digestatului în tancurile de depozitare. (DIAS, 2005)



Figura 7.33. Tancuri de depozitare acoperite cu copertine de tip membrană (Danish Biogas Association, 2008)



Figura 7.34. Stocarea digestatului în bazine construite în aer liber (AGRINZ GmbH, 2006)

Fabricile de biogaz moderne păstrează întotdeauna tancurile de stocare a digestatului acoperite. Astfel, tancurile sunt protejate cu ajutorul unei membrane impermeabile pentru gaz (Figura 7.33.). Depozitele în aer liber trebuie, de asemenea, să aibă întotdeauna un strat de flotație ce acoperă suprafața digestatului (Figura 7.34.), în scopul creării unei bariere împotriva emisiilor de metan și amoniac.

## 7.11 Unitatea de control

O fabrică de biogaz reprezintă o instalație complexă, între componentele căreia există o strânsă interrelație. Din acest motiv, monitorizarea și controlul central, computerizat al acesteia reprezintă o parte esențială a operării fabricii, care trebuie să ofere garanția succesului și să prevină apariția oricărui eșec (Figurile 7.35. și 7.36.).

Standardizarea și dezvoltarea continuă a tehnologiei procesului AD sunt posibile numai printr-o monitorizare permanentă și prin elaborarea documentației privind datele importante. Monitorizarea și documentarea sunt, de asemenea, necesare pentru asigurarea stabilității proceselor, prin recunoașterea deviațiilor care survin de la valorile standard. În acest mod, devine posibilă o intervenție rapidă și luarea măsurilor corective necesare.

**Procesul de monitorizare** include colectarea și analiza parametrilor fizici și chimici. Sunt necesare teste curente de laborator, în vederea optimizării procesului AD și a evitării colapsului procesului de producție a biogazului. Ca un minimum necesar, trebuie monitorizați următorii parametri:

- Tipul și cantitatea materiei prime introduse (zilnic).
- Temperatura de procesare (zilnic).
- Valoarea pH-ului (zilnic).
- Cantitatea și compoziția gazului (zilnic).
- Conținutul în acizi grași cu catenă scurtă.
- Nivelul de umplere.

Procesul de monitorizare trebuie să fie asistat de către constructorul fabricii, sub forma de service, ulterior fazei de construcție a acesteia.

**Controlul procesului în fabricile de biogaz** este din ce în ce mai automatizat, prin folosirea sistemelor de control al procesului specifice, computerizate. Este posibil chiar și controlul la distanță, utilizând tehnologia fără fir. Următoarele componente beneficiază de o tehnologie de control de ultimă generație:

- Alimentarea cu materie primă.
- Sanitația.
- Încălzirea digestorului.
- Intensitatea și frecvența amestecării.
- Îndepărtarea sedimentelor.
- Transportul materiilor prime în interiorul fabricii.
- Separarea solidelor de lichide.
- Desulfurarea.
- Producerea energiei electrice și a căldurii.

Tipul **echipamentului de control și monitorizare** variază de la simple temporizatoare, până la vizualizarea asistată de computer a procesului de control, prin intermediul unui sistem de alarmare la distanță. Cu toate acestea, în practică, echipamentul de măsurare și control tehnic al fabricilor agricole de biogaz este, adeseori, foarte simplu, din rațiuni economice.

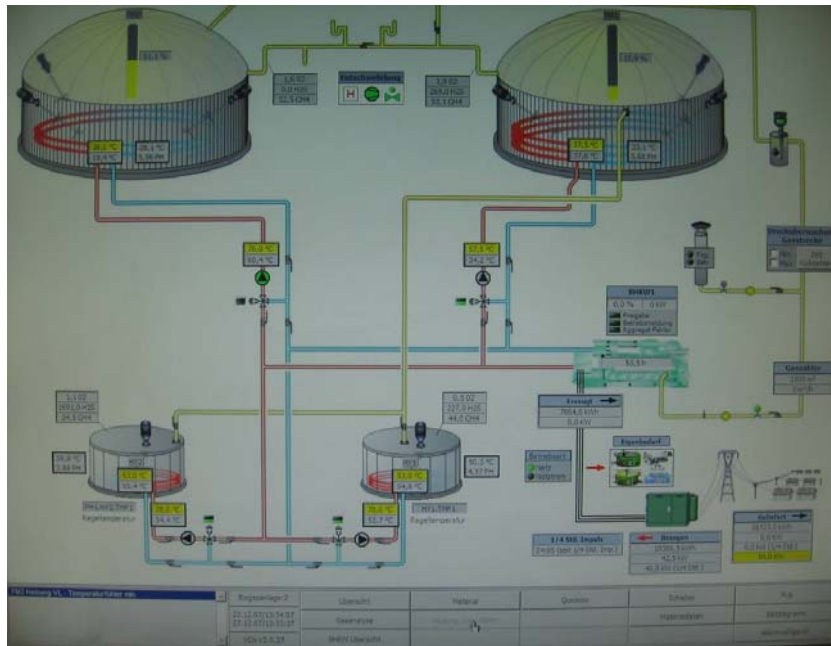


Figura 7.35. Planul de monitorizare generat de computer pentru o fabrică agricolă de biogaz echipată cu două digestoare (AGRINZ GmbH, 2006)

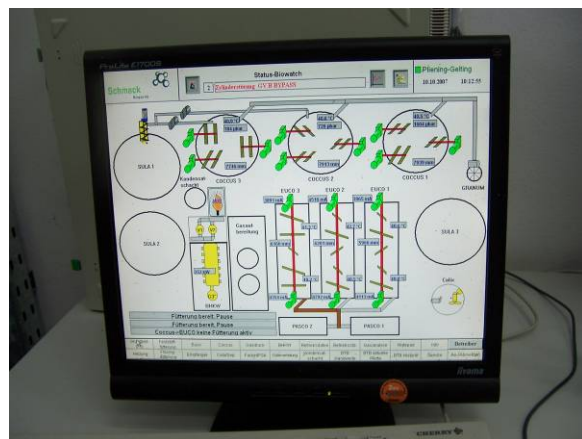
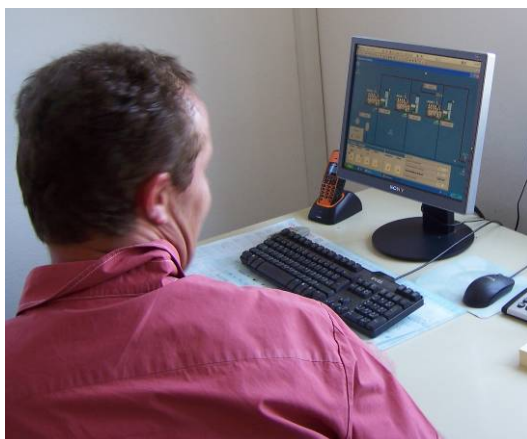


Figura 7.36. Sisteme de control computerizate (RUTZ, 2007)

### 7.11.1 Determinarea cantității de materie primă fluidă introdusă în digestor

Cantitatea de materie primă fluidă introdusă în digestor prin pompare poate fi determinată prin măsurarea fluxului acesteia. Contoarele de măsurare a fluxului trebuie să fie robuste și rezistente la murdărie. În mod curent, sunt folosite contoare inductive și capacitive, dar și, din ce în ce mai mult, instrumente care utilizează ultrasunetele și măsurătorile de conductivitate termică. Contoarele pentru măsurarea fluxului care conțin piese mecanice sunt mai puțin potrivite pentru funcționare în fabricile de biogaz.

### **7.11.2 Determinarea cantității de materie primă solidă introdusă în digestor**

Pentru determinarea cantității de materie primă solidă introdusă în digestor, precum porumbul însilozat, se folosește un echipament corespunzător pentru cântărire. Aceasta permite ajustarea dozării materiilor solide.

### **7.11.3 Nivelul de umplere al digestorului**

Monitorizarea nivelului de umplere în digestoare și în containerele de stocare se realizează cu ajutorul tehnicilor cu ultrasunete sau radar, care măsoară presiunea hidrostatică la fundul digestorului sau distanța până la suprafața lichidului.

### **7.11.4 Nivelul de umplere al rezervoarelor de gaz**

Măsurarea nivelului de umplere al rezervoarelor de gaz este importantă (de exemplu, pentru funcționarea normală a unității de producere a energiei – CHP). În cazul în care este disponibilă o cantitate prea mică de biogaz, unitatea CHP va fi oprită în mod automat și repornită după atingerea nivelului minim necesar. Măsurarea nivelului de umplere se realizează, în general, cu ajutorul senzorilor de presiune.

### **7.11.5 Temperatura de procesare**

Temperatura din interiorul digestorului trebuie să fie menținută constantă și, prin urmare, trebuie monitorizată în mod permanent. În interiorul digestorului există câteva puncte de măsurare a temperaturii, în scopul monitorizării acesteia pe parcursul întregului proces. Valorile măsurate sunt trimise într-un computer de înregistrare a datelor, unde acestea pot fi vizualizate. Acest input de date face posibil, de asemenea, și controlul automat al ciclului de încălzire.

### **7.11.6 Valoarea pH-ului**

Valoarea pH-ului oferă informații importante despre modul în care decurge procesul AD. Monitorizarea pH-ului se face pe o serie de probe reprezentative, prelevate din conținutul digestorului la intervale regulate, iar valoarea pH-ului este măsurată manual, utilizând pH-metrele obișnuite, disponibile pe piață.

### **7.11.7 Determinarea conținutului în acizi grași**

Monitorizarea conținutului în acizi grași facilitează evaluarea procesului AD. Prin aceasta, sunt măsurate spectrul și concentrația acizilor grași cu catenă scurtă. O măsurare continuă este greu de efectuat la fața locului, dată fiind dificultatea metodelor de analiză. Evaluarea biologiei procesului propriu-zis este dificilă, chiar și în cazul analizei probelor în laborator. Acest lucru se întâmplă din cauza timpului scurs între momentul prelevării probei și acela al analizei în laborator. Numeroși constructori de fabrici de biogaz, precum și companiile de

consultanță, oferă analiza conținutului în acizi grași prin reglementările contractuale. Ca o alternativă la măsurarea concentrației acizilor grași, sau ca o completare la aceasta, poate fi monitorizată și concentrația oxigenului necesar, în mod continuu.

### **7.11.8 Cantitatea de biogaz**

Măsurarea cantității de biogaz reprezintă o modalitate importantă de determinare a eficienței procesului. Neregularitățile apărute în cadrul producției de biogaz pot indica perturbații ale procesului și facilitează ajustarea acestuia. Contoarele de gaz sunt instalate, de regulă, direct pe liniile de gaz. Cantitățile măsurate de biogaz trebuie înregistrate, în scopul evaluării tendințelor și funcționării pe ansamblu a fabricii de biogaz.

### **7.11.9 Compoziția gazului**

Compoziția gazului poate fi monitorizată în mod continuu, prin analiza acestuia și prin utilizarea dispozitivelor adecvate de măsurare. Rezultatele pot fi folosite pentru controlul procesului AD, dar și al proceselor subsecvente, cum ar fi purificarea biogazului.

Pentru determinarea compoziției gazului, pot fi utilizați senzori pentru măsurarea decalescenței, transmisiei căldurii, absorbției radiației infraroșii, chemisorpției sau senzori electro-chimici. Senzorii pentru radiația infraroșie sunt adecvați determinării concentrației metanului și a dioxidului de carbon. Senzorii electro-chimici sunt folosiți pentru determinarea conținutului de hidrogen, oxigen și hidrogen sulfurat.

Măsurarea compoziției gazului se realizează fie manual, fie în mod automat. Dispozitivele pentru măsurare manuală pot să ofere informații despre compoziția propriu-zisă a gazului, însă integrarea subsecventă a datelor în sistemul de control computerizat al fabricii este dificil de realizat. Din acest motiv, sunt preferate măsurătorile automatizate ale compoziției gazului.

## Cum să începem

### 8 Proiectarea și construirea unei fabrici de biogaz

Acest capitol oferă sfaturi generale privitoare la procesul de proiectare și construire a unei fabrici de biogaz. Informațiile specifice, în funcție de țară, asupra acestor chestiuni pot fi găsite în partea a patra: **“Implementarea unei fabrici de biogaz în ...”**.

#### 8.1 Stabilirea proiectului unei fabrici de biogaz

Motivațiile pentru pornirea unui proiect în domeniul biogazului pot fi diverse, începând cu preocupările de protejare a mediului și de reducere a cantității de deșeuri, până la producerea de energie din surse regenerabile, acestea putând include și obținerea unor câștiguri de ordin financiar sau non-financiar. De regulă, fermierii, producătorii și colecții de deșeuri organice, municipalitățile, producătorii de energie și părți conexe ale acestora sunt inițiatorii obișnuiți ai proiectelor pentru biogaz. Începând de la ideea inițială a proiectului și până la încheierea duratei de viață a fabricii, procesul parcurge următorii pași:

1. Ideea proiectului.
2. Studiul de pre-fezabilitate.
3. Studiul de fezabilitate.
4. Proiectarea de detaliu a fabricii de biogaz.
5. Procedura de obținere a avizelor.
6. Construcția fabricii de biogaz.
7. Operarea și întreținerea fabricii de biogaz.
8. Reînnoirea și înlocuirea componentelor.
9. Demolarea, recuperarea și re folosirea materialelor.

În scopul definirii ideii proiectului, sunt necesare răspunsuri la următoarele întrebări:

1. Care este scopul proiectului de biogaz?
2. Care este capacitatea proprie de realizare a proiectului?
3. Cum poate fi asigurată aprovizionarea continuă cu materie primă?
4. Unde poate fi amplasată fabrica de biogaz?

Premisele centrale pentru implementarea unui proiect pentru biogaz sunt existența sursei de materie primă și cantitatea disponibilă a acesteia. Mai mult, trebuie asigurată și posibilitatea comercializării sau a utilizării produșilor finali ai fabricii de biogaz, adică a biogazului/biometanului, a electricității, căldurii și digestatului. Următorul pas este acela al evaluării fezabilității proiectului în condițiile specifice, locale. În acest sens, trebuie avute în vedere următoarele:

- Definirea și evaluarea unui plan de afaceri și a unei strategii de finanțare.
- Alegerea unei companii cu experiență în proiectare.
- Implicarea, încă din stadiul inițial al proiectului, a celorlalți parteneri strategici, precum autoritățile locale, municipalitatea, furnizorii de materie primă, companiile de finanțare, investitorii, finanțatorii și opinia publică.



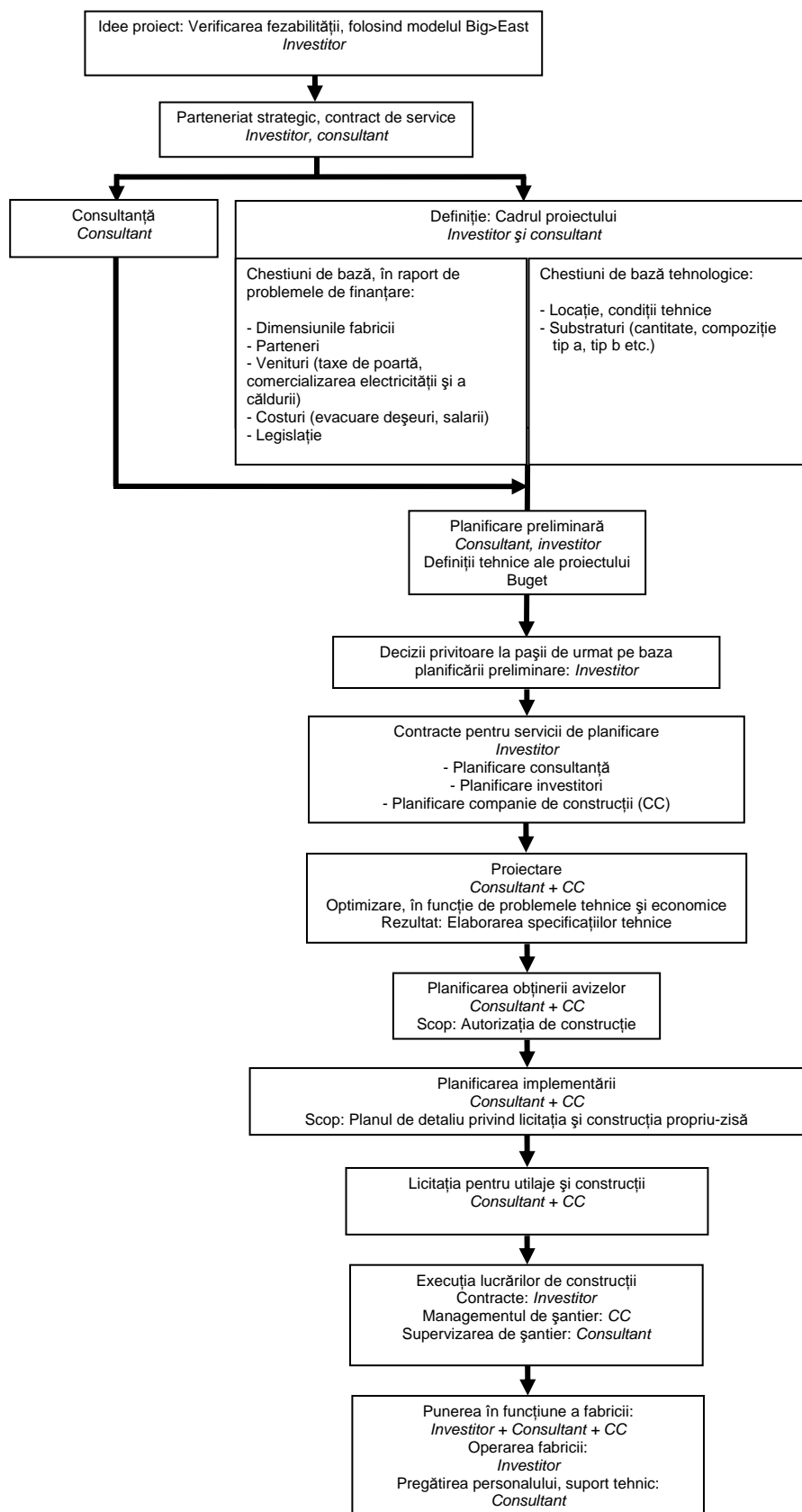


Figura 8.1. Schema-bloc, în care se prezintă pașii principali ai unui proiect pentru biogaz.

Există diferite modele de succes pentru inițierea unui proiect în domeniul biogazului, în funcție de disponibilitatea materiilor prime și de potențialul financiar al investitorilor. Fiecare

situație este particulară și necesită o abordare unică (proiect cu specific local). Diagrama-bloc din Figura 8.1. prezintă principalii pași ai unui proiect pentru biogaz.

Se începe cu ideea proiectului și cu evaluarea inițială a fezabilității, care poate fi făcută cu ajutorul modelului de calcul Big>East. În situația în care inițiatorul proiectului și investitorul ajung în punctul de luare a unei decizii, ar trebui cooptată și o companie de consultanță, cu experiență în domeniul biogazului. Mai mult, poate fi necesară și asistența unei companii de inginerie (spre exemplu, a unui contractor general).

În paralel cu parcurgerea acestor pași ai proiectului, trebuie dezvoltată schema sa de finanțare. Așa cum este cunoscut oricărui inițiator de proiecte și investitor, situația financiară concretă determină pașii ce trebuie întreprinși. Practica cea mai răspândită este aceea a finanțării proiectului până în punctul planificării preliminare, fără implicarea băncilor sau a finanțatorilor externi. În cazul în care acest lucru nu este posibil, pot să apară dubii în legătură cu proiectul propriu-zis sau cu încrederea în potențialul investitorului. Anticiparea avantajelor și riscurilor investiției trebuie, de asemenea, să fie luată în considerare de către investitor.

Rezultatele planificării preliminare însumează toate condițiile limitative (privitoare la aspectele tehnologice și la bugetul de investiții) care prezintă importanță pentru un finanțator extern, în această etapă trebuind înmănat un raport de planificare preliminară potențialilor finanțatori. De aceea, mai întâi, este recomandată semnarea unei înțelegeri de confidențialitate. Potențialii finanțatori pot fi bănci, investitori instituționali, persoane private, grupuri de persoane private etc.

Opțiunile de finanțare depind, în mare măsură, de condițiile locale și de situația inițiatorului proiectului, astfel încât, pentru aceasta, nu se pot face recomandări universale valabile. Totuși, unele clarificări asupra unor aspecte generale pot fi găsite în Capitolul 10 al prezentei broșuri.

## 8.2 Asigurarea aprovizionării continue cu materie primă

Primul pas în dezvoltarea ideii proiectului unei fabrici de biogaz este acela al realizării unui inventar critic al surselor, tipurilor și cantităților de materii prime organice disponibile în regiune.

Există două categorii principale de resurse de biomasă care pot fi utilizate drept materii prime în fabrica de biogaz. Prima categorie include materialul organic produs în ferme, care cuprinde gunoiul de grajd, culturile energetice (spre exemplu, porumbul, fânul însilozat), reziduurile vegetale, produșii secundari rezultați din activitățile agricole și deșeurile fermelor. Cea de-a doua categorie constă dintr-o serie largă de reziduuri organice adecvate procesării în fabricile de biogaz, precum reziduurile provenite din activitățile de catering, deșeurile solide menajere, dar și cele rezultate din industria alimentară și cea farmaceutică. Conformitatea tuturor tipurilor de materii prime cu scopul propus trebuie analizată în funcție de potențialul lor metanogen, digestibilitate, contaminarea posibilă cu diverse substanțe chimice sau contaminanți de natură biologică sau fizică, precum și din punct de vedere economic (taxe de poartă, costuri de colectare și de transport, costuri cauzate de activitatea de tip sezonier etc.).

Dimensiunile viitoarei fabrici de biogaz se află în strânsă legătură cu cantitatea disponibilă, în mod constant, de materie primă, lucru de care se ține seamă în elaborarea planului acesteia. Costurile de aprovizionare cu un anumit tip de materie primă trebuie întotdeauna luate în considerare în analizele privitoare la conformitatea acesteia pentru utilizare în procesul AD. Caracteristicile materiilor prime descrise în Subcapitolele 8.2.1 și 8.2.2 pot fi consultate orientativ, atunci când se face negocierea pentru aprovizionarea viitoarei fabrici de biogaz..

### 8.2.1 Dimensionarea fabricilor de biogaz care utilizează materii prime provenite din fermele de creștere a animalelor

Gunoii animal și culturile energetice sunt printre cele mai comune tipuri de materii prime provenite din activitatea fermieră utilizate pentru aprovizionarea fabricilor agricole de biogaz. Principalele caracteristici ale acestora sunt prezentate în Tabelul 8.1..

**Tabelul 8.1. Date tipice pentru o serie de materii prime provenite din ferme (FINSTERWALDER, 2008)**

	DM [%] (conținutul de substanță uscată)	oDM [%] (fracția organică a substanței uscate)	Producția de biogaz [m <sup>3</sup> /t oDM]	Producția de biogaz [m <sup>3</sup> /t FF]	Conținutul de metan [%]
Gunoii bovin	10	75	340	25	55
Gunoii porcini	8	75	400	24	58
Fân însilozat	40	85,6	656	225	55
Porumb însilozat	32	95,4	611	187	53

În scopul determinării dimensiunilor potrivite ale fabricii de biogaz, de exemplu, în ceea ce privește producția de energie electrică, trebuie luat în calcul tipul materiei prime avute la dispoziție. Următoarele două exemple descriu metode simple de determinare a capacității instalate necesare, în kW<sub>el</sub> de energie electrică obținută.

**Exemplu de determinare a dimensiunilor fabricii/a capacității instalate a unei fabrici de biogaz care funcționează pe baza biomasei din gunoii animal:**

Volumul zilnic de gunoii de grajd (m<sup>3</sup>/zi) – trebuie determinat.

Conținutul total de materii solide în gunoii de grajd (DM%) – trebuie specificat.

În cazul în care conținutul de substanță uscată (DM) al gunoiiului de grajd este de 9-10%, puterea electrică potențială se calculează prin multiplicarea volumului zilnic de gunoii de grajd cu 2,4 kW<sub>el</sub> zi/m<sup>3</sup>.

Un fermier care deține un efectiv de 200 de capete de vaci cu lapte va produce aproximativ 10 m<sup>3</sup>/zi de bălegar, cu un conținut DM de 10%.

Calculul puterii electrice instalate va fi:

$$10 \text{ m}^3/\text{zi} \times 2,4 \text{ kW}_{el} \text{ zi}/\text{m}^3 = 24 \text{ kW}_{el}$$

**Exemplu de determinare a dimensiunilor unei fabrici de biogaz care funcționează pe baza biomasei provenite din culturi energetice:**

Suprafața cultivată (de exemplu, porumb, iarbă) – trebuie determinată, în hectare (ha).

Se estimează puterea electrică potențială per hectar și per an (kW<sub>el</sub>/ha/an), pe baza calității medii a solului și a condițiilor de mediu.

Presupunând că fiecare hectar este echivalentul a 2,5 kW<sub>el</sub> de putere electrică per an, puterea electrică potențială se calculează înmulțind suprafața disponibilă cultivată cu 2,5 kW<sub>el</sub>/ha.

$$200 \text{ ha} \times 2,5 \text{ kW}_{el}/\text{ha} = 500 \text{ kW}_{el}$$

Având rezultatele calculului pentru cazul utilizării gunoiului de grajd și a culturilor energetice, suma acestora indică puterea electrică potențială ce va fi generată de viitoarea fabrică de biogaz.

Fabricile agricole de biogaz pot beneficia de pe urma dimensiunilor mari. Experiența germană actuală demonstrează faptul că, în cazul utilizării biomasei provenită din culturi energetice drept materie primă, fabricile de biogaz cu o putere electrică instalată mai mică de 250 kW<sub>el</sub> necesită eforturi speciale pentru a putea fi menținute în stare viabilă din punct de vedere economic. Dacă, după o primă evaluare, se constată că dimensiunile fabricii de biogaz sunt prea mici, ar trebui luată în calcul cooperarea cu alți parteneri, pentru atingerea dimensiunilor necesare profitabilității economice. Aceasta reprezintă o practică obișnuită în Germania, unde există fabrici de biogaz cu mai mult de 15 fermieri asociați, care lucrează în cooperare.

### 8.2.2 Dimensionarea fabricilor de biogaz care utilizează materii prime provenite din deșeuri industriale și menajere

Există numeroase fabrici agricole de biogaz care folosesc procesele de co-digestie a reziduurilor organice industriale sau a deșeurilor menajere organice, separate la sursă. În cele mai multe cazuri, administrațiile municipale și colectorii de deșeuri sunt obligați să trateze deșeurile existente sau pe cele care se preconizează a fi colectate.

Atunci când este luată în considerare alimentarea viitoarei fabrici de biogaz cu acest tip de deșeuri, prima etapă o constituie evaluarea calității materiei prime și a potențialului metanogen al acesteia. Astfel, dimensiunile potențiale ale fabricii pot fi estimate pe baza datelor menționate mai sus. Producția potențială de biogaz a diferitelor substraturi variază în funcție de producător, depinzând de tehnologia aplicată și de materiile prime utilizate. Totuși, unele valori orientative pot fi găsite în Tabelul 8.2..

**Tabelul 8.2. Date tipice pentru unele tipuri de deșeuri folosite frecvent ca substraturi pentru procesul AD (FINSTERWALDER, 2008)**

	DM [%] (conținutul de substanță uscată)	oDM [%] (fracția organică a substanței uscate)	Producția de biogaz [m <sup>3</sup> /t oDM]	Producția de biogaz [m <sup>3</sup> /t FF]	Conținutul de metan [%]
Deșeuri alimentare	27	92	720	179	65
Bioreziduuri (SSO)	40	80	454	145	60
Grăsimi captate (pre-deshidratate)	36	69	1 200	298	61

Calitatea deșeurilor organice diferă în funcție de țară și de la regiune la regiune, fiind dependentă de obiceiurile consumatorilor locali. Este foarte probabil ca nici măcar un consultant experimentat să nu fie capabil să estimeze producția potențială de biogaz a diferitelor tipuri de deșeuri, numai prin simpla examinare vizuală. După verificarea disponibilității anumitor tipuri de deșeuri, este necesară efectuarea testării eudiometrice<sup>1</sup> a potențialului lor de generare a biogazului, precum și a calității acestuia, în vederea dimensionării corespunzătoare a viitoarei fabrici de biogaz.

<sup>1</sup> Eudiometru = dispozitiv de laborator din sticlă, folosit pentru măsurarea modificărilor de volum ale unui amestec de gaze, rezultate dintr-o reacție chimică. Este folosit pentru analiza gazelor și pentru determinarea diferențelor între reacțiile chimice.

Calculul specific al tuturor celor menționate mai sus poate fi făcut folosind modelul de calcul conținut de CD-ul atașat prezentei broșuri. Modelul de calcul este, de asemenea, disponibil pentru a fi descărcat gratuit la adresa <http://www.big-east.eu/>.

### 8.2.3 Scheme de aprovizionare cu materii prime

Planificarea cu succes a unui proiect pentru biogaz implică elaborarea unor scheme de aprovizionare cu materii prime. Există două tipuri de scheme de aprovizionare: pentru cazul existenței unui singur furnizor și pentru acela al existenței mai multor furnizori.

1. **Un singur furnizor** (spre exemplu, fermă, producător de deșeuri organice) posedă suficient gunoi animal, deșeuri organice, teren agricol sau toate cele menționate aici, pentru a putea furniza întreaga cantitate de materie primă necesară funcționării fabricii de biogaz.
2. **Mai mulți furnizori** (de exemplu, ferme mai mici, producători de deșeuri organice) care lucrează împreună într-un consorțiu (de exemplu, într-o cooperativă, societate civică) pentru a construi, opera și livra materie primă către o fabrică de biogaz.

În ambele cazuri este importantă asigurarea unei aprovizionări constante și pe termen lung cu cantitatea necesară de materie primă pentru procesul AD. Acest lucru este destul de simplu de realizat, în cazul în care furnizorul este reprezentat de o singură fermă, cu terenul propriu aferent pentru cultivare. În cazul consorțiului de proprietari și furnizori de materie primă, fiecare furnizor trebuie să semneze un contract pe termen lung, conținând, cel puțin, următoarele precizări și prevederi:

- Durata contractului.
- Garantarea cantității de materie primă sau a suprafeței cultivate.
- Garantarea calității biomasei livrate.
- Plățile condiționate de cantitatea și calitatea materiei prime livrate.

În situația în care furnizorii de materie primă sunt, de asemenea, și investitori sau coproprietari ai fabricii de biogaz, trebuie negociat un contract separat cu fiecare dintre aceștia, în care sunt stipulate îndatoririle și obligațiile lor.

## 8.3 Unde trebuie amplasată fabrica de biogaz

Cel de-al doilea pas al proiectului unei fabrici de biogaz constă în găsirea locației potrivite pentru construirea acesteia. Lista care urmează enumeră câteva considerații importante de care trebuie să se țină seama, atunci când se alege locația viitoarei fabrici de biogaz:

- Locația trebuie să se găsească la o distanță adecvată față de zonele rezidențiale, pentru evitarea oricăror inconveniente în ceea ce privește mirosurile neplăcute și traficul crescut din și către fabrica de biogaz, fapte care pot conduce la conflicte.
- Trebuie luată în considerare direcția vânturilor dominante, în scopul evitării purtării mirosurilor neplăcute către zonele rezidențiale.

- Locația trebuie să beneficieze de un acces ușor la infrastructură, cum ar fi la rețeaua electrică, în scopul facilitării comercializării electricității, și la rețeaua de drumuri, pentru ușurarea transportului materiilor prime și a digestatului.
- Este necesar studiul geologic, înainte de începerea construcției.
- Locul ales nu trebuie să fie într-o zonă potențial inundabilă.
- Locul trebuie ales relativ aproape (poziționat central) de locul de producere a materiilor prime agricole (gunoi animal, culturi energetice), în scopul minimizării distanțelor, timpului și costurilor de transport.
- Din motive de eficiență a costurilor, fabrica de biogaz trebuie să fie localizată pe cât de aproape posibil de potențialii utilizatori ai căldurii produse. Alternativ, alți potențiali utilizatori de căldură, precum industriile cu necesar de energie calorică, complexe de sere etc. pot fi aduse mai aproape de fabrica de biogaz.
- Dimensiunile zonei alese trebuie să fie potrivite activităților desfășurate și să permită depozitarea cantităților necesare de biomasă.

Spațiul necesar unei fabrici de biogaz nu poate fi estimat într-un mod simplu. Experiența arată că, spre exemplu, pentru o fabrică de biogaz cu o capacitate de 500 kW<sub>el</sub> este necesară o suprafață de aproximativ 8.000 m<sup>2</sup>. Această valoare poate fi utilizată orientativ, însă suprafața exactă este dependentă de tehnologia folosită.

Următorul exemplu ilustrează o estimare generală a dimensiunilor unei fabrici de biogaz care utilizează **culturile energetice** ca substrat pentru procesare. Calculul de mai jos determină mărimea silozului (siloz de tip buncăr), necesar pentru stocarea materiei prime.

Calculul care urmează este valid în cazul silozurilor cu o înălțime a nivelului de umplere de aproximativ trei metri. Capacitatea planificată de putere electrică a fabricii de biogaz utilizată aici drept exemplu este de 250-750 kW<sub>el</sub>. Mărimea suprafeței necesare proiectului propriu-zis va fi, întotdeauna, rezultatul calculelor detaliate de proiectare individuală.

$$AS = MS / (DF * HS)$$

MS:	Masa de materie primă însilozată	[t]
DF:	Densitatea materiei prime însilozate	[t/m <sup>3</sup> ]
HS:	Înălțimea silozului	[m]
AS:	Suprafața silozului	[m <sup>2</sup> ]

Într-o primă estimare, o fabrică de biogaz necesită o suprafață de două ori mai mare decât aceea a silozului. Aceasta înseamnă:

$$AB = 2 * AS$$

AB:	Suprafața fabricii de biogaz
AS:	Suprafața silozului

## 8.4 Obținerea avizelor

Procedura, criteriile și documentația necesare pentru obținerea avizelor cerute pentru construcția unei fabrici de biogaz diferă în funcție de țară.

În scopul obținerii autorizației de construcție, investitorul trebuie să se documenteze cu privire la conformitatea proiectului propus cu legislația națională, în legătură cu subiecte precum: manipularea și reciclarea gunoiului de origine animală și a reziduurilor organice, valorile limită ale emisiilor, emisiile de gaze de ardere, nivelul zgomotului și al mirosurilor neplăcute, impactul asupra apelor freactice, păstrarea esteticii peisajului, normele de protecție a muncii, siguranța clădirilor etc.

Experiența demonstrează importanța majoră a implicării autorităților locale, încă din stadiul incipient al proiectului, prin prezentarea, către acestea, a informațiilor preliminare și prin solicitarea ajutorului lor în ceea ce privește obținerea autorizațiilor necesare implementării proiectului.

Implicarea unei companii cu experiență în obținerea autorizației de construcție poate fi utilă sau chiar necesară, depinzând de situația de la fața locului. Unele companii de construcții își arată interesul pentru rezolvarea acestei probleme, în schimbul unor sume mici, în speranța facilitării obținerii contractului de construcție.

## 8.5 Punerea în funcțiune a fabricii de biogaz

Construcția unei fabrici de biogaz este similară lucrărilor de construcții din orice alt domeniu de afaceri, însă punerea acesteia în funcțiune reprezintă o operație care trebuie îndeplinită numai de către personalul experimentat, familiarizat cu proiectul fabricii și cu microbiologia procesului AD.

Pornirea fabricii de biogaz trebuie făcută, întotdeauna, de către compania care a executat proiectarea și construcția acesteia. În cursul punerii în funcțiune, managerul fabricii și personalul responsabil pentru viitoarea operare a acesteia sunt instruiți în ceea ce privește funcționarea și întreținerea sa. Modul în care se face acest lucru diferă, în funcție de caz.

Înainte de punerea în funcțiune, proprietarul trebuie să verifice dacă sunt respectate toate obligațiile prevăzute în autorizația de construcție.

Pasul următor este reprezentat de umplerea digestoarelor cu gunoi de grajd sau cu digestat provenit dintr-o altă fabrică, a cărei funcționare se încadrează în parametrii normali. Prin utilizarea digestatului provenit dintr-o fabrică de biogaz deja existentă se urmărește inocularea noului digester cu populațiile de microorganisme necesare procesului AD. Înainte de începerea alimentării sistemului, materiile prime trebuie încălzite până la atingerea temperaturii de procesare.

Pentru o fabrică de biogaz care deservește o singură fermă agricolă, cu o capacitate a puterii electrice instalate de până la 500 kW<sub>el</sub>, timpul de operare și întreținere este, de obicei, de aproximativ patru ore pe zi. În cazul fabricilor de biogaz care tratează deșeuri, timpul de operare și întreținere face obiectul negocierilor dintre proiectantul fabricii și client.

## 9 Norme de siguranță în fabricile de biogaz

Construcția și operarea unei fabrici de biogaz trebuie să țină seama de o serie întreagă de norme de siguranță de importanță maximă, în caz contrar putând să apară un număr de potențiale riscuri privind siguranța oamenilor, a viețuitoarelor și mediului.

Luarea măsurilor corespunzătoare de siguranță are drept scop evitarea apariției oricăror riscuri, precum și a situațiilor neprevăzute, și să contribuie la asigurarea operării în siguranță a fabricii.

Obținerea autorizației de construcție depinde, printre altele, de îndeplinirea unor măsuri importante de siguranță, precum și de stabilirea unor proceduri clare de prevenție și control al eventualelor distrugerii, cum sunt:

- Prevenirea exploziilor.
- Prevenirea incendiilor.
- Prevenirea pericolelor mecanice.
- Soliditatea statică a construcțiilor.
- Siguranța electrică.
- Protecția împotriva descărcărilor electrice atmosferice.
- Siguranța termică.
- Protecția fonică.
- Prevenirea asfixiei și a otrăvirii.
- Siguranța privind igiena și controlul veterinar.
- Evitarea emisiilor poluante pentru atmosferă.
- Prevenirea scurgerilor în apele freatice și de suprafață.
- Evitarea eliberării de poluanți în timpul evacuării deșeurilor.
- Siguranța contra inundațiilor.

### 9.1 Prevenirea incendiilor și a exploziilor

Așa cum deja s-a menționat, în anumite condiții, biogazul, în combinație cu aerul, poate forma un amestec gazos exploziv. Riscul de incendiu și explozie este, în special, ridicat în apropierea digestoarelor și a rezervoarelor de biogaz. De aceea, trebuie garantate măsuri specifice de siguranță pe parcursul construcției și a operării fabricilor de biogaz. Tabelele 9.1. și 9.2. compară biogazul și principalele sale componente cu alte gaze, sub aspectul pericolului de explozie. În ambele tabele, compoziția medie a biogazului este: metan 60% Vol., dioxid de carbon 38% Vol. și alte gaze 2% Vol..

**Tabelul 9.1. Proprietățile gazelor (INSTITUT FÜR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)**

	Unitate	Biogaz	Gaz natural	Propan	Metan	Hidrogen
Valoarea calorică	KWh/m <sup>3</sup>	6	10	26	10	3
Densitatea	kg/m <sup>3</sup>	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Raportul de densitate gaz/aer		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Temperatura de aprindere	°C	700	650	470	600	585
Intervalul de explozie	Vol.-%	6-12	4,4-15	1,7-10,9	4,4-16,5	4-77



**Tabelul 9.2. Proprietățile componentelor biogazului; TLV = Valoarea limită de prag<sup>2</sup> (INSTITUT FUR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)**

	Unitate	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO	H
Densitatea	kg/m <sup>3</sup>	0,72	1,85	1,44	1,57	0,084
Raportul de densitate gaz/aer		0,55	1,53	1,19	0,97	0,07
Temperatura de aprindere	°C	600	-	270	605	585
Intervalul de explozie	Vol.-%	4,4-16,5	-	4,3-45,5	10,9-75,6	4-77
Valoarea limită de prag - TLV	ppm	lipsă valoare	5.000	10	30	lipsă valoare

În acord cu Directiva Europeană 1999/92/EC, zonele periculoase (ex-zone) sunt clasificate în funcție de frecvența și durata de apariție a atmosferelor explozive. În aceste zone trebuie luate măsuri adecvate de prevenire, cu scopul evitării accidentelor. Aceste măsuri sunt descrise în Directivă.

#### Zona 0

Zonă în care o atmosferă explozivă, constând dintr-un amestec de aer și substanțe inflamabile (sub formă de gaz, vapori sau aburi), este prezentă în mod continuu, pentru o lungă perioadă de timp sau în mod frecvent. Aceste zone, de obicei, nu apar în cadrul fabricilor de biogaz.

#### Zona 1

Zonă în care o atmosferă explozivă, constând dintr-un amestec de aer și substanțe inflamabile (sub formă de gaz, vapori sau aburi), apare în mod ocazional, în condiții normale de operare.

#### Zona 2

Zonă în care o atmosferă explozivă, constând dintr-un amestec de aer și substanțe inflamabile (sub formă de gaz, vapori sau aburi), nu este probabil să apară, în condiții normale de operare, dar, în cazul în care are loc, aceasta se produce numai pentru o perioadă scurtă de timp.

În pofida faptului că producerea exploziilor are loc numai în anumite condiții, există întotdeauna riscul de incendiu, în cazul existenței focului deschis, a scurt-circuitelor apărute în interiorul dispozitivelor electrice sau a trăsnetelor.

## 9.2 Riscuri de otrăvire și asfixie

În cazul în care biogazul este inhalat într-o concentrație suficient de mare, aceasta poate avea drept rezultat apariția simptomelor de otrăvire sau asfixie și chiar moartea. În special prezența hidrogenului sulfurat (H<sub>2</sub>S) în biogazul non-desulfurat poate fi extrem de toxică, chiar și în concentrații scăzute.

În special în cazul încăperilor închise, cu elevație joasă (de exemplu, pivnițe, camere la subsol etc.), asfixia poate fi cauzată de dizlocuirea oxigenului de către biogaz. Biogazul este mai ușor decât aerul, având o densitate relativă de aproximativ 1,2 kg/m<sup>3</sup>, însă prezintă tendința de a se separa în componentele sale. Dioxidul de carbon, care este mai greu (D = 1,85 kg/m<sup>3</sup>), ocupă zonele mai joase, în timp ce metanul, mai ușor (D = 0,72 kg/m<sup>3</sup>), se ridică în atmosferă. Din aceste motive, în spațiile închise trebuie luate o serie de măsuri de siguranță, cu scopul asigurării unei ventilații suficiente. Mai mult, trebuie purtat echipament

<sup>2</sup> Valoarea limită de prag (TLV) a unei substanțe chimice reprezintă nivelul zilnic la care poate fi expusă o persoană pe tot parcursul vieții, fără efecte adverse asupra sănătății.

de protecție (de exemplu, dispozitive de avertizare asupra prezenței gazului, pentru protecția respirației etc.), în cursul activităților în zonele cu potențial de pericol.

**Tabelul 9.3. Efectul toxic al hidrogenului sulfurat (INSTITUT FÜR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)**

Concentrația (în aer)	Efect
0,03-0,15 ppm	Pragul de percepție (miros de ouă stricate)
15-75 ppm	Iritarea ochilor și a căilor respiratorii, greață, vomă, dureri de cap, neatenție
150-300 ppm (0,015-0,03%)	Paralizia nervilor olfactivi
>375 ppm (0,038%)	Moarte prin otrăvire (după câteva ore)
>750 ppm (0,075%)	Neatenție și moarte prin stop respirator în 30-60 de minute
de la 1.000 ppm (0,1%)	Moarte rapidă prin paralizie respiratorie, în câteva minute

### 9.3 Riscuri de accidentare

În plus față de riscurile de otrăvire și asfixie, alte potențiale surse de accidentare sunt: pericolul de cădere de pe scări, în zonele neacoperite (de exemplu, pâlnii de alimentare, puțuri de întreținere), sau de rănire de către dispozitivele mobile ale fabricii (de exemplu, mixere).

Dispozitive precum mixerele, pompele și echipamentul de alimentare sunt puse în funcțiune cu ajutorul curentului electric de înaltă tensiune. Operarea necorespunzătoare a acestora sau defectarea unității energetice CHP pot avea drept consecință șocuri electrice fatale, din cauza energiei electrice înalte, de câteva sute de volți, precum și a intensității mari a curenților electrici produși.

Mai mult, există și riscul arsurilor superficiale, cauzat de sistemele de încălzire și răcire ale fabricii de biogaz (de exemplu, sistemele de răcire ale motoarelor, sistemul de încălzire al digestoarelor, pompe de căldură). Același lucru este valabil și în cazul diferitelor componente ale unității CHP, precum și al arzătorului de biogaz.

În scopul evitării acestor tipuri de accidente, în zonele cu potențial de pericol trebuie amplasate panouri de avertizare clare, iar personalul operator trebuie instruit în consecință.

## 9.4 Sanitația, controlul agenților patogeni și aspecte veterinare

### 9.4.1 Aspecte referitoare la igienă în fabricile de biogaz

Procesul AD aplicat gunoiului animal și deșeurilor biologice poate conduce la apariția de noi căi de transmitere a agenților patogeni și a bolilor provocate de către aceștia, între oameni, viețuitoare și mediul înconjurător:

- În cazul oamenilor, poate determina apariția bolilor infecțioase, iritația mucoaselor, bronșită, astm și alergii.
- În cazul animalelor domestice și a faunei sălbatice, poate determina transmiterea zoonozelor, precum și a altor boli.

Deșeurile de origine animală și umană, utilizate drept materii prime pentru procesul AD, conțin diverse bacterii patogene, paraziți și viruși. Speciile patogene prezente în mod normal în gunoiul de origine animală și în cel menajer sunt reprezentate de bacterii (de exemplu, *Salmonellae*, *Enterobacter*, *Clostridiae*, *Listeria*), paraziți (de exemplu, *Ascaris*, *Trichostrangylidae*, *Coccidae*), viruși și fungi. Co-digestia deșeurilor provenite din abatoare și din industria de procesare a peștelui, a nămolurilor de canalizare și a bioreziduurilor prezintă un potențial de creștere a diversității agenților patogeni, care se pot raspândi în sol și pot pătrunde în lanțul alimentar al oamenilor și al celorlalte viețuitoare.

Digestatul produs de fabricile de biogaz este, de obicei, aplicat ca îngrășământ pe câmpurile agricole aparținând câtorva ferme individuale. Riscul de răspândire a agenților patogeni prin aplicarea digestatului trebuie prevenit, prin implementarea măsurilor standard de siguranță veterinară.

**Măsurile sanitare** enumerate mai jos contribuie la controlul efectiv al agenților patogeni și al altor materii infecțioase prin procesul AD:

- **Controlul sănătății șeptelului.** Nu se vor utiliza materii prime provenite din fermele în care șeptelul prezintă probleme de sănătate.
- **Controlul materiilor prime.** Tipurile de biomasă care prezintă un risc înalt de contaminare cu agenți patogeni trebuie excluse din procesul AD.
- **Pre-sanitația separată** a categoriilor specifice de materii prime este obligatorie, după cum este prevăzut în Regulamentul European EC 1774/2002<sup>3</sup>. În funcție de categoria materiei prime, reglementările solicită fie pasteurizarea (la 70°C, timp de o oră), fie sterilizarea sub presiune (la minimum 133°C, pentru cel puțin 20 de minute și o presiune absolută a aburului de minimum 3 bari).
- **Sanitația controlată.** În cazul categoriilor de materii prime care nu necesită un proces separat de pre-sanitație, conform Regulamentului EC 1774/2002, combinația dintre temperatura procesului AD și timpul minim garantat de retenție (MGRT), la această temperatură, în interiorul digesterului, va conferi o reducere/inactivare eficientă a agenților patogeni din digestat.
- **Controlul eficienței reducerii agenților patogeni** din digestat, prin utilizarea organismelor indicatoare. Eficiența reducerii agenților patogeni nu trebuie presupusă, ci verificată prin folosirea uneia dintre metodele acreditate care utilizează organisme indicatoare (de exemplu, log<sub>10</sub> al FS). Vezi Capitolul 9.4.3 pentru mai multe detalii privitoare la organismele indicatoare și la controlul eficienței reducerii agenților patogeni în procesul AD.

#### 9.4.2 Parametrii de igienă în fabricile de biogaz

Reducerea efectivă a numărului agenților patogeni din digestat este asigurată prin implementarea unui proces separat de pre-sanitație, în cazul tipurilor de materie primă care necesită măsuri speciale de sanitație (de exemplu, ape reziduale provenite din abatoare, reziduuri alimentare din industria de catering, reziduuri de flotație). În cazul tipurilor de

---

<sup>3</sup> Textul complet al (EC)No1774/2002 "precizând regulile sanitare aplicate produselor secundare de origine animală, nealimentare" este disponibil pentru descărcare la adresa [www.big-east.eu](http://www.big-east.eu)

materie primă care nu necesită măsuri separate de sanitație (gunoi animal, culturi energetice, reziduuri vegetale, alte reziduuri), sanitația și reducerea numărului agenților patogeni este asigurată prin însuși procesul AD. Unii parametri de procesare, precum temperatura, timpul de retenție în interiorul digesterului, pH-ul etc., au o influență directă sau indirectă asupra eficienței sanitației prin procesul AD.

### Temperatura

Temperatura de procesare influențează procesul de sanitație. În cazul pre-tratamentului materiilor prime, eficiența reducerii numărului agenților patogeni crește odată cu creșterea temperaturii.

### Timpul de retenție

În cazul fabricilor de biogaz care tratează gunoiul animal, biomasa vegetală provenită din activitățile fermelor, precum și alte tipuri de materii prime non-problematică, sanitația este rezultatul combinării temperaturii și a MGRT.

Influența temperaturii și a MGRT asupra distrugerii agenților patogeni este arătată în Tabelul 9.4., care prezintă timpii de decimare, în cazul câtorva tipuri comune de agenți patogeni prezenți în gunoiul animal. Spre exemplu, în cazul *Salmonella typhimurium*, distrugerea a 90% din populație are loc în 0,7 ore într-un digester care funcționează la temperatura de 53°C (digestie termofilă), în 2,4 zile într-un digester care operează la 35°C (digestie mezofilă), însă aceeași reducere a populației de *Salmonella* are loc în 2-6 săptămâni la temperatura ambientală, în gunoiul netratat.

### Valoarea pH-ului

Reducerea populațiilor de microorganisme (bacterii) poate avea loc în medii acide sau alcaline. Din acest motiv, pre-hidroliza anumitor tipuri de biomasă determină o scădere semnificativă a valorii pH-ului și reduce populațiile de microorganisme cu până la 90% (din cauza efectului toxic al acizilor organici).

**Tabelul 9.4. Timpii de decimare (T-90)\* ai unor bacterii patogene – comparație între gunoiul animal tratat prin procesul AD și gunoiul netratat (BENDIXEN, 1999)**

Bacteria	Gunoi tratat prin procesul AD		Gunoi netratat	
	53°C (temperatură termofilă) ore	35°C (temperatură mezofilă) zile	18-21°C săpt.	6-15°C săpt.
<i>Salmonella typhimurium</i>	0,7	2,4	2,0	5,9
<i>Salmonella dublin</i>	0,6	2,1	-	-
<i>Escherichia coli</i>	0,4	1,8	2,0	8,8
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,5	0,9	0,9	7,1
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	0,7	6,0	-	-
<i>Coliform bacteria</i>	-	3,1	2,1	9,3
<i>Grupul D-Streptococi</i>	-	7,1	5,7	21,4
<i>Streptococcus faecalis</i>	1,0	2,0	-	-

\* Timpul de decimare T-90 reprezintă timpul de supraviețuire al microorganismelor cercetate. Timpul decimare T-90 este definit drept timpul necesar descreșterii unei populații viabile cu o unitate logaritmică ( $\log_{10}$ ), ceea ce este echivalent cu o reducere de 90% (SCHLUNDT, 1984).

### Originea gunoiului de grajd lichid

Timpul de viață al agenților patogeni depinde de originea gunoiului lichid. *Salmonellae*, de pildă, supraviețuiește un timp mai îndelungat în gunoiul de grajd de origine bovină, dar, pe de altă parte, gunoiul porcine conține mai multe organisme infecțioase, din cauza densității mai mari a animalelor și a prezenței agenților patogeni în hrană.

### ***Efecte pozitive/negative***

Aglomerarea în scop protectiv a microorganismelor (bacteriilor) poate prelungi procesul de inactivare a agenților patogeni.

### ***Conținutul de substanță uscată***

Unele tulpini de *Salmonella* supraviețuiesc o perioadă mai lungă în cazul unui conținut de substanță uscată mai mare de 7%.

### ***Conținutul de amoniac***

Inactivarea agenților patogeni este mai eficientă în substraturile cu un conținut ridicat de amoniac. Datorită faptului că, în digestat, concentrația amoniacului este mai mare decât în cazul gunoiului brut, și eficiența inactivării agenților patogeni este, în mod corespunzător, mai mare.

### ***Tipul digestorului***

În digestoarele cu amestecare completă, materia primă proaspăt adăugată poate oricând să contamineze substratul deja sanitizat. Chiar și în interiorul unui reactor cu flux lent, în care particulele se mișcă uniform, o ușoară amestecare nu poate fi prevenită. Din această cauză, în reactoarele cu amestecare nu poate fi garantat un timp minim de retenție. Acest lucru poate fi asigurat numai în sisteme cu alimentare discontinuă, în care digestorul este, mai întâi, umplut, iar apoi complet golit după digestie (de exemplu, metoda de alimentare în tranșe a unui sistem AD uscat).

## **9.4.3 Organisme indicatoare**

Din cauza imposibilității efectuării unei analize a digestatului din punct de vedere al conținutului complet în specii de agenți patogeni, apare necesitatea identificării doar a organismelor indicatoare, care pot fi cu succes utilizate pentru evaluarea eficienței de reducere a numărului agenților patogeni din digestat.

Una dintre cele mai utilizate metode este log<sub>10</sub> al FS (*Faecale Streptococci*), care se bazează pe măsurătorile efectuate asupra *Faecale Streptococci* din digestat. Câteva programe de cercetare în domeniul medicinei veterinare, conduse în Danemarca, au investigat capacitățile de supraviețuire ale bacteriilor, virusurilor și ouălor de paraziți prezente în gunoiul animal, în condiții variate de stocare și de tratament anaerob. Organismul indicator *Faecale streptococci* (*enterococci*) (FS) a fost ales datorită faptului că acest tip de streptococ supraviețuiește tratamentului termic o perioadă lungă de timp, mult după ce o serie de alte bacterii patogene, virusuri și ouă de paraziți sunt omorâte sau își pierd viabilitatea.

În Germania, folosirea nămolurilor de canalizare și a bioreziduurilor ca materii prime pentru procesele anaerobe în fabricile de co-digestie a fost investigată din punct de vedere igienic și al sanitației. Drept model au fost luate condițiile de igienă deja folosite în cazul producerii de compost prin procese aerobe, în timp ce numeroase alte potențiale organisme indicatoare utilizate în microbiologia domeniului de sănătate publică au fost respinse, din cauza existenței predominante a acestora în sol și în mediul acvatic. În legătură cu procesele de co-digestie a bioreziduurilor, s-a tras concluzia că absența *Salmonella* oferă cel mai bun indice al sanitației efective în fabricile de co-digestie AD. S-a demonstrat faptul că *Salmonella sp.* este prezentă în >90% dintre containerele cu bioreziduuri examinate. Spre deosebire de metoda log<sub>10</sub> al FS, utilizată în Danemarca, procedura de testare *Salmonella* necesită stadii de

cultivare de pre-îmbogățire și îmbogățire în soluții apoase tampon, cu peptonă și medii selective, înainte de efectuarea identificării pozitive.

Necesitatea asigurării condițiilor de fito-igienă a fost, de asemenea, investigată de către aceleași studii germane. Spre deosebire de sistemul valabil în bacteriologie, în cazul plantelor nu sunt cunoscute organisme indicatoare ale prezenței potențialilor agenți patogeni ai acestora. Singurul indicator larg răspândit în bioreziduurile de proveniență menajeră este reprezentat de semințele de tomate. În consecință, termenul de "siguranță fito-igienică" a fost definit, în Germania, ca fiind absența, în bioreziduurile și apele reziduale tratate, a mai mult de două semințe de tomate capabile să germineze și/sau părți de plante cu capacitate reproductivă per litru de reziduuri tratate.

Studii similare au pus în evidență efectul temperaturii asupra inactivării virusurilor. În cazul majorității virusurilor testate, căldura a fost găsită drept singurul și cel mai important agent virucid. În ceea ce privește parvovirusul, alți factori decât căldura au contribuit, în mod substanțial, la pierderea globală a viabilității. Acest fapt se află în deplin acord cu rezultatele altor cercetători, care au arătat că și alți factori, precum pH-ul ridicat, amoniacul, detergenții și metaboliții microbieni își pot aduce contribuția la inactivarea virală.

Utilizarea organismelor indicatoare pentru evaluarea capacității de distrugere a potențialilor agenți patogeni se bazează pe activarea, creșterea și investigarea infecțiozității organismelor de test.

#### 9.4.4 Condiții de sanitație

O serie de țări europene posedă reglementări de nivel național ce prevăd standarde de igienă/sanitație de urmat în cursul operării fabricilor de biogaz care fie utilizează pentru procesele de digestie gunoiul animal provenit de la mai multe ferme, fie folosesc procese de co-digestie a gunoiului animal și reziduurilor organice.

Una dintre cele mai importante reglementări europene privitoare la procesul AD este așa-numitul **Regulament privitor la produsele secundare de origine animală EC 1774/2002**, care stabilește condițiile necesare pentru tratarea și reciclarea deșeurilor de origine animală. Regulamentul identifică trei categorii principale de produse secundare de origine animală și precizează condițiile de tratare și de sanitație a acestora, echipamentul necesar etc. Conform Tabelului 9.5., tratamentul produselor secundare de origine animală din **categoria 1**, în fabricile de biogaz, nu este permis.

Cu excepția gunoiului de grajd lichid, al conținutului stomacal și intestinal (separat din stomac și intestine), al laptelui și colostrului (permis a fi utilizat fără pre-tratament, atunci când nu există niciun pericol de răspândire a bolilor), toate produsele secundare de origine animală din **categoria 2**, înainte de a fi procesate într-o fabrică de biogaz, trebuie sterilizate cu abur sub presiune, la  $\geq 133^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 3$  bari, și, de asemenea, să fie supuse tratamentului termic, timp de cel puțin 20 de minute, după atingerea temperaturii de  $133^{\circ}\text{C}$ , într-o fabrică special autorizată pentru acest scop. Dimensiunile particulelor substratului tratat trebuie să fie  $< 50$  mm.

În cazul reziduurilor provenite din bucătării și a altor resturi alimentare, precum și în cazul mărfurilor alimentare expirate care nu au venit în contact cu produse secundare de origine animală netratate, se aplică reglementările naționale. Pentru tratarea altor produse secundare

de origine animală aparținând **categoriei 3**, se aplică următoarele: pasteurizarea termică trebuie efectuată la 70°C timp de 60 de minute. Dimensiunile particulelor substratului tratat trebuie să fie <12 mm.

**Tabelul 9.5. Produse secundare de natură animală, nealimentare: categorii și condiții de utilizare a acestora, conform EC1774/2002 (AL SEADI, 2002)**

Categoria și descrierea	Condiții de utilizare
<b>1. Animale suspectate de a fi infectate cu TSE, material cu risc specific</b> - Animale, altele decât cele de fermă și cele sălbatice, adică animale de companie, din grădini zoologice și de circ. - Reziduuri din catering provenite de pe mijloacele de transport internațional.	Totdeauna distrugere – incinerare.
<b>2. Gunoi animal provenit de la toate speciile și conținutul tractului digestiv al mamiferelor</b> - Toate materialele de origine animală colectate la tratarea apelor reziduale provenite din abatoare sau din fabricile de procesare din categoria 2, cu excepția fabricilor din categoria 1 de tratare a apelor reziduale provenite de la abatoare. - Produse de origine animală care conțin reziduuri de substanțe medicamentoase de uz veterinar. Animale moarte, altele decât rumegătoarele.	În vederea supunerii la procesul AD trebuie sterilizate sub presiune, timp de 20 de minute, la 133°C și 3 bari.  NB: Gunoiul de grajd și conținutul tractului digestiv pot fi utilizate direct în procesul AD, fără un tratament prealabil.
<b>3. Toate părțile animalelor sacrificate, declarate ca fiind potrivite consumului uman, sau neafectate de orice semne de boală</b> - Piei de animale.	În vederea supunerii la procesul AD trebuie sanitizate în tancuri separate, timp de 1oră, la 70 °C.

În plus față de tratamentul termic obligatoriu, Regulamentul privitor la produsele secundare de origine animală definește o serie de alte condiții obligatorii de procesare, pentru operarea fabricilor de biogaz, precum și condițiile de igienă care trebuie îndeplinite de producții finali.

În cazul reziduurilor provenite din bucătării și a altor resturi alimentare aparținând **categoriei 3**, autoritățile naționale responsabile pot să autorizeze excepții de la condițiile de procesare menționate mai sus, cu condiția aplicării unei sanitații echivalente (Tabelul 9.6.). Principala condiție pentru autorizarea metodelor alternative de procesare o constituie dovada distrugerii tuturor agenților patogeni, echivalentă pasteurizării.

**Tabelul 9.6. Exemplu de sanitație controlată, echivalentă pasteurizării la 70°C timp de 1 oră (Danemarca) (BENDIXEN, 1995)**

Temperatura	Timpul de retenție (MGRT) într-un tanc pentru digestie termofilă <sup>a)</sup>	Timpul de retenție (MGRT) prin tratamentul într-un tanc de sanitație separat <sup>b)</sup>	
		Înainte sau după digestie într-un tanc de reacție termofilă <sup>c)</sup>	Înainte sau după digestie într-un tanc de reacție mezofilă <sup>d)</sup>
52,0°C	10 ore		
53,5°C	8 ore		
55,0°C	6 ore	5,5 ore	7,5 ore
60,0°C		2,5 ore	3,5 ore

Tratamentul trebuie efectuat într-un tanc de digestie, la temperaturi termofile, sau într-un tanc de sanitație, combinat cu digestia într-un tanc de reacție termofilă sau mezofilă. Combinația dintre temperatura specifică/MGRT trebuie respectată.

a) Digestia termofilă are loc, în acest caz, la 52°C. Timpul de retenție hidraulică (HRT) în interiorul digesterului trebuie să fie de cel puțin 7 zile.

b) Digestia poate avea loc fie înainte, fie după procesul de pasteurizare.

c) Vezi punctul a)

d) Temperatura de digestie mezofilă trebuie să fie cuprinsă între 20-52°C. Timpul de retenție hidraulică trebuie să fie de cel puțin 14 zile.

Condițiile de sanitație diferă în funcție de tipul fabricii de biogaz (proces termofil sau mezofil). Mai mult, în cazul tratamentului colectiv al materialelor aparținând categoriilor diferite sunt utilizate cele mai stricte reglementări aplicabile.

În cazul reziduurilor provenite din bucătării și a altor resturi alimentare, precum și în cazul mărfurilor alimentare expirate care nu au venit în contact cu produse secundare de origine animală netratate, trebuie asigurați următorii parametri pentru procesul AD termofil: temperatura  $\geq 55^{\circ}\text{C}$ , timpul de retenție hidraulică de 20 de zile, cu un timp minim de rezidență garantat de 24 de ore, dimensiunile particulelor  $\leq 12$  mm.

În fabricile de biogaz care folosesc procesele mezofile (în intervalul de temperatură în jurul valorii de  $37^{\circ}\text{C}$ ), sanitația termică are loc numai într-o măsură redusă. În acest caz, sanitația trebuie asigurată prin tratamentul termic al tuturor materialelor care conțin reziduuri domestice provenite din bucătării, sau prin demonstrarea, în mod relevant, a reducerii satisfăcătoare a populațiilor de agenți patogeni.

Pentru evitarea apariției riscului de infecție, reglementările stabilesc separarea strictă a activităților de creștere a animalelor de zonele în care sunt amplasate fabricile de biogaz. Transportul, depozitarea intermediară, pre-tratamentul necesar (mărunțirea, reducerea dimensiunilor particulelor), precum și procesarea în fabricile de biogaz sunt strict reglementate.

Aceleași reglementări se aplică și în cazul sectoarelor de curățare, dispozitivelor de curățare, zonelor de dezinfectie, controlului dăunătorilor, obligațiilor de înregistrare și documentare, controalelor de igienă, precum și întreținerii corespunzătoare a tuturor instalațiilor și calibrării tuturor instrumentelor de măsură. Mai mult, toate fabricile de biogaz trebuie să aibă la dispoziție un laborator propriu, autorizat oficial, sau să apeleze la serviciile unui laborator extern autorizat, pentru analiza probelor și efectuarea testelor asupra eficienței reducerii populațiilor de agenți patogeni.

Procedura standard de curățare a vehiculelor de transport al gunoierului de grajd:

- După ce conținutul de biomasă a fost complet evacuat din cisternă, toate suprafețele interioare ale cisternei sunt clătite cu apă de robinet, până când apele reziduale devin complet limpezi.
- După ce cisterna este goală și clătită complet, toate suprafețele interioare sunt spălate cu o soluție de NaOH 0,2%, de cel puțin 200 litri în cazul unui tanc de dimensiuni mai mari, și de cel puțin 150 litri în cazul unuia de mici dimensiuni.
- După un interval de 2 minute, cisterna este pregătită pentru a fi reumplută cu biomasă digestată.
- În timpul dezinfectării, trebuie clătite toate zonele exterioare ale cisternei și ale vehiculului, în special roțile acestuia.



**Figura 9.1. Exemplu de procedură standard de curățare la Ribe biogas plant, Danemarca (AL SEADI, 2000)**

Suprafața pe care își desfășoară activitatea fabrica de biogaz trebuie separată în zone necontaminate și zone contaminate. Cele două zone trebuie păstrate strict separate. Spațiile de curățare a mijloacelor de transport, cisternelor de vidanjare, precum și cele destinate



decontaminării personalului fabricii trebuie, de asemenea, bine delimitate. Figura 9.1. prezintă un exemplu de procedură standard pentru curățarea vehiculelor utilizate pentru transportul biomasei, la Ribe Biogas Plant, Danemarca.

În scopul evitării deplasărilor fără încărcătură, cisternele de vidanșare trebuie să transporte gunoiul de grajd proaspăt de la ferme până la fabrica de biogaz și digestatul de la fabrica de biogaz către ferme. Pentru evitarea contaminării dintre gunoiul proaspăt și digestat, cisterna trebuie spălată după fiecare transport, în conformitate cu procedura descrisă mai sus. Contaminarea între ferme este împiedicată prin deservirea câte unei singure ferme și evitarea transporturilor între acestea.

## 10 Aspecte economice în cazul fabricilor de biogaz

### 10.1 Finanțarea proiectului pentru biogaz

Proiectele pentru biogaz necesită investiții de amploare. Din acest motiv, finanțarea acestora reprezintă unul dintre elementele-cheie în scopul asigurării viabilității lor. Schema de finanțare a proiectului unei fabrici de biogaz diferă în funcție de țară, însă, în general, sunt folosite împrumuturi pe termen lung, cu dobânzi mici. Împrumuturile obișnuite bazate pe ipotecă nu sunt utilizate în mod frecvent. Împrumuturile cu rată indexată anual sunt împrumuturi cu dobândă mică, ce asigură investitorul împotriva efectelor inflației printr-o reevaluare a datoriei neplătite, în funcție de rata inflației. Perioada de rambursare este mai mare de 20 de ani. Acest tip de împrumut s-a dovedit a fi cel mai potrivit în cazul fabricilor de biogaz, el satisfacând atât cerințele de maturitate îndelungată a creditului, cât și pe cele de dobândă și avans reduse. Dezavantajul unor astfel de împrumuturi este acela că sunt obținute prin vânzarea obișnuită de bonduri, la prețul pieței bursei de mărfuri, aceasta indicând existența unui risc de depreciere, lucru care poate induce un oarecare grad de incertitudine în faza inițială a planificării.

În țări precum Danemarca, proiectele pentru biogaz sunt finanțate prin intermediul împrumuturilor cu rată indexată anual, garantate de către municipalitate. Multe dintre proiectele mai vechi pentru biogaz au beneficiat, de asemenea, de subsidii guvernamentale suplimentare, acestea reprezentând până la 30% din costurile de investiție ale proiectului.

### 10.2 Predicții economice în cazul proiectelor pentru fabrici de biogaz

Candidații cei mai probabili pentru calitatea de antreprenor, care să implementeze cu succes proiecte pentru biogaz, sunt fermierii individuali, consorțiile de fermieri sau municipalitatea.

Succesul proiectului depinde de câțiva factori, care pot fi controlați și influențați printr-o serie de decizii strategice privitoare la:

- Costurile investiției.
- Costurile operaționale.

Alegerea celei mai potrivite tehnologii în raport cu mărimea investiției și a costurilor operaționale este foarte dificilă. În cazul în care doriți să finanțați o fabrică de biogaz, nu uitați să vă interesați de valoarea costurilor operaționale, cum sunt:

- Costurile operaționale ale CHP, inclusiv toate serviciile și piesele de schimb (valoare/kWh).
- Costurile totale de întreținere ale fabricii de biogaz (% din investiție/an).
- Necesarul propriu de energie electrică, inclusiv necesarul CHP (kWh/an).
- Numărul mediu de ore de lucru/zi ale personalului (întreținerea și alimentarea sistemului).

Succesul proiectului este, de asemenea, influențat și de către factori care nu pot fi controlați, precum:

- Termenii de stabilire a dobânzii.
- Accesul la rețelele de utilități și tarifele încasate pentru energia electrică livrată în rețea.
- Prețurile mondiale de piață ale materiilor prime (de exemplu, ale celor rezultate din culturi energetice).
- Competiția pentru materiile prime, provenită din alte sectoare de activitate.

Colectorii industriali de deșuri se confruntă cu problema asigurării materiilor prime pe termen lung. Aceasta poate constitui un impediment, din cauza faptului că piața reciclării materialelor este foarte competitivă, iar contractele semnate cu producătorii de deșuri sunt arareori valabile pe perioade mai mari de cinci ani.

Destul de frecvent, înainte ca o bancă să ofere finanțarea proiectului unei fabrici de biogaz, este necesară demonstrarea succesului economic pe termen lung al acestuia prin intermediul unui studiu/calcul de profitabilitate. Calculul este realizat, în general, în cursul planificării preliminare, de către o companie cu experiență în planificare/consultanță (vezi Capitolul 8.1), însă, în multe situații, în special în cazul unei fabrici de biogaz bazate pe o singură fermă, acest lucru poate să fie făcut chiar de către dezvoltatorul de proiect, cu două avantaje în consecință: pe de o parte, dezvoltatorii de proiect/partenerii sunt obligați, prin aceasta, să dobândească o cunoaștere aprofundată a diferitelor aspecte ale proiectului, iar, pe de altă parte, în cazul anulării acestuia, nu există angajarea unor costuri externe.

În cazul unei fabrici de biogaz pentru tratarea deșeurilor orășenești este recomandată mandatarea unei companii de consultanță cu experiență. Fabricile pentru tratarea deșeurilor sunt de o complexitate mult mai mare, atât în ceea ce privește manipularea materiilor prime și stabilitatea biologică a sistemului, cât și întregul plan al fabricii, comparativ cu fabricile bazate pe ferme agricole.

Pentru realizarea unui calcul specific de caz, în scopul efectuării predicțiilor de ordin economic, a fost elaborat un model de calcul (atașat sub formă de CD), care permite o estimare preliminară a costurilor, a dimensionării fabricii, include și un rezumat tehnic etc. Modelul de calcul, precum și indicații pentru utilizarea acestuia, sunt, de asemenea, disponibile pentru descărcare gratuită la adresa <http://www.big-east.eu>

### 10.2.1 Concluzii asupra predicțiilor economice în cazul proiectelor pentru fabrici de biogaz

Odată efectuat pre-calculul, prin utilizarea algoritmului Big>East, așa cum a fost recomandat în prezentul capitol, rezultatul reprezintă un model economic al proiectului.

După cum a fost descris mai sus, costurile operaționale, precum și costurile de investiții, pot fi influențate prin decizii strategice, spre exemplu, prin alegerea celei mai potrivite tehnologii. Astfel, în cazul în care costurile cu forța de muncă sunt mai reduse în țara dvs., poate deveni mai avantajoasă angajarea unui număr mai mare de lucrători, în locul efectuării unor cheltuieli mai mari în scopul automatizării fabricii.

În ceea ce privește profitul proiectului, acesta este dificil de influențat, de vreme ce tarifele încasate pentru energia electrică livrată în rețea sunt stabilite de către guvern. În cazul fabricilor pentru tratarea deșeurilor, taxele de poartă sunt stabilite de piață.

Pentru îmbunătățirea profitului există și alte posibilități, cum ar fi:

- Utilizarea/comercializarea căldurii produse.
- Comercializarea digestatului ca îngrășământ.

În cazul în care proiectul prezintă o rată de randament intern (IRR) mai mică de 9% este necesară reconsiderarea tuturor premiselor acestuia, fapt care trebuie urmat de îmbunătățirea unora dintre ele. Dacă rata IRR este mai mare de 9%, atunci premisele sunt corespunzătoare, iar proiectul merită continuat și trebuie trecut la următoarea fază a planificării. Este important de a se compara întotdeauna premisele cu realitatea imediată. Aceasta înseamnă obținerea unui punct de vedere realist asupra fabricii de biogaz însăși, asupra spațiului necesar, al fluxului de materiale utile, precum și asupra costului real al construcției.

Modelul de calcul este util pentru furnizarea informațiilor brute, necesare pentru impulsivizarea startului fazei propriu-zise de planificare. Pentru următorii pași ai proiectului, găsirea unui partener independent și de încredere este obligatorie (vezi pașii proiectului descriși în Capitolul 8.1).

## 11 Situația biogazului în România

### 11.1 Potențialul de biogaz al României

Oportunitatea dezvoltării producției de biogaz este în principal legată de disponibilitatea materiei prime necesare producției biogazului. Prin urmare, pentru estimarea potențialului de biogaz este necesară estimarea acestei disponibilități a diferitelor surse de materii prime ce pot fi supuse digestiei anaerobe, precum deșeurile organice și culturile energetice.

Scopul acestui studiu este identificarea zonelor cu cea mai mare densitate de asemenea surse, care pot fi considerate cele mai potrivite pentru dezvoltarea de instalații pentru biogaz. Pentru o mai bună evaluare a potențialelor locale, studii ulterioare vor îmbunătăți baza de date realizată, având în vedere fluctuațiile dinamicii sectoarelor economice, mai ales în cazul țărilor în tranziție precum România.

#### 11.1.1 Metodologia

Disponibilitatea și evaluarea resurselor naturale, regenerabile și neregenerabile, constituie probleme complexe, dintre acestea nefăcând excepție evaluarea biomasei pentru producția de energie. Rezultatele numeroaselor studii făcute în acest domeniu sunt strict dependente de obiectivele urmărite de respectivele studii, precum și de diferite presupuneri. Nici acest studiu nu face excepție și el având o serie de presupuneri și o serie de limite.

Pentru evaluarea disponibilității resurselor pentru producția biogazului este în primul rând necesară estimarea cantitativă a materiei reprezentate de deșeurile urbane și de cele rezultate din practicile agricole. Apoi trebuie evaluată cantitatea de materie ce poate fi recuperată din aceste deșeuri, având în vedere o serie de constrângeri tehnologice și de mediu asociate cu alți factori locali.

Datele utilizate sunt cele de management al terenului din monitoringul și informațiile raportate la instituțiile de statistică naționale și europene. Pe baza acestora au fost calculate: producțiile agricole și cele de reziduuri agricole asociate recoltelor medii anuale per hectar și au fost estimați coeficienții de generare a reziduurilor, sau estimarea lor pe baza cantității rezultate pe cap de animal în cazul practicilor zootehnice. Deșeurile urbane și nămolurile de la apele reziduale au fost estimate pe baza valorilor raportate pe cap de locuitor. În ceea ce privește culturile energetice, acestea au fost definite de consorțiul BiG>East, precum și producțiile acestora.

Ipoteza de bază a acestui studiu este că potențialul de biogaz este proporțional cu potențialul total de biomasă a zonei țintă. Din potențialul total (văzut ca biomasa totală) anumite categorii de de biomasă sunt mai potrivite pentru producția de biogaz decât altele și de asemenea diferite categorii de biomasă au disponibilitate diferită (în termeni cantitativi) și disponibilitate tehnologică diferită (în termenii accesului real la această biomasă ca materie primă pentru biogaz).

Pentru a nu isca confuzii: în acest studiu referirile la culturile energetice trebuie văzute ca biomasă totală produsă de terenul agricol și nu în sens strict cultură pentru producția de

energie. De fapt, toată biomasa produsă de zonele agricole este în fond valoare energetică, însemnând că poate reprezenta teoretic materie primă pentru producția de biogaz (sau altă energie produsă prin procesarea biomasei). Asta nu înseamnă că va fi realmente folosită pentru, sau să devină materie primă pentru producția de biogaz.

Modul de abordare în evaluarea potențialului materiei prime pentru biogaz este prezentat în figura 1.

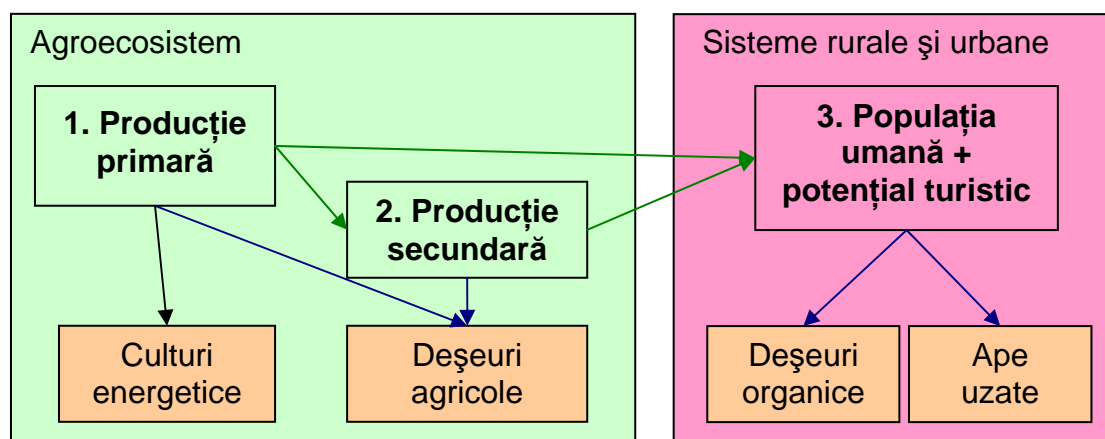


Figura 1. Mod de abordare a potențialului de materie primă

Colectarea și analiza datelor s-a realizat cu ajutorul unui sistem informatic integrat dezvoltat pe baza instrumentelor GIS (Geographical Information System), care permite să se evalueze structura și funcționarea sistemelor complexe, să reflecte distribuția spațială și să se identifice exact unitățile administrative cu potențial ridicat. Analiza datelor disponibile preluate de la EUROSTAT s-a realizat pentru unitățile teritoriale naționale (NUTS – National Territorial Units) de nivel II și III din metodologia GIS.

Datele de intrare preluate de la EUROSTAT au fost:

- Agricultură
  - Recolte
  - Producții
  - Suprafețe cultivate
  - Creșterea animalelor
  - Deșeuri animaliere
- Demografie (sisteme antropice rurale și urbane)
  - Populația umană
  - Potențialul turistic
- Evacuarea / tratarea deșeurilor
  - Deșeuri solide
  - Ape uzate

## 11.1.2 Evaluarea potențialului de biomasă în România

În figura 2. sunt prezentate unitățile teritoriale naționale de nivel II (NUTS II) în verde și de nivel III (NUTS III) în roșu.

### Analiza regională

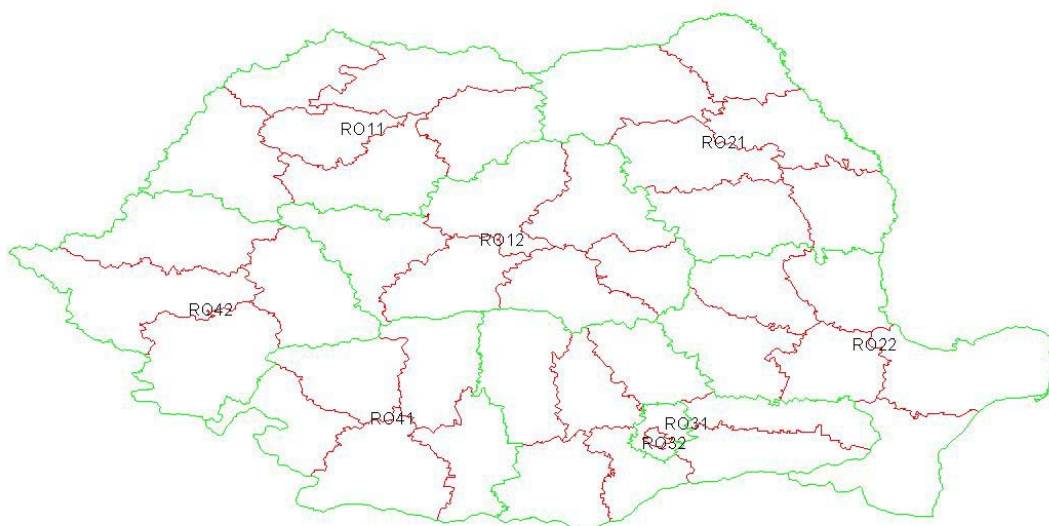
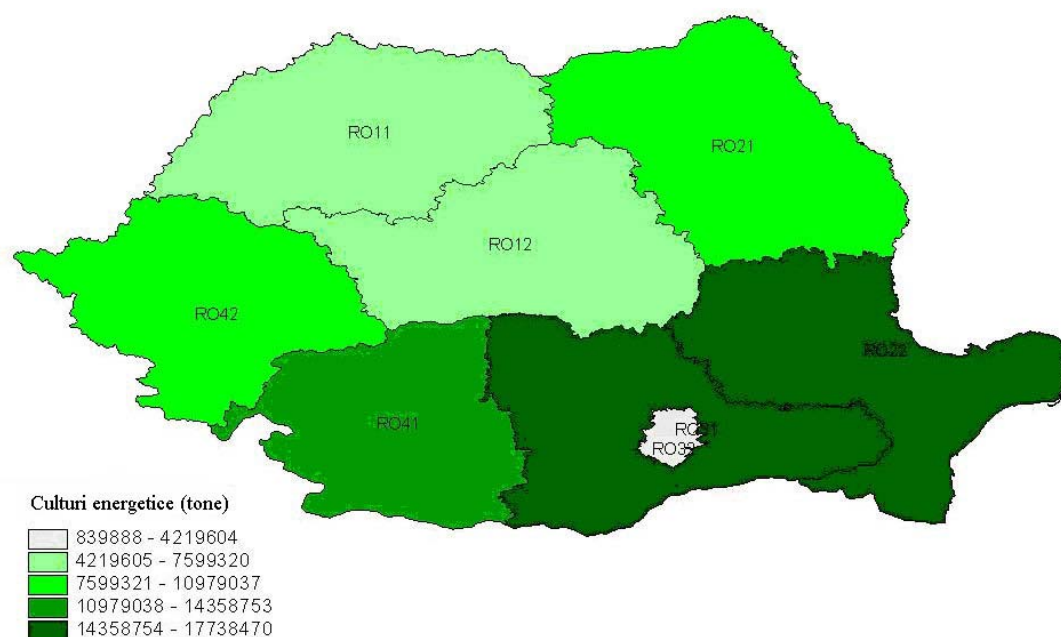


Figura 2. Regiunile NUTS analizate pe teritoriul României

### Potențialul pentru culturi energetice

România are un potențial considerabil pentru producția primară (inclusiv cea de culturi energetice) – figura 3.



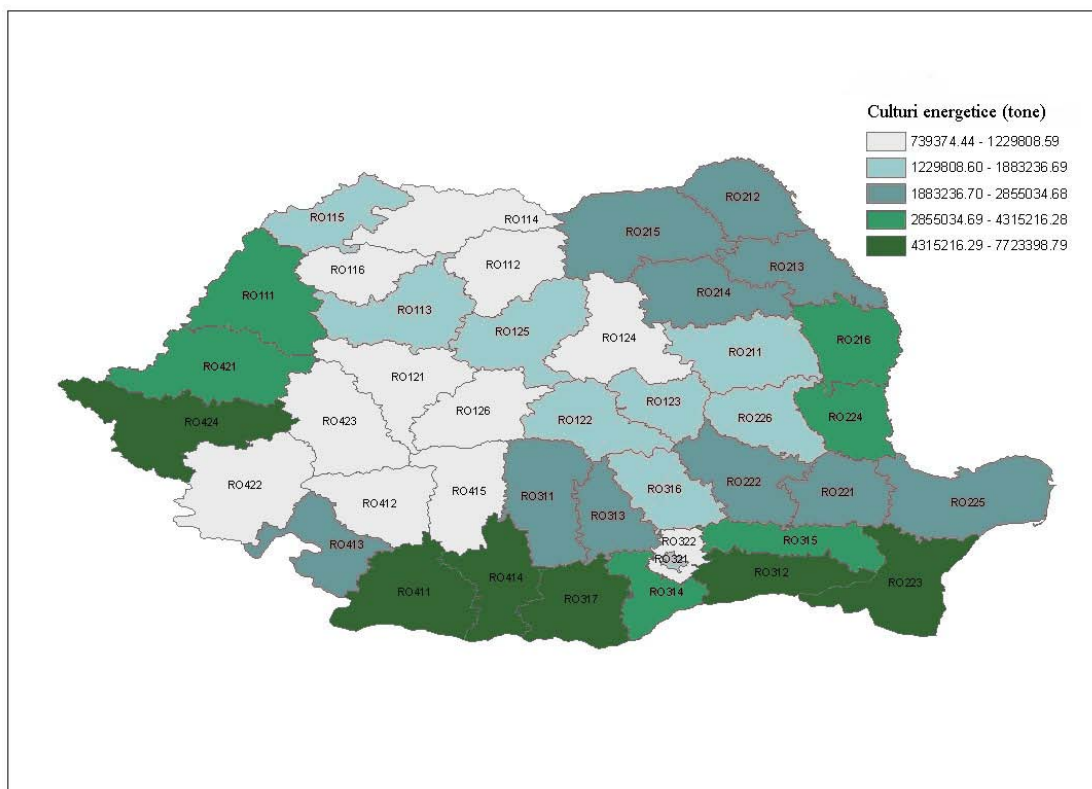


Figura 3. Producția de culturi energetice în România (NUTS II – sus, NUTS III – jos)

Se observă câteva zone potrivite pentru producție mare, în special în părțile de sud și sud-est ale țării, cu o producție medie (pentru întreaga suprafață a unității) de peste 17 mil tone. Alte zone pot contribui de asemenea substanțial la producția totală, iar pentru anumite culturi, cu un potențial chiar mai ridicat. Câmpia de Vest, împrejurul Timișoarei are un potențial ridicat pentru culturi energetice. Câmpiile din zonele de est, din jurul liniei dintre orașele Buzău și Focșani sunt pretabile culturii porumbului și prin urmare pentru producția de biogaz pe bază de culturi energetice.

### Deșeuri agricole

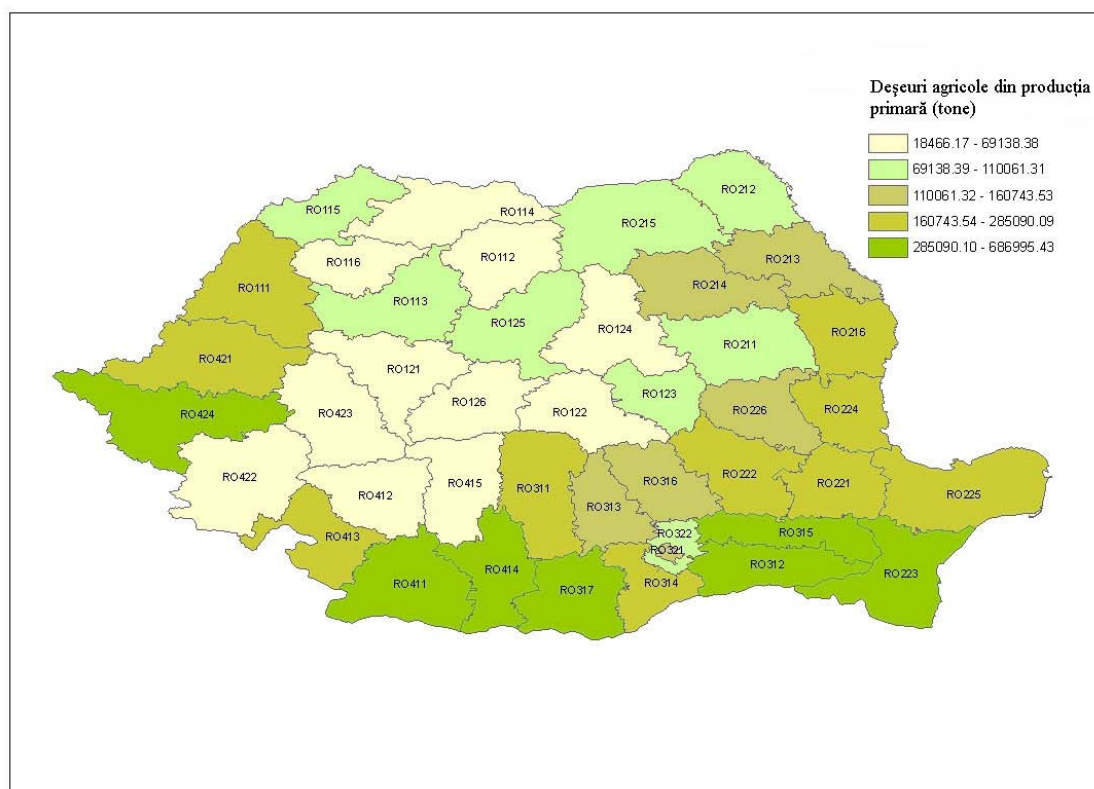
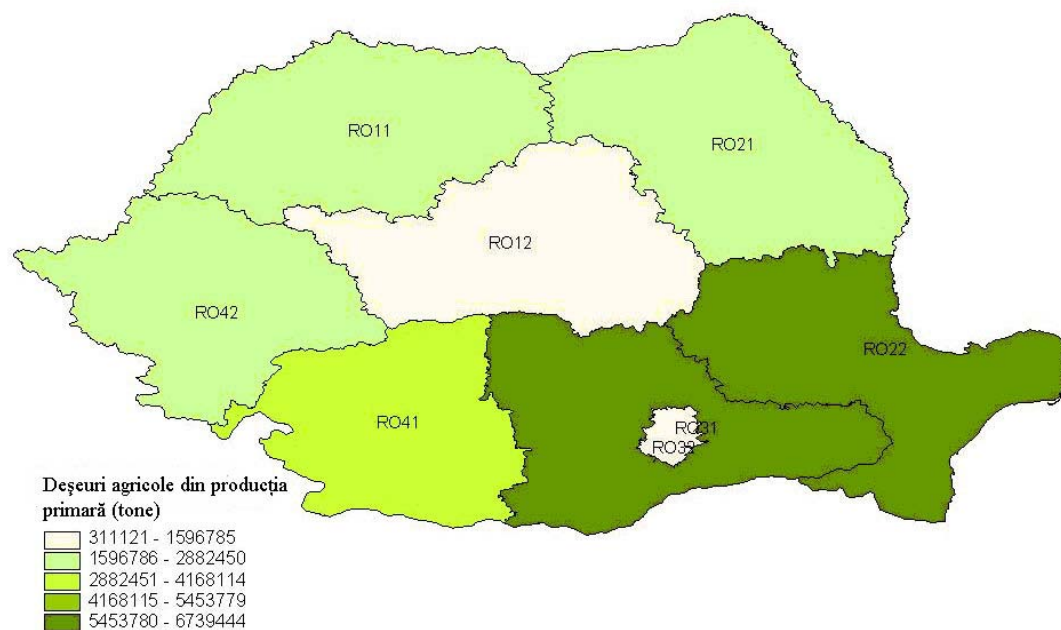


Figura 4. Deșeuri agricole din producția primară în România (NUTS II – sus, NUTS III – jos)

Se observă că aceleași zone cu producție primară energetică ridicată prezintă și o producție ridicată de deșeuri agricole. În ultimii ani capacitatea maximă de deșeuri agricole a fost în jur de 6 milioane tone pe an.



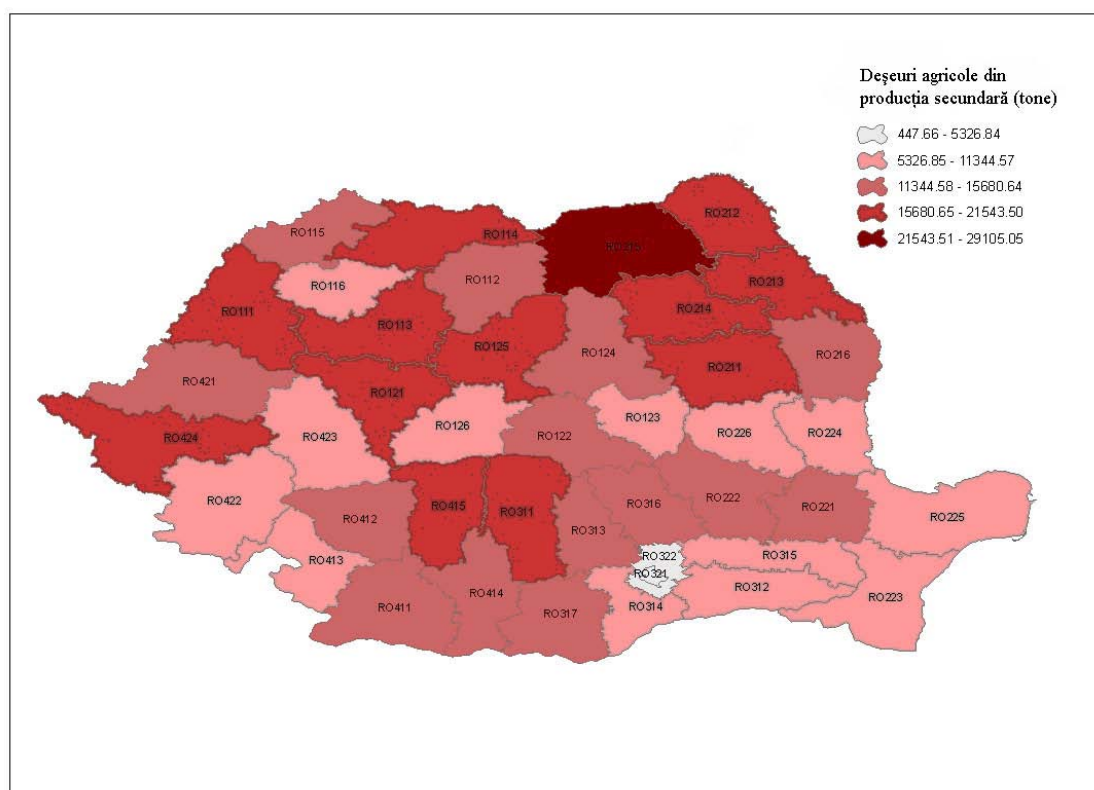
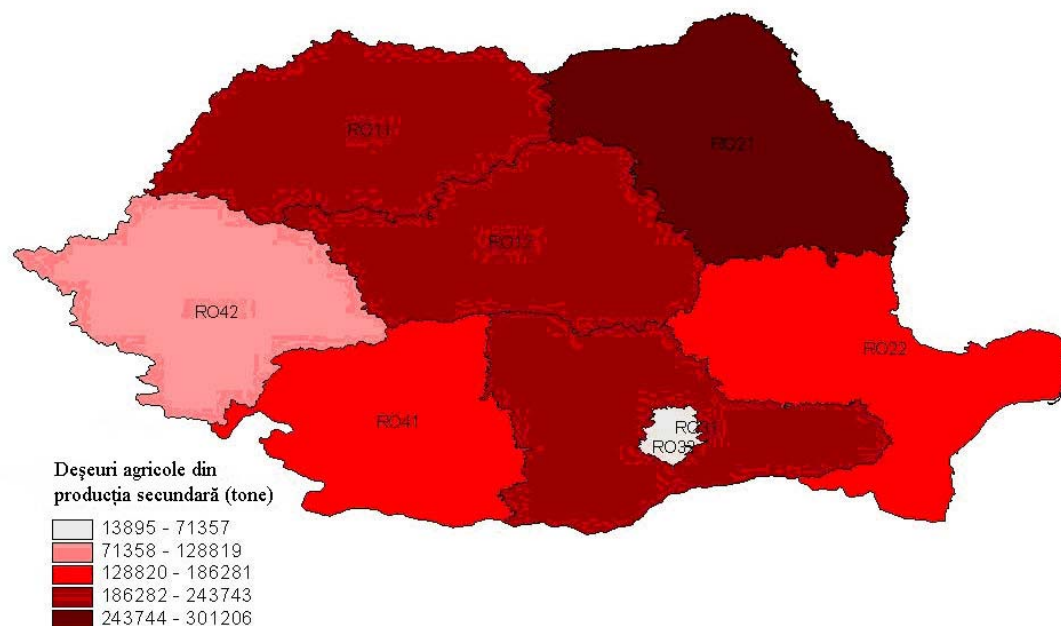


Figura 5. Deșeuri agricole din producția secundară în România (NUTS II – sus, NUTS III – jos)

Cele mai mari cantități de deșeuri rezultate din producția secundară sunt corespunzătoare părții de nord a României (RO21). Cel mai mare potențial îl are regiunea RO21 (cel mai bine reprezentată de RO215) din nord-estul României cu o producție totală în jur de 300000 tone pe an. Deasemenea sunt și alte regiuni cu potențial ridicat pentru biogaz.

### Deșeuri urbane

Aceeași regiune RO21 prezintă totodată și cea mai mare producție de deșeuri urbane din România, cu aproximativ 550000 tone pe an, în ultimii ani. Cu valori apropiate de aceasta sunt și regiunile RO31 și RO32 din apropierea orașului București. De fapt estimările evidențiază aglomerările urbane, ușor de observat în analiza NUTS III.

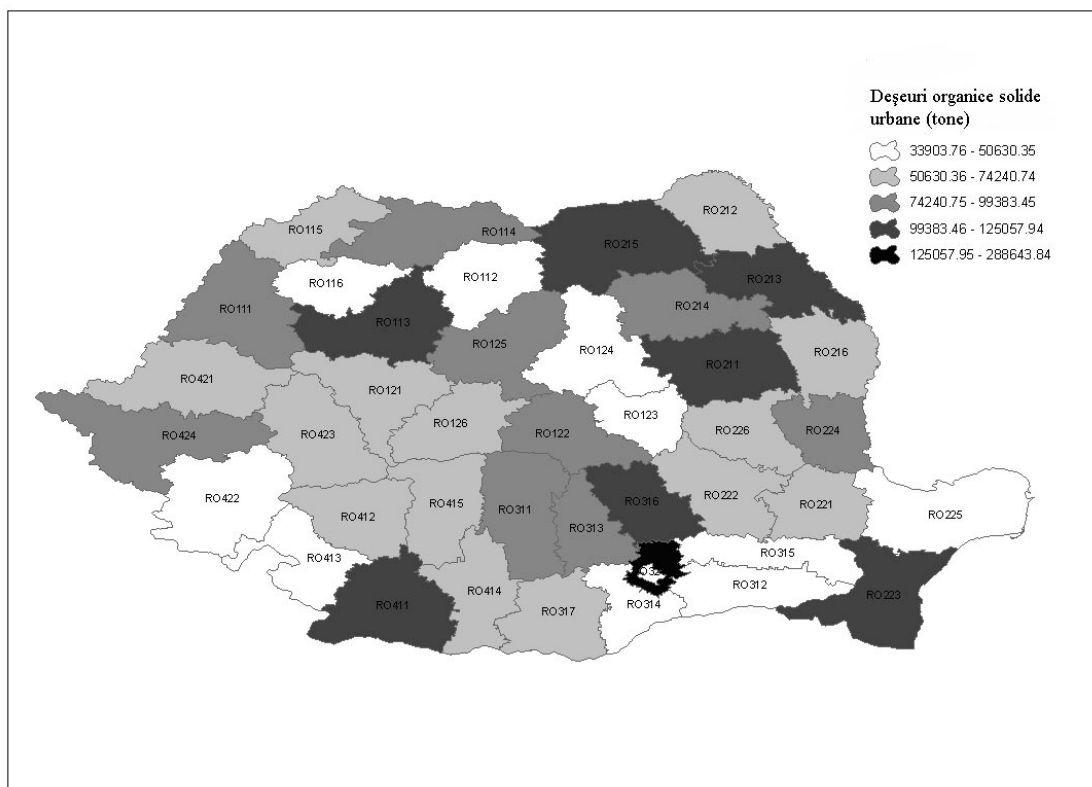
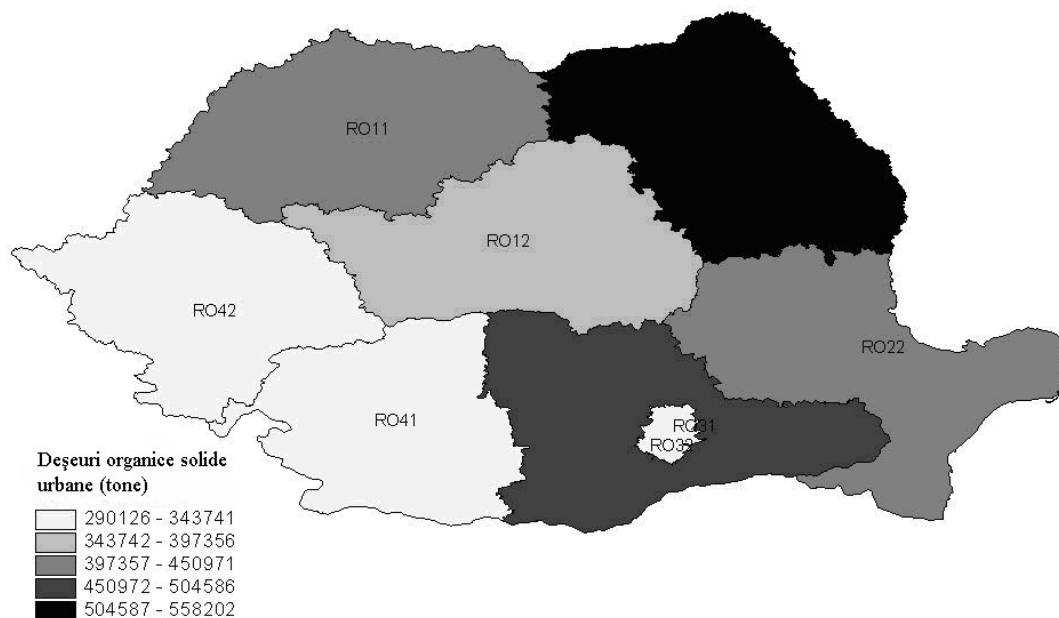


Figura 6. Deșeuri organice solide urbane în România (NUTS II – sus, NUTS III – jos)

Din nou observăm că două regiunii sunt cele mai importante din acest punct de vedere RO11 și RO21, cu producții de peste 1 milion tone pe an. Mai sunt și alte regiuni aproape la fel de importante ca acestea două. Zonele București, Brașov, Constanța, Iași, Cluj-Napoca și Craiova sunt de asemenea de avut în vedere.

### Nămoluri de canalizare

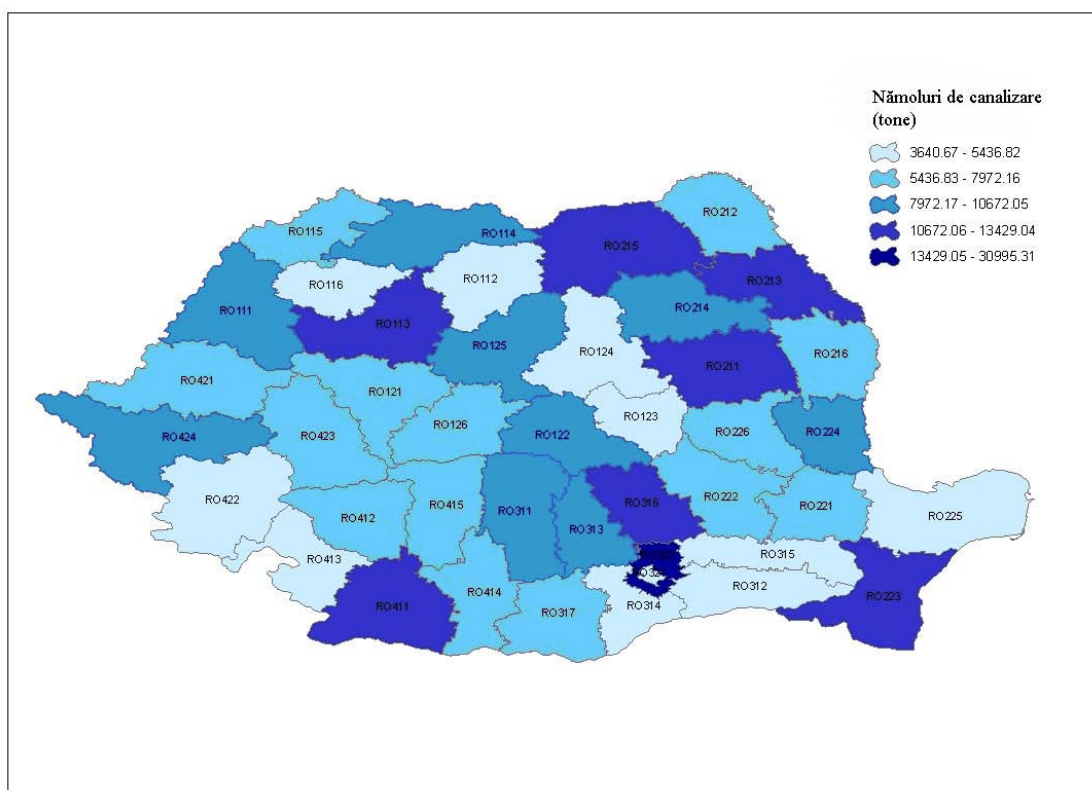
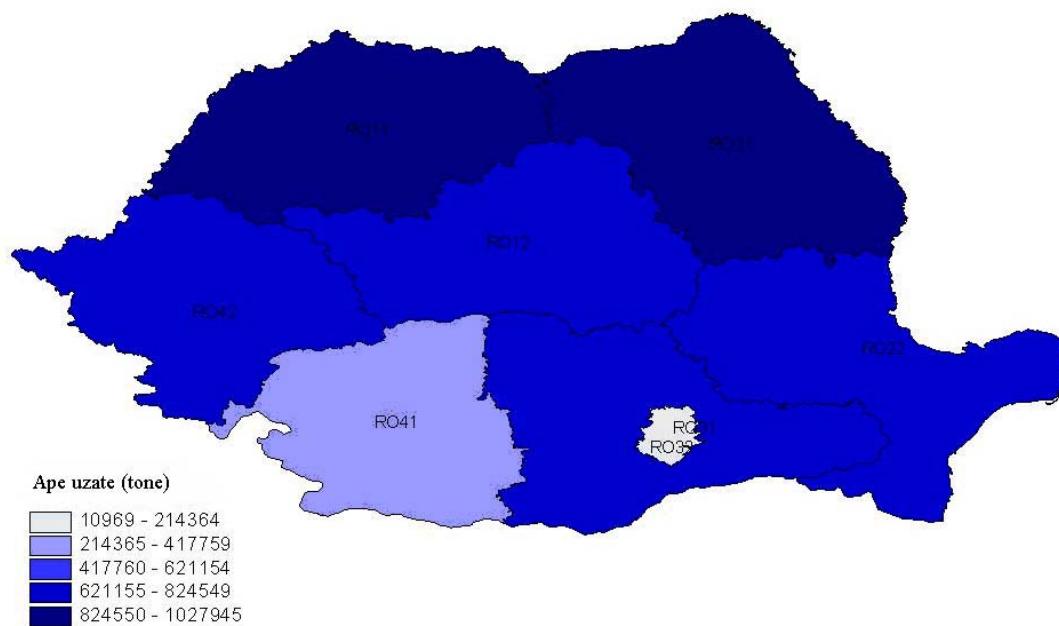


Figura 7. Nămoluri de canalizare urbane în România (NUTS II – sus, NUTS III – jos)

## Deșeuri din industria alimentară

În ceea ce privește deșeurile alimentare, sunt importante două regiuni, cu producție în jur de 150000 tone pe an.

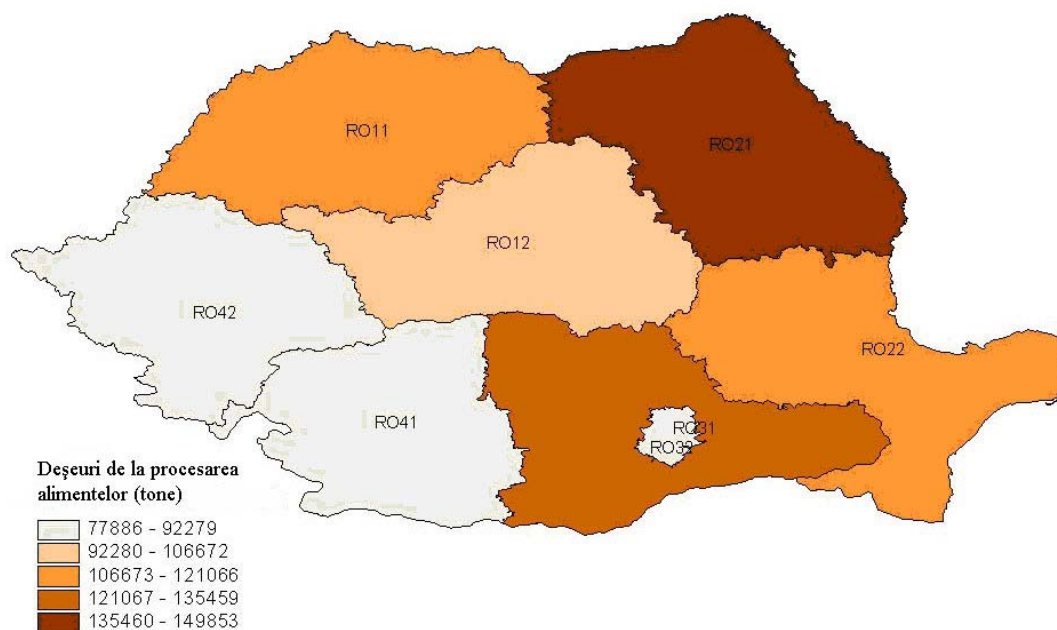


Figura 9. Deșeuri de la procesarea alimentelor în România

### 11.1.3 Potențialul de biogaz în România

În acest studiu a fost evaluat doar potențialul teoretic de biogaz, pe baza producției totale de biomasă. Au fost calculate producțiile totale ale culturilor vegetale considerate drept potențiale culturi energetice (porumb, rapiță, soia, floarea soarelui etc.). Bineînțeles că acesta nu este cazul real, însă el poate să ajute la identificarea locațiilor potențiale pentru amplasarea instalațiilor de biogaz, în zonele unde potențialul pentru culturi energetice este ridicat.

Oricum, este important să consemnăm că producția agricolă inclusiv în corelație cu modalitățile de industrializare / consum ale acesteia, generează cantități ridicate de materii organice care pot fi considerate deșeuri, mai mult, utilizarea acestora în producerea biogazului este viabilă și totodată un deziderat politic.

Prin urmare, o abordare mai realistă este cea bazată pe faptul că instalațiile de biogaz sunt dezvoltate în primul rând pentru utilizarea acestor materii organice, considerate deșeuri și mai puțin pe cea a culturilor energetice.

Cu relevanță pentru producerea biogazului, în acest studiu au fost identificate 6 categorii de materii organice:

Categorie	Descriere	Cod
1	culturi energetice	EC

2	deșeuri agricole	AWPP
3	deșeuri animaliere	AWSP
4	deșeuri din industria alimentară	FPW
5	deșeuri organice solide	SW
6	nămoluri de canalizare	WW

Tabelul 1. Categoriile de materii organice și codurile lor în analiză

Pentru fiecare clasă a fost calculată valoarea medie a producției de biogaz în metri cubi pe tona de materie organică (bazată pe date din literatură și pe cele deja disponibile din WP 6 ale proiectului Big-East). Acestea au permis calcularea producției totale de biogaz pentru fiecare regiune (NUT), pentru fiecare categorie de materie organică și apoi normalizarea rezultatelor pentru obținerea valorii producției de biogaz exprimată în metri cubi de biogaz pe hectar.



Figura 10. Producția potențială de boigaz în România

#### 11.1.4 Accesibilitatea / distribuția materiei prime pentru biogaz

După cum am văzut în capitolele anterioare biomasa provenită din agricultură poate constitui o sursă importantă de materie primă pentru producția de biogaz. Din acest punct de vedere România deține o suprafață agricolă utilizată de 13,9 milioane hectare, ce reprezintă aproximativ 60 % din totalul suprafeței țării. Pe această suprafață sunt distribuite mai mult de 4,3 milioane de ferme.

Este evident faptul că amplasarea unei instalații de biogaz presupune pe de o parte disponibilitatea materiilor prime utilizate, însă trebuie să ia în considerare și posibilitățile tehnice de aprovizionare, costurile pentru colectare și transport. Prin urmare, în cazul uzinelor de biogaz ce utilizează materie primă din agricultură sunt relevante: dimensiunea fermelor, tipul de proprietate, tipul de organizare.

Dimensiunea fermelor variază foarte mult, și este legată de tipul de proprietate. În România preponderent numeric, 99,5 % (4,28 milioane) aproximativ 45% din suprafață, sunt fermele familiale (cu proprietar individual), a căror suprafață variază de obicei între 1 și 20 hectare (mărimea medie calculată de 1,73 ha). Fermele mai mari de 50 hectare reprezintă numeric doar 0,5% și ocupă în jur de 55% din suprafața unităților administrativ-teritoriale și pot avea diverse tipuri de proprietate înregistrată juridic, de la societăți pe acțiuni (proprietari majoritari acționarii individuali) cu teren în arendă și regii autonome (proprietar majoritar statul), la diverse forme de asociații. Mărimea medie a acestor ferme este de 274 hectare.

Gradul de fragmentare este ridicat, datorită numărului mare de ferme de dimensiune mică, ceea ce pune dificultăți prin accesul limitat la biomasa potențială a acestora în ceea ce privește modalitățile tehnice de colectare. Pentru proiectele de biogaz, cele mai potrivite sunt fermele de peste 50 hectare (mai ales în cazul optării pentru utilizarea de culturi energetice), iar ca forme de proprietate, proprietarii individuali și asociațiile agricole pot constitui factori pozitivi în implementarea respectivelor proiecte, asocierea / agregarea viitoare a fermelor mici putând de asemenea constitui un factor favorizant.

În general fermele cu suprafață mai mică de 5 hectare sunt localizate în apropierea localităților rurale și în general sunt ferme mixte (culturi mixte – creșterea animalelor). După cum am spus, acestea au un potențial scăzut pentru biogaz, însă heterogenitatea producției oferă o gamă diversificată de materii prime care pot constitui un factor pozitiv în controlul proceselor, asigurând condițiile de heterogenitate cerute de procesele de co-digestie.

### 11.1.5 Concluzii

Pentru estimări a fost luată în calcul doar biomasa și de aceea trebuie luate în considerare o serie de limite / constrângeri. Aceste limite sunt datorate în primul rând faptului că datele folosite reprezintă doar disponibilitatea materiilor prime și nu reala utilizare a lor pentru producerea biogazului și nu ține cont de eventualele constrângeri tehnice, sociale și economice locale.

Prin urmare spectrul politic este cel care are rolul principal în eliminarea acestor constrângeri. De asemenea, pot fi considerate o serie de mecanisme de sprijin tehnico-material și financiar precum: tarifele pentru alimentarea cu bio-electricitate, subsidiile guvernamentale pentru investițiile în bio-energie, granturi și credite preferențiale de la fondurile de mediu și scutiri de impozit pentru investițiile în bio-energie. Pentru țările nou aderente la UE sprijinul vine și de la fondurile structurale ale UE.

Mai mult, bio-energia este văzută ca o soluție cheie pentru încurajarea dezvoltării durabile a zonelor rurale, care poate susține producția de bunuri ne-alimentare și cultivarea cu plante energetice și împădurirea terenurilor abandonate.

Din analiza rezultatelor se observă că România prezintă un potențial foarte ridicat în ceea ce privește generarea materialelor utilizabile ca materie primă pentru producția de biogaz:

- 1) prezintă un potențial foarte mare în ceea ce privește producția de biogaz prin utilizarea deșeurilor provenite de la producția primară;
- 2) potențialul pentru producția de biogaz din deșeuri animaliere este ceva mai scăzut;
- 3) potențialul pentru producția de biogaz din deșeuri urbane solide este de asemenea foarte ridicat;
- 4) foarte ridicat este și potențialul pentru biogaz obținut din nămolurile de canalizare;
- 5) ceva mai scăzut este potențialul pentru biogaz din deșeuri de la procesarea alimentelor.

În scopul atingerii cerințelor pentru dezvoltarea durabilă, se pot considera două categorii de biomasă ca fiind cele mai potrivite pentru a fi utilizate în special pentru producția de biogaz:

- A. deșeuri organice din agricultură – rezultate atât din producția primară cât și din cea secundară;
- B. alte reziduuri organice – deșeuri urbane, reziduuri de la industria alimentară și nămoluri de canalizare.

În ceea ce privește deșeurile provenite din agricultură, potențialul României este ridicat și în legătură cu diversitatea de tipuri de fermă, de la cele cu culturi permanente, la cele de plante de câmp și diverse tipuri de ferme animaliere și mixte, aceste ultime două tipuri având o pondere numerică semnificativă. Ponderea bună în schimb e contrabalansată de gradul de fragmentare ridicat. Însă, tendința de scădere a fragmentării fermelor prin agregare și arendarea terenului constituie un factor pozitiv pentru implementarea / dezvoltarea proiectelor pentru biogaz.

În cazul fermelor animaliere instalațiile de biogaz pot reprezenta totodată o soluție foarte avantajoasă pentru managementul deșeurilor. Bineînțeles că cele mai bune zone sunt cele cu un număr mare de capete și un număr mic de ferme, cum este cazul regiunii de sud-est a României.

Soluții pentru amplasarea uzinelor de biogaz:

- 1) în zonele de producție agricolă (din sudul și sud-estul țării) care să utilizeze potențialul generat de producția primară și de materii organice solide;
- 2) pentru zonele din nordul țării, ca materie primă pentru obținerea biogazului – nămolurile de canalizare.

## 11.2 Evaluarea politicilor naționale

### 11.2.1 Cadrul legislativ pentru energie regenerabilă

Ca exportator de energie, România beneficiază de avantajele producerii unei cantități mari de energie, din care o mare parte reprezintă hidro-energia (ținta de 33% propusă pentru 2010 în ceea ce privește sursele de energie regenerabilă – printre care și hidro-energia – deja este atinsă de România), restul utilizând arderea combustibililor fosili și energia nucleară. Bineînțeles că dezvoltarea sistemului energetic național nu scapă din vedere și alte surse de energie regenerabilă alternative, legislația în acest sens aliniindu-se celei a UE prin transpunerea dispozițiilor directivelor UE pentru sursele de energie regenerabilă (RES): 2001/77/CE (HG 958/2005) și 2003/30/CE (HG 1844/2005).

Legislația națională referitoare la energia regenerabilă cuprinde următoarele acte normative:

- legea nr. 199/2000 cu privire la utilizarea eficientă a energiei, amendată și completată de legea nr. 56/2006, care are ca scop crearea cadrului legal necesar pentru implementarea și dezvoltarea politicilor naționale pentru utilizarea eficientă a energiei;
- legea nr. 3/2001 care ratifică Protocolul de la Kyoto cu privire la Convenția Cadru a Națiunilor Unite pentru Schimbările Climatice. Conform acestui protocol, România se angajează să reducă nivelul emisiilor de gaze cu efect de seră cu 8% față de 1998, până în perioada dintre 2008 și 2012;
- hotărârea de guvern nr. 136/2004 cu privire la aprobarea Strategiei Naționale pentru Eficiența Energiei. Principalul obiectiv al acestei strategii este identificarea posibilităților și mijloacelor de creștere a eficienței energetice de-a lungul întregii rețele energetice, prin implementarea unor programe corespunzătoare;
- hotărârea de guvern nr. 1535/2003 cu privire la „Strategia de Promovare a Surselor de Energie Regenerabilă” și hotărârea de guvern nr. 443/10.04.2003 cu privire la promovarea și producerea de energie electrică din surse de energie regenerabilă. Această ultimă hotărâre de guvern a fost amendată de hotărârea de guvern nr. 958/2005 (care

transpune directiva 2001/77/EC) și crează cadrul legal pentru promovarea surselor de energie regenerabilă;

- directiva 2003/30/EC pentru promovarea utilizării bio-combustibililor și a altor combustibili regenerabili pentru transporturi, transpusă prin HG nr. 1844/2005;
- Legea Energiei (nr. 13/2007) – dispoziții generale pentru promovarea energiei regenerabile.

Actele normative prezentate mai sus au fost completate de întreaga legislație națională care transpune aquis-ul UE cu privire la eficiența energiei și la dezvoltarea instrumentelor de sprijin necesare pentru RES, inclusiv cronologia pentru implementare. Legislația națională specifică include reglementarea ANRE (Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei): 1) Procedura pentru certificarea producției prioritare; 2) Reglementarea pieței cu certificat verde (green certificate); 3) Reglementarea emiterii de garanții pentru origine; 4) Reglementarea etichetării energetice; 5) Procedurile pentru operatori de piață (pentru eliberarea de certificate verzi, și pentru organizarea pieței centralizate de certificate verzi).

### **Ținte pentru energia regenerabilă**

Conform noii Directive Cadru din 2009 propuse pentru RES, România va trebui să asigure până în 2020: o distribuție a energiei din RES de 24% din consumul total de energie electrică și 10% din consumul total de energie din transporturi, prin bio-combustibili.

Setul de indicatori țintă pentru electricitate din RES prevăzut în Directiva Europeană din 2001, prevedea ca România să atingă până în 2010 distribuirea de 33% energie din RES, din consumul de energia electrică brută și conform Directivei Europene pentru bio-combustibili din 2003, să atingă în 2010 un consum de 5,75% bio-combustibili, din totalul de combustibili pentru transporturi.

### **Cadru legislativ specific pentru biogaz**

Nu există legi specifice pentru producerea, utilizarea și transportul biogazului în România. Toată legislația cu privire la RES se aplică și în cazul biogazului.

## **11.2.2 Politică energetică și biogazul în România**

Tranziția socio-economică a României și mai ales integrarea ei în UE au determinat reformarea politicilor cu privire la energie în general și la energia din srse regenerabile (RES). În acest sens trebuie subliniate achizițiile importante în domeniu:

- crearea unor piețe separate pentru producerea, transportul și distribuția energiei;
- stabilirea operatorilor de piață;
- stabilirea operatorilor sistemelor de comercializare;
- cartografierea rețelei electrice;
- acordarea licențelor de distribuție / alimentare;
- înființarea și stabilirea sarcinilor și competențelor regulatorilor;
- crearea și consolidarea pieței certificatelor verzi;
- proiectarea și implementarea pieței pentru derivate energetice;
- privatizarea producătorilor și distribuitorilor.

Reglementările în vigoare se aplică atât pentru energia produsă din RES (eoliană, geotermală, hidro, din biomasă, a valurilor), cât și pentru cea produsă în uzine hibride (din surse



convenționale și RES). Pentru a beneficia de facilitățile conferite de lege, unitățile de producție care folosesc RES trebuie să obțină un certificat de garantare a originii, care să ateste proveniența electricității.

Strategia Națională pentru Energie, care integrează **Strategia pentru Valorificarea Surselor de Energie Regenerabilă**, a fixat pe baza estimărilor potențialului de energie din RES, prin negocierile din timpul aderării la UE, un sistem de cote verzi obligatorii ce trebuie atinse până în 2010 (33% din totalul energiei electrice să fie asigurat prin utilizarea RES) și sistemul de comercializare a certificatelor verzi. În acest sens, toți furnizorii de electricitate au obligația să achiziționeze energie din RES în cotele indicate de lege. Nerespectarea acestei cerințe implică aplicarea de penalități considerabile. Din păcate cota fixată pentru România nu este în concordanță cu situația reală, deoarece deja este exploatat la acest nivel potențialul hidrologic, dezavantajând din acest punct de vedere alte RES, printre care și biogazul.

Deși nu sunt prevăzute citări concrete, toate aceste prevederi se adresează și biogazului, ca alternativă ecologică de utilizare a RES, proiectele lansate în acest domeniu beneficiind de suporturile legislativ și financiar corespunzătoare. Mai mult, integrarea proiectelor de înființare / dezvoltare a uzinelor / instalațiilor de biogaz în proiectele locale / regionale de dezvoltare durabilă, în special a zonelor rurale, este o alternativă viabilă și totodată adecvată prin care se pot rezolva atât probleme energetice cât și de management al deșeurilor și diminuarea chimizării în agricultură prin utilizarea digestatului ca îngrășământ.

Cererea mare a României de combustibil, face să crească dependența de import de energie fosilă (în special din Rusia), ceea ce determină necesitatea accelerării procesului de dezvoltare a sectoarelor de producere a energiei din RES. Atâta timp cât potențialul de biomasă este foarte ridicat (prezentat în capitolul anterior) este de așteptat ca atât interesul, cât și investițiile în domeniul biogazului să crească, în special în mediul rural, pentru instalații de biogaz bazate pe materiile prime provenite din agricultură (atât din producția primară, cât și din cea secundară).

### 11.3 Bariere pentru implementarea / dezvoltarea proiectelor pentru biogaz în România

Deși preocupări pentru biogaz au existat în România încă dinainte de 1990, concretizate în înființarea a 5169 instalații de dimensiuni mici și medii și a 32 instalații de tip industrial la nivelul fermelor animaliere, administrate de stat, unicul proprietar de atunci, ele au pus accent doar pe valoarea energetică (producerea de energie termică) și pe execuția cu costuri cât mai mici, fără a ține cont de implicațiile complexe economice și ecologice ale acestora. Pe de altă parte, lipsa de interes și relativa reticență a populației locale (a cărei participare este esențială în contextul descentralizării actuale) pentru dezvoltarea de noi uzine de biogaz, se datorează și unei insuficiente informări cu privire la:

- cotele țintă în ceea ce privește energia din RES (33% din totalul energiei până în 2010) și producerea de energie din deșeuri (pentru care se stipulează că 50% din cantitatea totală de deșeuri să fie utilizată pentru producerea de energie);
- achiziția tehnologiilor pentru două variante „la modă” în România de producerea biogazului: a) prin recuperarea biogazului de la gropile de gunoi (mai bine cunoscute, deoarece sunt implicați administratori la nivel central și local), b) prin utilizarea deșeurilor organice agricole (necesară informarea fermierilor);
- dispozițiile UE (directiva 199/31/EC) și strategia națională pentru managementul deșeurilor, care propun reducerea cantității de deșeuri biodegradabile aruncate la

gropile de gunoi (acestea reprezentând o problemă, constituind în jur de 61% din deșeurile municipale), prin două tehnologii: a) compostarea (descompunerea aerobă) și b) descompunerea / digestia anaerobă (tratament mecanico-biologic) cu recuperarea biogazului rezultat. De notat faptul că strategia națională însăși este o **barieră**, întrucât pentru selecția celor două tipuri de tehnologii sunt stabilite criteriile care le dezavantajează pe cele din urmă (construcția instalațiilor de tratare mecanico-biologică: în zone urbane dense, cu procent mare de materie biodegradabilă, ce generează cantități de peste 100000 tone pe an).

### 11.3.1 Bariere ale pieței în implementarea programelor pentru biogaz

#### Piața energiei electrice

Deși pașii ceruți de liberalizarea pieței energiei electrice au fost parcurși din 1990 până în prezent, în România înființarea unei facilități pentru producerea și comercializarea energiei electrice întâmpină mari dificultăți prin lipsa unei reale transparențe și existența unor companii mari, dominante, pe de o parte, iar pe de alta, procedurile complicate și de durată pentru aprobarea / realizarea bransamentului ca furnizor la rețeaua electrică națională.

Introducerea certificatelor verzi ar trebui să asigure un avantaj pentru investitorii în energie din RES, însă Autoritatea de Reglementare pentru Energie eliberează anual certificate pentru companiile de energie în loc să le oblige să obțină certificate verzi, garantându-le acestora supremația.

Prețul pentru energia electrică furnizată este relativ ridicat, în special pentru consumatorii industriali, iar tendința de creștere este mai accentuată decât în Europa de Vest, chiar dacă nu ține cont de faptul că producția internă de energie variază anual și depinde de sursele utilizate. În ceea ce privește profiturile de la instalațiile de biogaz, nu există pe piața românească o evaluare a acestora.

#### Producția de biometan

Injecția biometanului în rețeaua de gaze naturale este o problemă de interes național și necesită aprobări la nivel de guvernamental, fiind necesară îndeplinirea standardelor de calitate (compoziție) cerute (există în România o singură instalație de biometan în lucru, pentru producerea de electricitate și căldură).

Din păcate certificatele verzi sunt destinate numai producerii de energie electrică, nu și injectării biometanului în rețeaua de gaze naturale, care nu beneficiază astfel de respectivul sprijin

Deși pași importanți au fost făcuți, este încă necesară dezvoltarea pieței pentru transportul și comercializarea combustibililor gazoși, la care și biometanul se va alătura (pentru a atinge cota țintă pentru 2020 de 10% din numărul total de autovehicule), însă cu limitele corespunzătoare privind calitatea.

### 11.3.2 Bariere financiare în implementarea proiectelor de biogaz

Datorită cheltuielilor inițiale mari implicate de proiectele RES, a perioadei mare de amortizare și a riscurilor mari din timpul derulării lor (cel puțin din punctul de vedere al consultanților financiari), aceste proiecte întâmpină dificultăți de finanțare de către bănci. De aceea, în multe cazuri este preferată implicarea guvernului sau sprijinul UE.

Există câteva posibilități pentru suportul financiar destinat implementării proiectelor de biogaz:

- 1) Finanțarea de către terți și/sau parteneritul public-privat în cofinanțare – un bun exemplu îl constituie proiectul pentru recuperarea biogazului de la groapa de gunoi, implementat în Focșani, parteneriet între compania privată deținătoare și primărie, cu sprijin financiar de la guvernul danez;
- 2) posibilitatea utilizării unor produse bancare specifice – unele bănci au creat asemenea instrumente de finanțare, care vizează utilizarea fondurilor structurale pentru proiectele RES;
- 3) posibilitatea accesării de sprijin financiar de la UE (fonduri structurale și de aderare) – măsura 123 din schema de finanțare XS13 pentru proiectele din agricultură se ocupă de proiectele pentru bio-combustibili, care asigură finanțarea pentru 50% din costurile eligibile ale proiectului, din care 80% de la UE și 20% de la Guvernul României – singura problemă este procedura relativ dificilă și cronofagă pentru accesarea acestor fonduri.

### **11.3.3 Bariere sociale în implementarea proiectelor de biogaz**

Lipsa de comunicare afectează foarte mult pe de o parte implicarea în proiecte de biogaz, comunitățile locale devenind interesate doar atunci când se pune în discuție rezolvarea unor probleme de mediu și, pe de altă parte modul în care sunt văzute astfel de proiecte.

### **11.3.4 Bariere juridice și administrative**

Abordarea sectorială atât la nivel legislativ cât și din punct de vedere administrativ are puternice efecte negative privind încadrarea domeniului biogazului, creând incoerențe pe aceste planuri prin necorelarea strategiilor corespunzătoare pentru mediu, energie, transporturi, ceea ce arată o lipsă de viziune în legătură cu aceste probleme complexe la nivelul politicilor de dezvoltare. Menționăm că nu există o strategie națională pentru biogaz și nici nu este menționat specific biogazul în strategiile care-l implică.

Aceasta face ca la nivel administrativ să fie solicitat un număr mare aprobări de la o serie de autorități ceea ce face managementul proiectelor dificil și cu mari cheltuieli de timp.

## Anexe

### Anexa 1. Glosar, unități de conversie și abrevieri

#### Glosar

Acid:	În mod tradițional, orice compus chimic care, la dizolvarea în apă, conferă soluției un pH mai mic de 7,0.
Acizi grași volatili (VFA):	Acizi produși de microorganisme în silozuri, din zaharuri, precum și din alte surse de carbohidrați. Prin definiție, acești acizi sunt volatili, adică se evaporă în aerul atmosferic, în funcție de temperatură. Ei reprezintă produșii primari de degradare în digestia anaerobă, înainte de producerea metanului.
Alimentare discontinuă:	Proces prin care reactorul este umplut cu materie primă în cantități discrete, și nu în mod continuu.
Amoniac:	Compus gazos format din hidrogen și azot, $\text{NH}_3$ , cu gust și miros înțepător.
Așchii:	Material lemnos, tăiat în plăci subțiri și de dimensiuni foarte mici. Așchiile sunt folosite drept materie primă în industria hârtiei și a plăcilor aglomerate sau ca biomasă combustibilă.
Bacterie anaerobă:	Microorganism care trăiește și se reproduce într-un mediu care nu conține oxigen liber sau dizolvat. Utilizate pentru digestie anaerobă.
Balanța energetică:	Cuantifică energia utilizată și produsă de către proces.
Bază:	În mod tradițional, orice compus chimic care, la dizolvarea în apă, conferă unei soluții o valoare de pH mai mare de 7,0.
Bioenergie (Sin.: Energia biomasei):	Energie utilă, regenerabilă, produsă din materie organică. Conversia în energie a carbohidraților din materia organică. Materia organică poate fi fie utilizată în mod direct, drept combustibil, fie procesată în lichide și gaze combustibile.
Biogaz:	Gaz combustibil, derivat din deșeuri biologice prin descompunere, în condiții anaerobe. Biogazul constă, în mod normal, din 50-60% metan.
Biomasă:	Materie organică disponibilă în mod regenerabil. Biomasa include reziduuri forestiere și de morărit, culturi și deșeuri agricole, lemn și deșeuri lemnoase, reziduuri de natură animală, gunoi de grajd, plante acvatice, arbori și alte plante cu creștere rapidă, reziduuri menajere și industriale.
Bioreactor (Sin. Digestor):	Dispozitiv folosit în scopul optimizării digestiei anaerobe a biomasei și/sau a gunoiului animal, biogazul rezultat din proces fiind captat și utilizat pentru producerea energiei.

Capacitate:	Puterea maximă pe care un sistem sau o mașină o poate produce sau suporta, în condiții de siguranță. Producția maximă instantanee de lucru util a unei resurse, în condiții specificate. Capacitatea generatoare a unui echipament este, în general, exprimată în kilowați sau megawați.
Capacitate instalată:	Capacitatea totală a generatoarelor de electricitate dintr-un sistem sau unitate de producere a energiei.
Căldură de procesare:	Căldura utilizată într-un proces industrial, spre deosebire de aceea folosită pentru încălzirea spațiilor sau pentru alte scopuri casnice.
Celulă de combustie:	Dispozitiv care convertește energia conținută într-un combustibil direct în electricitate și căldură, fără combustie (ardere).
Centrală electrică:	Facilitate care cuprinde motoare primare, generatoare electrice, precum și alte echipamente pentru producerea energiei electrice.
CertIFICATE RECs:	Documente comercializabile, doveditoare ale faptului că o anumită cantitate de energie electrică este generată din surse regenerabile. În mod obișnuit, un certificat reprezintă generarea a 1 Megawat oră (MWh) de electricitate.
CertIFICATE VERZI: (Sin. Energie regenerabilă)	vezi: Certificate RECs
Co-generare:	vezi: Generare combinată de căldură și electricitate (CHP)
Combustibili fosili:	Combustibili solizi, lichizi sau gazoși formați în sol în decursul a milioane de ani, prin modificarea chimică și fizică a reziduurilor de origine animală și vegetală, sub influența temperaturilor și presiunilor înalte. Petrolul brut, gazul natural și cărbunii reprezintă combustibili fosili.
Conversie biochimică:	Utilizarea proceselor biochimice în scopul producerii de combustibili și substanțe chimice din surse organice.
Culturi energetice dedicate (DEC):	Culturi crescute în mod special pentru valoarea lor combustibilă. Acestea includ culturile alimentare, cum sunt porumbul și trestia de zahăr, dar și culturi nealimentare, precum arborii de plop și meiul ( <i>Panicum virgatum</i> ). În prezent sunt dezvoltate două tipuri de culturi energetice: culturi lemnoase cu rotație rapidă, reprezentate de specii de arbori cu creștere rapidă, recoltați la o vârstă de 5-8 ani, și culturi ierboase energetice, reprezentate de plante ierboase perene, recoltate anual, după o perioadă inițială de așteptare de 2-3 ani, necesară atingerii productivității maxime.
Deșeuri orășenești solide (MSW):	Toate tipurile de deșeuri solide produse de către o comunitate (gospodăria și zone comerciale), care sunt, de regulă, colectate de către structuri ale administrației locale.
Digestat: (Sin. Reziduuri AD, biomasă digestată, gunoi digestat)	Efluentul tratat/digestat, provenit din procesul AD.

Digestie:	vezi: Digestie anaerobă
Digestie anaerobă (Sin.: Digestie, fermentare):	Proces microbiologic de descompunere a materiei organice, în absența completă a oxigenului, realizată prin acțiunea concertată a unei largi varietăți de microorganisme. Digestia anaerobă (AD) are drept rezultat doi produși finali principali: <i>biogazul</i> (un gaz constând dintr-un amestec de metan, dioxid de carbon și alte gaze, precum și urme ale unor elemente) și <i>digestatul</i> (substratul digestat). Procesul AD este comun multor medii naturale și este folosit, în prezent, pentru producerea biogazului în tancuri de reacție etanșe împotriva pătrunderii aerului atmosferic, cunoscute, în mod obișnuit, sub numele de digestoare.
Digestie anaerobă centralizată (CAD):	Furnizarea gunoiului animal, provenit din activitatea mai multor ferme de creștere a animalelor, către o fabrică centrală de biogaz, pentru a fi supus proceselor de co-digestie împreună cu alte tipuri de materie primă.
Digestie mezofilă:	Digestie anaerobă care are loc, în condiții optime, în intervalul de temperatură de 37-41°C sau la temperatura ambientală, între 20-45°C, interval în care microorganismele predominante sunt cele mezofile.
Digestie termofilă:	Digestie anaerobă care are loc, în condiții optime, în intervalul de temperatură de 50-52°C, și, de asemenea, și la temperaturi mai ridicate, de până la 70°C, condiții în care microorganismele termofile sunt principalele organisme (bacterii) prezente.
Echivalent baril de petrol (boe):	Cantitatea de energie conținută într-un baril de petrol brut, adică aproximativ 6,1 GJ, echivalentul a 1.700 kWh. Un baril de petrol ("petroleum barrel") este măsura, în lichid, egală cu 42 galoane U.S. (35 galoane Imperiale sau 159 litri); aproximativ 7,2 barili reprezintă echivalentul unei tone metrice de petrol.
Echivalent CO <sub>2</sub> :	Unitate folosită pentru standardizarea măsurătorilor. De exemplu, tonă pe tonă, metanul este un gaz cu efect de seră de 21 de ori mai puternic decât dioxidul de carbon, în ceea ce privește efectul de seră la nivel planetar. Astfel, o tonă de metan reprezintă echivalentul a 21 de tone de CO <sub>2</sub> .
Echivalent petrol:	Tona echivalentă de petrol (toe) reprezintă o unitate de energie: cantitatea de energie eliberată prin arderea unei tone de petrol brut, adică aproximativ 42 GJ.
Eficiență de transfer a căldurii:	Cantitatea de căldură utilă eliberată din focar.
Efect de seră:	Efect provocat de anumite gaze prezente în atmosferă, care determină acumularea căldurii provenite din radiația solară.
Efluent:	Lichid sau gaz evacuat dintr-un reactor chimic sau de procesare, care, de obicei, conține digestatul provenit din acel proces.

Emisii:	Vapori sau gaze evacuate pe coșuri de fum sau pe țevi de eșapament, provenite fie din interiorul fabricilor, fie ajunse în atmosferă direct din incendierea puțurilor de petrol, arderilor gropilor de gunoi, descompunerii vegetației sau din alte surse. Emisiile includ dioxid de carbon, metan și oxid de azot, substanțe care provoacă cea mai mare parte a efectului global de seră.
Energie regenerabilă:	<i>vezi:</i> Bioenergie
Fermentare:	<i>vezi:</i> Digestie anaerobă
Fotosinteză:	Proces prin care celulele care conțin clorofilă ale plantelor verzi convertesc energia luminoasă incidentă în energie chimică, captând, în cursul procesului, dioxidul de carbon atmosferic sub formă de carbohidrați.
Gaz cu efect de seră (GHG):	Gaz care determină acumularea căldurii provenite din radiația solară în atmosfera planetei, producând astfel efectul de seră. Cele două gaze principale cu efect de seră sunt vaporii de apă și dioxidul de carbon. Alte gaze cu efect de seră includ metanul, ozonul, clorofluorocarbonații și oxidul de azot.
Gazeificare:	Proces prin care un combustibil solid este convertit într-un gaz; este cunoscută și sub denumirea de distilare pirolitică sau piroliză.
Generare combinată de căldură și electricitate (CHP) (Sin. Co-generare):	Producerea secvențială de electricitate și energie termică utilă dintr-o sursă comună de combustibil. Căldura suplimentară rezultată în urma proceselor industriale este recuperată și utilizată pentru alimentarea unui generator electric (bottom cycle). Reciproc, căldura aflată în surplus, provenită dintr-o centrală de producere a energiei electrice, poate fi folosită pentru procesele industriale, sau pentru încălzirea diferitelor spații sau a apei menajere (topping cycle).
Generare netă:	Energia brută generată minus energia consumată de către unitatea producătoare de energie pentru uz propriu.
Generator:	Dispozitiv pentru conversia energiei mecanice în energie electrică.
Gigawat (GW):	Măsură a capacității electrice, egală cu 1 miliard de wați sau 1 milion de kilowați.
Încălzire globală:	Încălzire graduală a atmosferei planetei, provocată de arderea combustibililor fosili și de emisiile industriale poluante.
Joule (J):	Unitate metrică de măsură a energiei, echivalentă cu lucrul mecanic efectuat de către o forță de un Newton, aplicată pe o distanță de un metru ( $= 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$ ). Un joule (J) = 0,239 calorii (1 calorie = 4,187 J).
Kilovolt (kV):	1.000 volți. Valoarea forței electrice prezente într-o linie de transport a energiei electrice de înaltă tensiune este măsurată în kilovolți.
Kilowat (kW):	Măsură a puterii electrice egală cu 1.000 wați. 1 kW = 3,413 Btu/h = 1,341 CP.

Kilowat-oră (kWh):	Cea mai comună unitate de măsură a cantității de energie electrică consumată în timp. Ea semnifică un kilowat de electricitate furnizat pe durata unei ore.
Materie primă:	Orice material care poate fi convertit la altă formă sau produs.
Materii solide volatile (VS):	Materiile solide cuprinse în apă sau în alte lichide, care sunt pierdute prin incinerarea materiilor solide uscate la 550°C.
Metan (CH <sub>4</sub> ):	Gaz inflamabil, exploziv, incolor, inodor și insipid, ușor solubil în apă și solubil în alcool și eter; temperatura de fierbere este -161,6°C, iar cea de îngheț -182,5°C. Ia naștere în zone mlăștinoase, prin descompunerea substanțelor organice, și constituie un pericol major de explozie în subteran. Metanul este constituentul principal (până la 97%) al gazului natural, și este utilizat ca materie primă în industria petrochimică și drept combustibil.
Microturbină:	Turbină de combustie de dimensiuni reduse, cu o putere de ieșire de 25-500 kW. Microturbinele sunt compuse dintr-un compresor, un dispozitiv de combustie, o turbină, un alternator, un recuperator și un generator. În raport cu alte tehnologii pentru generarea energiei la scară mică, microturbinele oferă o serie de avantaje, dintre care amintim: număr redus de piese mobile, dimensiune compactă, greutate redusă, eficiență înaltă, emisii scăzute, costuri reduse ale energiei electrice produse, potențial pentru producția de serie cu costuri reduse, precum și oportunitatea folosirii deșeurilor drept combustibil.
Mini-rețea:	Sistem local integrat de generare, transmisie și distribuție a energiei, deservind numeroși consumatori.
Nămoluri:	Bio-solide separate din lichide în cursul procesării. Pot să conțină apă până la 97% din volum.
Necesar biologic de oxigen (BOD):	Procedură chimică pentru determinarea vitezei de utilizare a oxigenului de către organismele biologice într-un mediu acvatic determinat.
Particule de cenușă:	Mici particule de cenușă purtate în suspensie, în producții de combustie.
pH:	Expresia intensității caracterului alcalin sau acid al apei. Valorile de pH sunt cuprinse între 0-14, unde 0 reprezintă caracterul cel mai acid, iar 14 pe cel mai alcalin, în timp ce valoarea 7 indică un mediu neutru.
Presiune de operare:	Presiunea în sistemul gazului sau în digester, în cursul operării acestuia.
Putere:	Cantitatea de lucru efectuat pe unitatea de timp, sau cantitatea de energie transferată pe unitatea de timp.
Resurse regenerabile:	Resurse energetice regenerabile în mod natural, însă cu flux limitat. Acestea sunt, practic, infinite cantitativ și ca durată, însă limitate în ceea ce privește cantitatea de energie disponibilă pe unitatea de timp. Unele astfel de resurse (precum cea geotermală și biomasa) pot fi limitate, în sensul că stocurile sunt consumate prin utilizare, dar la scara deceniilor sau secolelor, acestea pot fi reîmprospătate. Resursele energetice regenerabile includ: biomasa, energia hidro, energia



	<p>geotermală, solară și cea eoliană. În viitor, în această categorie pot fi incluse și energia termică oceanică, cea a valurilor și mareelor, ce pot fi folosite cu ajutorul unor tehnologii adecvate. Aplicațiile de utilitate practică a resurselor energetice regenerabile cuprind: generarea de energie electrică brută, generarea locală de electricitate, generarea de electricitate în scopul distribuției, generarea de energie fără conectare la rețea, precum și tehnologii de eficientizare energetică (de reducere a cererii).</p>
Rețea:	<p>Sistem de transmitere și distribuție a energiei electrice de către companiile de transport a energiei electrice, prin intermediul cărora uzinele producătoare de energie electrică sunt legate de clienți prin linii de foarte înaltă tensiune (110 kilovolți [kV]-765kV), linii primare de înaltă tensiune pentru uz industrial și pentru sistemele de transport în comun (23kV-138kV), linii primare de medie tensiune pentru uz comercial și industrial (4kV-35kV) și linii secundare pentru uz comercial și casnic (120V-480V). Termenul de rețea se poate referi, de asemenea, și la sistemul de distribuție a gazelor într-o localitate, unde conductele sunt amplasate pe ambele sensuri ale străzilor și conectate la intersecții.</p>
Scara-pilot:	<p>Dimensiunile unui sistem situate între cele ale unui model la scară redusă, de laborator (scară de probă), și cele ale unui sistem la scară reală.</p>
Schimbător de căldură:	<p>Dispozitiv construit în scopul realizării unui transfer eficient al căldurii de la un fluid către altul, fie în cazul în care acestea sunt separate de către un perete solid, care să împiedice amestecarea, fie în cazul în care fluidele sunt în contact direct.</p>
Sistem de rețea:	<p>Sistem al liniilor de transmitere a energiei care conectează uzinele producătoare de energie și consumatorii, pe o zonă foarte întinsă.</p>
Substrat:	<p><i>vezi:</i> Biomasă</p>
Sustenabil:	<p>Stare a unui ecosistem în care biodiversitatea, regenerabilitatea și productivitatea în resurse sunt stabile pe tot parcursul timpului.</p>
Total materii solide (Sin. Solide uscate):	<p>Reziduuri rămase în urma evaporării apei din reziduurile umede, care sunt uscate, astfel, sub influența căldurii.</p>
Turbină:	<p>Mașină de conversie a energiei termice a aburului sau gazului la temperatură ridicată în energie mecanică. Într-o turbină, un curent de abur sau gaz de mare viteză este trecut printr-un sistem de lame, așezate în rânduri radiale succesive, pe un arbore central.</p>
Turbină de gaz (sin. Turbină de combustie):	<p>Turbină care convertește energia gazelor fierbinți, comprimate, (produse prin arderea combustibilului într-un curent de aer comprimat) în energie mecanică. Combustibilul utilizat în mod normal este reprezentat de gazul natural sau de petrolul combustibil.</p>
Valoare calorică:	<p>Cantitatea maximă de energie disponibilă în urma arderii unei substanțe.</p>

- Volt:** Unitate de presiune electrică. Aceasta măsoară forța de presiune a electricității. Voltul reprezintă presiunea electrică, corespunzătoare presiunii apei dintr-o conductă. Voltul este unitatea forței electromotoare, sau presiunea electrică, analogă presiunii apei într-o incintă, în  $\text{kg/m}^2$ . Ea reprezintă forța electromotoare care, aplicată în mod constant unui circuit cu o rezistență de un ohm, va produce un curent electric de un amper.
- Wat (W):** Unitate standard de măsură (în sistemul SI) pentru rata cu care este consumată energia de către un echipament sau rata cu care energia este transferată de la o locație la alta. Reprezintă, de asemenea, unitatea standard de măsură a puterii electrice. Termenul 'kW' desemnează "kilowat", sau 1.000 wați. Termenul 'MW' desemnează "Megawat" sau 1.000.000 wați.

## Unități de conversie

Kilowat (kW)	= 1.000 Wați
Megawat (MW)	= 1.000 kW
Gigawat (GW)	= 1 milion kW
Terawat (TW)	= 1 mie de milioane kW
1 Joule (J)	= 1 Wat secundă = $278 \times 10^{-6}$ Wh
1Wh	= 3.600 J
1 calorie	= 4,18 J
1 Unitate termică britanică (BTU)	= 1.055 J
1 metru cub (m <sup>3</sup> )	= 1.000 litri (L)
1 bar	= 100.000 pascali (Pa)
1 milibar	= 100 Pa
1 psi	= 6.894,76 Pa
1 torr	= 133,32 Pa
1 milimetru de mercur (0°C)	= 133,32 Pa
1 hectopascal (hPa)	= 100 Pa

## Abrevieri

AD	– Digestie anaerobă ( <i>Anaerobic digestion</i> )
BOD	– Necesari biologici de oxigen ( <i>Biological oxygen demand</i> )
CHP	– Co-generare energetică ( <i>Combined heat and power</i> )
C:N	– Raport carbon/azot
COD	– Necesari chimici de oxigen ( <i>Chemical oxygen demand</i> )
DEC	– Culturi energetice dedicate ( <i>Dedicated energy crops</i> )
DM	– Conținut de substanță uscată ( <i>Dry matter</i> )
FF	– Materie primă proaspătă ( <i>Fresh feedstock</i> )
GHG	– Gaze cu efect de seră ( <i>Greenhouse gases</i> )
HRT	– Timp de retenție hidraulică ( <i>Hydraulic retention time</i> )
MGRT	– Timp de retenție hidraulică minim garantat ( <i>Minimum guaranteed retention time</i> )
kWh	– Kilowat oră
kWh <sub>el</sub>	– Kilowat oră electric
oDM	– Frația organică a substanței uscate ( <i>Organic fraction of dry matter</i> )
ppm	– Părți per milion (1ppm = 0,0001%)
RD&D	– Cercetare-dezvoltare și demonstrare ( <i>Research development and demonstration</i> )
TLV	– Valoarea limită de prag ( <i>Threshold limit value</i> )
TS	– Total materii solide ( <i>Total solids</i> )
VFA	– Acizi grași volatili ( <i>Volatile fatty acids</i> )
VS	– Materii solide volatile ( <i>Volatile solids</i> )
N-P	– Azot și fosfor
NPK	– Azot, fosfor și potasiu

## Anexa 2. Bibliografie

**Agapitidis I. and Zafiridis C.** (2006). 'Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives'. 2<sup>nd</sup> International Conference of the Hellenic Solid Waste Management Association.

**Al Seadi, T.:** Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency, Task 24- Energy from Biological Conversion of Organic Waste. Published by IEA Bioenergy and AEA Technology Environment, Oxfordshire, United Kingdom, 2001.

**Amon, T.; et al.:** Optimierung der Methanerzeugung aus Energiepflanzen mit dem Methanenergiewertsystem Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2006.

**Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Moitzi, G.; Buga, S.; Lyson, D. F.; Hackl, E.; Jeremic, D.; Zollitsch, W.; Pötsch, E.:** Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Published by Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien, Austria, 2003

**Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Schreiner, M.:** Untersuchungen zur Wirkung von Rohglycerin aus der Biodieselerzeugung als leistungssteigerndes Zusatzmittel zur Biogaserzeugung aus Silomais, Körnermais, Rapspresskuchen und Schweinegülle. Published by Südsteirische Energie- und Eiweißerzeugung Reg.Gen.m.b.H., Mureck, Austria, 2004

**Amon, T.; Machmüller, A.; Kryvoruchko, V.; Milovanovic, D.; Hrbek, R.; Eder, M. W.; Stürmer, B.:** Optimierung der Methanausbeute aus Zuckerrüben, Silomais, Körnermais, Sonnenblumen, Ackerfutter, Getreide, Wirtschaftsdünger und Rohglycerin unter den Standortbedingungen der Steiermark. Published by Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in collaboration with Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Wien, Graz, Austria, 2007

**Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit:** Technische Grundlage für die Beurteilung von Biogasanlagen. Published by Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, Austria, 2007

**Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (STMUGV)** (2004) Biogashandbuch Bayern. - [www.ustmugv.bayern.de](http://www.ustmugv.bayern.de)

**Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)** (2007) Biogashandbuch Bayern - Materialband. - <http://www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformationen/biogashandbuch/index.htm>

**Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe** (2006) Handreichung Biogasgewinnung und – Nutzung. – 3. überarbeitete Auflage; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe edt.; ISBN 3-00-014333-5

**Rutz D., Janssen R., Epp C., Helm P., Grmek M., Agrinz G., Prassl H., Sioulas K., Dzene I., Ivanov I., Dimitrova D., Georgiev K., Kulisic B., Finsterwalder T., Köttner**

**M., Volk S., Kolev N., Garvanska S., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Al Seadi T.** (2008) The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-technical Activities. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; Valencia, Spain; ISBN 978-88-89407-58-1

**Hornbachner, D.; Hutter, G.; Moor, D.:** Biogas-Netzeinspeisung – Rechtliche, wirtschaftliche und technische Voraussetzungen in Österreich. Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2005

**Kirchmeyr, F.; Kraus, J.:** Mit Biogas in das Erdgasnetz – Erste ö. Biogasaufbereitungs- und Einspeisungsanlage in Pucking. Published by ARGE Kompost & Biogas Österreich in collaboration with erdgas OÖ, Linz, Austria, 2005

**Krachler, M. M.; Dissemond, H.; Walla, C.:** BIOGAS - eine ökologische, volks- und betriebswirtschaftliche Analyse. Published by NÖ Landesakademie Bereich Umwelt und Energie, St. Pölten, Austria, 2003

**Landes EnergieVerein Steiermark:** Bauherrnmappe Biogas  
Published by LandesEnergieVerein Steiermark, Graz, Austria, 2003

**Metcalf and Eddy, Inc.:** Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal, McGraw-Hill, New York, 1979.

**Padinger, R.; Stiglbrunner, R.; Berghold, H.; Roschitz, C.; Kleinhappl, M.; Stutterecker, W.; Kirchmayr, R.:** Biogas Pilotanlage - Teilprojekt 1 - Stoffstromanalyse im Rahmen großtechnischer Versuche sowie quantitative und qualitative Bewertung der Einsatzstoffe. Published by Joanneum Research - Institut für Energieforschung, Graz, Austria, 2006

**Petz, W.:** Auswirkungen von Biogaskülldüngung auf Bodenfauna und einige Bodeneigenschaften. Published by Amt der Oberösterreichischen Landesregierung Landesrat für Wasserwirtschaft Dr. Achatz, Hallwang, Austria, 2000

**Wolfsgruber, S.; Löffler, G.; Gross, R.:** ENERGIE AUS BIOGAS - Leitfaden für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Published by Umwelt.Service.Salzburg in collaboration with Land Salzburg, Salzburg, Austria, 2005

**Stoyanov, M., B. Baykov, A. Danev:** “*Development of Technological regimes for Producing Biogas from Buffalo Dung*”, Bulgarian Journal of Agricultural Sciences, 2, 1996, 121 – 123;

**Ivan Simeonov, Dencho Denchev and Bayko Baykov:** “*Development of new technologies for production of heat and electric power from organic wastes for increasing the economic efficiency of the final products*”, Advances in Bulgarian Science, № 1, 15-24, 2006;

**Jönsson, O. et al.:** Adding gas from biomass to the gas grid. Swedish Gas Center Report SGC 118.ISSN 1102-7371.2001.

**Meynell, P.J.:** Methane, Planning a Digester. Prism Press, Dorset, England. 1976.

**Moller, H. et al.:** Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass & Bioenergy* 26, pp 485-495. 2004.

**Persson, M.:** Biogas-a renewable fuel for the transport sector for the present and the future. SGC, 2007. [www.sgc.se](http://www.sgc.se)

**Preißler, D. et al.:** Anaerobic digestion of energy crops without manure addition. 35. Symposium "Actual Tasks of Agricultural Engineering", Opatija, Croatia, S. 363-370. 2007a.

**Boukis I., K. Sioulas, A. Chatziathanassiou, A. Kakaniaris and D. Mavrogiorgos (2002).** Development of networking and synergies for Anaerobic Digestion energy schemes based on agro-industrial wastes in Southern Europe. The citrus-processing industries case study. "Energy Efficiency and Agricultural Engineering" Proceedings of the Union of Scientists, Rousse-Bulgaria 2002, Volume I, 255-263. In English.

**Chatziathanassiou A., K. Sioulas, D. Mavrogiorgos, A. Veneti and I. Boukis (2002).** Stakeholders' perceptions for Anaerobic Digestion Energy Schemes in Greece. 12th European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, The Netherlands. In English.

**K. Sioulas, D. Mavrogiorgos and A. Chatziathanassiou (2003).** An assessment of social and environmental impacts and benefits associated with the development of the AnDigNet project in the 2nd International Conference on Ecological Protection of the Planet Earth, 5-8 June 2003, Sofia, Bulgaria.

**K. Sioulas, I. Boukis et.al.** "Establishment of a network of competent partners for the treatment and energy valorisation, by means of Anaerobic Digestion of the residues generated by the citrus-processing industries (AnDigNet)" IPS-1999-00042, Final Report.

### Anexa 3. Adrese

**1. University of Southern Denmark**

**Centre for Bioenergy**

Niels Bohrs Vej 9-10

DK-6700 Esbjerg

Denmark

Tel.: (+45) 6550 4165

Fax: (+45) 6550 1091

Web: [www.sdu.dk/bio](http://www.sdu.dk/bio)

**Contact person:** Teodorita Al Seadi

e-mail: [tas@bio.sdu.dk](mailto:tas@bio.sdu.dk)

**2. WIP Renewable Energies**

Sylvensteinstr. 2

D-81369 Munich

Germany

Tel.: +49 89 720 12739

Fax: +49 89 720 12791

**Contact person:** Dipl.-Ing. DominikRutz M.Sc. and Dr. Rainer Janssen

e-mail: [dominik.rutz@wip-munich.de](mailto:dominik.rutz@wip-munich.de)

Web: [www.wip-munich.de](http://www.wip-munich.de)

**3. Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG**

Mailingerg Weg 5

83233 Bernau / Hittenkirchen

Germany

Tel.: +49 (0) 8051-65390

Telefax: +49 /0) 8051-65396

e-mail: [info@fitec.com](mailto:info@fitec.com)

Web: [www.fitec.com](http://www.fitec.com)

**Contact person:** Dipl.-Ing. Tobias Finsterwalder

**4. German Society for Sustainable Biogas and Bioenergy Utilisation (GERBIO)**

FnBB e.V. - Geschäftsstelle

Am Feuersee 8D - 74592 Kirchberg/Jagst

Germany

Tel.: + 49 (0) 7954 921 969

Fax: +49 (0) 7954 926 204

Web: [www.fnbb.org](http://www.fnbb.org)

e-mail: [office\(at\)fnbb.org](mailto:office(at)fnbb.org)

**Contact person:** Michael Köttner and Silke Volk

**Ing. Gerhard Agrinz GmbH**

Emmerich-Assmann-Gasse 6

A-8430 Leibnitz

Austria

Tel: +43 3452/73997-0

Fax: +43 3452/73997-9

e-mail: [office@agrinz.at](mailto:office@agrinz.at)

Web: [www.agrinz.at](http://www.agrinz.at)

**Contact person:** Mag. Heinz Ptraßl

e-mail: [prassl@agrinz.at](mailto:prassl@agrinz.at)

**5. Center for Renewable Energy Sources**

Marathonos Ave, 19009,

Pikermi Attiki

Greece

Tel.: +30210 6603300

Fax: +30210 6603301/302

e-mail: [cres@cres.gr](mailto:cres@cres.gr)

**Contact person:** Konstantinos Sioulas

**6. SC Mangus Sol SRL**

Bld. Natiunile Unite 5,

București

România

Tel.: +40314242669

Fax: +4021363580

e-mail: [office@mangus.ro](mailto:office@mangus.ro)

**Contact person:** Dr. Augustin Ofițeru