

**PRODUCEREA ȘI UTILIZAREA BIOGAZULUI
PENTRU OBTINEREA DE ENERGIE
(SUPPORT DE CURS)**

Grupul țintă:

Fermieri și proprietari de păduri

2006

CUPRINS

INTRODUCERE: DE CE BIOGAZ?

CE ESTE BIOGAZUL.

BAZELE METANOGENEZEI. ASPECTE MICROBIOLOGICE ALE METANOGENEZEI.

FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ PRODUCȚIE DE BIOGAZ:

- Materia primă
- Temperatura
- Presiunea
- Agitarea
- Aciditatea
-

MATERII PRIME PENTRU OBȚINEREA BIOGAZULUI

- Resurse din agricultură
- Resurse din industria alimentară
- Resurse din așezări umane

CRITERII DE ALEGERE ȘI DIMENSIONARE A INSTALAȚIILOR DE BIOGAZ

- Stabilirea necesarului de biogaz la utilizator
- Necesarul de energie termică la prepararea hranei
- Necesarul de energie termică la încălzirea apei menajere
- Necesarul de energie termică la încălzirea locuinței
- Necesarul de energie electrică

STABILIREA POTENȚIALULUI METANOGEN AL UTILIZATORULUI

BILANȚUL MATERIAL AL INSTALAȚIEI DE BIOGAZ

DIFERITE MODELE DE INSTALAȚII DE BIOGAZ

- Sistemul Darmstadt
- Sistemul Vageningen
- Tipul KVIC – Patel (India)
- Modele din China
- Utilizarea biogazului în gospodăria chineză
- Model din Coreea

CUPRINS

(continuare)

- Modelul ICA de 5 și 10 m³
- Clopot pentru modelele ICA
- Sistemul BIMA-Göbel (Austria, Elveția)
- Model Polonez
- Modelul ICA de 25-50 m³
- Modelul ICA cu racord termic
- Sistemul de producere a biogazului în *flux orizontal*
- Modelul de *flux orizontal* de 100 și 200 m³
- Sistemul *flux orizontal* etajat
- Aspect al fermentatorului în *flux orizontal* de 1400 m³
- Dispozitive anexe: manometru, separatoare de condens

DIAGrame STATISTICE PRIVIND BIOGAZUL ÎN EUROPA

CIRCUITUL NATURAL AL ENERGIEI LA UTILIZAREA BIOGAZULUI

UZINA DE BIOGAZ

- Schema funcționării uzinei de biogaz
- Numărul (și puterea electrică instalată) a uzinelor de biogaz construite în Germania
- Instalații de biogaz din nordul Germaniei
- Rezervor de amestecare preliminară
- Pompe Vogelsang cu Rotacut
- Fermentatoare
- Motor cu ardere internă
- Instalație de alimentare cu biogaz. Analizor de gaze
- Făclia pentru biogazul excedentar
- Transportul produsului final. Dispunerea pe teren agricol

INTRODUCERE: DE CE „BIOGAZ”?

Până nu de mult, problema energiei nu se punea cu dramatismul situației de acum. Dimpotrivă, exista ideea că niciodată această problemă nu va crea dificultăți, căci se avea impresia că exploatarea petrolului, care se generalizase în mai toate activitățile umane, a cărbunilor, a gazelor naturale, va continua la infinit. A venit însă o vreme – anul 1974 – când oamenii de știință, economiștii și – în fine – și politicienii, au făcut un calcul mai amănunțit și au ajuns la concluzia previzibilă că rezervele mondiale de petrol s-ar putea epuiza în câteva decenii dacă se continuă aceleași ritmuri de consum. Vestea s-a răspândit fulgerător și a stârnit panică. În primul rând, statele producătoare de petrol și-au redus cantitățile extrase și au scumpit puternic prețurile. Începuse așa zisă criză a petrolului – de fapt criza energiei.

Ca mai toate crizele, pe plan mondial și criza energetică a început să fie sămânță de conflicte interstatale. Suntem martori la tensiuni internaționale, unele chiar sub formă de războaie, intervenții brutale în viața unor state independente etc. a căror cauză, firește – nedecarată – o reprezintă rezervele de petrol ale țărilor atacate sub diferite pretexte diplomatice dar care nu pot înșela decât pe cei naivi.

Nu există domeniu sau activitate care să nu aibă nevoie de energie. După „dușul rece” din 1974, s-a pornit energetic și la luarea de măsuri.

În primul rând s-a observat că, în aproape toate tehnologiile se făcea o risipă inadmisibilă de energie. A început o reconsiderare fundamentală a acestor tehnologii în scopul atingerii acelorași țeluri cu un consum energetic mai redus. S-a constatat că, pe această cale se pot obține, în funcție de domeniu, reduceri ale consumurilor energetice cuprinse, în general, între 15-30%. Desigur această măsură a fost necesară dar insuficientă.

S-a pus apoi, pe tapet, problema energiilor regenerabile, cunoscute de multă vreme dar neglijate tot de multă vreme.

Ce înseamnă **surse regenerabile de energie**? Petrolul, cărbunele și gazele naturale s-au format acum multe milioane de ani din resturi vegetale și animale. Ca să dispunem de aceleași cantități pe care la-am consumat până acum ar trebui să așteptăm din nou câteva milioane de ani. Practic aceste rezerve nu se mai reîmprospătează, noi utilizăm numai ceea ce găsim în subsol, ele sunt neregenerabile. În schimb există surse care, practic, pot furniza energie dacă nu la infinit, măcar pe perioade foarte mari de timp.

Să luăm, spre exemplu energia solară. Soarele revarsă în spațiul cosmic o cantitate de $3,826 \cdot 10^{26}$ J/s. din această cantitate imensă, pământul primește $68 \cdot 10^{16}$ J/s, adică de 562.000.000 ori mai puțin, totuși suficient ca să întrețină viața pe pământ, uraganele, furtunile marine, stratul de ozon care ne apără de alte radiații periculoase etc.

Dacă numai 1% din energia pe care o primește pământul de la soare ar fi consumată pentru procese industriale, problema energiei nu ar mai fi o problemă.

Energiile regenerabile sunt toate manifestările pământene ale energiei solare. Acestea sunt:

- Energia vântului (eoliană)
- Energia solară directă
- Energia hidraulică a cursurilor de apă
- Energia valurilor
- Energia mareelor
- Biomasa

Primele două au fost exploatate și până în prezent dar în mai mică măsură. Morile de vânt din Olanda, serele, morile de apă și centralele hidroelectrice amplasate pe marile cursuri de apă sunt exemple. Astăzi asistăm la o extindere explozivă a utilizării ambelor resurse.

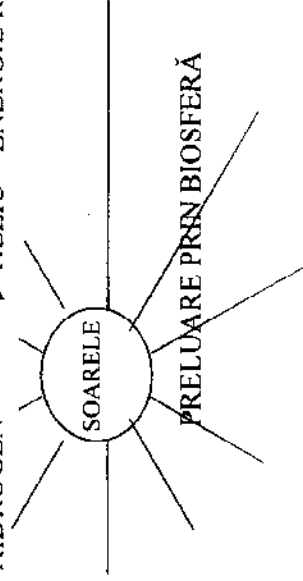
Biogazul face parte din ultima categorie de mai sus. Din aceeași categorie fac parte: biomasa lemnoasă, resturile combustibile din agricultură, producțiile agricole de substanțe dulci, amidonoase sau celulozice care pot fi transformate în bio-etanol înlocuitor de benzină, producțiile agricole de uleiuri vegetale care pot fi procesate în bio-diesel etc. Toate acestea poartă un nume generic de **biocombustibili**.

Nici biogazul în sine nu reprezintă o noutate. Cunoscut din vechime sub denumirea de „gaz de baltă”, identificat științific de către fizicianul Alessandro Volta (1745-1827), rezultat ca produs secundar în sistemul de denocivizare a nămolurilor orașenești pus la punct de către Karl Imhoff la începutul secolului XX, biogazul a constituit un obiect științific de preocupare pentru Academia de Științe din China încă din anii 1920 iar procedeele de obținere și utilizare sistematică a lui au evoluat întâi în țările asiatice, îndeosebi în China și India, iar din cel de al cincilea deceniu al secolului trecut au început să se dezvolte și în țările europene. Ca rezultat al acestor preocupări, în provincia Sichuan din China, de exemplu, funcționează peste trei milioane de instalații de biogaz de capacitate mică și medie, în restul țărilor din sud-estul Asiei sunt, de asemenea câteva milioane.

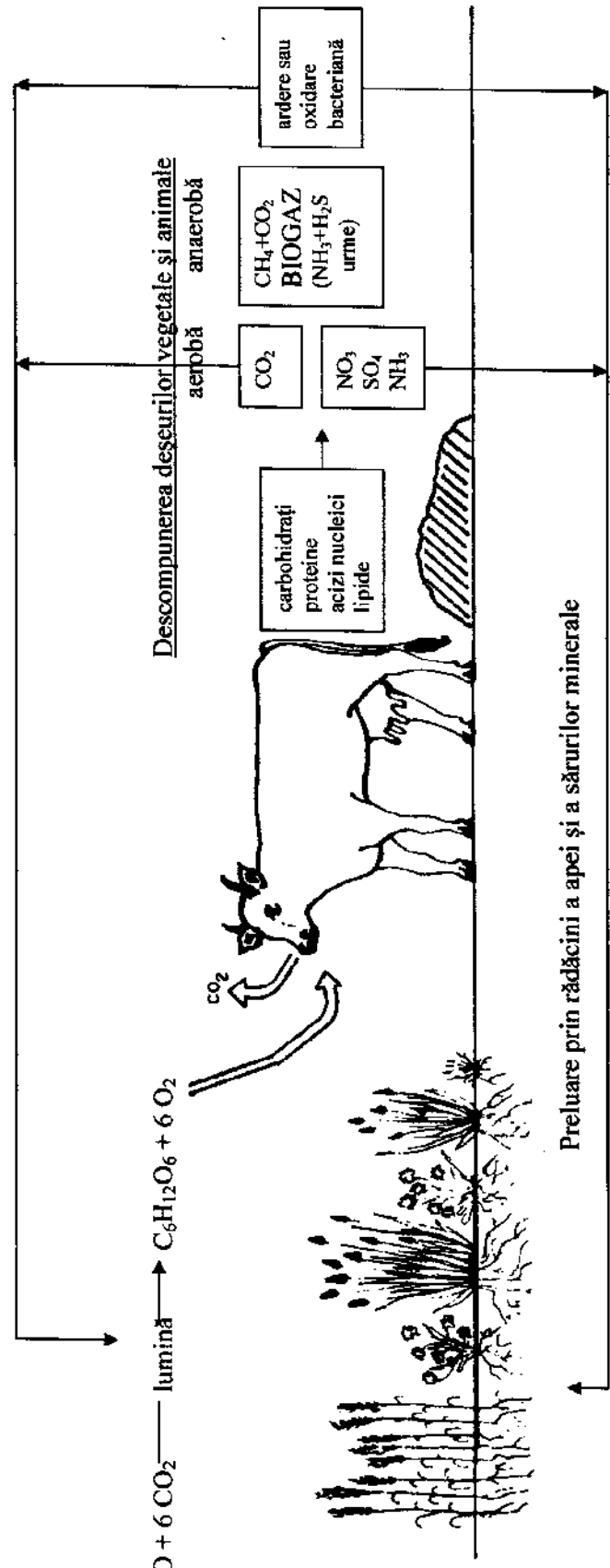
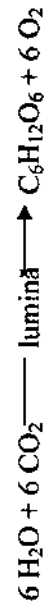
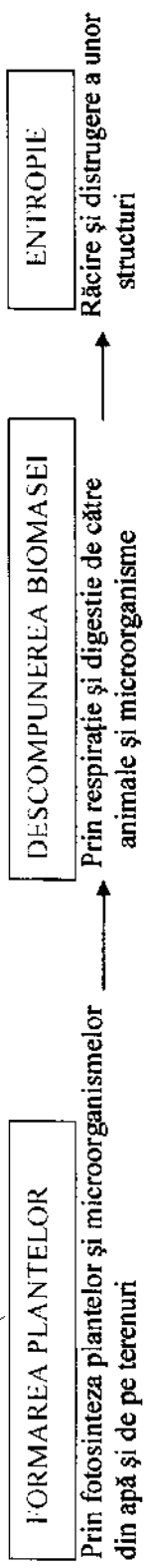
În toate țările Europei există instalații de biogaz de diferite capacități și grade de modernitate. Acestea deservesc fie ferme agricole fie sunt cuplate cu câte o industrie, instalațiile ajungând la capacități foarte mari și la un grad ridicat de tehnicitate.

În figura din pagina următoare este reprezentat, schematic, circuitul materiilor din natură care concură, în final, la producerea biogazului. Se observă că, sursa primară a tuturor energiilor care intervin în aceste transformări, este soarele.

HIDROGEN → HELIU + ENERGIE RADIANTĂ



CIRCUITUL APEI, AL CARBONULUI ȘI AL ALTOR BIOELEMENTE



Sursa energetică și lanțul trofic al generării biogazului

CE ESTE BIOGAZUL ?

Prin termenul de „biogaz”, acceptat pe plan internațional, se înțelege produsul gazos ce rezultă în cursul fermentării anaerobe (în lipsa aerului) a materiilor organice de diferite proveniențe.

Biogazul este un amestec de gaze. Principalele gaze în care îl compun sunt metanul și dioxidul de carbon, ambele în proporții variabile. În cantități foarte mici se mai găsesc în biogaz hidrogen sulfurat, azot, oxid de carbon, oxigen.

Valoarea energetică a biogazului este dată de conținutul de metan al acestuia. În tabelul ce urmează sunt date valorile energetice pentru un metru cub de biogaz :

% Metan	kcal/m ³		% Metan	kcal/m ³		% Metan	kcal/m ³	
	la 0°C	la 20°C		la 0°C	la 20°C		la 0°C	la 20°C
50	4275	3962	60	5130	4754	70	5985	5546
51	4360	4040	61	5215	4833	71	6070	5625
52	4446	4120	62	5301	4912	72	6156	5705
53	4531	4199	63	5386	4991	73	6241	5784
54	4617	4278	64	5472	5071	74	6327	5863
55	4702	4357	65	5557	5150	75	6412	5942
56	4788	4437	66	5643	5230	76	6498	6022
57	4873	4516	67	5728	5308	77	6583	6101
58	4959	4596	68	5814	5388	78	6669	6180
59	5044	4674	69	5900	5468	79	6754	6259

Pentru exprimarea în kJ, valorile din tabel se vor multiplica, desigur, cu 4,186 kJ/kcal.

Se vede că biogazul este un combustibil valoros. În comparație cu alți purtători de energie termică situația lui se prezintă ca în tabelul următor:

Natura combustibilului	U.M.	Putere calorifică kcal/U.M.	Echivalent în U.M pentru 1 m ³ biogaz
Biogaz cu 60% metan, 0 ⁰ , 1 bar	m ³	5130	1
Lemn crud	kg	1300 – 1800	3,95 – 2,85
Lemn bine uscat	kg	1800 – 2200	2,85 – 2,34
Lignit	kg	1800 – 3800	2,85 – 1,35
Brichete de cărbune praf	kg	4000 - 6800	1,28 – 0,76
Păcură	kg	9400 - 9500	0,55 – 0,54
Combustibil pt. calorifer	kg	9500 - 9700	0,54 – 0,53
Motorină	kg	10000 - 11000	0,51 – 0,47
Gaz metan natural	m ³	8500	0,60
Gaze petroliere lichefiate	m ³	22000	0,23

BAZELE METANOGENEZEI. ASPECTE MICROBIOLOGICE ALE METANOGENEZEI.

Prin metanogeneză se înțelege procesul microbiologic complex prin care materiile prime diferite (substratul) sunt convertite în biogaz și în nămol fertilizant. Rolul final al acestui proces îl au bacteriile metanogene, reprezentate prin numeroase specii, dar ele nu sunt singurele care participă la producerea biogazului.

Bacteriile metanogene își desfășoară activitatea în condiții strict anaerobe, adică în lipsa totală a aerului respectiv a oxigenului din aer. Ca reprezentanți ai viului, ele sunt, se pare, printre primele organisme care au populat biosfera cu miliarde de ani înainte și se consideră că nu au evoluat semnificativ între timp. Bacteriile metanogene se găsesc în natură în mlaștini, în adâncurile oceanelor, și în sistemul digestiv al animalelor, îndeosebi a rumegătoarelor. Pentru dezvoltarea și înmulțirea lor sunt necesare câteva condiții elementare și anume:

- Absența oxigenului;
- Umiditatea, care trebuie să fie peste 50%; peste această valoare critică, crește mobilitatea bacteriilor și se accelerează metabolismul celulelor;
- Un volum suficient de mare pentru desfășurarea activității;
- Prezența a suficient azot pentru construcția celulei bacteriene;
- Mediu neutru sau slab alcalin, având $\text{pH} = 7,0 - 7,6$;
- Temperatură de peste 3°C ;
- Absența luminii.

Desigur că, în procesul de generare intensivă a biogazului, unele din condițiile elementare de mai sus vor trebui să fie mai nuanțate.

Biogazul se obține în cadrul unei biotehnologii, prin fermentarea diferitelor materii prime cu conținut de substanțe organice fundamentale ca protide, lipide, glucide.

În desenul de mai jos este prezentată schema complexă de transformare a biomasei, de diferite proveniențe, în biogaz, trecând prin patru trepte caracteristice. Se observă că întregul proces constă în fracționarea, de la o treaptă la alta, a moleculelor complexe care există în materiile prime utilizate la obținerea biogazului, în molecule din ce în ce mai simple.

În treapta 1-a, enzimele secretate de grupe ale unor microorganisme aerobe sau facultativ anaerobe, numite și exofermenți, atacă macromoleculele ca celuloza, amidonul, pectina, hemicelulozele, grăsimile, proteinele și acizii nucleici și le transformă în compuși cu molecule mai mici cum sunt diferitele tipuri de zaharuri ca celobioza, zaharoza, maltoza, xilobioza, apoi în acizi ca acid galacturonic, acizi grași, aminoacizii respectiv în baze ca acidul fosfoglicerici, purine, pirimidine.

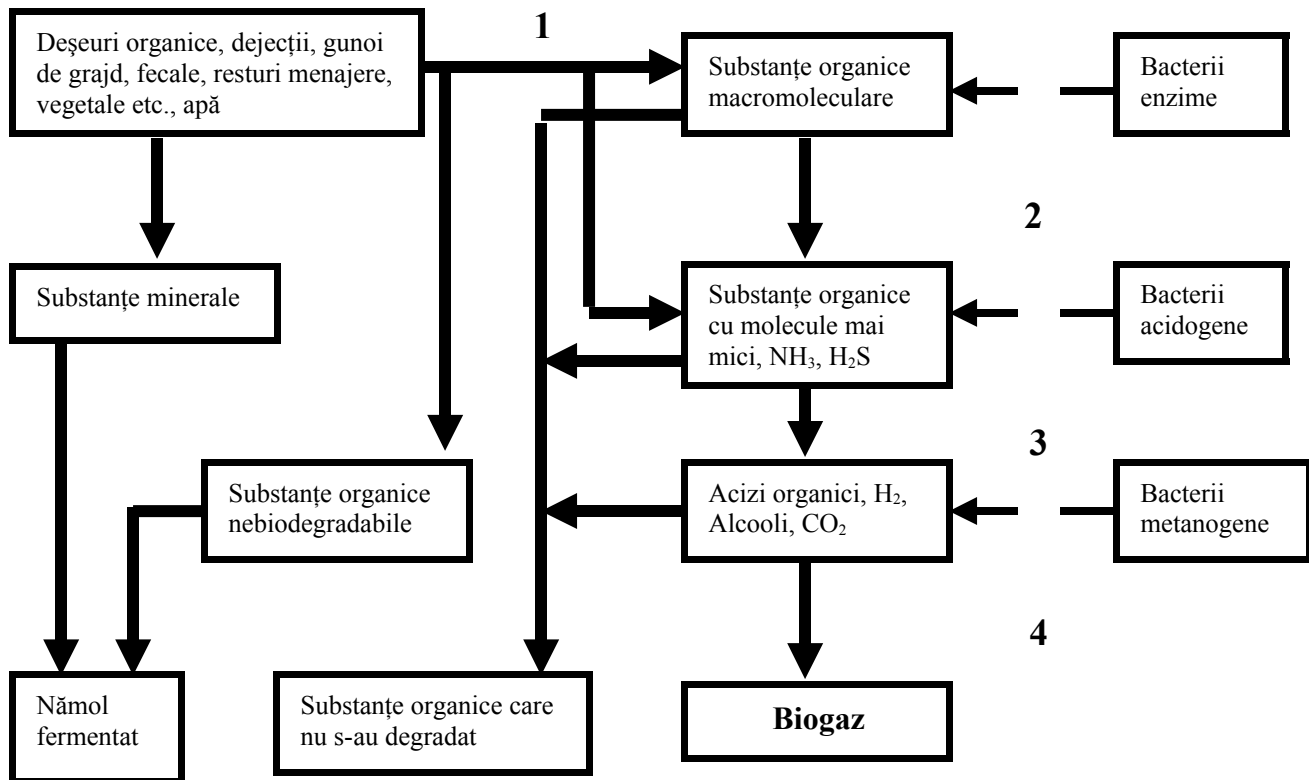
În treapta a 2-a produsele treptei precedente sunt supuse fermentației în urma căreia se vor obține compuși cu molecule și mai simple. În acești compuși se numără acizii carboxilici: formic, acetic, propionic, butiric, valerianic, lactic, malic etc. Din

fermentația acestei trepte rezultă și gaze și anume hidrogen, dioxid de carbon, amoniac, hidrogen sulfurat precum și diferiți alcooli ca metilic, etilic, propilic, butandiol etc.

În treapta a 3-a, strict anaerobă, se formează compuși metanogeni din moleculele mai mari ale treptei precedente. Rezultă, din nou, acid acetic, hidrogen, bicarbonați, acid formic și metanol.

În treapta a 4-a se formează metan și dioxid de carbon, componenții principali ai biogazului, în care se vor găsi, în proporție mică gazele rezultate în treapta a doua: hidrogenul sulfurat și amoniacul.

Trebuie precizat că mecanismul integral al metanogenezei este deosebit de complex și că unele aspecte nu sunt elucidate nici până în prezent, dar expunerea acestora nu face obiectul prezentei expuneri pe care ar încărca-o în mod inutil.



Din procesul de metanogeneză expus mai înainte se poate observa că, în substratul supus fermentării, se află compuși din cei mai diferiți din punct de vedere chimic. Prezența a numeroși acizi este rezultatul activității grupei bacteriilor acidogene, care lucrează bine la un pH mai scăzut. În treptele a treia și - mai ales - a patra, sarcina trece în seama bacteriilor metanogene, pentru care pH-ul optim este cuprins între 7,0 – 7,6. Aceste populații de microorganisme trebuie însă să coexiste în același spațiu de fermentare cu toate că ele se deranjează reciproc sub raportul acidității optime de funcționare. În majoritatea procedurilor clasice de obținere a biogazului una din problemele delicate o reprezintă tocmai menținerea unei acidități

controlate astfel încât să permită ambelor populații de microorganisme să lucreze chiar dacă nu la randamentele maxime.

Dacă bacteriile acidogene nu sunt prea sensibile la variații de temperatură, cele metanogene sunt foarte sensibile la aceste variații, atât cele care lucrează în regim mezofil, cu temperatura caracteristică de 35°C cât - mai ales - cele care lucrează în domeniul termofil, cu temperatura caracteristică 55°C.

FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ PRODUCȚIA DE BIOGAZ

Pe baza experienței îndelungate acumulate de către cei care, în decursul timpului, au cercetat și urmărit producerea biogazului, următorii factori sunt determinanți în producția de biogaz:

- Materia primă
- Temperatura
- Presiunea
- Agitarea
- pH – ul

Materia primă

Materia primă trebuie să asigure mediul prielnic dezvoltării și activității microorganismelor ce concură la digestia substratului și, în final, la producerea biogazului. Acest mediu trebuie să satisfacă următoarele condiții:

- Să conțină materie organică biodegradabilă
- Să aibă o umiditate ridicată, peste 90%
- Să aibă o reacție neutră sau aproape neutră (pH = 6,8 – 7,3)
- Să conțină carbon și azot într-o anumită proporție (C/N = 15 – 25)
- Să nu conțină substanțe inhibitoare pentru microorganisme: unele metale grele, detergenți, antibiotice, concentrații mari de sulfati, formol, dezinfecanți, fenoli și polifenoli etc.

Pentru obținerea biogazului se pot utiliza materii prime organice de proveniență foarte diferită: deșeuri vegetale, deșeuri menajere, fecale umane, dejecții animaliere, gunoiul de grajd, ape reziduale din industria alimentară și din zootehnie, etc.

Producția specifică, medie, de biogaz, ce se poate obține din diverse materii prime, raportată la substanța uscată a lor, este cea din tabelul următor:

DENUMIREA	BIOGAZ OBTENABIL litri / kg S.U.	CONȚINUT MEDIU DE METAN, ÎN %
Paie de grâu, întregi	367	78,5
Idem, tocate la 3 cm	363	80,2
Idem, tocate la 0,2 cm	423	81,3
Lucernă	445	77,7
Ierburi diferite	557	84,0
Frunze de sfeclă furajeră	496	84,0
Frunze de sfeclă de zahăr	501	84,8
Lujeri de roșii, tocați	606	74,7
Tuleie de porumb, tăiate la 2 cm	214	83,1
Frunze de copac	260	58
Paie de orz	380	77
Paie de orez	360	75
Tulpini de in sau de cânepă	369	58
Dejecții de bovine	260 – 280	50 – 60
Dejecții de porc	480	60
Dejecții de cal	200 – 300	66
Dejecții de oaie	320	65
Dejecții de păsări	520	68
Fecale umane	240	50
Nămol din stații de epurare orășenești	370	50 – 60
Drojdie de la distilării de spirt	300 – 600	58

Materiile prime de mai sus pot fi utilizate exclusiv sau în amestec. S-a constatat că, prin amestecarea diferitelor materii prime, capacitatea metanogenă a amestecului, exprimată în l/kg substanță organică (S.O.), este mai mare decât media rezultată din calculul aritmetic. Acest aspect este redat în tabelul următor:

DENUMIREA	PROPOȚIA DE AMESTEC în %	BIOGAZ l/kg S.O.	CREȘTEREA FAȚĂ DE CALCUL în %
Dejecții de bovine	100	380	-
Dejecții de porcine	100	569	-
Dejecții de păsări	100	617	-
Nămol de la ape reziduale	100	265	-
Buruieni, ierburi	100	277	-
Dejecții bovine + porcine	50 – 50	510	+ 7,5
Dejecții bovine + păsări	50 – 50	528	+ 6
Dejecții bovine + nămol ape reziduale	50 – 50	407	+ 26
Dejecții bovine + buruieni	50 – 50	363	+ 5
Dejecții porcine + păsări	50 – 50	634	+ 7
Dejecții bovine + porcine + păsări	25 – 50 – 25	585	+9,6
Dejecții păsări + nămol ape reziduale	50 – 50	495	+ 12,3
Dejecții păsări + buruieni	50 – 50	513	+ 13,5
Nămol ape reziduale + buruieni	50 – 50	387	+42

Această potențare sinergică se datorează faptului că în amestecuri de materii prime se realizează raporturi mai bune între conținutul de carbon și cel de azot, raport foarte important în producția eficientă de biogaz și care, după cum s-a arătat, trebuie să fie cuprins în intervalul 15-25.

În tabelul următor sunt trecute, pentru principalele materii prime:

- Conținutul de carbon (C)
- Conținutul de azot (N)
- Raportul C/N

DENUMIREA	CONȚINUT DE CARBON %	CONȚINUT DE AZOT %	RAPORTUL C/N
Iarbă verde	15	0,6	25
Paie de grâu, uscate	46	0,53	87
Paie de orez, uscate	42	0,63	67
Paie de ovăz, uscate	42	0,75	56
Tuleie de porumb	40	0,75	53
Lucerna	48	2,6	18
Frunze	41	1	41
Vrejuri de cartof	40	1,8	22
Lujere de soia	41	1,3	32
Dejecții de oaie, proaspete	16	0,55	29
Dejecții de bovine, proaspete	7,3	0,29	25
Dejecții de cal, proaspete	10	0,42	24
Dejecții de porc, proaspete	7,8	0,65	13
Fecale umane, proaspete	2,5	0,85	29
Dejecții de găină	45	3	15

Rețete de amestec

Pentru a putea calcula corect o rețetă de amestec de materii prime trebuie ținut seama de următoarele:

- Realizarea unui raport C/N cuprins între 15 – 25
- Asigurarea unei umidități de cel puțin 90 % pentru amestec.

În vederea calculării raportului corect C/N se procedează astfel:

Presupunând că se dispune de dejecții de porc, de vită, frunze verzi și paie uscate de grâu, din tabelul nr. 9 se scot valorile C/N pentru aceste materii prime

- Dejecții de porc, C/N.....13
- Dejecții de vită, C/N.....25
- Frunze verzi, C/N.....41
- Paie de grâu, C/N.....87

Pentru ca amestecul să aibă C/N cuprins în limitele 15 – 25, se observă că dejecțiile de porc sunt cele care pot corecta raportul C/N din frunze și paie deoarece dejecțiile de vită au acest raport situat chiar la limita superioară a raportului optim. Se va încerca, deci, să se pună mai multe părți, în greutate, de dejecții de porc decât frunze și paie, de exemplu:

Dejecții de porc	5 părți	x 13 =	65
Dejecții de vită	1 parte	x 25 =	25
Frunze verzi	2 părți	x 41 =	82
Paie grâu	<u>2 părți</u>	x 87 =	<u>174</u>
Total	10 părți		346

Rezultă că, în amestec, raportul C/N va fi de $346/10 = 34,6$ deci amestecul nu este corect. Pentru a-l corecta se mărește cantitatea de dejecții de porc față de cea a frunzelor și paielor, încercându-se rețeta următoare:

Dejecții de porc	7 părți	x 13 =	91
Dejecții de vită	1 parte	x 25 =	25
Frunze verzi	1 parte	x 41 =	41
Paie grâu	<u>1 parte</u>	x 87 =	<u>87</u>
Total	10 părți		244

Noul raport C/N = $244/10 = 24,4$ arată că rețeta de amestec a materiilor prime este bună.

Pentru a se asigura o umiditate corectă a amestecului se va ține seama de umiditatea materiilor prime care este trecută în tabelul următor:

DENUMIRE	CONȚINUT SUBSTANȚĂ USCATĂ %			UMIDITATE MEDIE %
	MINIM	MAXIM	MEDIU	
Dejecții de vită	10	18	14	86
Dejecții de porci	12	15	13,5	86,5
Dejecții de oi	20	30	25	75
Dejecții de cai	20	25	22,5	77,5
Dejecții de păsări	25	30	27,5	72,5
Fecale umane	25	28	26,5	73,5
Resturi menajere	20	25	22,5	77,5
Paie de grâu	85	87	86,5	13,5
Paie de orz	84	85	84,5	15,5
Paie de ovăz	83	85	84	16
Coceni de porumb	83	90	87,5	12,5
Lujeri de cartof, soia, fasole	15	20	17,5	82,5
Frunze verzi	10	15	12,5	87,5
Frunze de sfeclă	10	17	13,5	86,5
Lucernă verde	20	25	22,5	77,5
Buruieni, iarbă verde	15	17	16	84

Revenind la exemplul corect de calcul al compoziției amestecului de mai înainte, pentru dejecții de porc (P), de vită (V), pentru frunze (F) și paie de grâu (G), se poate deduce conținutul mediu de substanță uscată prin următorul calcul:

$$\frac{7 \times P + 1 \times V + 1 \times F + 1 \times G}{10} \rightarrow \frac{7 \times 13,5 + 1 \times 14 + 1 \times 12,5 + 1 \times 86,5}{10} \rightarrow \frac{207,5}{10}$$

Deci cele zece părți de amestec conțin 20,75 % substanță uscată. Pentru a aduce acest amestec la un conținut de apă de 92%, de exemplu, adică la un conținut de substanță uscată de 8%, cantitatea de apă ce va trebui adăugată se va obține din calculul următor:

10 părți amestec $\times 20,75 / 8 = 25,93$ rotund 26 părți amestec

Compoziția finală care va fi supusă fermentării va cuprinde deci:

- 7 părți, în greutate, dejecții de porc
- 1 parte în greutate, dejecții de vită
- 1 parte în greutate, frunze verzi
- 1 parte în greutate, paie de grâu
- 16 părți apă.

Total 26 părți amestec

Temperatura

Producția de biogaz este influențată puternic de temperatură.

Din punct de vedere al temperaturii la care își desfășoară activitatea, microorganismele ce concurează la producerea biogazului, îndeosebi cele metanogene, se împart în trei mari categorii:

- Criofile, caracterizate printr-o activitate care poate avea loc la temperaturi cuprinse între 12 – 24°C, zonă caracteristică fermentării în *regim criofil*;
- Mezofile, caracterizate printr-o activitate care are loc la temperaturi cuprinse între 25 – 40°C, zonă caracteristică fermentării în *regim mezofil*;
- Termofile, caracterizate printr-o activitate care poate avea loc la temperaturi cuprinse între 50 – 60°C, zonă caracteristică fermentării în *regim termofil*.

Ca întotdeauna în biologie, aceste limite nu reprezintă niște praguri de netrecut iar fermentația metanogenă, în cazuri mai rare, se întâlnește și puțin în afara acestor limite.

În diagrama de mai jos se pot vedea cele trei zone termice caracteristice regimurilor criofil, mezofil și termofil precum și modul în care temperatura influențează producția de biogaz.

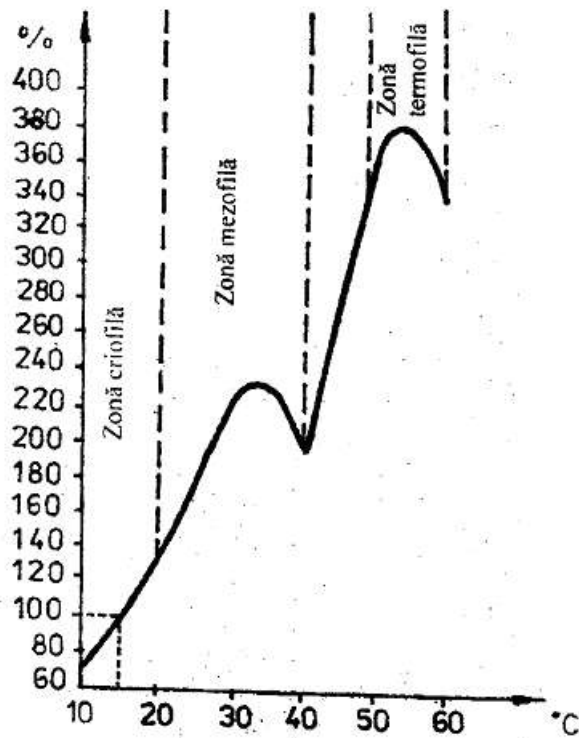


Fig. 9 Întințura temperaturii asupra producției de biogaz

Diagrama e făcută în raport cu producția de biogaz la 15°C care a fost considerată ca 100% și se prezintă creșterea producției, în procente față de cea de bază, din regimul criofil, odată cu creșterea temperaturii la care are loc fermentarea. Din diagramă se vede că, la 10°C producția de biogaz scade la cca. 70% față de cea de la 15°C, în schimb ajunge la cca. 250% în regimul mezofil și la peste 360% în cel termofil.

Presiunea

Presiunea are o mare importanță în procesul de metanogeneză. S-a dovedit că, atunci când presiunea hidrostatică în care lucrează bacteriile metanogene crește peste 4-5 metri coloană de apă, degajarea de metan, practic, încetează. Ea reîncepe atunci când presiunea hidrostatică scade la valori mai mici. Această constatare este foarte importantă la proiectarea fermentatorului. La fermentatoare cu ax vertical, care pot atinge înălțimi de zeci de metri, degajarea de metan se produce numai în partea superioară, până la o adâncime de maximum cinci metri iar restul spațiului ocupat de substrat, nu produce biogaz. Acest „rest” de spațiu poate fi foarte mare uneori, în funcție de dimensiunile fermentatorului, putând ajunge la 85-90% din volumul total. Prin recirculare permanentă, obligatorie la acest tip de fermentatoare, porțiunile de substrat

aflate sub limita de degajare a metanului, sunt aduse în zone superioare unde degajarea reîncepe. Pentru înlăturarea acestui inconvenient major, au fost realizate fermentatoare în flux orizontal, la care înălțimea substratului nu depășește 3,5 metri degajarea de metan producându-se în întreaga masă a materialului supus fermentării.

Agitarea

În interiorul fermentatoarelor au loc nu numai procese biochimice despre care s-a scris mai înainte ci și unele procese fizice. Astfel se constată că, în cursul fermentației are loc o segregare a materialului supus fermentării. Microbulele de gaze care se degajă în masa substratului antrenează, prin fenomenul de flotație, particulele mai ușoare de suspensii, spre suprafața lichidului. Se formează repede o crustă cu tendință de întărire și deshidratare chiar dacă materiile organice din ea nu au apucat să fie degradate prin fermentație. O altă parte a suspensiilor, mai grele prin natura lor, sau fracțiuni care au fermentat și sunt parțial sau total mineralizate, au tendința să se lase spre partea de jos a fermentatorului. Între aceste două straturi se găsește un strat de lichid în care fermentarea și epuizarea materiei organice continuă din ce în ce mai lent.

Cele arătate mai sus constituie unul din motivele pentru care este necesară agitarea conținutului fermentatorului.

Aciditatea

În primele etape de fermentare a materiilor organice în vederea producerii biogazului, predomină microorganismele din grupa celor acidogene, pentru care aciditatea mediului, exprimată în pH, este cuprinsă în intervalul 5,5 – 7,0. În etapele finale de fermentare, bacteriile metanogene care consumă acizii cu molecule mici rezultați din etapele anterioare, lucrează bine la o aciditate care corespunde unui interval de pH de 6,8 – 8,0. Se poate întâmpla ca, din diferite motive, activitatea bacteriilor acidogene să fie mai intensă decât a celor metanogene, fapt care duce la o acumulare a acizilor organici ce determină o scădere a pH-ului inhibând și mai tare activitatea bacteriilor metanogene. În astfel de situații se constată că producția de biogaz scade până la dispariție și este nevoie de intervenția operatorilor pentru a redresa situația. Corecția acidității excesive se face, de obicei, cu lapte de var, prin care pH-ul se readuce în limitele de echilibru dintre cele două grupe de populații, acidogene și metanogene, adică între limitele 6,8 – 7,6.

S-a arătat deja că aceste inconveniente apar în cazul fermentatoarelor cu amestecare totală a materialului conținut, în care aciditatea trebuie menținută într-un echilibru de compromis între preferințele celor două populații de microorganisme. Evitarea problemelor legate de aciditatea substratului se poate face fie prin sistemul de fermentare în două faze, cu recipiente separați, fie, mai bine, adoptând sistemul de fermentare în flux orizontal.

MATERII PRIME PENTRU OBTINEREA BIOGAZULUI

Ca principal factor care determină producția de biogaz, materia primă merită o atenție deosebită. Este vorba, desigur, de producerea biogazului cu un excedent energetic semnificativ față de autoconsumul energetic adică față de biogazul necesar nevoilor termice proprii ale sistemului de producere a lui.

În ideea de mai înainte s-a constatat că materia primă care poate produce un excedent de biogaz față de autoconsum trebuie să aibă o încărcare organică de cel puțin 2000 mg/dm³ CBO₅. Sub această limită, instalația de biogaz rămâne o treaptă de epurare anaerobă pentru apa reziduală cu care este alimentată și nu va produce un exces semnificativ de biogaz sau, în perioadele mai reci ale anului, va fi tributară unui alt purtător de energie termică pentru a menține temperatura necesară procesului de fermentare și deci va avea un bilanț energetic negativ.

Condiția energetică de mai sus o îndeplinesc mai toate nămolurile provenite din stațiile de epurare a apelor reziduale orășenești, nămolurile din apele uzate din zootehnie, toate tipurile de dejecții, dar și unele ape reziduale. Pentru orientare generală, în tabelul următor sunt date încărcările uzuale ale unor ape reziduale din zootehnie și industria alimentară:

Proveniența materiei prime	U.M.	Încărcare organică, în CBO ₅
Zootehnie		
Ape reziduale de la porci (evacuare hidraulică cu spălări zilnice)	mg/dm ³	3000 – 4000
Idem cu evacuare pe pernă de apă	mg/dm ³	4000 – 6000
Nămol decantat din ape reziduale de la porci	mg/dm ³	10000 – 12000
Dejecții porc evacuate mecanic	mg/dm ³	30000 – 35000
Ape reziduale de la bovine	mg/dm ³	3000 – 4000
Nămol decantat din ape reziduale de la bovine	mg/dm ³	9000 – 11000
Ape reziduale de la păsări	mg/dm ³	2500 - 3500
Industria alimentară	mg/dm ³	
Fabrici orășenești de prelucrare a laptelui	mg/dm ³	800 – 1000
Fabrici de brânzeturi (telemea + produse proaspete)	mg/dm ³	3000 – 4000
Fabrici de lapte și unt	mg/dm ³	1000 – 1200
Carne (abatorizare)	mg/dm ³	5000 – 6000
Carne (abatorizare + preparate din carne)	mg/dm ³	1500 – 2000
Secții de prelucrare a peștelui	mg/dm ³	14000 – 15000
Sardele preparate pentru împachetare	mg/dm ³	1800 – 2100
Fabrici de ulei comestibil	mg/dm ³	1800 – 2200
Fabrici de zahăr (din sfeclă de zahăr)	mg/dm ³	4000 – 5000
Fabrici de conserve de legume	mg/dm ³	600 – 700
Fabrici de conserve din fructe	mg/dm ³	700 – 800
Fabrici de bere și malț	mg/dm ³	800 - 1200
Industria vinului	mg/dm ³	8000 – 10000
Fabrici de spirt din melasă	mg/dm ³	4000 – 6000

Resurse din agricultură

În acest subcapitol vor fi trecute în revistă materiile prime provenite din agricultură. În aceeași categorie se vor trece și alte resurse vegetale care pot proveni nu neapărat din agricultură ci, de exemplu, din mediul urban.

Următoarele deșeuri agricole pot fi utilizate pentru producerea biogazului:

- Paie de grâu, orz, ovăz, orez, secară, rapiță
- Lujeri (vrejuri) de cartofi, soia, fasole, roșii, mac
- Coceni și tuleie de porumb
- Frunze de sfeclă de zahăr sau sfeclă furajeră, de floarea soarelui
- Frunze verzi sau uscate din copaci
- Iarbă verde sau uscată
- Buruieni diferite, verzi sau uscate
- Lucernă verde sau uscată, tulpini de in
- Pleavă de la diferite cereale și de orez
- Tescovina
- Puzderie de cânepă
- Alge diferite
- Trestie și trestie de zahăr, sorgul zaharat
- Zambila de apă, nufăr
- Semințe diferite, coji de alune și de semințe
- Rumeгуș

În tabelul următor sunt trecute cantitățile de biogaz ce se pot obține din unele materii prime provenite din agricultură.

Materie primă	Biogaz obținabil din substanța uscată organică, în l/kg	
	Limite de variație	Valoare medie
Dejecții de porcine	300...550	445
Dejecții de bovine	90...310	200
Gunoii de la păsări	310...620	465
Dejecții de cai	200...300	250
Dejecții de oi	90...310	200
Gunoii de grajd	175...280	225
Paie de grâu	200...300	250
Paie de secară	200...300	250
Paie de ovăz	250...300	275
Paie de orz	290...310	300
Tuleie de porumb	380...460	420
Paie de rapiță	200	200
Paie de orez	170...280	225
Coajă de orez (decorticare)	105	105
In	360	360
Cânepă	360	360
Iarbă	280...550	415

Tulpină de trestie de zahăr	165	165
Măcriș	405	405
Trestie	170	170
Lucernă	430...490	460
Resturi de la verdețuri alimentare	330,,360	345
Lujeri de cartof	280...490	385
Frunze de sfeclă furajeră	400...500	450
Frunze de floarea soarelui	300	300
Deșeuri agricole	310...430	370
Semințe de plante	620	620
Coji de alune	365	365
Zambilă de apă	375	375

La întocmirea rețetelor de alimentare care vor cuprinde și materii prime din tabelul de mai înainte se va ține seama de necesitatea respectării raportului carbon/azot așa cum s-a arătat în capitolul II. De asemenea este foarte important ca materiile prime de natură vegetală să fie tocate cât mai mărunț înainte de a fi introduse în fermentator. Acest lucru mărește randamentul în biogaz și permite o mai ușoară amestecare a conținutului fermentatorului.

Resurse din industria alimentară

Resursele de materii prime pentru obținerea biogazului provenite din industria alimentară sunt extrem de diverse fiindcă rezultă din diferite tehnologii alimentare sau chiar din anumite faze tehnologice. În continuare vor fi arătate principalele resurse de materii prime pentru producerea biogazului, structurate pe industrii alimentare.

Industria laptelui

Deșeurile din industria laptelui conțin componentele caracteristice ale laptelui adică proteine, glucide (lactoza), lipide. Acestea apar sub formă relativ diluată în efluentul total uzat al fabricilor (Eflunt care, sub raportul randamentelor energetice poate fi apreciat pe baza tabelului nr. 13), sau apar în diferite faze de fabricație din care pot fi dirijate direct spre producția de biogaz. Astfel, de exemplu, zerul rezultat de la fabricarea brânzeturilor, are un potențial metanogen ridicat. Un litru de zer dulce, dacă nu este valorificat ca atare, poate produce prin fermentare metanogenă 22-23 l de biogaz. O fabrică care prelucrează în brânzeturi 20.000 litri lapte, din care recuperează cca. 15.000 l zer, poate produce 330 – 345 m³ biogaz din acest zer.

La fabricarea brânzeturilor rezultă și deșeuri tehnologice. De exemplu de la brânzeturile fermentate sau de la cașcavaluri rezultă sfărâmături de la curățarea periodică a acestora în cursul fermentării, pierderile în apa de opărire a cașcavalurilor etc. toate acestea putând fi adăugate la zerul supus fermentării măbind prin aceasta producția de biogaz.

Industria cărnii

Materia primă pentru obținerea biogazului rezultă în primul rând din activitatea de abatorizare prin sângele nevalorificat ca atare sau în alte preparate, prin conținutul stomacal al animalelor sacrificate, apoi din alte secții, prin deșeurile grase de la topitorii de grăsime, deșeurile de la preparatele din carne, eviscerările de la abatoarele de păsări, prelucrarea intestinelor. Se estimează că de la fermentarea metanogenă a deșeurilor care rezultă de la sacrificarea și prelucrarea cărnii provenite de la un cap de animal se pot obține:

- 0,8 m³ biogaz de la un porc de 65 kg
- 2,4 m³ biogaz de la o vită de 300 kg
- 0,05 m³ biogaz de la o găină medie

Pentru ca obținerea de biogaz să fie cât mai eficientă este indicat ca deșeurile de abator și de la prelucrarea cărnii să fie recoltate separat de apele de spălare, cu care nu trebuie să se amestece. În acest fel pentru fermentația metanogenă se va dispune de material concentrat sub raportul potențialului, iar apele reziduale nu vor mai avea o încărcare atât de mare, fiind mai ușor de epurat.

Industria peștelui

Din tabelul nr. 14 se poate vedea că apele reziduale din industria peștelui au o încărcare organică, exprimată în CBO₅, foarte mare. Aceste ape pot constitui ca atare o materie primă bună pentru producerea biogazului, putându-se conta pe o producție de biogaz de 10-12 m³ de biogaz pentru fiecare metru cub de apă prelucrată, având încărcările din tabel. În schimb, apele reziduale provenite de la fermele piscicole sau de la întreprinderile piscicole au încărcări mici care se situează sub baremul economic (energetic) de prelucrare în biogaz.

Fabrici de drojdie

Apele uzate rezultate de la fabricarea drojdiei sunt foarte încărcate cu substanțe organice care se găsesc, în cea mai mare parte, în stare dizolvată, sub formă de dextrine, zaharuri, rășini, acizi organici și, în mai mică măsură, suspensii reprezentate de resturi de drojdii. Un studiu de caz, efectuat asupra fabricii de drojdie „Seineana” din Seini – Maramureș, arată că apele recoltate direct de la anumite faze de producție au avut următoarele încărcări organice exprimate în CBO₅:

- | | |
|---|--------|
| • Spălarea rezervoarelor de fierbere și limpezire a melasei | 24.552 |
| mg/dm ³ | |
| • Spălarea linurilor de fermentare | 8.575 |
| mg/dm ³ | |
| • Filtrare prin filtre presă | 4.863 |
| mg/dm ³ | |

În comparație cu încărcările de mai sus, efluentul total al apelor uzate de la aceeași fabrică în care apele de mai sus sunt amestecate și cu alte ape mai puțin poluate, a avut o încărcare de 3900 mg/dm³. Este evident că separând, la sursă, apele foarte încărcate de celelalte se va obține o materie primă bună pentru instalația de biogaz și

niste ape reziduale mult mai puțin încărcate, a căror epurare nu va mai ridica probleme prea grele. În domeniul managementului apelor reziduale, acest procedeu este cunoscut sub denumirea de „epurare secvențială”.

Fabrici de zahăr

O situație similară se regăsește și la fabricile de zahăr. Dacă la apele reziduale provenite din circuitul de transport-spălare sfeclă, încărcările în CBO_5 sunt de ordinul $200 - 650 \text{ mg/dm}^3$, apele care se scurg din câmpurile de depozitare a nămolului de la purificarea zemurilor au $16-20.000 \text{ mg/dm}^3$ ar cele de pe platformele de depozitare a borhotului cca. 10.000 mg/dm^3 . În situația în care este organizată colectarea separată a acestor scurgeri trebuie ținut seama de faptul că apele reziduale provenite de la prelucrarea sfeclii de zahăr sunt relativ sărace în azot. Acest lucru se poate corecta fie prin combinarea acestor ape cu altele care conțin mai mult azot, fie introducând nutrienți cu azot în alimentarea zilnică a fermentatorului instalației de biogaz.

Industria uleiurilor vegetale

Deși foarte poluante, apele reziduale de la fabricarea uleiului nu sunt utilizate curent la producerea biogazului și iată de ce: Cea mai mare încărcare organică (62.000 mg/dm^3) o au apele de la scindarea Soapstock-ului adică a săpunurilor rezultate de la neutralizarea uleiului cu hidroxid de sodiu. Scindarea, în vederea obținerii acizilor grași, se face cu ajutorul acidului sulfuric și, în consecință, apele rezultate vor fi foarte bogate în sulfat de sodiu. Or o concentrație ridicată de sulfați, are o acțiune inhibitoare asupra bacteriilor metanogene și deci acestea nu se pot dezvolta.

Industria conservelor de legume și fructe

Apele provenite din această industrie sunt, în general, puțin încărcate organic (CBO_5). Ele nu prezintă, deci, interes din punctul de vedere al obținerii biogazului.

Industria berii și a malțului

Un studiu de caz, efectuat la fabrica de bere Grivița, a arătat că efluentul total al apelor uzate nu prezintă încărcări exagerat de mari, fiind de $1500 - 1600 \text{ mg/dm}^3 \text{ CBO}_5$. Există însă secții din care rezultă ape mai încărcate cum ar fi:

- Fierberea 2604 mg/dm^3
- Fermentația I și II 2200 mg/dm^3

Acestea ar putea fi colectate separat și prelucrate prin fermentație metanogenă deși, în literatura de specialitate, acest demers este destul de rar.

Fabricarea malțului nu generează ape cu încărcări care să justifice fermentația metanogenă. ($600 - 900 \text{ mg/dm}^3 \text{ CBO}_5$).

Industria vinului, a spirtului și băuturilor spirtoase

Deșeurile din industria vinului sunt, în principal, două: tescovina, de la presarea strugurilor și drojdia de vin, depusă în recipientii în care are loc fermentarea alcoolică a

vinului. În ambele cazuri este rațional ca, din aceste deșeuri, să se extragă prețioșii tartrați aflați, mai ales, sub formă de bitartrat de potasiu (destul de perisabil) care se procesează fie în tartrat de calciu (ce poate fi depozitat și livrat unei fabrici zonale de acid tartric), fie în acid tartric dacă se justifică sub raportul capacității.

După recuperarea tartraților, apele reziduale cu încărcări organice mari, pot constitui materia primă pentru obținerea biogazului. Pentru dimensionarea corectă a instalațiilor de producere a biogazului din aceste materii prime este foarte important să se determine în prealabil compoziția și potențialul metanogen al acestora deoarece, deși ridicat, el poate varia în limite largi în funcție de tehnologia de procesare din amonte.

Cele de mai sus sunt valabile și pentru deșeurile din industria produselor spirtoase, cum sunt marcurile de fructe (prune, mere etc.) care au de asemenea un potențial metanogen ridicat dar care trebuie bine cunoscute sub raportul compoziției în vederea dimensionării și proiectării corecte a unei instalații de biogaz.

Un caz aparte îl prezintă borhotul rezultat de la fabricarea spiritului din melasa rezultată la fabricarea zahărului din sfeclă. Acest borhot are o încărcare organică foarte mare, de ordinul 35.000-50.000 mg/dm³ CBO₅ și poate constitui un bun substrat pentru obținerea de biogaz. Cum apele reziduale, provenite din aceste fabrici, constituie o problemă grea sub raportul epurării lor în vederea conformării cu actele normative de protecție a mediului, tratarea lor anaerobă într-o instalație de producere a biogazului poate constitui o primă treaptă din fluxul de epurare, mult mai avantajoasă decât procedeele de epurare aerobe.

Resurse din așezări umane

În practica gospodăriei comunale, din care derivă și resursele de biogaz tratate în acest subcapitol, este încetățenită noțiunea de *locuitor echivalent*. Așezările umane se tratează deci, din punctul de vedere al apelor reziduale, care sunt purtătoare ale potențialului metanogen al așezării, prin această noțiune, de locuitor echivalent, notat prescurtat prin L_E.

Prin numeroase studii și statistici a fost stabilit că un L_E elimină zilnic o cantitate de poluant de 54 g CBO₅. Cum acesta este un indicator de încărcare organică indirectă și biodegradabilă, există o relație directă între cantitatea de CBO₅ evacuată dintr-o localitate și potențialul metanogen total al efluentului sub formă de ape reziduale ale localității.

Se mai cunoaște că apele uzate orășenești nu trebuie să aibă o încărcare organică mai mare de 300 mg/dm³ CBO₅, în condițiile în care se respectă actul normativ NTPA 002/2002 care reglementează limitele de încărcări ale acestor ape. Din bilanțul energetic al instalațiilor de biogaz rezultă că încărcarea minimă în CBO₅ a substratului supus fermentării trebuie să fie de 2000 mg/dm³. Din această cauză apele uzate orășenești sunt supuse inițial unei decantări fizice prin care se separă nămolul ce va fi introdus în fermentatoarele de biogaz. În acest fel se pierde o parte din potențialul inițial al apelor reziduale astfel încât din cele 54 g/L_E.zi mai rămân cca. 18 g/L_E.zi. Restul

potențialului se regăsește în supernatantul decantorului (apa decantată) care urmează un tratament de epurare biologică aerobă.

Pentru exemplificare se consideră o localitate cu 50.000 L_E . Încărcarea organică echivalentă va fi de $50.000 L_E \times 0,054 \text{ kg}/L_E \cdot \text{zi} = 2700 \text{ kg}/\text{zi}$ CBO_5 . Încărcarea utilizabilă pentru producerea biogazului va fi de numai $50.000 L_E \times 0,018 \text{ kg}/L_E \cdot \text{zi} = 900 \text{ kg}/\text{zi}$ CBO_5 .

Cum din fiecare kilogram de CBO_5 introdus la fermentare metanogenă rezultă cca. $0,6 \text{ m}^3$ biogaz, se va putea conta pe o resursă de $2700 \text{ kg}/\text{zi} \times 0,6 \text{ m}^3/\text{kg} = 1620 \text{ m}^3/\text{zi}$ biogaz.

CRITERII DE ALEGERE ȘI DIMENSIONARE A INSTALAȚIILOR DE BIOGAZ

Când cineva își propune să realizeze o instalație de producere a biogazului, probabil că prima întrebare pe care și-o pune este „Cât de mare trebuie să fie ea?”

La această întrebare pot exista mai multe răspunsuri. De pildă :

- Trebuie să satisfacă energetic utilizatorul;
- Trebuie să asigure prelucrarea integrală a materiilor prime disponibile local;
- Trebuie să asigure prelucrarea materiilor prime dintr-o zonă a cărei întindere se stabilește pe criterii tehnico-economice.

Primul criteriu este caracteristic instalațiilor de producere a biogazului care urmează să deservească din punct de vedere energetic un anumit sau mai mulți utilizatori.

Cel de al doilea reprezintă un punct de vedere ecologic când instalația de producere a biogazului este chemată să sanitarizeze un anumit loc prin distrugerea, pe calea fermentării anaerobe, a reziduurilor organice poluante pentru îndepărtarea cărora nu există alternative mai economice.

Cel de al treilea criteriu îndeplinește cerințele primelor două criterii în sensul că îndepărtează reziduurile organice și prin aceasta sanitarizează o zonă mai întinsă, instalația de biogaz fiind amplasată în centrul strategic al resurselor ținând seama și de potențialii utilizatori. În general vorbind, aceasta este situația instalațiilor centralizate de producere a biogazului care, în prezent, au tendință de aplicare extensivă în țările Europei.

În acest capitol se vor expune modalitățile de elaborare a răspunsurilor la problemele arătate anterior.

Stabilirea necesarului de biogaz la utilizator

Utilizatorul, unul sau mai mulți, are/au nevoie de biogaz pentru satisfacerea următoarelor cerințe, enumerate în ordinea priorității lor:

- Energie termică pentru prepararea hranei;
- Energie termică pentru încălzirea apei menajere,
- Energie termică pentru încălzirea locuinței;
- Energie electrică pentru nevoile casnice.

În cele ce urmează se va lua în considerare cazul unei familii clasice, de patru persoane, care locuiește într-o casă cu 4 camere, într-o zonă cu climă temperată. Prin extrapolare, specialistul în instalații va ști să calculeze necesitățile, termică și electrică, în cazuri mai complicate care pot reuni în case tip bloc, mai multe familii.

Necesarul de energie termică pentru prepararea hranei

Pentru cazul considerat este suficientă o mașină de gătit cu patru ochiuri. Aceste ochiuri vor fi utilizate astfel:

- La micul dejun vor arde două ochiuri timp de câte o jumătate de oră fiecare.
- La prepararea prânzului vor arde patru ochiuri, în medie câte trei sferturi de oră fiecare.
- La prepararea cinei vor arde două ochiuri, câte o jumătate de oră fiecare.
- Eventual și cuptorul va fi utilizat zilnic câte 45 minute.

Însumând duratele de mai sus rezultă:

- Cinci ore de ardere a gazului la un ochi;
- 45 minute de ardere a gazului la cuptor.

Un ochi consumă, în medie, 200 l gaz pe oră. Pentru cinci ore de ardere va fi nevoie de 1000 l biogaz, respectiv 1 m³.

Cuptorul consumă, în medie, 480 l gaz pe oră. În 45 minute va avea nevoie de 360 l biogaz.

Rezultă că pentru gătit necesarul acestei familii este de 1,36 m³/zi biogaz.

Pentru un calcul mai generalizat se pot utiliza datele următoare care arată necesarul de biogaz pentru gătit în funcție de numărul de persoane :

- 1 persoană0,4 – 0,45 m³/zi
- 2 persoane.....0,35 – 0,4 m³/zi și persoană
- 3-4 persoane.....0,33 – 0,35 m³/zi și persoană
- 5-6 persoane.....0,3 – 0,33 m³/zi și persoană
- 7-10 persoane.....0,25 – 0,3 m³/zi și persoană

Se observă cum scade consumul specific de gaz pentru o persoană atunci când numărul acestora crește, ceea ce este logic.

Necesarul de energie termică pentru încălzirea apei menajere

În tabelul următor este specificat necesarul de biogaz pentru încălzirea apei menajere.

Modul de încălzire a apei	Numărul membrilor de familie			
	3	4	6	8
Încălzire directă pe arzătorul mașinii de gătit	1,6	1,9	2,7	3,6
Încălzire în boiler, inclusiv cu duș	1,9	2,3	3,3	4,3

În exemplul considerat va fi nevoie de încă 1,9 m³ biogaz la încălzirea apei menajere pe ochiul mașinii de gătit sau de 2,3 m³ biogaz în cazul utilizării unui boiler.

Necesarul de energie termică pentru încălzirea locuinței

Pentru încălzirea locuinței, desigur în perioada friguroasă, necesarul de biogaz este redat în tabelul următor, diferențiat pe trei moduri de realizare a izolației termice a locuinței

Modul de realizare al izolației termice	Necesarul de biogaz pentru încălzit	
	m ³ /m ³ .oră	m ³ /m ³ pentru 10 ore
Izolație termică foarte bună	0,021 – 0,025	0,21 – 0,25
Izolație termică de calitate mijlocie	0,023 – 0,027	0,23 – 0,27
Izolație termică slabă	0,035 – 0,038	0,35 – 0,38

În cazul locuinței considerate, de 4 camere, cu o suprafață totală de 75 m² și un volum total de încălzit de cca. 200 m³, necesarul de biogaz, pentru 10 ore de încălzire, va fi, în medie, de :

$$200 \text{ m}^3 \times 0,23 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 46 \text{ m}^3 \text{ pentru o locuință bine izolată termic}$$

$$200 \text{ m}^3 \times 0,25 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 50 \text{ m}^3 \text{ pentru o locuință cu izolație termică medie}$$

$$200 \text{ m}^3 \times 0,37 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 74 \text{ m}^3 \text{ pentru o locuință slab izolată termic}$$

Însumând necesarul de biogaz pentru obținerea unui confort termic maxim care presupune gătitul, apa caldă și încălzirea locuinței pe timp de iarnă, necesarul de biogaz pentru exemplul considerat va fi:

$$1,36 \text{ m}^3/\text{zi} + 2,3 \text{ m}^3/\text{zi} + 46 \text{ m}^3/\text{zi} = 49,66 \text{ m}^3/\text{zi}$$

Necesarul de energie electrică

În cazul exemplului considerat necesarul de energie electrică poate fi și el diferențiat în funcție de gradul de confort dorit care, la rândul lui, determină felul și numărul consumatorilor de energie electrică. Pentru un caz mediu care asigură iluminatul și prize în toate încăperile pentru câteva aparate electrocasnice, puterea total instalată va fi de $P_i = 5$ kw, iar factorul de simultaneitate de cca. 0,6. Puterea efectivă necesară va fi deci de $P_{ef} = 3,0$ kw pe o durată medie de 8 ore/zi. Consumul de energie electrică va fi deci de 24 kwh/zi.

Pentru realizarea puterii efective de 3 kw este necesar un generator de cca. 3,3 kVA, antrenat de un motor termic de cca. 5 cai putere. Un astfel de convertor al biogazului în energie electrică ar consuma cca. 3 m³/h biogaz adică, în total 24 m³ biogaz în cele 8 ore de funcționare. Astfel de convertoare sunt realizate însă cu recuperarea avansată a căldurii degajate de motorul termic și din gazele de ardere astfel încât energia electrică reprezintă doar un sfert din energia adusă de biogaz și cca. o treime din energia totală produsă. Cei 24 m³ de biogaz necesari se vor împărți deci astfel:

- 6 m³ biogaz pentru energie electrică;
- 18 m³ biogaz pentru energie termică;
- 6 m³ biogaz pierderi.

Cum energia termică recuperată de la convertor este sub formă de apă caldă, aceasta poate fi utilizată foarte bine fie la încălzirea locuinței fie la prepararea apei menajere.

În final, calculul necesarului de biogaz pentru asigurarea unui confort maxim în cazul considerat va arăta astfel:

- Biogaz pentru gătit.....	1,36 m ³ /zi
- Biogaz pentru apă caldă menajeră.....	2,3 m ³ /zi
- Biogaz pentru încălzirea locuinței.....	46,0 m ³ /zi
- Biogaz pentru energie electrică.....	24,0 m ³ /zi
Total.....	73,66 m ³ /zi
Se scade echivalentul energiei termice recuperate...	18,0 m ³ /zi
Total necesar net	55,66 m³/zi

Se observă că, față de necesarul total de biogaz (73,66 m³/zi), pentru satisfacerea unui confort maxim, în exemplul considerat, consumurile energetice parțiale sunt repartizate astfel :

- Pentru gătit.....	1,85 %
- Pentru apa caldă menajeră.....	3,12 %
- Pentru încălzirea locuinței.....	62,45 %
- Pentru energie electrică.....	32,58 %
Total	100,00 %

Dacă se operează scăderea din necesarul de biogaz pentru încălzirea locuinței, a celor 18 m³/zi, corespunzătoare energiei termice recuperate de la convertor, rămân 46 – 18 = 28 m³/zi biogaz care va fi solicitat instalației de producere a biogazului iar tabloul distribuției energetice, față de noul total de 55,66 m³/zi, va arăta astfel:

- Pentru gătit.....	2,44 %
- Pentru apa caldă menajeră.....	4,13 %
- Pentru încălzirea locuinței.....	50,31 %
- Pentru energie electrică.....	43,12 %
Total	100,00 %

Pe acest model de calcule se pot determina nevoile energetice ale beneficiarilor instalațiilor de biogaz, în varii situații, depinzând de anumite date specifice fiecărui caz în parte.

STABILIREA POTENȚIALULUI METANOGEN AL UTILIZATORULUI

Cantitatea de biogaz care poate fi obținută din deșeurile organice ale unei gospodării depinde de mulți factori care țin, invariabil, de puterea și de structura economică a ei. Aici se poate da un exemplu de evaluare a potențialului metanogen al unei microferme agricole, de tipul celor care se dezvoltă în prezent în mediul rural. Cum astfel de microferme există de multă vreme nu numai în țări vest-europene ci – în număr crescând – și în țările din estul Europei, exemplul dat în continuare e departe de a fi utopic.

O microfermă de tip agrozootehnic care dezvoltă culturi agricole pe 20 ha. pământ arabil, și are în exploatare zootehnică și industrială 20 vaci de lapte și 40 porci la îngrășat, 2 cai, 100 de găini ouătoare și numeroase deșeuri agricole ca paie, frunze verzi sau uscate, tulpini și lujeri de la zarzavaturile din grădină proprie precum și apa menajeră provenită de la cei patru locatari ai familiei și din pregătirea mâncării, poate conta pe următorul potențial de biogaz, evidențiat în tabelul următor:

RESURSA	U.M.	CANTITATE	BIOGAZ OBTENABIL m ³ /zi	
			Pe U.M.	Total
Vaci de lapte	cap.	20	1,4	28
Porci la îngrășat (65 kg)	cap.	40	0,2	8
Cai	cap.	2	1,0	2
Găini ouătoare	cap.	100	0.014	1,4
Locuitori echivalenți (L.E.)	cap.	4	0,06	0,24
Ierburi	kg/zi	5	0,05	0,25
Resturi vegetale tocate	kg/zi	5	0,1	0,5
Paie tocate	kg/zi	10	0,32	3,2
Frunze verzi	kg/zi	5	0,03	0,15
Total general	-	-	-	43,74

Pentru a stabili viabilitatea acestei rețete de alimentare a instalației de producere a biogazului se verifică raportul carbon/azot prin operații cuprinse în tabelul următor:

RESURSA	Cantitate pe cap (kg/zi)	Total kg/zi	Raportul C/N	Produs pt.calcul
Vaci de lapte	40	800	25	20.000
Porci la îngrășat (65 kg)	7	280	13	3.640
Cai	22	44	24	1.056
Găini ouătoare	0,2	20	15	300
Locuitori echivalenți (L.E.)	1,0	4	29	116
Ierburi	-	5	25	125
Resturi vegetale tocate	-	5	22	110
Paie tocate	-	10	87	870
Frunze verzi	-	5	41	205
Total general		1.173		26.422

Făcând raportul dintre totalul ultimei coloane și totalul celei de a treia coloane se obține raportul C/N pentru întregul amestec:

$26.422 / 1.173 = 22,5 = C/N$, care este un raport bun pentru producerea biogazului.

În calculul potențialului de mai înainte nu a mai fost luat în considerare efectul sinergic al amestecului de materii prime care, la rândul lui, potențează în mod semnificativ producția de biogaz, în medie, cu cca. 10%. Se poate conta deci pe o producție totală de biogaz, în exemplul considerat, de

$$43,75 \text{ m}^3/\text{zi} \times 1,1 = 48,125 \text{ m}^3/\text{zi} \text{ biogaz}$$

Cantitatea de biogaz de mai sus reprezintă producția brută. Atunci când fermentatorul de biogaz lucrează în regim mezofil (cel mai frecvent), experiența arată că, la o execuție îngrijită și cu o bună izolație termică, autoconsumul de biogaz (necesarul de biogaz pentru asigurarea regimului termic de producție) nu depășește 20% din producția brută. În cazul exemplificat va rămâne o cantitate de biogaz disponibil de

$$48,125 \text{ m}^3/\text{zi} \times 0,8 = 38,5 \text{ m}^3/\text{zi}$$

Față de necesarul de biogaz stabilit mai înainte, se pot concluziona următoarele:

- Cantitatea de biogaz disponibilă depășește cu mult necesarul de biogaz în timpul lunilor în care nu este necesară încălzirea locuinței (cca. 7 luni pe an);
- În perioada celor 7 luni există suficient biogaz pentru gătit, apă caldă menajeră și pentru producerea de energie electrică;

- În anotimpul rece producția netă de biogaz ajunge numai pentru pregătirea hranei, pentru apa caldă menajeră și pentru încălzirea a numai trei din cele patru camere ale locuinței.

BILANȚUL MATERIAL AL UNEI INSTALAȚII DE BIOGAZ

Bilanțul material al instalației de biogaz este interesant mai ales pentru a se înțelege mai ușor modificările dintre raporturile părților componente ale materialului înainte și după fermentare.

Spre exemplificare se dă în continuare un bilanț al unei instalații de biogaz care se alimentează zilnic cu câte 1000 kg dejecții care necesită o diluție cu apă, fiind prea concentrate în substanță uscată. În tabelul de mai jos sunt prezentate, alăturat, cifrele caracteristice ale componentelor principale înainte și după fermentare.

INTRĂRI	U.M.	CANTITĂȚI	IEȘIRI	U.M.	CANTITĂȚI
Dejecții	kg	1000	Nămol fermentat	kg	1964,5
Apă diluție	kg	1000	Biogaz 34 m ³	kg	35,5
Total	kg	2000		kg	2000,0
Substanță uscată (SU)	kg/%	169,9/8,5	Substanță uscată (SU)	kg/%	133,4/6,67
Substanță organică	kg/%	141,6/7,08	Substanță organică	kg/%	88,9/4,45
Carbon (în SU)	kg/%	45,9/27	Carbon (în SU)	kg/%	32,0/24
Azot (în SU)	kg/%	2,9/1,7	Azot (în SU)	kg/%	2,9/2,2
Raportul C/N	-	16	Raport C/N	-	11

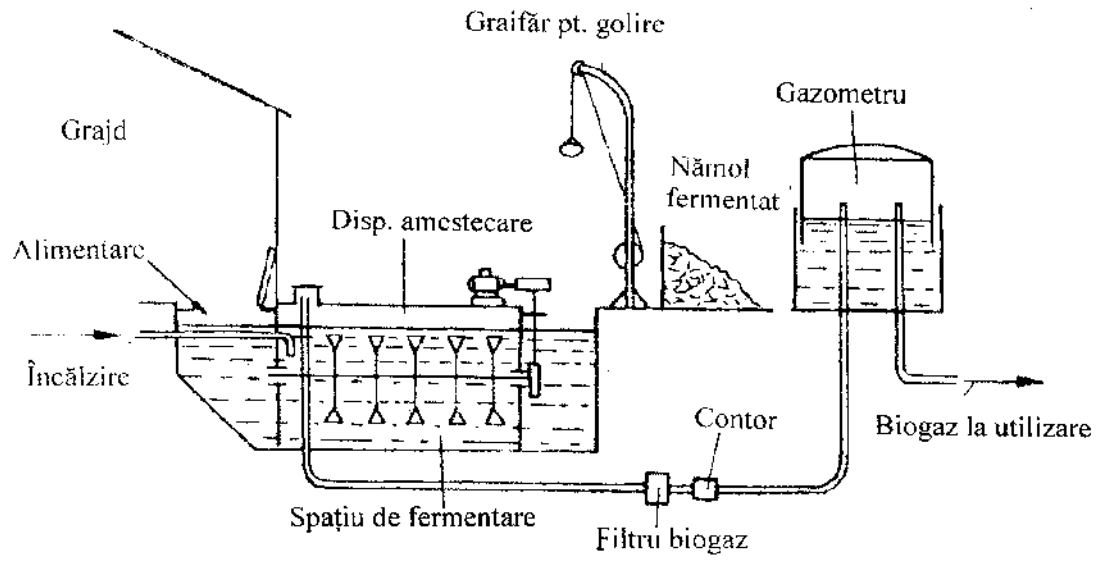
Din exemplul prezentat se observă următoarele:

- Cantitatea de material intrată este egală cu cantitatea de material ieșită;
- Substanța uscată și substanța organică scad în cursul fermentării;
- Conținutul de carbon scade prin fermentare;
- Conținutul de azot rămâne neschimbat;
- Raportul carbon/azot scade în favoarea azotului
- Are loc o lichefiere a materialului supus fermentării

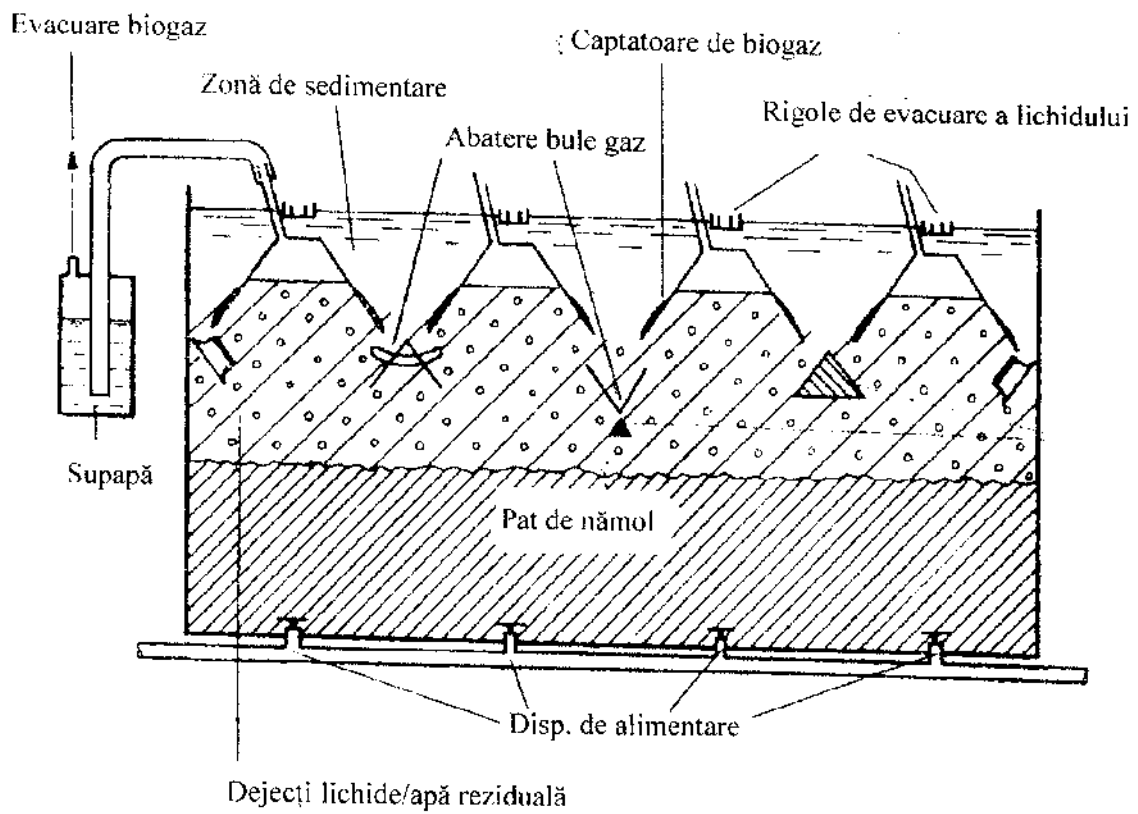
Nămolul din produsul fermentat este relativ ușor de separat de apa de nămol, ambele putând fi utilizate în scopul fertilizării solului.

DIFERITE MODELE DE INSTALAȚII DE BIOGAZ. EXEMPLE REALIZATE

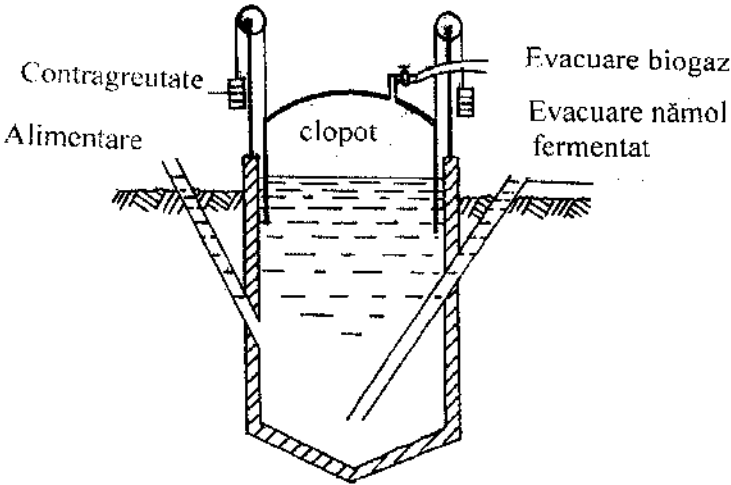
Există o varietate foarte mare de instalații de producere a biogazului. Tipurile de instalații diferă în funcție de procedeele de fermentare, de țară sau continent, de mărime, de natura materiei prime, de factori climatici etc. Aici vor fi prezentate principiile unor instalații tipice ca procedeu, apoi vor fi grupate, din punctul de vedere al capacității, în instalații mici, mijlocii și mari. În fiecare din categorii se vor arăta și realizările din România. O parte din instalațiile prezentate în acest capitol pot fi considerate ca având un caracter istoric, dar au fost reținute pentru că și ele pot cuprinde motive de inspirație tehnică pentru cei care vor să conceapă și să proiecteze o instalație de biogaz întrucât conțin soluții ingenioase pentru diferite componente ale instalației de biogaz.



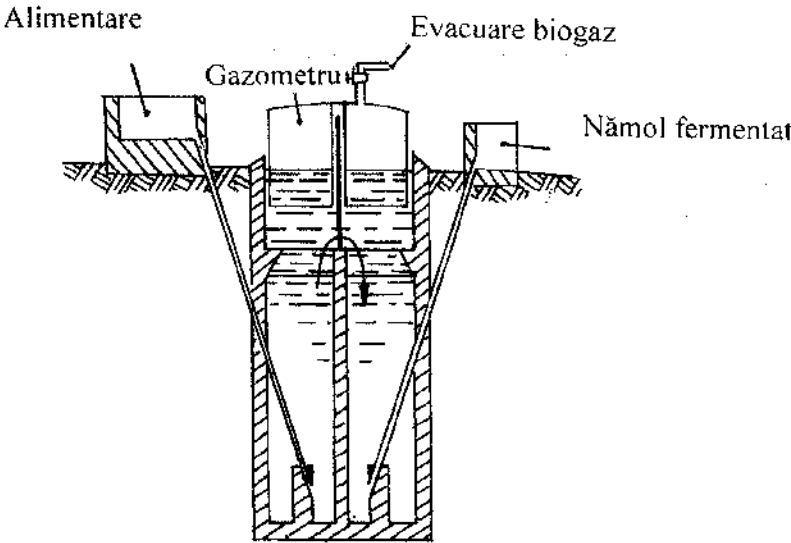
Instalație de biogaz după sistemul Darmstadt



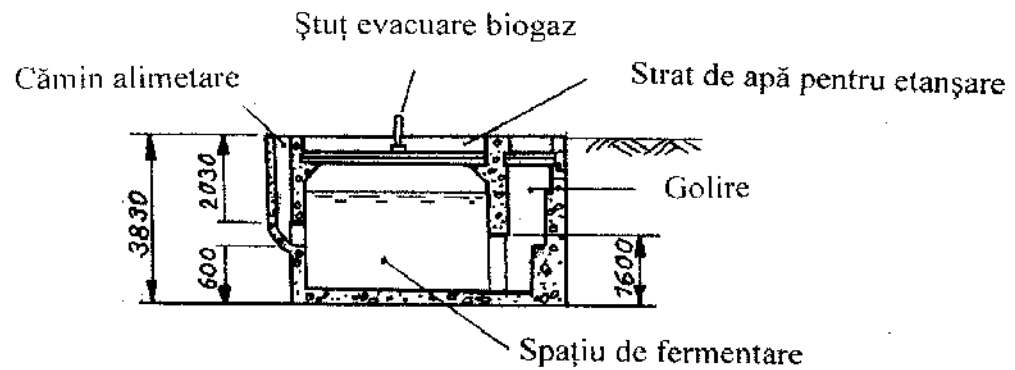
Instalație de biogaz sistem UASB – Vageningen (Anaerob de contact, Olanda 1979)



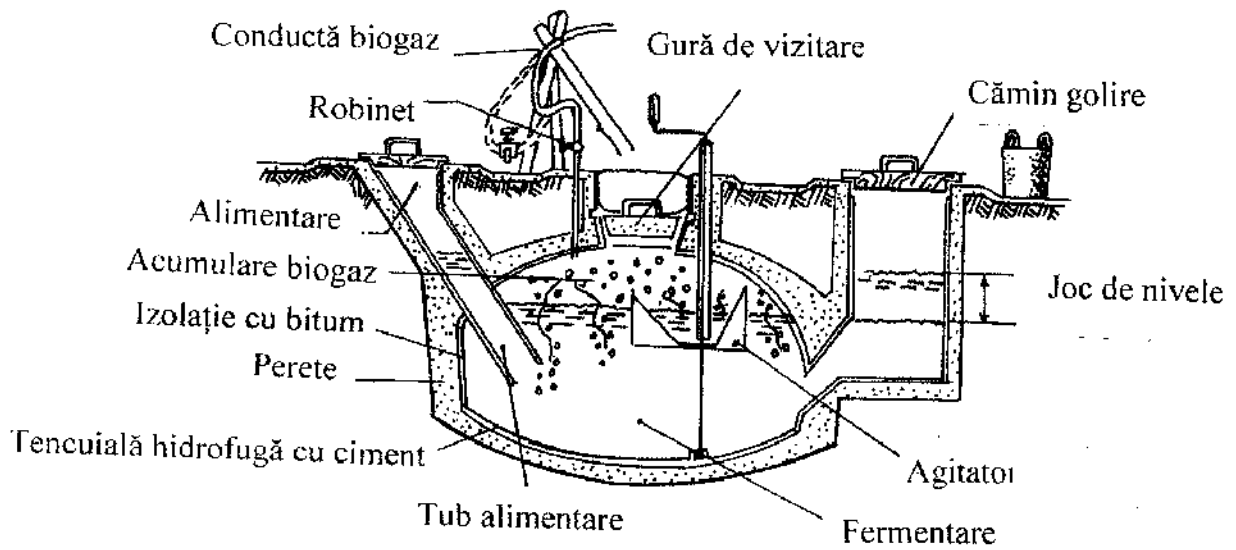
Instalație de biogaz brevet J.J. PATEL (India, 1950)



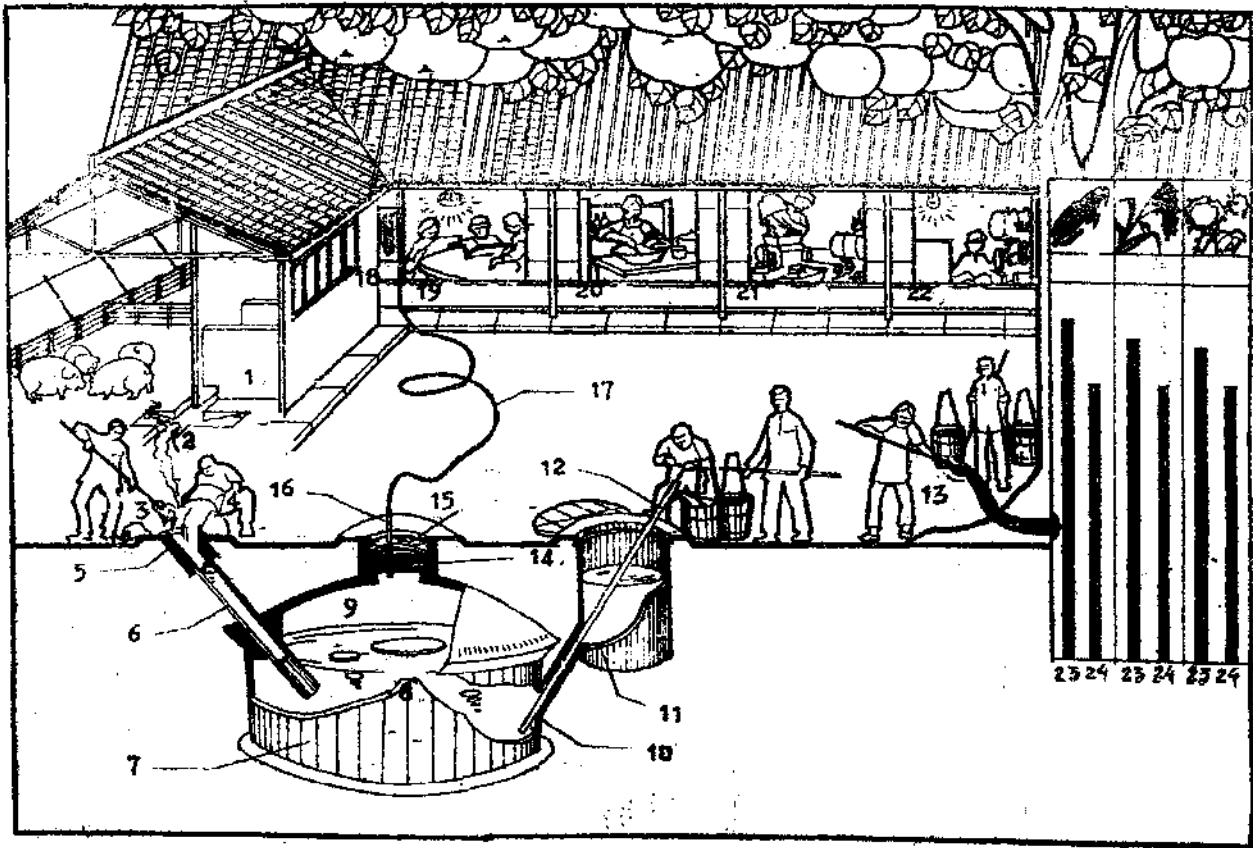
Instalație de biogaz tip KVIC



Fermentator paralelipipedic din provincia Sichuan (China)



Instalația de biogaz sistem DOM din provincia Sichuan (China)

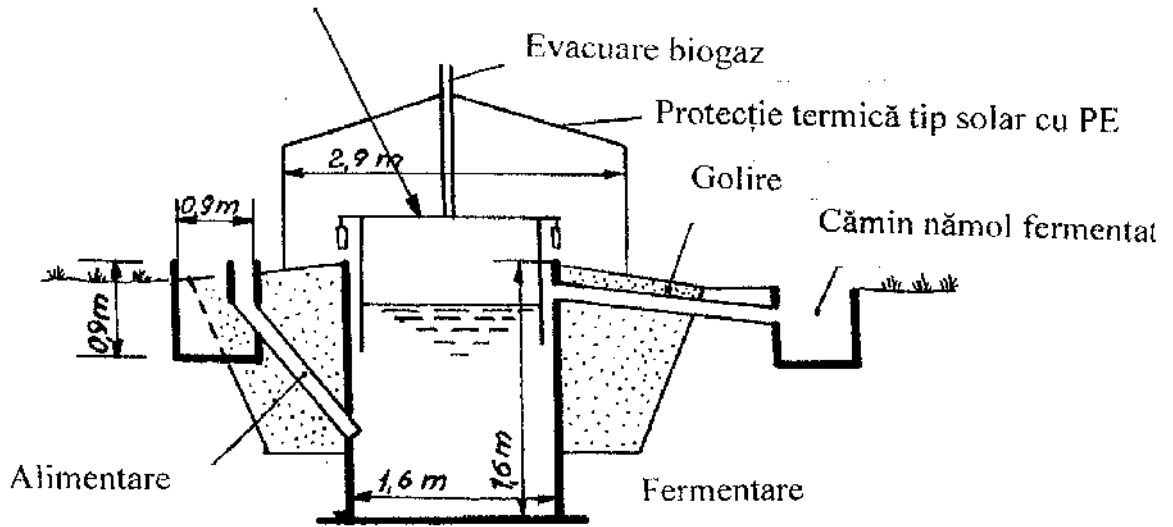


- 1- WC
- 2- Gunoi de grajd
- 3- Deșeuri ierboase
- 4- Apă
- 5- Punct alimentare
- 6- Tub alimentare
- 7- Fermentator
- 8- Spațiu util fermentare
- 9- Spațiu acumulare biogaz
- 10- Tub evacuare
- 11- Cămin nămol fermentat
- 12- Pompă nămol fermentat

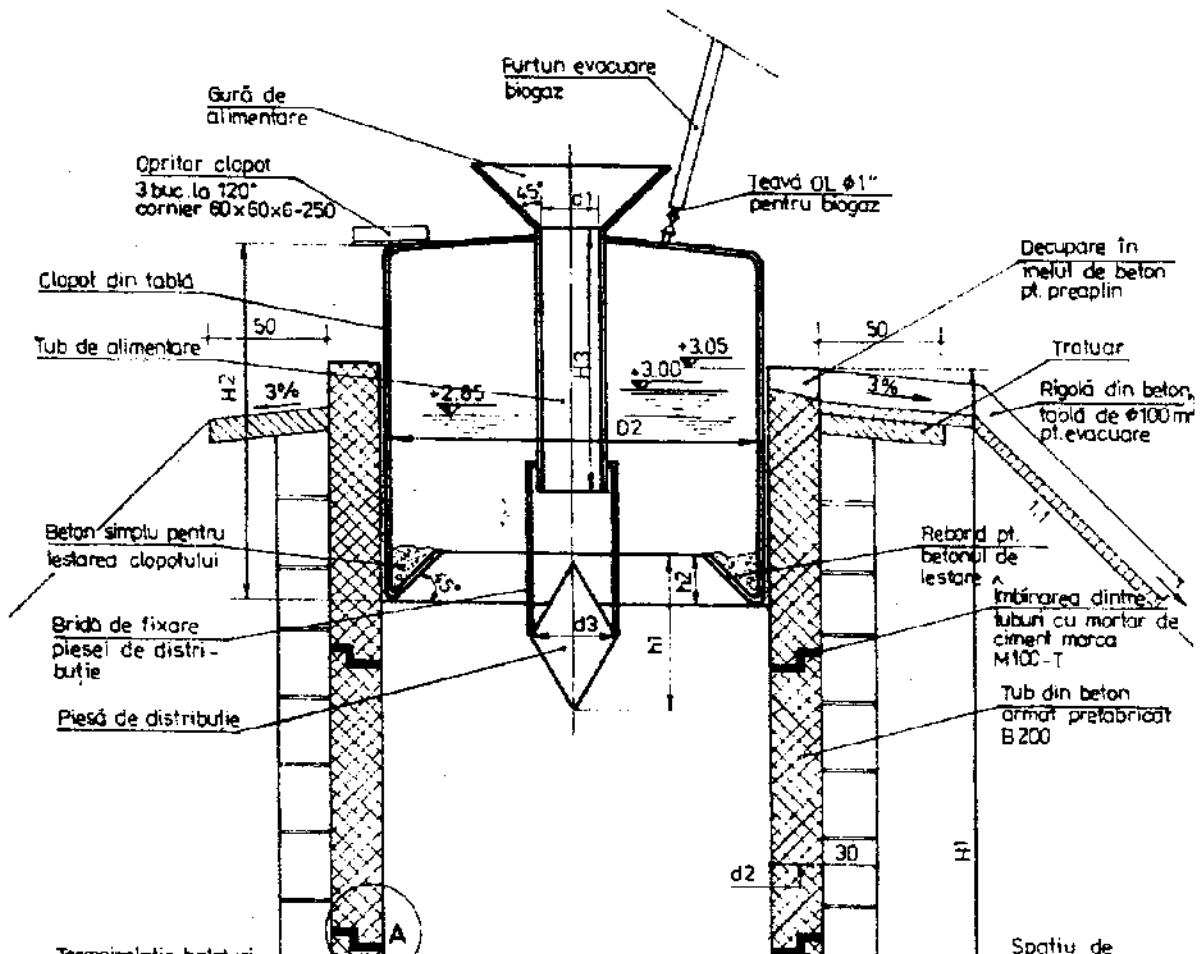
- 13- Nămol fermentat
- 14- Gură de vizitare
- 15- Zăvor hidraulic
- 16- Conductă biogaz
- 17- Tub biogaz
- 18- Contor biogaz
- 19- Iluminat casnic
- 20- Gătit
- 21- Decorticare orez
- 22- Aparatură electrocasnică
- 23- Nămol fermentat
- 24- Gunoi nefermentat

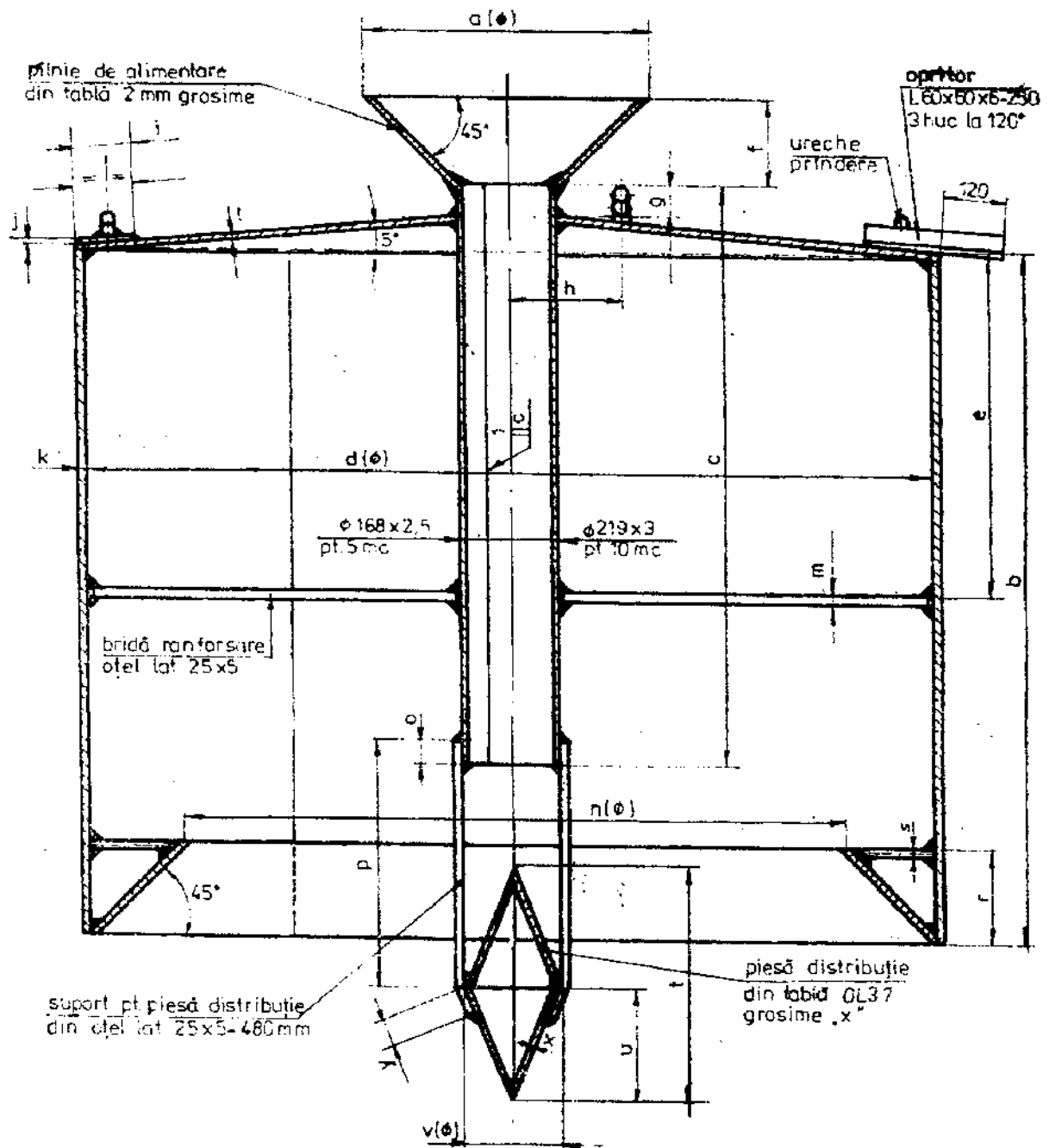
Vedere panoramică a instalației de producere și utilizare a biogazului în gospodării din China

Gazometru (lemn izolat cu PE)



Instalație de biogaz din Coreea

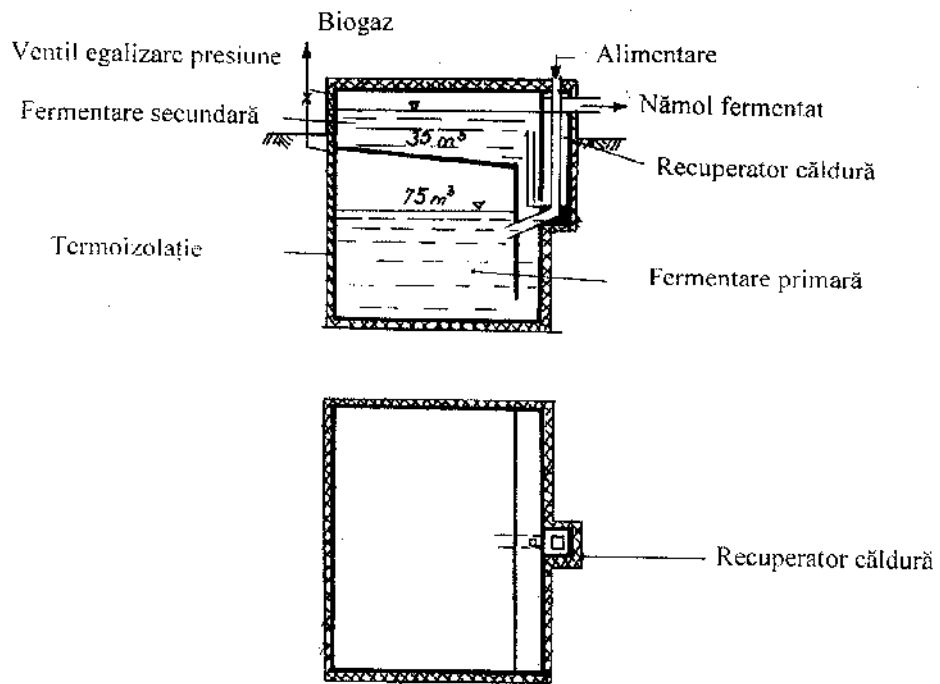




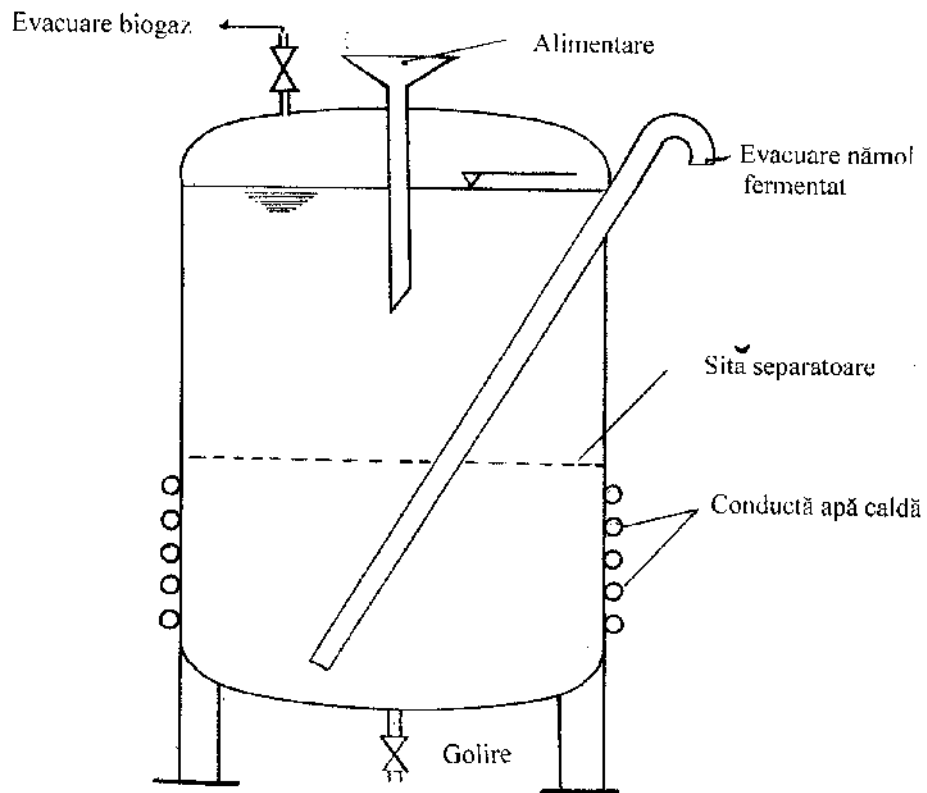
Dimensiuni în mm

Volu. de fermentare	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	r	s	t	u	v	x	y
5	480	1220	1050	1470	595	155	75	184	100	2	1,5	2	25	1160	50	450	160	5	500	250	180	15	40
10	600	1320	1180	1970	650	190	100	210	100	3	3	2	25	1570	50	570	200	5	600	300	220	2	40

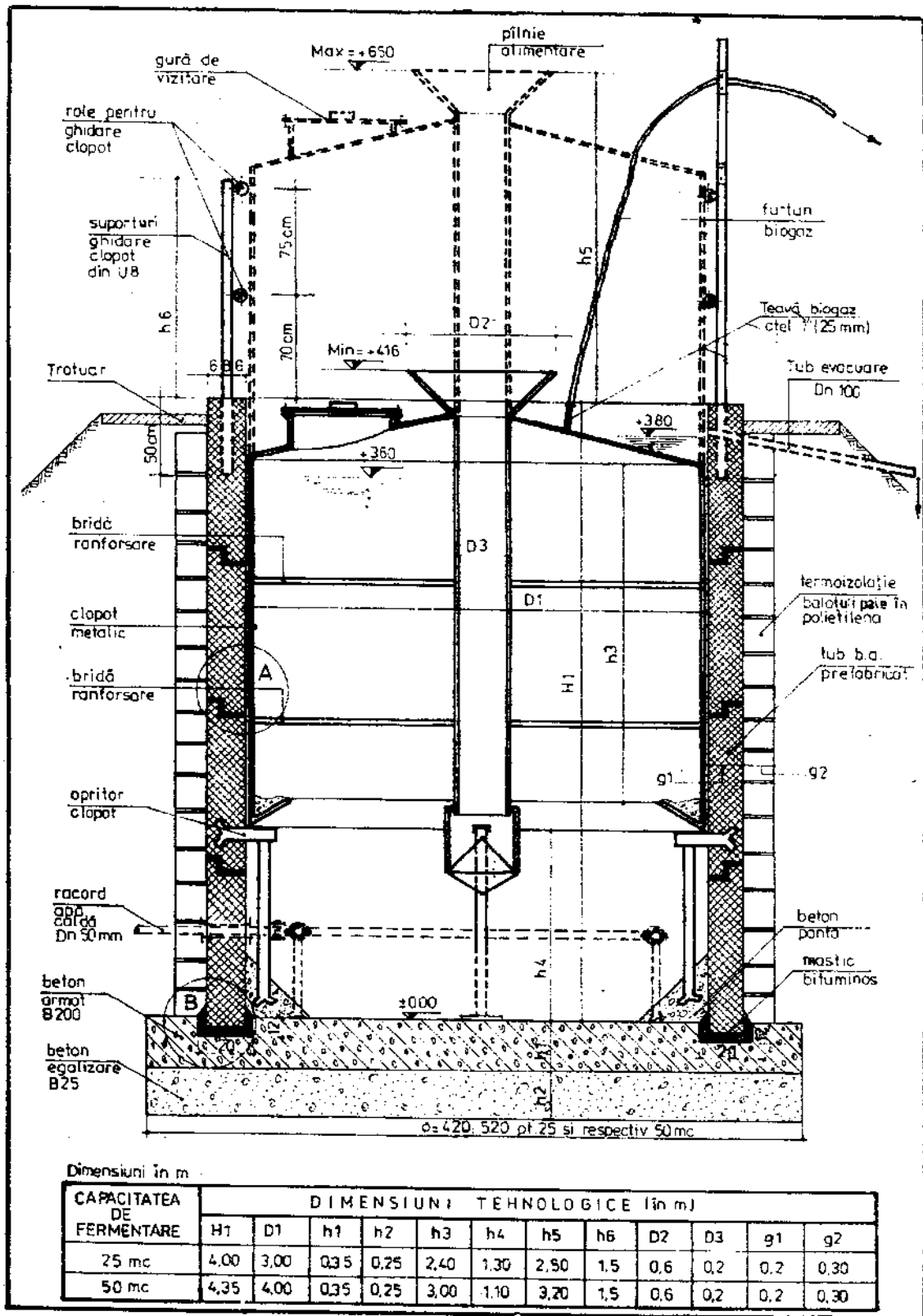
Clopot multifuncțional pentru instalațiile de biogaz de 5 și 10 m³ tip ICA



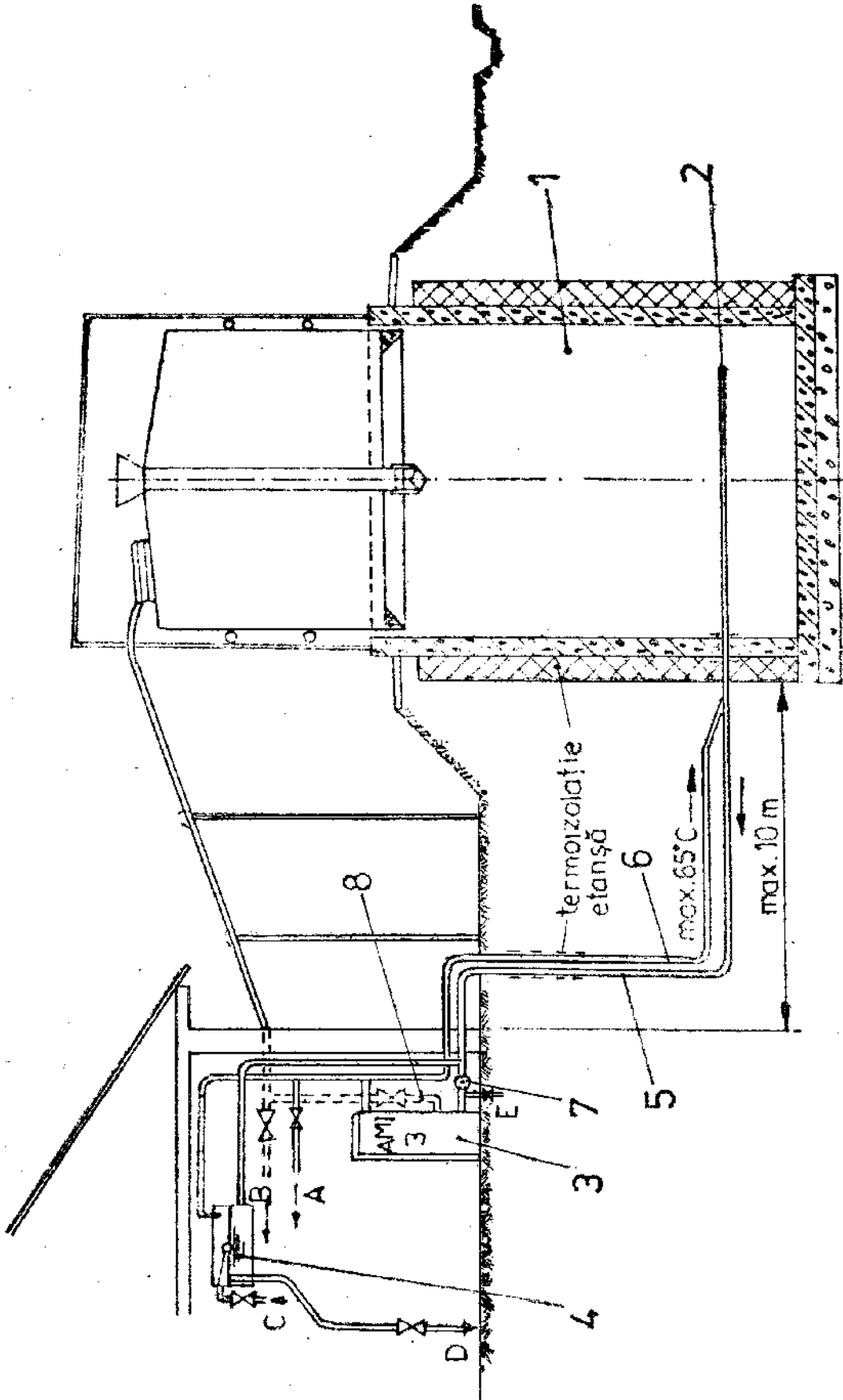
Instalație biogaz sistem BIMA – GÖBEL de 110 m^3 (Austria, Elveția)



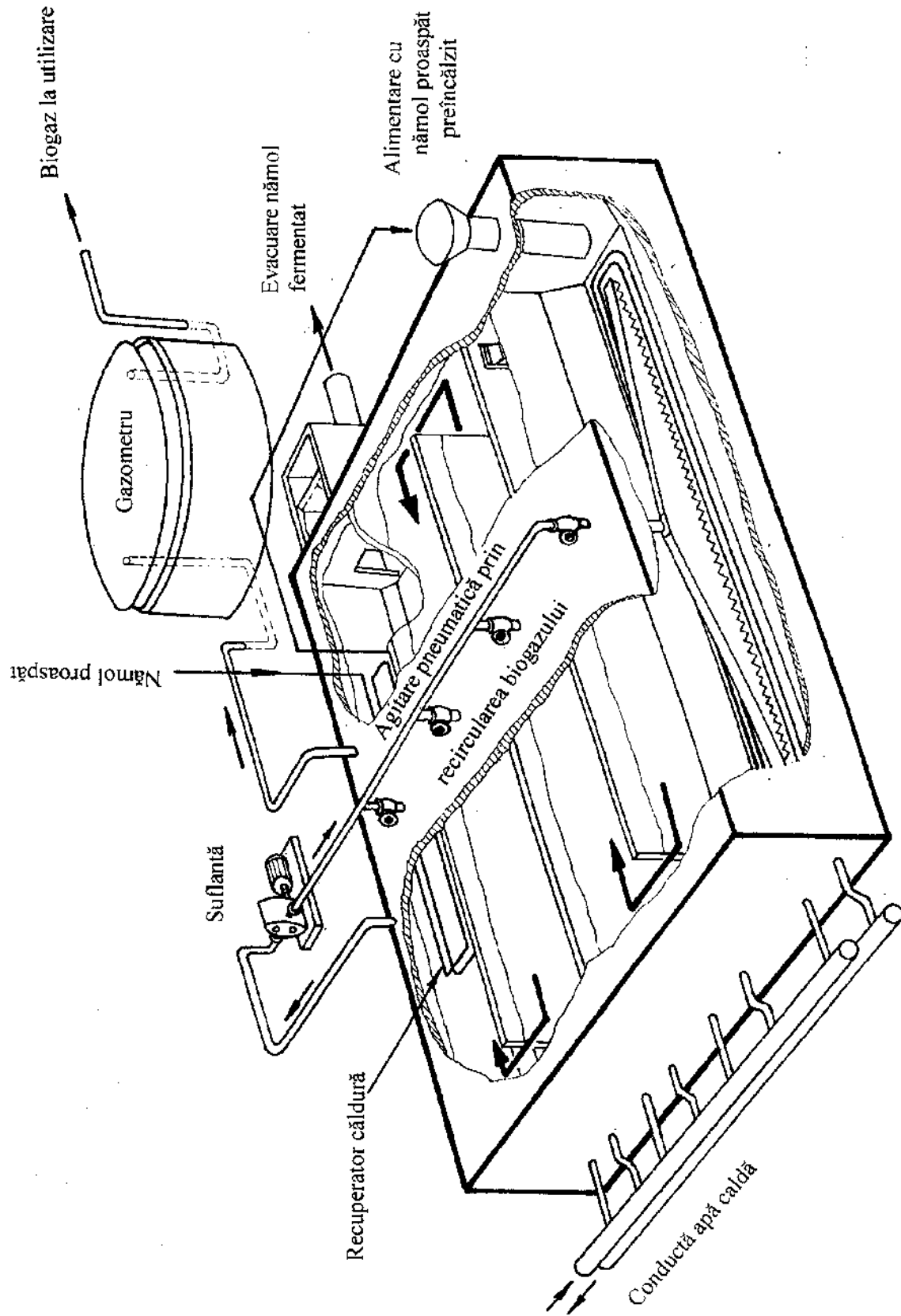
Generator de biogaz din Polonia



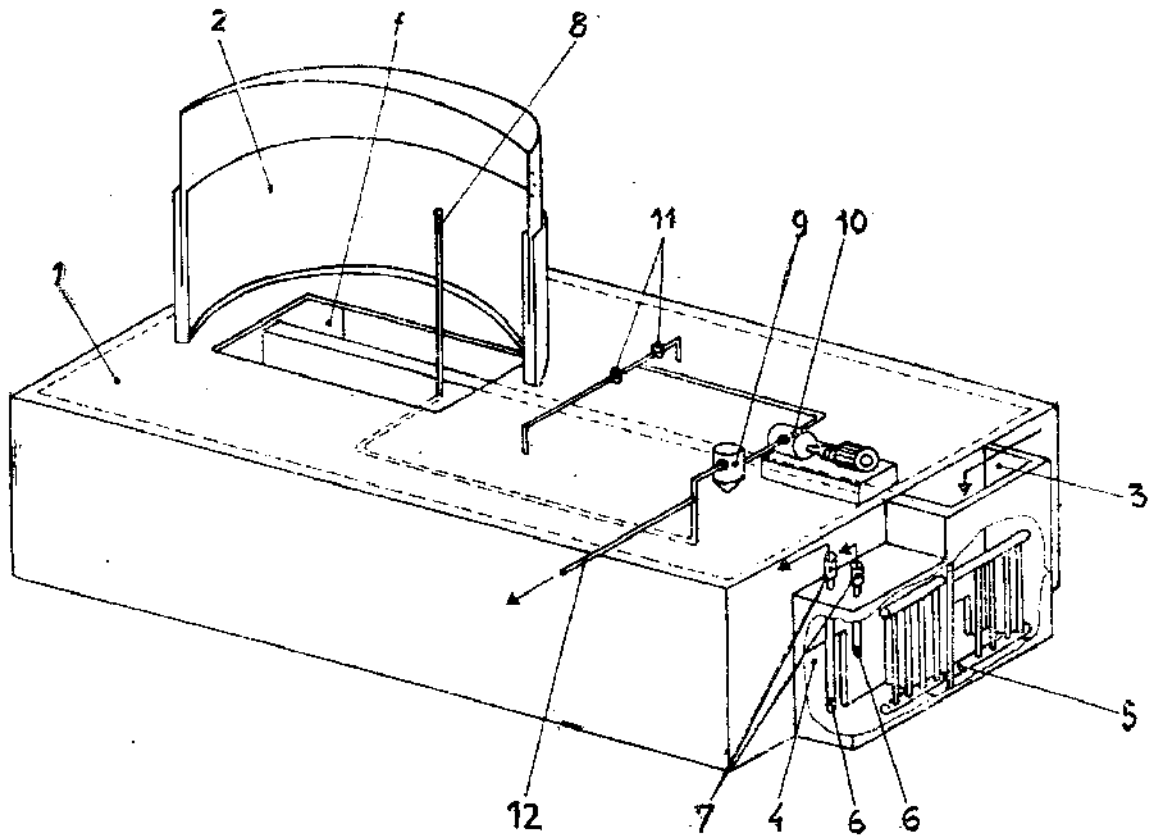
Instalații de biogaz tip ICA de 25 și 50 m³



Aspectul general al instalației de biogaz tip ICA de 25 și 50 m³

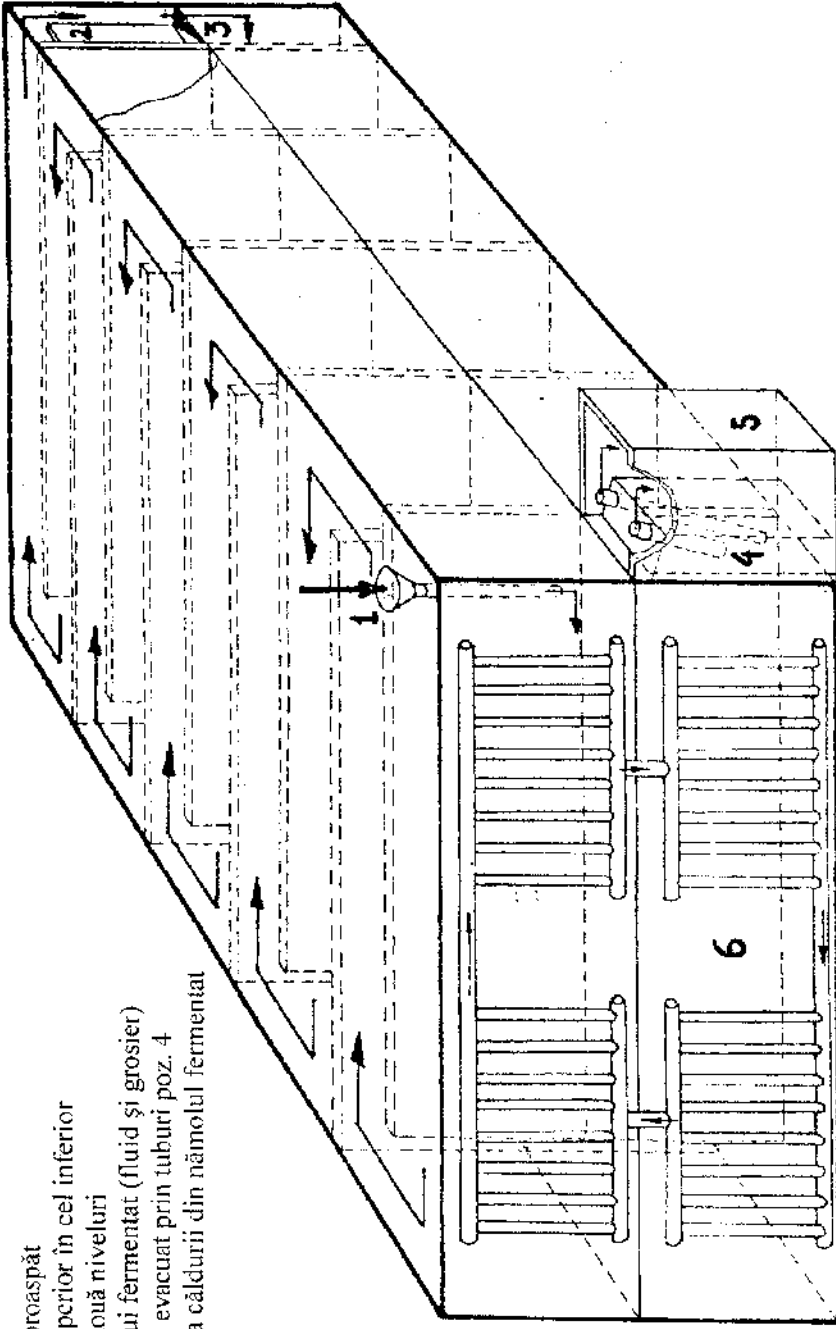


Instalație de producere a biogazului în flux orizontal
Schemă de principiu



1. Corpul fermentatorului
 2. Gazometru
 3. Cămin alimentare nămol proaspăt
 4. Cămin evacuare nămol fermentat
 5. Registru cu apă pentru recuperarea căldurii
 6. Conducte evacuare nămol fermentat
 7. Mufe de reglare a înălțimii preaplinului
 8. Conductă aspirație biogaz din gazometru
 9. Separator de condens și opritor de flacără
 10. Suflantă pentru agitare pneumatică a substratului prin recircularea biogazului
 11. Ventile electromagnetice pentru dirijarea secvențială a biogazului refulat de suflantă
 12. Conductă de biogaz spre utilizator
- f. Fantă decupată în plafonul fermentatorului pentru comunicare cu gazometru

Instalație de biogaz compactă, în flux orizontal, de capacitate medie (100 și 200 m³)



1. Pânie de alimentare cu material proaspăt
2. Deversor de trecere din nivelul superior în cel inferior
3. Golul de comunicare dintre cele două niveluri
4. Tuburile de evacuare a materialului fermentat (fluid și grosier)
5. Căminul de primire a materialului evacuat prin tuburi poz. 4
6. Registre cu apă pentru recuperarea căldurii din nămolul fermentat

Capacități proiectate și realizate : 1400 m³ la ferma Ioșia (Oradea)

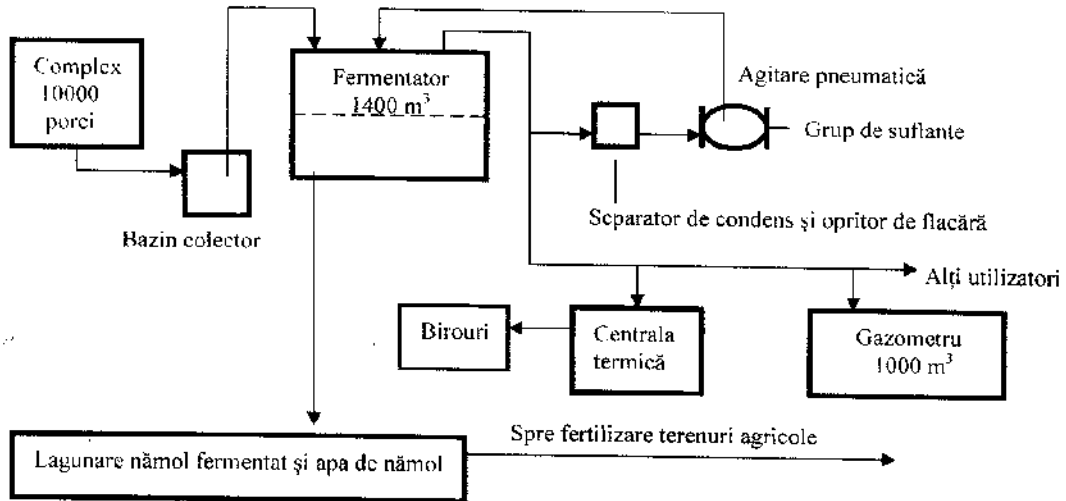
1400 m³ la I.A.S. Sascut

2000 m³ la ferma Santăul Mic (jud. Bihor)

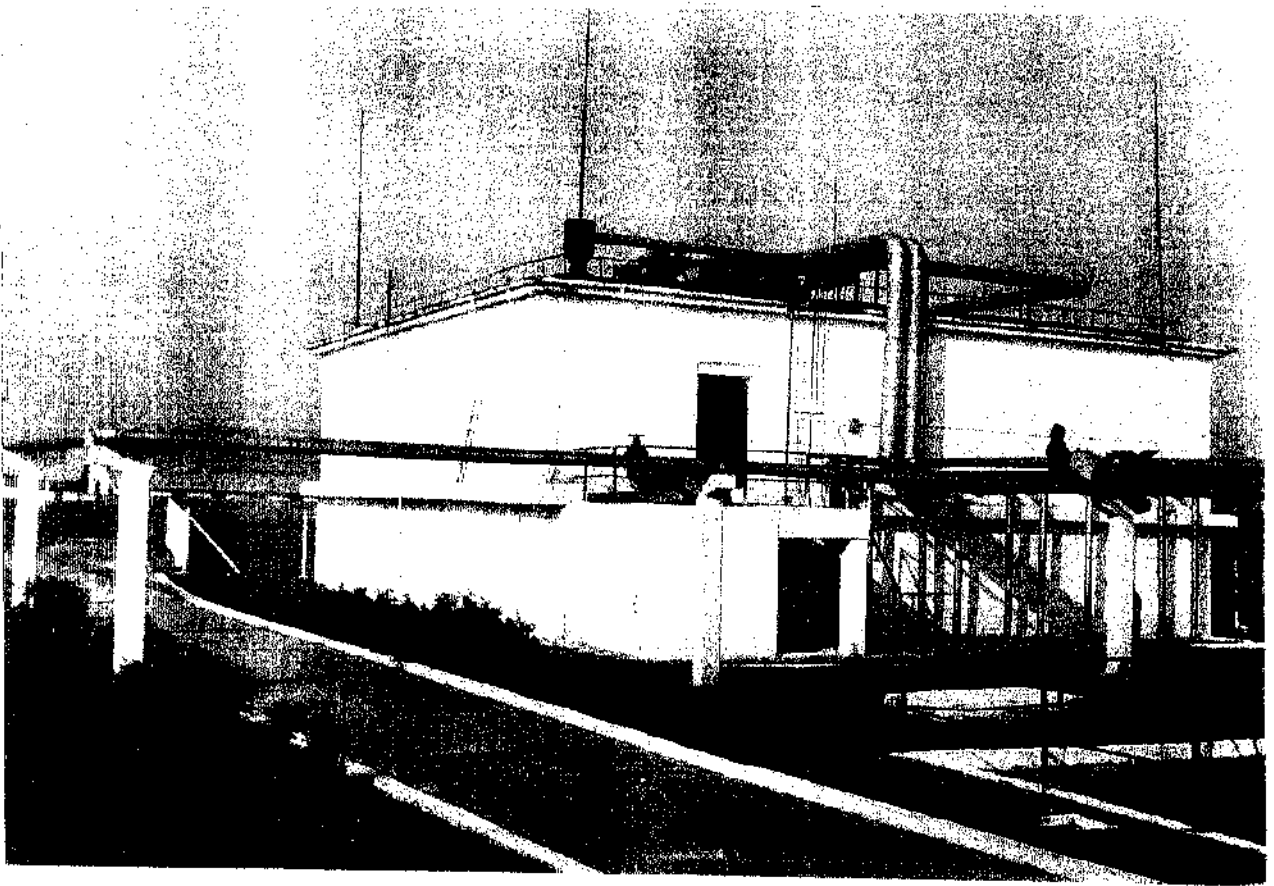
Capacități proiectate cu realizare neterminată : 3000 m³ la I.A.S. Avicola Buftea

2x3000 m³ la I.A.S. Tinca (jud. Bihor)

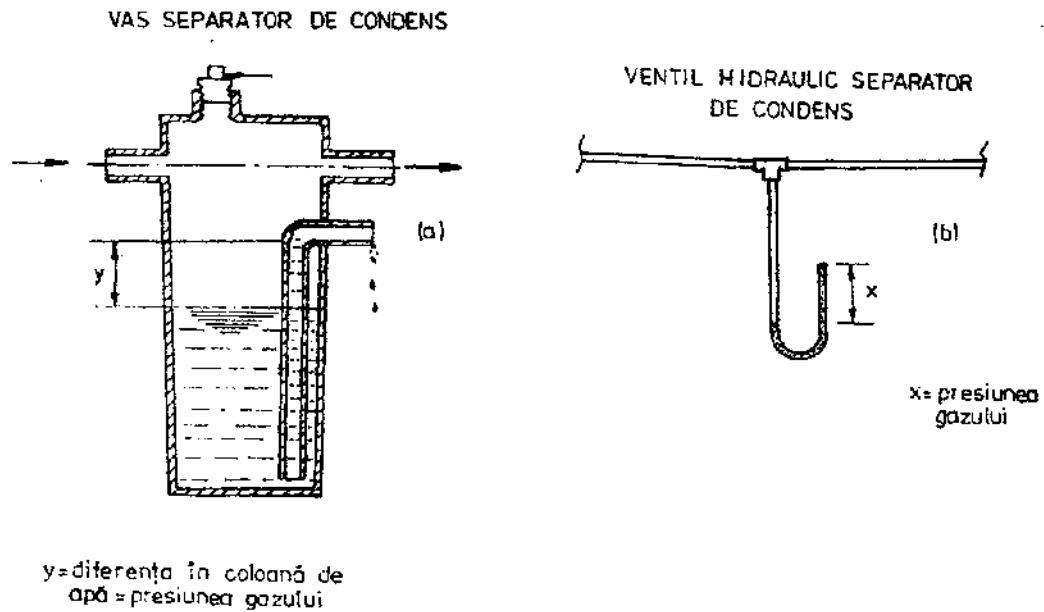
Schema de principiu a fermentatorului în flux orizontal cu două niveluri de circulație



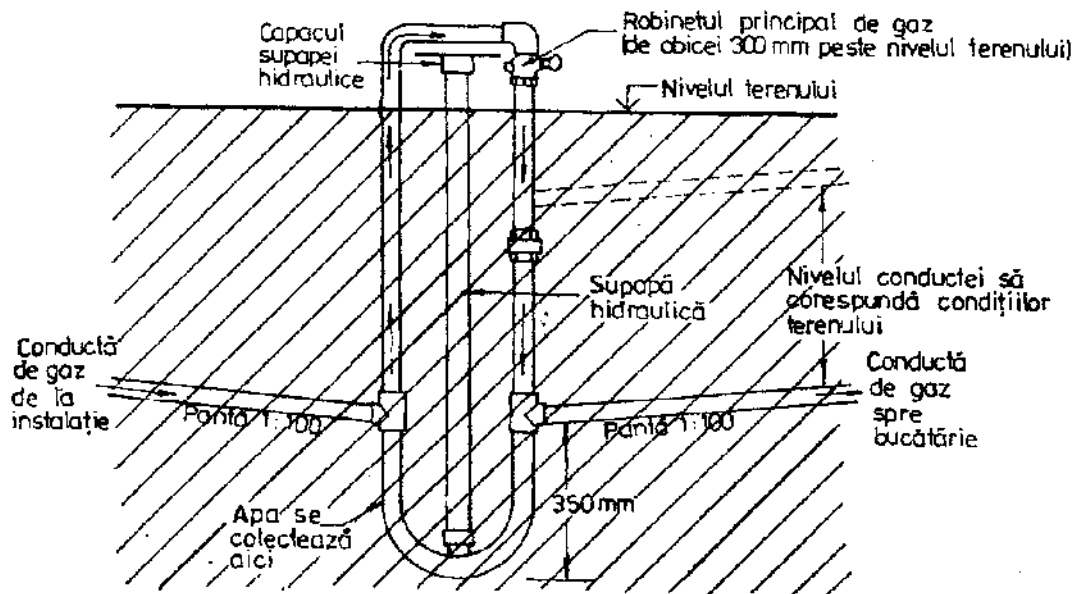
Schema instalației de biogaz de la ferma Ioșia - Oradea

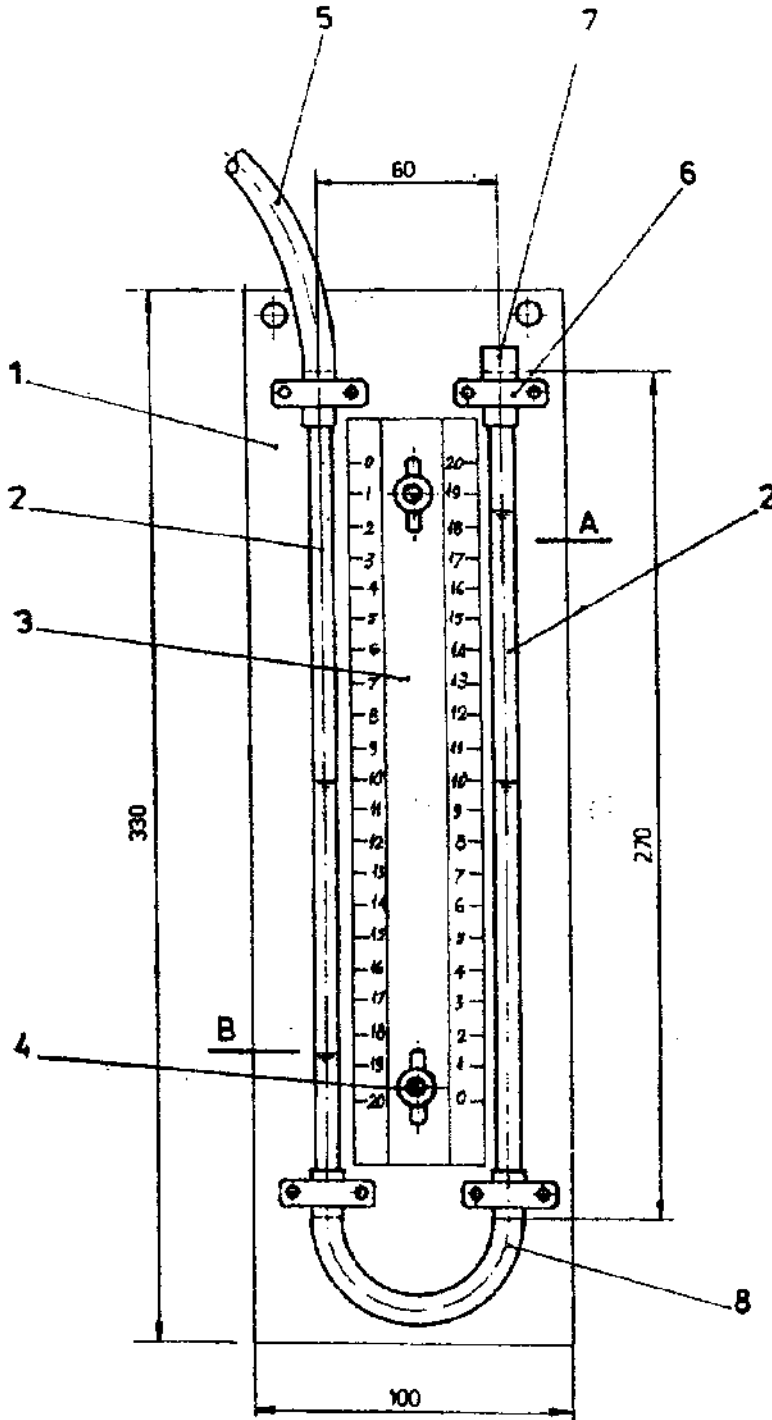


Fermentator în flux orizontal de 1400 m^3 (Ioșia-Oradea și Sascut)



Sistem și dispozitiv de evacuare a condensului din biogaz

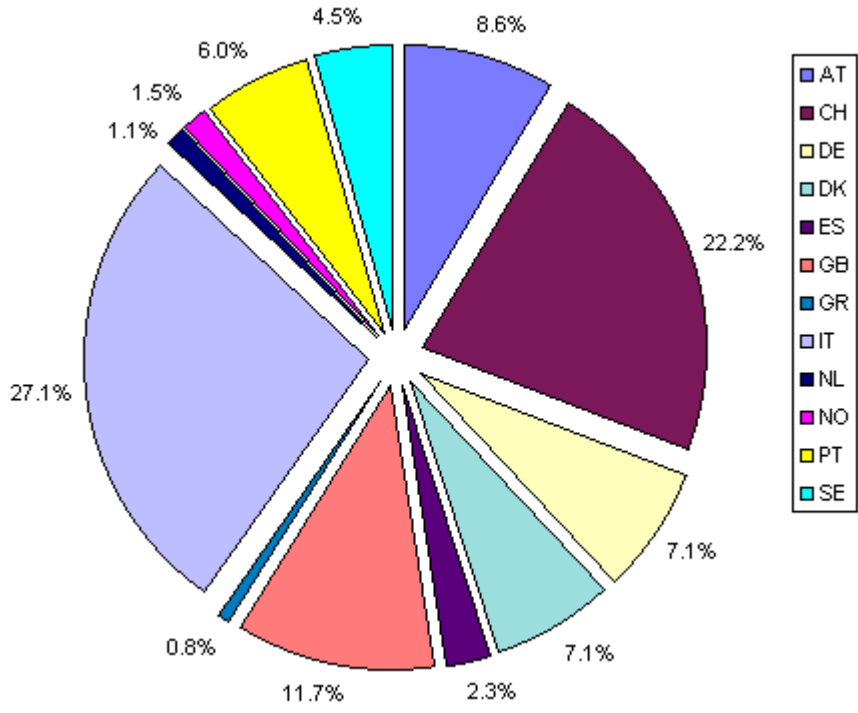




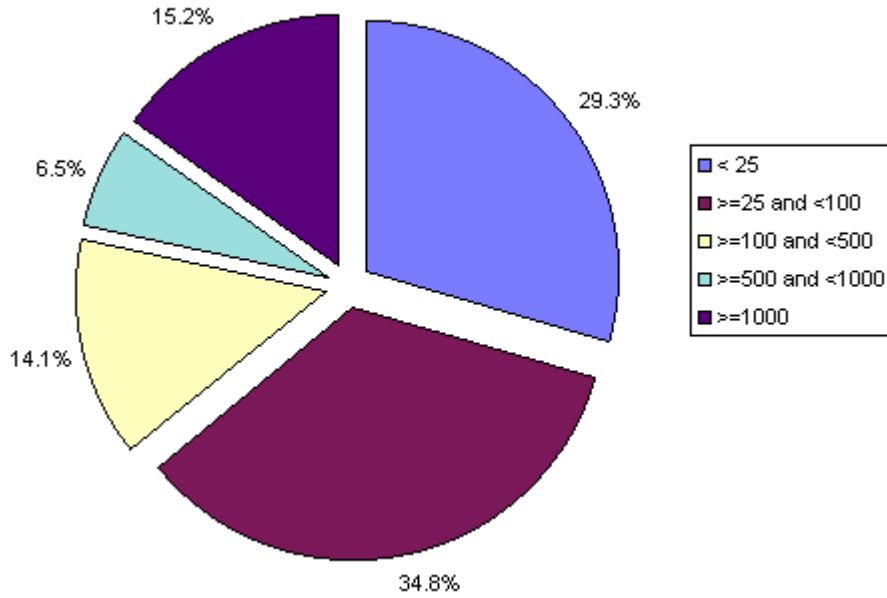
LEGENDA

1. Placă suport lemn, 330x100x10
2. Tub sticlă $\phi 8-10\text{mm}$, $l=270$
3. Dublu decimetru
4. Şurub cu şaibă de fixare
5. Furtun legătură cu reţeaua de utilizare a biogazului
6. Clemă de prindere
7. Stuf protecţie din cauciuc
8. Furtun cauciuc de legătură

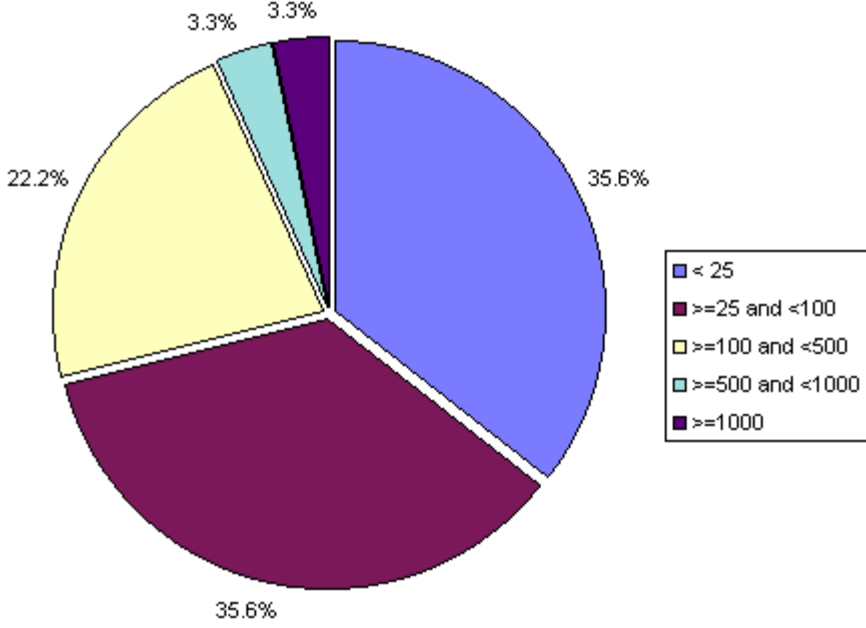
Manometru pentru biogaz



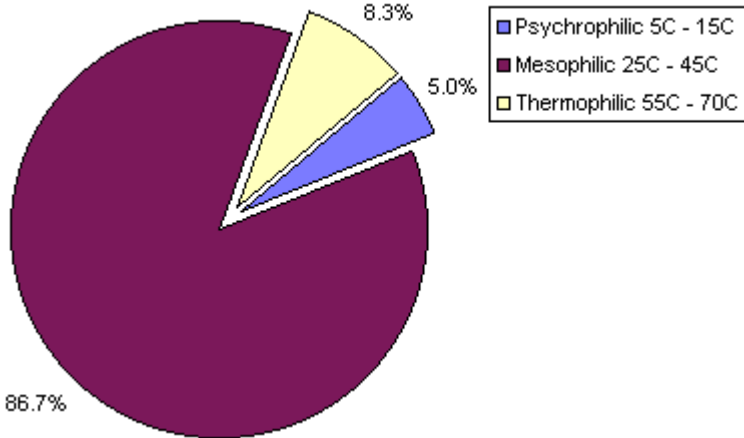
Distribuția procentuală a numărului de proiecte de biogaz, pe țări (Europa)



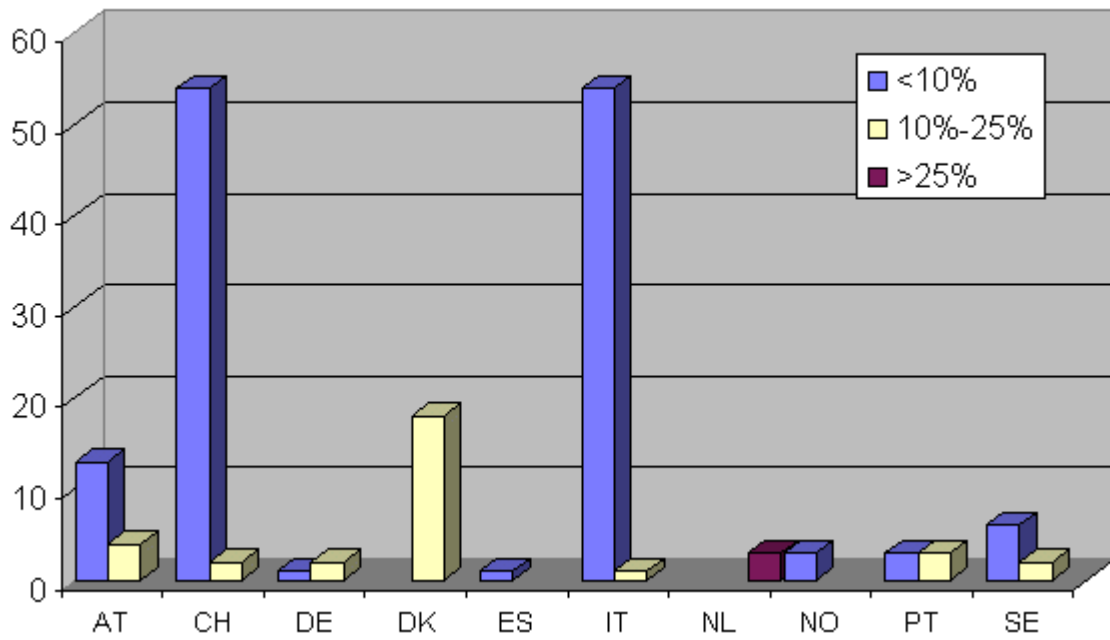
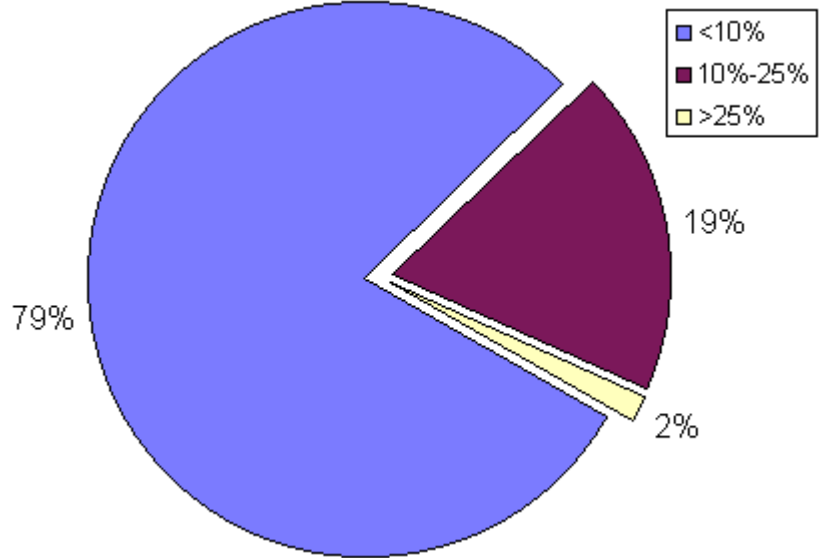
Distribuția procentuală a stațiilor de biogaz din Europa după energia termică produsă (KW_T)



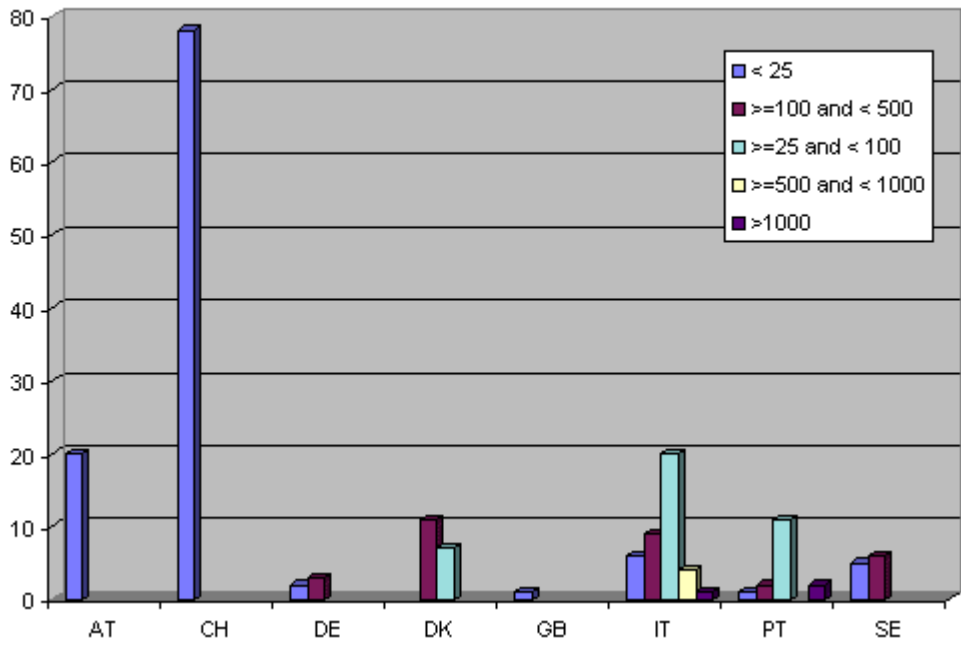
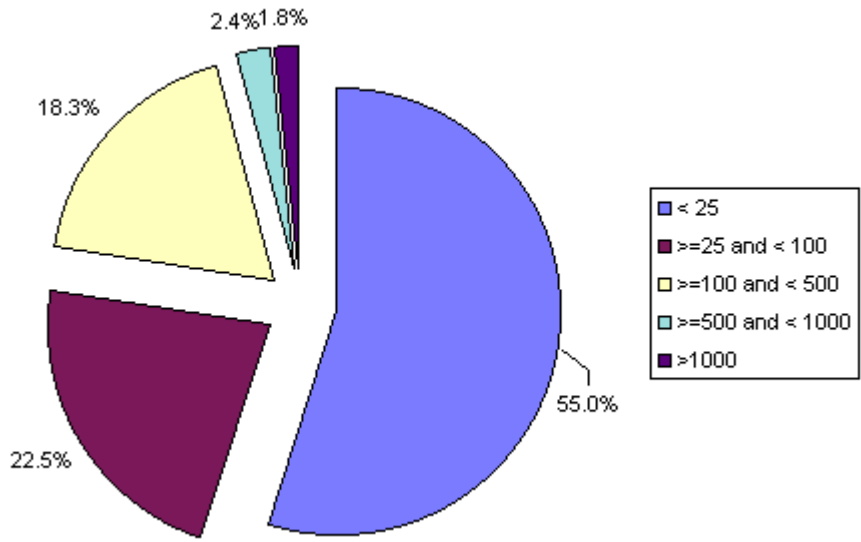
Distribuția procentuală a stațiilor de biogaz din Europa după energia electrică produsă (KWe)



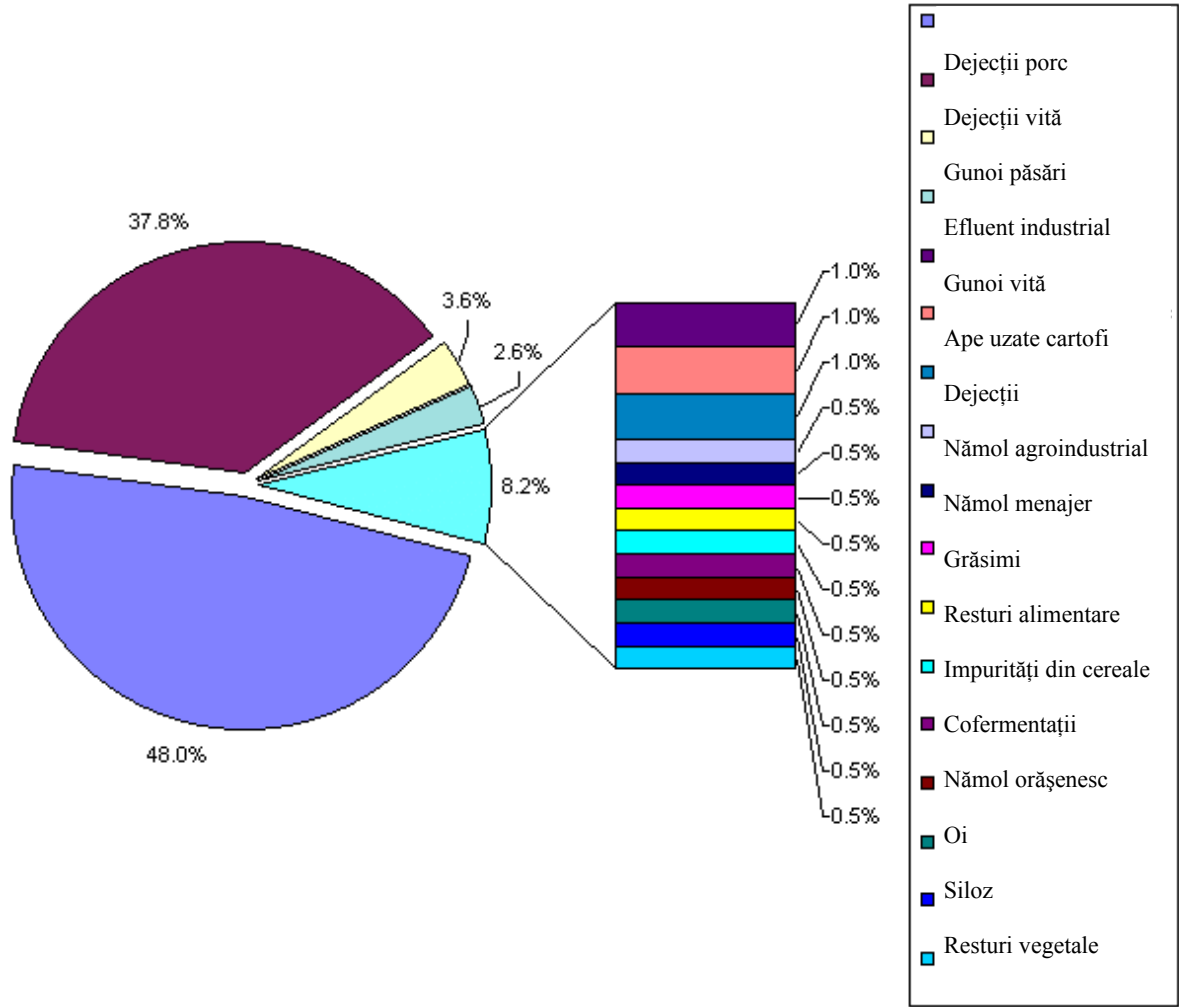
Distribuția procentuală a regimurilor termice de fermentare la stațiile de biogaz europene



Distribuția procentuală a stațiilor de biogaz din CEE după conținutul de S.U. în substrat



Distribuția procentuală a stațiilor de biogaz din CEE după producția de biogaz (m³/h)



Distribuția procentuală a felurilor de substrat utilizate în instalațiile de biogaz din CEE