

**DUMITRU EDUARD; BĂDAN DANIELA; TUREK-RAHOVEANU PETRUȚA;
BEREVOIANU ROZI; GĂGEANU IULIANA**

Identificarea tehnicilor de conversie energetică a biomasei

**EDITURA TERRA NOSTRA
IAȘI, 2020**

CUPRINS

Introducere.....	5
CAPITOLUL I.....	8
Procese fizice	8
CAPITOLUL II.....	18
Procese biologice.....	18
CAPITOLUL III.....	29
Procese termice	29
CAPITOLUL IV.....	34
Procese chimice	34
Concluzii și recomandări.....	37
BIBLIOGRAFIE.....	38

Introducere

Biomasa este un material care este derivat din organisme biologice vii sau vii recent. În contextul energetic, este adesea folosit pentru a face referire la materialele vegetale, cu toate că produsele secundare și deșeurile provenite din creșterea animalelor, prelucrarea și prepararea alimentelor și deșeurile organice domestice, pot forma toate surse de biomasă.

Cele mai importante surse de energie din biomasă sunt deșeurile de lemn, culturile agricole și subprodusele deșeurilor acestora, deșeurile solide municipale, deșeurile animale, deșeurile rezultate din prelucrarea alimentelor, precum și plantele și algele acvatice.

Obiectivul studiului este de a prezenta tehnicile de conversie, utilizarea energiei din biomasă și contribuția acesteia la dezvoltarea durabilă a energiei prin prezentarea dezvoltării sale istorice.

Plantele folosesc energia luminii de la soare pentru a converti apa și dioxidul de carbon în zaharuri care pot fi stocate, printr-un procesul de fotosinteză. Cercetătorii studiază modul în care zaharurile din biomasă pot fi transformate în forme de energie mai utilizabile precum electricitatea și combustibilii. Unele plante, cum ar fi trestia de zahăr și sfecla de zahăr, păstrează energia ca zaharuri simple. Alte plante depozitează energia sub formă de zaharuri mai complexe numite amidon. Aceste plante includ boabe ca porumbul. Toate acestea sunt folosite și pentru alimente.

Principala diferență dintre energia convențională (combustibili fosili) și energia regenerabilă obținută din biomasă este următoarea: combustibilii fosili nu pot fi transformați în energie utilizabilă decât după mii de ani, în timp ce energia biomasei este regenerabilă, putând fi folosită an de an. Cea mai simplă metodă de a produce căldură din biomasă este aceea de a o arde. Această metodă este cunoscută sub numele de ardere directă. Alte tehnologii folosite pentru a converti biomasa în energie utilizabilă includ gazeificarea, arderea combinată și sistemele modulare.

Toate materialele cu o structură ligno-celulozică (precum lemnele, paie, rumegușul de lemn, hârtia, fibrele lemnoase, ș.a.) reprezintă resurse energetice importante. Brichetarea este o metodă tehnologică de comprimare și densificare a materiei prime voluminoase, reducând astfel raportul volum-greutate și făcându-l utilizabil în diferite scopuri.

Cerința vitală a formării brichetelor din biomasa lemnoasă este distrugerea elasticității lemnului, care ar putea fi realizată fie printr-un tratament termic anterior, fie printr-o presiune ridicată sau printr-o combinație a ambelor. Există două procese de brichetare a biomasei, și anume compactarea directă și compactarea după piroliză sau carbonizare.

Producerea de biogaz din material organic în condiții anaerobe implică succesiune de reacții microbiene. În timpul procesului, molecula organică complexă prezentă în biomasă este descompusă în zahăr, alcooli, pesticide și aminoacizi de către bacterii producătoare de acid.

Produsele rezultate sunt apoi utilizate pentru a produce metan de către o altă categorie de bacterii.

Gazeificarea biomasei este considerată în prezent ca o alternativă la combustibilii convenționali. În procesul de gazeificare sunt utilizați ca materie primă lemnul, mangalul și alte materiale care fac parte din categoria biomasei. În esență, procesul de gazeificare constă în transformarea biomasei solide în oxid de carbon în principal printr-un proces termochimic. Gazeificarea biomasei solide are loc în incinte închise la presiuni ceva mai mici sau egale cu cea atmosferică.

„Biocombustibilii” sunt combustibili de transport precum etanolul și biodieselul, care sunt fabricate din materiale de biomasă. Acești combustibili sunt de obicei amestecați cu combustibili petrolieri și anume cu benzină și motorină, dar pot fi folosiți și singuri. Etanolul și biodieselul sunt, de asemenea, combustibili mai arși, producând mai puțini poluanți atmosferici. A atras atenția semnificativă datorită îngrijorării crescânde asupra mediului și a reducerii rezervelor de petrol.

Combustibilul biodiesel poate fi fabricat din uleiuri vegetale regenerabile, grăsimi animale sau uleiuri de gătit reciclate prin proces de transesterificare. Biodieselul este combustibilul alternativ cu cea mai rapidă creștere din lume. Etanolul este un combustibil alcoolic produs din zaharurile găsite în cereale precum porumbul, sorgul și grâul, precum și cojile de cartofi, orezul, trestia de zahăr, sfecla de zahăr și tăieturile de curte prin fermentare.

Prin conversie în sens energetic se înțelege transformarea biomasei – substanțe solide, lichide sau gazoase, purtătoare de energie, în căldură și electricitate sau biocombustibili.

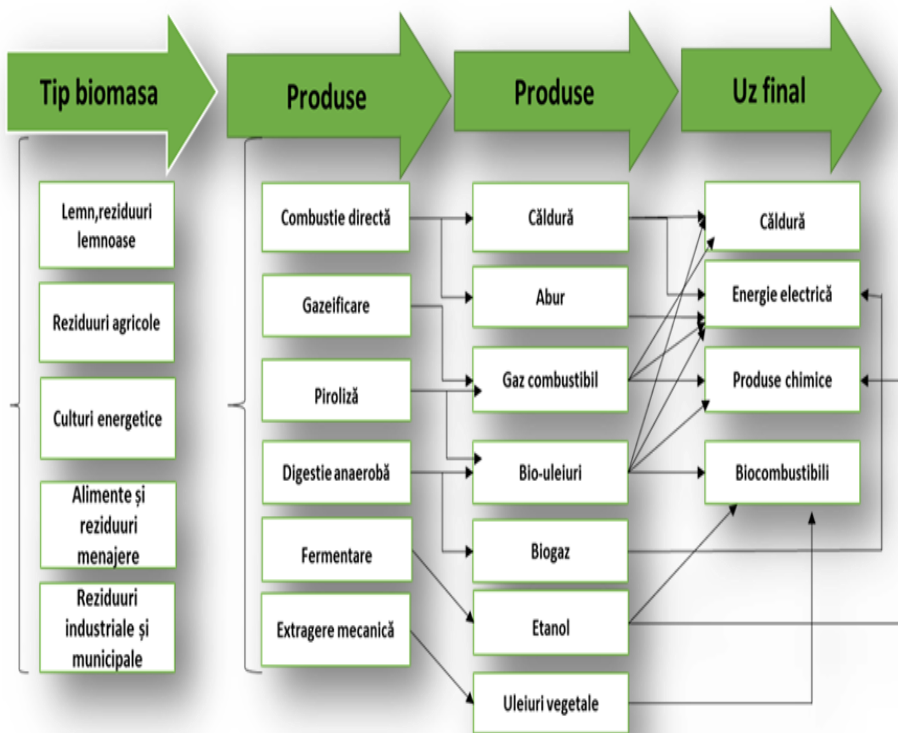
Exceptând cazurile în care arderea directă este potrivită, biomasa brută necesită transformarea în combustibili solizi, lichizi sau gazoși

care pot fi folosiți pentru producerea de căldură, electricitate și drept combustibil pentru autovehicule. Această conversie se realizează printr-o serie de procese.

Principalele tipuri de procese de conversie ale biomasei pot fi clasificate în patru grupe:

- fizice (măcinare, separare, uscare, peletizare, brichetare etc.);
- biologice / biochimice (fermentare: anaerobă, aerobă, alcoolică);
- termice (combustie, piroliză, gazeificare, hidrogenare);
- chimice (de exemplu, fabricarea biodieselului din uleiuri și grăsimi vegetale sau animale).

Fig. 1 – Metode primare de valorificare a biomasei



CAPITOLUL I.

Procese fizice

Procesele fizice nu sunt strict de transformare deoarece ele nu schimbă natura biomasei. Exemple de astfel de procese sunt: sortarea și compactarea deșeurilor, procesarea reziduurilor de lemn în baloți, pelete și brichete, tocarea paielor și cocenilor, presarea semințelor oleaginoase. Astfel de procese sunt folosite pentru pretratarea biomasei.

Toate materialele cu o structură ligno-celulozică (precum lemnele, paie, rumegușul de lemn, hârtia, fibrele lemnoase, ș.a.) reprezintă resurse energetice importante. Principalul dezavantaj al acestora constă în faptul că dispun de o densitate foarte mică, ceea ce duce la dificultăți în procesul de manipulare, transportare, depozitare și, respectiv duce la sporirea costurilor aferente. Pe lângă acestea, variațiile mari ale umidității materialului pot genera dificultăți în funcționarea și reglarea proceselor în cadrul centralelor sau instalațiilor de producere a energiei în care sunt folosite.¹

Aceste neajunsuri pot fi oarecum ameliorate prin uscarea și comprimarea materialului (densificare) la presiuni foarte mari, obținând în acest mod, biocombustibili lemnoși cu o structură uniformă, precum peletele și brichetele.²

Proprietățile materialului necesare în vederea densificării:

- Capacitate de curgere și coeziune;
- Mărimea particulei (dacă este prea fină, înseamnă coeziune ridicată, curgere redusă);
- Forțe superficiale de adeziune (importante pentru aglomerare și rezistență);
- Adezivitate (capacitatea de a adera);
- Duritate (particule prea dure crează dificultăți de aglomerare);
- Distribuirea particulelor (este necesară o cantitate suficientă de particule fine pentru a „lipi” împreună particulele mai mari).

Compactarea biomasei constă în două etape:

- Compactare sub presiune a materialului pentru reducerea volumului și aglomerarea materialului;

¹ Tumuluru J. S., Wright C. T., Kenny Kevin L., Hess J. R., A Review on Biomass Densification Technologies for Energy Application, Idaho National Laboratory Biofuels and Renewable Energy Technologies Department Energy Systems and Technologies Division Idaho Falls, Idaho, 2010

²http://www.academia.edu/10405744/Densificarea_biomasei_cresterea_eficientei_energetice_Tehnologii_neconventionale

- Lignina conținută în materialul lemnos este activată prin această presiune și “lipește” (încleiază) materialul fără a mai fi nevoie de un agent de lipire suplimentar.

BRICHETAREA

Brichetele reprezintă blocuri de material solid inflamabil (biocombustibil), utilizate pentru inițierea și menținerea arderii. Deosebim brichete de cărbune și brichete de biomasă. Brichetele pe bază de biomasă au o densitate de aprox. 1100-1500 kg/m și o putere calorifică de 3500-4500 kcal/kg³.

Puterea calorifică a brichetelor din resturi vegetale este mai mare decât a lemnului și aduce o economie de 60% față de încălzirea cu gaze și de 40% față de încălzirea cu lemne. Costurile de producție a brichetelor din paie sau alte resturi vegetale este foarte scăzut. Brichetarea este procesul de compactare prin densificarea biomasei cu aprox. 80-90%, cu scopul de a obține piese cu densitate sporită și omogenă, de formă regulată, ce pot fi utilizate drept combustibil.

Materie primă utilizată pentru brichetare:

- Deșeuri lemnoase din industrie;
- Coajă de lemn;
- Deșeuri forestiere;
- Așchii și praf de lemn (din prelucrarea lemnului și panourilor pe bază de lemn).

Tipuri de brichete:

- *Brichete cilindrice:*
 - Formă: cilindrică
 - Diametru: aprox. 78 mm
 - Lungime: aprox. 250 mm
 - Densitate: 1,1-1,2 kg / dm³
 - Putere calorifică: aprox. 4,7-5,0 kWh/kg
- *Brichete paralelipipedice:*
 - Formă: paralelipipedică
 - Secțiune: aprox. 155 mm x 65 mm
 - Lungime: aprox. 100 mm
 - Densitate: 1,0-1,1 kg / dm³

³ Haase S. (2010), Assessment of Biomass Pelletization Option for Greensburg, Kansas, Tecjical Report NREL/TP-7A2-48073, May 2010.

- Putere calorică: aprox. 4,7-5,0 kWh/kg
- *Brichete cu perforație:*
 - Formă: octogonală
 - Diametru: aprox. 63 mm
 - Lungime: aprox. 200 mm
 - Densitate: 1,1-1,2 kg / dm³
 - Putere calorică: aprox. 4,7-5,0 kWh/kg

Brichetele sunt utilizate în general la încălzirea spațiilor locuințelor sau la producerea agentului termic, ca apa caldă sau aburii, utilizate în diverse procese industriale. La fel ca și peletele, brichetele sunt realizate din biomasă uscată în prealabil, mărunțită la nivelul de aşchii ceva mai mari 2-8 mm și umiditate de 15-18 %. Față de fabricarea peletelor, procesul tehnologic este diferit, aportul de aşchii și rumeguș din lemn de esențe tari precum fag și stejar poate ajunge până la 45% mărind astfel puterea calorică a acestora.

Brichetele au formă rectangulară sau cilindrică și sunt obținute prin presarea împreună a rumegușului, aşchiilor, surcelelor sau a cojii de copac într-o presă cu piston sau şurub.

Conținutul de energie al peletelor și brichetelor este de circa 17 GJ/tonă cu un conținut de umiditate de 10% și o densitate de peste 600 kg/m³.

Metoda de brichetare

Brichetarea este o metodă tehnologică de comprimare și densificare a materiei prime voluminoase, reducând astfel raportul volum-greutate și făcându-l utilizabil în diferite scopuri. Cerința vitală a formării brichetelor din biomasa lemnoasă este distrugerea elasticității lemnului, care ar putea fi realizată fie printr-un tratament termic anterior, fie printr-o presiune ridicată sau printr-o combinație a ambelor.

Procese de brichetare a biomasei:

- compactarea directă
- compactarea după piroliză sau carbonizare.
- Compactarea directă

Există două tehnologii pentru fabricarea brichetelor prin compactare directă a biomasei fără tratament termic anterior.

Proces fără legături: procesul implică doi pași.

Biomasa este semi-fluidizată prin aplicarea unei presiuni ridicate în intervalul 1200 - 2000 kg / cm², la care biomasa condiționată se încălzește la o temperatură de aproximativ 182 ° C și lignina prezentă în biomasă

începe să curgă și să acționeze ca liant, asigurând suport mecanic și respingând apa.

Extragerea materialului densificat: Biomasa semi fluidizată este densificată prin intermediul mașinilor de brichetat acționate electric disponibile în intervalul de 100 - 300 kg / h.

Proces de legătură: biomasa necesită adăugarea unor materiale de legare externe, cum ar fi melasa, suspensia de gunoi de grajd, silicat de sodiu etc. Mașinile de brichetat funcționează la o presiune mai mică de 500-1000 kg / cm² și sunt alimentate cu energie electrică.

Operațiuni unitare ale procesului de brichetare

- Colectarea materiilor prime,
- Pregătirea materiilor prime,
- Compactarea,
- Răcire și depozitare.

Colectarea materiilor prime: În general, orice material care va arde, dar nu este într-o formă, dimensiune sau formă convenabilă pentru a fi ușor de utilizat, deoarece combustibilul este un bun candidat pentru brichetare.

Pregătirea materiilor prime: Pregătirea materiilor prime include uscarea, reducerea dimensiunii, amestecarea materiilor prime în proporție corectă.

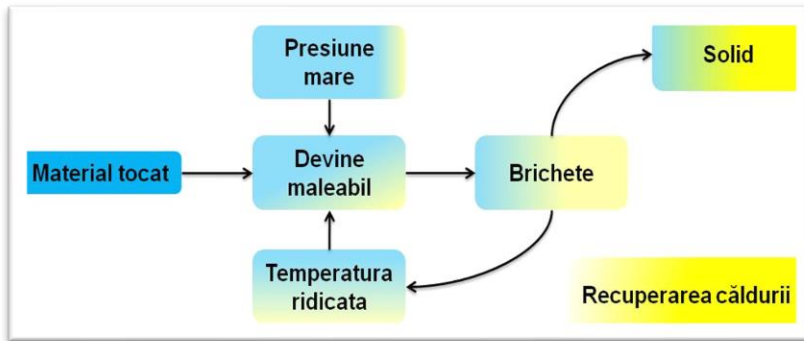
Uscarea: Materiile prime au un conținut de umiditate mai mare decât ceea ce este necesar pentru brichetare. Uscarea se poate face în aer liber (soare), în uscătoare solare, cu încălzitor sau cu aer cald. Materia primă este mai întâi redusă ca mărime prin mărunțire, tocare, zdrobire, rupere, laminare, ciocănire, frezare, măcinare, tăiere etc. până când ajunge la o dimensiune adecvată de mică și uniformă (1 până la 10 mm).

Tehnologii de brichetare

Tehnologiile de brichetare folosite la brichetarea reziduurilor agro sunt împărțite în trei categorii (Fig. 1.1.):

- tehnologie de înaltă presiune sau compactare ridicată,
- tehnologie de presiune medie,
- tehnologie de presiune joasă.

Fig. 1.1. Procesul tehnologic general de brichetare



Sursa: Ghid pentru furnizorii de bio-combustibil, Proiect de energie și biomasă în Moldova, 2012

La mașinile de brichetat de înaltă presiune, presiunea atinge valoarea de 100 MPa. Acest tip este potrivit pentru reziduurile cu conținut ridicat de lignină. La această presiune ridicată, temperatura crește la aproximativ 200 - 250° C, ceea ce este suficient pentru a fuziona conținutul de lignină al reziduurilor, care acționează ca un liant și, astfel, nu este nevoie de niciun material de legare suplimentar.

La tipurile de mașini cu presiune medie, presiunea dezvoltată va fi în intervalul de 5MPa -100MPa, ceea ce duce la o generare mai mică de căldură. Acest tip de mașini necesită încălzire suplimentară pentru a topi conținutul de lignină al reziduurilor agricole, ceea ce elimină utilizarea unui material liant suplimentar.

Al treilea tip de mașină numită mașini de joasă presiune funcționează la o presiune mai mică de 5MPa și la temperatura camerei. Acest tip de mașină necesită adăugarea de materiale de legare.

Tehnologia de compactare la presiune înaltă pentru brichetarea reziduurilor agro poate fi diferențiată în trei tipuri: presă cu piston hidraulic, presă cu piston mecanic, presă cu melc.

Răcirea și depozitarea brichetelor

Brichetele extrudate din mașini sunt fierbinți cu temperaturi care depășesc 100°C. Acestea trebuie răcite și depozitate într-un loc uscat.

Tipuri de procese de densificare

Brichetare: în cazul în care biomasa este compactată între role cu cavități care produc brichete în formă de ou (dimensiunea produsului este de 1-4 cm).

Peletizare: În cazul în care biomasa este forțată prin găurile dintr-o placă de matriță prin role de presiune (dimensiunea produsului este de 0,5-1 cm).

Densificarea biomasei reprezintă un set de tehnologii pentru conversia reziduurilor de biomasă într-un combustibil convenabil. Tehnologia este cunoscută și sub denumirea de brichetare sau aglomerare. În funcție de tipurile de echipamente utilizate, acesta ar putea fi clasificat în cinci tipuri principale:

- Densificarea presei pistonului;
- Densificarea presei cu șurub;
- Densificarea presei cu role;
- Peletizare;
- Presă joasă sau manuală.

Densificarea presei pistonului

Există două tipuri de presă cu piston:

- tehnologia matriței și perforare
- presă hidraulică.

În tehnologia matriței și perforare, cunoscută și sub denumirea de tehnologie ramă și matriță, biomasa este perforată într-o matriță de un berbec alternativ cu o presiune foarte mare comprimând astfel masa pentru a obține un produs compactat. Dimensiunea standard a brichetei produse folosind această mașină este de 60 mm, diametru. Puterea necesară de o mașină cu o capacitate de 700 kg/oră este de 25 kW.

Procesul de presare hidraulică constă în compactarea mai întâi a biomasei în direcție verticală și apoi din nou în direcție orizontală. Greutatea brichetei standard este de 5 kg și dimensiunile sale sunt: 450 mm x 160 mm x 80 mm. Puterea necesară este de 37 kW pentru 1800 kg/h de brichetare.

Această tehnologie poate accepta materii prime cu un conținut de umiditate de până la 22%. Procesul hidraulic al uleiului permite o viteză de 7 cicluri/minut (rpm) contra 270 rpm pentru procesul de matriță și perforare. Lentitudinea de funcționare ajută la reducerea ratei de uzură a pieselor. Ramul se mișcă de aproximativ 270 de ori pe minut în acest proces.

Densificarea presei cu șurub

Raportul de compactare al preselor cu șurub variază de la 2,5: 1 la 6:1 sau chiar mai mult. În acest proces, biomasa este extrudată continuu de unul sau mai multe șuruburi printr-o matriță conică care este încălzită extern pentru a reduce frecarea. Tot aici, datorită aplicării presiunilor ridicate,

temperatura crește fluidizând lignina prezentă în biomasă care acționează ca un liant. Suprafața exterioară a brichetelor obținute prin acest proces este carbonizată și are o gaură în centru care favorizează o combustie mai bună. Dimensiunea standard a brichetei este de 60 mm diametru.

Densificarea presei cu role

Într-o presă cu role pentru brichetare, materia primă se încadrează între două role, rotind în direcții opuse și este compactată în brichete în formă de pernă. Brichetarea biomasei necesită de obicei un liant. Acest tip de mașină este utilizată pentru brichetarea biomasei carbonizate pentru a produce brichete de cărbune.

PELETIZAREA

Peletele reprezintă biocombustibilul produs din biomasă lemnoasă sau agricolă cu sau fără aditivi. Reprezintă granule cilindrice de diametru cuprins între \emptyset -5... 10 mm (uneori până la 25 mm) cu lungime variabilă de până la 40 mm, având amele capete rupte.⁴ Au rezistență mecanică sporită, caracteristici bune de ardere. Procesul de peletare este asemănător procesului de brichetare, cu excepția faptului că biomasa trece prin orificii (găuri) mai mici, iar produsul finit mai subțire este numit pelete. Peletele sunt utilizate cel mai des când este necesară automatizarea procesului de alimentare a cazanului.

Cele două tipuri principale de prese pentru pelete sunt: plat / disc și tipuri de inele. Alte tipuri de mașini de peletizare includ presa Punch și peletizatorul Cog-Wheel. Peletizatorii produc brichete cilindrice cu diametrul de 5 mm și 30 mm și lungimea variabilă.

Peletele sunt fabricate din deșeuri industriale din lemn uscate și netratate cum ar fi: praf de lemn, talaș, așchii. Se exercită asupra materialului presiuni și temperaturi ridicate – rezultă comprimarea în pelete mici, cilindrice. Se produc din rășinoase și foioase, xylem și coaja, iar pentru că există o cantitate de lignină mai redusă la foioase, s-ar putea să necesite aditivi.

Obținerea peletelor este mai costisitoare decât ce a a brichetelor, dar peletele sunt compacte, uniforme, ușor de stocat și manipulat, sunt utilizate în sisteme automate de încălzire, sobe sau boilere. O peletă de înaltă calitate este uscată, tare, și durabilă, cu cantități mici de cenușă rămase după ardere.

⁴ SR EN ISO 17225-2: 2014 - Biocombustibili solizi. Specificații și clase de combustibili. Partea 2: Clase de peleți din lemn.

Potrivit Institutului de Combustibili sub formă de Pelete, peletele "premium" (care sunt cele mai comune pelete prezente pe piață) trebuie să aibă un conținut de cenușă de mai puțin de 1 %, în timp ce peletele "standard" pot avea un conținut de până la 2 % cenușă.

Fig. 1.2. Materii prime pentru obținerea peletelor⁵



Toate peletele ar trebui să aibă un nivel de clorură de mai puțin de 300 părți per milion și nu mai mult de 0,5 procente din particule fine (praf). Multe materii prime pe bază de biomasă au un conținut mai mare de cenușă decât permite standardul. În plus, unele graminee și alte materiale generează cenușă care tinde să formeze cocloașe și depozite la temperaturi ridicate.⁶

Din acest motiv, cele mai multe arzătoare de pelete din lemn nu sunt potrivite pentru arderea peletelor fabricate din alte materiale decât lemn. În schimb, se utilizează arzătoarele pentru "peletele de biomasă", care sunt concepute special pentru acești combustibili.

⁵<http://www.biodiesel-machine.com/news/Biomass-Pelleting-Machine-Pelletizing-Plant.html>

⁶<https://www.pelletheat.org/what-are-pellets->

Operația de peletizare

Procesul de fabricare a peletelor presupune introducerea biomasei măcinată la presiuni înalte și forțând-o să treacă printr-o deschidere rotundă numită "matriță". Atunci când este expusă la condiții adecvate, biomasa "fuzionează" împreună, formând o masă solidă. Acest proces este cunoscut sub numele de "extrudare".^{7,8}

Unele tipuri de biomasă (în principal, lemnul) formează în mod natural pelete de calitate superioară, în timp ce pentru alte tipuri de biomasă poate fi necesară adăugarea de aditivi pentru a servi ca un "liant" care ține peletele legate împreună.

Avantajele peletelor din lemn:

- Combustibili naturali - fără adezivi sau aditivi;
- Materia primă: deșeuri din lemn;
- MC scăzut - 6-8%, comparativ cu lemnul 20-30% - valoare calorifică superioară. Cu cât combustibilul este mai uscat cu atât produce mai multă căldură;
- Densitate în vrac ridicată, uniformitatea mărimii și formei, stocare mai ușoară decât a lemnului masiv (ca deșeu);
- Nu prezintă risc de explozie comparativ cu combustibilii fosili;
- Emisii reduse comparativ cu alți combustibili - sub 1g/h;
- Peletele ard mai eficient și mai curat decât lemnul;
- Mai puțină cenușă decât lemnul masiv(0.5%);
- Comparativ cu combustibilii fosili, cenușa peletelor poate fi utilizată ca fertilizator.
- Comparativ cu brichetele din lemn, peletele au dimensiuni mult mai reduse, astfel făcând posibilă completa automatizare a procesului de ardere.

Dezavantajele peletelor din lemn:

- Peletizarea este un proces consumator de energie - costurile cu energia electrică (uscarea, mărunțirea materialului) reduc din beneficiile energetice ale peletelor;

⁷ Voicea I., Danciu A., Selvi C., Vlăduț V., Voicu Gh., Paraschiv G., Grigore I., Integrated technology for obtaining agripellets, INMATEH - Agricultural Engineering, Vol. 42, No. 1, pp. 129-136, 2014

⁸ Tumuluru J.S., Wright C.T., Hess J.R., Kenney K.L., A review of biomass densification systems to develop uniform feedstock commodities for bioenergy application, Biofuels Bioprod. Biorefin 5, pp. 683-707, 2011

- soluție constă în colectarea și arderea gazelor degajate de deșeurile din lemn în timpul uscării și reconversia lor în energie (ex. pt uscare).
- Utilizatorii industriali trebuie să aibă o sursă de pelete în apropiere pentru că, altfel, costurile de transport devin dezavantajoase crescând costul real al peletelor;
- Producătorii de pelete trebuie să fie situați lângă sursa de materie primă (deșeuri din lemn): fabrici de cherestea, fabrici de mobilă - pentru a evita costuri ridicate de transport.

CAPITOLUL II.

Procese biologice

Procedeele biologice care transformă biomasa în energie depozitabilă în biocombustibili sunt bazate pe utilizarea organismelor vii.

Aceste procedee pot fi separate în două categorii:

- **fermentare alcoolică**, proces care poate avea loc într-o atmosferă conținând oxigen și din care rezultă *alcohol* ca produs final,
- **fermentare anaerobă sau digestie**, proces care necesită un mediu lipsit de oxigen și la care produsul final este *biogazul*, conținând metan.

FERMENTARE ALCOOLICĂ

Cerealele, cartofii, paiele, hârtia reziduală și reziduurile lemnoase cum ar fi rumegușul conțin amidon, celuloză sau diferite zaharuri. Amidonul, celuloza și hemicelulozele pot fi convertite la rândul lor în zaharuri. Prin fermentarea zaharurilor cu diverse specii de drojdii se obține alcool. Etanolul poate fi utilizat în diverse procese industriale dar și ca substituent al benzinei sau în amestec cu aceasta în motoarele cu aprindere prin scânteie. Bioetanolul de generația I se obține din biomasă bogată în zaharuri sau în amidon, cum ar fi sfecla de zahăr, trestia de zahăr, sorgul dulce, porumbul, cerealele păioase (grâu, orz, secară, ovăz, orez), cartofii și maniocul.

Conversia zaharozei din produsele bogate în zaharuri este mai facilă întrucât se evită etapa de hidroliză enzimatică, necesară pentru conversia amidonului în cazul produselor bogate în amidon. Figura 5 prezintă schema de principiu a procesului de obținere a bioetanolului de generația I.

În urma operației de distilare se obține alcool brut, cu o concentrație volumică de 80-85%. Pentru creșterea concentrației și înlăturarea impurităților alcoolul brut se rafinează după care, în cazul în care urmează a fi utilizat ca biocombustibil, se supune operației de anhidrare pentru eliminarea conținutului de apă în vederea obținerii concentrației conform standardelor în vigoare. (Edmond Maican, 2015)

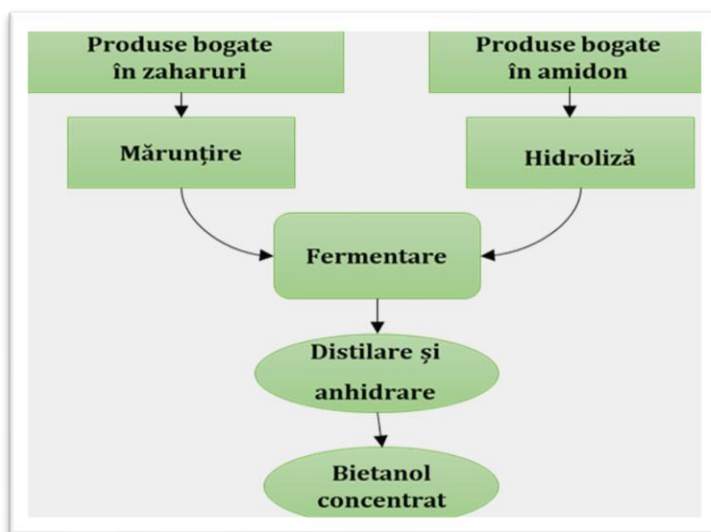


Fig. 2.1. – Schema de principiu a procesului de obținere a bioetanolului de generația I

În cazul biomasei lignocelulozice, structura complexă și rezistența acesteia la separarea pe componente simple impune introducerea unei etape suplimentare, de pretratare a materialului înaintea procesului de hidroliză enzimatică (Fig. 2.1.).

Scopul pretratării constă în:

- îndepărtarea sau dizolvarea ligninei;
- descompunerea parțială sau totală a hemicelulozei în zaharuri simple fermentabile (pentoze și hexoze);
- reducerea cristalinității celulozei pentru a o expune acțiunii enzimelor hidrolitice care o convertesc în zaharuri simple; degradarea parțială sau totală a celulozei în glucoză (în funcție de metoda de pretratare aleasă).

Procesul de descompunere a carbohidraților în zaharuri simple, majoritatea putând fi ulterior fermentate cu ușurință de microorganisme precum *Saccharomices cerevisiae*, se numește hidroliză și poate fi realizat prin pretratare (termo)chimică și/sau enzimatic. Pretratarea este o etapă costisitoare și determinantă pentru eficiența etapelor ulterioare din procesul tehnologic de obținere a bioetanolului. În timpul pretratării se pot forma și produși care pot inhiba procesele ulterioare de hidroliză enzimatică și/sau fermentare.

Figura 2.2. arată principalii produși care pot rezulta în urma acestei etape. Cantitățile și tipurile de compuși pot varia în funcție de categoria de biomasă lignocelulozică și de metoda de pretratare aplicată. Acidul formic, levulinic și acetic, furfuralul și hidroximetilfurfuralul (HMF) sunt o parte dintre inhibitorii menționați. Glucoza, xiloza, arabinoza, galactoză și manoză sunt o parte dintre zaharurile simple care trebuie obținute prin hidroliză în vederea fermentării.

Pentru ca etapa de pretratare să fie eficientă, este necesar să se obțină un nivel ridicat de depolimerizare a celulozei, dizolvarea completă a hemicelulozei, să se prevină condensarea excesivă a ligninei, cantitatea de inhibitori să fie minimă, iar consumurile specifice de energie și apă să fie de asemenea minime.

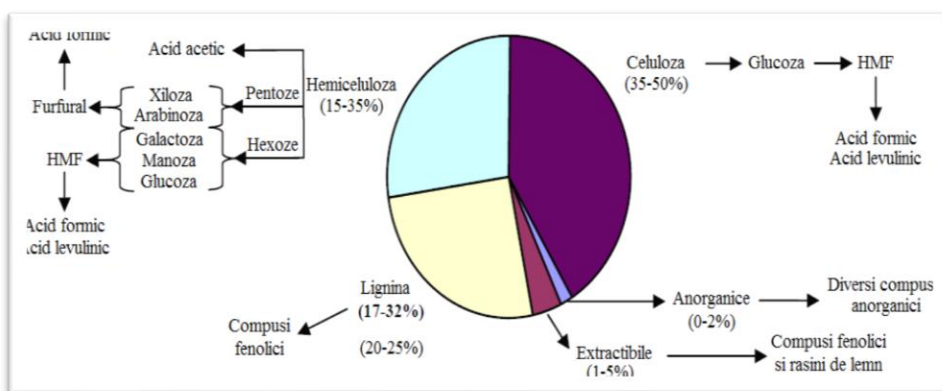


Fig. 2.2. – Principalii produși care pot fi obținuți în urma etapei de pretratare

Înainte de pretratare biomasa trebuie mărunțită, de obicei până la dimensiuni de 10-30 mm, sau la dimensiuni de maxim 2 mm, în funcție de metoda de pretratare (termo)chimică care urmează a fi aplicată. Cel mai adesea, pretratarea se face la temperaturi și presiuni înalte, eventual într-un mediu acid produs prin adăugarea de substanțe chimice, de unde și denumirea de pretratare termochimică.

Metode de pretratare și principalele lor caracteristici:

1. Hidroliza cu soluție acidă diluată (DA – Dilute Acid):

- tehnica este simplă și practică și nu necesită aport de energie termică;
- hidrolizează efectiv hemiceluloza, cu randament ridicat de zaharuri;

- produce inhibitori;
 - necesită tehnologie de recuperare a acidului sulfuric și a acidului clorhidric folosite în
 - pretratare;
2. Pretratarea lichidă cu apă fierbinte (LHW):
- dizolvă hemiceluloza în mare măsură;
 - nu produce inhibitori și nu există substanțe chimice reziduale;
 - nu este eficientă în cazul rășinoaselor;
3. Explozia cu amoniac a fibrelor (metoda AFEX):
- eficientă în special în cazul reziduurilor agricole cum ar fi cocenii de porumb, fără formare de produși toxici;
 - nu este potrivită pentru biomasă cu conținut ridicat de lignină;
 - necesită tehnologie de recuperare a amoniacului;
 - tehnologia nu generează apă reziduală (caracteristică a altor metode de pretratare);
4. Explozia de aburi:
- este eficientă în special în cazul biomasei reziduale din agricultură;
 - hidrolizează un procent important de hemiceluloze;
 - nu este foarte eficientă în cazul rășinoaselor;
5. Metoda Organosolv:
- conversie foarte bună, cu randament ridicat de glucoză, datorită utilizării de acizi la temperaturi înalte;
 - eficiență bună atât pentru foioase cât și pentru rășinoase;
 - concentrație scăzută de zaharuri hemicelulozice;
 - formează inhibitori;
 - solventul organic utilizat necesită tehnologie de reciclare;
 - investiție inițială ridicată;
6. Ozonoliza:
- eficientă în îndepărtarea ligninei pentru o gamă largă de material celulozic;
 - nu generează inhibitori;
 - costuri de operare ridicate;
7. Metoda SPORL:
- eficientă în cazul biomasei cu conținut ridicat de lignină, atât pentru foioase cât și pentru rășinoase;
 - eficiență energetică ridicată;

- formează inhibitori, dar în cantități foarte reduse;
- versatilitate ridicată la tipurile de biomasă;
- în combinație cu explozia de aburi, devine foarte eficientă în cazul rășinoaselor;

8. Pretratarea alcalină umedă:

- temperaturile ridicate și combinația de oxigen, apă și alcali reduce cantitatea de inhibitori;
- randament ridicat în ceea ce privește delignificarea și solubilizarea celulozei;
- eficiență redusă în hidroliza oligomerilor;

9. Pretraterea biologică (cu ciuperci sau putregaiuri albe sau maro):

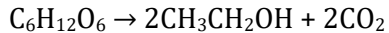
- este ecologică;
- necesită cantități reduse de energie și substanțe chimice;
- ritm foarte lent al bioconversiei.

Pentru conversia la glucoză a celulozei eliberate în timpul pretratării prin îndepărtarea ligninei și, eventual, parțial degradate, se aplică **hidroliza enzimatică**. În acest scop se utilizează celulaze și hemicelulaze - enzime care sunt capabile să degradeze carbohidrații în zaharuri fermentabile. Principalele condiții specifice de proces pentru o activitate enzimatică optimă sunt calitatea și gradul de diluție a substratului (concentrația de celuloză și hemiceluloză, precum și concentrația enzimelor în raport cu substratul), temperatura, care trebuie să se încadreze în intervalul 40-50°C, pH-ul (4-5), durata (de ordinul zilelor), și rata de amestecare. În special temperatura și pH-ul depind de enzimele utilizate.

Costurile acestei etape rămân ridicate datorită prețului enzimelor. În urma pretratării și hidrolizei enzimatică se obțin glucide cu 5 și 6 atomi de carbon, în special glucoză, xiloză și arabinoză. Parametrii care influențează procesul de fermentare sunt pH-ul, temperatura, procentul de inhibitori, gradul de diluție, iar în ceea ce privește microorganismele implicate, procesul este influențat de rata de creștere, toleranța la alcool și cea osmotică, productivitate și de stabilitatea genetică a acestora.

Uzual, cele mai utilizate microorganisme pentru procesul de fermentare sunt *Saccharomyces cerevisiae* și *Zymomonas mobilis*, acestea având capacitatea naturală de a fermenta glucoza însă nu și arabinoza sau xiloză. Această capacitate le-a fost indusă în diverse laboratoare de cercetare

prin ameliorare genetică. Reacția de fermentare pentru glucoză, prin care se obține etanol și bioxid de carbon, este:



Procesul de **fermentare** se poate efectua discontinuu, semicontinuu sau continuu, cu avantaje și dezavantaje în fiecare caz. Deși în prezent cea mai comună tehnologie utilizată implică separarea etapei de hidroliză de cea de fermentare, aceasta prezintă unele dezavantaje între care cel mai important este legat de faptul că activitatea enzimelor este inhibată treptat de creșterea concentrației de zaharuri, fiind așadar necesară utilizarea unei concentrații mai mari de enzime. Eliminarea acestor neajunsuri constituie încă o temă de cercetare, fiind studiate în prezent și alte strategii de hidroliză și fermentare.

Zaharificarea și fermentarea simultană constă în realizarea simultană a celor două procese. Zaharurile produse pe cale enzimatică sunt fermentate imediat de tulpinile de drojdii, menținând astfel concentrația de zaharuri la un nivel care nu inhibă activitatea enzimatică. Dezavantajul major constă în faptul că temperatura necesară pentru un proces optim de hidroliză (aproximativ 50°C) diferă de cea pentru fermentare (aproximativ 35°C).

Bioprosesarea consolidată (CBP61), cunoscută și sub denumirea de **conversie microbiană directă**, constă în efectuarea hidrolizei și a fermentării în același bioreactor de către o singură comunitate de microorganisme, capabile să fermenteze direct celuloza în etanol. Cercetările actuale au în vedere două strategii de atingere a acestui deziderat: ameliorarea genetică a unor microorganisme cu capacitate excelentă de fermentare astfel încât să producă eficient și celuloze, respectiv ameliorarea genetică a unor microorganisme cu capacitate foarte bună de producere a celulozelor astfel încât să aibă și capacitatea de a produce etanol. Figura 6. prezintă o tehnologie clasică de obținere a bioetanolului lignocelulozic, iar figura 7 arată operațiile tehnologice de bază atunci când se aplică metoda SPORL de pretratare, iar hidroliza și fermentarea se fac separat (SHF).

FERMENTARE ANAEROBĂ SAU DIGESTIE

Nămolurile rezultate din tratarea apelor uzate, gunoiul de grajd sau deșeurile alimentare, dar și produsele agricole, la o anumită umiditate sau în amestec cu apă (în funcție de tipul biomasei) sunt degradate bacterian într-o incintă închisă, în absența aerului. Astfel, prin fermentare anaerobă se obține un amestec format în principal din metan și bioxid de carbon.

Aproximativ 90% din energia înmagazinată în biogazul obținut aparține metanului.

Tehnologia este matură și a devenit o modalitate de suplimentare a veniturilor fermelor agrozootehnice moderne, care astfel produc atât energie cât și îngrășământ bogat în azot, fosfor, potasiu și micronutrienți, precum și a stațiilor de epurare a apelor uzate municipale.

Producerea de biogaz din material organic în condiții anaerobe implică succesiune de reacții microbiene. În timpul procesului, molecula organică complexă prezentă în biomasă este descompusă în zahăr, alcooli, pesticide și aminoacizi de către bacterii producătoare de acid. Produsele rezultate sunt apoi utilizate pentru a produce metan de către o altă categorie de bacterii.

În rezultatul fermentării anaerobe se obține un produs gazos (format în principal din metan și bioxid de carbon) și o masă reziduală, ce nu mai poate fi supusă fermentării. Această masă este de obicei folosită ca fertilizator pentru sol.

Procesul de producere a biogazului implică trei etape și anume: (1) Hidroliza enzimatică; (2) Formarea acidului și (3) Formarea metanului.

Eficiența digestiei depinde de cât de departe se întâmplă digestia în aceste trei etape. O digestie mai bună, un timp de retenție mai scurt și o producție eficientă de gaz (Fig. 2.3.).

Hidroliza enzimatică: moleculele organice complexe, cum ar fi grăsimile, amidonul și proteinele insolubile în apă conținute în biomasa celulozică sunt descompuse în compuși simpli (zaharidele, acizii grași, aminoacizii, apă) cu ajutorul enzimelor secretate de bacterii. Această etapă este, de asemenea, cunoscută sub numele de etapă de descompunere a polimerului (polimer în monomer). Principalul produs final este glucoza, care este un produs simplu.

Formarea acidului: Produsul rezultat (monomeri) obținut în etapa de hidroliză servesc ca element de intrare pentru bacteriile din etapa de formare a acidului. Produsele produse în etapa anterioară sunt fermentate în condiții anaerobe pentru a forma acizi diferiți.

Aceasta etapa cuprinde două faze: **acidogeneza:** particulele formate la prima fază sunt destrămate în acizi organici, amoniac, sulfid de hidrogen și bioxid de carbon și **acetogeneza:** formarea hidrogenului și a bioxidului de carbon în rezultatul transformării amestecului complex de acizi grași în acid acetic. Principalele produse produse la sfârșitul acestei etape sunt acidul acetic, acidul propionic, acidul butiric și etanol.

Formarea metanului - metanogeneza: Acidul acetic produs în etapele anterioare este transformat în metan și dioxid de carbon de un grup de microorganisme numit „Metanogeni”, cu alte cuvinte, este procesul de producere a metanului de către metanogeni. Ele sunt anaerobe obligatorii și foarte sensibile la schimbările de mediu. Metanogenii utilizează produsele intermediare din etapele precedente și le transformă în metan, dioxid de carbon și apă. Aceste componente constituie majoritatea biogazului emis de sistem. Metanogeneza este sensibilă atât la pH ridicat, cât și la pH scăzut și apare între pH 6,5 și pH 8.

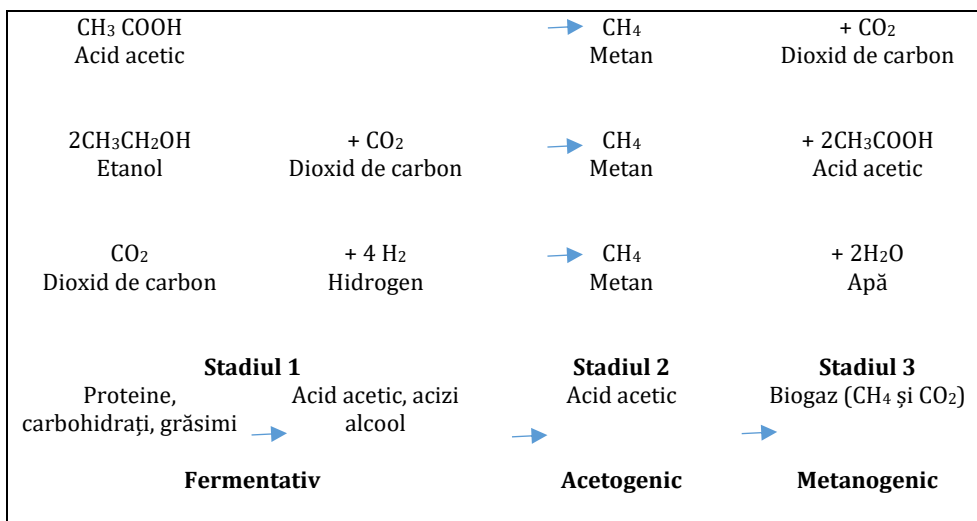


Figura 2.3. Prezentarea reacțiilor care au loc în această etapă⁹

Cei mai importanți parametri de proces sunt temperatura și perioada de staționare a substratului în fermentator (timp de detenție hidraulică). Majoritatea instalațiilor de biogaz operează la temperatură mezofilă (35–42 °C). Perioada de staționare în fermentator depinde de tipul de substrat utilizat și poate varia între 20 și 70 de zile.

Pentru a crea condiții ideale pentru bacteriile care convertesc materia organică în biogaz, digestorul trebuie să fie etanș la pătrunderea aerului și prevăzut cu posibilitatea de încălzire și de amestecare. Există trei tipuri de fermentare anaerobă:

- Mezofilică: se desfășoară la temperaturi de 30-35°C; timpul de retenție este de 15-30 zile;

⁹ Rawat K.S., Biomass to Fuel: Conversion Tehniques, Capter, iunie 2016;

- Termofilică: are loc la temperaturi de aproximativ 55°C iar timpul de retenție a materiei organice în digester este de 12-14 zile;
- Psihrofilică: temperatura de procesare este mai mică de 20°C, iar timpul de retenție este de 70-80 zile.

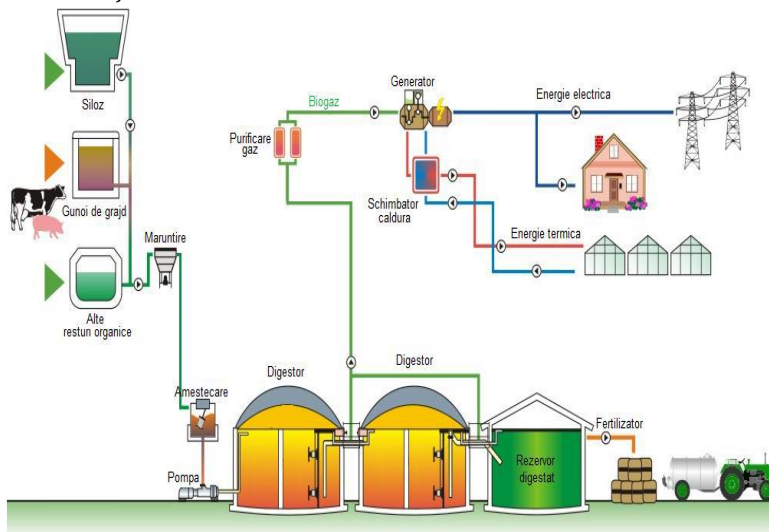


Fig. 2.4– Schema de principiu a unei stații de producere a biogazului

Gazele emise de depozitele de deșeuri

În ultimile decenii a crescut importanța energetică a deșeurilor municipale și industriale. Printr-un management înțelept al acestora, prin colectare selectivă, semnificația lor energetică poate deveni majoră și concomitent cu conversia acestora în energie, sunt înlesnite neutralizarea componentelor poluante sau nocive, reciclarea unor componente și evitarea sau diminuarea consecințelor poluante.

Depozitele de deșeuri reprezintă un caz aparte de fermentare anaerobă a reziduurilor organice prezente aici. Recuperarea emisiilor acestor depozite nu aduce doar beneficii economice ci și un aport pozitiv din punct de vedere al protecției mediului, având în vedere faptul că metanul are un potențial de 21 de ori mai ridicat decât bioxidul de carbon în ceea ce privește efectul de seră.

Uzual, în compoziția acestor emisii se află 45-60% metan, 40-60% bioxid de carbon, vapori de apă și alți compuși (azot, oxigen, hidrogen sulfurat, diverși contaminanți cum ar fi benzenul, toluenul, cloroformul, tetraclorura de carbon, compuși halogenați etc.) în proporții mult mai mici.

Tabelul 2.5 prezintă principalii componenți și unele caracteristici ale acestora. De obicei gazul recuperat este curățat și utilizat pentru a produce energie electrică prin alimentarea unor motoare cu aprindere prin combustie cuplate la generatoare electrice. În același scop pot fi utilizate microturbine, turbine cu abur sau pile de combustie. Alte aplicații includ generarea de energie termică, sau recuperarea metanului și injectarea lui în rețelele de distribuție a gazelor naturale. Descompunerea bacteriană a materialelor organice din depozitele de deșuri se face în patru faze.

Compoziția gazului produs diferă de la o fază la alta. Întrucât depozitele sunt alimentate pe perioade care pot atinge 20-30 ani, fazele pot fi diferite de la o zonă la alta a depozitului (în funcție de vechimea reziduurilor din zona respectivă).

În prima fază de descompunere, bacteriile aerobe consumă oxigen în procesul de rupere a lanțurilor moleculare ale carbohidraților complecși, proteinelor și lipidelor din compoziția reziduurilor organice. Reacțiile aerobe au loc până la consumarea întregii cantități de oxigen, putând dura de la câteva zile până la câteva luni, în funcție de cantitatea disponibilă de oxigen. La rândul ei, aceasta depinde de gradul de compactare al reziduurilor. Procesul de fermentare aerobă generează în special bioxid de carbon. Cantitatea de azot este mare la începutul fazei, însă scade apoi continuu.

Faza a doua de descompunere este un proces anaerob în care bacteriile convertesc compușii produși de microorganismele aerobe în acid lactic, acetic și formic, precum și în alcooli cum ar fi metanolul și etanolul. Apa în amestec cu acizii formează o soluție care dizolvă nutrienții prezenți în depozitul de deșuri, astfel încât azotul și fosforul devin disponibile pentru speciile de bacterii prezente în depozitul de deșuri. Gazele produse în această fază sunt bioxidul de carbon și hidrogenul. Orice perturbare a depozitului în faza a doua, care duce la pătrunderea oxigenului în masa de deșuri, are ca efect reînnoirea la faza I.

Faza a III-a începe atunci când anumite specii de bacterii anaerobe consuma acizii organici produși în faza a II-a, formând acetat, un acid organic. Acest proces face ca depozitul de deșuri să devină mai neutru, avantajând astfel activitatea bacteriilor producătoare de metan. Bacteriile producătoare de acizi și metan au o relație simbiotică, reciproc avantajoasă. Biomasa producătoare de acid creează compuși care pot fi consumați de bacteriile metanogene. La rândul lor, acestea consumă dioxidul de carbon și

acetatul care, în proporție prea mare, ar deveni toxice pentru bacteriile producătoare de acid.

Tabelul 2.5. Principalele componente ale gazului emanat de depozitele de deșeuri

Componența	Procent volumic	Caracteristici
Metan	45-60	Este un gaz incolor și inodor, produs în depozitele de deșeuri prin descompunere bacteriană.
Bioxid de carbon	40-60	În atmosferă se găsește în proporție de 0,03%. Este incolor, inodor și ușor acid
Azot	2-5	Se găsește în atmosferă în proporție de aproximativ 79%. Este inodor, insipid și incolor.
Oxigen	0,1-1	În atmosferă se află în proporție de aproximativ 21%. Este inodor, insipid și incolor.
Amoniac	0,1-1	Este un gaz incolor, cu un miros înțepător
Alți compuși organici	0,01-0,6	Sunt compuși organici non-metanici, cum ar fi compușii care conțin carbon. Pot apărea în mod natural sau pot fi obținuți prin procese chimice sintetice. Printre compușii cel mai frecvent întâlniți în depozitele de deșeuri se află: acrilonitril, benzen, 1,1-diclorețan, 1,2-diclorețilenă, diclormetan, sulfura de carbonil, etil-benzen, hexan, metil etil-cetonă, tetraclorețilenă, toluen, triclorețilenă, clorură de vinil, xileni.
Sulfuri	0-1	Sulfurile (hidrogenul sulfurat, sulfura de dimetil, mercaptanii etc.) sunt gaze care apar în mod natural, cu un miros neplăcut de ouă stricate, chiar la concentrații foarte mici.
Hidrogen	0-0,2	Este un gaz incolor și inodor
Monoxid de carbon	0-0,2	Este un gaz incolor și inodor

Etapa a IV-a de descompunere începe atunci când compoziția și debitul de gaz de depozit rămân aproximativ constante. În această fază gazul conține aproximativ 45-60% metan, 40-60% bioxid de carbon și 2-9% alte gaze cum ar fi sulfurile. Ritmul stabil de producere a gazului durează de obicei în jur de 20 de ani, însă emisiile vor continua pentru 50 sau mai mulți ani după ce deșeurile sunt descărcate în depozit. Producția de gaze poate dura mai mult, de exemplu în cazul în care sunt prezente cantități mai mari de deșeuri organice.

CAPITOLUL III.

Procese termice

Arderea directă sau combustia: biomasa este arsă într-un cazan pentru a produce abur sub presiune. Aburul este apoi utilizat pentru a acționa o turbină conectată la un generator de putere pentru a produce electricitate. Aceasta are un randament $\leq 30\%$.

Gazeificarea biomasei este considerată în prezent ca o alternativă la combustibilii convenționali. În procesul de gazeificare sunt utilizați ca materie primă lemnul, mangalul și alte materiale făcând parte din categoria biomasei. În esență, procesul de gazeificare constă în transformarea biomasei solide în oxid de carbon în principal printr-un proces termochimic. Gazeificarea biomasei solide are loc în incinte închise la presiuni ceva mai mici sau egale cu cea atmosferică.

Gazul poate fi curățat de impurități și utilizat drept combustibil mai puțin poluant pentru acționarea turbinelor cu gaz și abur, motoarelor cu ardere internă pe gaz și/sau pentru arderea directă în cazane înlocuind gazele naturale. Avantajul acestei tehnologii constă în sistemele descentralizate de conversie a energiei care funcționează în mod economic chiar la dimensiuni mici. Această are un randament $\leq 75\%$.

Piroliza biomasei: piroliza reprezintă descompunerea termică ce are loc în absența oxigenului. Este primul pas în procesele de ardere și gazificare. Este cunoscută de sute de ani ca tehnologia de producere a mangalului și a unor chimicale. Au fost propuse mai multe căi și mecanisme (Fig. 3.1.).

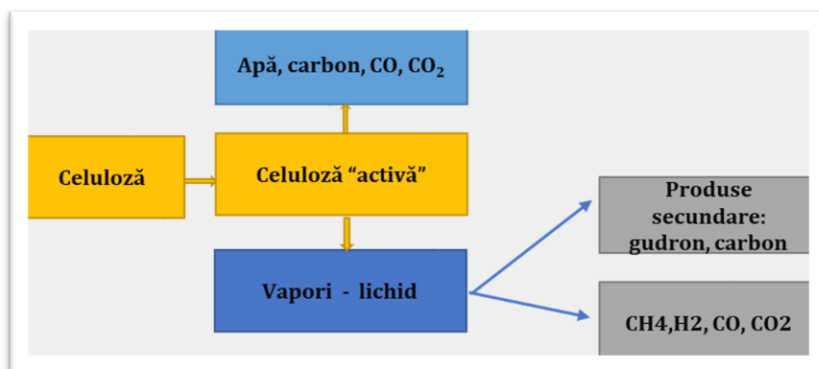


Fig. 3.1. Procesul de piroliză¹⁰

¹⁰ Ion V. I., Ion D. I., Considerații teoretice energie, Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați, nr. 7/2006

Cea mai folosită metodă este piroliza rapidă. Aceasta constă în încălzirea rapidă a biomasei la o temperatură bine controlată de circa 500° C urmată de răcirea foarte rapidă (< 2 sec) a volatilelor formate în reactor. Oferă avantajul unic al producerii unui lichid ce poate fi acumulat și transportat. Această metodă deși este în dezvoltare cunoaște deja mai multe configurații.

Cele mai folosite tipuri de reactoare sunt cu strat fluidizat staționar sau cu curgere globulară, strat fluidizat circulant, con rotativ, strat mișcător sub vacuum și tip Auger.

Torefierea: este un proces utilizat pentru producerea de combustibili solizi de calitate superioară din biomasa lemnoasă și din reziduuri agricole. Produsul final este un biocombustibil stabil, omogen, de calitate înaltă cu densitate energetică putere calorifică mai mare decât materialul original, aducând beneficii semnificative în logistica, manipularea și depozitarea produselor, dar și deschizând o serie largă de utilizări potențiale.

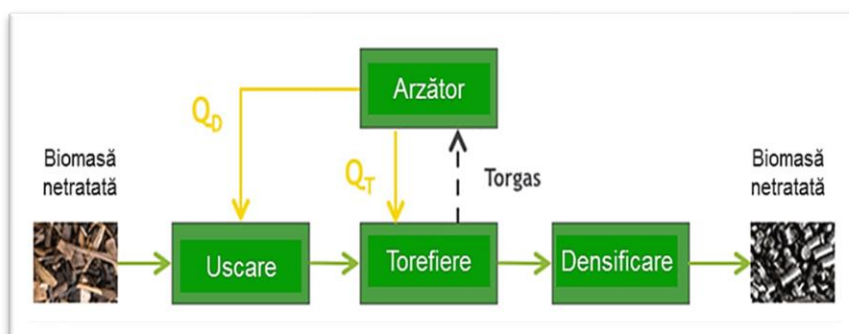


Fig. 3.2. Principiul de bază al torefierii¹¹

Torefierea reprezintă un proces care implică încălzirea biomasei la temperaturi cuprinse între 250 și 300 de grade Celsius într-o atmosferă inertă. Când biomasa este încălzită la asemenea temperatură, umezeala se evaporă și multe componente slab calorifice conținute în biomasa sunt excluse. În timpul procesului hemiceluloza din biomasa se descompune și transformă biomasa dintr-un material fibros într-un produs cu caracteristici combustibile excelente (Fig. 3.2.).

Biomasa torefiată are șapte avantaje imediate față de biomasa netratată:

¹¹ <http://www.topellenergy.com/technology/what-is-torrefaction/>

- Putere calorifică mai mare
- Produse mai omogene
- Densitate mai mare în vrac
- Mărunțire excelentă
- Durabilitate
- Caracter hidrofob/ rezistență la apă
- Nu are activitate biologică

Torefierea biomasei are ca rezultat produse combustibile cu calități superioare ce pot fi utilizate ca înlocuitori pentru cărbune în producția de electricitate sau de căldură și ca și combustibil pentru procesele de gazeificare în producția de combustibili bazați pe biomasă sau în producția chimicalelor.

Arderea combinată: o parte din cărbunele utilizat de o centrală pe cărbune este înlocuită cu biomasă. Arderea combinată este mai ieftină întrucât nu este necesară nicio tehnologie nouă sau o tehnologie suplimentară pentru a putea încorpora biomasă în cărbune. Aceasta are un randament $\leq 85\%$. Pentru producerea de energie termică din biomasă se utilizează curent următoarele procedee:

- ardere în strat, în cazane de apă caldă;
- gazeificare și ardere în aceeași incintă, în cazane de apă caldă;
- gazeificare într-un gazogen și ardere într-un schimbător de căldură.

Fiecare procedeu are avantaje și dezavantaje și se utilizează în funcție de aplicația specifică.

Gazeificarea termo-chimică a biomasei: gazeificarea biomasei a devenit o tematică prioritară datorită potențialului ei mare de a se adapta la cerințele de protecția mediului cu costuri rezonabile. În plus prin gazeificare se asigură proprietăți mai bune de ardere și se deschide și calea chimizării biomasei. Procesele tehnologice de gazeificare a biomasei sunt mai puțin dezvoltate decât procesele de gazeificare a cărbunelui sau a fracțiilor petroliere grele.

Arderea directă a biomasei

Arderea este cea mai veche și utilizată. Eficiența de transformare în electricitate este de 20-25%. Biomasă poate fi arsă direct (așa cum este ars lemnul pentru încălzire, sau pot fi incinerate deșeurile) sau arsă simultan cu cărbunele (co-ardere). Cazanele moderne sunt proiectate să folosească co-arderea pentru a reduce emisiile de CO₂.

La proiectarea sistemului de ardere se ține seama de caracteristicile combustibilului ce urmează să fie folosit, de legislația de mediu, costul și performanțele echipamentelor disponibile. În timpul arderii, o particulă de

biomasă trece prin mai multe faze, mai mult sau mai puțin distincte. Mai întâi are loc uscarea, până la temperaturi de 100o C, apoi pe măsură ce încălzirea continuă, are loc piroliza și/sau gazificarea, urmată de arderea propriu-zisă și lichefierea.

Umiditatea limită a biomasei pentru susținerea arderii nu trebuie să depășească 60% din masă. Umiditatea este o proprietate foarte importantă a biomasei, de care depinde proiectarea instalației de ardere și desfășurarea procesului de ardere.

Biomasa este diferită de cărbune în ceea ce privește conținutul de materii organice și anorganice, puterea calorifică și proprietățile fizice. Față de cărbune, biomasa are în general mai puțin carbon, aluminiu și fier și mai mult oxigen, siliciu și potasiu, are putere calorifică mai mică, conținut de apă mai mare, densitate mai mică și friabilitate redusă. Arderea biomasei implică modificarea procesului de ardere în orice instalație, datorită compoziției biomasei, mai ales conținutului de volatile. Puterea calorifică a biomasei este mult mai mică decât cea a cărbunelui datorită conținutului ridicat de umiditate și de oxigen.

Este recomandat ca biocombustibili solizi ce vor fi folosiți în instalațiile casnice, comerciale și industriale să fie supuși unor procese de pretratare cum ar fi: spălarea, uscarea, reducerea mărimii și densificarea, pentru a se obține o uniformitate mai mare, a face mai ușoară manipularea și a reduce umiditatea la un nivel acceptabil.

Lemnul este cel mai folosit biocombustibil solid. Materialul brut poate avea următoarele forme: bușteni, butuci, tulpini, frunze și ace din pădure, scoarță, rumeguș, surcele și talaș din industria lemnului și lemnul recuperat din construcții. Acestea pot fi folosite când este posibil direct ca un combustibil, sau pot fi procesate în forme mai ușor de transportat, stocat și ars cum ar fi: peletele, brichetele și așchiile de lemn.

Lemnul de foc este combustibil forestier în formă de tulpină (trată sau nu) de copac. Pentru manipularea mai ușoară, tulpinele sunt făcute snopi prin presarea împreună a ramurilor în snopi având mărimi egale, asemănători unui buștean.

Biomasa solidă prezentă sub forma buștenilor de foc, sub formă de tocătură sau așchii de lemn din resturi de masă lemnoasă sau peletele rezultate în urma proceselor de igienizare sau exploatare a fondului forestier precum și a capacităților industriale de prelucrare a lemnului reprezintă o variantă viabilă și de lungă durată pentru criza energetică.

Deșeurile din lemn rezultate din procesul de obținere a cherestelei, mobilierului, paleților și hârtiei reprezintă cam 50% din materialul lemnos recoltat, constituind astfel o vastă materie primă pentru fabricarea materialului lemnos utilizat pentru încălzit (pelete, brichete, așchii de lemn). Producătorii sistemelor de încălzire cu lemne, în special cei care fabrică dispozitive de mărimi mici până la medii, au nevoie ca acești combustibili disponibili pe piață să îndeplinească standardele de calitate conform cărora au fost testate și certificate instalațiile de încălzire (Fig. 3.3.).

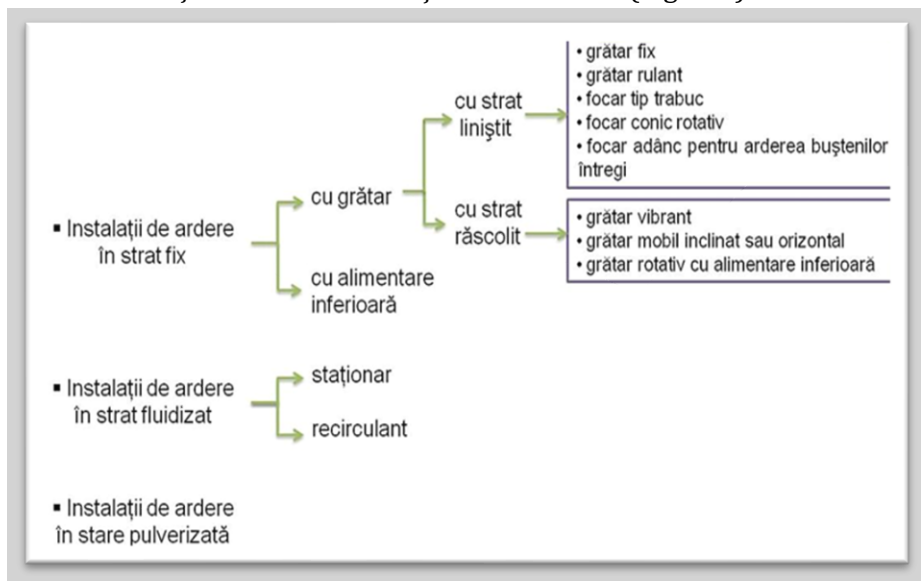


Fig. 3.3. Principalele tipuri de instalații de ardere a biomasei¹²

Tocătura (așchiile din lemn) sunt bucăți mici de lemn cărora de obicei li se reduce umiditatea. Tocătura sau așchiile de lemn se obțin cu ajutorul utilajelor de așchiat care sunt special construite pentru a mărunți lemnul sub formă de așchii și poate fi fie staționar, fie montat pe un șasiu, o remorcă ori un camion sau pe cuplajul în trei puncte din spatele unui tractor. Așchiile au o umiditate mai mare decât peletele, precum și o densitate brută mai scăzută. Prin urmare așchiile necesită un depozit mult mai mare decât peletele, dar sunt mai ieftine pe unitatea de energie decât peletele sau brichetele. Un dezavantaj îl reprezintă faptul ca se pot deteriora cu ușurință.

¹² Ion V. I., Ion D. I., Considerații teoretice energie, Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați, nr. 7/2006

CAPITOLUL IV.

Procese chimice

„Biocombustibilii” sunt combustibili de transport precum etanolul și biodieselul, care sunt fabricate din materiale de biomasă. Acești combustibili sunt de obicei amestecați cu combustibili petrolieri și anume cu benzină și motorină, dar pot fi folosiți și singuri. Etanolul și biodieselul sunt, de asemenea, combustibili mai arși, producând mai puțini poluanți atmosferici. A atras atenția semnificativă datorită îngrijorării crescânde asupra mediului și a reducerii rezervelor de petrol. Combustibilul biodiesel poate fi fabricat din uleiuri vegetale regenerabile, grăsimi animale sau uleiuri de gătit reciclate prin proces de transesterificare. Biodieselul este combustibilul alternativ cu cea mai rapidă creștere din lume. Etanolul este un combustibil alcoolic produs din zaharurile găsite în cereale precum porumbul, sorgul și grâul, precum și cojile de cartofi, orezul, trestia de zahăr, sfecla de zahăr și tăieturile de curte prin fermentare.

Bio-motorina este un combustibil, fabricat din resurse naturale (biologice) regenerabile, care poate fi utilizat direct în motoarele diesel convenționale. Spre deosebire de motorina fosilă, bio-motorina pură este biodegradabilă, netoxică și, în esență, nu conține sulf și substanțe aromatice și eliberează mai puține emisii în timpul arderii. Poate fi produs din uleiuri comestibile ca ulei de palmier, ulei de soia, ulei de semințe de rapiță, ulei de floarea-soarelui și alte uleiuri vegetale; grăsimi animale și uleiuri necomestibile cum ar fi semințele de ricin. Un aspect negativ al biodieselului este acela că puritatea biodieselului se schimbă în timpul depozitării din cauza reacțiilor oxidative și hidrolitice și a disponibilității materiei prime (materie primă) pentru producție.

Procesul de transesterificare

Biodieselul este produs în mod obișnuit prin transesterificarea uleiului vegetal sau a materiei prime pentru grăsimi animale. Procesul implică reacția catalitică a uleiurilor vegetale sau a grăsimilor animale cu alcoolii alifatici cu lanț scurt (de obicei metanol sau etanol). Există mai multe metode pentru realizarea acestei reacții de transesterificare, incluzând procesul de lot comun, procese supercritice, metode cu ultrasunete și chiar metode cu microunde. Un produs secundar al procesului de transesterificare este producția de glicerol. Pentru fiecare 1 tonă de biodiesel fabricată, se produc 100 kg de glicerol.

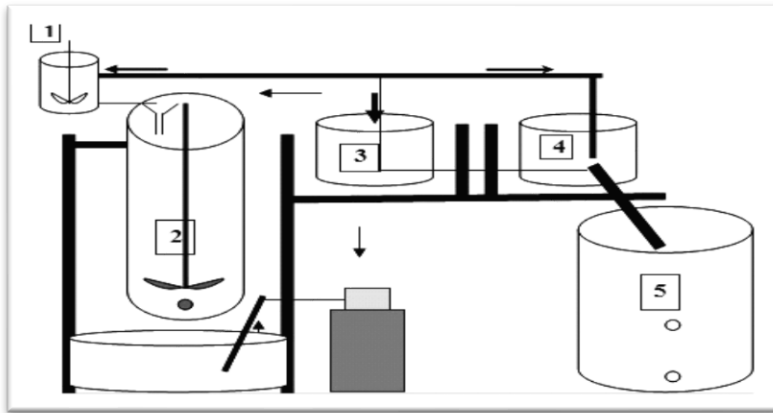


Figura 4.1. Schiță schematică de obținere a biodieselului

1. Rezervor de amestecare pentru produse chimice,
2. Reactorul principal,
- 3,4. Rezervoare de decantare
5. Rezervor de spălare

Pentru esterificarea uleiului se folosește un catalizator alcalin. Uleiul este amestecat cu alcool și amestec de catalizatori. Uleiul extras din semințele este amestecat cu un amestec de catalizator de metanol la o proporție sub o anumită temperatură. Această soluție se agită continuu timp de două ore. În timpul procesului, glicerolul prezent în soluție se separă, care, atunci când este așezat, poate fi separat. Pentru decantare, trei tancuri separate sunt prevăzute în uzină. După îndepărtarea glicerolului, biodieselul lichid este transferat în rezervorul de spălare, unde combustibilul este spălat de două ori și se obține biodieselul purificat.

Avantajele utilizării biodieselului^{13,14} ca înlocuitor pentru motorina sunt:

- Combustibil regenerabil, obținut din uleiuri vegetale sau grăsimi animale.
- Toxicitate scăzută, în comparație cu motorina.
- Se degradează mai rapid decât motorina, minimizând consecințele ecologice ale deversărilor de biocombustibili.

¹³ Knothe G., Dunn R.O., Bagby M.O. (1997), Biodiesel: the use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels. In: Fuels and Chemicals from Biomass, 1st edn. American Chemical Society, New York.

¹⁴ Van Gerpen J., Shanks B., Pruszko R., Clements D., Knothe G. (2004), Biodiesel production technology. National Renewable Energy Laboratory, NREL/SR-510-36244.

- Emisii mai mici de contaminanți: monoxid de carbon, particule, hidrocarburi aromatice policiclice, aldehide.
- Risc mai mic pentru sănătate, datorat emisiilor reduse de substanțe cancerigene.
- Fără emisii de dioxid de sulf (SO₂).
- Punct de aprindere mai mare (100° C minim).
- Poate fi amestecat cu motorină în orice proporție; ambii combustibili pot fi amestecați în timpul alimentării cu combustibil a vehiculelor.
- Proprietăți excelente ca lubrifiant.
- Este singurul combustibil alternativ care poate fi utilizat la un motor diesel convențional, fără modificări.
- Uleiurile de gătit uzate și reziduurile de grăsime provenite din prelucrarea cărnii pot fi utilizate ca materii prime.

Dezavantajele utilizării biodieselului^{15,16}

- Consum ușor mai mare de combustibil datorită puterii calorifice mai mici a biodieselului.
- Emisii de oxizi de azot (NO_x) puțin mai mari decât motorina.
- Punct de îngheț mai mare decât motorina. Acest lucru poate fi incomod în climă rece.
- Este mai puțin stabil decât motorina și, prin urmare, nu se recomandă depozitarea pe termen lung (mai mult de șase luni) a biodieselului.
- Poate degrada garniturile și furtunurile din plastic și cauciuc natural atunci când sunt utilizate în formă pură, caz în care se recomandă înlocuirea cu componente din teflon.
- Se dizolvă depunerile de sedimente și alți contaminanți din motorina din rezervoarele de stocare și conductele de combustibil, care sunt apoi spălate de biocombustibil în motor, unde pot provoca probleme la supape și sistemele de injecție. În consecință, se recomandă curățarea rezervoarelor înainte de umplerea cu biodiesel.
- Aceste dezavantaje sunt semnificativ reduse atunci când biodieselul este utilizat în amestecuri cu motorină.

¹⁵ Van Gerpen J, Shanks B, Pruszko R, Clements D, Knothe G. (2004), Biodiesel analytical methods. National Renewable Energy Laboratory, NRRL/SR-510-36240.

¹⁶ Romano S.D., González Suárez E., Laborde M.A., (2006) Biodiesel. In: Combustibles Alternativos, 2nd edn. Ediciones Cooperativas, Buenos Aires

Concluzii și recomandări

Biomasa reprezintă orice material care este direct sau indirect derivat din viața plantelor și care este regenerabil în perioadă de timp de mai puțin de aproximativ 100 de ani. Mai multe resurse convenționale de energie, cum ar fi petrolul, cărbunele și gazele naturale sunt, de asemenea, derivate din viața plantelor, dar nusunt considerate surse regenerabile.

Biomasa poate fi considerată ca o resursă strategică, deoarece este regenerabilă; accesibilă în orice zonă; permite utilizări multiple; furnizează în principal materii prime pentru diverse industrii; poate servi pentru a produce energie (termică, electrică, combustibili); aduce beneficii pentru protecția mediului și pentru dezvoltarea socio-economică, în special pentru dezvoltarea zonelor rurale.

Dintre produsele foarte diverse rezultate din biomasă, unele sunt considerate în prezent printre cele mai importante în lume: cărbunele activ utilizat în tratarea apei, substanțe chimice speciale, hidrogenul, amoniacul, îngrășămintele organice, biocombustibilii.

Uniunea Europeană prin "Protocolul de la Kyoto" a instituit o legislație în legătură cu schimbările climatice pentru reducerea cu 80-95% a emisiilor de gaze cu efect de seră față de nivelul anului 1990, până în anul 2050, pe baza "Foii de parcurs privind politica energetică până în anul 2050". Pentru a atinge aceste obiective, în politica uniunii Europene au fost abordate două căi: promovarea resurselor inteligente, cu emisii reduse de carbon și îmbunătățirea eficienței energetice.

Politica ambițioasă a UE pentru atenuarea schimbărilor climatice, reflectă în pachetul pentru climă și energie din 2007, numit și "obiectivele 20-20-20" prevede că, până în anul 2020 emisiile de gaze cu efect de seră trebuie reduse cu 20% față de nivelul anului 1990, eficiența energetică a UE trebuie îmbunătățită cu 20% și cota de consum de energie produsă pe bază de resurse regenerabile a UE trebuie să crească cu 20%.

Conform "obiectivelor 20-20-20", sursele de energie regenerabilă a României trebuie să contribuie cu 24% la consumul final de energie până în anul 2020.

BIBLIOGRAFIE

1. Adams PWR, Lindegaard K. A critical appraisal of the effectiveness of UK perennial energy crops policy since 1990. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 2016; 55: 188-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.126>
2. Bach Q, Tran K, Skreiberg Ø. Hydrothermal pretreatment of fresh forest residues: effects of feedstock pre-drying. *Biomass & Energy* 2016; 85: 76-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.11.019>.
3. Biorenewables Education Laboratory Biomass Properties Summer Academy Instructor's Guide JB/CB 2011;
4. Brumă I.S., Tanasă L. (2011) - Termeni și noțiuni de agricultură ecologică în Studii și cercetări de economie rurală, tomul X, „Perspectivele dezvoltării rurale”, Academia Română, Filiala Iași, ICES „Gh. Za-ne”, Editura „Terra Nostra”, Iași, ISBN 978-973-1888-73-6
5. Caracteristicile reziduurilor din cereale agrico-le (Patterson et al., 1995; Nikolaou et al., 2003; DEA, 2006; Christou et al., 2007)
6. Christian DG, Yates NE, Riche AB. The effect of harvest date on the yield and mineral content of *Phalaris arundinacea* L. (reed canary grass) genotypes screened for their potential as energy crops in southern England. *J Sci Food Agric* 2006;86:1181-8
7. Demirbas A. -Progress and recent trends in biodiesel fuels, *Energy Conversion and Management* 50, 2009, pp. 14-34;
8. Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGE-NERABILE, Editura PRINTECH
9. European Parliament and The Council of The European Union: Directive 2009/28/EC Of The Euro-pean Parliament and the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from the renewa-ble sources, Brussels, 2009
10. G. Riva, E. Foppapedretti, C. Caralis, Handbook on Renewable Energy Sources- Biomass ENER SUPPLY, 2014, p. 157.
11. Ghid pentru furnizorii de bio-combustibil, Proiect de energie și biomasă în Moldova, 2012.
12. Grama G. Depozitarea și managementul rezi-duurilor de grajd în exploatațiile agro-zootehnice și obținerea de energie, USAMV Cluj-Napoca, Facultatea de Managementul Calității produselor de origine ani-mală

13. Gravalos I, Xyradakis P, Kateris D, Gialamas T, Bartzialis D, Giannoulis K. An experimental determination of gross calorific value of different agroforestry species and bio-based industry residues. *Natural Resources* 2016; 7(1): 57-68.
14. <http://dx.doi.org/10.4236/nr.2016.71006>.
15. Haase S. (2010), Assessment of Biomass Pelletization Option for Greensburg, Kansas, Technical Report NREL/TP-7A2-48073, May 2010.
16. Ion V. I., Ion D. I., Considerații teoretice energie, Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați, nr. 7/2006
17. Ion V. I., Ion D. I., Considerații teoretice energie, Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați, nr. 7/2006
18. Klass DL. Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals. New York: Academic Press/Elsevier; 1998
19. Knothe G., Dunn R.O., Bagby M.O. (1997), Biodiesel: the use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels. In: *Fuels and Chemicals from Biomass*, 1st edn. American Chemical Society, New York.
20. Knothe G., Dunn R.O., Bagby M.O. (1997), Biodiesel: the use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels. In: *Fuels and Chemicals from Biomass*, 1st edn. American Chemical Society, New York.
21. Milhau, A. Fallot, Assessing the potentials of agricultural residues for energy: what the CDM experience of India tells us about their availability, *Energy Policy* 58 (2013) (2013) 391-402
22. Rawat K.S., Biomass to Fuel: Conversion Techniques, Chapter, iunie 2016;
23. Rawat K.S., Biomass to Fuel: Conversion Techniques, Chapter, iunie 2016;
24. Romano S.D., González Suárez E., Laborde M.A., (2006) Biodiesel. In: *Combustibles Alternativos*, 2nd edn. Ediciones Cooperativas, Buenos Aires
25. Romano S.D., González Suárez E., Laborde M.A., (2006) Biodiesel. In: *Combustibles Alternativos*, 2nd edn. Ediciones Cooperativas, Buenos Aires
26. SR EN ISO 17225-2: 2014 - Biocombustibili solizi. Specificații și clase de combustibili. Partea 2: Clase de peleți din lemn.
27. Thomas D. Foust, Doug Arent, Isaias de Carvalho Macedo, José Goldemberg, Chanakya Hoysalad, Rubens Maciel Filho, Francisco E. B. Nigro, Tom L. Richarde, Jack Saddler, Jon Samseth, Chris R.

- Somervilleh, Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps – Chapter 3: Energy Security, pag. 61, Sao Paulo, 2015, ISBN: 978-2-9545557-0-6.
28. Tumuluru J. S., Wright C. T., Kenny Kevin L., Hess J. R., A Review on Biomass Densification Technologies for Energy Application, Idaho National Laboratory Biofuels and Renewable Energy Technologies Department Energy Systems and Technologies Division Idaho Falls, Idaho, 2010
 29. Tumuluru J. S., Wright C. T., Kenny Kevin L., Hess J. R., A Review on Biomass Densification Technologies for Energy Application, Idaho National Laboratory Biofuels and Renewable Energy Technologies Department Energy Systems and Technologies Division Idaho Falls, Idaho, 2010
 30. Tumuluru J.S., Wright C.T., Hess J.R., Kenney K.L., A review of biomass densification systems to develop uniform feedstock commodities for bioenergy application, Biofuels Bioprod. Biorefin
 31. Van Gerpen J, Shanks B., Pruszko R., Clements D., Knothe G. (2004), Biodiesel analytical methods. National Renewable Energy Laboratory, NRRL/SR-510-36240.
 32. Van Gerpen J, Shanks B., Pruszko R., Clements D., Knothe G. (2004), Biodiesel analytical methods. National Renewable Energy Laboratory, NRRL/SR-510-36240.
 33. Van Gerpen J., Shanks B., Pruszko R., Clements D., Knothe G. (2004), Biodiesel production technology. National Renewable Energy Laboratory, NRRL/SR-510-36244.
 34. Van Gerpen J., Shanks B., Pruszko R., Clements D., Knothe G. (2004), Biodiesel production technology. National Renewable Energy Laboratory, NRRL/SR-510-36244.
 35. Voicea I., Danciu A., Selvi C., Vlăduț V., Voicu Gh., Paraschiv G., Grigore I., Integrated technology for obtaining agripellets, INMATEH – Agricultural Engineering, Vol. 42, No. 1, pp. 129-136, 2014
 36. http://www.academia.edu/10405744/Densificarea_biomaseicrestere_a_eficientei_energetice_Tehnologii_neconventionale
 37. <http://www.topellenergy.com/technology/what-is-torrefaction/>
 38. <https://www.pelletheat.org/what-are-pellets>
 39. <http://www.biodiesel-machine.com/news/Biomass-Pelleting-Machine-Pelletizing-Plant.html>
 40. http://www.academia.edu/10405744/Densificarea_biomaseicrestere_a_eficientei_energetice_Tehnologii_neconventionale