

**BĂDAN DANIELA NICOLETA; DUMITRU EDUARD ALEXANDRU;
BEREVOIANU ROZI LILIANA**

**ABORDĂRI CONCEPTUALE PRIVIND
POTENȚIALUL ENERGETIC AL BIOMASEI**

EDITURA TERRA NOSTRA

IAȘI, 2020

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

BĂDAN, DANIELA NICOLETA

Abordări conceptuale privind potențialul energetic al biomasei /
Daniela Nicoleta Bădan, Eduard Alexandru Dumitru, Rozi Liliana Bere-
voianu. - Iași : Terra Nostra, 2020

Conține bibliografie

ISBN 978-606-623-116-9

I. Dumitru, Eduard Alexandru

II. Berevoianu, Rozi Liliana

62

Cuprins

Introducere	5
Surse de energie regenerabilă	6
Energia derivată din biomasă	7
Tipuri de biomasă	8
Importanța fotosintezei în cadrul procesului de conversie al biomasei	11
Specii de plante utilizate pentru obținerea biomasei	12
Reziduurile agricole vegetale	15
Procesele de bază care pot fi utilizate pentru valorificarea biomasei	20
Avantajele și dezavantajele producerii biomasei ca resursă regenerabilă	24
Gradul de utilizare al biomasei la nivelul Uniunii Europene	26
Investiții în energii regenerabile	28
Potențialul de energie regenerabilă în România	29
Piața producătorilor de energie la nivelul României	34
Concluzii	35
Bibliografie	36



BIOMASA

Introducere

Emisia gazelor cu efect de seră reprezintă o amenințare serioasă în ceea ce privește producerea schimbărilor climatice, cu efecte potențiale dezastruoase asupra omenirii. Utilizarea surselor regenerabile de energie (SRE), împreună cu îmbunătățirea eficienței energiei (EE), pot contribui la reducerea consumului de energie, la reducerea emisiilor gazelor cu efect de seră și la prevenirea schimbărilor climatice periculoase.

„Energia verde” este un termen care se referă la sursele de energie regenerabilă și nepoluantă. Electricitatea generată din surse regenerabile devine din ce în ce mai disponibilă. Prin alegerea unor astfel de surse de energie regenerabilă consumatorii pot susține dezvoltarea unor energii curate care vor reduce impactul asupra mediului asociat generării energiei convenționale, crescând astfel independența energetică.

Tabelul 1. Emisiile de gaz cu efect de seră comparativ cu 1990 (procentual: 1990 = 100%)

Specificație	2000	2005	2008	2011	2014	2017
UE-28	91,96	93,23	90,41	83,2	77,5	78,3
România	54,14	57,03	56,46	52,1	47,0	46,1

Sursa: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_13_10/default/table?lang=en

Utilizarea energiei regenerabile este una dintre modalitățile eficiente de a asigura un caracter mai curat al aprovizionării cu energie. Natura ne furnizează numeroase surse de energie, incluzând radiația solară de la Soare, apele curgătoare, valurile oceanelor și mărilor, vântul, marea. Energia poate proveni și de la combustibilii fosili (cărbune, gaze naturale și petrol). Aceste surse de energie pot fi clasificate în surse regenerabile și surse neregenerabile.

O sursă naturală este regenerabilă dacă este înlocuită de anumite procese naturale care au o rată comparabilă sau mai rapidă de reînnoire decât rata de consum folosită la utilizarea acestui tip de energie de către oameni.

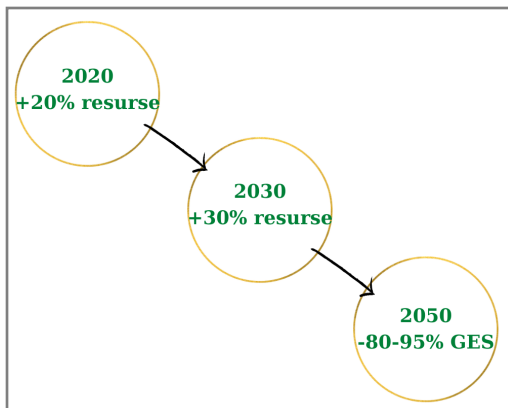
„Energia regenerabilă” se referă la forme de energie produse prin transferul energetic al energiei rezultate din procese naturale regenerabile. Astfel, energia luminii solare, a vânturilor, a apelor curgătoare, a proceselor biologice și a căldurii geotermale pot fi captate utilizând diferite procedee. Prin folosirea energiei regenerabile se asigură, în conformitate cu Tratatul de la Kyoto și în strânsă corelare cu politica energetică a U.E. prevăzută în Strategia Lisabona, protecția mediului și reducerea consumului de combustibili fosili.[16] Toate scenariile de decarbonizare analizate ce stau la baza acestui document sugerează că ponderea surselor regenerabile de energie va crește, atingând până la 30% din energia finală

brută în anul 2030.

Provocarea cu care se confruntă Europa este de a le permite actorilor de pe piață să diminueze costurile energiei din surse regenerabile prin ameliorarea cercetării, industrializarea lanțului de aprovizionare și eficientizarea politicilor și a sistemelor de sprijin. Încălzirea și răcirea pe bază de energie din surse regenerabile sunt esențiale pentru decarbonizare.

Consumul de energie trebuie să se reorienteze către surse de energie locale și cu emisii reduse de carbon (inclusiv pompe cu căldură și dispozitive de încălzire cu stocare) și surse regenerabile de energie (de exemplu încălzirea solară și geotermală, biogazul, biomasa), inclusiv prin sisteme de încălzire centralizată.

Figura 1. Ținte pentru reducerea GES până în anul 2050



Sursa: Planul de Acțiune pentru Bioenergie/Biomasă – Regiunea Centru pentru Perioada 2014 – 2020, Agenția pentru Dezvoltare Regională Centru, 01.01.2014

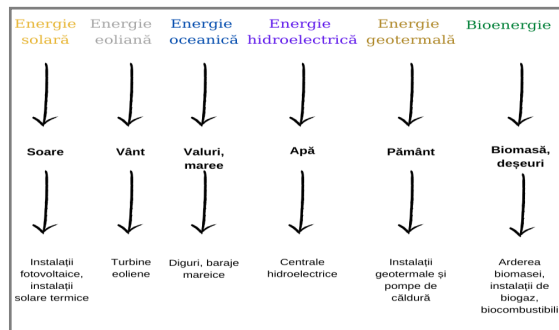
În perspectiva anului 2050, Comisia Europeană anunță ținte mult mai ambițioase de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră cu 80-95% mizând în special, pe creșterea ponderii energie din surse regenerabile.



Surse de energie regenerabilă

Sursele regenerabile de energie se manifestă în natură pe mai multe căi: forțele gravitaționale ale Lunii și Soarelui, care creează mările; rotația Pământului combinată cu energia solară, care generează curenții oceanici și vânturile; fisiunea substanțelor radioactive și căldura interioară a Pământului, care produc energia geotermală; producerea fotosintetică a materiei organice (biomasa); căldura directă de la soare (energia solară).

Figura 2. Surse regenerabile de energie



Sursa: Curtea de Conturi Europeană.

Folosirea energiei din surse regenerabile prezintă numeroase beneficii potențiale, dintre care amintim: reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, diversificarea aprovizionării cu energie și reducerea dependenței față de piețele de combustibili fosili (în special, față de piața petrolului și a gazelor). Dezvoltarea surselor regenerabile de energie poate avea, de asemenea, potențialul de a stimula ocuparea forței de muncă în U.E., prin crearea de locuri de muncă în sectorul noilor tehnologii „verzi”.



Energia derivată din biomasă

Biomasa reprezintă toată materia organică dintr-un ecosistem, fiind cea mai răspândită și utilizată resursă regenerabilă din lume.

Biomasa se obține din partea biodegradabilă a produselor, deșeurilor și reziduurilor din agricultură (substanțele vegetale și animale, silvicultură și industriile conexe), precum și din partea biodegradabilă a deșeurilor industriale și urbane. [8] Aceasta este utilizată la producerea de biocarburanți lichizi sau gazoși (bioetanol, biodiesel, biogaz etc.).

În cadrul definițiilor referitoare la biomasă, se regăsesc de obicei trei componente: agricultura, silvicultura și deșeurile.

Biomasa este acea parte a produselor, deșeurilor ori reziduurilor din agricultură, silvicultură, prelucrarea lemnului sau din gospodărie. Aceasta este biodegradabilă și poate fi utilizată pentru combustibil sau producție industrială.

Această sursă de energie este considerată cea mai abundentă resursă verde de pe glob, având în componență toată materia organică produsă de organismele vii.

Creșterea ponderii biomasei în totalul energiei generate, cu până la 150 milioane tep (tone echivalent petrol) ar putea crea următoarele beneficii:

⇒ crearea unei diversificări de aprovizionare cu energie a Europei;

⇒ diminuarea semnificativă a emisiilor de gaze cu efect de seră (de până la 209 milioane tone);

În conformitate cu definiția dată de Directiva 28/2009/CE, biomasă este „fracțiunea biodegradabilă a produselor, deșeurilor și reziduurilor de origine biologică din agricultură (inclusiv substanțe vegetale și animale), silvicultură și industriile conexe, inclusiv pescuitul și acvacultură, precum și fracțiunea biodegradabilă a deșeurilor industriale și municipale”. [5]

⇒ crearea de locuri de muncă directe (aproximativ 250-300.000 de persoane);

⇒ potențial pentru scăderea prețului petrolului, ca urmare a cererii mai mici;

⇒ în condițiile unei procesări industriale adecvate, biomasă proaspăt recoltată poate fi convertită în produse similare cu gazul natural sau cu combustibilii lichizi sau solizi.

Prin utilizarea unor procese variate de transformare (ardere, gazeificare sau piroliză), biomasă poate fi transformată în „biocombustibil” pentru transport, „biocăldură” sau „bioelectricitate”.

Tipuri de biomasă

Principalele categorii de biomasă care pot fi utilizate în scopul producerii de energie sunt:

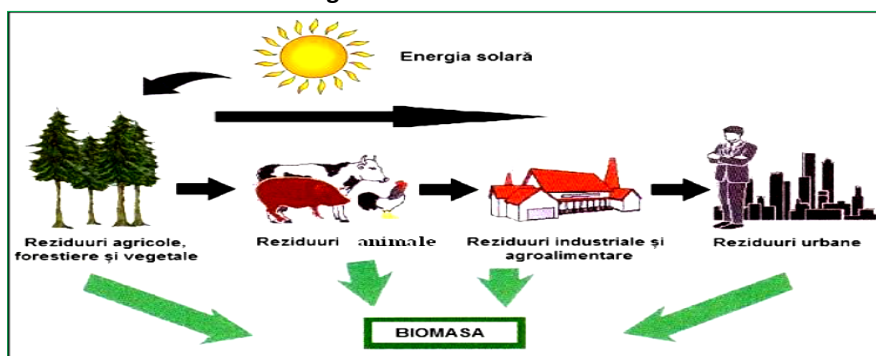
- ◆ materia lemnoasă;
- ◆ reziduurile vegetale din agricultură și reziduurile animale din zootehnie;
- ◆ culturile și plantațiile energetice;
- ◆ reziduurile municipale (resturi provenite de la toaletarea copacilor, întreținerea parcurilor etc.),
- ◆ gunoiul menajer;
- ◆ reziduuri provenite din industria alimentară .

arderea acestora, astfel se produce căldura ce poate fi utilizată direct. Căldura generată poate ajuta la vaporizarea apei, iar vaporii pot antrena o turbină ce este cuplată la un generator electric.

Utilizând tehnologiile de conversie precum cele termice, chimice, biologice sau aplicând tehnologii ce utilizează cele trei metode simultan, se pot produce biocombustibili pentru transport.

Principalele componente ale biomasei lemnoase (biomasă lignocelulozică) sunt lignina (în procent de 20-25%) și carbohidrații (60-80%).

Figura 3. Surse de biomasă



Sursa: http://www.amemm.ro/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=46&Itemid=5&lang=ro

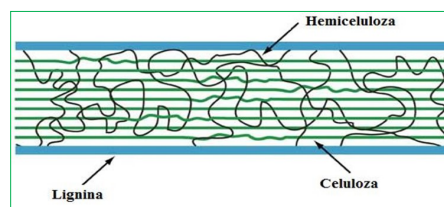
Biomasa este constituită din componente organice vegetale care, în urma procesului de fotosinteză au absorbit o parte din energia solară. Astfel, biomasa vegetală poate fi considerată un acumulator de energie deoarece, în timpul creșterii ajută la fixarea azotului din aer și a CO₂.

Fotosinteza este un proces prin care plantele transformă energia solară în energie chimică. Această energie rezultată poate fi convertită ulterior în energie termică și/sau electrică și folosită pentru uz industrial sau rezidențial și combustibili pentru transport.

Cele mai simple tehnologii de conversie a biomasei lemnoase în energie presupun

Cea mai mare parte a carbohidraților prezenți în biomasă sunt compuși ale poli/oligozaharidelor precum celuloza, hemiceluloza, amidonul și inulina (Fig. 4). În plus, pot fi întâlnite și cantități mici de monoza-haride (glucoza și fructoza).

Figura 4. Structura biomasei lignocelulozei



Sursa: <http://www.sfi.mtu.edu/FutureFuelfromForest/>

Procesul de conversie în energie are la bază măsurarea conținutului de umiditate din biomasă. Astfel, prin selectarea acestui proces se alege tipul de biomasă ce va fi utilizat.

Biomasa ce conține un nivel ridicat de umiditate, cum ar fi plantele erbacee, este utilizată pentru procesul de conversie „umed / apos”, care implică reacții mediate biologice, cum ar fi fermentația. Biomasa „uscată” (ex. aşchii de lemn) este mai potrivită economic pentru procesele de conversie precum: gazeificare, piroliza sau arderea.

În afară de umiditate există și alți factori care trebuie luați în considerare pentru a determina selecția procesului de conversie, în special în cazul în care există și tipuri de biomasă ce nu se încadrează în cele două extreme ale „umedului” și „uscatului”. Astfel de factori sunt: conținutul de cenușă, alcaline și urme de componente, care pot avea un impact negativ asupra proceselor de conversie termică și a conținutului de celuloză, care influențează procesele de fermentare biochimice.

Pentru om, biomasa reprezintă o rezervă de resursă utilă și importantă. Pe parcursul a mii de ani, oamenii au extras energia soarelui, păstrată în formă de energie a legăturilor chimice, au ars biomasă în calitate de combustibil sau a fost folosită în alimentație, utilizând energia zaharidelor și celulozei.

În România biomasa reprezintă o sursă de materie primă pentru toate sectoarele de energie: electrică, termică, biocarburanți și biolichide [9]. Aceasta provine din:

⇒ produse de natură vegetală provenite din agricultură sau activități forestiere, care pot fi folosite drept combustibil în scopul recuperării conținutului lor energetic;

⇒ deșeuri ce provin din agricultură, activități forestiere și industria alimentară (în cazul în care se valorifică energia termică generată), din procesul de producere a celulozei primare și a hârtiei din celuloză, deșeuri de plută, provenind din construcții și demolări (deșeuri lemnoase).

Figura 5. Tipuri de biomasă



Sursa: <https://eosoldesign.ro/biomasa/>

În funcție de origine, biomasa poate fi clasificată astfel:

Biomasa primară este produsă prin activitatea de fotosinteză de către plante, fiind reprezentată de materii prime vegetale cu creștere mai mult sau mai puțin rapidă. Aceasta poate fi folosită în mod direct sau în urma unui proces de conversie în alimentația umană, furajare, diferite industrii sau pentru producerea de energie.

Biomasa secundară este produsă de către ființe heterotrofe care utilizează biomasa primară (animale erbivore și omnivore). În această categorie sunt incluse și produsele reziduale din activitățile industriale sau de creștere a vitelor.

Biomasa reziduală este produsă în activități umane: paie, rumeguș, resturi de la abatoare, reziduuri urbane etc.

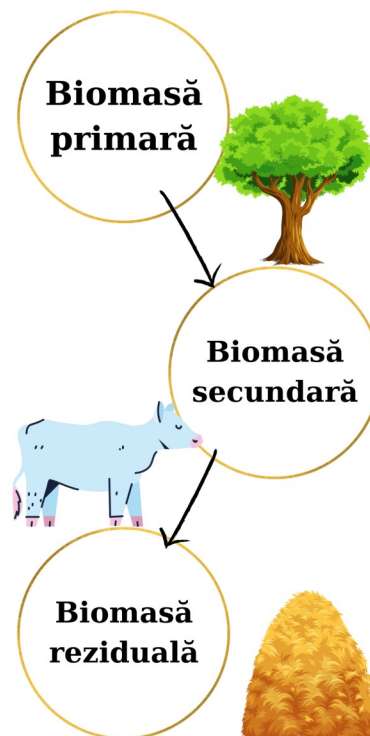
Din punct de vedere al reziduurilor biomasa poate fi clasificată în:

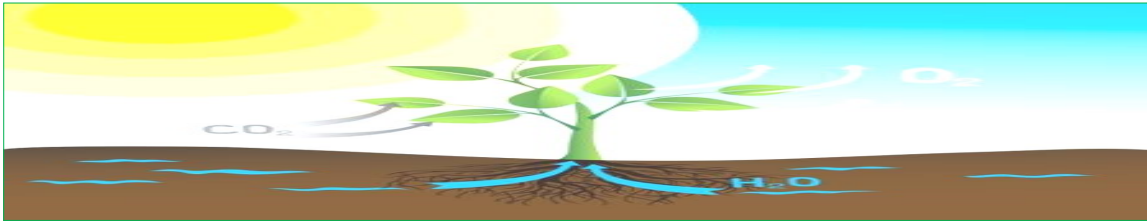
⇒ reziduuri primare - sunt produse din plante energetice, culturi agricole sau din produse forestiere, se găsesc în câmp și trebuie colectate pentru a fi utilizate ulterior;

⇒ reziduuri secundare - generate în urma prelucrării biomasei pentru producerea produselor agroalimentare sau a altor produse din lemn, fiind disponibile în industria alimentară, la fabrici de producere a hârtiei, etc;

⇒ reziduurile terțiare - diferite deșeuri, cu variații ale fracției organice, acestea fiind disponibile după ce un produs din biomasa a fost folosit.

Biomasa fosilă este reprezentată de petrol, gaze naturale și cărbune.

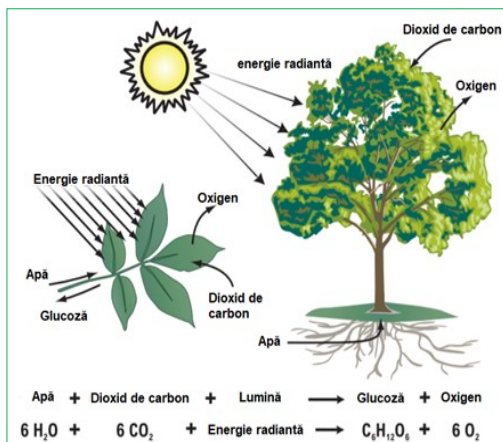




Importanța fotosintezii în cadrul procesului de conversie al biomasei

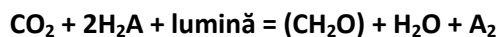
Fotosinteza reprezintă procesul prin care organismele care conțin clorofilă (ex. plante verzi, alge și unele bacterii) captează energia sub formă de lumină și o transformă în energie chimică. O pondere ridicată din energia disponibilă pentru viața din biosfera Pământului, zona în care poate exista viață, este disponibilă prin fotosinteză.

Figura 6. Procesul de fotosinteză



Sursa: Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGENERABILE, Editura PRINTECH BUCUREȘTI, 2015

Următoarea ecuație chimică generalizată, dezechilibrată, pentru fotosinteză este:



Unde:

- H_2A reprezintă un compus care poate fi oxidat (adică din care se pot elimina electroni);
- CH_2 este o formulă generală pentru carbohidrații încorporați de organismul în creștere.

Aproape toate organismelor fotosintetice (alge și plante verzi -) au în componență H_2A ce reprezintă apa (H_2O) și A_2 oxigenul (O_2). În unele bacterii fotosintetice, H_2A reprezintă hidrogenul sulfurat (H_2S).

Procesul de fotosinteză se desfășoară pe două etape:

⇒ o serie de reacții dependente de lumină și independente de temperatură și

⇒ o serie de reacții dependente de temperatură, dar independente de lumină.

Viteza primei serii, numită reacție de lumină, poate fi crescută prin creșterea intensității luminii, acest fapt desfășurându-se în anumite limite, temperatura rămâne constantă. În a doua serie, numită și reacție întunecată, rata poate fi crescută prin creșterea temperaturii (în anumite limite), iar intensitatea luminii rămâne constantă.

O diferențiere a speciilor de plante se poate face prin tipul de cale fotosintetică utilizată (C_3 și C_4).

Calea de fotosinteză utilizată de majoritatea plantelor este C_3 , aceasta determină masa de carbon conținută în materialul vegetal. Exemple de specii C_3 sunt plopul, salcia, grâul și majoritatea altor culturi de cereale.

O altă cale de fotosinteză este reprezentată de plantele C_4 , acesta acumulează o masă de carbon uscată semnificativ mai mare decât legăturile C_3 , oferind o biomasă cu potențial crescut de conversie a energiei. Exemple de specii C_4 sunt: iarba perenă, miscanthus, sorg dulce, porumb și anghinare.



Specii de plante utilizate pentru obținerea biomasei

A) Culturi ierboase anuale

Plantele ierboase (monocotiledonate) reprezintă cea mai mare parte a plantelor cultivate în agricultura modernă pe scară largă.

Cerealele. Principalele cereale utilizate la obținerea de bioetanol sunt grâul și porumbul.



Sursa: [23]



Sursa: [24]

În cazul acestor cereale se pune problema datorată concurenței dintre producțiile agricole alimentare și cele energetice.

Soia (*Glycine max L*) este una dintre principalele surse de grăsimi vegetale utilizate în producția de biodiesel. Boabele acesteia conțin 18% grăsimi vegetale.



Sursa: [25]

Biocombustibilul obținut din uleiul de soia este produs mai ieftin, producția presupunând un procedeu mai puțin poluant și având o putere energetică mai mare, comparativ cu bioetanolul obținut din porumb.

Rapița (*Brassica napus*), este utilizată pentru extragerea celui mai cunoscut tip de biodiesel din semințele sale.



Sursa: [26]

La nivel european se obțin aproximativ 3 tone de sămânță de rapiță la hectar, din care se extrage o tonă de ulei crud de rapiță. Uleiul de rapiță este cel mai folosit în Europa pentru producția de biodiesel (70-80%).

Topinamburul/Napul porcesc (*Helianthus tuberosus L.*). poate fi utilizat la obținerea de biomasă pentru biocombustibil, la producerea spiritului, hrană pentru animale sau în industria alimentară și farmaceutică.



Sursa: [27]

Tulpinile pot fi folosite la realizarea de perdele de protecție, la prevenirea evaporării umidității din sol și mai pot fi utilizate la producerea de peleți și bricete pentru arderea în centrale termice.

Camelia sau Inișorul (*camelia sativa*) are potențial energetic ridicat fiind folosită ca materie primă în obținerea de biokerosen.



Sursa: [28]

Producția de semințe de camelină dintr-un hectar cultivat poate fi de peste 2 tone, după procedeu de rafinare se obțin între 650 și 680 kg de biokerosen.

B) Culturi energetice ierboase perene

Culturile energetice ierboase perene reprezintă un tip de biomasă ce poate fi utilizat ca materie primă pentru producția de bioenergie, fiind viabil din punct de vedere economic.

Exemple de culturi ierboase: specii de stuf și trestie cu creștere rapidă (Arundo Donax, Iarba Elefantului). Aceste culturi pot avea o utilizare bună a nutrienților disponibili pentru a crește productivitatea biomasei.

Iarba elefantului (*Miscanthus X Giganteus*) Plantă energetică folosită sub formă de tocătură, brichete sau peleți. Ritmul de creștere al acestui tip de plantă este foarte rapid, în primul an ajungând până la 2 metri, iar în anul 3 de cultură poate atinge și 4 metri.



Sursa: [29]

Aceasta poate fi folosită ca plantă ornamentală de grădină, resursă pentru materiale de construcții ușoare și izolatoare, pentru obținerea de biomateriale. [19]

Tabelul 2. Informații tehnice

	Miscanthus	Miscanthus Brichete	Gaz	Motorina	Lemn	Brichete din rumeguș
Valoarea caloric (kWh)	4,40	4,40	10,60	11,67	4,30	5,30
	Megajoule			Kw		
1 litru EL (diesel)	42			11,67		
1 kilogram Miscanthus	Aprox 18			4,4		
aproximativ 2,3 Kg Miscanthus cu umiditate de 14% = 1 litru diesel						
1 metru cub tocat Miscanthus = aprox 130 kilograme ;						
1 metru cub de Miscanthus peleți sau brichete = aprox 650 kg						

Sursa: ARGE Miscanthus România – Asociația care promovează cultura și utilizarea de Miscanthus și alte culturi energetice <http://www.miscanthus.com.ro/ro/page/despre-miscanthus-6>

Iarba de pampas (*Panicum virgatum*).

Prin conversia biomasei de *Panicum virgatum* în etanol se pot produce aproximativ 340 de litri/tonă. Această cultură prezintă avantajul costului de producție mai scăzut decât la cel al porumbului, iar energia captată din biomasă la hectar este mai mare. Producția variază între 2 și 6,4 tone/ha. Recoltarea culturii de biomasă din *Panicum virgatum* se realizează în luna noiembrie sau mai târziu.



Sursa: [30]

Sorgul (*Sorghum sp.*).

Se folosește cu succes în obținerea de bioetanol.



Sursa: [31]

Bagasa de sorg zaharat (masă presată), resturile de frunze, tecile și panicule pot fi folosite pentru obținerea de brichete și obținerea de celuloză. Productivitatea sorgului zaharat ajunge la 80-100 tone de biomasă/hectar, din care se pot obține 17 tone de bioetanol și 25-30 tone/masă presată.

Iarba de Sudan (*Sorghum sudanense*)

este o plantă ce se înrudește cu sorgul. Aceasta este utilizată pentru producerea biocombustibilului și în obținerea produselor destinate industriei alimentare și zootehnice. Productivitatea culturii 1000-2000 kg semințe/ha, la care se adaugă și producțiile de paie de 8-10 t/ha. Paiele pot fi folosite ca îngrășământ organic prin împrăștierea lor pe suprafața terenului sau pot fi utilizate energetic prin combustie.



Sursa: [32]

Plopul energetic (*Populus deltoides*).

Plopul energetic este utilizat pentru producerea de biomasă energetică, având diverse utilități: peleți, brichete, industria mobilei, celuloză ș.a..



Sursa: [34]

Biomasa rezultată din recoltare este utilizată sub formă de tocătură pentru a alimenta centralele termice sau sub formă de tocătură mărunțită pentru transformarea în peleți. Dintr-o producție de 15 t biomasă uscată/ha/an se poate obține aproximativ 7 000 litri combustibil de petrol.

C) Culturi energetice lemnoase

Culturile energetice lemnoase, sunt un tip de biomasă ce este folosit ca materie primă pentru obținerea de combustibili alternativi.

Salcia energetică (*Salix viminalis "energo"*)

prezintă o creștere rapidă, ajungând la o înălțime de 1,5 m în primul an de vegetație.

Producțiile de biomasă obținute pot depăși 20 t/ha la un ciclu de recoltare de 3 – 5 ani. Biomasa obținută din salcie poate produce o cantitate de energie de circa 20 de ori mai mare decât energia utilizată ca input. Biomasa din salcie este utilizabilă prin combustie sau pentru producerea de energie electrică. Biomasa poate fi arsă în mod direct, împreună cu cărbune, gazificată pentru utilizare în turbinele pe gaz sau convertită în biocombustibili lichizi. [11]



Sursa: [33]

Copacul prințesei

(*Paulownia tomentosa*).

Are un rol important în furnizarea

de cherestea și lemn

pentru industria mobilei, fiind de asemenea și utilizat ca și sursă durabilă de biocombustibil.

Avantajele cultivării acestui arbore: are o creștere rapidă, în 3 ani (înălțime de 20 metri); lemnul este de esență dură, este cu 30% mai ușor decât orice alt lemn de esență tare; se regenerează rapid; se pot recolta 3-5 rotații de creștere a lemnului fără a fi nevoie de replantare; previne eroziunea solului; permite protecția sistemelor subterane de apă; poate absorbi o mare cantitate de bioxid de carbon din atmosferă: 1200 tone de CO₂/an; puterea calorică este de 3680KJ, comportându-se foarte bine ca lemn de combustibil.



Sursa: [35]

D) Culturi oleaginoase

Culturile oleaginoase cuprind culturi anuale de semințe oleaginoase și culturi de arbori pereni oleaginoși.

Culturi cu semințe oleaginoase

În zonele europene, cele mai reprezentative culturi oleaginoase sunt culturile de floarea soarelui și soia. Uleiurile din



Sursa: [36]

culturile de floarea soarelui și soia conțin și constituenți precum proteine sau amidon.

Partea lignocelulozică a culturilor oleaginoase prin ardere este utilizată la obținerea energiei sau pentru încălzire, în timp ce uleiurile vegetale pot fi utilizate ca înlocuitor pentru combustibil diesel.

Culturile de arbori oleaginoși

În prezent există câțiva arbori care produc ulei: palmierul, nuca de cocos și macadamia.



Sursa: [37]



Sursa: [38]



Sursa: [39]

Uleiul de palmier este utilizat în țările dezvoltate pentru a produce ulei comestibil și biodiesel.

Reziduurile agricole vegetale

Cantitățile de reziduuri, provenind din recolta globală a culturilor agricole reprezintă resursele de biomasă pentru scopuri energetice. Factorii ce influențează aceste resurse de biomasă sunt condițiile climaterice, structura terenurilor, asolament, folosirea îngrășămintelor minerale și organice etc.

Biomasa provenită din **reziduurile agricole** cuprinde totalitatea reziduurilor provenite din producția vegetală și animală.

Reziduurile și deșeurile din sectorul agricol sunt împărțite în două categorii:

⇒ deșeuri de pe câmp ce cuprind resturi vegetale rămase pe câmp și în livezi după recoltare (paie, coceni, tulpini, frunze, păstăi de semințe, etc.)

⇒ reziduurile de procesare ce sunt materiale rămase după procesarea recoltei (coji, semințe, rădăcini, etc.).

Materiale lignocelulozice regăsite în reziduurile vegetale sunt folosite pentru producerea energiei rezultate în urma arderii directe sau gazificare. Pentru producerea de biogaz sunt folosite reziduurile cu un conținut mai mare de substanțe fermentabile și cu umiditate de 30%.

Pentru producerea de energie termică, electrică sau pentru conversie în biocombustibili lichizi, solizi sau gazoși se folosesc paie de cereale, cocenii și ciocălăii de porumb, tulpinile de soia, tulpinile de floarea soarelui, crengile rezultate din tăierile efectuate la plantațiile de pomi, coardele rezultate de la tăierea viței de vie, materialul ierbos rezultat de la curățirea șanțurilor de la marginea șoselelor, a peluzelor și a parcurilor, fructe și legume alterate etc. [14]

A) Reziduuri din cultura cerealelor păioase

Cele mai importante culturi agricole sunt considerate cerealele păioase, datorită suprafețelor mari semănate, a producțiilor și destinației recoltelor obținute. Acestea pot fi utilizate în alimentația umană, furajarea animalelor, materie primă pentru diferite industrii.

Paiele sunt considerate cea mai importantă resursă dintre reziduurile agricole vegetale. În momentul recoltării cerealelor păioase, paiele rămân întregi pe câmp, aranjate în brazdă sau sunt tocate mărunț cu ajutorul utilajelor agricole sau sunt împrăștiate pe teren, unde vor rămâne sub formă de mulci sau vor fi încorporate în sol, ca îngrășământ organic.

Conform cercetărilor științifice efectuate până în prezent, până la 40% din paiele disponibile pot fi recoltate de pe câmp pentru producția de energie, fără a deteriora calitatea solului.

Paiele provenite de la culturile de grâu, secară, orz, ovăz, orez, constituie o sursă importantă de materie primă pentru producția de biocombustibili, fiind cunoscută neutralitatea acestor materiale la emisia gazelor cu efect de seră.



Un balot de paie paralelipipedic cu o masă de ~500 kg (de mare densitate, până la 800 kg) are o cantitate de energie de ~2 MWh, o putere calorică de ~4,7 kWh/kg, echivalent al ~200 l petrol pentru încălzire sau 300 kg cărbune. Transformarea paielor de cereale în energie se realizează în instalații de dimensiuni mici destinate arderii paielor și încălzirii locuințelor din mediul rural sau în centrale termice/electrice de dimensiuni mijlocii sau mari.[20]

Valoarea puterii calorice a peletului rezultat este foarte apropiată de valoarea puterii calorice ale peletului din lemn, acest fapt realizându-se în urma unei procesări adecvate cu echipamente corespunzătoare ale paielor (ex. 4,2 Kw/kg la peletul din paie față de 4,5 – 4,7 Kw/kg la peletul din lemn).

Prin peletizare se produce o densificare a materialului ce urmărește mărirea valorii puterii calorice a materialului de bază prin uscarea și reducerea volumului, pentru o stocare și manevrare mai ușoară și o utilizare adecvată în instalațiile automate. Astfel se pot obține biocombustibili regenerabili ca înlocuitori ai combustibililor fosili.

Tabelul 3. Puteri calorice ale deșeurilor agricole

Tip de reziduuri	Umiditate 10% MJ/kg	Umiditate 15% MJ/kg	Umiditate 30% MJ/kg	Umiditate 45% MJ/kg
Paie grâu	15,23	13,46	11,86	10,43
Paie orz	15,5	13,7	12,08	10,62
Paie orzoaică	15,23	13,46	11,86	10,43
Coceni și tulpini de porumb	15,14	13,38	11,78	10,36

Sursa: SEBA Energy – technology for energy product , articol de Sebastian Radu, 2013. *Paiele de cereale – o sursă de materie primă pentru fabricarea biocombustibililor regenerabili*, <https://www.facebook.com/150716168272912/posts/paiele-de-cereale-o-sursa-de-materie-prim-pentru-fabricarea-biocombustibililor-/620388647972326/>

Combustibilul regenerabil obținut (peletul agricol) poate fi utilizat în mai multe moduri, după cum urmează: combustibili pentru centralele termice cu puteri mari, peste 100 Kw, pentru obținerea energiei termice, materie primă pentru obținerea biocombustibilului gazos, biogazul, utilizat la funcționarea motoarelor termice; hrană pentru animale; pat pentru grajdurile de animale.

Utilizarea biomasei din reziduuri agricole pentru obținerea de energie prezintă următoarele avantaje:

- prin producerea locală a energiei, se pot reduce cheltuielile legate de cumpărarea energiei de la furnizorii convenționali;
- ajută la înlocuirea și/sau conservarea surselor convenționale de combustibili fosili și la scăderea dependenței de importuri de energie;
- poate contribui la diminuarea modificărilor climatice;
- poate reduce problemele legate de eliminarea deșeurilor, riscul de îmbolnăvire a pământului, probleme în lucrările agricole cauzate de reziduurile din paie, costuri suplimentare pentru lucrările agricole din cauza reziduurilor;
- utilizarea resurselor locale asigură păstrarea valorii economice a energiei în economia locală.

B) Reziduurile din cultura porumbului

România deține o pondere ridicată a suprafețelor cultivate cu porumb, utilitatea acestuia fiind una diversificată în alimentația umană, în furajarea animalelor, ca materii prime pentru industrializare, inclusiv pentru producerea de energie (bioetanol, biogaz, energie termică etc.).

Procesul de recoltare – știuleții de porumb sunt desprinși de pe tulpini, depănușați, transportați și depozitați în diferite spații. Pe tot parcursul timpului în care sunt depozitați umiditatea boabelor de porumb se reduce și astfel este asigurată o conservare corespunzătoare.

Pentru consum, știuleții de porumb sunt balotați staționar, iar cei mai mulți ciocălai rămân întregi. Acest produs secundar poate fi utilizat ca hrană pentru animale simplu sau în amestec cu diferite ingrediente, la ardere, pentru obținerea energiei termice în locuințele rurale precum și în conversie în biocombustibili lichizi, gazoși sau solizi.

În general, strujenii de porumb (tulpinile de porumb), au proprietăți bune de combustie, însă au un dezavantaj, acela că au un conținut ridicat de apă la recoltare. Datorită condițiilor de secetă, de exemplu din Regiunea Dunării, strujenii de porumb sunt utilizați pentru producția de energie.

Cocenii de porumb prezintă proprietăți de combustie remarcabile. Un hectar de coceni de porumb este echivalent cu 700 până la 1100 litri de petrol pentru încălzire. Densitatea volumetrică a cocenilor de porumb este comparabilă cu tocătura lemnoasă de molid (160-170 kg/m³).[21]



Sursa: [40]



Sursa: [41]

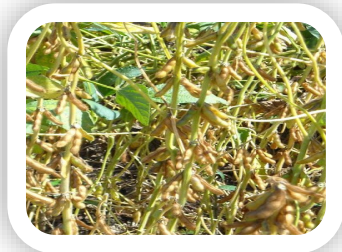
C) Alte reziduuri agricole vegetale

Tulpinile de soia

Reziduurile vegetale (tulpinile) rămase în urma recoltării semințelor de soia cu combina agricolă, sunt tocate și lăsate pe teren sub formă de mulci sau sunt încorporate în sol.

Tulpinile pot fi balotate și transportate, fiind utilizate la furajarea ovinelor sau caprinelor, sau procesate sub formă de peleți/brichete, având destinație energetică.

Producția medie de tulpini provenite de la cultura de soia este de 2,3 tone, cu o putere calorică de 3,8 kWh/kg.



Sursa: [42]

Tulpinile de rapiță

Resturile vegetale (tulpinile) rămase sunt lăsate pe suprafața solului sau se pot încorpora în sol, ca îngrășământ organic.

Tulpinile pot fi adunate pentru a fi utilizate ca materie primă pentru producerea de plăci aglomerate sau drept combustibil.

Proprietăți de utilizare energetică: Proportia boabe tulpini este mare de 1: 2,9; Producție medie de boabe de rapiță de 3,5t/ha ~ 10 t tulpini; Conținut mare de umiditate la recoltare de 45-60%; Este necesară uscarea post-recoltare pe câmp; Putere calorică: 4,75kWh/kg

Tulpinile de floarea soarelui

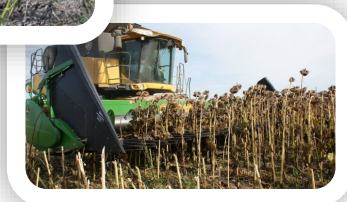
Reziduurile vegetale (tulpini și calatidii) rezultate după recoltarea mecanizată a culturii de floarea soarelui cu combine universale, sunt tocate și încorporate în sol ca îngrășământ organic.

Tulpinile pot fi balotate, transportate și depozitate pentru utilizare în gospodării, în exploatații agricole sau la centrale energetice, după peletizare sau brichetare, pentru producerea de energie prin combustie.

Proprietăți de utilizare energetică: Conținut mare de apă al tulpinilor la recoltare; Este necesară uscarea după recoltare; Conținut de cenușă 10%; Puterea calorică de 4,39 kWh/kg



Sursa: [43]



Sursa: [44]

D) Reziduuri zootehnice

Biomasa reprezentată de dejecțiile din sectorul zootehnic reprezintă o oportunitate pentru obținerea de energie. În tabelul de mai jos se regăsesc compozițiile chimice ale diferitelor tipuri de deșeuri în funcție de proveniența din sectorul zootehnic.

Tabelul 4. Compoziția chimică a gunoiului în funcție de proveniență

Tipul de gunoi	Compoziția chimică %					
	Apa	Materii organice	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Gunoi proaspăt	75	21	0,50	0,25	0,60	0,35
Gunoi de cabaline	71	25	0,58	0,28	0,63	0,21
Gunoi de bovine	77	20	0,45	0,23	0,50	0,40
Gunoi de ovine	64	31	0,83	0,23	0,67	0,33
Gunoi de porcine	72	25	0,45	0,19	0,60	0,18
Gunoi fermentat 3-4-lini	77	17	0,55	0,25	0,70	0,70
Gunoi fermentat complet	0,79	14	0,98	0,58	0,90	0,88

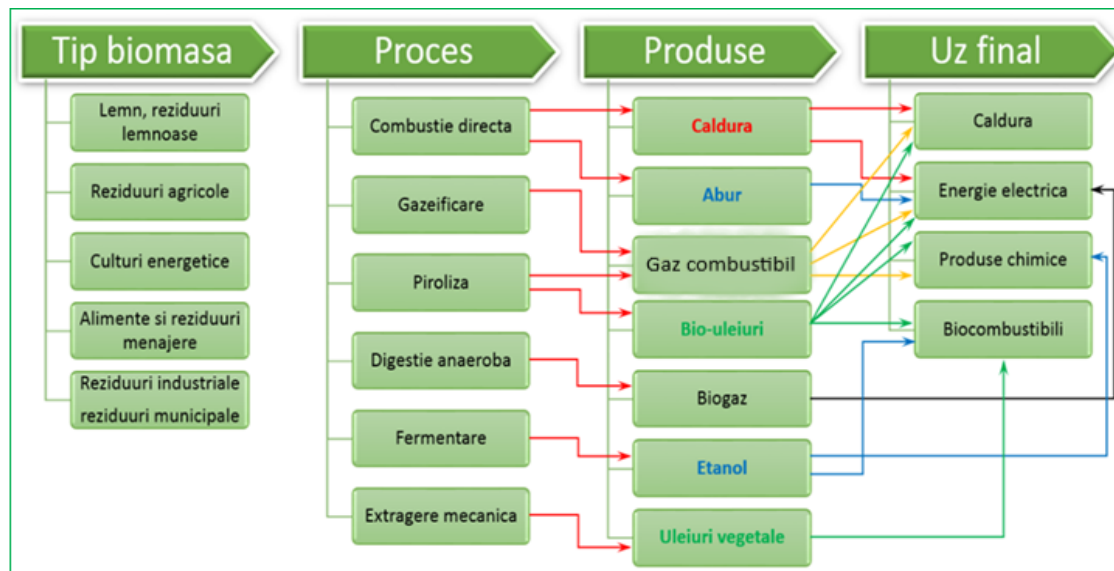
Sursa: Grama G. Depozitarea și managementul reziduurilor de grajd în exploatațile agro-zootehnice și obținerea de energie, USAMV Cluj-Napoca, Facultatea de Managementul Calității produselor de origine animală

Gunoiul de grajd este compus din fecalele animalelor și poate fi o sursă de a obține energie, însă necesită condiții speciale pentru a fi prelucrat, astfel că dacă acesta este prea proaspăt, nu este suficient de bun pentru a fi folosit, deoarece conține multe substanțe organice care nu au fost încă descompuse. Ca urmare a acestei probleme întâmpinate, gunoiul este stocat pe platforme și lăsat la maturat, câteva luni, timp în care are loc descompunerea bacteriană, până când devine o substanță cu miros neutru.

Un subiect de actualitate îl reprezintă cererea tot mai mare de energie și prețul ridicat al țițeiului și al gazelor naturale. Acest lucru a stârnit un interes deosebit în rândul cercetătorilor de a găsi surse de energie regenerabilă, cum sunt biocombustibilii, deșeurile animaliere reprezentând surse importante de energie.

Procesele de bază care pot fi utilizate
pentru valorificarea biomasei

Figura 7. Metode primare de valorificare a biomasei



Sursa: Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGENERABILE, Editura PRINTECH BUCUREȘTI, 2015

COMBUSTIA DIRECTĂ

Combustia directă este procesul folosit de peste 90 % din fabricile de bioenergie ale lumii.

Arderea directă a diferitelor tipuri de biomasă conduce la obținerea de gaze fierbinți care pot fi utilizate pentru încălzire sau pentru a produce abur.

Aburul obținut poate antrena un sistem turbină – generator ce produce energie electrică.

Procesul de ardere reprezintă cea mai simplă tehnologie de transformare a biomasei, iar aceasta se poate dovedi economic dacă sursa de biomasă disponibilă se află în apropiere și este suficientă.

PIROLIZA

Piroliza reprezintă procesul de descompunere termochimică a biomasei solide, proces care are loc la temperaturi ridicate cuprinse între 300-800°C, în absența oxigenului.

În urma acestui proces rezultă căldură, diferite gaze (hidrogen, metan, monoxid de carbon etc.), bio-ulei și cărbune.

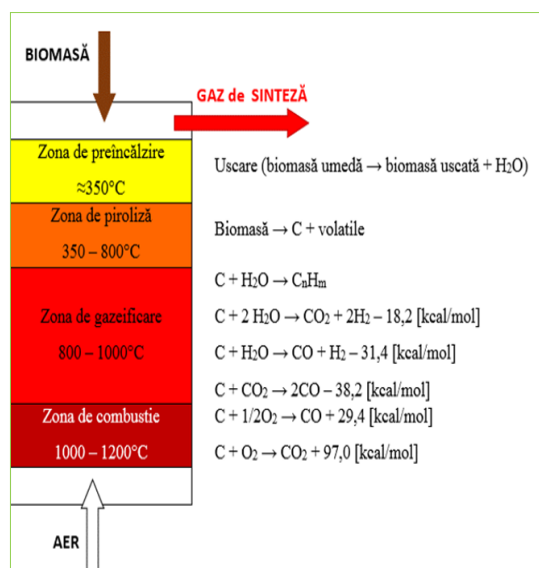
Gazele combustibile rezultate pot fi separate și captate, iar cărbunile (biochar) poate fi utilizat ca fertilizator și amendament agricol.

GAZEIFICAREA

Prin intermediul procesului termochimic de gazeificare, biomasa solidă se transformă în gaz la temperaturi cuprinse între 800-1300°C. Gazul rezultat poartă denumirea de gaz de sinteză sau singaz, acesta fiind amestec de combustibil de hidrogen, monoxid de carbon, metan, azot, bioxid de carbon, sulf, compuși alcalini și gudroane. În prezent, hidrogenul este considerat ca și combustibilul alternativ pentru vehiculele electrice cu pile de combustie.

Procesele la care este supusă biomasa și dispunerea straturilor de biomasă în care ele se manifestă într-un gazeificator de tipul "updraft", pot fi observate în figura nr. 8.

Figura 8. Schema de principiu de obținere a gazului de sinteză



Sursa: Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGENERABILE, Editura PRINTECH BUCUREȘTI, 2015

FERMENTAREA ANAEROBĂ

Degradarea bacteriană într-o incintă închisă ermetizată, fără aer a nămolurilor rezultate din tratarea apelor uzate, gunoiul de grajd sau deșeurile alimentare, dar și produsele agricole, la o anumită umiditate sau în amestec cu apă, reprezintă fenomenul de fermentare anaerobă.

Prin fermentare anaerobă se obține un amestec format în principal din metan și dioxid de carbon.

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

Tehnologia de obținere a biomasei a devenit o modalitate de suplimentare a veniturilor fermelor agro-zootehnice moderne, care produc atât energie cât și îngrășământ bogat în azot, fosfor, potasiu și micronutrienți.

Potențialul energetic pentru diverse categorii de reziduuri care pot fi valorificate prin fermentare anaerobă este prezentat în tabelul 5.

Tabelul 5. Potențialul energetic al unor categorii de reziduuri

Categorie de reziduu	Potențial energetic [MWe]
Produse alimentare și fructe	40
Deșeuri municipale solide	900
Deșeuri municipale lichide	100
Hârtie, produse celulozice, lactate, produse de tăbăcărie	140
Produse zaharoase	220
Reziduuri de la distilării	300

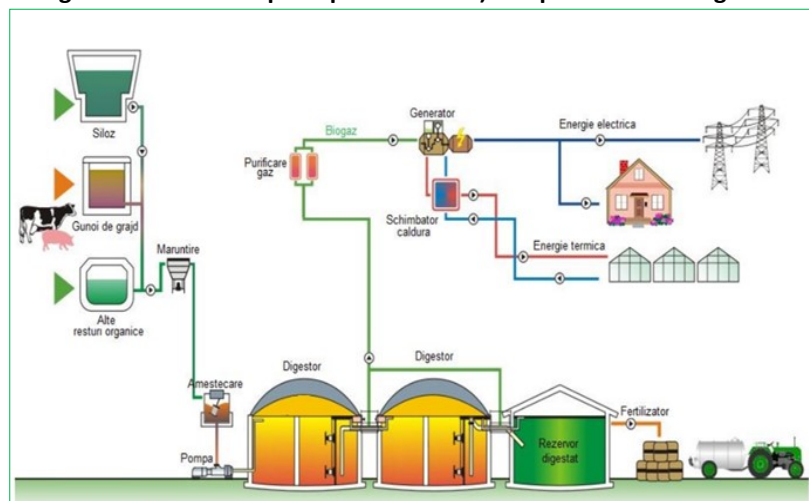
Sursa: Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGENERABILE, Editura PRINTECH BUCUREȘTI, 2015

Digestoarele pentru biogaz pot fi construite din diverse materiale precum: metal, plastic, materiale obișnuite de construcții (beton, cărămidă). Acestea pot fi orizontale sau verticale, iar amplasarea lor se poate face la suprafață sau pot fi îngropate.

Constructiv, pot fi sub formă de bazin, siloz sau jgheab, volumul digestoarelor pot varia de la câțiva metri cubi până la câteva mii de metri cubi pentru variantele industriale. Directoarele pot fi cu funcționare continuă sau în șarje, în funcție de fluxul de material utilizat.

Schema de principiu a unei stații de producere a biogazului, precum și posibilele utilizări ale acestuia este prezentată în figura 9.

Figura 9. Schema de principiu a unei stații de producere a biogazului



Sursa: Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGENERABILE, Editura PRINTECH BUCUREȘTI, 2015

GAZELE EMISE DE DEPOZITELE DE DEȘEURI

Depozitele de deșuri reprezintă un caz aparte de fermentare anaerobă a reziduurilor organice.

Recuperarea emisiilor acestor depozite poate aduce beneficii economice și un aport pozitiv din punct de vedere al protecției mediului, ținând cont de faptul că metanul are un potențial de 21 de ori mai ridicat decât bioxidul de carbon în ceea ce privește efectul de seră.

GAZELE EMISE DE DEPOZITELE DE DEȘEURI

În compoziția emisiilor rezultate din deșuri se regăsesc 45-60% metan, 40-60% bioxid de carbon, vapori de apă și alți compuși (azot, oxigen, hidrogen sulfurat, etc.) în proporții mult mai mici.

FERMENTAȚIA ALCOOLICĂ

Amidonul, celuloza și hemiceluloza pot fi convertite la rândul lor în zaharuri. Acestea se pot obține din cereale, cartofi, hârtie reziduală sau reziduuri lemnoase (rumeguș). Fermentarea zaharurilor se face cu ajutorul diverselor specii de drojdii, obținându-se alcoolul.

Dintre plantele bogate în zaharuri sau în amidon amintim sfecla de zahăr, sorgul, porumbul, cerealele păioase, cartofii, etc, din care se poate obține bioetanol de generația I.



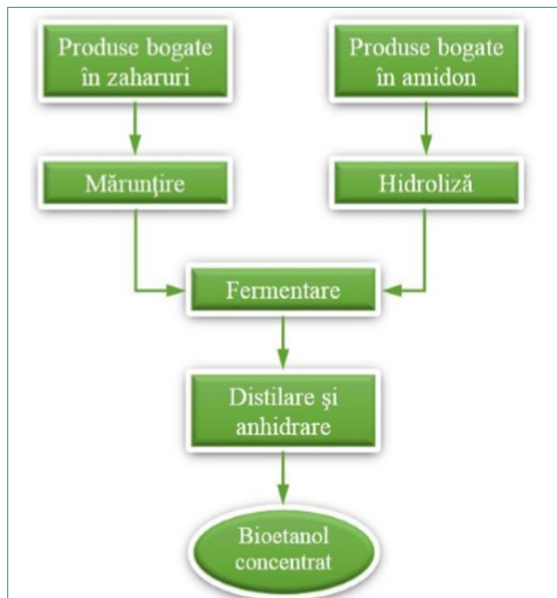
BIODIESEL

Biodieselul este considerat un combustibil curat, care nu este toxic și care este biodegradabil. Acesta este obținut printr-un proces de transesterificare din ulei vegetal sau din grăsimi de origine animalieră. De asemenea acesta poate fi folosit în stare pură sau în amestec cu carburanți fosili (motorina).

Uleiurile sau grăsimile reacționează cu alcoolii în prezența unui catalizator, iar stimularea procesului de transesterificare se face prin creșterea temperaturii.



Figura 10. Schema de principiu a procesului de obținere a bioetanolului de generația I



Sursa: Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGENERABILE, Editura PRINTECH BUCUREȘTI, 2015



Avantajele și dezavantajele producerii biomasei ca resursă regenerabilă

România este considerată o țară cu un potențial deosebit în privința surselor de energie regenerabilă. Astfel energia regenerabilă este energia provenită din resurse naturale care se refac în mod periodic.

Condițiile pedoclimatice permit României să cultive o gamă largă de plante energetice utilizate în producția de biogaz și biolichide, precum: floarea-soarelui, rapiță, porumb, *Miscanthus giganteus*, sorg, etc.

Cea mai utilizată și răspândită resursă regenerabilă este considerată biomasa, reprezentând toată materia organică dintr-un ecosistem. Partea biodegradabilă a produselor, deșeurilor sau reziduurilor provenite din agricultură, precum diferite substanțe vegetale sau animale, dar și din silvicultură este folosită pentru obținerea de biomasă. De asemenea partea biodegradabilă a deșeurilor industriale și urbane este folosită cu scopul producerii de biocarburanți în stare lichidă sau gazoasă (ex. bioetanol, biogaz).



- Este cea mai abundentă resursă regenerabilă;
- Este mai sigură ca energia eoliană/solară când vine vorba de sursă de energie electrică;
- Singurul carbon care este eliberat în atmosferă din combustibilii cu biomasă este cel care a fost absorbit de plante în timpul ciclurilor lor de viață. Combustibilii din biomasă sunt foarte curați;
- Energia obținută este printre cele mai versatile energii, putând fi transformată în combustibili solizi, lichizi și gazoși;
- Existența pieței de desfacere;
- Biomasa este mai ieftină decât combustibilii fosili.;



- Energia biomasei nu este la fel de eficientă ca și combustibilii fosili prelucrați;
- Utilizarea deșeurilor animale și umane crește cantitatea de gaz metan;
- Poluarea rezultată din arderea lemnului și a altor materiale naturale este la fel de dăunătoare ca și cea rezultată din arderea cărbunelui;
- Plantele folosite pentru producerea biomasei necesită mult spațiu și o prelucrare preventivă;
- Biomasa fiind voluminoasă, colectarea cantităților suficiente de deșeuri poate fi dificilă;



- Cel mai ridicat grad de adaptare la necesitățile reale, putând fi depozitată după recoltare și utilizată atunci când este necesar;
- Bilanțul energetic este pozitiv deoarece energia utilizată pentru obținerea surselor de energie este mai redusă decât cea care este eliberată la valorificarea energetică a acestora;
- Din punct de vedere economic zonal sau local asigură energie din surse proprii, contribuind la bugetul local și la eficientizarea economică, etc.;
- Din punct de vedere al protecției mediului, emisiile de carbon prin ardere se reduc cu 100%, emisiile de gaz cu efect de seră se reduc semnificativ, transportul și depozitarea biomasei implică riscuri reduse, etc. .



- Utilizarea excesivă a biomasei produsă din arderea lemnului poate duce la o defrișare extinsă, care este o problemă majoră de mediu. Acest lucru poate reduce masiv arealul disponibil pentru numeroase specii de animale sălbatice, ceea ce duce la extincții;
- Chiar dacă biomasa este o sursă de combustibil neutră de carbon, nu este complet curată.

Gradul de utilizare al biomasei la nivelul Uniunii Europene



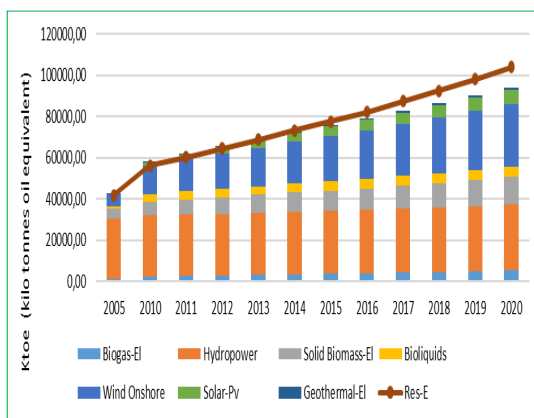
În anul 2018, ponderea energiei din surse de energie regenerabilă din total energie generabilă la nivel european (280,7 Mtoe) a fost de 33,02%. Sursele de energie regenerabilă cu cea mai mare contribuție în total EU au fost hidroenergia (31,28 Mtoe, cu pondere din total de 33,64%), energia vântului (27,2 Mtoe) și biomasa solidă (11,9 Mtoe). Celelalte energii regenerabile precum biogazul, bioetanolul, etc. dețin procente foarte scăzute sub 6% din total energie.

Conform National Renewable Energy Action Plans (NREAPs), consumul de energie regenerabilă la nivel EU estimat în anul 2020 este de 104 Mtoe, cu 11,4 Mtoe mai mult decât în anul 2018.

Energie electrică provenită din biomasă solidă a crescut de la 4,5 Mtoe în 2005 la 10,0 Mtoe în 2017, determinată, printre altele, de extinderea cogenerației de biomasă și de transformarea centralelor cu cărbune în centrale cu biomasă.

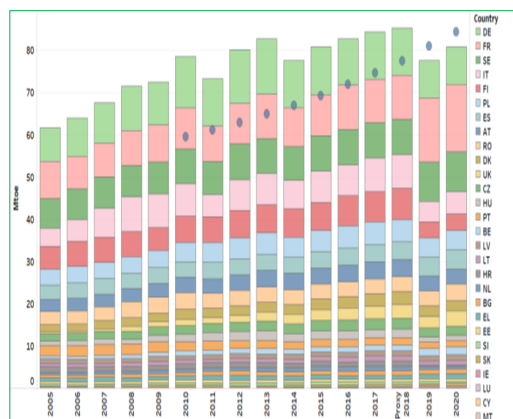
Creșterea anuală pentru perioada 2005-2017 a fost în medie de 10%. Din 2015, Regatul Unit a depășit Germania în ceea ce privește cantitatea totală de energie electrică generată de biomasă solidă.

Figura 11. Consum energie regenerabilă la nivel EU (ktoe)



Sursa: Eionet Report - ETC/CME 2019/8 Renewable energy in Europe — 2019 Recent growth and knock-on effects

Figura 12. Consumul final efectiv de RES-H&C pentru perioada 2005-2020 (estimări aproximative pentru anul 2018, estimări NREAP 2019-2020)



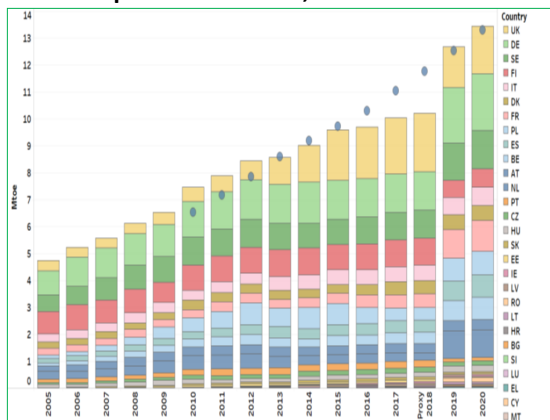
Sursa: ETC/CME; Eurostat, (Eurostat 2019d); NREAP reports.

Biomasa solidă reprezintă principala sursă de energie regenerabilă utilizată pentru încălzire, depășind în anul 2017 nivelurile stabilite prin Planul de Acțiune Național privind Energia Regenerabilă.

Cantitatea de energie provenită din surse de biomasă solidă a crescut de la 82,8 Mtoe în anul 2016, la o cantitate de 84,4 Mtoe în anul 2017.

De asemenea în anul 2018, consumul de biomasă a crescut la 85,4 Mtoe, depășind prognoza Planului de Acțiune Național privind Energia Regenerabilă preconizată pentru anul 2018 cu aproximativ 11,1 Mtoe.

Figura 13. Consumul final efectiv de RES-E pentru perioada 2005-2020 (estimări aproximative pentru anul 2018, estimări NREAP)



Sursa: ETC/CME; Eurostat, (Eurostat 2019d); NREAP reports.

Cantitatea de căldură provenită din surse de biomasă solidă a înregistrat o ușoară creștere în rândul consumatorilor finali la nivelul Uniunii Europene, de doar 1% în anul 2017, în timp ce cantitatea de căldură provenită din biomasă solidă vândută către rețele de încălzire a crescut în anul 2017 cu 4,1% raportat la anul precedent, în special în țări precum Finlanda, Danemarca, Suedia, țări care promovează acest tip de energie.



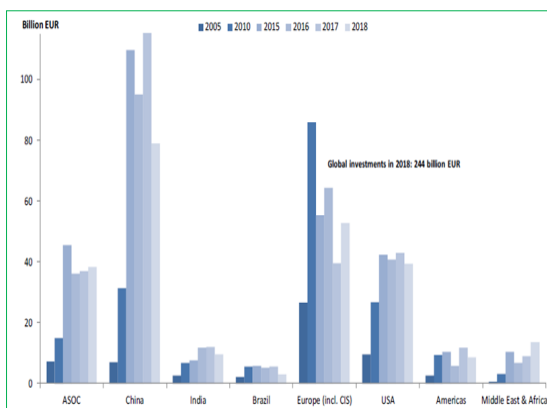


Investiții în energii regenerabile

În perioada 2005-2008 investițiile realizate în energia regenerabilă au fost constante în toată lumea, însă o dată cu apariția crizei economice, acestea au crescut mai puțin decât în anii precedenți.

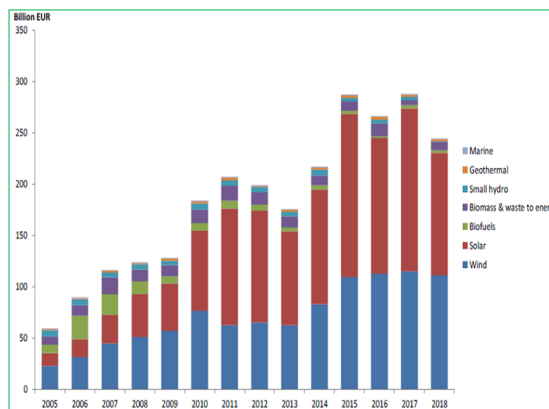
Totodată în anul 2012 au fost înregistrate primele scăderi în investițiile în energia regenerabilă, pe fondul evoluțiilor și al reducerilor semnificative ale costurilor pentru anumite tehnologii, dar și a incertitudinilor pe plan politic sau a activității economice lente înregistrate la nivel mondial. (Fig. 14)

Figura 14. Nivelul investițiilor în energii regenerabile după regiune, în perioada 2005-2018



Sursa: ETC/CME; Eurostat, (Eurostat 2019d); NREAP reports.

Figura 15. Nivelul investițiilor globale în funcție de tehnologia de producere



Sursa: ETC/CME; Eurostat, (Eurostat 2019d); NREAP reports.

Cea mai mare pondere a investițiilor în surse regenerabile este reprezentată de energia solară, ce deține o pondere de 49% din totalul investițiilor realizate la nivelul anului 2017, însă cu o pondere mai scăzută decât cea înregistrată cu un an în urmă când procentul a fost de 55% din totalul investițiilor.

Pe loc secund sunt investițiile realizate în energia eoliană, care a deținut o pondere de 46% din totalul investițiilor. Investițiile realizate în alte tehnologii regenerabile, precum biomasa, au rămas relativ scăzute în perioada 2005-2018. (Fig. 15)

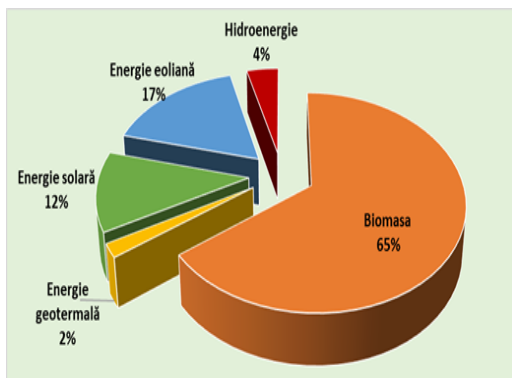
Potențialul de energie regenerabilă în România

România dispune de resurse variate și bogate de energie regenerabilă.

Aceste resurse sunt distribuite pe întreg teritoriul țării și pot fi exploatate la scară largă în funcție de potențialul de performanță al tehnologiilor și echipamentelor utilizate.

Potențialul României în domeniul producerii de energie verde este ilustrat în figura de mai jos.

Figura 16. Potențialul României în domeniul producerii energiei verde



Sursa: www.natureenergy.ro/potențialul-romaniei-in-domeniulenergiilor-regenerabile-158423.htm#.V6mBTlt94y4

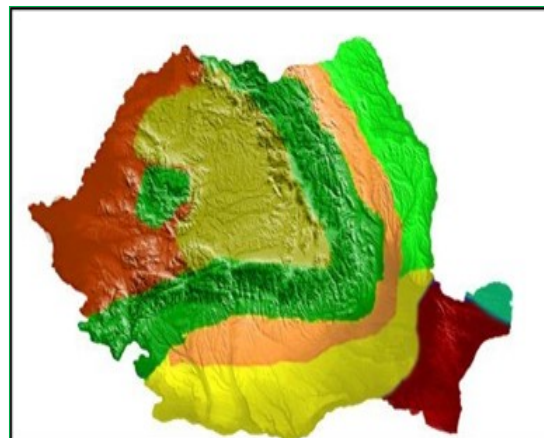
Principalele surse de energie regenerabilă la nivel național sunt: energia rezultată din biomasă (biodisel, bioetanol, biogaz, reziduuri agricole), energia eoliană (sursă de energie generată de puterea vântului) și energie solară (energie produsă direct de energia radiată de Soare).

Conform unei hărți elaborate de către Administrația Națională de Meteorologie (ANM), potențialul energetic al României este repartizat zonal, după cum urmează:

- ◆ Delta Dunării (energie solară);
- ◆ Dobrogea (energie solară și eoliană);

- ◆ Moldova (micro-hidro, energie eoliană și biomasă);
- ◆ Transilvania (potențial ridicat pentru micro-hidro);
- ◆ Munții Carpați (potențial ridicat de biomasă și micro-hidro);
- ◆ Subcarpații (potențial pentru biomasă și micro-hidro);
- ◆ Câmpia de Vest (posibilități de valorificare a energiei geotermale);
- ◆ Câmpia Română (biomasă, energie geotermică și energie solară).

Figura 17. Harta potențialului de resurse regenerabile



Legendă

	Delta Dunării (energie solară)		Podișul Transilvaniei (microhidro)
	Dobrogea (energie solară și eoliană)		Câmpia de Vest (energie geotermală)
	Moldova (microhidro, energie eoliană și biomasă)		Subcarpații (biomasă, microhidro)
	Munții Carpați (biomasă, microhidro)		Câmpia de Sud (biomasă, energie geotermală și solară)

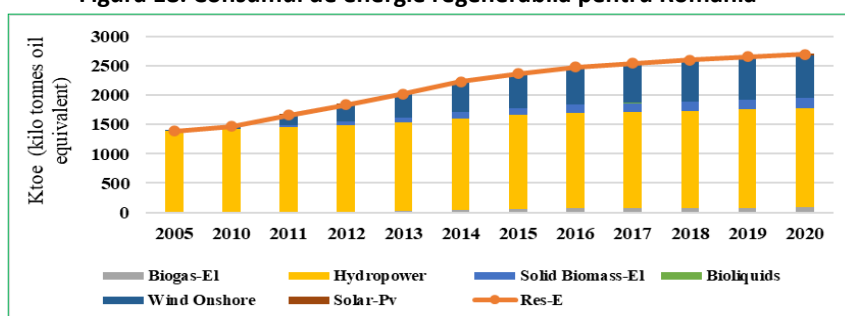
Sursa: www.minind.ro/domenii_sectoare/energie/studii/potențial_energetic.pdf;

Luând în analiză consumul de energie regenerabilă, la nivel național, acesta înregistrează creșteri, de la 1,38 Mtoe în anul 2005, la 2,6 Mtoe în anul 2018, preconizându-se faptul că până în anul 2020 consumul va ajunge la 2,8 Mtoe (mil. tone de ulei echivalent).

Ponderea energiei regenerabile din România la nivelul anului 2018 reprezintă 2,71% din total energie regenerabilă la nivel E.U.

Ponderile cele mai ridicate din total energie regenerabilă la nivel național sunt înregistrate în anul 2018 de hidroenergie (1,65 Mtoe, 63,57%) și energia generată de vânt (690 ktoe, 26,53%).

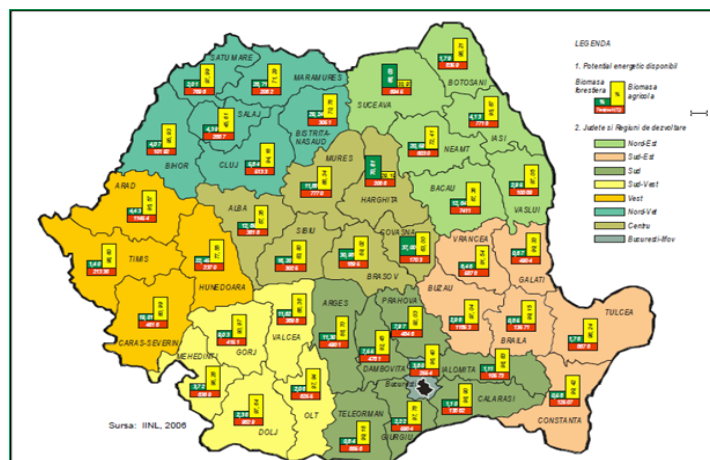
Figura 18. Consumul de energie regenerabilă pentru România



Sursa: date prelucrate conf. <https://visualise.jrc.ec.europa.eu>

Biomasa constituie pentru România, o sursă regenerabilă de energie, promițătoare, din punct de vedere al potențialului, cât și din punct de vedere al posibilităților de utilizare. Din punct de vedere al potențialului energetic al biomasei, teritoriul României a fost împărțit în opt regiuni. (Fig. 19)

Figura 19. Potențialul energetic al biomasei în România



Sursa: <http://add-energy.ro/potențialul-energetic-al-biomasei-in-romania/>

Se constată că potențialul energetic tehnic al biomasei în România este de cca. 518 400 TJ și cuprinde distribuția în teritoriu a valorilor energetice (TJ) preconizate a se obține prin valorificarea energetică a biomasei vegetale.

Tabelul 6. Potențialul de biomasă în România pe categorii, regiuni și total

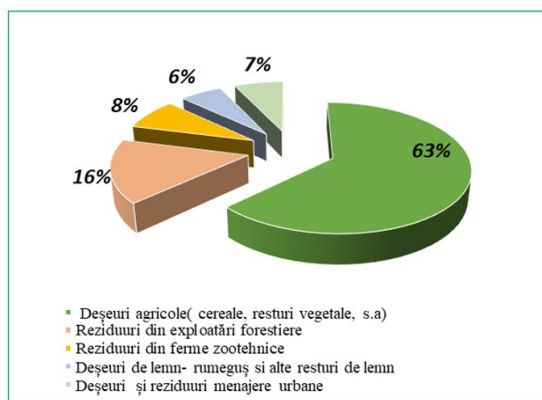
Regiuni cu potențial energetic al biomasei										
Categoriile biomasă	UM	TOTAL	Delta Dunării	Dobrogea	Moldova	Munții Carpați	Platoul Transilvaniei	Câmpia de Vest	Subcarpații	Câmpia de Sud
Biomasa forestieră	miit/an	4 727	-	54	166	1 873	835	347	1 248	204
	TJ	49 241	-	451	1 728	19 552	8 721	3 622	13 034	2 133
Deșeuri lemnoase	miit/an	1 478	-	19	58	583	252	116	388	62
	TJ	20 432	-	269	802	8 049	3 482	1 603	5 366	861
Biomasa agricolă	miit/an	12637	-	844	2 332	1 101	815	1 557	2 569	3 419
	TJ	200 935	-	14 422	37 071	17 506	12 956	24 761	40 849	54 370
Biogaz	ml.mc/an	1 178	-	71	118	59	141	212	177	400
	TJ	24 620	-	1477	2 462	1 231	2 954	4 432	3693	8 371
Deșeuri urbane	miit/an	4561	-	182	474	328	548	365	1314	1 350
	TJ	22 805	-	910	2 370	1 640	2 740	1 825	6570	6 750
TOTAL		518 439		29 897	81 357	65 415	43757	60 906	110 198	126 639

Sursa: Gazeta de Agricultură, 2011, Potențialul de energie regenerabilă în România, <https://www.gazetadeagricultura.info/eco-bio/565-energie-regenerabila/11387-energie-regenerabila-in-romania.html>

Zonele cu cel mai ridicat potențial energetic tehnic al biomasei sunt: Câmpia de Sud (126 639 TJ), Subcarpații (110 198 TJ) și Moldova (81 0357 TJ).

Resursele de biomasă care pot fi folosite pentru producerea de energie sunt foarte diverse. La nivel național, resursele de biomasă sunt constituite din culturi agricole, reziduuri de plante, resurse forestiere și plante cu energie specială.

Figura 20. Distribuția procentuală a reziduurilor în România



Sursa: TUDORA EMANUELA, Biomasă ca resursă regenerabilă, Simpozionul Impactul Acquis-ului comunitar asupra echipamentelor și tehnologiilor de mediu, 2009, http://www.inginerie-electrica.ro/acqu/pdf/2009_s3_l7.pdf

◆ Reziduurile primare sunt produse din plante agricole sau energetice și din exploatarea forestiere. În tabelul de mai jos este prezentată productivitatea culturilor ce pot fi utilizate în scopul producerii de biomasă.

Tabelul 7. Productivitatea culturilor

Producția de materie uscată (t/ha)	Cultura	Producția echivalenta de petrol (l/ha)
30	miscanthus, sorg, sorg dulce, stuf	12 000
20	mazăre, floarea-soarelui, cânepă, cereale, papura, salcie, plop, eucalipt	8 000
10	rapiță, hrișcă, salcâm	4 000

Sursa: Tudora Manuela, 2009, Biomasă ca resursă regenerabilă, Simpozionul *Impactul Acqui-ului comunitar asupra echipamentelor și*

◆ Reziduurile secundare sunt produse rezultate din prelucrarea biomasei pentru producerea produselor alimentare și a altor produse din lemn. Acestea sunt disponibile în industria alimentară, la fabrici de producere a hârtiei, etc.

◆ Reziduurile terțiare devin disponibile după ce un produs din biomasă a fost folosit. Acestea sunt reprezentate de diferite deșuri, care variază din punct de vedere al fracției organice, incluzând deșuri menajere, deșuri lemnoase, deșuri de la tratarea apelor uzate, etc. [1]

Reziduurile de biomasă sunt direct legate de randamentul culturilor în timpul producției agricole. Cu cât producția de culturi este mai mare, cu atât mai multe reziduuri se vor obține, deoarece acestea constituie un anumit procent din cultură.

Reziduurile de biomasă sunt reziduuri care rămân după recoltarea principală a culturilor agricole prin tăierea și tocarea tulpinilor, paielor, frunzelor, ramurilor etc.

Tabelul 8. Producția de reziduuri agricole

Planta	Reziduu	Producția de reziduu tone/ tona de cultură
Grâu	Tulpina + știulete	1 -1,8
Porumb	Paie	1,2 – 2,5
Orez	Paie	1,1 -2,9
Sorg	Tulpina	0,9 -4,9
Mei	Tulpina	2
Orz	Paie	1,5 -1,8
Secara	Paie	1,8 - 2
Ovăz	Paie	1,8
Mazăre	Tulpina	5
Bumbac	Tulpina	3,5 - 5
luta	Tulpina	2

Sursa: Tudora Manuela, 2009, Biomasă ca resursă regenerabilă, Simpozionul *Impactul Acqui-ului comunitar asupra echipamentelor și tehnologiilor de mediu*

În funcție de zona studiată, este necesară o analiză amănunțită a raportului de reziduu al unui produs, deoarece acesta poate să difere ca valoare sau chiar limită.

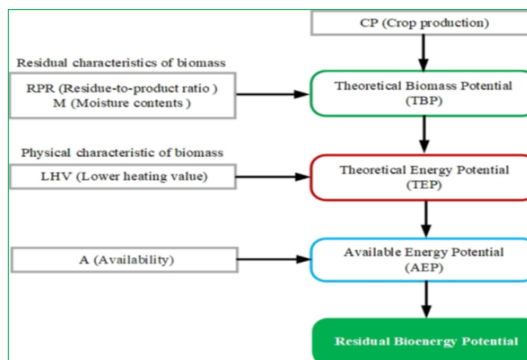
Cantitățile și caracteristicile reziduurilor agricole care rezultă din producția de culturi variază în funcție de anumiți factori, dintre care amintim: condițiile climatice locale, diferențele în practicile agricole (cum ar fi înălțimea de tăiere în timpul recoltării), tipul de cultură etc. De menționat faptul că, proprietățile culturilor agricole și cantitățile cultivate în diferite regiuni pot fi diferite.

Raportul dintre reziduurile de produs (RPR), gradul de umiditate a reziduurilor (M) și valorile mai mici de încălzire ale materiei uscate a reziduurilor (LHV) sunt luate în considerare în determinarea potențialului energetic al biomasei culturii agricole datorată producției agricole.

În figura nr. 21 este prezentată schema pentru determinarea potențialului energetic al biomasei rezultate din reziduurile agricole. [6]

În cadrul tabelului nr. 9 sunt prezentate culturile agricole și reziduurile rezultate aferente fiecărei culturi agricole la nivelul anului 2018. Au fost determinați următorii indicatori: cantitatea teoretică de biomasă și potențialul teoretic de energie, precum și valorile potențialului energetic disponibil al reziduurilor de biomasă agricolă.

Figura 21. Schema de flux pentru determinarea potențialului energetic de calcul al reziduurilor agricole



Sursa: A. 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

Tabelul 9. Potențialul energetic al biomasei obținute din reziduurile din agricultură la nivelul României

Cultura	Reziduu	Producție (kilotone)	Umiditate (%)	Raport reziduu ²⁸ (%)	Valoarea calorică (MJ/kg)	Availability [%]	Calculul teoretic al potențialului de biomasă (kilotone masă uscată)	Potențialul teoretic energetic (TJ)	Potențialul energetic disponibil (TJ)
Grâu	paie	1 0143,67	15	1.6	13.9	15	13 795,39	191 755,96	2 876,34
Ovăz	paie	383,72	15	1.4	18	15	456,63	8 219,33	123,29
Porumb	ciocălăi	18 663,94	15	0.86	13.8	60	13 643,34	188 278,08	11 296,69
	tulpina	18 663,94	15	2.25	15.5	60	35 694,78	553 269,14	33 196,15
Floarea soarelui	tulpina	3 062,69	15	2.2	13.2	60	5 727,23	75 599,44	4 535,97
Rapița	tulpina	1 610,91	45	2	17.1	80	1 772,00	3 0301,16	2 424,09
Tutun	paie	1,26	15	1.3	17.5	15	1,39	24,35	0,37

Sursa: calculații proprii ale autorilor

Cantitățile totale de reziduuri de biomasă obținute din culturile agricole de grâu, porumb, floarea soarelui, rapiță și tutun din România au fost estimate la 71,09 mil. tone, iar potențialul energetic teoretic al tuturor acestor reziduuri agricole de biomasă a fost calculat la 1 047 447,45 TJ (Tera Joule).

De asemenea, a fost calculat potențialul de energie disponibil din reziduurile de biomasă agricolă, totalizând 54 452,89 TJ pentru culturile agricole luate în studiu.

Principalele culturi agricole ce dețin un potențial teoretic de biomasă (masă uscată) sunt grâul (13 795,4 kilotone), porumbul (35 694,8 kilotone) și floarea soarelui (5 727,2

kilotone). Potențialul teoretic de energie a culturii de grâu este de 191 755,96 TJ și al culturii de porumb este de 553 269,14 TJ. Culturile de tutun, ovăz și rapiță înregistrează cele mai scăzute valori ale potențialului teoretic de biomasă (masă uscată) cu 1,39 kilotone, 456,63 kilotone și respectiv 1 772 kilotone.

Diversitatea tipurilor de culturi agricole este destul de mare în România datorită condițiilor sale climatice și producției agricole. Pe lângă zona geografică în care sunt cultivate plantele, caracteristicile precum valoarea randamentului culturii și metoda de recoltare pot afecta cantitatea de reziduuri obținute din cultură.

Piața producătorilor de energie la nivelul României

Referitor la structura capacității electrice acreditate, se remarcă faptul că centralele eoliene dețin o pondere de 62%, în timp ce centralele bazate pe biomasă este de doar 3% la nivelul României. (Sursă ANRE)

În anul 2018 numărul producătorilor de E-SRE cu acreditare a fost de 766, dintre care 576 centrale fotovoltaice cu o capacitate totală instalată de 1359 MW, 102 centrale hidroelectrice cu o capacitate totală instalată de 341 MW și 28 de centrale pe bază de biomasă cu o capacitate totală instalată de 124 MW.

Conform datelor ANRE, prin datele colectate de la 124 de producători de energie electrică deținători de unități dispecerizabile (din surse de producere hidroelectrică, nucleară, termoelectrică, eoliană, fotovoltaică și biomasă), se remarcă o creștere a cantității de energie electrică, astfel că în anul 2018 cantitatea obținută a fost de 61,97 TWh, comparativ cu cantitatea obținută în anul 2017 când a fost de 61,32 TWh.

Tabel 10. Evoluția numărului de producători E-SRE cu acreditare la nivelul României

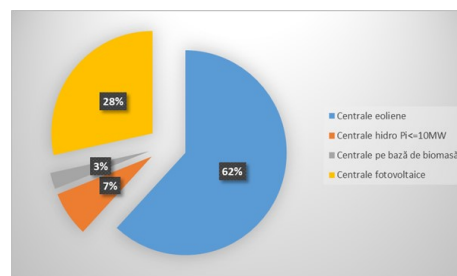
SRE/tehnologie	Producători E-SRE											
	număr						Capacitate totală instalată Pi (MW)					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Centrale eoliene	60	64	66	67	67	66	2593	2810	2932	2963	2962	2961
Centrale hidro Pi<=10MW	69	100	104	103	103	102	263	295	314	348	342	341
Centrale pe bază de biomasă (inclusiv cogenerare de înaltă eficiență, gaz de fermentare a deșeurilor, gaz de fermentare a nămolurilor din instalațiile de epurare a apelor uzate)	14	14	25	28	28	28	66	81	107	124	124	124
Centrale fotovoltaice	370	403	514	577	576	576	1124	1217	1296	1360	1359	1359

Sursă: <https://www.anre.ro/> ANRE

Accesarea schemei de promovare prin certificate verzi a fost permisă producătorilor de E-SRE până la 31 decembrie 2016. Numărul producătorilor de E-SRE cu acreditare la sfârșitul anului 2016 a fost de 778 de producători. (Sursă ANRE)

În ceea ce privește ponderea energiei provenite din surse regenerabile în consumul final de energie electrică aferent anului 2018 a fost de 43,6%.

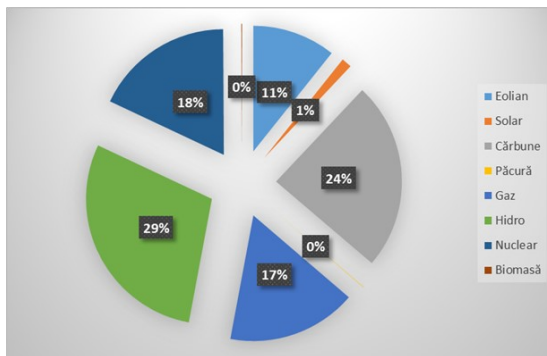
Figura 22. Structura capacității electrice instalate acreditate pe tipuri de tehnologii la sfârșitul anului 2018



Sursă: <https://www.anre.ro/> ANRE

De asemenea cantitatea de energie provenită din surse de biomasă este nesemnificativă în raport cu cantitățile de energie provenite din alte surse. (Sursă ANRE)

Figura 23. Structura pe tipuri de resurse a energiei electrice livrate în rețele de producători cu unități dispecerizabile la nivelul anului 2018



Sursă: <https://www.anre.ro/> ANRE

CONCLUZII

Emisia gazelor cu efect de seră reprezintă o problemă de actualitate care contribuie la schimbările climatice, de aceea energia verde poate contribui la rezolvarea acestei probleme. Utilizarea energiei regenerabile reprezintă una dintre modalitățile eficiente de a asigura un caracter mai curat al aprovizionării cu energie.

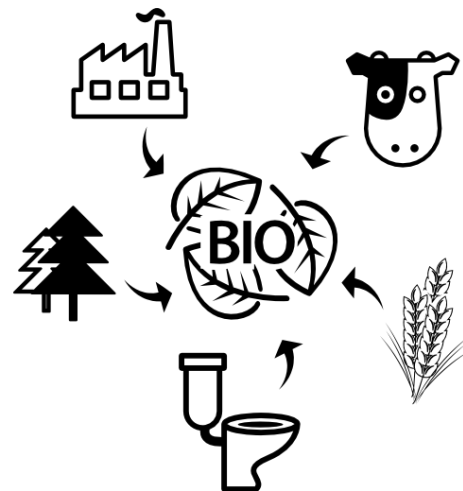
Biomasă se obține din partea biodegradabilă a produselor, deșeurilor și reziduurilor din agricultură, fiind utilizată la producerea de biocarburanți lichizi sau gazoși (bioetanol, biodiesel, biogaz etc.)

Dintre speciile de plante utilizate pentru obținerea biomasei se numără culturile ierboase anuale, culturi energetice ierboase perene, culturi energetice lemnoase, culturi cu semințe oleaginoase, culturi de arbori oleaginoși.

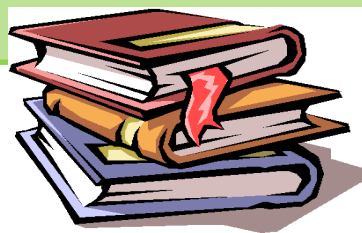
Biomasă este considerată cea mai importantă resursă regenerabilă pentru Uniunea Europeană, jucând un rol important în contextul strategiilor de obținere a independenței energetice, prin utilizarea energiilor regenerabile.

În diferite rapoarte elaborate de comisia europeană s-a arătat cât de important poate fi rolul biomasei solide și gazoase în producerea căldurii și electricității în statele europene, astfel că s-a dorit ca până în anul 2020, până la 20% din energia produsă să provină din surse regenerabile.

România dispune de un potențial foarte ridicat de biomasă ce poate proveni din sectorul agricol și zootehnic.



BIBLIOGRAFIE



- [1] A. 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
- [2] 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. Zane”, Editura „Terra Nostra”, Iași, ISBN 978-973-1888-73-6
- [3] Caracteristicile reziduurilor din cereale agricole (Patterson et al., 1995; Nikolaou et al., 2003; DEA, 2006; Christou et al., 2007)
- [4] Edmond MAICAN, SISTEME DE ENERGII REGENERABILE, Editura PRINTECH
- [5] European Parliament and The Council of The European Union: Directive 2009/28/EC Of The European Parliament and the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from the renewable sources, Brussels, 2009
- [6] G. Riva, E. Foppapedretti, C. Caralis, Handbook on Renewable Energy Sources- Biomass ENER SUPPLY, 2014, p. 157.
- [7] Grama G. Depozitarea și managementul reziduurilor de grajd în exploatațile agro-zootehnice și obținerea de energie, USAMV Cluj-Napoca, Facultatea de Managementul Calității produselor de origine animală
- [8] Hotărârea nr. 1844 din 2005 privind promovarea utilizării biocarburanților și a altor carburanți regenerabili pentru transport
- [9] Legea nr. 278/2013 privind emisiile industriale, Art. 3, pct. bb <https://lege5.ro/Gratuit/gm3tmobwgyl/legea-nr-278-2013-privind-emisiile-industriale>
- [10] M. Brodeur-Campbell and J. Jensen, "Renewable Energy from Forest Resources: An Investigation into the Viability of Large-Scale Production of Sustainable Transportation Fuels From Lignocellulosic Biomass," Michigan Technological University, [Online]. Available: <http://www.sfi.mtu.edu/FutureFuelfromForest/LignocellulosicBiomass.htm>. [Accessed 2020].
- [11] Ministerul Agriculturii și Dezvoltării Rurale din România, Proiectul Înființarea și sprijinirea Rețelei naționale de Dezvoltare Rurală, proiect cofinanțat prin FEADR prin Măsura 511 din cadrul PNDR 2007-2013-2014, Publicația tematică nr. 10, An II, 2014, Energii regenerabile în agricultură, <http://madr.ro/docs/dezvoltare-rurala/rndr/buletine-tematice/PT10.pdf>
- [12] Planul de Acțiune pentru Bioenergie/Biomasă – Regiunea Centru pentru Perioada 2014 – 2020, Agenția pentru Dezvoltare Regională Centru, 01.01.2014
- [13] Roman Gh. V. și colab., 2010. Dicționar enciclopedic de agricultură ecologică. Editura Universitară, București
- [14] Roman Gh. V., și colab., 2016. Biomasa – Sursă alternativă de energie, Editura Universitară, București
- [15] SEBA Energy – technology for energy product , articol de Sebastian Radu, 2013. Paiele de cereale – o sursă de materie primă pentru fabricarea biocombustibililor regenerabili.
- [16] Studiu efectuat de Camera de Comerț, Industrie și Agricultură Timiș în parteneriat cu Camera de Comerț și Industrie Csongrad, 2017. Studiu privind eficiența utilizării soluțiilor de energie alternativă, Iovescu Menuța, Buglea A., Bălan Giana, Kisard Szilard, Lukovics Milkos
- [17] Tudora Manuela, 2009, Biomasa ca resursă regenerabilă, Simpozionul Impactul Acqui-ului comunitar asupra echipamentelor și tehnologiilor de mediu
- [18] http://www.amemm.ro/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=46&Itemid=5&lang=ro
- [19] <http://www.miscanthus.com.ro/ro/page/despre-miscanthus-6>, ARGE Miscanthus România – Asociația care promovează cultura și utilizarea de Miscanthus și alte culturi energetice
- [20] <http://www.agropower-energy.ro/index.php?page=agro-biomasa>, AGROPOWER – Energie regenerabilă din reziduuri agricole – Agro-Biomasa, articol 2013
- [21] <http://www.agropower-energy.ro/index.php?page=agro-biomasa>, AGROPOWER – Energie regenerabilă din reziduuri agricole – Agro-Biomasa, articol 2013
- [22] <https://www.gazetadeagricultura.info/eco-bio/565-energie-regenerabila/11387-energie-regenerabila-in-romania.html>, Gazeta de Agricultură,

- 2011, Potențialul de energie regenerabilă în România,
- [23] <https://cich.ro/wp-content/uploads/2017/09/Grau1.jpg>
- [24] <https://blacknews.ro/wp-content/uploads/porumb.jpg>
- [25] https://cmedia.romaniatv.net/image/201712/full/soia_6748847565_82646200.jpg
- [26] <https://cich.ro/wp-content/uploads/2017/09/Rapita1.jpg>
- [27] <https://i2.wp.com/magnanews.ro/wp-content/uploads/tuberculi-300x189.jpg?resize=300%2C189>
- [28] <https://themillerweb.files.wordpress.com/2019/12/camelinaseedandflower.jpg>
- [29] https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sprout.nl%2Fartikel%2Fbedrijfskleding-van-gras-sluit-de-kringloop&psig=AOvVaw1rrF9Odr0KtHEfg-bm-_IJ&ust=1587713180968000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOD6s9yC_ugCFQAAAAAdAAAAABAV
- [30] https://www.vekygarden.ro/iarba-de-pampas-roz-cortaderia-s-rosea.html?gclid=EAIaIQobChMImpn0jIP-6AIVGKd3Ch3DwwzfEAQYBiABEglu1vD_BwE
- [31] <https://chemarkrom.ro/wp-content/uploads/2017/04/sorg.jpg>
- [32] https://www.seminteplante.ro/6040-large_default/iarba-de-sudan-25-kg.jpg
- [33] https://www.piarom.ro/wp-content/uploads/2016/01/2-SANDOR-BENKO-Salcia-energetic%C4%83-Cultura-%C8%99i-eficien%C8%9Ba-economic%C4%83_Part1.pdf?x39362
- [34] <http://www.agrostandard.ro/tag/plop-energetic-pret/>
- [35] <http://paulowniadevelopment.ro/plantatia-paulownia/>
- [36] <https://bunadimineata.ro/micul-dejun/beneficiile-semintelor-de-floarea-soarelui/>
- [37] <https://totmafermer.com/wp-content/uploads/palma-oil.jpg>
- [38] <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQyqpkj0BP4Hfp7EJ2yfUxia0c9-SUJaquv82Xltw7oWaO7xf7f&usqp=CAU>
- [39] https://www.divahair.ro/images/speciale/articole/articole_imagini/alexag_135/03.02.2016/istock_000057258440_medium.jpg
- [40] <https://www.presasm.ro/wp-content/uploads/2018/10/Lan-de-porumb.jpg>
- [41] https://media2.lajumate.ro/media/i/cart/5/105/10571685_coceni-din-porumb_1.jpg
- [42] <https://lh3.googleusercontent.com/proxy/NDs1-dUQw9tekD0EBetrNOaaVug-VZZrfyP8Bb2XVbZV8V7EBnPBSovFPnMsnnX1mM2I5-RByGKP3eTFa01eWagQ-56R1AdZmNg>
- [43] <http://www.agrinet.ro/imgUpload/img1593lng1.jpg>
- [44] <https://agrintel.ro/wp-content/uploads/2016/09/recoltare-floarea-soarelui-2016.jpg>
- [45] www.minind.ro/domenii_sectoare/energie/studii/potential_energetic.pdf; www.natureenergy.ro/potentialul-romaniei-in-domeniulenergiilor-regenerabile-158423.htm#.V6mBTlt94y4

Consilier editorial: Valentin-Mihai BOHATEREȚ
Secretar tehnic de redacție: Delia Margareta GOGU
Operator tipografie: Carmen SEVASTRU

Bun de tipar: 01.07.2020
Apărut: 10.07.2020
Format: B5
Tiraj: 350 ex.

Editura „Terra Nostra” Iași
CP 1344, OP 6, Iași, 700503
Tel./fax 0232 235910
Editură acreditată CNCIS 029/2006, reacreditată 2010
ISBN 978-606-623-116-9