



ROMANIA EUROPEANA



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII ȘI TINERETULUI



Fundul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



DIPOSDRU



UNIVERSITATEA
GALATIENSIS

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI
UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI
FACULTATEA DE MECANICĂ

Studiul regimurilor de funcționare a instalațiilor de utilizare energetică a biomasei

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

Student doctorand: ing. Daniela TASMA

Conducător științific: prof.dr.ing. Tănase PANAIT

GALAȚI 2012



MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI
UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI
FACULTATEA DE MECANICĂ

Studiul regimurilor de funcționare a instalațiilor de utilizare energetică a biomasei

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT



Student doctorand: ing. Daniela TASMA

Conducător științific: prof.dr.ing. Tănase PANAIT

GALAȚI 2012



Către

09130/20.09.2012

Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați vă face cunoscută că în data de 26.10.2012 ora 11⁰⁰, în SALA 6106 A FACULTĂȚII DE MECANICĂ va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: “STUDIUL REGIMURILOR DE FUNCȚIONARE A INSTALAȚIILOR DE UTILIZARE ENERGETICĂ A BIOMASEI”, elaborată de domnul/doamna TASMA DANIELA, în vederea conferirii titlului științific de doctor în Domeniul de doctorat - Inginerie mecanică.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

1. Președinte: Prof.univ.dr.ing. Elena SCUTELNICU
Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați

2. Conducător de doctorat: Prof.univ.dr.ing. Tănase PĂNĂIT
Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați

3. Referent oficial: Prof.univ.dr.ing. Jorge MARTINS
Universidade do Minho, Portugal

4. Referent oficial: Prof.univ.dr.ing. Gheorghe POPESCU
Universitatea POLITEHNICA din București

5. Referent oficial: Conf.univ.dr.ing. Krisztina UZUNEANU
Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați

Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa Universității, str. Domnească nr. 47, 800008 - Galați, Fax - 0236 / 461353.

RECTOR,

Prof.univ.dr.ing. Iulian Gabriel BÎRSAN



Cuprins	Pag. teză/Pag. Rezumat
Introducere	11 / 3
Capitolul 1 Biomasa ca sursă de energie	15 / 6
1.1 Proprietățile termice ale biomasei.....	27 / 7
1.2 Forme de energie	33 / 7
Capitolul 2 Stadiul actual al utilizării biomasei pentru producerea energiei termice și electrice	36 / 8
2.1 Utilizarea energetică a biomasei.....	36 / 8
2.2 Combustia biomasei.....	40 / 9
2.3 Piroлиза	57 / 10
2.4 Gazeificarea biomasei	59 / 10
2.4.1 Reacțiile procesului de gazeificare	62 / 11
2.4.2 Gazeificatoare cu strat fix	64 / 11
2.4.3 Gazeificatoare cu strat fluidizat	68 / 12
Capitolul 3 Criterii de performanță ale instalațiilor de utilizare energetică a biomasei	76 / 13
3.1 Analiza energetică și exergetică.....	80 / 13
3.1.1 Aspectele analizei energetice.....	80 / 13
3.1.2 Aspectele analizei exergetice.....	80 / 13
3.1.3 Ecuatiile generale de bilanț.....	83 / 14
3.1.4 Ecuatiile generale ale randamentului.....	85 / 15
3.2 Analiza ciclului cu abur cu supraîncălzire regenerativă.....	94 / 15
3.2.1 Randamentele energetice totale.....	90 / 23
3.2.2 Randamentele exergetice totale.....	94 / 24
Capitolul 4 Măsurătorile experimentale și analiza regimurilor de funcționare ale unei instalații de utilizare energetică a biomasei	107 / 25
4.1 Procedura experimentală a gazeificării brichetelor agricole folosind un gazeificator cu strat fix descendent.....	111 / 25
4.1.1 Descrierea sistemului	111 / 25
4.1.2 Caracteristicile biomasei folosite	114 / 26
4.2 Analiza regimurilor de funcționare	117 / 26
4.2.1 Variația randamentului arderii în timp.....	118 / 26
4.2.2 Variația coeficientului de exces de aer în timp.....	120 / 27
4.2.3 Variația temperaturii de gazeificare în timp	121 / 28
4.2.4 Randamentul energetic și exergetic al cazanului.....	122 / 29
4.2.5 Influența temperaturii de gazeificare.....	123 / 30

4.2.6	Influența excesului de aer.....	128 / 32
4.3	Concluzii	132 / 34
Capitolul 5	Simularea regimurilor de funcționare ale instalațiilor de gazeificare a biomasei	134 / 35
5.1	Gazeificarea reziduurilor agricole folosind un gazeificator cu strat fix descendent ...	134 / 35
5.1.1	Influența coeficientului de exces de aer asupra compoziției gazelor de ardere.	135 / 35
5.1.2	Influența temperaturii de gazeificare asupra compoziției gazelor de ardere.....	144 / 36
5.2	Gazeificarea reziduurilor agricole folosind un gazeificator cu strat fluidizat circulant	151 / 39
5.2.1	Influența coeficientului de exces de aer asupra compoziției gazelor de ardere în cazul gazeificării cu aer	153 / 41
5.2.2	Influența coeficientului de exces de aer asupra compoziției gazelor de ardere în cazul gazeificării cu aer și abur.....	157 / 42
5.2.3	Influența temperaturii de gazeificare asupra compoziției gazelor de ardere în cazul gazeificării cu aer și abur.....	164 / 43
5.3	Concluzii	169 / 46
Capitolul 6	Concluzii generale și contribuții personale.....	171 / 48
Bibliografie selectivă.....		175 / 55
Lista lucrărilor publicate		186 / 55

Introducere

Teza de doctorat intitulată "**Studiul regimurilor de funcționare a instalațiilor de utilizare energetică a biomasei**" a fost elaborată în cadrul Departamentului Sisteme Termice și Ingineria Mediului de la Facultatea de Mecanică a Universității "Dunărea de Jos" din Galați și în cadrul Departamentului de Inginerie Mecanică de la Școala de Inginerie a Universității Do Minho din Guimaraes, Portugalia.

Teza este structurată pe șase capitole fiecare dintre ele tratând distinct probleme actuale ale proceselor de utilizare energetică a biomasei.

- **Capitolul 1: Biomasa ca sursă de energie**, cuprinde clasificarea biomasei, prezentarea potențialului energetic de biomasă al României, descrierea proprietăților termice ale biomasei, cum ar fi conținutul de umiditate, conținutul de cenușă, conținutul de substanțe volatile, compoziția elementală, puterea calorifică, densitatea brută, și prezentarea formelor de energie în care este convertită biomasa.
- **Capitolul 2: Stadiul actual al utilizării biomasei pentru producerea energiei termice și electrice**, cuprinde prezentarea diferitelor metode disponibile pentru conversia biomasei în energie. S-a făcut un review al literaturii de specialitate asupra diferitelor instalații de utilizare energetică a biomasei. Au fost studiate caracteristicile de bază ale gazeificatoarelor cu strat fix descendent și ale celor cu strat fluidizat folosite pentru gazeificarea biomasei în scopul de a cunoaște cât mai bine procesele care au loc în reactor. Aceste procese au fost folosite pentru a explica cum parametri de funcționare, precum temperatura de ardere și coeficientul de exces de aer, influențează calitatea gazelor de sinteză produse.
- **Capitolul 3: Criterii de performanță ale instalațiilor de utilizare energetică a biomasei**, cuprinde analizele energetice și exergetice efectuate pe o instalație cu abur bazată pe arderea biomasei pentru producerea de energie. Au fost prezentate ecuațiile fundamentale implicate în analiză. S-a analizat fiecare component al instalației pentru a găsi fluxurile de energie și exergie, și ireversibilitățile în fiecare component și s-au calculat randamentele energetice și exergetice și distrugerile de exergie pentru întreaga instalație. Cu ajutorul programului CyclePad a fost construit un ciclu cu abur și s-au calculat parametrii fluidului de lucru în toate punctele ciclului. După determinarea tuturor parametrilor fluidului de lucru a fost determinat randamentul ciclului cu abur. Au fost descrise metodele de creștere ale eficienței ciclului cu abur.

- **Capitolul 4: Măsurătorile experimentale și analiza regimurilor de funcționare a unei instalații de utilizare energetică a biomasei**, cuprinde un studiu amplu al regimurilor de funcționare a unui gazeificator cu strat fix descendent folosind brichetele formate din diferite reziduuri agricole. Au fost studiate metodele de îmbunătățire ale performanțelor procesului de gazeificare în strat fix descendent. Pentru fiecare regim de funcționare s-au calculat randamentele energetice și exergetice ale gazeificatorului.
- **Capitolul 5: Simularea regimurilor de funcționare ale instalațiilor de gazeificare a biomasei**, cuprinde un studiu amplu al influenței coeficientului de exces de aer și a temperaturii de gazeificare asupra gazului de sinteză produs în urma gazeificării brichetelor formate din diferite reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent și a gazeificării cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat circulant. Simularea procesului de gazeificare cu ajutorul programului GASIFY a permis analizarea diferitelor metode de gazeificare a reziduurilor agricole și determinarea calității gazului de sinteză produs.
- **Capitolul 6: Concluzii și contribuții personale**, cuprinde contribuțiile aduse literaturii de specialitate în urma studiului dezvoltat în cadrul acestei teze de doctorat și lista lucrărilor publicate și a lucrărilor prezentate la simpozioane naționale și internaționale.

Scopul lucrării

Elaborarea tezei de doctorat are ca scop studierea regimurilor de funcționare a instalațiilor de utilizare energetică a biomasei. Autorul și-a propus realizarea analizelor energetice și exergetice ale instalațiilor de utilizare energetică a biomasei și a analizei regimurilor de funcționare a unui gazeificator cu strat fix descendent, precum și determinarea calității gazului de sinteză rezultat, atât în urma gazeificării diferitelor brichete formate din reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent, cât și în urma gazeificării cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat circulant.

Obiectivele inițiale ale tezei

Pentru atingerea scopului general al tezei, sunt prevăzute următoarele obiective specifice:

- analiza stadiului actual privind utilizarea biomasei pentru producerea energiei termice și electrice;
- descrierea diferitelor tipuri de instalații de utilizare energetică a biomasei;
- analiza comparativă a diferitelor metode de gazeificare a biomasei;
- determinarea randamentelor energetice și exergetice a unei instalații de utilizare energetică a biomasei;
- analizarea ciclului cu abur cu supraîncălzire regenerativă;
- studierea parametrilor instalațiilor de gazeificare a biomasei;

Studiul regimurilor de funcționare a instalațiilor de utilizare energetică a biomasei

- analiza regimurilor de funcționare a unei instalații de utilizare energetică a biomasei;
- simularea gazeificării biomasei în diferite instalații de gazeificare;
- determinarea calității gazului de sinteză obținut prin gazeificare a biomasei în diferite instalații de gazeificare;
- diseminarea rezultatelor obținute în activitatea de cercetare prin articole și lucrări științifice publicate în reviste și prezentate în cadrul unor conferințe de prestigiu.

Capitolul 1 Biomasa ca sursă de energie

Cererea de energie pentru a satisface consumul de energie al populației continuă să crească. Scăderea drastică a resurselor energetice mondiale și faptul că civilizația modernă nu poate exista fără energie pentru a-și asigura existența a devenit o axiomă. Creșterea numărului de locuitori și deci a necesarului energetic mondial a determinat oamenii de știință și cercetătorii să caute surse energetice alternative ca: energia solară, energia eoliană, energia geotermală, energia mareelor, energia atomică [1]. Problema majoră a încălzirii globale a atmosferei impune adoptarea instalațiilor termoenergetice cu o eficiență foarte mare. Astfel se obține atât reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, cât și o economie semnificativă a resurselor energetice [2].

Termenul de biomasă acoperă un domeniu larg de produse, subproduse și deșeuri provenite din domeniul forestier, agricultură inclusiv cele provenite de la creșterea animalelor, precum și deșeurile municipale și cele industriale (Figura 1.1) [6], [7]. În România sunt disponibile cantități uriașe de reziduuri agricole.

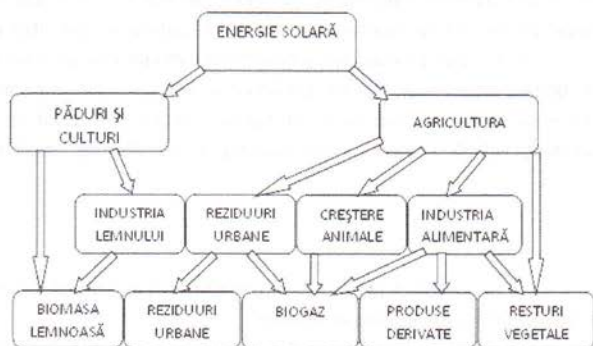


Figura 1.1: Surse de biomasă

Astăzi biomasa este văzută ca sursa de energie cea mai promițătoare pentru a reduce emisiile de gaze cu efect de seră [12]. Introducerea pe scară largă a energiei din biomasă ar putea contribui la dezvoltarea durabilă pe mai multe fronturi și anume, de mediu, sociale, și economice. Aprovizionările mondiale cu energie au fost dominate de combustibilii fosili de zeci de ani, cu o cotă de piață de 87%. Energia regenerabilă continuă

să crească, dar astăzi aceasta reprezintă doar 2% din consumul global de energie (Figura 1.2) [13].

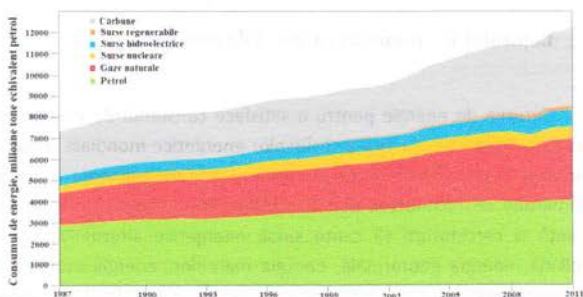


Figura 1.2: Consumul de energie mondial [13].

1.1 Proprietățile termice ale biomasei

Biocombustibilii au o reactivitate ridicată, datorită conținutului lor ridicat de volatili și a mangalului extrem de reactiv, dar au un conținut mult mai scăzut de carbon și mult mai ridicat de oxigen care sunt responsabile pentru puterile lor calorifice scăzute.

Orice tip de biomasă are proprietățile sale specifice ce determină performanța ei ca și combustibil în procesele de conversie în energie. Cele mai importante proprietăți la conversia în energie sunt conținutul de umiditate, conținutul de cenușă, conținutul de substanțe volatile, compoziția elementală, puterea calorifică, densitatea brută.

1.2 Forme de energie

Biomasa poate fi utilizată pentru producerea de căldură sau energie electrică care se poate manifesta sub următoarele forme:

- Apă caldă și abur: este posibil să se genereze apă caldă și abur prin combustia biomasei. Căldura poate fi produsul principal pentru aplicațiile de încălzire și pentru activitățile casnice, sau poate fi un subprodus al generării de energie electrică în cicluri combinate de energie electrică și abur.
- Combustibilul gazos, cunoscut sub numele de biogaz, produs în procesele de gazeificare poate fi utilizat la motoarele cu ardere internă pentru a genera energie electrică, pentru încălzire în activitățile casnice.
- Biocombustibili lichizi: producerea de biocombustibili lichizi precum etanol și biodiesel are potențialul înlocuirii unor cantități semnificative de combustibili fosili în multe aplicații din transport.

Capitolul 2 Stadiul actual al utilizării biomasei pentru producerea energiei termice și electrice

2.1 Utilizarea energetică a biomasei

Forma voluminoasă și inconvenientă a biomasei este o barieră majoră pentru o schimbare rapidă a combustibililor fosili cu combustibilii de tip biomasă. Spre deosebire de combustibilii gazoși sau combustibilii lichizi convenționali, biomasa solidă nu poate fi manipulată, depozitată sau transportată cu ușurință, în special în utilizarea acesteia pentru transport. Aceasta oferă o motivație majoră pentru conversia biomasei solide în combustibilii lichizi și gazoși, care se poate realiza prin una dintre cele două căi majore: (1) procese biochimice (fermentare) și (2) procese termochimice (piroliză, gazificare).

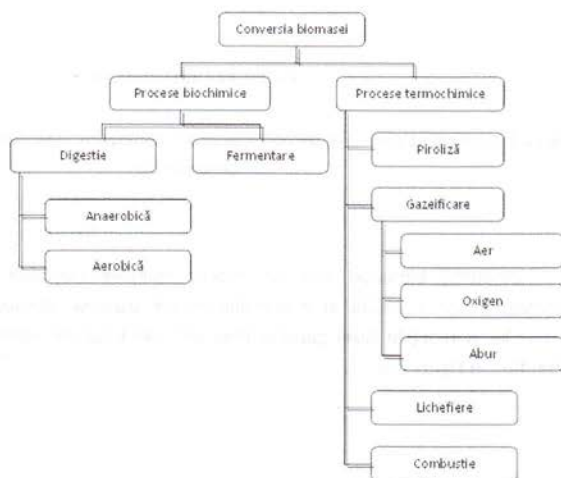


Figura 2.1: Procese de conversie a biomasei [28]

În procesarea termochimică, parametrul cel mai important este coeficientul de exces de aer. Coeficientul de exces de aer este raportul dintre volumul de aer introdus în focar V_a și volumul stoichiometric de aer V_a^0 [29], și este dat de următoarea formulă:

$$\lambda = \frac{V_a}{V_a^0} \quad (2.1)$$

În Figura 2.3 sunt prezentate diferitele tipuri de procese termochimice ale conversiei biomasei în funcție de coeficientul de exces de aer.

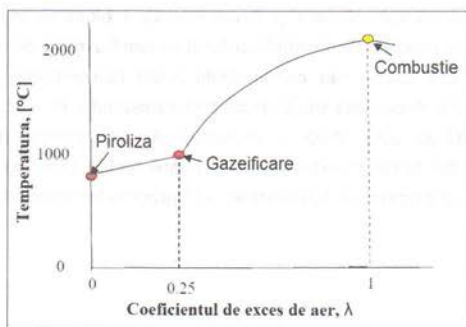


Figura 2.3: Diagrama coeficientului de exces de aer pentru procesele termochimice de conversie a biomasei [30]

2.2 Combustia biomasei

Combustia biomasei este un proces complex constând în reacții omogene și eterogene. Pașii esențiali ai procesului includ uscarea, piroliza, gazeificarea, arderea mangalului și reacțiile fazei gazoase. Principiile de bază ale tehnologiilor de ardere sunt prezentate în Figura 2.6.

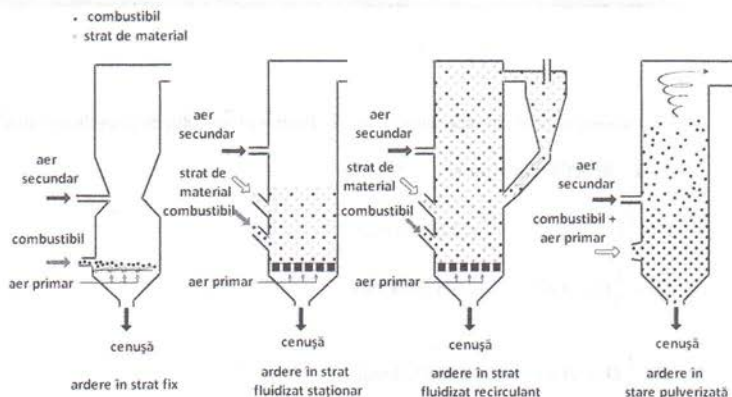


Figura 2.6: Principalele tehnologii de ardere a biomasei [39]

2.3 Piroliza

Piroliza este conversia biomasei în mangal solid, un produs lichid, cunoscut sub numele de bio-ulei sau ulei de piroliză și un amestec de gaze combustibile prin încălzirea biomasei în absența aerului la temperaturi de aproximativ 300-500 °C.

Există diferite procese de piroliză:

- 1) Piroliză cu flux antrenat
- 2) Piroliză cu vacuum
- 3) Piroliză rapidă
- 4) Piroliza cu pat fluidizat
- 5) Piroliză cu ardere parțială
- 6) Piroliza la temperatura joasă
- 7) Piroliza cu pat fix cu curent ascendent

2.4 Gazeificarea biomasei

Gazeificarea este procesul de transformare a biomasei într-un amestec de gaze combustibile prin oxidare parțială la temperaturi ridicate, de obicei, variind de la 800°C până la 900°C. Gazele combustibile conțin CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , H_2O , gaze inerte prezente în agentul de gazeificare, diferite impurități precum mici particule de mangal, cenușă și gudron [47].

Prođușii de ardere rezultați în urma pirolizei rapide a biomasei pot fi gazeificați cu agenți de gazeificare. Aerul, oxigenul și aburul sunt utilizați pe scară largă drept agenți de gazeificare [48].

2.4.1 Reacțiile procesului de gazeificare

Principalele reacții chimice care au loc în timpul procesului de gazeificare sunt [55]:

1. Reacțiile de ardere



2. Reacția Boudouard



3. Reacția gazului de apă



4. Reacția sinteză a metanului sau metanizare



În situațiile în care conversia carbonului este completă, se pot reduce ultimele trei ecuații la următoarele două reacții omogene ale gazului

5. Reacția de reducere a CO cu abur



6. Reacția de reformare a metanului cu abur



Săgețile indică faptul ca reacțiile sunt în echilibru și pot avea loc în orice direcție, depinzând de temperatura, presiunea și concentrația elementelor care reacționează. Gazul produs în urma gazeificării biomasei constă într-un amestec de monoxid de carbon, dioxid de carbon, metan, hidrogen și vapori de apă [56].

2.4.2 Gazeificatoare cu strat fix

2.4.2.1 Gazeificatoare cu strat fix ascendent

În Figura 2.22 este prezentată schema unui gazeificator cu strat fix ascendent. Gazeificatorul ascendent este un gazeificator în contracurent, în care combustibilul, de exemplu cărbune, biomasă și reziduuri variate, este alimentat pe la partea superioară a reactorului și coboară ușor pe la partea inferioară unde este eliminat reziduu solid. Agenții

de gazeificare, de obicei aer sau abur, sunt injectați pe la partea inferioară a reactorului. Materialul solid este transformat în gaze combustibile în timp ce coboară prin reactor. Materia primă este tratată în următoarele etape începând din partea de sus: uscare, piroliză, reducere și combustie [66].

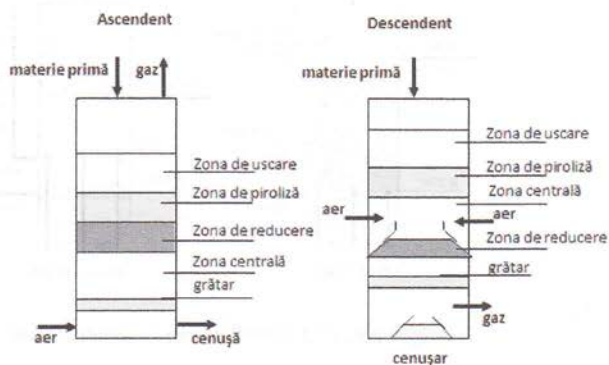


Figura 2.22: Gazeificatoare cu strat fix

2.4.2.2 Gazeificatoare cu strat fix descendent

În gazeificatorul cu strat fix descendent, în echicurent, combustibilul este alimentat pe la partea de sus, aerul este introdus prin părțile de deasupra grătarului, în timp ce gazul combustibil curge pe sub grătar. Schema gazeificatorului descendent este prezentată în Figura 2.22.

2.4.3 Gazeificatoare cu strat fluidizat

Fluidizarea este termenul folosit pentru procesul în care un strat fix de materiale solide fine, de obicei nisip cuarțos, se transformă în stare lichidă prin contactul cu un gaz cu curgere ascendentă (agent de gazeificare) [70].

În Figura 2.23 sunt prezentate schematic gazeificatoarele cu strat fluidizat staționar și cu strat fluidizat circulant. În cazul reactorului cu strat fluidizat staționar, viteza agentului de gazeificare, care are o curgere ascendentă, este în jur de 1 – 3 m/s și extinderea stratului inert privește doar părțile mai mici ale gazificatorului. Stratul de nisip și manganul nu ies din reactor datorită vitezei scăzute [66]. În reactorul cu strat fluidizat circulant viteza agentului de gazeificare cu curgere ascendentă este de 5 – 10 m/s. În consecință, extinderea stratului are loc în întregul reactor și o parte a stratului și manganul sunt eliminate din reactor împreună cu curentul de gaz [54]. Această parte este captată și reintrodusă în reactor folosind un ciclon cu aer care separă curentul de gaze.

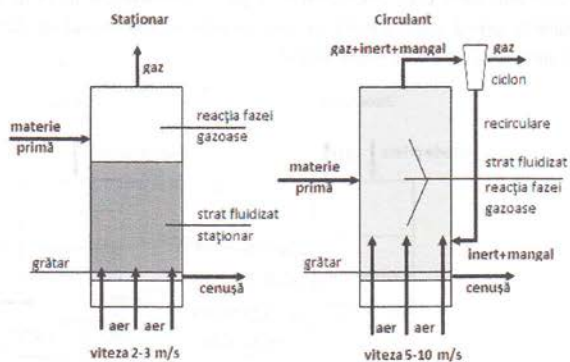


Figura 2.23: Gazeificatoare cu strat fluidizant

Capitolul 3 Criterii de performanță ale instalațiilor de utilizare energetică a biomasei

3.1 Analiza energetică și exergetică

3.1.1 Aspectele analizei energetice

Cea mai utilizată metodă de analiză a proceselor care au loc în sistemele termoenergetice se bazează în prezent pe bilanțul energetic. Scopul oricărui bilanț energetic este să se determine cantitativ fluxurile de energie cuprinse în conturul procesului analizat, pentru a putea stabili consumurile de energie, energiile utile și pierderile. Cunoscându-se aceste fluxuri de energie, se poate stabili un coeficient de performanță al procesului (randament sau eficiență) și se pot identifica metodele de raționalizare a consumurilor prin economisirea energiei pe componentele care permit aplicarea unor măsuri tehnico-organizatorice corespunzătoare [107].

3.1.2 Aspectele analizei exergetice

Analiza exergetică este o metodologie pentru evaluarea performanțelor sistemelor și a proceselor, și presupune examinarea exergiei în diferite puncte dintr-o serie de etape ale procesului de conversie a energiei. Cu această informație randamentele pot fi evaluate și pot fi identificate etapele procesului cu cele mai mari pierderi [110]. Principalul scop al

analizei exergetice este să se detecteze și să se evalueze din punct de vedere cantitativ pierderile care au loc în procesele termice și chimice.

Exergia reprezintă acea formă de energie care, pentru o stare dată a mediului ambiant, poate fi transformată integral în lucru mecanic [107]. Exergia poate fi văzută ca o calitate a energiei [112].

Bilanțul exergetic al procesului poate fi reprezentat sub forma următoare folosind valorile exergiei a fluxurilor care intra și ies din sistem:

$$\sum_{IN} E_j + E^Q + E^W = \sum_{OUT} E_k + I \quad (3.1)$$

unde $\sum_{IN} E_j$ și $\sum_{OUT} E_k$ sunt fluxurile de exergie care intră și care părăsesc fluxurile materiale, iar E^Q și E^W sunt sumele tuturor interacțiunilor exergiei termice și lucrului mecanic implicate în proces. Diferența dintre toate fluxurile exergetice care intră și cele care ies din sistem este numită ireversibilitate sau pierdere exergetică.

3.1.3. Ecuațiile generale de bilanț

Ecuațiile fundamentale implicate în analiza termodinamică sunt bilanțul masic, energetic, exergetic și ecuațiile randamentului. Cu ajutorul acestor bilanțuri, se calculează producții și reacțanții. Din acestea pot fi calculate eficiențele energetice și exergetice și ireversibilitățile.

Pentru un proces aflat în stare staționară, ecuațiile generale ale bilanțului masic, energetic și exergetic pot fi scrise ca [113], [114], [115], :

Bilanțul masic :

$$\sum_i \dot{m}_i = \sum_e \dot{m}_e \quad (3.2)$$

Bilanțul energetic:

$$\sum_i \dot{E}_i + \dot{Q} = \sum_e \dot{E}_e + \dot{W} \quad (3.3)$$

Neglijând energia cinetică și cea potențială, ecuația de mai sus poate fi scrisă:

$$\sum_i \dot{m}_i h_i + \dot{Q} = \sum_e \dot{m}_e h_e + \dot{W} \quad (3.4)$$

Bilanțul exergetic :

$$\sum_i \dot{E}x_i + \sum_j \left[1 - \frac{T_0}{T} \right] \dot{Q}_j = \sum_e \dot{E}x_e + \dot{W} + \dot{I} \quad (3.5)$$

Exergia specifică a fluxului cu starea specificată poate fi scrisă astfel:

$$ex = ex^{ph} + ex^{ch} \quad (3.6)$$

Exergia fizică specifică este definită astfel [116]:

$$ex^{ph} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (3.7)$$

În mod similar, exergia chimică specifică a unui amestec de gaz ideal poate fi scris sub forma:

$$ex^{ch} = ex_0^{ch} + R_u T_0 \ln x_i \quad (3.8)$$

aici, x_i este fracția molară a elementului i și ex_0^{ch} este exergia chimică molară la temperatura de referință.

Exergia chimică molară [103]:

$$ex_0^{ch} = \frac{T_0}{T^0} ex_{ch}^0 - \bar{h}_f^0 \frac{T^0 - T_0}{T^0} \quad (3.9)$$

În care ex_{ch}^0 , \bar{h}_f^0 , T^0 și T_0 sunt exergia chimică molară standard, entalpia de formare, temperatura standard, respectiv temperatura de referință.

3.1.4 Ecuațiile generale ale randamentului

Randamentul energetic total, de asemenea cunoscut ca randament termic, poate fi exprimat astfel [117]:

$$\eta = \frac{\text{energia produsă netă}}{\text{energiea consumată}} \quad (3.10)$$

În același mod este calculat randamentul exergetic al instalației pentru producerea de energie:

$$\Psi = \frac{\text{lucrul mecanic produs net}}{\text{exergia consumată}} \quad (3.11)$$

3.2 Analiza ciclului cu abur cu supraîncălzire regenerativă

În continuare sunt descriși pașii implicați în descrierea ciclului cu abur al instalației. Folosind programul *CyclePad*, descrierea oricărui ciclu este foarte simplă, dar necesită câteva cunoștințe despre procesele de bază și simulările aplicate ciclului.

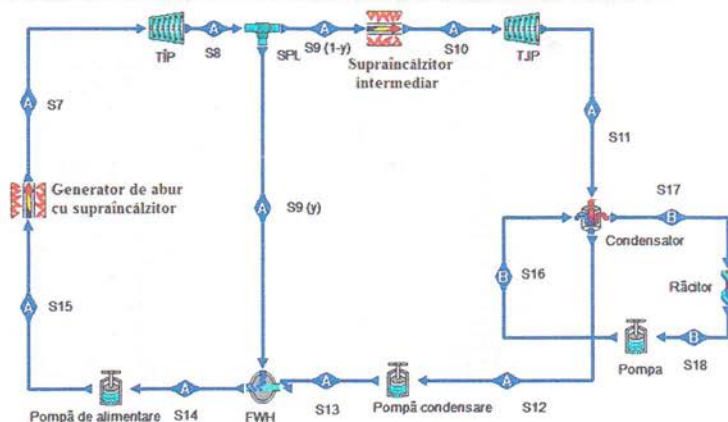
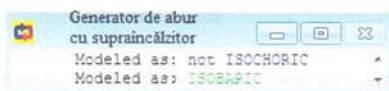


Figura 3.3: Reprezentarea schematică a ciclului cu abur

Generator de abur cu supraîncălzitor

Căldura provenită de la gazele de ardere rezultate în urma arderii biomasei este transferată apei. Apa intră în supraîncălzitor în fază lichidă, la o presiune ridicată, stabilită de pompa de alimentare. Astfel, datorită procesului de încălzire, temperatura apei crește până la temperatura de saturație, se vaporizează, iar vaporii sunt încălziți și devin vaporii supraîncălziți. Întreg procesul din supraîncălzitor este izobar.



În Figura 3.4 sunt prezentați parametri aburului la intrarea în turbina de înaltă presiune. Cu verde sunt reprezentate valorile care sunt cunoscute, iar cu albastru sunt reprezentate valorile calculate de către programul *CyclePad*.



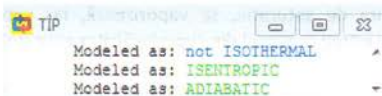
În Figura 3.4: Parametrii aburului la intrare în turbina de înaltă presiune



Figura 3.5: Parametrii aburului la ieșire din turbina de înaltă presiune

Turbina de înaltă presiune

În turbina de înaltă presiune aburul se destinde de la presiunea stării S7 până la presiunea corespunzătoare punctului S8. Procesul de destindere este considerat adiabatic și izentrop.

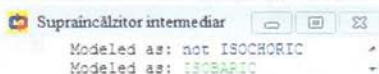


În Figura 3.5 sunt prezentați parametrii aburului la ieșirea din turbina de înaltă presiune. Se observă că entropia specifică a aburului la ieșirea din turbina de înaltă presiune este deja cunoscută. Aceasta este aceeași cu cea a aburului de la intrarea în turbină deoarece procesul de destindere care are loc în turbină este izentrop.

Supraîncălzitor intermediar

O metodă de mărire a randamentului ciclului cu abur constă în supraîncălzirea intermediară. O parte din aburul care este destins adiabatic în turbina de înaltă presiune este introdus în supraîncălzitorul intermediar, unde este supraîncălzit până la o temperatură apropiată de temperatura aburului înainte de a intra în turbina de înaltă presiune. Procesul de supraîncălzire suplimentară a aburului este un proces izobar. Presiunea la care se desfășoară acesta este presiunea aburului la ieșirea din turbina de înaltă presiune.





Amestecul saturat care iese din turbina de înaltă presiune este încălzit în supraîncălzitorul intermediar până la temperatura de 600°C. În Figura 3.7 sunt prezentați parametrii fluidului de lucru la intrarea în supraîncălzitorul intermediar.

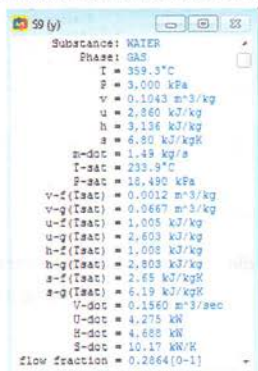


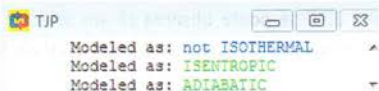
Figura 3.6: Parametrii aburului la intrare în încălzitorul deschis al apei de alimentare



Figura 3.7: Parametrii aburului la intrarea în supraîncălzitorul intermediar

Turbina de joasă presiune

Aburul supraîncăzit în supraîncălzitorul intermediar este introdus în turbina de joasă presiune unde are loc destinderea acestuia. Procesul de destindere din turbina de joasă presiune este considerat adiabatic și izentrop.



În Figura 3.9 sunt prezentați parametrii fluidului de lucru la ieșirea din turbina de joasă presiune. Se observă că entropia specifică a acestuia la ieșirea din turbina de joasă presiune este deja cunoscută.

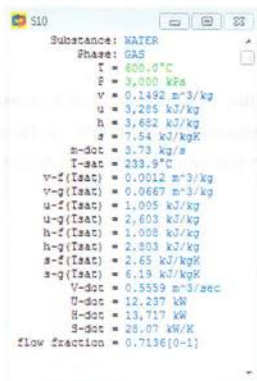


Figura 3.8: Parametrii aburului la ieșire din supraîncălzitorul intermediar

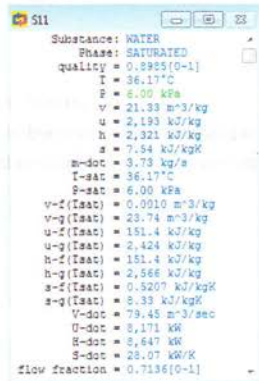
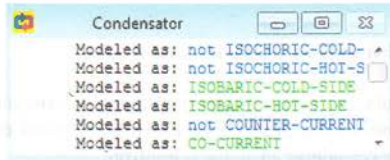


Figura 3.9: Parametrii aburului la ieșire din turbina de joasă presiune

Condensatorul

În condensator are loc condensarea completă a aburului cu presiune scăzută care iese din turbină. Acest proces este izobar.



În Figura 3.10 se poate observa că am selectat faza fluidului de lucru ca fiind cea saturată. După selectarea fazei, celelalte proprietăți ale agentului de lucru sunt afișate.

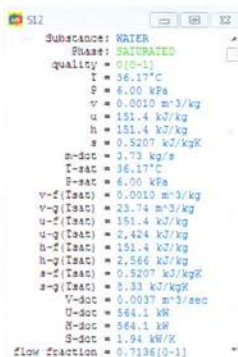


Figura 3.10: Parametrii apei la intrare în pompa de condensare

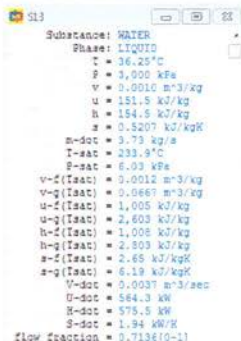
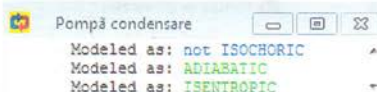


Figura 3.11: Parametrii apei la ieșirea din pompa de condensare

Pompa de condensare

Pompa de condensare preia apa din condensator, îi mărește presiunea și o introduce în încălzitorul deschis al apei de alimentare. Acest proces este izentrop și adiabatic.



În Figura 3.11 sunt reprezentați parametrii fluidului de lucru la ieșirea din pompa de condensare. Starea fluidului de lucru este deja cunoscută deoarece se cunosc presiunea și entropia.

Încălzitorul deschis al apei de alimentare

O altă metodă de mărire a randamentului instalațiilor constă în regenerarea căldurii. Aceasta constă în încălzirea apei rezultate din condensator cu o parte din aburul prelevat de la turbina de înaltă presiune. Apa de alimentare a cazanului este încălzită regenerativ până la temperatura de saturație corespunzătoare presiunii de lucru a supraîncălzitorului.



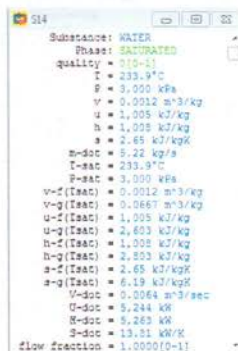


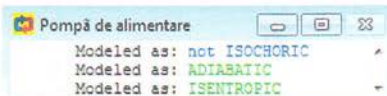
Figura 3.12: Parametrii apei la intrare în pompa de alimentare



Figura 3.13: Parametrii apei la ieșire din pompa de alimentare

Pompa de alimentare

Procesul care are loc în pompa de alimentare este adiabatic și izentrop.



În Figura 3.12 sunt prezentați parametrii fluidului de lucru la intrarea în pompa de alimentare. Apa care iese din pompa de condensare are o temperatură de numai 36.25°C (Figura 3.11). Apa care intră în pompa de alimentare trebuie să fie un fluid saturat deoarece pompele nu pot lucra foarte bine cu vapori.



Figura 3.14: Parametrii apei de răcire la intrare în condensator

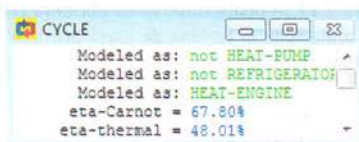


Figura 3.15: Parametrii apei de răcire la ieșire din condensator



Figura 3.16: Parametrii apei de răcire la ieșire din răcitor

Scopul acestei analize a fost determinarea eficienței ciclului cu abur. După cum se poate observa s-a obținut un randament termodinamic de 48.01%.



În Figura 3.17 se poate observa că o creștere a temperaturii aburului care iese din supraîncălzitor duce la creșterea eficienței ciclului.

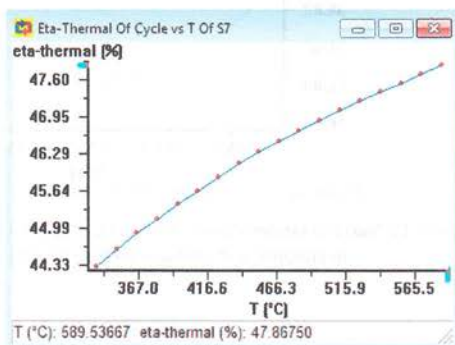


Figura 3.17: Variația randamentului energetic al ciclului în funcție de temperatura aburului care iese din supraîncălzitor

Așa cum am mai spus, o metodă de îmbunătățire a eficienței ciclului cu abur constă în supraîncălzirea intermediară. După cum se poate observa în Figura 3.18 eficiența ciclului

crește cu cât aburul este supraîncălzit până la o temperatură apropiată de temperatura aburului înainte de a intra în turbina de înaltă presiune.

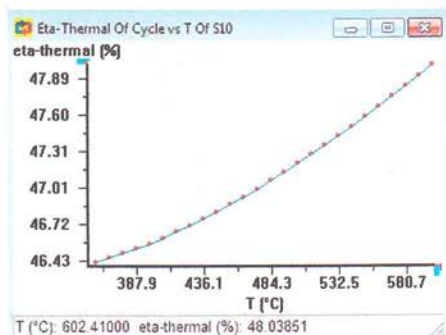


Figura 3.18: Variația randamentului energetic al ciclului în funcție de temperatura de supraîncălzire intermediară a aburului

În Figura 3.19 se poate observa că eficiența ciclului este maximă pentru o presiune de destindere a aburului în turbina de joasă presiune de 6 kPa. Eficiența ciclului scade cu creșterea presiunii aburului.

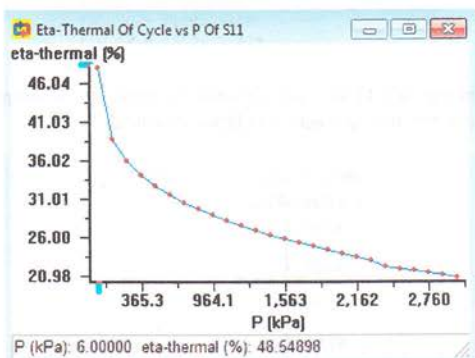


Figura 3.19: Variația randamentului energetic al ciclului în funcție de presiunea de destindere a aburului în turbina de joasă presiune

3.2.1 Randamentele energetice totale

Randamentele totale ale cazanului, ciclului și instalației pot fi scrise astfel:

$$\eta_{\text{cazan}} = \frac{\dot{m}_{\text{abur}}[(h_7 - h_{1.5}) + (1 - y)(h_8 - h_{1.0})]}{\dot{m}_f Q_{i,f}} \quad (3.12)$$

$$\eta_{ciclu} = \frac{\dot{W}_{HPT} + \dot{W}_{LPT} - \dot{W}_{pompa1} - \dot{W}_{pompa2}}{\dot{m}_{abur}[(h_7 - h_{15}) + (1 - \gamma)(h_8 - h_{10})]} \quad (3.13)$$

$$\eta_{instalatie} = \frac{\dot{W}_{HPT} + \dot{W}_{LPT} - \dot{W}_{pompa1} - \dot{W}_{pompa2}}{m_f Q_{i,f}} \quad (3.14)$$

3.2.2 Randamentele exergetice totale

Randamentele exergetice ale cazanului, ciclului cu abur și al instalației pot fi scrise astfel:

$$\varepsilon_{cazan} = \frac{\dot{E}x_7 + \dot{E}x_{10} - \dot{E}x_{15} - \dot{E}x_8}{\dot{m}_c ex_c^{ch}} \quad (3.15)$$

$$\varepsilon_{ciclu} = \frac{\dot{W}_{HPT} + \dot{W}_{LPT} - \dot{W}_{pompa1} - \dot{W}_{pompa2}}{\dot{E}x_7 + \dot{E}x_{10} - \dot{E}x_8 - \dot{E}x_{15}} \quad (3.16)$$

$$\varepsilon_{instalatie} = \frac{\dot{W}_{HPT} + \dot{W}_{LPT} - \dot{W}_{pompa1} - \dot{W}_{pompa2}}{\dot{m}_c ex_c^{ch}} \quad (3.17)$$

Pentru calcularea randamentelor energetice și exergetice am realizat un program de calcul în mediul de programare Matlab. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 3.5.

Tabelul 3.5: Randamentele energetice și exergetice ale instalației

	Randamente energetice	Randamente exergetice
Cazan	86.54	48.01
Ciclul cu abur	48.90	80.36
Instalația totală	42.31	38.58

3.7 Concluzii

În acest capitol s-au făcut analizele energetice și exergetice efectuate pe o instalație cu abur bazată pe arderea biomasei pentru producerea energiei. Au fost prezentate ecuațiile fundamentale implicate în analiză. S-a analizat fiecare component al instalației pentru a găsi fluxurile de energie și exergie, și ireversibilitățile în fiecare component. Apoi s-au calculat randamentele energetice și exergetice și distrugerile de exergie pentru întreaga instalație. Cu ajutorul programului CyclePad a fost construit un ciclu cu abur și s-au calculat parametrii fluidului de lucru în toate punctele ciclului După determinarea tuturor parametrilor fluidului de lucru a fost determinat randamentul ciclului cu abur. S-a obținut un randament de 48.01%. Au fost descrise metodele de îmbunătățire ale ciclului cu abur folosit. Supraîncălzirea aburului care iese din supraîncălzitor, cât și supraîncălzirea intermediară a unei părți din aburul care iese din turbina de înaltă presiune duce la creșterea eficienței ciclului.

Capitolul 4 Măsurătorile experimentale și analiza regimurilor de funcționare ale unei instalații de utilizare energetică a biomasei

4.1 Procedura experimentală a gazeificării brichetelor agricole folosind un gazeificator cu strat fix descendent

4.1.1 Descrierea sistemului

Pentru stabilirea parametrilor procesului de gazeificare se consideră o instalație de gazeificare cu strat fix descendent, TERMOFARC FI-GS (Figura 4.1) cu puterea de 40 kW. Acest cazan este montat în cadrul Laboratorului Generatorul de abur al Departamentului Sisteme Termice și Ingineria Mediului de la Facultatea de Mecanică, Universitatea Dunărea de Jos din Galați. Cazanul TERMOFARC FI-GS cu gazeificare funcționează pe combustibil solid – lemn uscat (1-2 ani) cu umiditate maximă 20%, deșeuri de lemn în proporție de 20% și brichete de rumeguș.

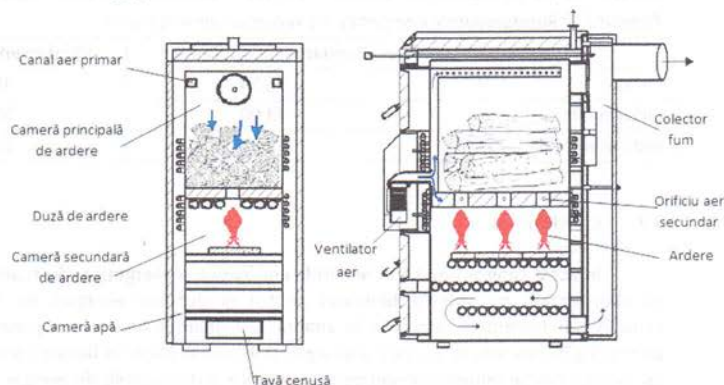


Figura 4.1: Cazanul de gazeificare TERMOFARC FI-GS [123]

4.1.2 Caracteristicile biomasei folosite

Tabelul 4.1: Caracteristicile combustibilului

Analiza elementală (%)	Lemn de salcâm	Brichete din stuf	Brichete din rumeguș	Brichete din rumeguș 50%+coceni 50%	Brichete din rumeguș 50%+paie 50%
C	49.6	48.4	50.0	46.1	48.2
H	6.0	5.5	5.9	5.5	5.9
N	0.9	0.6	1.8	0.4	0.6
S	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
O	33.8	31.2	33.6	38.0	34.5
A	4.2	7.3	2.6	3.3	3.4
W	5.4	7.0	6.0	6.7	7.5
HHV [MJ/kg]	20.798	19.987	20.850	18.569	20.130
Densitatea de energie [GJ/m ² _N]	14.97	15.13	15.78	17.37	14.42

4.2 Analiza regimurilor de funcționare

Acest studiu a fost realizat pentru a optimiza procesul de gazeificare a reziduurilor agricole într-un gazeificator care folosește tehnologia de ardere răsturnată pentru a produce căldură și apă caldă menajeră. Analiza regimurilor de funcționare a gazeificatorului cu strat fix descendent ce utilizează brichete formate din reziduuri agricole și analiza energetică și exergetică a cazanului permit studierea metodele de îmbunătățire ale performanțelor cazanului.

4.2.1 Variația randamentul arderii în timp

În Figura 4.3 se poate observa că eficiența arderii scade în timp pentru toți combustibilii analizați. Randamentul maxim de ardere a fost obținut pentru combustibilul cu cel mai mare conținut de carbon, și anume brichetele de rumeguș, iar cel minim pentru amestecul brichetelor de rumeguș 50% cu paie de grâu 50%.

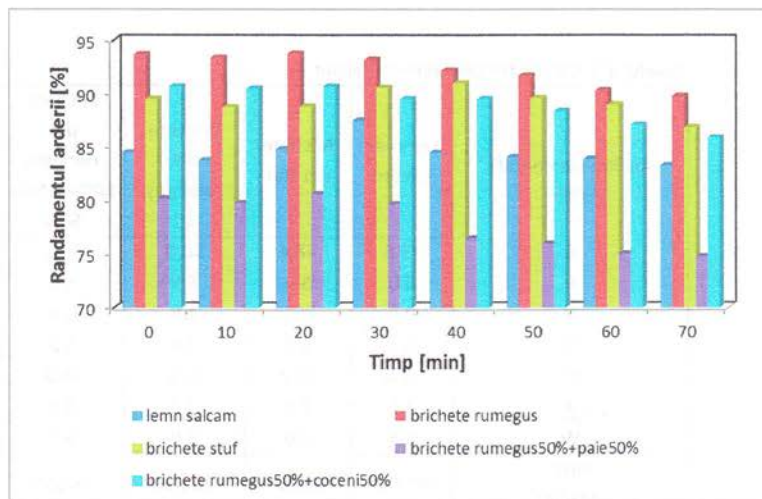


Figura 4.3: Variația randamentului arderii în timp

4.2.2 Variația coeficientului de exces de aer în timp

Variația în timp a coeficientului de exces de aer la evacuarea gazelor de ardere la coș este prezentată în Figura 4.6.

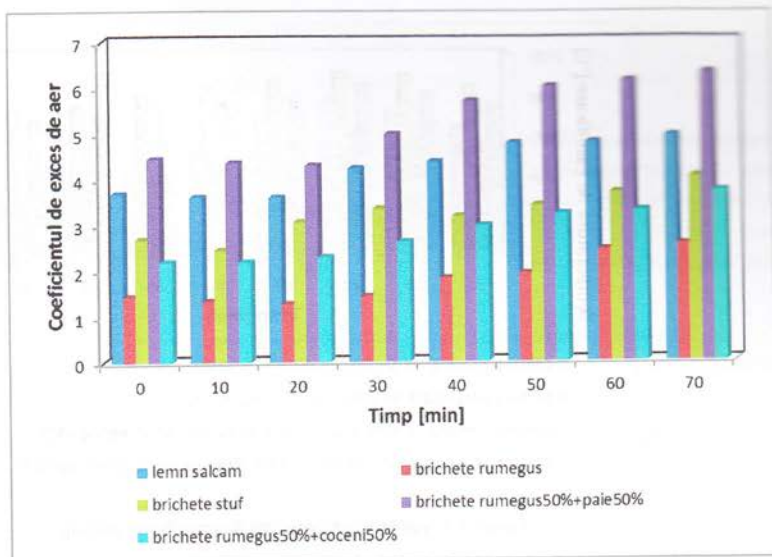


Figura 4.6: Variația coeficientului de exces de aer în timp

Coeficientul de exces de aer are o creștere semnificativă în timp datorită reducerii masei combustibile în timp.

4.2.3 Variația temperaturii de gazeificare în timp

Din Figura 4.7 se poate observa că temperatura de gazeificare maximă în camera primară este de 850 °C, în timp ce în camera secundară este de 620°C, scăzând pe măsură ce sunt arse volatilele.

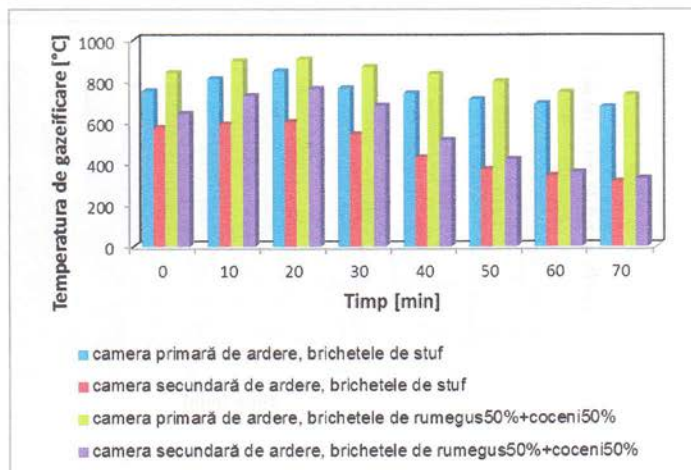


Figura 4.7: Variația temperaturii de gazeificare în timp

4.2.4 Randamentul energetic și exergetic al cazanului

S-a obținut o valoare maximă a randamentului energetic pentru brichetele din rumeguș și o valoare minimă pentru brichetele din stuf.

După cum putem observa în Figura 4.8, randamentul exergetic are valoarea maximă în cazul gazeificării brichetelor din rumeguș 50% + coceni de porumb 50% și minimă în cazul gazeificării lemnului de salcâm.

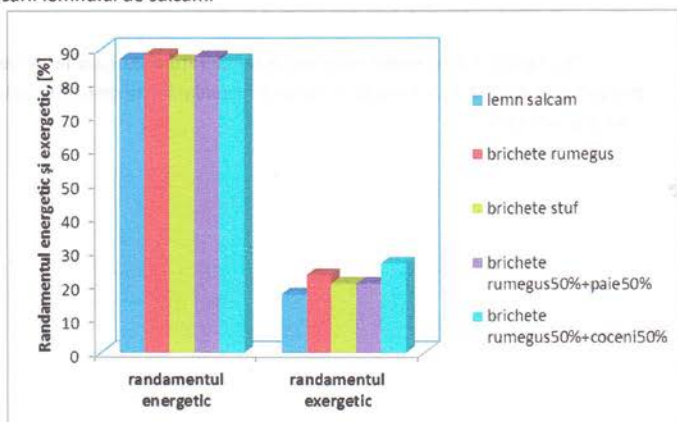


Figura 4.8: Randamentele energetice și exergetice pentru gazeificarea brichetelor formate din reziduurile agricole

4.2.5 Influența temperaturii de gazeificare

Pentru îmbunătățirea performanțelor de gazeificare ale cazanului s-a recurs la izolarea termică parțială a camerei primare de ardere cu cărămidă refractară în scopul reducerii transferului de căldură prin pereții camerei și creșterii temperaturii de gazeificare. În cazul arderii brichetelor din rumeguș 50% + coceni de porumb 50%, randamentul arderii a crescut de la 91 % la 96.6%, având aceeași variație ca în cazul camerei nezidite (Figura 4.9).

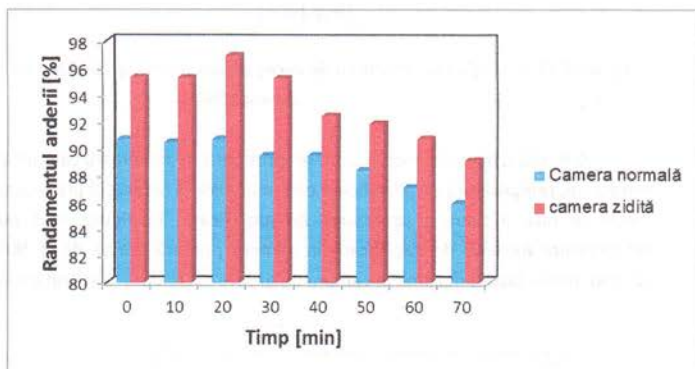


Figura 4.9: Variația randamentului arderii în timp pentru brichetele din rumeguș 50% + coceni 50%

În Figura 4.12 putem observa că valorile coeficientului de exces de aer sunt mai mici cu aproximativ 40 % față de camera de ardere nezidită.

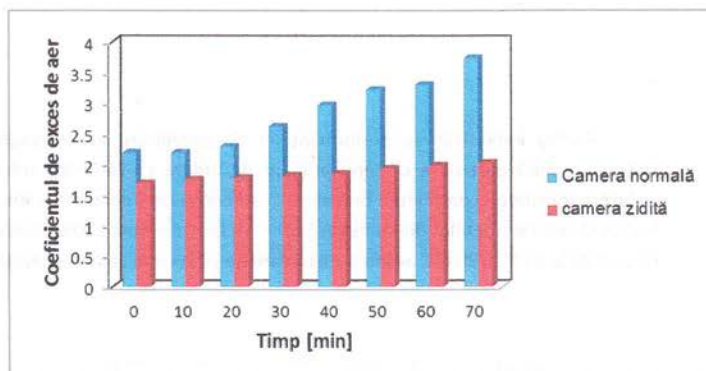


Figura 4.12: Variația coeficientului de exces de aer pentru brichetele din rumeguș 50% + coceni 50%

Datorită izolării termice a camerei primare și a acumulării căldurii de către cărămida refractară, temperatura de gazeificare este mai mică la începutul procesului de gazeificare și crește în faza a doua a procesului de gazeificare. În Figura 4.13 putem observa că temperatura maximă de gazeificare în camera primară crește de la 908°C la 1038°C. În schimb, temperatura maximă în camera de ardere secundară a scăzut de la 729°C la 627°C.

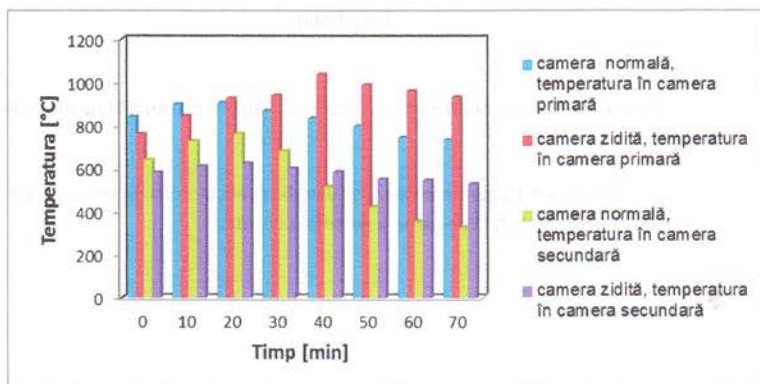


Figura 4.13: Variația temperaturii de gazeificare din camerele de ardere pentru brichetele din rumeguș 50% + coceni 50%

În Figura 4.14 este prezentat randamentul energetic și exergetic al cazanului. În cazul camerei zidite randamentul energetic și randamentul exergetic cresc de la 86.73% la 94.08%, respectiv de la 26.54% la 31.45%.

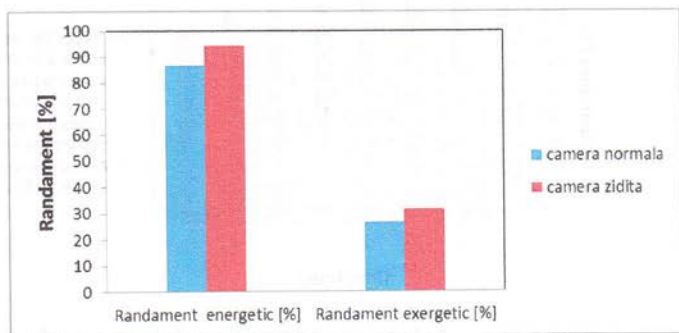


Figura 4.14: Randamentul energetic și exergetic al cazanului

4.2.6 Influența excesului de aer

O altă metodă de îmbunătățire a performanțelor procesului de gazeificare constă în reducerea excesului global de aer prin obturarea parțială a canalului de admisie a aerului total în cazan.

În cazul arderii brichetelor din stuf, randamentul arderii față de gazeificarea cu exces normal de aer este mai mic în prima fază a arderii și mai mare în faza a doua (Figura 4.15).

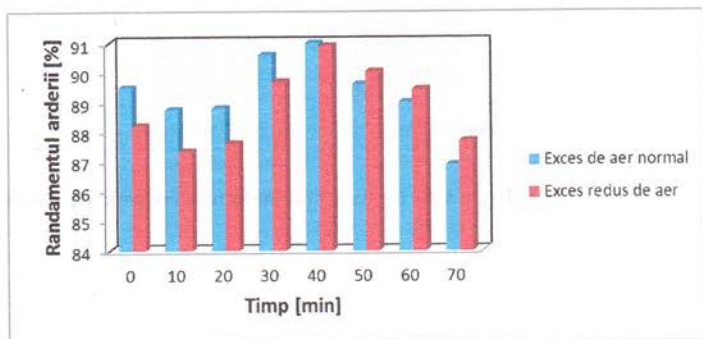


Figura 4.15: Variația randamentului arderii în timp pentru brichetele din stuf

În Figura 4.19 este prezentată variația temperaturii de gazeificare în timp pentru brichetele din stuf. Temperatura de gazeificare atât în camera primară, cât și în cea secundară, crește comparativ cu gazeificarea cu exces de aer normal, deoarece prin reducerea excesului de aer crește temperatura de gazeificare.

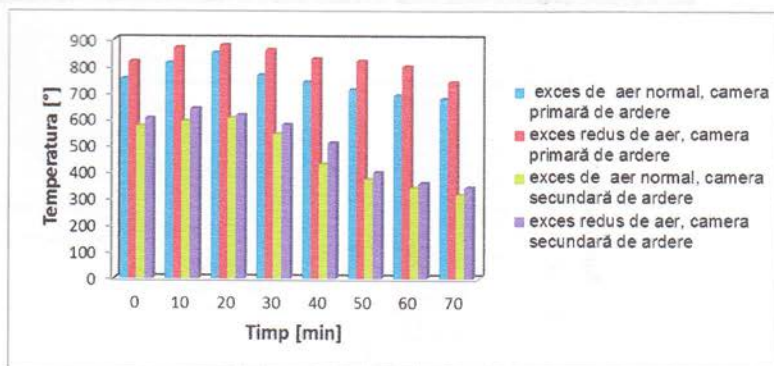


Figura 4.19: Variația temperaturii de gazeificare în timp pentru brichetele din stuf

În cazul arderii cu exces redus de aer, atât randamentul energetic, cât și cel exergetic sunt mai mari comparativ cu valorile obținute în cazul arderii cu exces normal de aer (Figura 4.20).

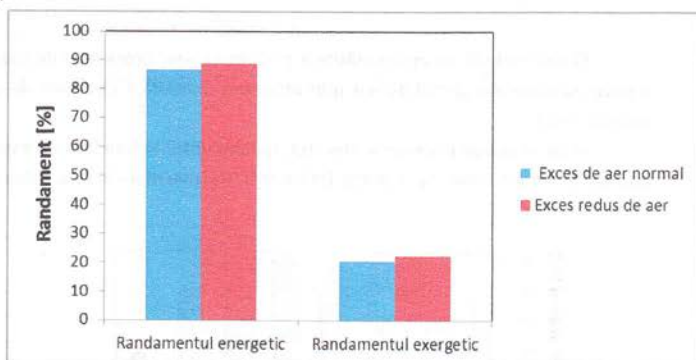


Figura 4.20: Randamentul energetic și exergetic al cazanului

4.3 Concluzii

Există câțiva parametri precum coeficientul de exces de aer, temperatura, presiunea și conținutul de umiditate care influențează calitatea gazului de sinteză produs din gazeificarea biomasei. Când combustibilul are un conținut mare de umiditate, o mare parte a căldurii generate în gazeificator este consumată pentru vaporizarea umidității și încălzirii vaporilor, ceea ce duce la scăderea temperaturii de operare a gazeificatorului. În gazeificatoarele cu strat fix descendent se folosesc combustibili cu un conținut de umiditate de până la 30%. La instalațiile mici de ardere a biomasei, este necesar un coeficient de exces de aer mai mare, pentru a asigura o amestecare suficientă între aerul de ardere și gazele de ardere rezultate din piroliza biomasei. Temperatura reactorului depinde de o serie de factori precum conținutul de umiditate al combustibilului, coeficientul de exces de aer, pierderile de căldură din sistem și cantitatea de abur adăugat.

Conținutul mare de carbon (48-53%) și oxigen (39-44%) împreună cu un conținut scăzut de hidrogen (6-10%) duc la o putere calorică inferioară scăzută care ulterior implică consum mare de biomasă pentru a produce cantitatea de energie necesară. În gazeificatorul cu strat fix descendent, temperatura din zona de oxidare și de reducere crește cu scăderea mărimii particulei de biomasă.

A fost studiat regimul de funcționare al gazeificatorului cu strat fix descendent ce utilizează brichete realizate din reziduuri agricole. Pentru fiecare regim de funcționare s-a calculat randamentul energetic și exergetic al cazanului. S-a observat că eficiența arderii scade în timp pentru toți combustibilii analizați. Cea mai mare valoare a emisiei de CO a fost obținută pentru brichetele din rumeguș 50% + coceni de porumb 50%, iar cea mai mică valoare pentru brichetele din stof. Gazeificarea brichetelor din rumeguș produce cea mai mare emisie de NO_x. Coeficientul de exces de aer a avut o creștere semnificativă datorită reducerii masei combustibile în timp. S-a înregistrat o temperatură de gazeificare maximă de 850 °C în camera primară și de 620°C în camera secundară de ardere. S-a obținut randamentul energetic maxim de 88.25% pentru brichetele din rumeguș și randamentul minim de 86.59 pentru brichetele din stof. S-a obținut randamentul exergetic maxim de 26.54% la gazeificarea brichetelor din rumeguș 50% + coceni 50% și randamentul minim de 17.35% la gazeificarea lemnului de salcâm.

Pentru îmbunătățirea performanțelor de gazeificare ale cazanului s-a recurs la izolarea termică parțială a camerei primare de ardere cu cărămidă refractară. S-a observat că randamentul arderii a crescut de la 91 % la 96.6%, valorile coeficientului de exces de aer au fost mai mici cu aproximativ 40 %, randamentul energetic și randamentul exergetic au crescut de la 86.73% la 94.08%, respectiv de la 26.54% la 31.45%.

O altă metodă de îmbunătățire a performanțelor procesului de gazeificare a constat în reducerea excesului global de aer prin obturarea parțială a canalului de admisie a aerului total în cazan. Astfel s-a observat că în cazul arderii brichetelor din stof randamentul de ardere a scăzut de la 91% la 89%, coeficientul de exces de aer a scăzut de la 4.05 la 3.67, randamentul energetic a crescut de la 86.59% la 88.73%, iar randamentul exergetic a crescut de la 20.48% la 22.46%.

Capitolul 5 Simularea regimurilor de funcționare ale instalațiilor de gazeificare a biomasei

5.1 Gazeificarea reziduurilor agricole folosind un gazeificator cu strat fix descendent

În acest studiu au fost folosite pentru procesul de gazeificare brichete formate din diferite reziduuri agricole și lemn de salcâm. În figura următoare sunt prezentate caracteristicile biomasei utilizate.

Tabelul 5.1: Caracteristicile biomasei utilizate

Combustibilul	Lemn de salcâm	Brichete din stuf	Brichete din rumeguș	Brichete din rumeguș 50%+coceni 50%	Brichete din rumeguș 50%+paie 50%
Analiza elementală în stare anhidră [%]					
C	52.43	52.4	53.3	49.41	50.63
H	6.34	5.91	6.28	5.90	6.12
N	0.95	0.65	1.91	0.43	0.53
S	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0
O	35.73	33.55	35.75	40.73	38.08
A	4.44	7.85	2.77	3.54	4.64
Analiza tehnică în stare inițială [%]					
Carbon fix	20	29	24.85	22.60	20.30
Materii volatile	70.4	56.70	66.55	67.40	70.10
Cenușă	4.20	7.30	2.60	3.30	4.40
Umiditate	5.4	7	6	6.70	5.20

5.1.1 Influența coeficientului de exces de aer asupra compoziției gazelor de ardere

În urma simulărilor efectuate cu programul Gasify a fost obținută compoziția gazelor de ardere, presupunând că principalii componenți sunt CO, CO₂, H₂O, H₂, N₂, CH₄ și NH₃. În Figura 5.1 este prezentată variația compoziției gazelor de ardere în funcție de coeficientul de exces de aer în cazul gazeificării brichetelor din rumeguș.

Se observă că fracția molară a CH₄ este foarte scăzută. Aceasta crește cu creșterea coeficientului de exces de aer. Fracția molară a CO scade cu creșterea coeficientului de exces de aer. Fracția molară a CO scade de la 37% la 25 % cu creșterea coeficientului de exces de aer, în timp ce fracția molară a CO₂ crește de la 0.4% la 6%. Fracția molară a H₂ în gazul obținut scade cu creșterea coeficientului de exces de aer de la 27,1% la 19,5%. Așa cum era de așteptat, cantitatea de N₂ crește continuu cu creșterea coeficientului de exces de aer. Fracția molară a H₂O crește odată cu creșterea coeficientului de exces de aer, în timp ce fracția molară a NH₃ rămâne constantă.

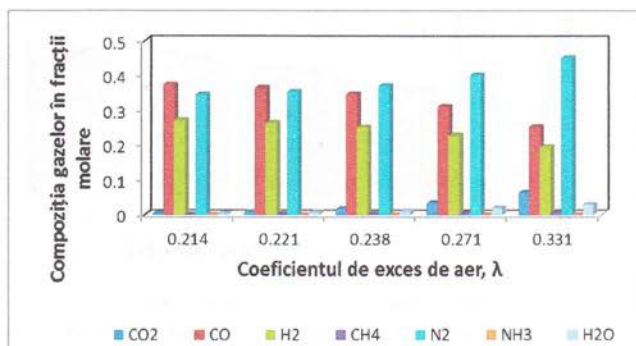


Figura 5.1: Variația compoziției gazelor de ardere cu coeficientul de exces de aer pentru brichetele de rumeguș

Puterea calorică inferioară a gazelor de ardere este în domeniul 5.48-7.69 [MJ/Nm³] (Figura 5.2) și scăderea acesteia este cauzată de creșterea fracției molare a N₂ și de scăderea fracțiilor molare ale elementelor combustibile din gazele de ardere.

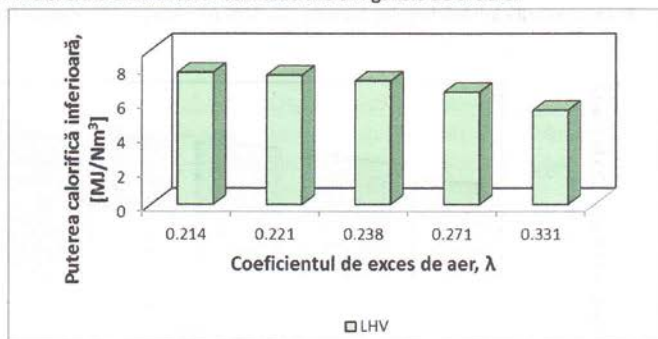


Figura 5.2: Variația puterii calorifice inferioare cu coeficientul de exces de aer pentru brichetele de rumeguș

5.1.2 Influența temperaturii de gazeificare asupra compoziției gazelor de ardere

Figura 5.12 prezintă variația fracției molare a H₂ în funcție de temperatura de gazeificare. Creșterea temperaturii cauzează o creștere a concentrației de H₂ din gazele de ardere. Cea mai mare valoare a concentrației de H₂ a fost obținută în cazul gazeificării brichetelor formate din 50% rumeguș și 50% paie, iar cea mai mică valoare a fost obținută prin gazeificarea brichetelor de rumeguș [141].

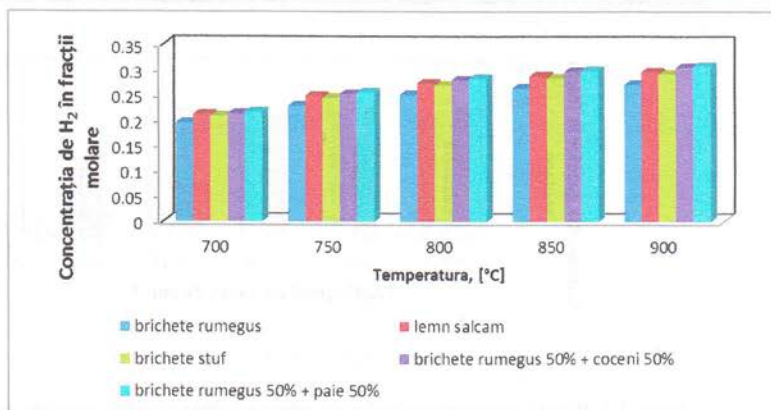


Figura 5.12: Variația concentrației de H₂ în funcție de temperatură

Figura 5.13 prezintă variația fracțiilor molare de CO cu temperatura de gazeificare. Creșterea temperaturii duce la creșterea conținutului de CO din gazul de sinteză obținut. Frația molară a CO variază de la aproximativ 25% la 40%. Concentrația de CO este maximă în cazul gazeificării brichetelor formate din 50% rumeguș și 50% coceni [141].

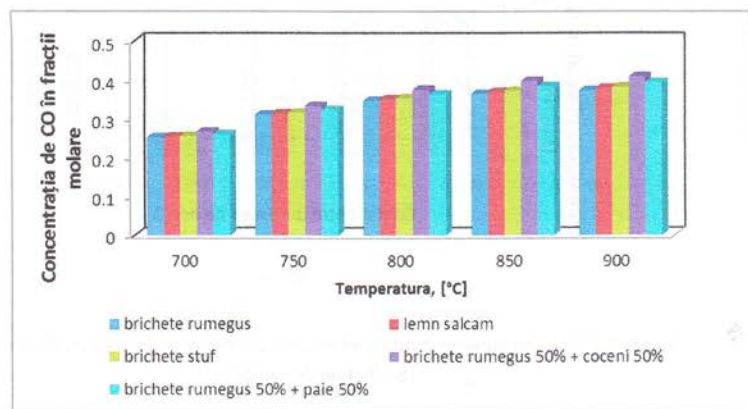


Figura 5.13: Variația concentrațiilor de CO în funcție de temperatură

Variația fracțiilor molare de CO₂ în funcție de temperatura de gazeificare este prezentată în Figura 5.14. Odată cu creșterea temperaturii, conținutul de CO₂ din gazul de sinteză scade. Concentrația cea mai mare de CO₂ s-a obținut pentru brichetele formate din

50% rumeguș și 50% coceni, fiind urmată de brichetele formate din 50% rumeguș și 50% paie, brichetele din stuf, lemn de salcâm și brichetele de rumeguș [142].

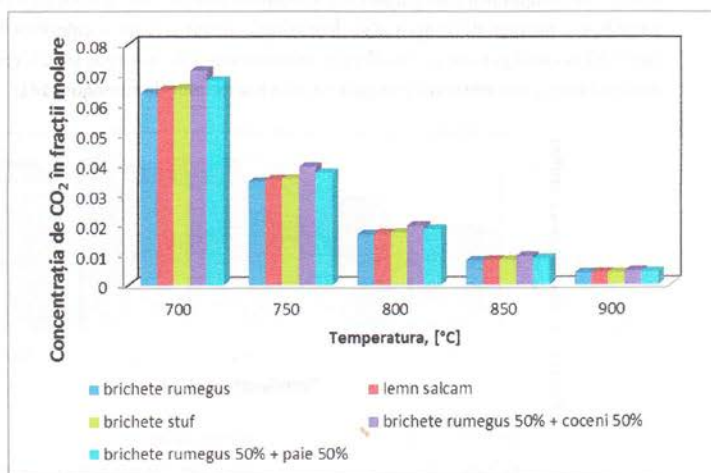


Figura 5.14: Variația concentrațiilor de CO₂ în funcție de temperatură

Variația fracțiilor molare de CH₄ în funcție de temperatura de gazeificare este prezentată în Figura 5.15. Se poate observa că fracția molară a CH₄ este foarte scăzută și aceasta scade odată cu creșterea temperaturii. Concentrația cea mai mare de CH₄ s-a obținut pentru brichetele formate din 50% rumeguș și 50% paie [141].

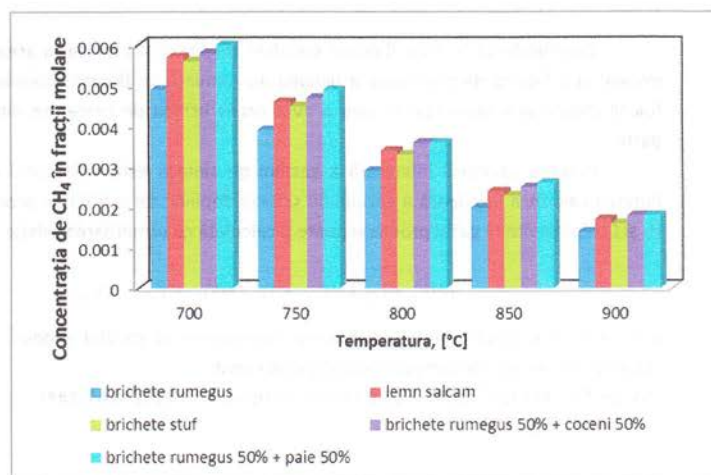


Figura 5.15: Variația concentrațiilor de CH₄ în funcție de temperatură

Figura 5.16 prezintă variația puterii calorifice inferioare a gazului de sinteză în funcție de temperatura de gazeificare. Creșterea temperaturii cauzează o creștere a puterii calorifice a gazelor de ardere. Cea mai mare valoare a puterii calorifice inferioare a fost obținută în cazul gazeificării brichetelor formate din 50% rumeguș și 50% coceni, iar cea mai mică valoare a fost obținută prin gazeificarea brichetelor de rumeguș [141].

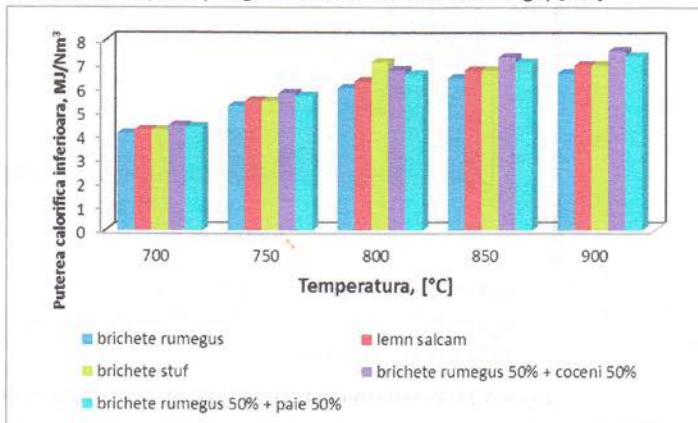


Figura 5.16: Variația puterii calorifice inferioare în funcție de temperatură

5.2 Gazeificarea reziduurilor agricole folosind un gazeificator cu strat fluidizat circulant

Gazeificatorul cu strat fluidizat circulant (Figura 5.17) folosit în această analiză este instalat la o fabrică de producere a uleiului din semințe de floarea soarelui din Galați. Am folosit datele experimentale la care a avut acces echipa de cercetare din care am făcut parte.

Puterea calorică inferioară a gazului de sinteză este indicatorul calității gazului. Puterea calorică inferioară a gazului de sinteză depinde de cantitățile procentuale ale CO, H₂ și CH₄ prezente în gazul produs și poate fi calculată cu următoarea relație:

$$LHV_g = Y_{CO}LHV_{CO} + Y_{H_2}LHV_{H_2} + Y_{CH_4}LHV_{CH_4} \quad (5.1)$$

în care Y este fracția molară a fiecărui component al gazului produs. Valorile puterii calorifice inferioare ale componentelor gazelor sunt:

$$LHV_{CO} = 13.1 \text{ MJ/Nm}^3, LHV_{H_2} = 11.2 \text{ MJ/Nm}^3, LHV_{CH_4} = 37.1 \text{ MJ/Nm}^3 \text{ [144].}$$

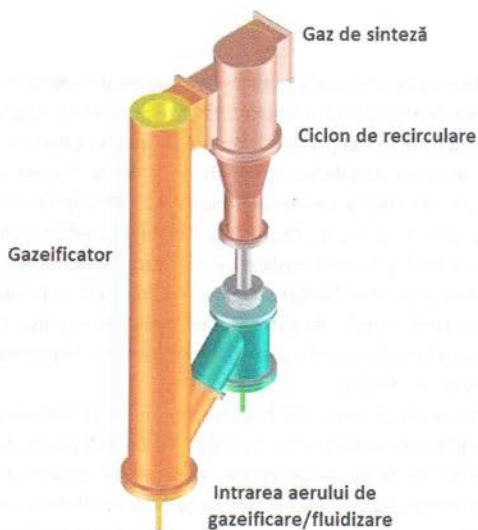


Figura 5.17: Schema unui gazeificator cu strat fluidizat [120]

Tabelul 5.7: Caracteristicile combustibilului

Combustibil	Coji de semințe de floarea soarelui
Analiza elementală (% combustibil în stare anhidră)	
C	49,11
H	5,9
N	0,70
O	40,57
A	3,71
Analiza tehnică (% combustibil în stare inițială)	
Carbon fix	17,00
Materii volatile	65,79
Cenușă	3,71
Umiditate	13,50

5.2.1 Influența coeficientului de exces de aer asupra compoziției gazelor de ardere în cazul gazeificării cu aer

În urma simulărilor efectuate cu programul Gasify a fost obținută compoziția gazelor de ardere. În Figura 5.18 și Figura 5.19 este prezentată influența coeficientului de exces de aer asupra compoziției gazelor de ardere și a puterii calorifice inferioare a gazului de sinteză obținut în urma gazeificării cojilor de semințe de floarea soarelui folosind ca agent de gazeificare aer aflat la presiunea atmosferică. Principalii componenți ai gazului de sinteză sunt CO, CO₂, H₂O, H₂, N₂, CH₄ și NH₃. Creșterea coeficientului de exces de aer cauzează o creștere liniară a fracției molare de N₂ datorită cantității mai mari de aer alimentat în gazeificatorul cu strat fluidizat. Fracția molară a CH₄ este foarte mică și aceasta crește cu creșterea coeficientului de exces de aer. Valoarea cea mai mare a concentrației de CH₄ a fost obținută pentru gazeificarea cojilor de semințe de floarea soarelui pentru un coeficient de exces de aer $\lambda=0.23$.

Se poate observa că odată cu creșterea coeficientului de exces de aer conținutul de CO₂ din gazul de sinteză obținut crește. Pe de altă parte, fracția molară a CO scade când coeficientul de exces de aer crește. Valoarea cea mai mare a concentrației de CO a fost obținută pentru gazeificarea cojilor de semințe de floarea soarelui pentru un coeficient de exces de aer $\lambda=0.09$. Valoarea cea mai mare a concentrație de H₂ din gazul de sinteză a fost obținut în urma gazeificării cojilor de semințe de floarea soarelui pentru un coeficient de exces de aer $\lambda=0.09$, iar valoarea minimă pentru $\lambda=0.23$. Fracțiile molare ale CO și H₂ au o contribuție importantă în calcularea puterii calorifice a gazului de sinteză.

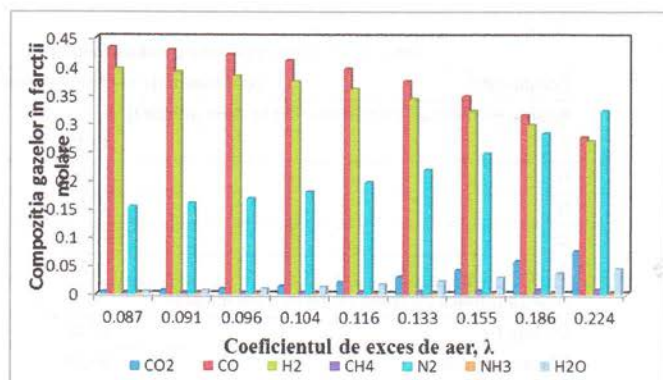


Figura 5.18: Variația compoziției gazelor de ardere cu coeficientul de exces de aer pentru gazeificarea cu aer a cojilor de semințe de floarea soarelui

Calitatea gazului de sinteză este dată de puterea calorifică inferioară a acestuia. În Figura 5.19 este prezentată variația puterii calorifice inferioare în funcție de coeficientul de

exces de aer. Valoarea puterii calorifice inferioare scade cu creșterea coeficientului de exces de aer. Puterea calorifică inferioară a gazului produs variază între 6.7 MJ/Nm³ și 9.8 MJ/Nm³. Valoarea puterii calorifice inferioare este mare pentru coeficienți mici de exces de aer datorită concentrațiilor mari de H₂ și CO [145].

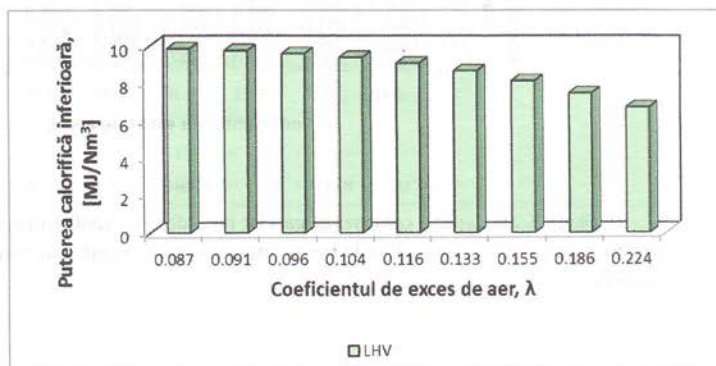


Figura 5.19: Variația puterii calorifice inferioare cu coeficientul de exces de aer pentru gazeificarea cu aer a cojilor de semințe de floarea soarelui

5.2.2 Influența coeficientului de exces de aer asupra compoziției gazelor de ardere în cazul gazeificării cu aer și abur

Cel mai important aspect din Figura 5.21 este faptul că valoarea fracției molare a H₂ atinge valoarea maximă la un coeficient de exces de aer $\lambda = 0.24$, după acest vârf conținutul de hidrogen din gazul de sinteză scăzând în mod continuu. Așa cum se observă în Figura 5.21, conținutul de H₂ a fost mai mare decât conținutul de CO sub temperatura de 785°C și conținutul de CO depășește conținutul de H₂ când temperatura a fost mai mare de 785°C. Astfel rezultă că puterea calorifică inferioară mai întâi scade și apoi crește, așa cum este prezentat în Figura 5.22. Valoarea minimă a puterii calorifice inferioare a gazului produs, LHV=5.32 MJ/Nm³ a fost obținută la o temperatura de 750°C.

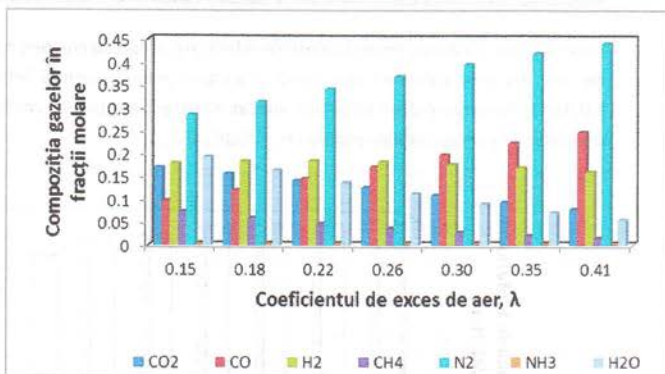


Figura 5.21: Variația compoziției gazelor de ardere cu coeficientul de exces de aer pentru gazeificarea cu aer și abur la temperatura de 250°C a cojilor de semințe de floarea soarelui

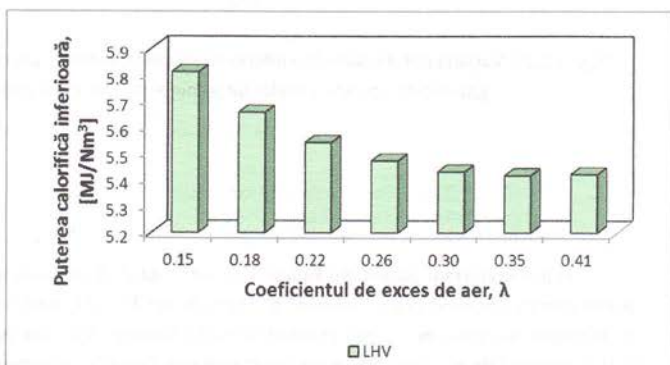


Figura 5.22: Variația puterii calorifice inferioare cu coeficientul de exces de aer pentru gazeificarea cu aer și abur la temperatura de 250°C a cojilor de semințe de floarea soarelui

5.2.3 Influența temperaturii de gazeificare asupra compoziției gazelor de ardere în cazul gazeificării cu aer și abur

Figura 5.33 prezintă variația fracției molare a H₂ în funcție de temperatura de gazeificare. Frația molară a H₂ crește liniar până la temperatura de 750°C, iar după această temperatură conținutul de H₂ scade foarte mult. Cel mai mare conținut de H₂ din gazul de sinteză a fost obținut în cazul gazeificării cu aer și cu abur la temperatura de 250°C.

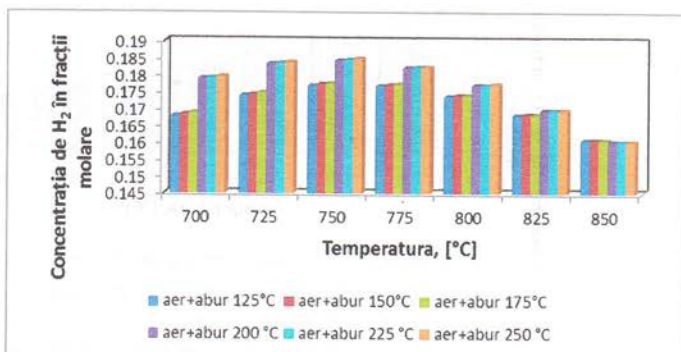


Figura 5.33: Variația concentrației de H₂ în funcție de temperatură pentru gazeificarea cu aer și abur

Figura 5.34 arată variația fracțiilor molare a CO cu temperatura. Conținutul de CO crește cu creșterea temperaturii de gazeificare. CO este un component dorit în compoziția gazului de sinteză, acesta determinând calitatea gazului de sinteză produs.

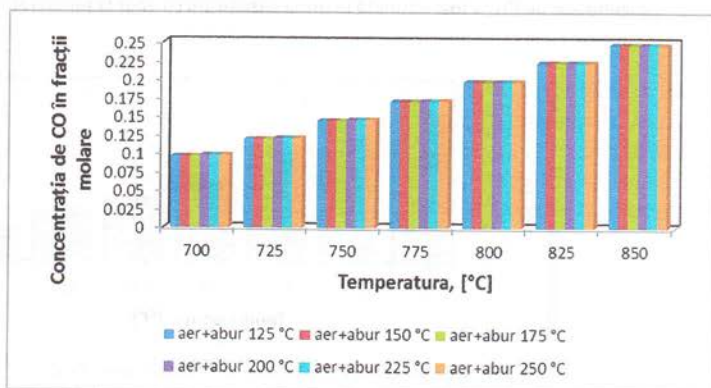


Figura 5.34: Variația concentrației de CO în funcție de temperatură pentru gazeificarea cu aer și abur

În Figura 5.35 este prezentată variația fracției molare de CO₂ în funcție de temperatura de gazeificare. Se observă ca fracția molară de CO₂ scade cu creșterea temperaturii de gazeificare. Valorile cele mai mari ale conținutului de CO₂ din gazul de sinteză au fost obținute pentru gazeificarea cu abur aflat la temperatura de 250°C. După temperatura de gazeificare de 800°C, valorile fracției molare de CO₂ sunt aproximativ egale pentru toate tipurile de gazeificare cu abur considerate.

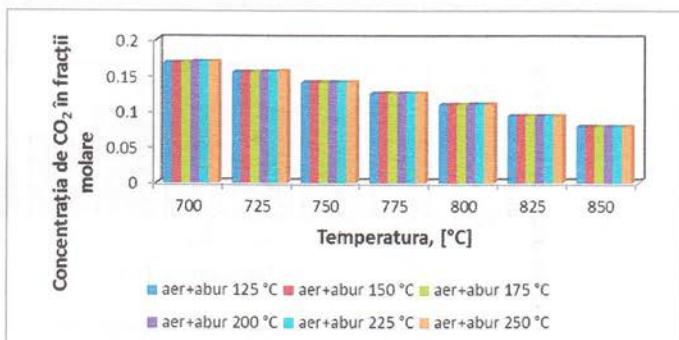


Figura 5.35: Variația concentrației de CO₂ în funcție de temperatură pentru gazeificarea cu aer și abur

Figura 5.36 prezintă variația fracției molare a CH₄ în funcție de temperatura de gazeificare. CH₄ este un component dorit în compoziția gazului de sinteză, acesta determinând calitatea gazului de sinteză produs. Se poate observa că cea mai mare concentrație de CH₄ a fost obținută în urma gazeificării cu abur la temperatura de 250°C.

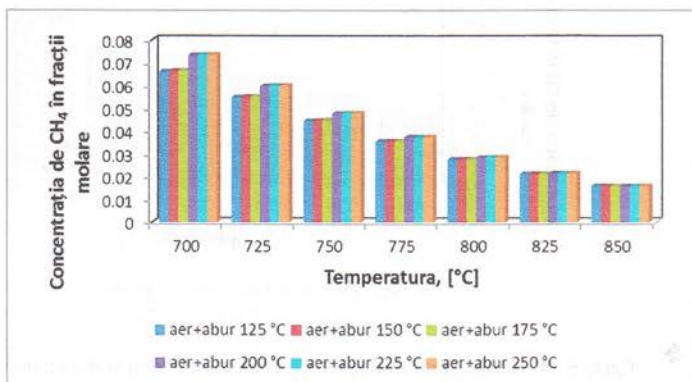


Figura 5.36: Variația concentrației de CH₄ în funcție de temperatură pentru gazeificarea cu aer și abur

Calitatea gazului de sinteză produs este un criteriu esențial în alegerea metodei de gazeificare. Calitatea gazului de sinteză este dată de puterea calorifică a gazului. Puterea calorifică inferioară scade cu creșterea temperaturii de gazeificare. Pentru toate cazurile studiate se observă că cea mai bună metodă de gazeificare a cojilor de semințe de floarea soarelui este cea cu abur aflat la temperatura de 250°C.

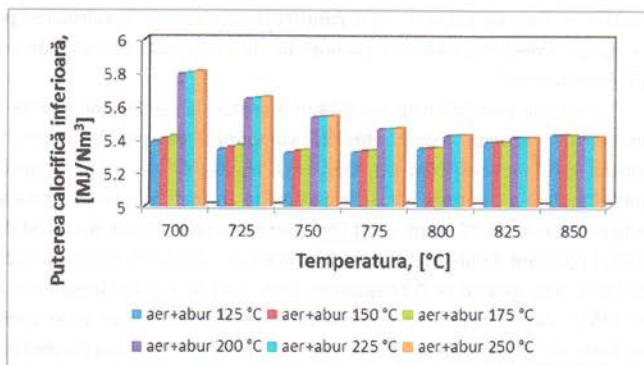


Figura 5.37: Variația puterii calorifice inferioare în funcție de temperatură pentru gazeificarea cu aer și abur

5.3 Concluzii

În urma simulărilor efectuate cu programul Gasify, în cazul gazeificării brichetelor formate din reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent, a fost obținută compoziția gazelor de ardere, presupunând că principalii componenți sunt CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 , CH_4 și NH_3 . S-a observat că fracția molară a CH_4 este foarte scăzută. Aceasta crește cu creșterea coeficientului de exces de aer. Frațiile molare ale H_2 și ale CO scad cu creșterea coeficientului de exces de aer, în timp ce fracțiile molare ale CO_2 cresc. Cantitatea de N_2 crește continuu cu creșterea coeficientului de exces de aer. S-a înregistrat o putere calorifică a gazelor de ardere în domeniul 4.09-7.34 MJ/Nm^3 .

În gazeificatoarele cu strat fluidizat, particulele de biomasă sunt supuse proceselor de uscare, piroliză și gazeificare într-un amestec fluidizat fierbinte format din materialul stratului inert și aer. Reactoarele cu strat fluidizat au un strat izotermic și funcționează de obicei la temperaturi în jur de 700-900°C, mai mici decât temperaturile maxime de operare ale gazeificatoarelor cu strat fix.

Puterea calorifică inferioară a gazului de sinteză este indicatorul calității gazului. Puterea calorifică inferioară a gazului de sinteză depinde de cantitățile procentuale ale CO , H_2 și CH_4 prezente în gazul produs.

În cazul gazeificării cu aer a cojilor de semințe de floarea soarelui, în urma simulărilor efectuate a fost obținută compoziția gazelor de ardere, presupunând că principalii componenți sunt CO , CO_2 , H_2O , H_2 , N_2 , CH_4 și NH_3 . S-a observat că fracția molară a CH_4 este foarte scăzută. Aceasta crește cu creșterea coeficientului de exces de aer. Frațiile molare ale H_2 și ale CO scad cu creșterea coeficientului de exces de aer, în timp ce fracțiile molare

ale CO₂ cresc. Cantitatea de N₂ crește continuu cu creșterea coeficientului de exces de aer. Frațiile molare ale CO și H₂ au o contribuție importantă în calcularea puterii calorifice a gazului de sinteză. S-a obținut o putere calorifică inferioară a gazelor de ardere în domeniul 6.72-9.60 MJ/Nm³.

În cazul gazeificării cu aer și abur a cojilor de semințe de floarea soarelui, în urma simulărilor efectuate a fost obținută compoziția gazelor de ardere, presupunând că principalii componenți sunt CO, CO₂, H₂O, H₂, N₂, CH₄ și NH₃. S-a observat că valoarea fracției molare a H₂ atinge valoarea maximă la un coeficient de exces de aer $\lambda = 0.24$ sau la temperatura de 750°C, după acest vârf conținutul de hidrogen din gazul de sinteză scăzând în mod continuu. Conținutul de H₂ a fost mai mare decât conținutul de CO sub temperatura de 785°C și conținutul de CO depășește conținutul de H₂ când temperatura a fost mai mare de 785°C. Astfel rezultă ca puterea calorifică inferioară mai întâi scade și apoi crește. Coeficientul de exces de aer a variat între 0.19 și 0.40. Puterea calorifică inferioară scade cu creșterea temperaturii de gazeificare. Pentru toate cazurile studiate se observă că cea mai bună metodă de gazeificare a cojilor de semințe de floarea soarelui este cea cu abur aflat la temperatura de 250°C.

Simularea procesului de gazeificare cu ajutorul programului GASIFY a permis analizarea diferitelor metode de gazeificare a cojilor de semințe de floarea soarelui și determinarea calității gazului de sinteză produs. În urma gazeificării cu aer și abur s-au obținut valori ale puterii calorifice inferioare mult mai mici decât în cazul gazeificării cu aer.

Capitolul 6 Concluzii generale și contribuții personale

Biomasa, utilizată în scopuri energetice, este disponibilă în forme diferite. Toate aceste forme ale biomasei pot fi arse. Astfel, se produce căldură sau energie electrică, dar este posibil să se obțină simultan atât căldură cât și energie electrică prin echipamente de cogenerare.

Gazeificarea reprezintă o secvență de sub-procese de uscare, piroliză, oxidare și gazeificare a manganului. Gazeificarea este însoțită de reacții chimice care se petrec la temperatură înaltă în prezența unui agent de gazeificare. În general, agentul de gazeificare poate fi aer, oxigen sau abur. Principalul produs al gazeificării este un amestec de gaze cu principalii componenți H_2 , CO , CO_2 , H_2O , CH_4 și N_2 . Gazeificarea transformă biomasa într-un combustibil gazos cu putere calorică medie care poate fi folosit pentru a genera căldură și energie electrică prin ardere directă în motoare, turbine sau cazane.

Această lucrare are ca scop studierea regimurilor de funcționare a instalațiilor de utilizare energetică a biomasei și determinarea calității gazului de sinteză rezultat în urma gazeificării brichetelor formate din diferite reziduuri agricole într-un gazeificator cu start fix descendent și a cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat circulat.

Teza este structurată pe șase capitole fiecare dintre ele tratând distinct probleme actuale ale proceselor de utilizare a biomasei în scopuri energetice. Primele două capitole se ocupă de partea teoretică și de stadiul actual al utilizării biomasei în scopuri energetice. Capitolul 3 cuprinde analizele energetice și exergetice ale unei instalații cu abur bazată pe arderea biomasei pentru producerea de energie. Pentru determinarea tuturor parametrilor ciclului cu abur am utilizat programul CyclePad. Cu ajutorul acestui program am construit ciclul cu abur și am calculat parametrii agentului de lucru în toate punctele ciclului. S-a obținut un randament al ciclului cu abur de 48.01%. Au fost descrise metodele de îmbunătățire ale ciclului cu abur folosit. Supraîncălzirea aburului care iese din supraîncălzitor, cât și supraîncălzirea intermediară a unei părți din aburul care iese din turbina de înaltă presiune au dus la creșterea eficienței ciclului Pentru calcularea randamentelor energetice și exergetice am realizat un program în mediul de programare Matlab.

În capitolul 4 au fost studiate regimurile de funcționare a gazeificatorului cu strat fix descendent care utilizează brichete formate din diferite reziduuri agricole. Randamentul arderii a scăzut în timp în cazul gazeificării tuturor combustibililor analizați. Datorită reducerii masei combustibile în timp, coeficientul de exces de aer a avut o creștere semnificativă. S-a înregistrat o temperatură de gazeificare maximă de 850 °C în camera primară și de 620°C în camera secundară de ardere. Randamentul energetic maxim obținut a fost de 88.25% pentru brichetele din rumeguș și randamentul minim de 86.59 pentru brichetele din stof. Randamentul exergetic maxim obținut a fost de 26.54% în cazul

gazeificării brichetelor din rumeguș 50% + coceni 50% și randamentul minim de 17.35% în cazul gazeificării lemnului de salcâm.

Pentru îmbunătățirea performanțelor de gazeificare ale cazanului s-a recurs la izolarea termică parțială a camerei primare de ardere cu cărămidă refractară. S-a observat că randamentul arderii a crescut de la 91 % la 96.6%, valorile coeficientului de exces de aer au fost mai mici cu aproximativ 40 %, randamentul energetic și randamentul exergetic au crescut de la 86.73% la 94.08%, respectiv de la 26.54% la 31.45%.

O altă metodă de îmbunătățire a performanțelor procesului de gazeificare a constat în reducerea excesului global de aer prin obturarea parțială a canalului de admisie a aerului total în cazan. În cazul gazeificării brichetelor din stuf, randamentul de ardere a scăzut de la 91% la 89%, coeficientul de exces de aer a scăzut de la 4.05 la 3.67, randamentul energetic a crescut de la 86.59% la 88.73%, iar randamentul exergetic a crescut de la 20.48% la 22.46%.

În capitolul 5 a fost analizată influența coeficientului de exces de aer și a temperaturii de gazeificare asupra gazului de sinteză produs în urma gazeificării brichetelor formate din diferite reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent și a gazeificării cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat circulant.

În urma simulărilor efectuate cu programul Gasify a fost obținută compoziția gazelor de ardere rezultate în urma gazeificării brichetelor formate din reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent, presupunând că principalii componenți sunt CO, CO₂, H₂O, H₂, N₂, CH₄ și NH₃. S-a observat că fracțiile molare ale CH₄, CO₂ și N₂ cresc cu creșterea coeficientului de exces de aer, în timp ce fracțiile molare ale H₂ și ale CO scad. S-a înregistrat o putere calorifică a gazelor de ardere în domeniul 4.09-7.34 MJ/Nm³.

Puterea calorifică inferioară a gazului de sinteză este indicatorul calității gazului. Puterea calorifică inferioară a gazului de sinteză depinde de cantitățile procentuale ale CO, H₂ și CH₄ prezente în gazul produs. Calitatea gazului de sinteză a fost maximă pentru coeficienți de exces de aer scăzuți și temperaturi ridicate. Valorile optime ale coeficientului de exces de aer au fost cuprinse în domeniul 0.165-0.214. Temperatura optimă de gazeificare este de 900°C.

În urma simulărilor efectuate cu programul Gasify, în cazul gazeificării cu aer a cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat circulant, s-a observat că fracțiile molare ale CH₄, CO₂ și N₂ cresc cu creșterea coeficientului de exces de aer, iar fracțiile molare ale CO și H₂ scad. Calitatea gazului de sinteză este maximă pentru valori mici ale coeficienților de exces de aer și temperaturi ridicate.

În cazul gazeificării cu aer și abur a cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat circulant, s-a observat că fracția molară a H₂ crește, atingând valoarea maximă la un coeficient de exces de aer $\lambda = 0.24$ sau la temperatura de 750°C, iar apoi scade în mod continuu. Conținutul de H₂ a fost mai mare decât conținutul de CO sub temperatura de 785°C și conținutul de CO depășește conținutul de H₂ când temperatura a fost mai mare de 785°C. Astfel rezultă ca puterea calorifică inferioară mai întâi scade și apoi crește. Pentru toate cazurile studiate se observă că cea mai bună metodă de gazeificare a cojilor de semințe de floarea soarelui este cea cu abur aflat la temperatura de 250°C.

Simularea procesului de gazeificare cu ajutorul programului GASIFY a permis analizarea diferitelor metode de gazeificare a coșilor de semințe de floarea soarelui și determinarea calității gazului de sinteză produs. În urma gazeificării cu aer și abur s-au obținut valori ale puterii calorifice inferioare mult mai mici decât în cazul gazeificării cu aer.

Contribuții personale

În urma cercetărilor efectuate privind utilizarea energetică a biomasei, care face obiectul prezentei teze de doctorat, au rezultat următoarele contribuții științifice personale:

- Definirea noțiunilor legate de proprietățile termice ale biomasei care sunt necesare pentru studierea oricărei instalații de utilizare energetică a biomasei. Astfel, au fost prezentate conținutul de umiditate, conținutul de cenușă, conținutul de substanțe volatile, compoziția elementală, puterea calorifică și densitatea brută.
- Realizarea unei analize a stadiului actual al utilizării biomasei pentru producerea energiei termice și electrice. Au fost prezentate diferite tipuri de instalații de utilizare energetică a biomasei și s-a insistat, în mod deosebit, pe gazeificatoarele cu strat fix descendent și pe gazeificatoarele cu strat fluidizat. A fost efectuată o comparație între gazeificatoarele cu strat fix și cele cu strat fluidizat;
- Elaborarea programului de calcul în mediul de programare Matlab pentru calcularea randamentelor energetice și exergetice ale unei instalații de utilizare energetică a biomasei ;
- Analizarea ciclului cu abur cu supraîncălzire intermediară regenerativă cu ajutorul programului CyclePad și determinarea randamentului ciclului;
- Studiarea metodelor de îmbunătățire a eficienței ciclului cu abur;
- Studiarea parametrilor unui gazeificator cu strat fix descendent;
- Analizarea regimurilor de funcționare a unui gazeificator cu strat fix descendent ce utilizează brichete formate din diferite reziduuri agricole;
- Stabilirea metodelor de îmbunătățire ale performanțelor procesului de gazeificare în strat fix descendent: izolarea termică parțială a camerei primare de ardere și reducerea excesului global de aer;
- Simularea gazeificării brichetelor formate din diferite reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent cu ajutorul programului Gasify;
- Studiarea influenței coeficientului de exces de aer și a temperaturii de gazeificare asupra compoziției gazelor de ardere rezultate în urma arderii diferitelor brichete formate din reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent;
- Determinarea calității gazului de sinteză produs în urma gazeificării brichetelor din reziduuri agricole într-un gazeificator cu strat fix descendent
- Simularea arderii coșilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat cu ajutorul programului Gasify ;

- Studierea influenței coeficientului de exces de aer și a temperaturii de gazeificare asupra compoziției gazelor de ardere rezultate în urma arderii cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat;
- Determinarea calității gazului de sinteză produs în urma gazeificării cojilor de semințe de floarea soarelui într-un gazeificator cu strat fluidizat;
- Determinarea valorilor optime ale coeficientului de exces de aer și ale temperaturii de gazeificare pentru toate metodele de gazeificare studiate.

Bibliografie

1. **Krisztina Uzuneanu, Tănase Panait, Spiru Paraschiv.** Aspecte termo – economice in folosirea combustibililor din surse energetice regenerabile pentru alimentarea motoarelor cu ardere interna. *Buletinul Institutului Politehnic din Iași.* 2008, pg. 427-437.
2. **Tănase Panait, Krisztina Uzuneanu, Marcel Drăgan, Gheorghe Ciocca, Ioana Panait.** Analyse éxergoéconomique des installations de trigénération. *Travaux du Colloque Franco-Roumain COFRET 2008.* June 11-13 2008, pg. 13-18.
6. **European Commission, EUR 21350.** *Biomass, Green energy for Europe.* Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg : 2005.
7. **Ion V. Ion, Ion Dana-Ioana.** Energie din biomasă. *Revista Tehnica Instalațiilor.* Anul VI. 7(38), 2006, pg. 14-30.
12. **D.O. Hall, F. Rosillo-Calle, R.H. Williams, J. Woods,** *Biomass for Energy: Supply Prospects.* Washington DC : 1993.
13. BP Statistical Review of World Energy June 2012, bp.com/statisticalreview.
28. **Basu, Prabir.** *Biomass Gasification and Pyrolysis. Practical Design and Theory.* s.l. : Academic Press, 2010.
29. **Hong Jiang, Xifeng Zhu, Qingxiang Guo, and Qingshi Zhu.** Gasification of Rice Husk in a Fluidized-Bed Gasifier without Inert Additives. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2003, Vol. 42, pg. 5745-5750.
30. **Thomas Reed, Ray Desrosiers.** The Equivalence Ratio: The Key To Understanding Pyrolysis, Combustion And Gasification of Fuels.
39. **Sjaak van Loo, Jaap Koppejan.** *The handbook of biomass combustion and co-firing.* s.l. : Earthscan, 2008.
47. **Bridgwater, A. V.** *Catalysis in thermal biomass conversion.* s.l. : Applied Catalysis A: General 116, 1994a. pg. 5 - 47.
- [48]. **Yildiz Kalinci, Arif Hepbasli, Ibrahim Dincer.** Biomass-based hydrogen production: A review and analysis. *International Journal of Hydrogen Energy.* 2009, Vol. 34, pg. 8799-8817.
55. **Christopher Higman, Maarten van der Burgt.** *Gasification.* Gulf Professional Publishing. 2003.
56. **McKendry, Peter.** Energy production from biomass (part 3): gasification technologies. *Bioresource Technology.* 2002, Vol. 83, pg. 55-63.
66. **Peter Quaak, Harrie Knoef, Hubert Stassen.** Energy from biomass: a review of combustion and gasification technologies. s.l. : World Bank technical paper no 422. Energy series, 1999.
70. **Juniper.** *Pyrolysis & Gasification of Wastes.* Worldwide Technology & Business Review. Juniper Consultancy Services Ltd. 2000.

54. **De Feo, G.,Belgiorno, V., Napoli, R.M.A., Papale, U.** *Solid Wastes Gasification*. s.l.: SIDISA International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering, 2000.
107. **PANAIT, Tănase.** Exergoeconomia sistemelor termoenergetice. *Editura Fundației Universitare "Dunărea de Jos"*. 2003.
110. **Prachuab PEERAPONG, Bundit LIMMEECHOKCHAI.** Exergetic and Thermoeconomic Analyses of the Rice-Husk Power Plant in Thailand. *Journal of Metals, Materials and Minerals*. 2009, Vol. 19, 2, pg. 9-14.
112. *Energy and exergy based comparison of coal-fired and nuclear steam power plants.* **A.Rosen, Marc.** 2001, Exergy, an International Journal, pg. 180-192.
113. **M. V. J. J. Suresh, K. S. Reddy, Ajit Kumar Kolar.** 3-E analysis of advanced power plants based on high ash coal. *International Journal of Energy Research*. 2010, Vol. 34, pg. 716-735.
114. **V. Siva Reddy, S.C. Kaushik, S.K. Tyagi.** Exergetic analysis of solar concentrator aided natural gas fired combined cycle power plant. *Renewable Energy*. 2012, Vol. 39, pg. 114-125.
115. **Ahmet Cihann, Oktay Hacihafizoglu, Kamil Kahveci.** Energy–exergy analysis and modernization suggestions for a combined-cycle power plant. *Interantional Journal of Energy Research*. 2006, Vol. 30, pg. 115-226.
116. **A. Abuadala, I. Dincer, G.F. Naterer.** Exergy analysis of hydrogen production from biomass gasification. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2010, Vol. 35, pg. 4981-4990.
103. **Kotas, T.J.** *The exergy method of thermal plant analysis*. Malabar, Florida : s.n., 1995.
117. **S.C. Kaushik, V. Siva Reddy, S.K. Tyagi.** Energy and exergy analyses of thermal power plants: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011, Vol. 15, pg. 1857-1872.
120. **Stratulat, Elena.** Gazeificarea biomasei în scopul recuperării energetice și protecției mediului. *Teză de doctorat. Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați*. 2011
123. **Ciocea, Gheorghe.** Contribuții la optimizarea parametrilor proceselor de ardere a biomasei. *Teză de doctorat. Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați*. 2010.
141. **Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, Raluca-Cristina BUȚURCĂ.** The syngas composition produced by gasification of agricultural residues briquettes. *THE ANNALS OF "DUNAREA DE JOS" UNIVERSITY OF GALATI.FASCICLE IX. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE, NO. 1 – 2012, ISSN 1453 – 083X*. pg. 47-53.
142. **TASMA Daniela, BUȚURCĂ Raluca Cristina.** Influența temperaturii de operare a gazeificatorului cu strat fix descendent asupra compoziției gazelor de ardere. *Sesiunea Națională de Comunicări Științifice Studentești "Anghel Saligny" – Galați, 18-21 Mai 2012*.
144. **Reed, T.B., Das, A.** Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems. *SERI/SP-271-3022 DE88001135. US Department of Energy, Solar Energy Research Institute*. 1988.

145. **Daniela Tasma, Tănase Panait.** The quality of syngas produced by fluidized bed gasification using sunflower husk. The Annals of "Dunărea de Jos" University of Galați, Fascicle V – Volume I, Technologies in Machine Building, 2012, Galați, România, ISSN 1221-4566 . pg. 33-36.

Lista lucrărilor publicate

➤ **Lucrări publicate în volumele unor conferințe indexate ISI**

1. **Daniela TASMA**, Tănase PANAIT, Jorge MARTINS, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, "Experimental study of a down-draught fixed bed gasifier", „Recent Researches in Energy, Environment and Sustainable Development”, Proceedings of the 6thE International Conference on Renewable Energy Sources (RES '12), July 1-3, 2012, Porto, Portugal, ISSN: 2227-4359, ISBN: 978-1-61804-105-0, pag. 58-63, <http://www.wseas.us/conferences/2012/porto/res/>
2. Cătălin MOCANU, Krisztina UZUNEANU, Joaquim Carlos FREITAS, Jorge MARTINS, **Daniela TASMA**, Modeling a Solar Energy System for Required Heat and Electricity of a House, RECENT RESEARCHES in AUTOMATIC CONTROL and ELECTRONICS, Proceedings of the 14th International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation (ACMOS '12), Saint Malo & Mont Saint-Michel, France, 2-4 April, 2012, ISBN: 978-1-61804-080-0, pag.153-158, <http://www.wseas.us/conferences/2012/france/acmos/>
3. **Daniela TASMA**, Krisztina UZUNEANU, Tănase PANAIT, „The effect of excess air ratio on syngas produced by gasification of agricultural residues briquettes”, Advances in Fluid Mechanics & Heat & Mass Transfer; 10th International Conference on Heat transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE '12), Istanbul, Turkey, August 21 -23, 2012, ISSN 2227-4596, ISBN 978-1-61804-114-2, pp. 203-208, <http://www.wseas.org/wseas/cms.action?id=898>
4. Cătălin Mocanu, Krisztina Uzuneanu, Tănase Panait, **Daniela TASMA**, "Analysis by numerical simulation from an energetic unfamiliar house", Advances in Fluid Mechanics & Heat & Mass Transfer; 10th International Conference on Heat transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE '12), Istanbul, Turkey, August 21 -23, 2012, ISSN 2227-4596, ISBN 978-1-61804-114-2, pp. 232-237, <http://www.wseas.org/wseas/cms.action?id=898>

➤ **Lucrări publicate în reviste indexate în baze de date internaționale (BDI)**

5. **Daniela TASMA**, Jorge MARTINS, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, "Environmental impact of biofuels utilization", REVISTA TERMOTEHNICA/ Thermal Engineering Thermotechnique (B+), Editura AGIR, Anul XV, Supliment 2S/2011, ISSN-L 1222-4057, BDI: INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, ISSN (online) 2247-1871, http://www.revistatermotehnica.agir.ro/supliment_2_2011.php
6. Alexandrina TEODORU, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, **Daniela TASMA**, Cătălin MOCANU, "About orientation of solar collector", REVISTA TERMOTEHNICA/ Thermal Engineering Thermotechnique (B+), Editura AGIR, Anul XV, Supliment 2S/2011, ISSN-L 1222-4057, BDI: INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, ISSN (online) 2247-1871, http://www.revistatermotehnica.agir.ro/supliment_2_2011.php
7. **Daniela TASMA**, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, Raluca-Cristina BUȚURCĂ, „THE SYNGAS COMPOSITION PRODUCED BY GASIFICATION OF AGRICULTURAL RESIDUES BRIQUETTES”, THE ANNALS OF "DUNAREA DE JOS" UNIVERSITY OF GALATI.

FASCICLE IX. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE, NO. 1 – 2012, ISSN 1453 – 083X, pag. 47-53, <http://www.fmet.ugal.ro/Anale.htm>

8. Alexandrina TEODORU, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, **Daniela TASMA**, Cătălin MOCANU - SETTING THE OPTIMUM ANGLE OF SOLAR COLLECTORS SETTLEMENT, THE ANNALS OF "DUNAREA DE JOS" UNIVERSITY OF GALATI. FASCICLE IX. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE, NO. 1 – 2012, ISSN 1453 – 083X, pag. 5-14, pag. 47-53, <http://www.fmet.ugal.ro/Anale.htm>
9. **Daniela TASMA**, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, „Influence of excess air ratio on biomass gasification”, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, publicat de Universitatea Tehnica "Gheorghe Asachi" din Iasi, Tomul LVIII (LXII), FAsc.3, 2012, Sectia Constructiilor de Masini, ISSN 1011-2855, pag. 277-284, http://www.cm.tuiasi.ro/Buletin/sectia_cm/html/ro/index_cm.htm
10. **Daniela TASMA**, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, "Energetic evaluation of agricultural residues gasification", Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, publicat de Universitatea Tehnica "Gheorghe Asachi" din Iasi, Tomul LVIII (LXII), FAsc.3, 2012, Sectia Constructiilor de Masini, ISSN 1011-2855, pag. 285-294, http://www.cm.tuiasi.ro/Buletin/sectia_cm/html/ro/index_cm.htm
11. C. B. MOCANU, K. UZUNEANU, J. C. FREITAS, J. MARTINS, **D. TASMA**, „Modeling a Thermo - Electrical Concentrating Solar System for Heat and Electricity of a House”, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY, Issue 3, Vol. 6, 2012, pag 97-104, <http://www.naun.org>
12. **Daniela TASMA**, Tănase PANAIT , „An experimental study of sunflower husks gasification in a fluidised bed”, Constanta Maritime University Annals, Volumul 17, 2012, Constanta, România, ISSN 1582-3601, 4 pagini, <http://www.cmu-edu.eu/anale/revistaonline.html>
13. **Daniela Tasma**, Tănase Panait, „The quality of syngas produced by fluidized bed gasification using sunflower husk”, The Annals of "Dunărea de Jos" University of Galați, Fascicle V – Volume I, Technologies in Machine Building, 2012, Galați, România, ISSN 1221-4566, pag 33-36, <http://www.cmrs.ugal.ro/TMB/2012.htm>

➤ **Articole publicate în buletine ale conferințelor internaționale**

14. **Tasma Daniela**, Panait Tănase, Teodoru Alexandrina, Rolea G. Georgiana, "Thermodynamics analyses of biomass gasification", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering, 14-15 aprilie 2011, Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacau, Romania, ISSN 2069 – 9905, ISSN-L 2069 – 9905, pag.232-237, http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_cover-contents.pdf
15. **TASMA DANIELA**, PANAIT TĂNASE, TEODORU ALEXANDRINA, ROLEA G. GEORGIANA, Energetic and exergetic efficiency of biomass gasification processes, Proceedings of the International Conference "ENVIRONMENTAL CAPACITY BUILDING", Romanian Academy Library, 11th-13th November 2011, ISBN 978-606-8035-37-6, Bucharest, Romania, 6 pagini, <http://www.jepe-journal.info/bena>
16. Rolea G. Georgiana, Popescu Florin, Ion Ion, **Tasma Daniela**, "Syngas composition produced from agricultural residue", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering, Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacau, Romania, ISSN 2069 – 9905,

ISSN-L 2069 – 9905, pag. 225-231, 14-15 aprilie 2011,
http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_cover-contents.pdf

17. Mocanu Catalin Bogdan, Panait Tanase, Teodoru Alexandrina, **Tasma Daniela**, "The difference between three types of solar collectors: Review", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering, Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacau, Romania, ISSN 2069 – 9905, ISSN-L 2069 – 9905, pag. 219-224, 14-15 aprilie 2011, http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_cover-contents.pdf
18. Teodoru Alexandrina, Panait Tănase, Uzuneanu Krisztina, **Tasma Daniela**, Catalin Mocanu, "Optimum tilt angle for solar collectors with low concentration ratio", Proceedings of the 8-th international conference on industrial power engineering, Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacau, Romania, ISSN 2069 – 9905, ISSN-L 2069 – 9905, pag. 238-243, 14-15 aprilie 2011,
http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_cover-contents.pdf

➤ **Articole publicate în buletine ale conferințelor naționale**

19. D. **TASMA**, T. PANAIT, "Termodinamica instalațiilor cu cicluri suprapuse", A IX-A CONFERINȚĂ NAȚIONALĂ DE ECHIPAMENT TERMOMECHANIC CLASIC ȘI NUCLEAR ȘI ENERGETICĂ URBANĂ & RURALĂ, Universitatea Politehnica București, 25 iunie 2010, pag. 169-172, <http://caz.mecen.pub.ro/>

Lista lucrărilor prezentate

➤ **Lucrări prezentate la simpozioane internaționale:**

1. **Tasma Daniela**, Panait Tănase, Teodoru Alexandrina, Rolea G. Georgiana, "Thermodynamics analyses of biomass gasification", 8-TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL POWER ENGINEERING, Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacau, 14-15 aprilie, Bacau, 2011, http://www.ciei.ub.ro/images/stories/documente/proceedings_of_ciei_2011_cover-contents.pdf
2. **Daniela TASMA**, Jorge MARTINS, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, "Environmental impact of biofuels utilization", "4 th International Conference on Thermal Engines and Environmental Engineering METIME", Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati, 3-4 noiembrie, Galati, Romania, 2011, <http://www.tmt.ugal.ro/Items/News/2011-METIME/2011-METIME.htm>
3. **Daniela TASMA**, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU and Alexandrina TEODORU, "Energy and exergy analyses of biomass gasification", International Conference "ENVIRONMENTAL CAPACITY BUILDING", Romanian Academy Library, 11th-13th November 2011, Bucharest, Romania, <http://www.jepe-journal.info/bena>
4. **TASMA DANIELA**, PANAIT TĂNASE, TEODORU ALEXANDRINA, ROLEA G. GEORGIANA, Energetic and exergetic efficiency of biomass gasification processes, INTERNATIONAL

- WORKSHOP RESEARCH QUALITY IN DOCTORAL SCHOOL , INCREASED INDUSTRIAL AND INTERNATIONAL VISIBILITY (POSDRU 19524), July 13 -14, 2011 GALATI – ROMANIA
5. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, Raluca-Cristina BUJURCĂ , „The syngas composition produced by gasification of agricultural residues briquettes”, „The International Conference on Casting, from Rigor of Technique to Art”, ARTCAST 2012, May 18 - 19, 2012, Galați – ROMANIA, <http://www.artcast.ugal.ro/>
 6. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Jorge MARTINS, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, “Experimental study of a down-draught fixed bed gasifier”, „Recent Researches in Energy, Environment and Sustainable Development”, The 6th International Conference on Renewable Energy Sources (RES '12), July 1-3, 2012, Porto, Portugal, pag. 58-63, <http://www.wseas.us/conferences/2012/porto/res/>
 7. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, „Influence of excess air ratio on biomass gasification”, The 5th International Conference on Advanced Concepts on Mechanical Engineering – ACME 2012, „GH. Asachi” Technical University of Iasi, Mechanical Engineering Faculty, 14 – 15 June 2012, Iasi, ROMANIA, <http://www.mec.tuiasi.ro/acme2012/index.html>
 8. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, Cătălin MOCANU, “Energetic evaluation of agricultural residues gasification”, 9th International Conference on Advanced Concepts on Mechanical Engineering – ACME 2012, „GH. Asachi” Technical University of Iasi, Mechanical Engineering Faculty, 14 – 15 June 2012, Iasi, ROMANIA, <http://www.mec.tuiasi.ro/acme2012/index.html>
 9. Daniela TASMA, Krisztina UZUNEANU, Tănase PANAIT, „The effect of excess air ratio on syngas produced by gasification of agricultural residues briquettes”, Advances in Fluid Mechanics & Heat & Mass Transfer; 10th International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE '12), August 21-23, 2012, Istanbul, Turkey, <http://www.wseas.org/wseas/cms.action?id=898>
- **Lucrări prezentate la simpozioane naționale:**
10. D. TASMA, T. PANAIT, “Termodinamica instalațiilor cu cicluri suprapuse”, A IX-A CONFERINȚĂ NAȚIONALĂ DE ECHIPAMENT TERMOMECHANIC CLASIC ȘI NUCLEAR ȘI ENERGETICĂ URBANĂ & RURALĂ, Universitatea Politehnica București , 25 iunie 2010, <http://caz.mecen.pub.ro/>
 11. TASMA Daniela, BUJURCĂ Raluca Cristina, „Influența temperaturii de operare a gazeificatorului cu strat fix descendent asupra compoziției gazelor de ardere”, Sesiunea Națională de Comunicări Științifice Studentești “Anghel Saligny” – Galați, 18-21 Mai 2012, ROMANIA, http://www.mec.ugal.ro/Resurse/CNCSSAS/Anghel_Saligny/2012/index.html
 12. Daniela TASMA, Tănase PANAIT, Krisztina UZUNEANU, „CALCULATION OF LOWER HEATING VALUE OF SYNGAS PRODUCED BY FLUIDISED BED GASIFICATION OF BIOMASS”, Conferința Națională ReCriVent 2012, Galați 6-8 septembrie 2012, Organizat de Departamentul de Sisteme Termice și Ingineria Mediului (STIM), Facultatea de Mecanică, Universitatea Dunarea de Jos din Galați, Romania, <http://www.tmt.ugal.ro/Items/News/2012-ReCriVent/2012-ReCriVent.htm>



Curriculum vitae Europass

Informații personale

Nume / Prenume	Tasma, Daniela
Adresă(e)	Strada Davila, Nr 2C, Bloc C13, Apt 226, Galați, România
Telefon(ioane)	Mobil: 0749653303
E-mail(uri)	Daniela.Tasma@ugal.ro
Naționalitate(-lăți)	Romana
Data nașterii	25 mai 1984
Sex	Feminin

Locul de muncă vizat / Domeniul ocupațional **Student doctorand**

Experiența profesională

Perioada	23.05.2011-23.11.2011
Funcția sau postul ocupat	Student doctorand
Activități și responsabilități principale	Participare la cercetare științifică în echipa coordonatorului de doctorat din Portugalia
Numele și adresa angajatorului	Departamentul de Inginerie Mecanică, Școala de Inginerie, Universitatea Do Minho, Guimaraes, Portugalia
Perioada	01.09.2006 – 30.11.2006
Funcția sau postul ocupat	Practicant
Activități și responsabilități principale	Asistent proiect
Numele și adresa angajatorului	AYESA, Sevilla, Spania
Tipul activității sau sectorul de activitate	Proiectare centrale termosolare

Educație și formare

Perioada	1.10.2009 -30.09.2012
Calificarea / diploma obținută	Student doctorand cu frecvență
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Facultatea de Mecanica, Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați,

Perioada 2008 - 2010
 Calificarea / diploma obținută Diplomă de masterat
 Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați, Facultatea de Mecanica, Masterat, specializarea Energetică și Protecția Mediului

Perioada 2003 - 2008
 Calificarea / diploma obținută Inginer diplomat
 Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați, Facultatea de Mecanica, specializarea Ingineria și Protecția Mediului în Industrie

Perioada 01.09.2006 – 30.11.2006
 Calificarea / diploma obținută Certificat EUROPSS MOBILITY
 Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare Universitatea „Dunarea de Jos” din Galați în colaborare cu Am Transnational și Ayesa Spania, în cadrul proiectului „Leonardo da Vinci” cu numele „European Engineers in Renewable Energy”

Perioada 1999 - 2003
 Calificarea / diploma obținută Operator PC
 Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare Liceul Teoretic „Dunarea” Galați

Aptitudini și competențe personale

Limba(i) maternă(e) **Romana**

Limba(i) străină(e) cunoscută(e)

Autoevaluare

Nivel european (*)

Limba engleza

Limba franceza

Limba spaniola

Limba portugheza

	Înțelegere		Vorbire		Scriere
	Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	Exprimare scrisă
Limba engleza	C1	C1	C1	C1	C2
Limba franceza	B1	B1	B2	B1	B2
Limba spaniola	C1	C2	C1	C2	C2
Limba portugheza	C1	C2	C1	C2	C2

(*) Nivelul Cadrlului European Comun de Referință Pentru Limbi Străine

Competențe și abilități sociale

Adaptabil și flexibil

Optimist

Ținuta energetică și pozitivă

Preferabil lucrul în echipă, loial și perseverent

Punctual

Seriozitate

Capacitate de a lua decizii, asumarea responsabilități

Competențe și aptitudini de utilizare a calculatorului

Windows XP, Windows Vista, Linux; Microsoft Office; navigare/cautare internet: Autocad, Matlab, Gambit, Fluent

268698

