

**REZUMAT TEZĂ DE ABILITARE**

**VALORIFICAREA ENERGETICĂ A  
BIOMASEI AGRICOLE**

**ENERGY VALORIZATION OF  
AGRICULTURAL BIOMASS**

**DOMENIUL: ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

**SERIA AI 6. Inginerie mecanică Nr. 5**

**Prof.dr.ing. Ion V. Ion**

Peste 70% din energia consumată în Uniunea Europeană, în anul 2020, a fost generată prin ardere (Eurostat 2021).

Studiile doctorale m-au ajutat să aprofundez procesele arderii, instalațiile de ardere și formarea poluanților la arderea combustibililor fosili. Cercetările prezentate în teza de abilitare reprezintă o continuare și o extindere la arderea biomasei, în particular la arderea biomasei (reziduurilor) agricole într-un cazan de putere mică, cu flacără răsturnată și cu alimentare manuală.

Biomasa continuă să fie principala sursă de energie regenerabilă în UE, cu o pondere de aproape 60%, cel mai mare utilizator final de biomasă fiind sectorul de încălzire și răcire, care folosește aproximativ 75% din întreaga biomasă. În comparație cu combustibilii fosili, biomasa se caracterizează prin neuniformitatea proprietăților fizico-chimice, o putere calorifică mai mică, conținut mai ridicat de oxigen, umiditate și cenușă, și conținut mai mare de metale alcaline în cenușă (temperatură de topire a cenușii scăzută).

Creșterea cererii globale de energie și presiunile tot mai mari pentru atenuarea emisiilor de CO<sub>2</sub>, impun o utilizare mai eficientă și sustenabilă a biomasei. Biomasa agricolă poate fi considerată un înlocuitor pentru biomasa lemnoasă acolo unde reziduurile agricole oferă o resursă aproape neexplorată, ea găsindu-și utilizare în cazanele de putere mică, cum ar fi cazanele rezidențiale. Utilizarea directă a acestui tip de biomasă în cazanele convenționale întâmpină unele obstacole ce țin de caracteristicile fizico-chimice și de faptul că soluțiile existente pentru reducerea emisiilor poluante și controlul arderii biomasei sunt, în majoritatea cazurilor, neaplicabile pentru cazanele mici datorită costurilor ridicate de investiție, operare și întreținere. Pentru depășirea acestor obstacole, se poate recurge la modificarea cazanelor existente, amestecarea inteligentă a biomasei agricole cu un combustibil superior (pentru a depăși problemele legate de cenușă și emisii poluante) și/sau la proiectarea de cazane noi.

Optimizarea cazanelor existente sau dezvoltarea de cazane noi constituie un proces ce necesită timp și resurse. Utilizarea modelării CFD (Computational Fluid Dynamics) împreună cu experimentele reprezintă un instrument puternic în cadrul procesului de optimizare, permițând modelarea fluxurilor de fluide, a transferului de căldură și a emisiilor într-un cazan. Modelarea cu succes a unui cazan de putere mică necesită submodele adecvate pentru a simula toate procesele importante ale arderii, complexitatea acestor modele afectând în mod diferit, timpul de calcul și acuratețea rezultatelor modelării.

Obiectivul principal al cercetărilor cuprinse în teza de abilitare a fost îmbunătățirea performanțelor cazanelor de putere mică la funcționarea cu biomasă agricolă. Studiile s-au

concentrat în special pe cazanele pe biomasă cu puterea de 40 kW, cu flacără răsturnată și alimentare manuală (în șarje). Pentru cercetări s-a conceput și construit o instalație experimentală pe care a fost testată utilizarea brichetelor din stuf, amestec de rumeguș din lemn cu paie de grâu sau cu coceni de porumb. Rezultatele experimentale au permis identificarea direcțiilor de modificare/îmbunătățire a cazanului. Testele făcute pe cazan, după ce a suferit unele modificări, au condus la obținerea rezultatelor așteptate. Pentru creșterea și mai mult a performanțelor cazanului s-a recurs la modelarea CFD a acestuia. Astfel, a fost creat un model al arderii scris în cadrul unei funcții definite de utilizator FLUENT. Modelul conține submodele care descriu procesele asociate arderii: uscarea biomasei; volatilizarea; gazeificarea și arderea rezidului carbonos; arderea volatilelor; curgerea și transferul de căldură. Submodelele pentru volatilizare și gazeificare au fost validate cu ajutorul datelor experimentale sau estimate obținute de alți cercetători. Modelul arderii a fost ajustat și validat cu ajutorul rezultatelor experimentale obținute pe cazanul studiat. Rezultatele simulării au arătat că introducerea aerului de ardere în cazan și repartizarea aerului între cele două camere de ardere sunt necorespunzătoare și de asemenea, au confirmat viabilitatea modificărilor făcute asupra cazanului (înzidirea parțială a camerei superioare de ardere).

Modelele numerice create pot fi aplicate oricărui tip de biomasă solidă, ele permițând o mai bună înțelegere a proceselor de descompunere termochimică a biomasei. Modelul numeric dezvoltat pentru cazanul cu flacără răsturnată poate fi folosit pentru modelarea oricărui alt tip de cazan.

Rezultatele cercetărilor și studiilor legate de valorificarea energetică a biomasei au fost prezentate la conferințe naționale și internaționale și valorificate prin transfer către aplicațiile industriale și prin publicarea a 4 articole în reviste cotate ISI, a 2 articole în reviste indexate ISI Proceedings, a 3 articole în volumele conferințelor internaționale și a 10 articole în reviste naționale.

More than 70% of the energy consumed in the European Union in 2020 was generated by combustion (Eurostat 2021).

My doctoral studies helped me to deepen the combustion processes, combustion plants and the formation of pollutants during combustion of fossil fuels. The research presented in the habilitation thesis represents a continuation and an extension to the combustion of biomass, in particular to the combustion of agricultural biomass in a small heating boiler, with overturned flame and with manual feeding.

Biomass continues to be the main source of renewable energy in the EU, accounting for almost 60%, with the largest end-user of biomass being the heating and cooling sector, which uses about 75% of all biomass. Compared to fossil fuels, biomass is characterized by uneven physicochemical properties, lower calorific value, higher oxygen, moisture and ash content, and higher alkali metal content in ash (low ash melting temperature).

Increasing global energy demand and increasing pressures to mitigate CO<sub>2</sub> emissions call for more efficient and sustainable use of biomass. Agricultural biomass can be considered a substitute for woody biomass where agricultural residues provides an almost unexplored resource, finding its use in small heating boilers, such as residential boilers. The direct use of this type of biomass in conventional boilers faces some obstacles related to the physico-chemical characteristics and the fact that existing solutions to reduce pollutant emissions and control biomass combustion are, in most cases, inapplicable to small boilers due to high investment, operation and maintenance costs. To overcome these obstacles, existing boilers can be modified, intelligent mixing of agricultural biomass with superior fuel (to overcome the problems of ash and pollutant emissions) and / or new optimised boilers can be developed.

Optimizing existing boilers or developing new boilers is a time-consuming and resource-intensive process. The use of Computational Fluid Dynamics (CFD) modeling in conjunction with experiments is a powerful tool in the optimization process, enabling modeling of fluid flows, heat transfer and emissions in a boiler. Successful modeling of a small heating boiler requires the appropriate submodels to simulate all important combustion processes, with the complexity of these models affecting differently, the computation time and the accuracy of the modeling results.

The main objective of the research included in the habilitation thesis was to improve the performance of low power boilers when operating with agricultural biomass. Studies have focused in particular on a 40 kW biomass boilers with overturned flames and manual feeding. For research, an experimental installation was designed and built on which the use of briquettes made of reed, a mixture of wood sawdust with wheat straw or corn stalks was tested. The experimental results allowed to identify the directions of modification / improvement of the boiler. The tests performed on the boiler, after undergoing some modifications, led to obtaining the expected results. In order to further increase the performance of the boiler, the CFD modeling was applied. Thus, a combustion model written in a user-defined function FLUENT was created. The model contains submodels that describe the processes associated with combustion: biomass drying; devolatilization; gasification and combustion of charcoal; combustion of volatiles; flow and heat transfer. Devolatilization and gasification submodels were validated using estimated and experimental data obtained by other researchers. The combustion model was adjusted and validated by using the experimental results obtained on the studied boiler. The simulation results showed that the introduction of combustion air into the boiler and the distribution of air between the two combustion chambers are inadequate and also confirmed the viability of the changes made to the boiler (partial insulation of the upper combustion chamber).

The developed numerical models can be applied to any type of solid biomass, they allow a better understanding of the processes of thermochemical decomposition of biomass. The numerical model developed for the overturned flame boiler can be used to model any other type of boiler.

The results of research and studies related to the energy recovery of biomass were presented at national and international conferences and capitalized by transfer to industrial applications and by publishing 4 articles in ISI quoted journals, 2 articles in ISI Proceedings indexed journals, 3 articles in volumes of international conferences and 10 articles in national journals.