

# OPTIMIZAREA ECHIPAMENTELOR ȘI PROCESELOR TEHNOLOGICE DE TĂIERE ȘI MĂRUNȚIRE A BIOMASEI ÎN VEDEREA FABRICĂRII PELEȚILOR ȘI BRICHETELOR

## Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la  
Universitatea Politehnică Timișoara  
în domeniul de doctorat Inginerie Industrială

**autor Șuta Alexandra - Ionela**

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Titus Slavici

luna septembrie anul 2023

## INTRODUCERE

Biomasa are un rol semnificativ în tranziția către surse de energie verzi, regenerabile și în reducerea emisiilor poluante. Peleții și brichetele obținuți prin tocarea, măcinarea și presarea biomasei, prin procesele de peletizare/brichetare sunt surse de energie eficiente și ecologice cu utilitate atât în gospodărie pentru încălzirea clădirilor cât și în procesele industriale.

Procesul de fabricație al peleților și brichetelor constă în presarea materiei prime tocate și mărunțite, la o anumită temperatură, în vederea utilizării sau a prelucrării ulterioare. (Bridgwater, 2006)

Tăierea și mărunțirea biomasei în vederea peletizării/brichetării reprezintă prima etapă de transformare a biomasei într-o formă adecvată pentru continuarea procesului de producție. Tăierea și mărunțirea corectă a biomasei poate crește eficiența energetică și reduce gazele cu efect de seră comparativ cu arderea acesteia în formă brută. (Beniak, 2012) Alegerea corectă a utilajelor de tăiere și mărunțire este vitală pentru bunul mers al procesului de producție.

### Importanța și necesitatea temei alese

Tema aleasă este una actuală și foarte importantă pentru progresul energetic, în special în contextul actual în care conflictele armate și efectele pandemiei s-au răsfrânt asupra prețului energiei, mai ales a energiei provenite din surse neregenerabile.

Energia este o componentă esențială a progresului civilizației și mai ales a progresului tehnic deoarece orice activitate sau proces tehnologic necesită un aport considerabil de energie pentru a funcționa. Având în vedere dezvoltarea rapidă a tehnologiilor, creșterea populației dar și conștientizarea faptului că unele surse de energie sunt limitate, a început căutarea de noi surse de energie și noi metode de a o produce, chiar utilizând deșeurile ale altor sectoare de activitate sau industrie precum agricultura, silvicultura sau producția de mobilă.

### Obiectivele cercetării

Obiectivele primare ale cercetării doctorale și care se reflectă în teză sunt:

OP1 Optimizarea echipamentelor și proceselor tehnologice de tăiere și mărunțire a biomasei în vederea fabricării de peleți și brichete;

OP2 Optimizarea producției prin îmbunătățirea rețetelor de fabricație pentru peleți și brichete cu ajutorul planificării și cercetării industriale științifice.

Obiectivele secundare sunt:

- OS1 Proiectarea de activități experimentale prin elaborarea unei metodologii a cercetărilor experimentale;
- OS2 Propunerea de optimizări ale subansamblelor liniei de producție;
- OS3 Propunerea de optimizări în cadrul procesului de producție;
- OS4 Propunerea de optimizări privind digitalizarea producției.

### **Structura lucrării**

Teza propusă este structurată în 7 capitole, începând cu o introducere care prezintă tema cercetării și importanța sa în contextul secolului 21.

Capitolul 1 oferă un context actual al temei și stabilește un cadru de referință, luând în considerare cele mai recente cunoștințe.

În Capitolul 2, se explorează posibilitățile de optimizare a procesului de fabricație pentru producția de peleți furajeri și brichete de încălzire, cu focus pe fabricile din Cenei, județul Timiș, care doresc să se extindă prin accesarea de fonduri nerambursabile pentru achiziționarea și optimizarea liniilor de producție.

Capitolul 3 aduce contribuții la optimizarea liniilor de fabricație prin introducerea de subansamble inovatoare și utilizarea tehnologiilor moderne.

Capitolul 4 se concentrează pe cercetări experimentale care evaluează calitatea produselor, performanțele tocătorului și puterea calorifică a biocombustibilului obținut din mixturi.

În Capitolul 5, sunt dezvoltate rețete optimizate pentru producția de peleți din mixturi, inclusiv metodologia cercetării și alegerea rețetelor optime.

Capitolul 6 explorează posibilitatea de a utiliza inteligența artificială în producția de peleți și brichete, inclusiv rețele neuronale de clasificare și rețele neuronale adaptative.

În final, Capitolul 7 conține concluzii generale, evidențiind contribuțiile personale ale autorului și sugerează perspectivele viitoare ale cercetării. În întregul proces, teza are un scop clar de optimizare a producției de peleți și brichete, abordând aspecte teoretice și experimentale, precum și posibilitățile aduse de inteligența artificială.

## **1 STADIUL ACTUAL AL TEMATICII TEMEI**

Stadiul actual al tematicii tezei reprezintă baza solidă pe care se construiește întreaga cercetare. Datorită complexității subiectului, s-a considerat esențială prezentarea stadiului actual din diverse perspective cheie, oferind astfel un fundal comprehensiv pentru lucrarea de cercetare.

În primul rând, se examinează stadiul actual și tendințele în producția de peleți și brichete pentru încălzire. Acest aspect este crucial, deoarece oferă o înțelegere profundă a cerințelor și nevoilor pieței, precum și a evoluției tehnologiilor în acest domeniu. Schimbările din industrie, atât în ceea ce privește materialele folosite, cât și procesele de producție, sunt esențiale pentru optimizarea liniilor de producție.

Un alt aspect important este stadiul actual și tendințele în domeniul utilajelor de tăiere și mărunțire utilizate în producția de peleți și brichete. Avansul tehnologic în acest sector poate aduce îmbunătățiri semnificative în eficiența proceselor de producție, reducând costurile și impactul asupra mediului.

În plus, se explorează stadiul actual și tendințele în digitalizarea proiectării și operării

liniilor de producție pentru peleți și brichete. Acest lucru include concepte precum "Cloud manufacturing," (Ren) "Cyber manufacturing," "Reverse engineering," și "Industry 4.0." Aceste abordări revoluționare pot aduce o eficiență sporită în fabricarea de biocombustibili, prin conectarea dispozitivelor și proceselor la internet și prin utilizarea analizei de date în timp real pentru optimizarea producției.

Prin abordarea acestor perspective multiple ale stadiului actual al tematicii tezei, cercetarea se bazează pe fundamente solide și actualizate, pregătind terenul pentru dezvoltarea ulterioară a soluțiilor și inovațiilor în producția de peleți și brichete, cu un accent deosebit pe eficiența și sustenabilitatea acestui proces în era contemporană.

### **Stadiul actual și tendințe în producția de peleți și brichete pentru încălzire:**

Reprezintă evaluarea situației actuale în producția de peleți și brichete utilizate ca biocombustibili pentru încălzire. Acesta include analiza materialelor utilizate, a cererii de peleți și brichete pe piață, precum și a tehnologiilor actuale de producție. Tendințele pot include schimbări în materialele utilizate, creșterea eficienței producției, îmbunătățiri în procesele de mărunțire și presare, sau dezvoltarea de biocombustibili alternativi.

Progresul în acest sector de activitate a fost forțat și de standardele de calitate impuse la nivelul Uniunii Europene. Aceste standarde sunt mereu actualizate în funcție de rezultatele obținute în urma cercetărilor cu scopul de a crea o resursă energetică regenerabilă, durabilă.

Principalele reglementări ale UE cu privire la biocombustibilii solizi sunt prezente în standardele:

- EN ISO 17225-1;
- EN 17225-2;
- EN 17225-6 (CEN (European Committee for Standardization), Mai 2014).

### **Stadiul actual și tendințe în domeniul utilajelor de tăiere și mărunțire utilizate în producția de peleți și brichete:**

Se referă la evaluarea utilajelor și echipamentelor folosite pentru a tăia și mărunți materialele necesare producției de peleți și brichete. Se analizează tehnologiile actuale de tăiere și mărunțire, eficiența acestora, precum și tendințele în dezvoltarea de utilaje mai avansate sau eficiente din punct de vedere energetic pentru a optimiza procesul de producție.

### **Stadiul actual și tendințe în digitalizarea proiectării și operării liniilor de producție fabricare peleți – brichete:**

Acest aspect se referă la introducerea tehnologiilor digitale în proiectarea și operarea liniilor de producție pentru peleți și brichete. Subcategoriile includ:

Cloud manufacturing: Aceasta implică utilizarea infrastructurii cloud pentru a stoca și accesa datele legate de producție, permițând o colaborare și monitorizare mai eficientă a proceselor de producție.

Cyber manufacturing: Acest concept implică conectarea dispozitivelor și a proceselor la internet, permițând monitorizarea și controlul lor de la distanță și utilizarea analizei de date în timp real pentru optimizarea producției (Lee, 2016).

Reverse engineering: Acesta se referă la procesul de demontare și analiză a unui produs sau a unei mașini existente pentru a înțelege și reproduce design-ul sau funcționalitatea acestuia, ceea ce poate duce la îmbunătățiri sau optimizări în producție.

Industry 4.0: Aceasta este o paradigmă a revoluției industriale care implică integrarea tehnologiilor avansate, cum ar fi Internetul lucrurilor (IoT), inteligența artificială și automatizarea avansată în procesele de producție. (Sommer, 2015)

## **2 POSIBILITĂȚI DE OPTIMIZARE A ARHITECTURILOR LINIILOR DE FABRICAȚIE A PELEȚILOR ȘI BRICHETELOR**

Acest capitol al tezei are ca obiective analiza arhitecturilor liniilor de producție ale celor două fabrici din Cenei și propunerea unor arhitecturi optimizate care să răspundă nevoilor exprimate de producătorii de peleți și brichete.

Ca principale rezultate ale acestui capitol, se prezintă:

- o linie optimizată de fabricație pentru peleți furajeri;
- o linie optimizată de fabricație pentru peleți și brichete destinate încălzirii.

Liniile de producție discutate în acest capitol au multe subansamble similare, deși forma utilajelor poate varia. Cu toate acestea, scopul este același, diferențele fiind determinate de modul de proiectare. Un element esențial în procesul de fabricație a peleților și brichetelor este tocătorul.

Ambele linii de producție sunt echipate cu tocătoare de paie de la producători diferiți, cu construcții diferite. Cu toate acestea, o diferență semnificativă între cele două linii este prezența tocătorului de crengi, care aparține liniei de producție a peleților de încălzire.

Optimizarea unei arhitecturi specifice pentru fabricarea peleților și brichetelor pentru încălzire implică luarea în considerare a mai multor aspecte și abordări, cu scopul de a maximiza eficiența și calitatea producției.

În cadrul optimizării arhitecturii liniilor de fabricație pentru producția de peleți furajeri, se pot analiza mai multe aspecte, cum ar fi eficiența și calitatea produselor obținute. De exemplu, se poate evalua modul în care materiile prime sunt aduse și procesate în linie, gradul de automatizare al proceselor, și interconectivitatea dintre subansamble. Astfel, se pot propune modificări pentru a reduce pierderile de material, a crește producția și a asigura un control mai bun al calității.

În ceea ce privește optimizarea arhitecturii liniilor de fabricație pentru producția de peleți și brichete destinate încălzirii, se poate analiza eficiența proceselor de mărunțire și presare, utilizarea eficientă a energiei, și implementarea tehnologiilor de monitorizare și control în timp real. Propunerile de optimizare pot viza creșterea eficienței energetice, reducerea timpului de producție și îmbunătățirea calității produselor finale.

În plus, am realizat propuneri de optimizare a arhitecturilor liniilor de fabricație peleți-brichete folosind elemente de teoria grafurilor (Deo, 2017).

Utilizarea teoriei grafurilor poate oferi o perspectivă utilă asupra modului în care elementele și subansamblele din linia de producție sunt interconectate și cum pot fi optimizate aceste conexiuni pentru a atinge obiectivele dorite. Aceasta implică analiza rețelei de procese și fluxul de materiale pentru a identifica posibile puncte de optimizare și apropieri ale elementelor. (Evans, 2017)

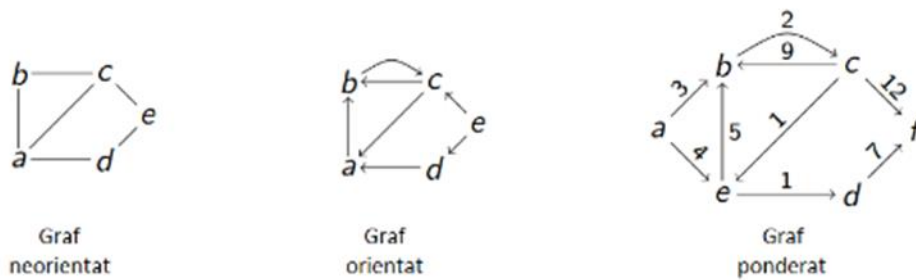


Figura 2.0.1 Exemple de grafuri

### 3 CONTRIBUȚII LA PROCESUL DE OPTIMIZARE A LINIILOR DE FABRICAȚIE PENTRU PELEȚI ȘI BRICHETE

Acest capitol are ca obiective principale identificarea modalităților de inovare a subansamblelor din linia de producție și prezentarea unei variante îmbunătățite a tocătorului de baloți de paie. Rezultatele acestui capitol includ prezentarea unor soluții de optimizare și o variantă îmbunătățită a tocătorului de baloți de paie.

Pentru a atinge aceste obiective, am început prin evaluarea stării echipamentelor utilizate în linia de producție. Acest lucru a relevat că majoritatea echipamentelor au fost achiziționate în perioada 2017-2022, cu o atenție deosebită la asigurarea compatibilității între acestea prin achiziționarea de la producătorul Eco Mihiș.

Cu toate acestea, au fost achiziționate și echipamente de la alte firme, cum ar fi tocătorul de crengi și presa de brichetare pentru brichete paralelipipedice. Evaluarea a arătat că multe dintre aceste echipamente și subansamble au suferit uzură din cauza utilizării și din cauza avansului tehnologic.

Pentru a îmbunătăți eficiența liniei de producție, am explorat modalitățile de inovare a subansamblelor existente. Acest lucru implică revizuirea și modernizarea echipamentelor și proceselor pentru a le face mai eficiente și pentru a reduce pierderile. Prin identificarea punctelor slabe și a nevoilor de optimizare, am propus soluții concrete pentru fiecare subansamblu sau echipament în parte.

Am analizat și aplicat tehnologii moderne în fabricarea subansamblelor inovative, în încercarea de a aduce îmbunătățiri semnificative.

Un aspect important al optimizării liniilor de producție este tocătorul de baloți de paie. Am identificat soluții constructive pentru a îmbunătăți performanțele acestuia, reducând uzura și pierderile de material. Prin modernizarea și inovarea acestui subansamblu, se poate obține o creștere semnificativă a eficienței procesului de fabricație.



Figura 3.0.1 Detaliu ansamblu de tăiere

#### **4 CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CALITATEA PRODUSELOR REALIZATE PE LINIILE TEHNOLOGICE OPTIMIZATE**

Acest capitol are ca obiective principale obținerea de rezultate care să stabilească proprietățile tocăturii în funcție de turația motorului echipamentelor de tăiere și producerea de peleți pentru încălzire din diferite mixturi de biomasă folosind linia optimizată.

Rezultatele acestui capitol includ date privind performanțele tocătorului, evaluarea puterii calorifice a biocombustibilului obținut și analiza proprietăților peletilor obținuți din mixturi de biomasă.

##### **Metodologia cercetărilor experimentale pentru evaluarea performanțelor tocătorului:**

Pentru a evalua performanțele tocătorului, s-a urmat o metodologie riguroasă de experiment. Materiile prime utilizate au fost paie de orz, lucernă și fân din fânețe. Etapele experimentului au inclus:

- Pornirea tocătorului în gol și măsurarea parametrilor precum temperatura motorului, turația, viteza de vibrație și amperajul/consumul.
- Adăugarea balotului în tocător.
- Reglarea turației motorului la diferite valori, cum ar fi 500, 1000, 1500 și 1800 rotații pe minut.
- Pornirea tocătorului și monitorizarea sa timp de 5 minute.
- Înregistrarea turației în timpul lucrului, a vitezei de vibrație și a amperajului/consumului.
- Oprirea tocătorului.
- Determinarea umidității materiei prime tocate.
- Colectarea a două probe de câte 1 litru din materia primă tocată.

Aceste etape s-au repetat pentru fiecare turație și pentru fiecare tip de materie primă. Acest proces de experimentare a permis obținerea de date relevante privind performanțele tocătorului și influența turației motorului asupra acestora.

### Evaluarea performanțelor tocătorului:

Au fost efectuate mai multe teste în condiții reale, utilizând diferite tipuri de paie și turații diferite ale motorului electric. În timpul testelor, s-au măsurat în mod constant vibrațiile motorului electric și s-a efectuat scanarea acestuia în infraroșu. Acest proces de evaluare a performanțelor tocătorului a furnizat date importante pentru înțelegerea modului în care acesta funcționează și cum poate fi optimizat pentru a reduce costurile de producție.

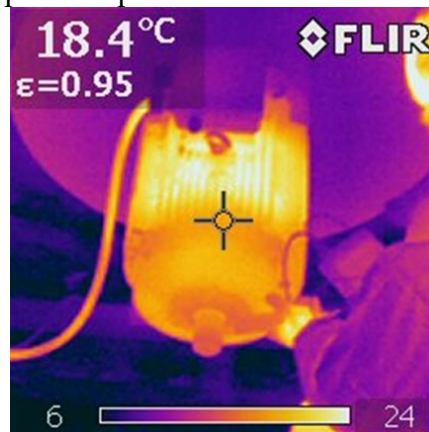


Figura 4.1 Scanare termografică (IR 1)



Figura 4.2 Aparat măsură

## **Metodologia cercetărilor experimentale pentru evaluarea puterii calorifice a biocombustibilului obținut din mixturi:**

Pentru a evalua puterea calorifică a biocombustibilului obținut din mixturi de biomasă, s-a dezvoltat o metodologie de cercetare. Aceasta a implicat alegerea răspunsurilor așteptate și a factorilor experimentali relevanți, precum turația motorului și compoziția mixturilor de biomasă. Un plan experimental adecvat a fost dezvoltat pentru a obține date semnificative, iar un model matematic a fost utilizat pentru analiza rezultatelor.

## **Măsurători și rezultate privind performanțele biocombustibilului obișnuit:**

Pentru cele trei rețete alese pentru analiză, au fost realizate mostre de peleți, ale căror proprietăți au fost analizate în laboratoarele UPT. Aceste analize au inclus evaluarea puterii calorifice, conținutul de umiditate și alte caracteristici importante ale biocombustibilului. Rezultatele obținute au permis evaluarea calității peletilor și au furnizat date esențiale pentru determinarea eficienței biocombustibilului obținut din mixturi de biomasă.

## **5 OBȚINEREA DE REȚETE OPTIMIZATE DE PELETI DIN MIXTURI FOLOSIND METODE SPECIFICE**

Principalele obiective ale acestui capitol sunt:

- Determinarea unor rețete optime pentru peleți din mixturi de biomasă, pe baza încercărilor realizate pe teren și prezentate în Capitolul 4.
- Alegerea unor rețete optime pentru a fi produse în masă.

Aceste obiective au implicații semnificative asupra eficienței și calității producției de peleți și brichete, și reprezintă o etapă crucială în procesul de optimizare a liniilor de fabricație.

### **Metodologia cercetărilor:**

Pentru a asigura că cercetările și rezultatele obținute sunt în concordanță cu standardele internaționale, s-au luat în considerare normativele și regulamentele specifice industriei de producție a biomaselor pentru combustibil. Aceste standarde oferă orientări privind calitatea materiilor prime, specificațiile produselor finite și procedurile de testare. Utilizarea acestor standarde asigură că rețetele obținute sunt conforme cu cerințele industriei.

### **Prelucrarea datelor experimentale:**

Pentru a dezvolta rețete optime, s-au prelucrat datele experimentale obținute în cadrul cercetărilor prezentate în Capitolul 4. Acest proces a inclus analiza datelor, identificarea relațiilor între variabilele relevante și dezvoltarea ecuațiilor de regresie pentru a modela performanța procesului. S-au folosit două metode specifice:

### **Optimizare cu Statgraphics:**

A fost utilizat software-ul Statgraphics (Mariș, 2022) pentru a dezvolta ecuații de regresie care să evalueze și să optimizeze procesul de producție a peletilor din mixturi de biomasă. Acesta a permis identificarea influenței diferiților factori asupra calității peletilor și a



dezvoltat modele pentru a prezice rezultatele în funcție de variabilele de intrare.

### **Optimizare cu Maple:**

Software-ul Maple a fost folosit pentru a obține valori optimizate ale parametrilor de producție și rețetelor pentru peleți. Prin utilizarea algoritmilor matematici avansați, au fost identificate combinațiile optime de materii prime, turații și alți factori de producție pentru a obține peleți de cea mai înaltă calitate.

### **Alegerea rețetelor optime:**

Pe baza datelor prelucrate și a analizei rezultatelor, s-au ales rețete optime pentru producția de peleți din mixturi de biomasă (Nilsson). Aceste rețete includ specificații detaliate privind proporțiile de materii prime, parametrii de producție și alte detalii necesare pentru a produce peleți de înaltă calitate într-un mod eficient și sustenabil. Alegerea acestor rețete a fost ghidată de obiectivul de a maximiza calitatea și eficiența producției, asigurând în același timp conformitatea cu standardele internaționale și cerințele pieței.

### **Principalele concluzii ale acestui capitol sunt:**

- eficiența economică este inversă față de eficiența în raport cu producerea de cenușă reziduală.
- rețetele pot fi din una sau mai multe componente în diferite procentaje, inclusiv aditivi dacă este necesar, însă în cadrul tezei nu am realizat mixturi de peleți care să conțină aditivi.
- rețetele pot fi optime chiar dacă nu includ materie primă tocată cu tocătorul analizat.

## **6 POSIBILITATEA DE FOLOSIRE A MIJLOACELOR INTELIGENTEI ARTIFICIALE IN ASISTAREA PRODUCTIEI DE PELETI- BRICHETE**

Capitolul are ca obiective principale utilizarea rețelelor neuronale artificiale pentru evaluarea performanțelor soluțiilor propuse și determinarea tipului ideal de materie primă, fie lemnoasă sau nelemnoasă, în funcție de cantitatea de noxe emise. Rezultatele acestui capitol includ dezvoltarea unei rețele neuronale de clasificare a materiei prime și rețele neuronale pentru determinarea proprietăților materialului combustibil.

### **Fundamente teoretice de inteligență artificială:**

În cadrul acestui capitol, am prezentat fundamentul teoretic al inteligenței artificiale, cu accent pe rețelele neuronale artificiale (RNA) (Meiring, 2015). S-au explorat conceptele de bază, structura unei RNA, și modul în care acestea pot fi antrenate pentru a efectua sarcini specifice, precum clasificarea sau predicția. (Meiring, 2015; Maris, Slavici, Nenu, & Baci, 2017)

### **Determinarea tipului de materie primă lemnoasă sau non-lemnoasă în funcție de cantitatea de noxe emisă:**

Obiectivul a fost dezvoltarea unei rețele neuronale capabilă să clasifice tipul de materie primă utilizată în producția de peleți și brichete, luând în considerare nivelul de emisii de noxe.

Acest lucru ar permite alegerea materiei prime optime pentru producția de biocombustibili, luând în considerare impactul asupra mediului și eficiența energetică.

Rețelele neuronale dezvoltate cu Statgraphics pot fi folosite la clasificarea materiei prime. (Müller, 1995)

Baza de date folosită pentru construirea rețelor neuronale cu Statgraphics are următoarea structură:

	număr	C	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
1	Arțar	42,00	6,12	45,64	2,27	3,12	0,02	12,37	2,20	1 - lemnos	10	
2	Alnus	47,14	6,29	45,71	2,17	3,12	0,03	12,37	2,20	2 - nonlemnos	10	
3	Arțar (cui)	44,25	5,13	43,83	2,12	3,12	0,03	12,14	2,20	1 - lemnos	10	
4	Alnus	5,20	5,20	42,13	2,00	3,02	0,13	12,12	4,44	1 - lemnos	20	
5	Arțar (cui)	45,17	7,40	47,43	2,24	3,17	0,23	12,17	4,40	2 - nonlemnos	10	

Figura 6.1 Structură bază de date

Și conține 76 intrări. Pentru fiecare dintre aceste intrări s-a înregistrat compoziția elementală, puterea calorifică, cenușa reziduală, o rotunjire a puterii calorifice și clasificarea intrării ca tip (biomasă lemnoasă și biomasă nonlemnoasă).

### Determinarea proprietăților utilizând RNA în asistarea producției (Matlab):

Am utilizat rețele neuronale pentru determinarea proprietăților materialului combustibil. Aceste proprietăți includ puterea calorifică (Maris, Nenu, Maris, & Slavici, 2017), conținutul de umiditate și alte caracteristici relevante. Utilizarea RNA în acest scop ajută la optimizarea procesului de producție și la asigurarea calității constante a peleților și brichetelor.

Procesul de creare a unei rețele neuronale implică mai multe faze distincte, printre care inițializarea parametrilor rețelei, stabilirea conexiunilor între straturi și, în cele din urmă, antrenarea rețelei.

## 7 CONCLUZII. CONTRIBUȚII PERSONALE. PERSPECTIVELE CERCETĂRII

### Concluzii principale:

Una dintre principalele concluzii ale tezei este că există ample posibilități de optimizare a subsansamblor unei linii de producție de peleți și brichete, în special a ansamblor de tăiere. Această cercetare a demonstrat că este posibil să se dezvolte utilaje hibride care să poată tăia și mărunți în același timp, reducând astfel numărul de subsansamble necesare și consumul de energie în procesul de producție.

De asemenea, există o serie de modalități de optimizare a întregii linii de producție, iar aceste metode au fost prezentate, dezvoltate și chiar implementate în fabricile de producție de peleți din Cenei. Utilizând teoria grafurilor pentru a propune soluții de optimizare, s-a redus semnificativ numărul de încercări necesare pentru obținerea de rezultate valide.

Procesele de simulare au fost esențiale în optimizarea producției, reducând costurile și timpul necesar pentru implementarea optimizărilor.

### Contribuții personale:

La nivel teoretic, această teză a adus contribuții semnificative prin dezvoltarea de propuneri de optimizare bazate pe teoria grafurilor, crearea unei rețele neuronale artificiale și propuneri de optimizare a rețelor folosind inteligența artificială.

La nivel experimental, contribuțiile personale includ testarea versiunii a doua a

tocătorului de paie într-o fabrică de utilaje din județul Bihor, realizarea modificărilor în linia de producție conform teoriei grafurilor, propuneri de optimizare a rețelelor folosind inteligența artificială și dezvoltarea, testarea și verificarea diferitelor rețete de peleți de încălzire în fabricile din Cenei și în laboratoarele UPT.

### **Perspective de dezvoltare ulterioară:**

Având în vedere experiența acumulată în timpul cercetării pentru această teză, dar și în calitate de cercetător lucrând la implementarea unor proiecte finanțate cu fonduri nerambursabile de la UE, se poate considera că aceste rezultate pot servi drept bază pentru solicitarea de finanțare suplimentară. Aceste fonduri ar putea susține dezvoltarea cercetării în direcții noi și interesante.

Alte direcții de dezvoltare identificate includ:

- Optimizarea continuă a liniilor de producție prin achiziționarea de utilaje mai moderne.
- Optimizarea utilajelor pentru reducerea consumului de energie și creșterea productivității.
- Dezvoltarea de rețete de peleți adaptați pentru nevoile animalelor de companie.

### **BIBLIOGRAFIE**

- [1] Beniak, J. J. (2012). "Design process of energy effective shredding machines for biomass treatment." . *Acta Polytechnica* 52.5.
- [2] Bridgwater, T. (2006). Biomass for energy. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, no. 12, 1755-1768.
- [3] CEN (European Committee for Standardization). (Mai 2014). *EN 17225-6. Solid biofuels – Fuel Specification and classes, Part 6 – Graded non-woody pellets.*
- [4] Deo, N. (2017). Graph theory with applications to engineering and computer science. *Courier Dover Publications.*
- [5] Evans, J. (2017). Optimization algorithms for networks and graphs. *Routledge.*
- [6] Lee, J. B. (2016). Introduction to cyber manufacturing. *Manufacturing Letters* 8, 11-15.
- [7] Maris, S., Nenu, P., Maris, S., & Slavici, T. (2017). Estimating the calorific value of pellets from different blends of biomass. *Actual Tasks in Agricultural Engineering (Proceedings of the 45th International Symposium on Agricultural Engineering)*, (pg. 459-464). Opatija, Croatia.
- [8] Maris, S., Slavici, T., Nenu, P., & Baciu, L. (2017). Artificial intelligence as a decision-making tool in planning the research. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 8(3), 69-76.
- [9] Mariș, S.-Ș. (2022). *Contribuții la optimizarea proceselor de fabricare a peletilor și brichetelor folosind elemente de inteligență artificială, statistică și cercetări operaționale.* Universitatea Politehnică din Timișoara, Facultatea de Mecanică.
- [10] Meiring, G. A. (2015). "A review of intelligent driving style analysis systems and related artificial intelligence algorithms." . *Sensors* 15, pg. 30653-82.
- [11] Müller, B. R. (1995). eural networks: an introduction. . *Springer Science & Business Media.*
- [12] Nilsson, D. S.-A. (fără an). Pellet production from agricultural raw materials–A systems study. *Biomass and Bioenergy* 35, pg. 679-689.

- [13] Ren, L. Z. (fără an). Cloud manufacturing: key characteristics and applications. *International journal of computer integrated manufacturing*, pp.501-515.
- [14] Sommer, L. (2015). "Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?". *Journal of Industrial Engineering and Management* 8, no. 5, 1512-1532.