



**Universitatea
Transilvania
din Braşov**



**Universitatea
Transilvania
din Braşov**
**FACULTATEA DE
INGINERIE MECANICĂ**

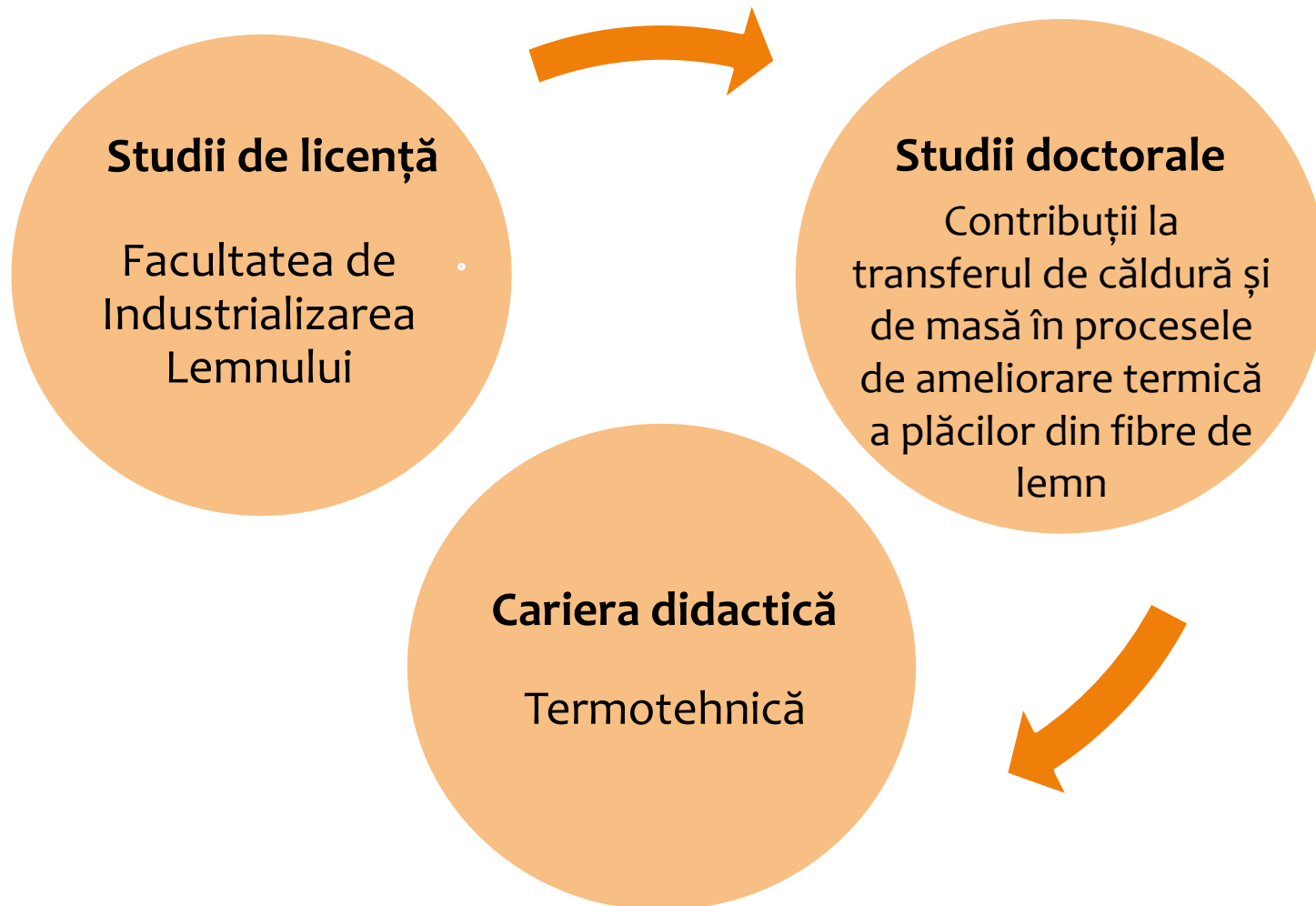
TEZĂ DE ABILITARE

CERCETĂRI ÎN DOMENIUL USCĂRII CONVECTIVE ŞI AL BIOMASEI LEMNOASE

DOMENIUL: INGINERIE MECANICĂ
Autor: Conf. dr. ing. Daniela ŞOVA

26 aprilie 2024

PARCURSUL PREOCUPĂRILOR ȘTIINȚIFICE



CUPRINS

1. CERCETĂRI ÎN DOMENIUL USCĂRII LEMNULUI

- 1.1. Analiza numerică și experimentală a stratului limită în timpul uscării corpurilor capilar-poroase
- 1.2. Optimizarea regimurilor de uscare ale lemnului prin metoda proiectării experimentelor
- 1.3. Studiul apariției crăpăturilor superficiale pe durata uscării prin evaluarea câmpului de umiditate în lemn



CUPRINS

2. CERCETĂRI ÎN DOMENIUL BIOMASEI LEMNOASE

- **Conductivitatea termică efectivă a biomasei lemnoase sub formă de brichete**
- **Relația dintre porozitatea și rugozitatea brichetelor de lemn**
- **Studiul proprietăților fizice, chimice, termice și mecanice ale brichetelor din amestecuri de specii lemnoase**



1. CERCETĂRI ÎN DOMENIUL USCĂRII LEMNULUI



1.1. ANALIZA NUMERICĂ ȘI EXPERIMENTALĂ A STRATULUI LIMITĂ ÎN TIMPUL USCĂRII CORPURILOR CAPILAR-POROASE

- uscarea este un proces de reducere a conținutului de umiditate
- au loc simultan un transfer de căldură de la aerul cald pentru evaporarea umidității superficiale și un transfer de umiditate din interiorul corpului către suprafața lui
- evaporarea apei de la suprafața corpului depinde de parametrii exteriori: temperatura, umiditatea relativă și viteza aerului, aria suprafeței de evaporare și presiune
- se disting două perioade de uscare:
 - perioada vitezei constante de uscare:
 - suprafața corpului (lemn) are umiditatea mai mare decât umiditatea de saturație a fibrei (~30%)
 - temperatura suprafeței se menține constantă și este egală cu temperatura termometrului umed
 - viteza de uscare este constantă
 - perioada vitezei descrescătoare de uscare
 - temperatura suprafeței crește în timp ce umiditatea superficială scade
 - viteza de uscare scade



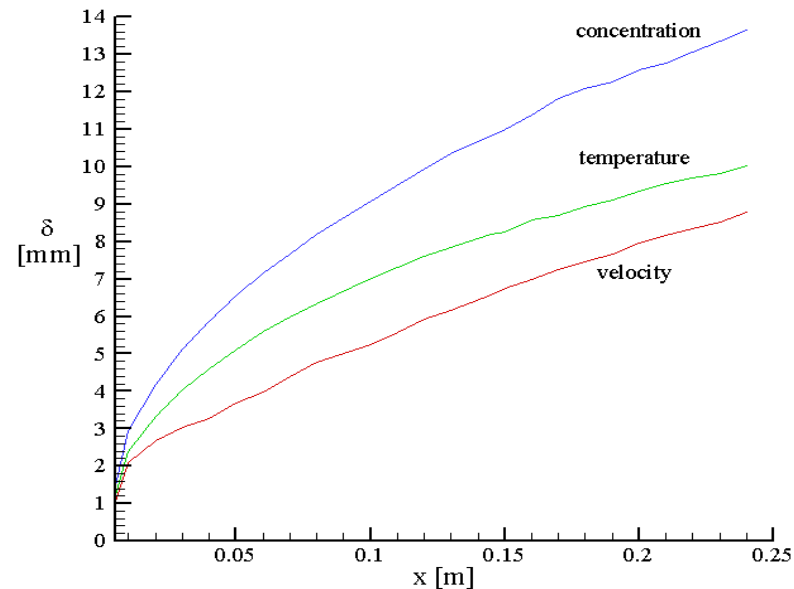
APLICAREA METODEI TERMODINAMICII PROCESELOR IREVERSIBILE LA STUDIUL TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ ȘI DE MASĂ ÎN PREZENȚA EVAPORĂRII DE PE SUPRAFEȚE LIBERE ÎN CONVECȚIE FORȚATĂ

- uscarea corpurilor umede în prima perioadă de uscare:
 - analogie între transferul de căldură și de masă
 - asociere cu evaporarea lichidelor de pe suprafețe libere
 - metoda termodinamicii proceselor ireversibile pentru studiul transferului de căldură cuplat cu transferul de masă în stratul limită de evaporare
- ecuația fundamentală a termodinamicii proceselor ireversibile
 - legătura dintre forțele termodinamice (gradientii unor mărimi intensive) și fluxurile termodinamice conjugate acestor forțe (fluxuri de căldură și de masă)



MODELAREA TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ ȘI DE MASĂ ÎN STRATUL LIMITĂ

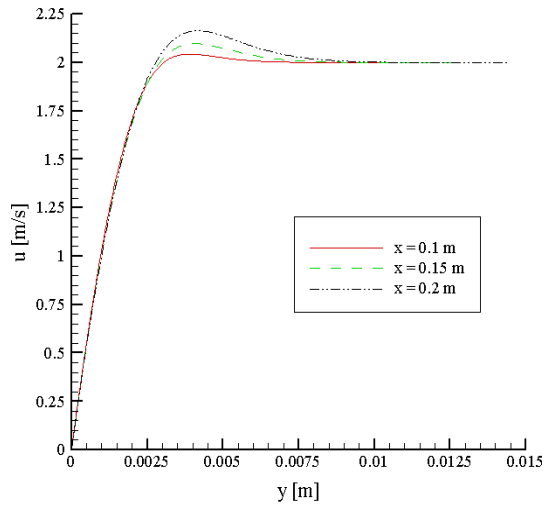
- proces convectiv de transfer de căldură și masă de-a lungul unei plăci plane orizontale
- parametrii aerului:
 - temperatură: 80 °C
 - umiditate relativă: 0.5
 - viteză: 2 m/s
 - presiune: 1×10^5 Pa



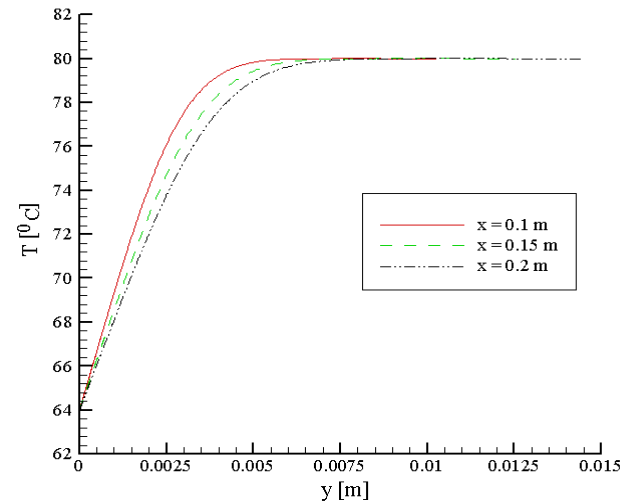
Grosimea stratului limită dinamic, termic și de masă



MODELAREA TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ ȘI DE MASĂ ÎN STRATUL LIMITĂ

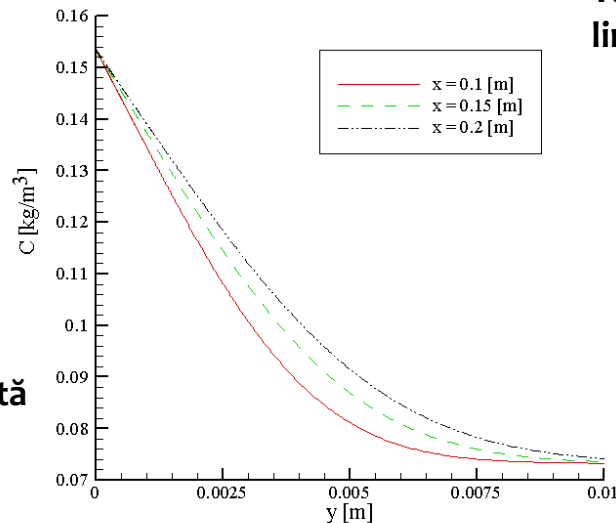


Variația vitezei în stratul limită la $x = 0.1, 0.15$ și 0.2 m

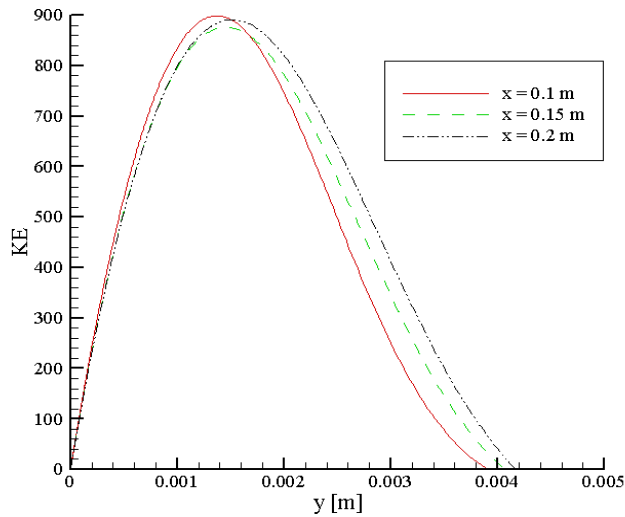


Variația temperaturii în stratul limită la $x = 0.1, 0.15$ și 0.2 m

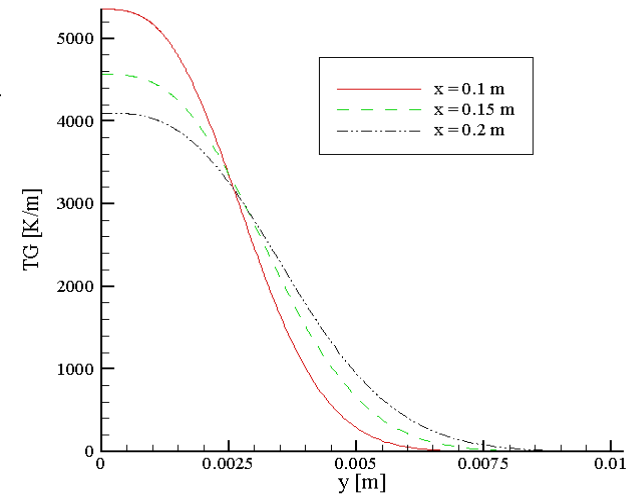
Variația concentrației în stratul limită în punctele $x = 0.1, 0.15$ și 0.2 m



MODELAREA TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ ȘI DE MASĂ ÎN STRATUL LIMITĂ

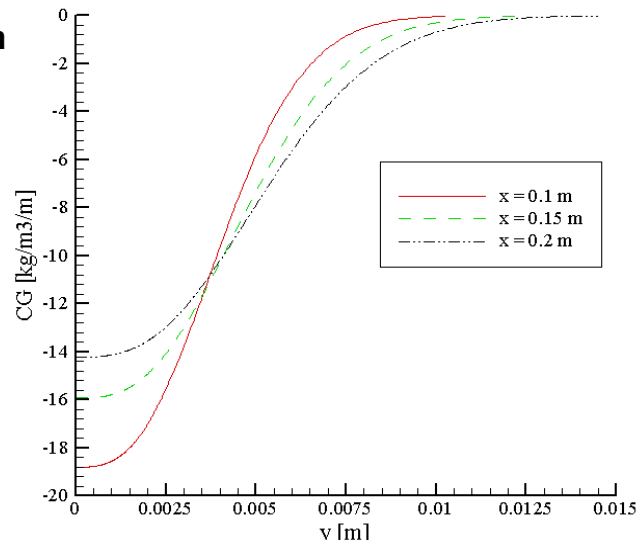


Gradientul energiei cinetice în stratul limită, la $x = 0.1, 0.15$ și 0.2 m

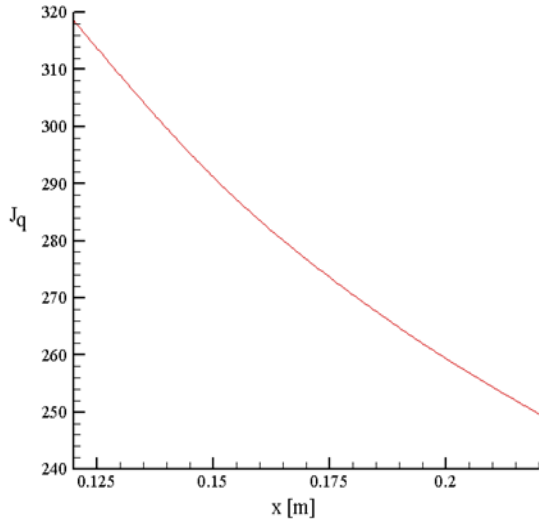


Gradientul de temperatură în stratul limită, la $x = 0.1, 0.15$ și 0.2 m

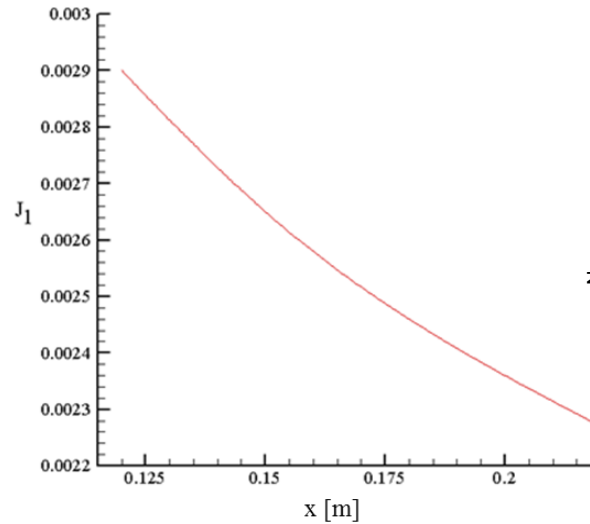
Gradientul concentrației în stratul limită, la $x = 0.1, 0.15$ și 0.2 m



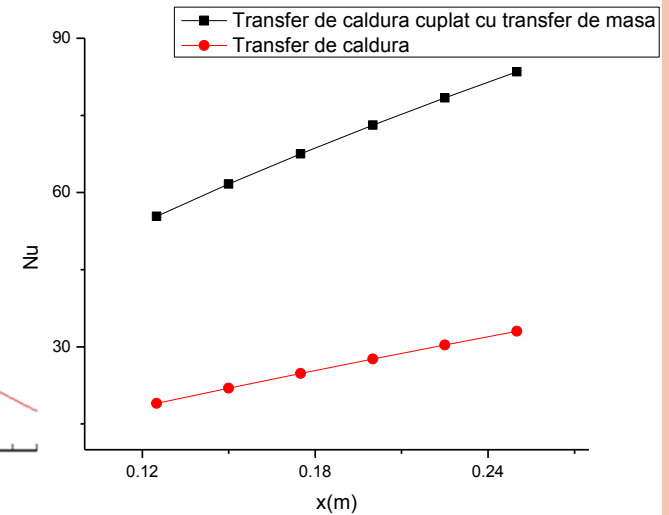
MODELAREA TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ ȘI DE MASĂ ÎN STRATUL LIMITĂ



Variația fluxului termic J_q (W/m²) de-a lungul plăcii



Variația fluxului de masă J_1 (kg/m²s) de-a lungul plăcii



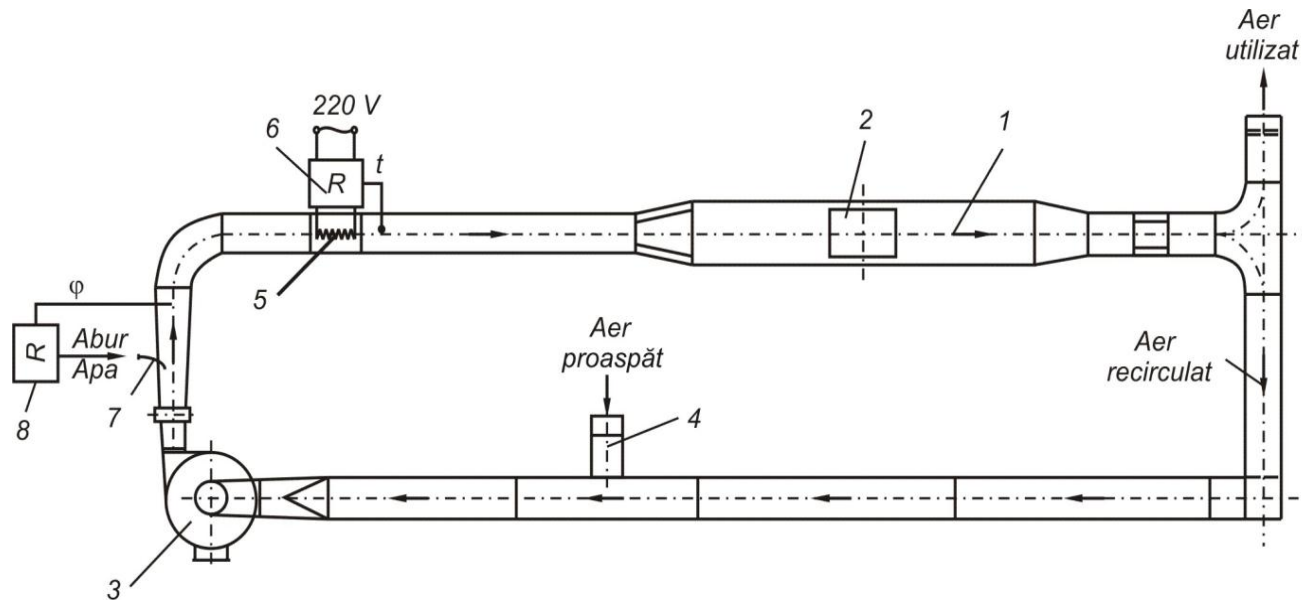
Variația criteriului Nusselt de-a lungul plăcii plane

Coeficienți fenomenologici locali

x	L_{TT}	$L_{1T} = L_{T1}$	L_{T8e1}	L_{T8e2}	L_{11}	L_{18e1}	L_{18e2}
[m]	[W/m]	[kg/ms]	[m²/s]	[m²/s]	[kgs/m³]	[s]	[s]
0.18	90.910	3.618×10^{-5}	-2.206×10^{12}	2.980×10^{12}	-2.119×10^{-11}	-2.008×10^8	2.712×10^7
0.2	389.977	1.068×10^{-5}	-1.976×10^{13}	2.670×10^{12}	-8.055×10^{-9}	-3.203×10^8	4.327×10^7



ANALIZA EXPERIMENTALĂ A STRATULUI LIMITĂ



Schema de principiu a tunelului experimental de uscare

1 - tunel aerodinamic cu circuit închis, de secțiune dreptunghiulară, 2 - celulă de măsurare, 3 - ventilator centrifugal, 4 - clapetă, 5 - baterie de rezistențe electrice, 6 - sistem de reglare automată a temperaturii, 7 - injector, 8 - sistem de reglare automată a umidității relative



ANALIZA EXPERIMENTALĂ A STRATULUI LIMITĂ

Epruvete: lemn de brad
(240x240x240 mm)

Regim de uscare:

viteza medie: $u = 1.4$ m/s

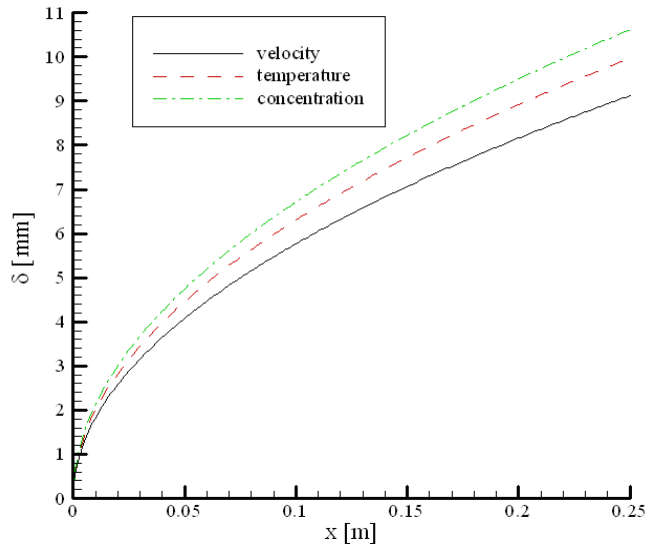
temperatura medie: $t = 55$ °C

umiditatea relativă medie: $\phi = 50\%$

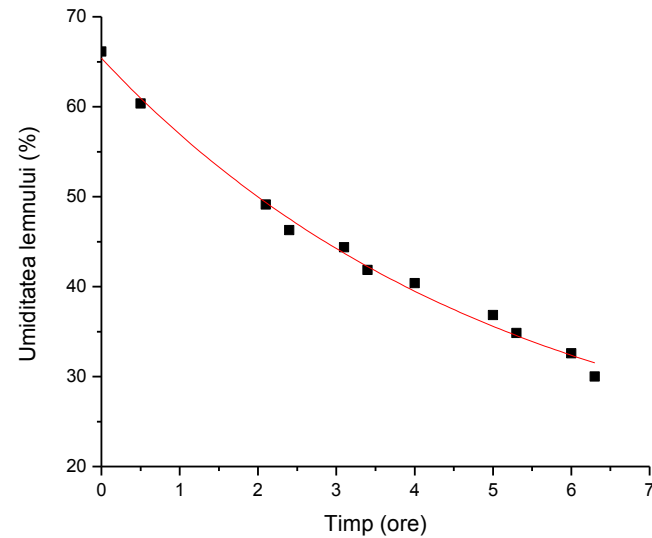
echipament experimental: KIMO (AMI 300)



ANALIZA EXPERIMENTALĂ A STRATULUI LIMITĂ



Grosimile stratului limită dinamic, termic și de difuzie obținute experimental



Variația umidității lemnului pe durata uscării



REZULTATELE CERCETĂRILOR

- **Raportul tehnico-științific al proiectului CNCSIS tip PN II-ID-PCE, nr. 723/2009: *Aplicarea metodei termodinamicii proceselor ireversibile la optimizarea procesului de uscare a materialelor capilar-poroase.***
- **Șova D., Bedelean B. (2009) *The characteristics of heat and mass transfer during evaporation from free surfaces*, International Conference „Wood Science and Engineering in the Third Millenium” (proceedings), pp. 125-132.**
- **Șova D., Postelnicu A. (2009) *Aplicarea metodei termodinamicii proceselor ireversibile la studiul transferului de căldură și de masă la suprafața corpurilor în procesul de uscare*, PRO LIGNO, vol. 5, issue 4, pp. 65-75.**
- **Postelnicu A., Șova D. (2010) *Assessment of the particularities of heat and mass transfer processes at the surface of capillary-porous materials*, 11th International IUFRO Wood Drying Conference ”Recent Advances in Wood Drying” (proceedings), 18-22 January 2010, Skellefteå.**
- **Șova D., Ungureanu V.B., Postelnicu A. (2012) *Tunelul experimental de uscare – de la teorie la practică*, PRO LIGNO, vol. 8, issue 1, pp. 15-27.**



1.2. OPTIMIZAREA REGIMURILOR DE USCARE ALE LEMNULUI PRIN METODA PROIECTĂRII EXPERIMENTELOR

- Simularea uscării (TORKSIM v.5.0.)
 - Date de intrare:
 - specia de lemn: molid
 - grosimea plăcii: 20 mm
 - conținutul inițial de umiditate al lemnului: 90%; 60%; 30%
 - conținutul final de umiditate al lemnului: 10%
 - regimul de uscare: bazat pe conținutul de umiditate
 - vitezele aerului au fost alese dintr-o gamă de valori utilizate în mod obișnuit în camera de uscare industrială pentru uscarea molidului (2-3 m/s)
 - temperatura aerului a variat între 50°C și 75°C
 - umiditatea relativă a aerului a variat între 40% și 58%
 - modelul camerei de uscare: simularea a fost realizată pentru uscarea unei singure plăci în camera de uscare la scară redusă



SIMULAREA USCĂRII

- **Date de ieșire:**
 - **timpul de uscare:** timpul necesar pentru uscarea probei de molid, de la conținutul inițial de umiditate (90%; 60%; 30%) până la conținutul mediu de umiditate final (aproximativ 10%)
 - **consumul de energie:** a inclus pierderile de energie prin transfer termic și datorită aerului evacuat, căldura acumulată în diferitele componente ale instalației și energia consumată pentru evaporarea umidității lemnului
 - **tensiunea relativă:** indică riscul apariției crăpăturilor de suprafață

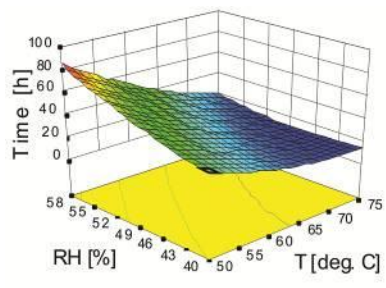


ANALIZA STATISTICĂ

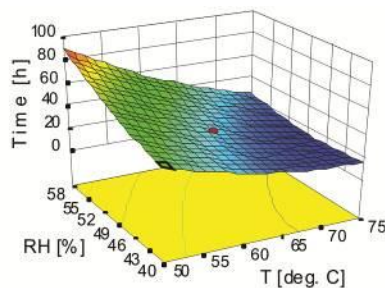
- metoda R(esponse)S(urface)M(ethodology) - o clasă de proiectare a experimentelor (Design of Experiments)
- metoda RSM a fost utilizată pentru a obține combinația optimă a parametrilor aerului într-o cameră de uscare pe baza criteriilor de minimizare a timpului de uscare, a consumului de energie și a tensiunii relative
- optimizarea uscării (minimizarea timpului de uscare, a consumului de energie și a tensiunii relative) a fost realizată prin utilizarea funcției de dezirabilitate



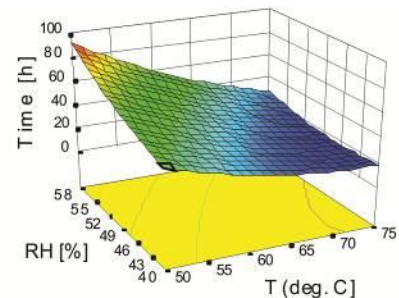
Graficul suprafeței de răspuns care indică efectele parametrilor de uscare asupra timpului de uscare: (a, b și c) temperatura și umiditatea relativă la viteza aerului de 2.5 m/s; (d, e și f) temperatura și viteza la umiditatea relativă a aerului de 49%; (g, h și i) viteza și umiditatea relativă la temperatura aerului de 62.5 °C



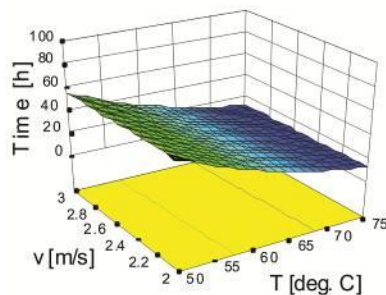
(a)



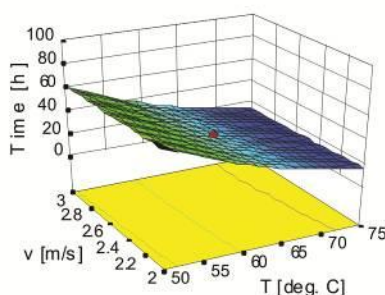
(b)



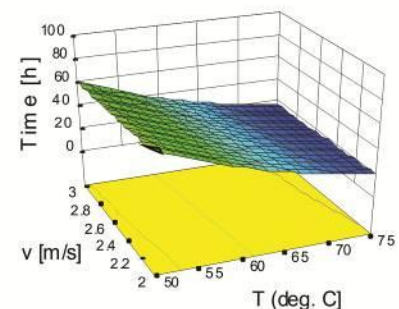
(c)



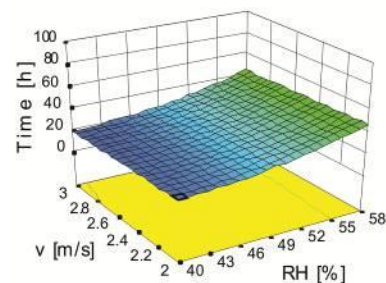
(d)



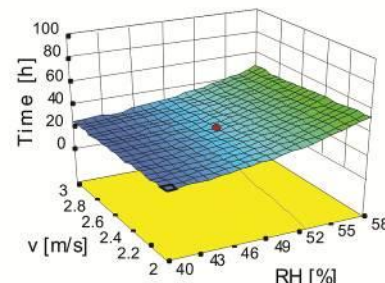
(e)



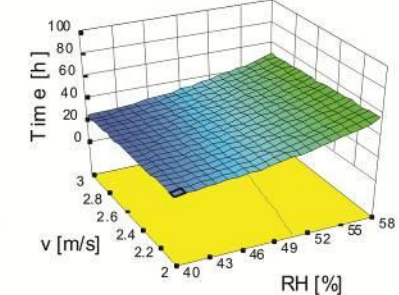
(f)



(g)



(h)



(i)

(MC= 30%)

(MC= 60%)

(MC= 90%)



Graficul suprafeței de răspuns care indică efectele parametrilor de uscare asupra consumului de energie:

(a, b și c)

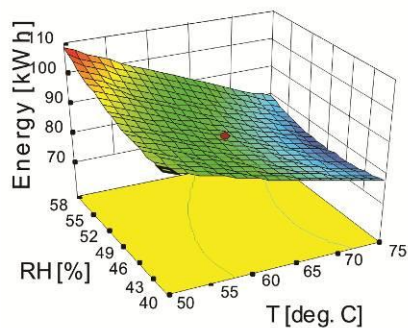
temperatura și umiditatea relativă la viteza aerului de 2.5 m/s;

(d, e și f)

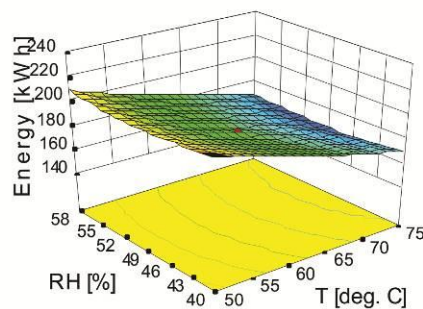
temperatura și viteza la umiditatea relativă a aerului de 49%;

(g, h și i)

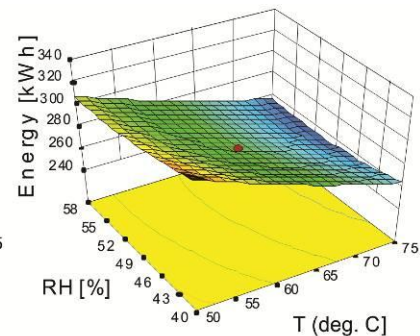
viteza și umiditatea relativă la temperatura aerului de 62.5 °C



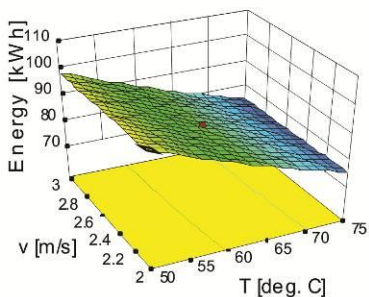
(a)



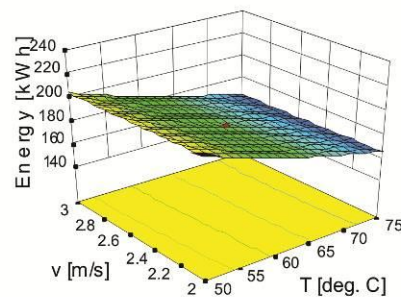
(b)



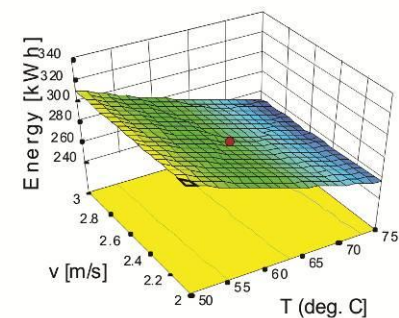
(c)



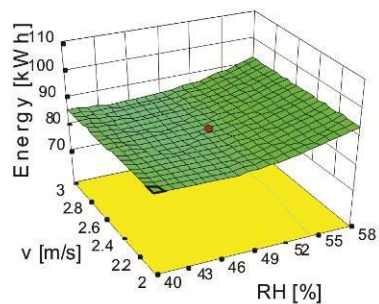
(d)



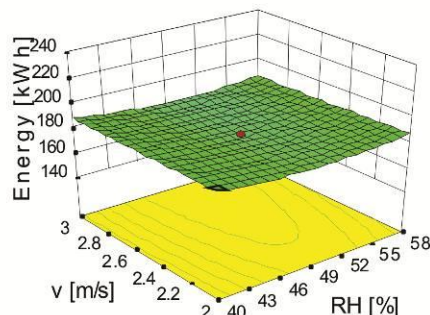
(e)



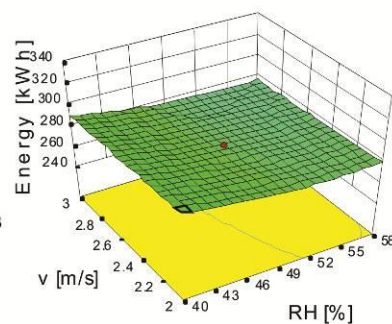
(f)



(g)



(h)



(i)

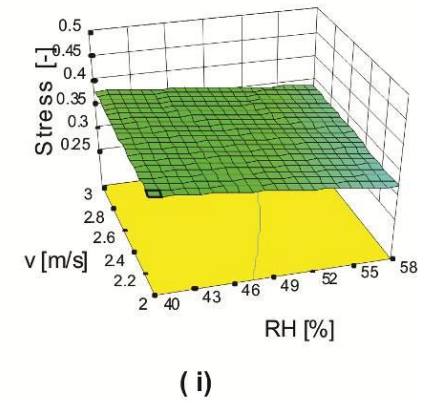
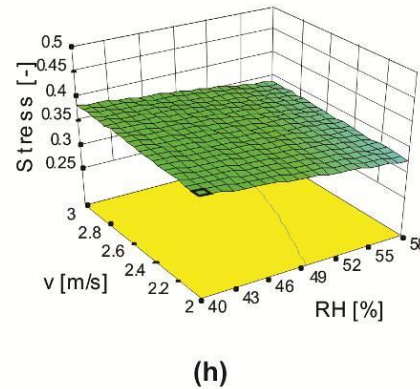
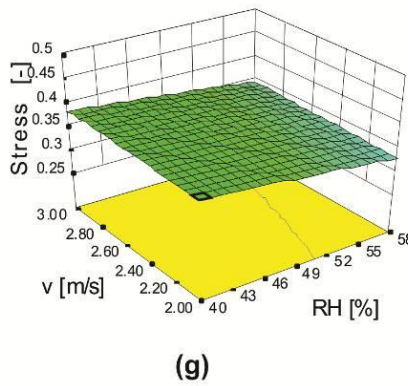
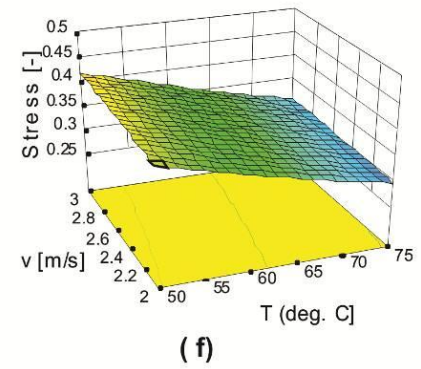
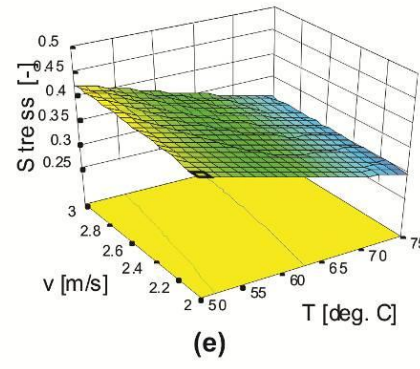
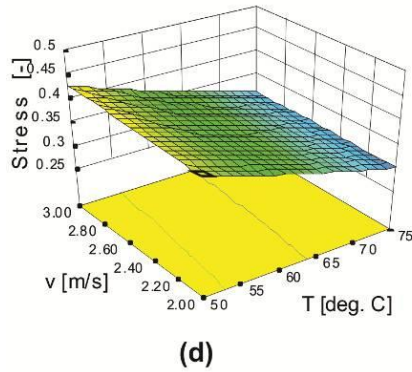
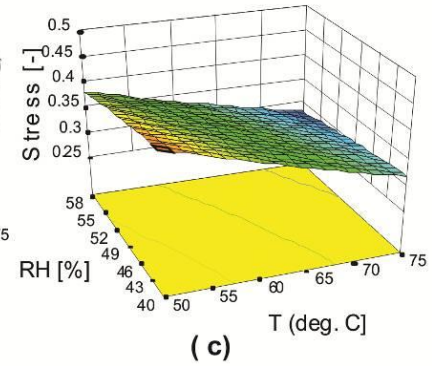
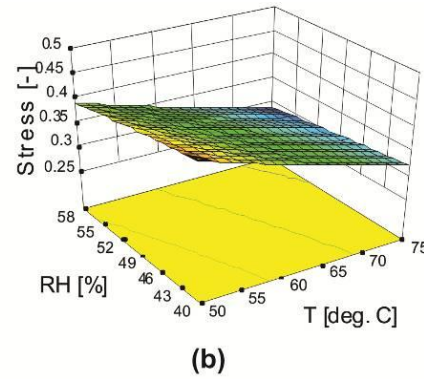
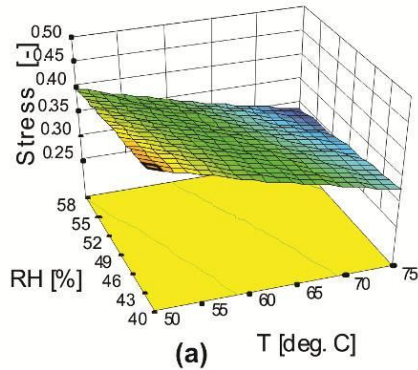
(MC= 30%)

(MC= 60%)

(MC= 90%)



Graficul suprafeței de răspuns care prezintă efectele parametrilor de uscare asupra tensiunii relative: (a, b și c) temperatura și umiditatea relativă la viteza aerului de 2.5 m/s; (d, e și f) temperatura și viteza la umiditatea relativă a aerului de 49%; (g, h și i) viteza și umiditatea relativă la temperatura aerului de 62.5 °C



(MC= 30%)

(MC= 60%)

(MC= 90%)



REZULTATELE OPTIMIZĂRII

- temperatura aerului a avut efectul cel mai important asupra tuturor rezultatelor uscării (creșterea temperaturii a condus la scăderea tuturor datelor de ieșire ale uscării)
- viteza a jucat un rol minor
- interacțiunea dintre temperatură și umiditate relativă asupra rezultatelor a fost mai puternică decât celelalte interacțiuni
- parametrii medii optimi ai aerului pentru uscarea convectivă a molidului au fost:
 - viteza: 3 m/s
 - temperatura: 72°C
 - umiditatea relativă: 44%



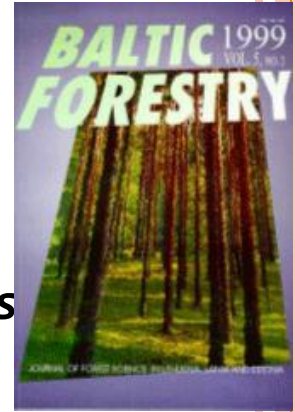
Parametrii optimi ai aerului și răspunsurile

Conținutul de umiditate		Temperatura aerului (°C)	Umiditatea relativă a aerului (%)	Viteza aerului (m/s)	Timpul de uscare (ore)	Consumul de energie (kWh/m³)	Tensiunea relativă (-)	Dezirabilitatea (-)
30%	Predicția din modelul polinomial	72.74	43.82	3	12.76	77.26	0.330*	0.94
	Simularea TORKSIM				16	77.6	0.329	-
	Eroarea relativă (%)				20	0.4	0.3	-
60%	Predicția din modelul polinomial	71.96	44.60	2.96	16.21	170.85	0.330*	0.92
	Simularea TORKSIM				20	171.6	0.333	-
	Eroarea relativă (%)				19	0.44	0.9	-
90%	Predicția din modelul polinomial	71.44	44.38	3	18.59	263.6	0.330*	0.91
	Simularea TORKSIM				22	265	0.330	-
	Eroarea relativă (%)				15.5	0.52	0	-



REZULTATELE CERCETĂRILOR

- Şova D., Bedelean B., Sandu V. (2016) *Application of Response Surface Methodology to optimization of wood drying conditions a pilot-scale kiln*, Baltic Forestry, vol. 22, issue 2, pp. 348-356.



Alte cercetări preliminare legate de studiul influenței parametrilor de uscare asupra duratei de uscare și a consumului de energie au fost publicate în:

- Şova D., Bedelean B. (2013) *Statistical analysis of simulated wood drying schedules as regards drying time reduction in an experimental kiln*, PRO LIGNO, vol. 9, issue 4, pp.715-720.
- Bedelean B., Şova D. (2013) *Revealing the relation between independent variables and drying time implemented in Torksim by means of artificial neural networks: a preliminary study*, PRO LIGNO, vol. 9, issue 4, pp.721-728.
- Şova D., Bedelean B. (2014) *Effects of air parameters on drying time and energy consumption*, Revista Termotehnica, vol. 1, pp. 48-52.



1.3. STUDIUL APARIȚIEI CRĂPĂTURILOR SUPERFICIALE PE DURATA USCĂRII PRIN EVALUAREA CÂMPULUI DE UMIDITATE ÎN LEMN

- **evaporarea umidității de pe suprafață determină o modificare continuă a câmpului de umiditate în interiorul lemnului**
- **se dezvoltă tensiuni, care conduc la crăpături în condițiile în care scăderea conținutului de umiditate depășește o limită maximă**
- **absența crăpăturilor este cerința fundamentală a lemnului uscat**
- **este necesară determinarea câmpului de umiditate în timpul uscării și adoptarea unui criteriu de similitudine care să caracterizeze acest câmp în momentul apariției crăpăturilor**



MODELUL MATEMATIC CARE DESCRIE CÂMPUL DE UMIDITATE ÎN INTERIORUL LEMNULUI ÎN TIMPUL USCĂRII CONVECTIVE

- câmpurile de temperatură și de umiditate ale unui corp supus uscării convective se obțin din soluția sistemului de ecuații diferențiale de transfer de căldură și masă cuplate

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \nabla^2 T + \frac{\varepsilon r}{c} \frac{\partial M}{\partial \tau}$$

$$\frac{\partial M}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 M + a_m \delta \nabla^2 T$$

- α (m²/s) este coeficientul de difuzivitate termică, ε este un coeficient de transformare de fază din lichid în vapori, r (J/kg) este căldura latentă de vaporizare, c (J/kgK) este căldura specifică a corpului, a_m (m²/s) este coeficientul de difuzie a umidității, δ (K⁻¹) este coeficientul termic datorat variației umidității (coeficient de termodifuzie)



MODELUL MATEMATIC CARE DESCRIE CÂMPUL DE UMIDITATE ÎN INTERIORUL LEMNULUI ÎN TIMPUL USCĂRII CONVECTIVE

- o soluția indicată de Luikov pentru ecuația câmpului de umiditate este

$$\frac{M_0 - M(x, \tau)}{M_0 - EMC} = \int_0^\tau \frac{J_1(\tau)}{R\rho_0(M_0 - EMC)} d\tau - Ki^*(\tau) \frac{R^2 - 3x^2}{6R^2} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{n^2 \pi^2} \cos \frac{n\pi x}{R} \exp\left(-n^2 \pi^2 \frac{a_m \tau}{R^2}\right) \times \left[Ki^*(0) + \int_0^\tau \exp\left(\frac{n^2 \pi^2 a_m \tau}{R^2}\right) \frac{dKi(\tau)}{d\tau} d\tau \right]$$

- $M(x, \tau)$ este valoarea locală a conținutului de umiditate,

$$Ki^*(\tau) = \frac{J_1(\tau)R}{a_m \rho_0 (M_0 - EMC)} \text{ reprezintă criteriul de similitudine higrometric Kirpichev}$$

- criteriul higrometric Kirpichev se utilizează pentru evaluarea câmpului de umiditate pe grosimea plăcii în perioada de uscare cu viteză constantă, fiind o măsură a mărimii tensiunilor interne care favorizează apariția crăpăturilor superficiale



MODELUL MATEMATIC CARE DESCRIE CÂMPUL DE UMIDITATE ÎN INTERIORUL LEMNULUI ÎN TIMPUL USCĂRII CONVECTIVE

- o soluția poate fi redusă la forma

$$\frac{M_0 - M(x, \tau)}{M_0 - EMC} = Ki^* \left(Fo^* - \frac{R^2 - 3x^2}{6R^2} \right)$$

- o s-a adoptat un criteriu de similitudine care caracterizează câmpul de umiditate ce favorizează apariția crăpăturilor superficiale în prima perioadă de uscare, când intensitatea transferului de masă este maximă

$$K = \frac{M(0, \tau) - M(R, \tau)}{M_0 - EMC}$$

- o relația între criteriul de similitudine K și criteriul higrometric Kirpichev este

$$K = \frac{M(0, \tau) - M(R, \tau)}{M_0 - EMC} = \frac{1}{2} Ki^*$$



SIMULAREA CÂMPULUI DE UMIDITATE

- cinci regimuri de uscare
- probe de lemn de pin
 - umidități inițiale diferite: 130% și 60%
 - grosimea: 28 mm

Regim de uscare standard (Seba Industrial Company)

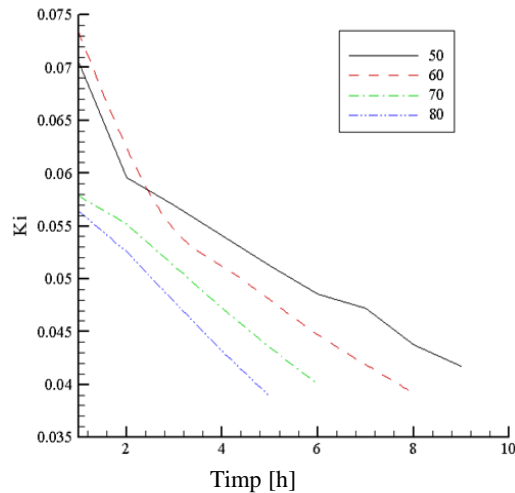
Treptele procesului	Umiditatea lemnului, %	Temperatură, °C	Umiditate de echilibru, %
I	40	58	17
II	28	65	10

Regimuri de uscare propuse

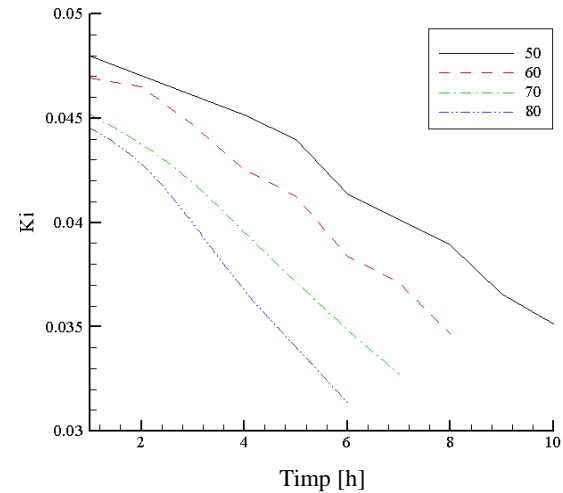
Procesul				Umiditate relativă, %
i	ii	iii	iv	
Temperatură, °C				
50	60	70	80	40
50	60	70	80	50
50	60	70	80	60



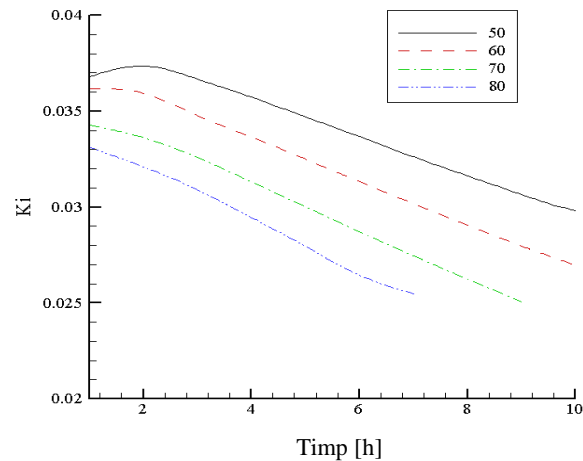
SIMULAREA CÂMPULUI DE UMIDITATE



Variația criteriului higrometric în funcție de timp, la umiditatea relativă RH=40% și diferite temperaturi



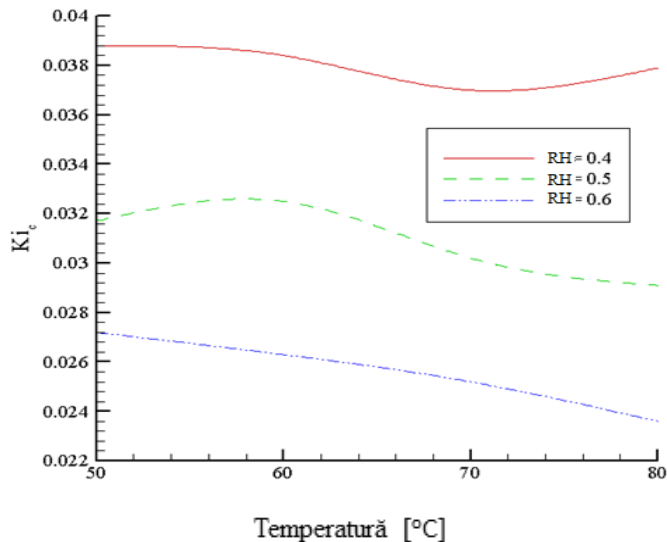
Variația criteriului higrometric în funcție de timp la o umiditate relativă RH=50% și diferite temperaturi



Variația criteriului higrometric în funcție de timp la o umiditate relativă RH=60% și diferite temperaturi



SIMULAREA CÂMPULUI DE UMIDITATE



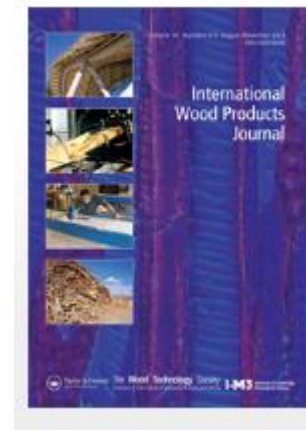
Criteriul higrometric critic în funcție de temperatură pentru diferite umidități relative ale aerului

- valorile minime ale criteriului sunt situate între 70°C și 80°C
- riscul minim de apariție a crăpăturilor este la 80°C și 60% umiditate relativă
- regimurile de uscare optime trebuie astfel alese încât să se obțină valori ale criteriului Ki situate în domeniul de sub curbele $Ki_c^* = f(t)$



REZULTATELE CERCETĂRILOR

- Raportul tehnico-științific al proiectului CNCSIS tip PN II-ID-PCE, nr. 723/2009: *Aplicarea metodei termodinamicii proceselor ireversibile la optimizarea procesului de uscare a materialelor capilar-poroase.*
- Șova D., Postelnicu A., Bedelean B. (2010) Critical assessment of the drying quality, The final conference of COST Action E53 "The future of quality control for wood & wood products", 4-7th May 2010, Edinburgh (proceedings).
- Șova D., Postelnicu A., Bedelean B. (2010) Assessment of drying quality by use of Kirpichev number, International Wood Products Journal, vol. 1, issue 2, pp. 70-74.



2. CERCETĂRI ÎN DOMENIUL BIOMASEI LEMNOASE

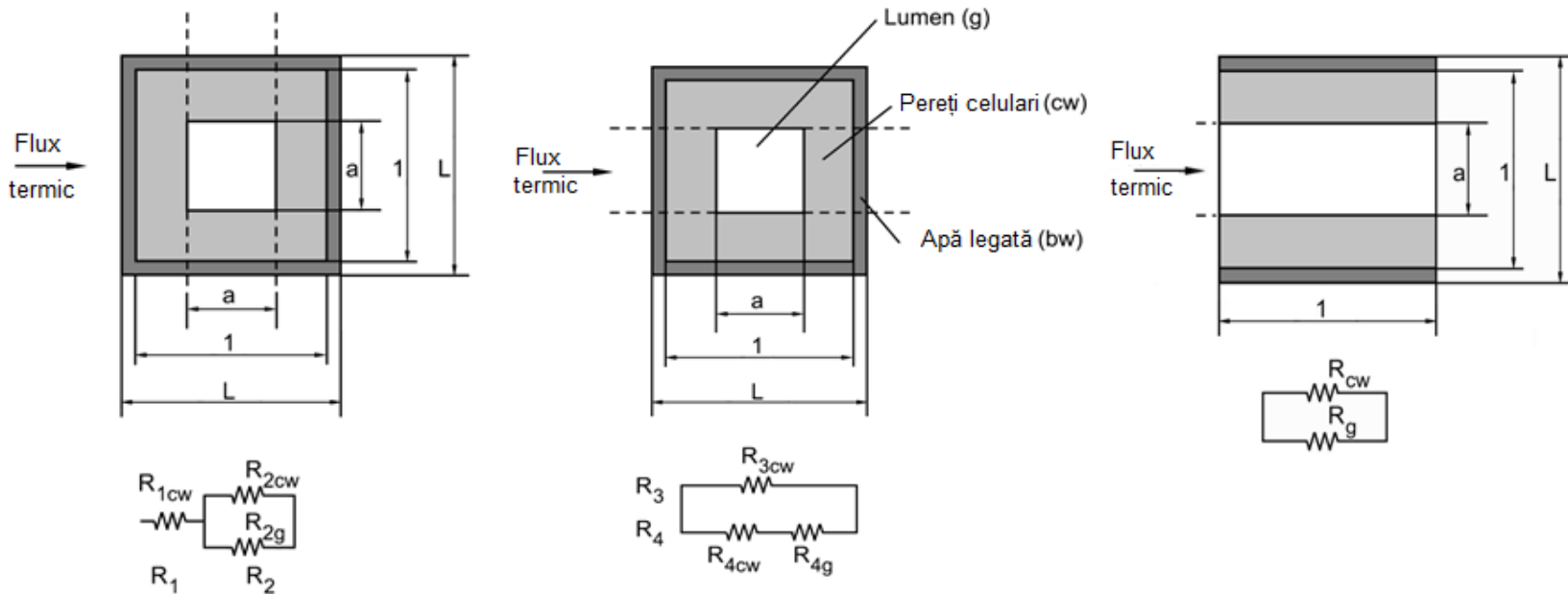


2.1. CONDUCTIVITATEA TERMICĂ EFECTIVĂ A BIOMASEI LEMNOASE SUB FORMĂ DE BRICHETE

- spre deosebire de lemn, care este un material biologic poros, anizotrop și neomogen, brichetele sunt considerate materiale izotrope datorită orientării fibrelor în timpul procesului de brichetare
- literatura existentă oferă puține informații cu privire la conductivitatea termică a unei brichete de lemn și nu există un model care să descrie conductivitatea termică efectivă
- cercetarea întreprinsă a constatat în a investiga în ce măsură modelele existente de determinare a conductivității termice efective a lemnului pot fi aplicate și la brichetele de lemn



MODELE DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ EFECTIVĂ APLICATE BRICHETELOR DE LEMN



Modele de circuite electrice rezistive care descriu transferul de căldură într-o celulă lemnoasă

- transfer de căldură în direcție transversală (serie),
- transfer de căldură în direcție transversală (paralel),
- transfer de căldură în direcție longitudinală



MODELE DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ EFECTIVĂ APLICATE BRICHETELOR DE LEMN

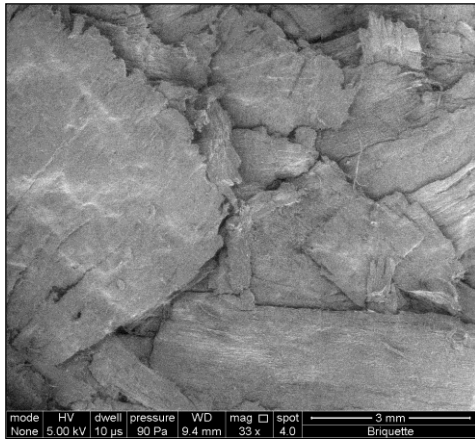
$$k_{eff \perp, A_1} = \left(\frac{\omega_{cw}}{k_{cw \perp}} + \frac{\omega_g}{\omega_{cw} k_{cw \perp} + \omega_g k_g} \right)^{-1} \quad \omega_{cw} = \frac{L-a}{L} \quad \omega_g = \frac{a}{L}$$

$$k_{eff \perp, B_1} = \omega_{cw} k_{cw \perp} + \frac{\omega_g}{\frac{\omega_{cw}}{k_{cw \perp}} + \frac{\omega_g}{k_g}}$$

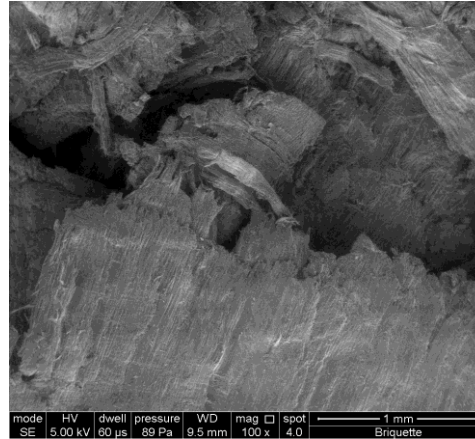
$$k_{eff \parallel} = (1 - \omega_g^2) k_{cw \parallel} + \omega_g^2 k_g$$



MODELE DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ EFECTIVĂ APLICATE BRICHETELOR DE LEMN



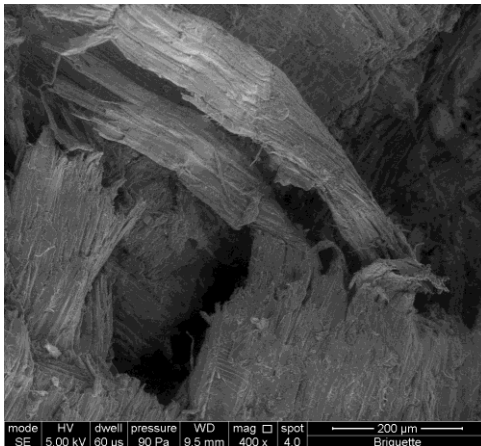
a)



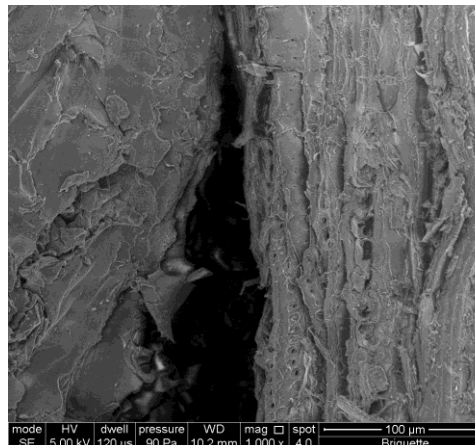
b)

Imagini obținute prin
Scanning Electron
Microscopy (ESEM) ale
suprafeței brichetelor la
umiditatea de echilibru

- a) Mărire de 33x
- b) Mărire de 100x
- c) Mărire de 400x
- d) Mărire de 1000x



c)



d)

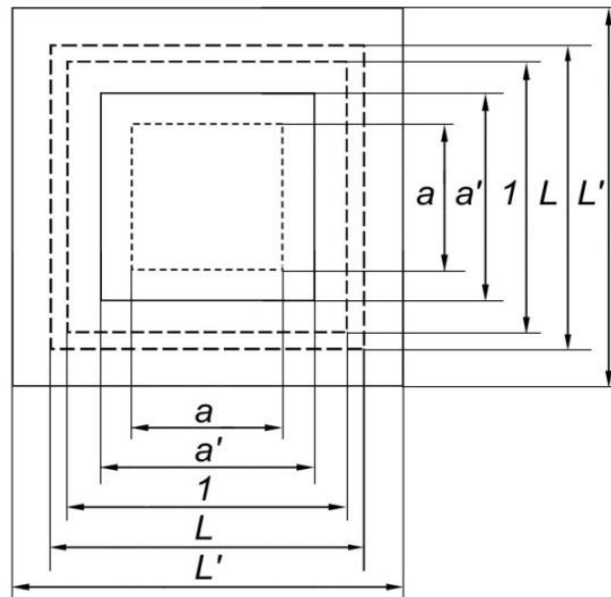


MODELE DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ EFECTIVĂ APLICATE BRICHETELOR DE LEMN

- cu creșterea conținutului de umiditate al brichetei de la 0% până la umiditatea de echilibru (~6%), crește totodată și conductivitatea termică efectivă
- procesul de umidificare conduce atât la umflarea fibrelor, cât și la o mărire a golurilor dintre așchiile brichetei, astfel încât dimensiunile de ansamblu ale brichetei cresc semnificativ cu creșterea conținutului de umiditate peste umiditatea de echilibru
- deși umiditatea brichetei crește, conductivitatea termică efectivă scade datorită creșterii numărului de goluri
- pentru un conținut de umiditate mai mare decât umiditatea de echilibru ($MC > EMC$), noul model de celulă lemnoasă presupune un lumen mai mare, care include și spațiile dintre așchii



MODELE DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ EFECTIVĂ APLICATE BRICHETELOR DE LEMN

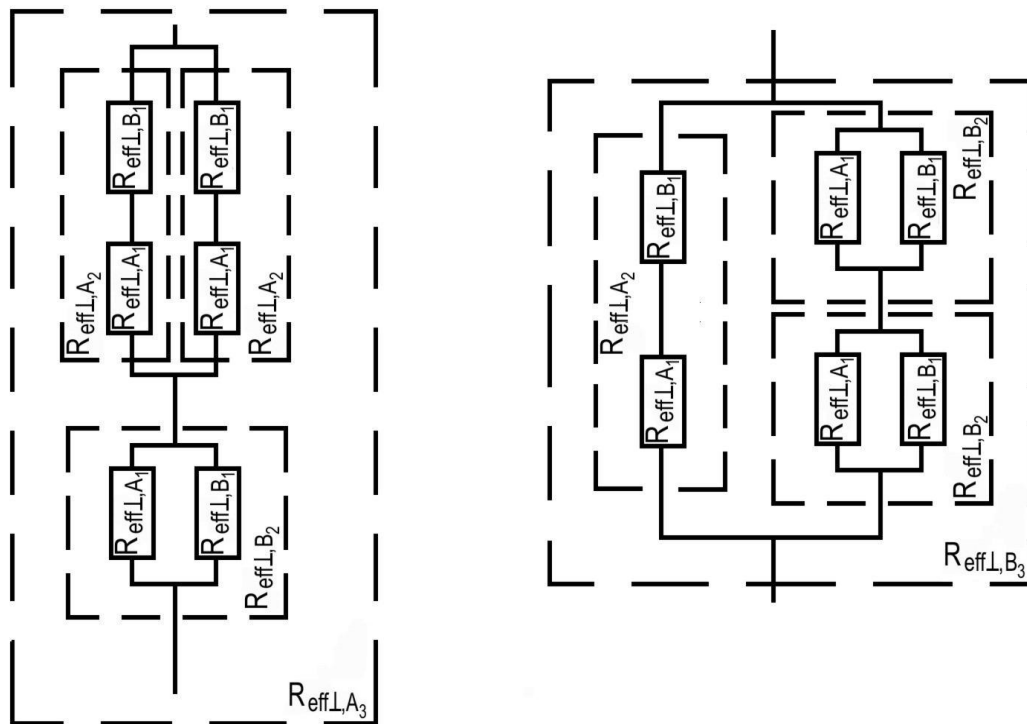


Modelul de celulă lemnoasă pentru $MC > EMC$



MODELE DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ EFECTIVĂ APLICATE BRICHETELOR DE LEMN

- modelul rezistiv transversal în serie tinde să supraestimeze conductivitatea termică
- modelul rezistiv transversal în paralel tinde să subestimeze conductivitatea termică
- pentru a reduce diferența dintre conductivitățile termice, celulele lemnoase sunt combinate în circuite în serie și în paralel



Circuite în serie și în paralel pentru rezistențele efective

$$R_{eff,L,A_i} \text{ și } R_{eff,L,B_i}$$



MODELE DE CONDUCTIVITATE TERMICĂ EFECTIVĂ APLICATE BRICHETELOR DE LEMN

- conductivitatea termică efectivă poate fi exprimată în urma combinării a două celule lemnoase ($i = 2$) în circuite în serie și în paralel astfel:

$$k_{eff \perp, A_2} = \frac{2}{\frac{1}{k_{eff \perp, A_1}} + \frac{1}{k_{eff \perp, B_1}}}$$

$$k_{eff \perp, B_2} = \frac{k_{eff \perp, A_1} + k_{eff \perp, B_1}}{2}$$

- ecuațiile generale (dacă $i > 1$) pentru conductivitățile termice efective sunt:

$$k_{eff \perp, A_{i+1}} = \frac{a_{i+1}}{\frac{a_i}{k_{eff \perp, A_i}} + \frac{b_i}{k_{eff \perp, B_i}}}$$

$$k_{eff \perp, B_{i+1}} = \frac{b_i k_{eff \perp, A_i} + a_i k_{eff \perp, B_i}}{a_{i+1}}$$

- în care a_i și b_i sunt coeficienți corelați prin ecuațiile:

$$a_{i+1} = a_i + b_i$$

$$b_i = a_{i-1} b_{i-1}$$

- valorile inițiale sunt $a_1 = 1$ și $b_1 = 1$



REALIZAREA BRICHETELOR DE LEMN ȘI DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CONDUCTIVITĂȚII TERMICE

- brichete din amestecuri de așchii de rășinoase și foioase
- materia primă: resturi rezultate din prelucrarea secundară a lemnului (așchii), care au avut dimensiunile medii de 8 mm (lungime și lățime) și 0.15 mm (grosime)
- comprimarea așchiilor în presa hidraulică tip MB4 Goldmark

Specificații ale presei hidraulice de brichetare

Puterea presei [kW]	4
Presiune [bar]	150
Capacitate maximă [kg/h]	40
Diametrul brichetei [mm]	40
Lungimea brichetei [mm]	30-75
Conținutul maxim de umiditate [%]	17
Diametrul rezervorului [mm]	800
Dimensiunile presei (LxHxW) [mm]	1200x980x1300

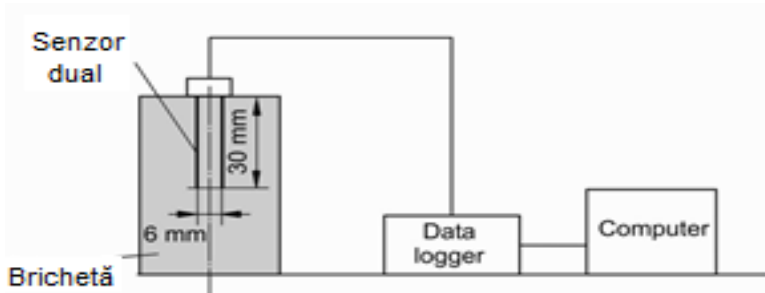


REALIZAREA BRICHETELOR DE LEMN ȘI DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CONDUCTIVITĂȚII TERMICE

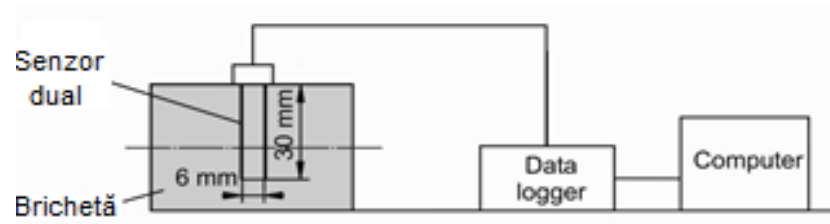
- pentru a determina conductivitatea termică s-au efectuat două orificii de $\varnothing=1.3$ mm x 30 mm în fiecare brichetă
- nouă brichete au fost găurite paralel cu axa brichetei (indicele L), iar alte nouă brichete au fost găurite perpendicular pe axa brichetei, de-a lungul razei (indicele R)
- conductivitatea termică s-a măsurat cu aparatul KD2 Pro analyzer (Decagon Devices Inc.) și senzorul dual SH-1 pe baza metodei sursei liniare tranzitorii de căldură
- s-au efectuat măsurări la 0% conținut de umiditate (MC) și la umiditatea de echilibru (EMC)
- pentru a mări conținutul de umiditate al brichetelor, ele au fost umidificate în camera climatică (KPK 200/FEUTRON) la 20°C până la 90% umiditate relativă



REALIZAREA BRICHETELOR DE LEMN ȘI DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A CONDUCTIVITĂȚII TERMICE



a)

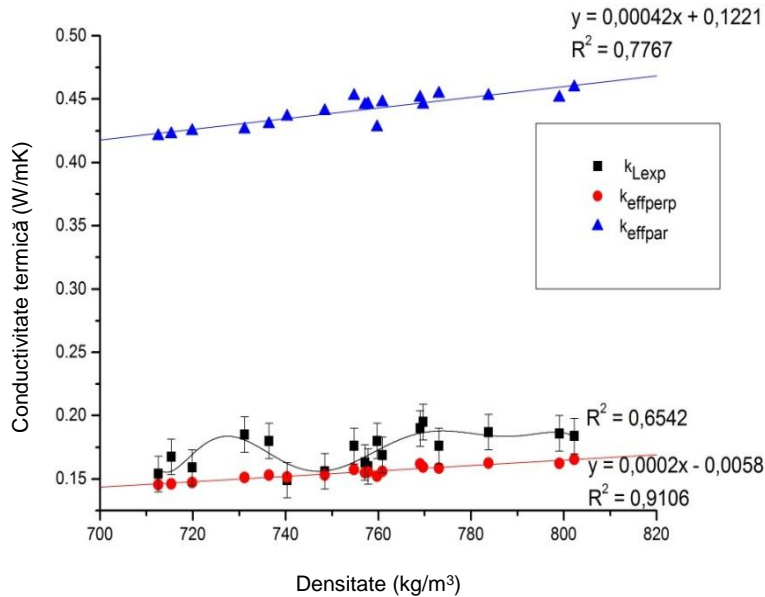


b)

**Măsurarea conductivității termice pe baza metodei sursei liniare tranzitorii de căldură
a) paralel față de axa brichetei, b) perpendicular față de axa brichetei**



REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI ALE MODELELOR CIRCUITELOR REZISTIVE

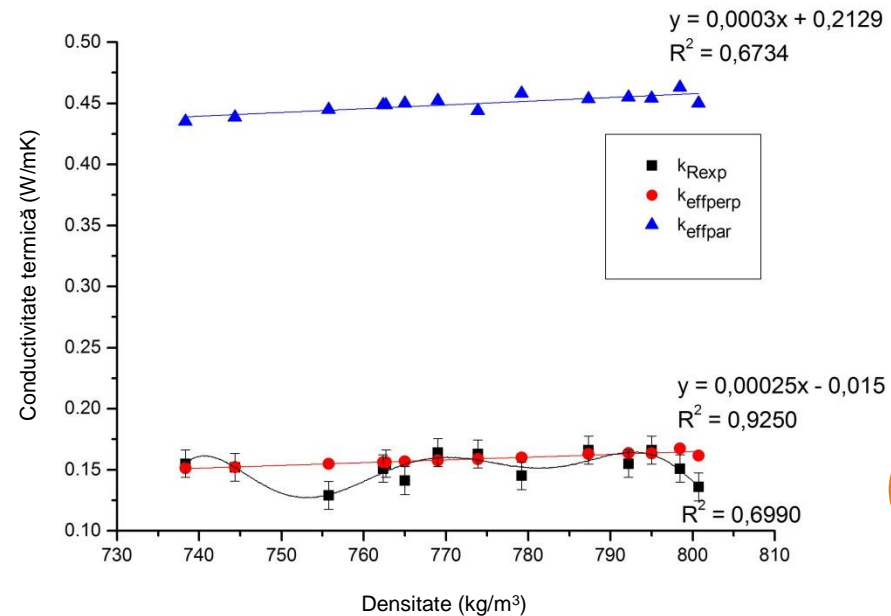


Conductivitatea termică experimentală și modelată a brichetelor găurite *longitudinal* (paralel cu axa) în funcție de densitate (MC ≤ EMC)

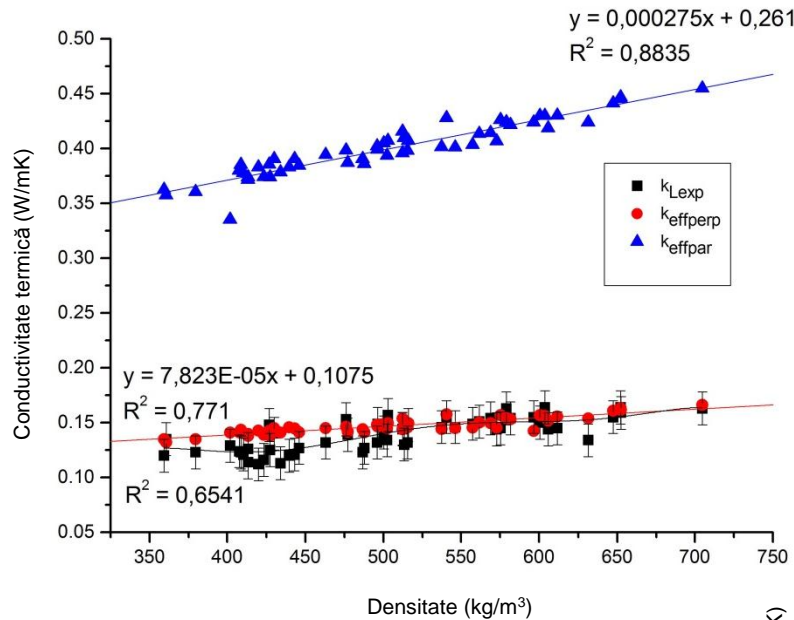
(k_{Lexp} – rezultate experimentale ale conductivității termice; $k_{effperp}$ – conductivitate termică efectivă în direcție transversală; k_{effpar} – conductivitate termică efectivă în direcție longitudinală)

Conductivitatea termică experimentală și modelată a brichetelor găurite *radial* (perpendicular față de axă) în funcție de densitate (MC ≤ EMC)

(k_{Rexp} – rezultate experimentale ale conductivității termice; $k_{effperp}$ – conductivitate termică efectivă în direcție transversală; k_{effpar} – conductivitate termică efectivă în direcție longitudinală)

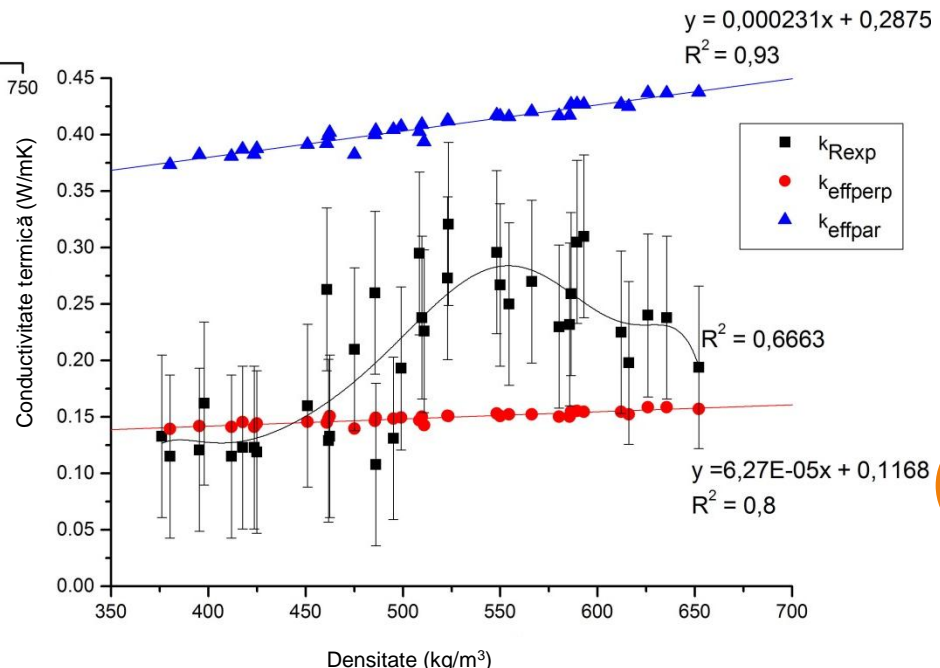


REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI ALE MODELELOR CIRCUITELOR REZISTIVE



Conductivitatea termică experimentală și modelată a brichetelor găurite *longitudinal* (paralel cu axa) în funcție de densitate (MC>EMC) (k_{Lexp} – rezultate experimentale ale conductivității termice; $k_{effperp}$ – conductivitate termică efectivă în direcție transversală; k_{effpar} – conductivitate termică efectivă în direcție longitudinală)

Conductivitatea termică experimentală și modelată a brichetelor găurite *radial* (perpendicular față de axă) în funcție de densitate (MC>EMC) (k_{Rexp} – rezultate experimentale ale conductivității termice; $k_{effperp}$ – conductivitate termică efectivă în direcție transversală; k_{effpar} – conductivitate termică efectivă în direcție longitudinală)



REZULTATELE CERCETĂRILOR

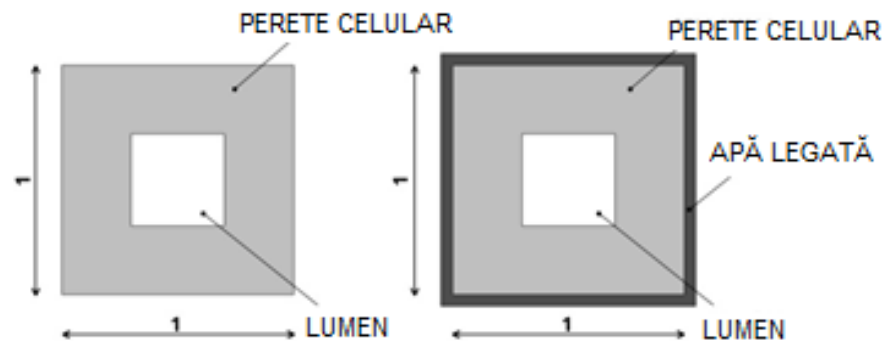
Modelele propuse și utilizate la determinarea conductivității termice efective a brichetelor sunt incluse în lucrarea:

- Șova D., Porojan M., Bedelean I.B., Huminic G. (2018) Effective thermal conductivity models applied to wood briquettes, International Journal of Thermal Sciences, vol. 124, issue 2, pp. 1-12.



2.2. RELAȚIA DINTRE POROZITATEA ȘI RUGOZITATEA BRICHETELOR DE LEMN

- o porozitatea este una din proprietățile fizice ale lemnului, respectiv brichetelor de lemn, care este importantă la analiza și modelarea arderii, la procesele de transfer de căldură și masă în timpul etapelor de ardere sau la determinarea conductivității termice efective
- o celula lemnoasă ca model rectangular de secțiune pătrată, cu dimensiuni totale unitare



Model de celulă lemnoasă (secțiune transversală)
a) condiții anhidre, b) condiții umede



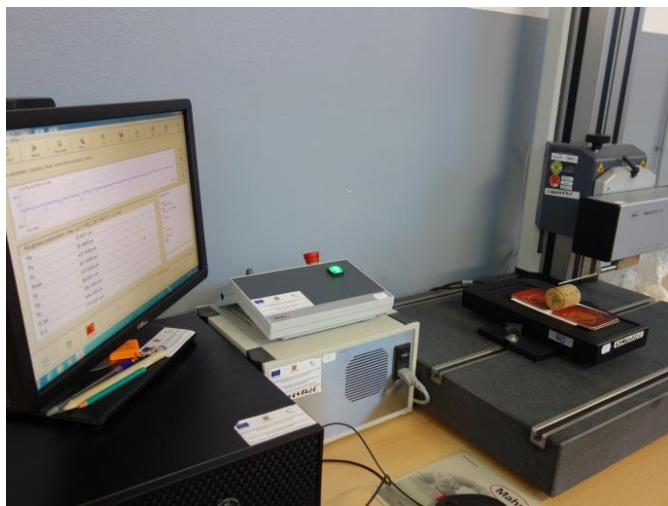
POROZITATEA ȘI RUGOZITATEA BRICHETELOR

- poate fi determinată porozitatea indirect prin măsurarea unor parametri de rugozitate ai suprafeței brichetei?**
- în ce măsură relațiile de calcul al porozității lemnului pot fi aplicate la brichete?**
- există corelații între o mărime măsurabilă, precum rugozitatea și o mărime calculată, care este porozitatea?**
- plecând de la diferitele studii efectuate asupra lemnului, se poate aprecia că atât porozitatea, cât și parametrii de rugozitate sunt proprietăți dependente de densitate**



PARAMETRII DE RUGOZITATE AI BRICHETELOR

- măsurările de rugozitate s-au efectuat cu instrumentul MarSurf XT20, echipat cu un cap de scanare MFW 250, cu brațul de trasare în domeniul $\pm 500 \mu\text{m}$ și un palpator cu raza vârfului de $2 \mu\text{m}$ și unghiul vârfului de 90° , care s-a deplasat pe lungimea brichetelor cu o viteză de 0.5 mm/s și o forță de scanare scăzută, de 0.7 mN



a)



b)

Măsurarea rugozității suprafeței brichetelor cu ajutorul echipamentului MarSurf
a) echipament, b) detaliu al palpatorului în contact cu bricheta



PARAMETRII DE RUGOZITATE AI BRICHETELOR

- rugozitatea a fost măsurată pe o lungime a brichetelor de 15 mm
- s-au efectuat câte 4 măsurări la fiecare brichetă, pe lungimi ale brichetei orientate la unghiuri de 90° ale secțiunii transversale
- după generarea profilurilor de rugozitate, s-a calculat R_a (abaterea medie aritmetică a neregularităților profilelor evaluate)
- alți parametri calculați au fost parametrii curbei Abbot R_{pk} , R_k și R_{vk} (R_k reprezintă adâncimea profilului de rugozitate, R_{pk} este înălțimea medie a vârfurilor proeminente ale profilului de rugozitate, iar R_{vk} este adâncimea medie a profilului)
- s-a determinat și suma $R_k+R_{pk}+R_{vk}$ pentru comparație, datorită efectului cumulativ asupra rugozității suprafeței, și care împreună cu R_{vk} ar trebui să fie sensibili la variațiile densității brichetei, respectiv porozității



DENSITATEA BRICHETELOR

- pentru evaluarea densității brichetelor s-au utilizat două metode stereometrice și o metodă de dislocuire a lichidului
 - prima metodă stereometrică (St_1) s-a bazat pe măsurarea lungimii și a diametrului fiecărei brichete și pe calculul volumului unui cilindru ca formă geometrică regulată; s-a determinat densitatea ca raport între masa și volumul brichetei
 - a doua metodă stereometrică (St_2) a constat în estimarea ariei transversale a fiecărei brichete prin intermediul unei foi de hârtie cu densitate și masă cunoscute; din nou s-a determinat densitatea ca raport între masa și volumul brichetei
 - volumul brichetelor obținut prin metoda dislocuirii de lichid a fost determinat prin imersarea (Im) fiecărei brichete în toluen; volumul brichetei s-a obținut din masa volumului de toluen dislocuit prin imersarea brichetei în lichid



POROZITATEA BRICHETELOR

- porozitatea brichetelor s-a calculat prin trei metode:
 - prima metodă de calcul al porozității anhidre (P_d) se bazează pe densitatea anhidră (ρ_{OD}) și pe densitatea peretelui celular (ρ_{cw})

$$P_d = \frac{\rho_{cw} - \rho_{OD}}{\rho_{cw} - \rho_{aer}}$$

- a doua metodă se bazează pe participația volumică a peretelui celular (substanței lemnoase) ($V\%_{sl}$) și pe participația volumică a umidității ($V\%_M$)

$$P = 1 - V\%_{sl} - V\%_M$$

- a treia metodă se bazează pe porozitatea celulei anhidre și pe conținutul de umiditate

$$P = \frac{(1 - V\%_{bw})P_d}{1 - V\%_{bw}P_d}$$

- $V\%_{bw}$ este participația volumică a apei legate



POROZITATEA BRICHETELOR

- prima metodă de calcul al porozității s-a referit doar la condițiile anhidre
- pentru a o putea compara cu a doua și a treia metodă (pentru condiții umede), a fost necesar să se dezvolte o ecuație modificată

$$P = \frac{\rho_{cw_M} - \rho_u}{\rho_{cw_M} - \rho_{air}}$$

- densitatea peretelui celular cu apă legată este:

$$\rho_{cw_M} = \rho_{cw} (1 - V\%_{bw}) + \rho_{bw} V\%_{bw}$$

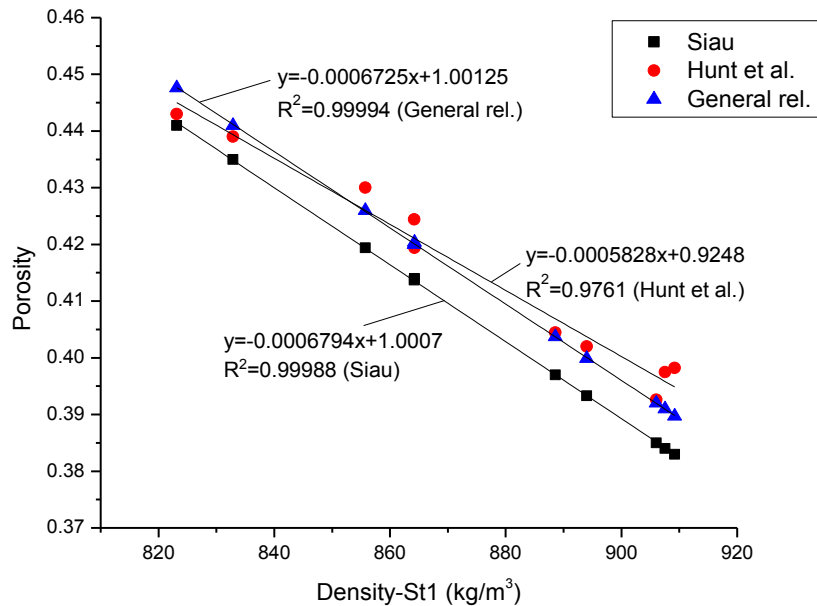


REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI CORELAȚIILE DINTRE PARAMETRII EXPERIMENTALI ȘI CALCULAȚI

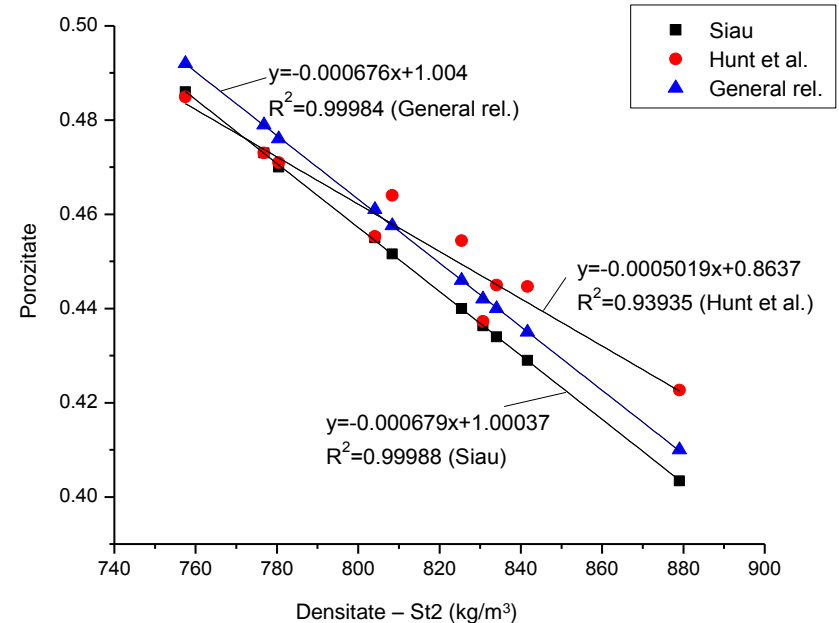
Densitate (kg/m ³)	Porozitate			Rugozitate (μm)			
	Siau	Hunt et al.	Relație generală	Ra	Rvk	Rk+Rpk+Rvk	
Prima metodă stereometrică	906.0	0.39	0.39	0.39	26.7	89.1	194.0
	888.6	0.40	0.40	0.40	25.2	84.9	177.1
	823.2	0.44	0.44	0.45	34.5	95.6	249.1
	894.0	0.39	0.40	0.40	23.6	61.7	178.6
	855.7	0.42	0.43	0.43	32.0	109.4	231.6
	864.2	0.41	0.42	0.42	25.5	92.8	201.1
	864.2	0.41	0.42	0.42	32.7	108.9	222.3
	909.2	0.38	0.40	0.39	25.7	68.7	192.4
	832.9	0.44	0.44	0.44	28.4	104.7	200.0
	907.5	0.38	0.40	0.39	21.7	52.0	150.2
Medie	874.6	0.41	0.42	0.41	27.6	86.8	199.6
Stdev	31.3	0.021	0.018	0.021	4.20	20.05	28.79
A doua metodă stereometrică	834.0	0.43	0.45	0.44	26.7	89.1	194.0
	825.4	0.44	0.45	0.45	25.2	84.9	177.1
	757.5	0.49	0.48	0.49	34.5	95.6	249.1
	830.7	0.44	0.44	0.44	23.6	61.7	178.6
	776.8	0.47	0.47	0.48	32.0	109.4	231.6
	804.1	0.46	0.46	0.46	25.5	92.8	201.1
	780.4	0.47	0.47	0.48	32.7	108.9	222.3
	841.7	0.43	0.44	0.44	25.7	68.7	192.4
	808.4	0.45	0.46	0.46	28.4	104.7	200.0
	879.0	0.40	0.42	0.41	21.7	52.0	150.2
Medie	813.8	0.45	0.46	0.45	27.6	86.8	199.6
Stdev	35.9	0.024	0.019	0.024	4.20	20.05	28.79
Metoda dislocuirii de lichid	820.6	0.44	0.44	0.45	26.7	89.1	194.0
	833.2	0.43	0.44	0.44	25.2	84.9	177.1
	796.7	0.46	0.47	0.47	34.5	95.6	249.1
	805.6	0.45	0.45	0.46	23.6	61.7	178.6
	797.8	0.46	0.45	0.46	32.0	109.4	231.6
	819.7	0.44	0.46	0.45	25.5	92.8	201.1
	831.4	0.44	0.45	0.44	32.7	108.9	222.3
	862.9	0.41	0.43	0.42	25.7	68.7	192.4
	823.5	0.44	0.45	0.45	28.4	104.7	200.0
	848.4	0.42	0.40	0.43	21.7	52.0	150.2
Medie	824.0	0.44	0.44	0.45	27.6	86.8	199.6
Stdev	21.2	0.015	0.017	0.014	4.20	20.05	28.79



REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI CORELAȚIILE DINTRE PARAMETRII EXPERIMENTALI ȘI CALCULAȚI



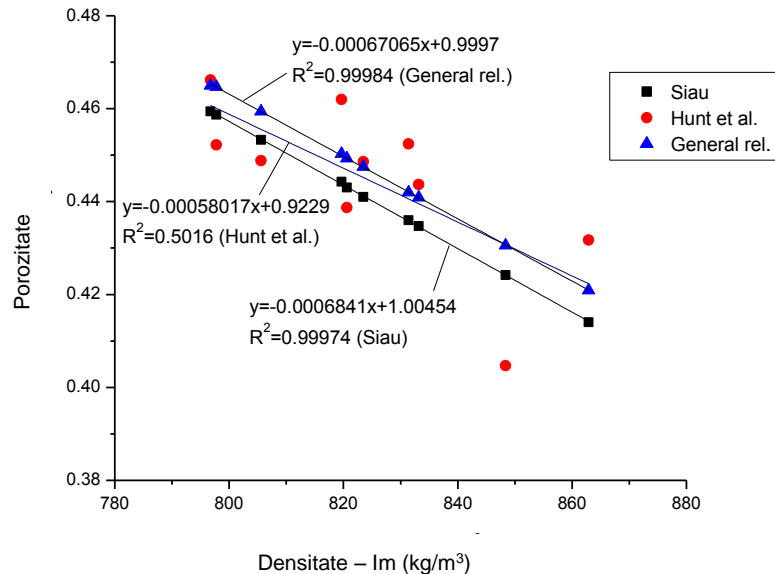
Porozitatea brichetelor în funcție de densitatea obținută din prima metodă stereometrică (St1)



Porozitatea brichetelor în funcție de densitatea obținută din a doua metodă stereometrică (St2)



REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI CORELAȚIILE DINTRE PARAMETRII EXPERIMENTALI ȘI CALCULAȚI



Porozitatea brichetelor în funcție de densitatea obținută prin metoda dislocuirii de lichid (Im)

- există o corelație puternică între porozitatea determinată cu prima și a treia metodă și densitate, indiferent de metoda de măsurare
- prin aplicarea celei de-a doua metode pentru determinarea porozității, metoda de măsurare a densității a influențat rezultatele porozității

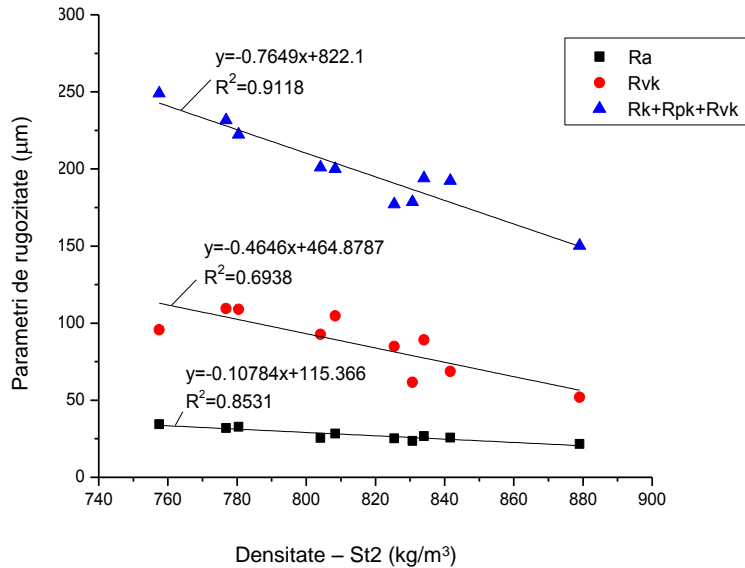


REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI CORELAȚIILE DINTRE PARAMETRII EXPERIMENTALI ȘI CALCULAȚI

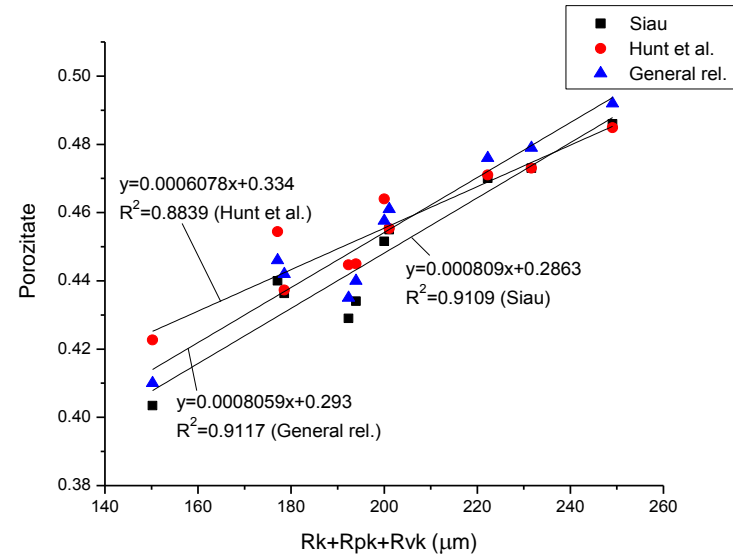
Metodă densitate	Metodă porozitate	Coeficient de determinare (R^2): porozitate-parametru de rugozitate			Coeficient de determinare (R^2): densitate-parametru de rugozitate		
		Ra	Rvk	Rk+Rpk+Rvk	Ra	Rvk	Rk+Rpk+Rvk
Prima metodă stereometrică	Siau	0.576	0.541	0.582	0.580	0.537	0.584
	Hunt et al.	0.619	0.546	0.604			
	Rel. gen.	0.579	0.539	0.585			
A doua metodă stereometrică	Siau	0.847	0.694	0.910	0.853	0.693	0.911
	Hunt et al.	0.891	0.757	0.883			
	Rel. gen.	0.850	0.695	0.911			
Metoda dislocării de lichid	Siau	0.271	0.229	0.363	0.272	0.226	0.363
	Hunt et al.	0.448	0.500	0.620			
	Rel. gen.	0.267	0.228	0.360			



REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI CORELAȚIILE DINTRE PARAMETRII EXPERIMENTALI ȘI CALCULAȚI



Parametrii de rugozitate ai brichetelor în funcție de densitatea obținută din a doua metodă stereometrică (St2)



Porozitatea brichetelor (St2) în funcție de parametrul de rugozitate (Rk+Rpk+Rvk)



REZULTATELE EXPERIMENTALE ȘI CORELAȚIILE DINTRE PARAMETRII EXPERIMENTALI ȘI CALCULAȚI

- rezultatele sunt încurajatoare întrucât ele oferă o metodă alternativă de estimare a porozității brichetelor bazată pe parametrii de rugozitate măsurați
- pentru a mări gradul de generalitate, numărul măsurărilor de rugozitate trebuie mărit, întrucât brichetele sunt formate din particule de lemn comprimate, cu structură și suprafață neuniformă
- un avantaj al metodei noi propuse este acela că este atât necostisitoare (nu necesită aparate costisitoare), cât și accesibilă



REZULTATELE CERCETĂRILOR

Corelațiile prezentate au fost publicate în articolele științifice:

- Șova D., Gurău L., Porojan M., Sandu V. (2015) Assessment of wood briquettes porosity by use of roughness parameters, International Conference „Wood Science and Engineering in the Third Millenium” (proceedings), Brașov, pp. 811-819.
- Șova D., Gurău L., Porojan M., Florea O., Sandu V., Purcaru M. (2022) Indirect evaluation of the porosity of waste wood briquettes by assessing their surface quality, Waste and Biomass Valorization, vol. 13, issue 1, pp. 739–753.



2.3. STUDIUL PROPRIETĂȚILOR FIZICE, CHIMICE, TERMICE ȘI MECANICE ALE BRICHETELOR DIN AMESTECURI DE SPECII LEMNOASE

- există o preocupare constantă de a descoperi noi surse de biomasă lemnoasă pentru producerea brichetelor lignocelulozice**
- se fac încercări de a combina diferite tipuri de biomasă pentru a obține proprietăți îmbunătățite ale brichetelor, dar și de a reduce costurile lor**
- proprietățile termice ale brichetelor lignocelulozice, precum conductivitatea termică și căldura specifică, și proprietățile chimice, precum puterea calorică, conținutul de cenușă, densitatea de energie, conținutul de volatile sau de carbon fixat trebuie luate în considerare la producerea brichetelor**



REALIZAREA BRICHETELOR DE LEMN DE FAG ȘI BAMBUS

- brichetele s-au realizat din amestecuri din lemn de bambus și de fag în proporții diferite
- lemnul de fag a provenit de la deșeurile rezultate de la prelucrarea lemnului
- au fost secționat capete scurte de bambus cu ajutorul unui fierăstrau circular la lungimi de aproximativ 40 mm



a)



b)



c)

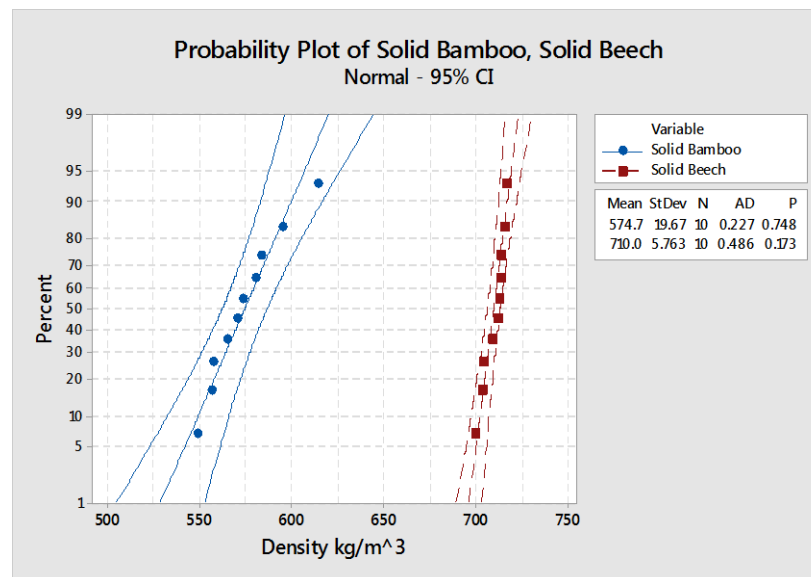
Lemnul de bambus

a) eșantioane cu lungimea de 40 mm, b) bucăți, c) particule (așchii)

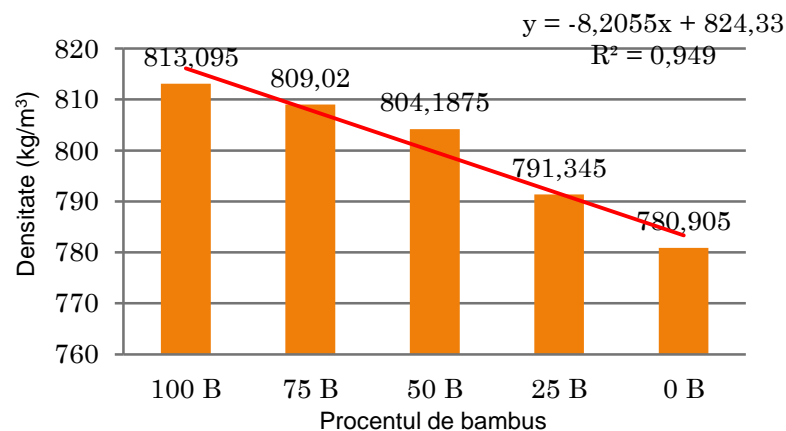


REALIZAREA BRICHETELOR DE LEMN DE FAG ȘI BAMBUS

- particulele de bambus și de fag au fost comprimate în brichete în diferite raporturi de masă (bambus-Ba și fag-Be): 100% Ba:0% Be, 75% Ba:25% Be, 50% Ba:50% Be, 25% Ba:75% Be, și 0% Ba:100% Be, simbolizate prin 100B, 75B, 50B, 25B și 0B
- s-au obținut brichete cilindrice prin comprimare particulelor de lemn într-o presă hidraulică
- s-a determinat densitatea brichetelor printr-o metodă stereometrică



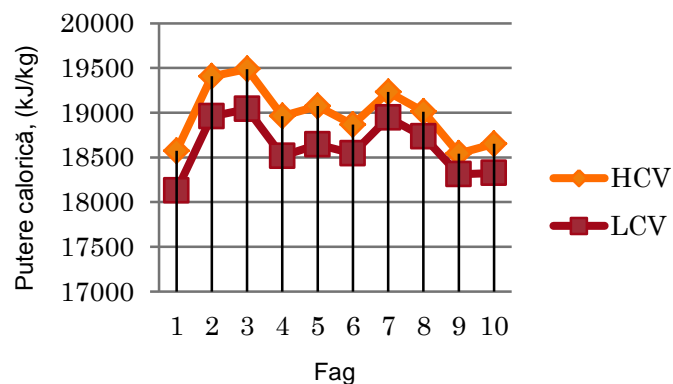
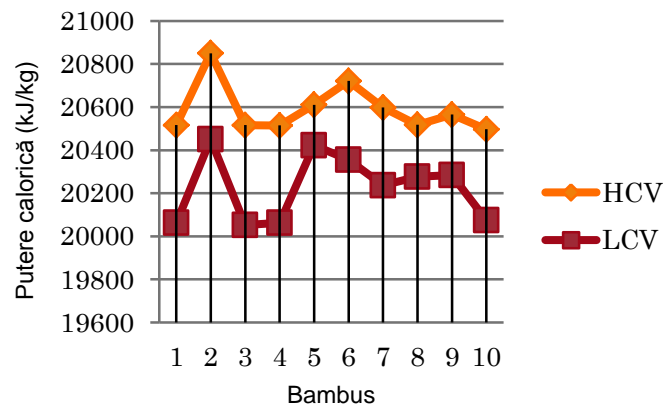
Densitatea lemnului de bambus și de fag



Densitatea brichetelor cu diferite participații ale lemnului de bambus

DETERMINAREA PUTERII CALORICE A BRICHETELOR

- s-au determinat puterile calorice superioare și inferioare ale brichetelor cu ajutorul calorimetrului XRY-1C (Shanghai Geological, China)

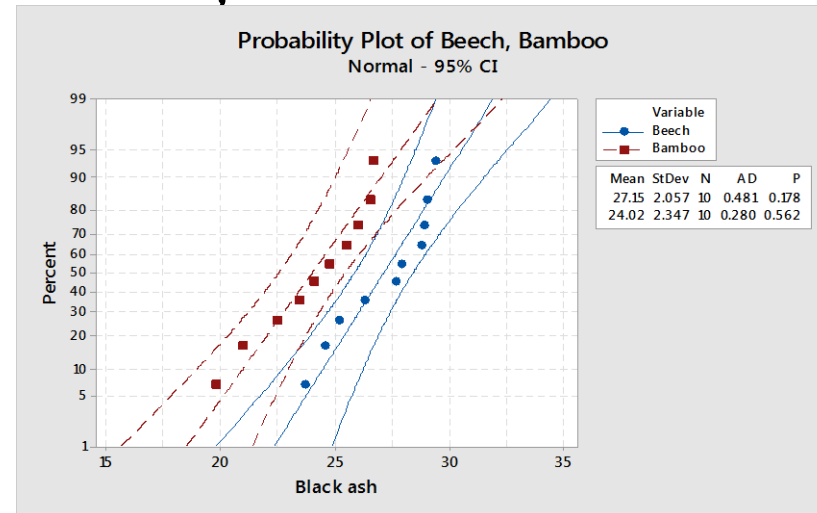


Puterea calorică superioară și puterea calorică inferioară ale brichetelor

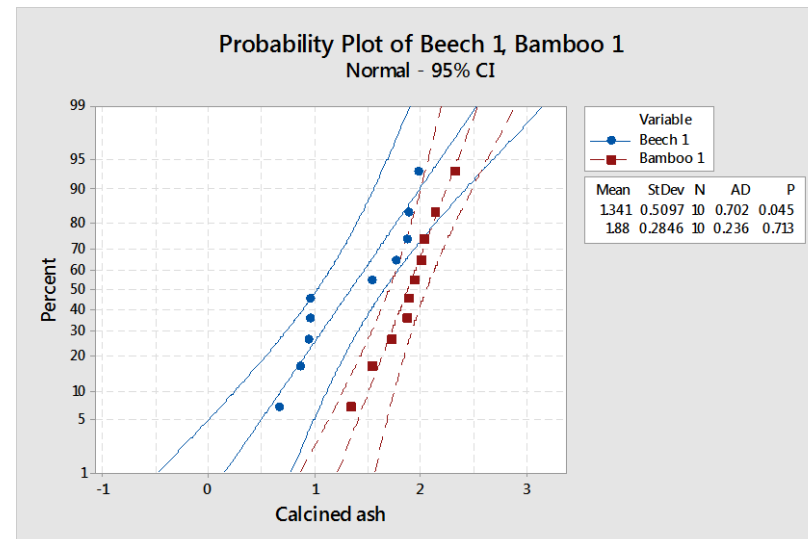
- se observă că puterea calorică superioară a brichetelor de bambus este cu 8.4% mai mare decât puterea calorică superioară a brichetelor de fag, iar puterea calorică inferioară este cu 8.6% mai mare la brichetele de bambus decât la cele de fag

DETERMINAREA CONȚINUTULUI DE CENUȘĂ AL BRICHETELOR

- s-au utilizat particule de lemn din fiecare specie, care au fost sortate prin intermediul unei site cu dimensiunea ochiurilor de 1 mm × 1 mm
- particulele de lemn s-au uscat timp de 30 de minute într-un cuptor de laborator (Memmert, Germania) la 103°C până la umiditatea de 0%
- s-au pregătit zece creuzete de calcinare realizate dintr-un aliaj nichel-crom termorezistent (curățare, șlefuire, ardere timp de 3 minute, răcire și cântărire)
- s-au amplasat trei straturi de material sortat și uscat în fiecare creuzet și s-au cântărit împreună, care au fost arse până când au dispărut flacăra și fumul



Conținutul de cenușă neagră al lemnului de fag și de bambus

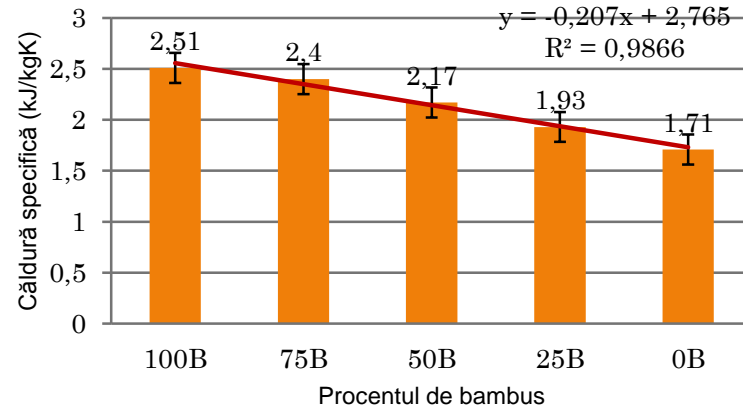


Conținutul de cenușă calcinată al lemnului de fag și de bambus

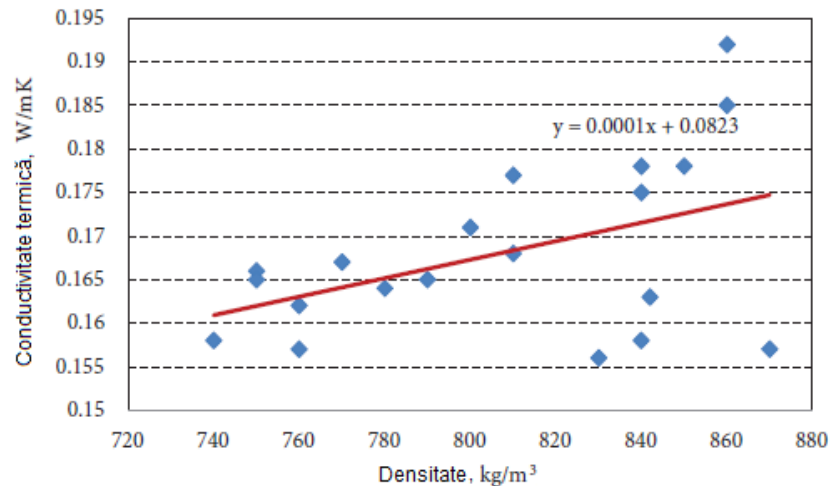


DETERMINAREA CĂLDURII SPECIFICE ȘI A CONDUCTIVITĂȚII TERMICE ALE BRICHETELOR

- s-au selectat câte patru brichete din fiecare tip, care au fost găurite la un capăt pentru a obține două orificii paralele cu axa brichetei, având dimensiunile de 1.3 mm (diametru) și 30 mm (lungime)
- cele două proprietăți termice au fost măsurate cu aparatul KD2 Pro Thermal Properties Analyzer și un senzor dual



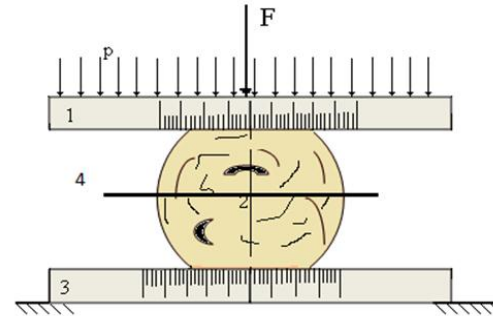
Căldura specifică în funcție de tipul brichetei



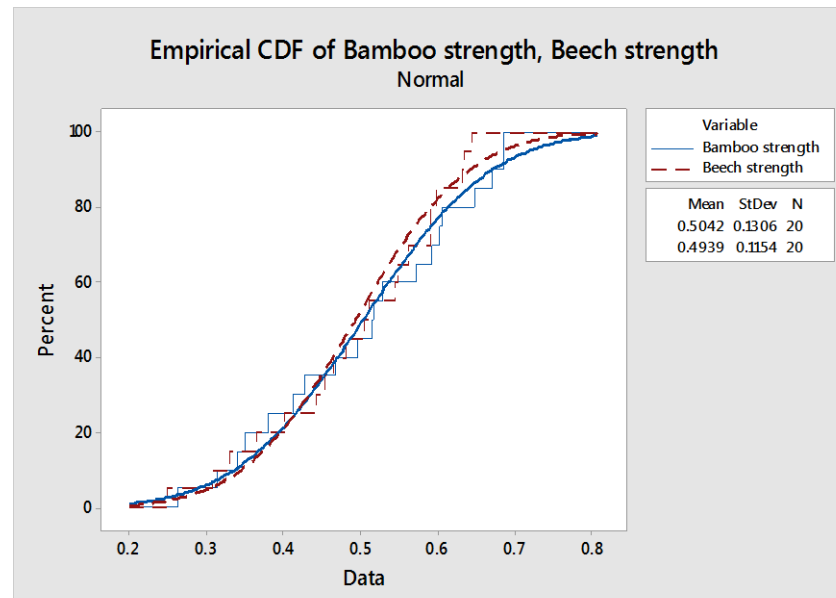
Relația dintre conductivitatea termică și densitatea brichetelor

DETERMINAREA REZISTENȚEI LA RUPERE A BRICHETELOR

- rezistența la rupere a brichetelor a fost măsurată conform normativului EN ISO 17225-1, utilizând un stand de testare format din două plăci de comprimare (model IMAL 300, Italia)
- bricheta a fost amplasată între cele două plăci



Poziționarea brichetei între două plăci de comprimare
1. platan superior; 2. brichetă; 3. platan inferior;
4. secțiunea de rupere; p-presiune; F-forță



Funcția de distribuție empirică cumulativă (CDF) a rezistenței la rupere a brichetelor din bambus și fag



REZULTATELE CERCETĂRILOR

Cercetările efectuate în domeniul proprietăților brichetelor de lemn au fost raportate în lucrarea:

- Lunguleasa A., Ayrilmiş N., Şova D., Spîrchez C. (2021) Selected properties of briquettes made from blends of bamboo and beech biomass, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, vol. 45, issue 4.



ÎNDEPLINIREA STANDARDELOR MINIMALE

Domeniul de activitate		Indicatori	Condiții minime profesor	Punctaj îndeplinit
Activitatea didactică și profesională- DID (A1)	A1.1. Manual, suport de curs	N1	2	4
		N1.1	1	3
		N1.3	1	4
	A1.2. Material didactic / Dezvoltare laboratoare, aplicații	N2	4	6
		N2.1	2	2
Activitate de cercetare științifică - CDI (A2)	A2.1+A2.3 Articole și publicații științifice indexate Web of Science Thomson Reuters (WOS) + Brevete de invenții indexate	P1+P2	10	13.989
		P1	6	13.756
		P2		0.233
	A2.2 Articole și publicații științifice BDI neincluse la A2.1	N3	10	12
		N3.1	5	5
	A2.4 + A2.5 Produse, tehnologii, platforme și servicii inovative + Monografiile/cărți de specialitate, format tipărit/electronic	N4	2	2
		N4.3	1	1
Recunoaștere a impactului activității (A3)	A3.1 Atragere resurse financiare prin granturi/proiecte/contracte terți	S1+S2	50	73.108
	A3.2 Prezentarea/Diseminarea rezultatelor: prezență la manifestări științifice în calitate de autor/co-autor de lucrări, profesor invitat	N5	10	14
	A3.3 Citări în publicații BDI	C	25	218.775

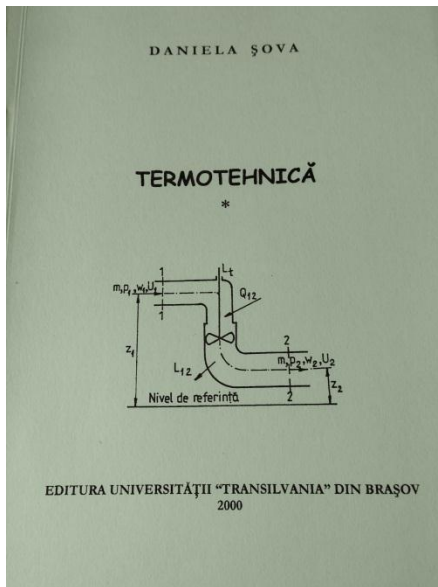


ACTIVITATEA DIDACTICĂ

Perioada	Activități didactice coordonate/discipline/program de studii
1991-1998	Laborator și seminar de Termotehnică, licență, zi și seară, anul II și anul III, Facultatea de Ingineria Lemnului, Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor, Facultatea de Inginerie Mecanică
1998-2013	Curs și laborator de Termotehnică, licență, IF și IFR, anul II, Facultatea de Ingineria Lemnului
2000-2003	Curs și laborator de Termotehnică, anul II, Colegiul Tehnic
2003-2004	Curs de Procese cu transfer de căldură și masă, licență, anul IV, Facultatea de Alimentație și Turism
2004-2006	Curs și laborator de Termotehnică, licență, anul II, Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor
2004-2006	Cursuri de Arderea combustibililor și Uscarea materialelor, anul II, Energie și protecția mediului (Studii aprofundate), Facultatea de Inginerie Mecanică
2003-2007	Curs și laborator de Heat Engineering, licență, anul II, Facultatea de Ingineria Lemnului (IPL limba engleză)
2005-2020	Curs și laborator la Sisteme termoizolante, master, anul II, Facultatea de Ingineria Lemnului (Structuri avansate din lemn și tehnologii inovative)
2015-2022	Curs, laborator și proiect la Termodinamică aplicată (limba română și engleză), licență și IFR, anul III, Facultatea de Inginerie Mecanică
2019-2020	Curs și seminar de Aparate termice, licență, anul IV, Facultatea de Inginerie Mecanică
2010-în prezent	Curs și laborator de Termotehnică și echipamente termice, licență, anul II, Facultatea de Inginerie Tehnologică și Management Industrial
2020-în prezent	Curs și laborator de Termotehnică și mașini termice (limba engleză), licență, anul III, Facultatea de Inginerie Mecanică (AR engleză)



ACTIVITATEA DIDACTICĂ



ÎNDRUMAREA ȘTIINȚIFICĂ A STUDENȚILOR

- îndrumarea a 5 studenți la proiecte de diplomă și 4 studenți la proiecte de disertație
- coordonare de lucrări științifice pe care studenții le-au prezentat la sesiunile de comunicări științifice studențești organizate de Departamentul de Inginerie Mecanică, Universitatea Transilvania (AFCO) și la nivel național (CADET INOVA, Sibiu)
- membru în trei comisii de îndrumare a doctoranzilor, două în domeniul ingineriei mecanice și una în domeniul ingineriei forestiere
- membru într-o comisie de susținere a doctoratului în domeniul ingineriei mecanice



MANAGEMENTUL DIDACTIC

Perioadă	Activități
2001-2004	Secretar științific al Catedrei de Termotehnică și Mecanica Fluidelor
2010-2021	Coordonator al programului Erasmus al Facultății de Inginerie Mecanică (au beneficiat în această perioadă 22 de studenți de mobilități de studiu și 15 studenți de mobilități de practică)
2012-2018	Coordonator al programului de master Simulare și testare în inginerie mecanică și tutore
2015-2020	Membri în comisia de licență
2018	Membri în comisia de doctorat
2020-2023	Membri în comisia de disertație



DOMENII DE EXPERTIZĂ

Activitățile de cercetare desfășurate se înscriu în următoarele domenii principale de expertiză:

- analiza termodinamică a uscării materialelor capilar-poroase
- optimizarea uscării materialelor capilar-poroase
- analiza proceselor specifice echipamentelor termice
- evaluarea proprietăților termice ale materialelor compozite
- management energetic



DIRECȚII DE DEZVOLTARE ȘTIINȚIFICĂ

- analiza proprietăților termice ale materialelor compozite, respectiv ale diferitelor combinații de biomasă sub formă de brichete și a factorilor de influență
- modernizarea și automatizarea tunelului de uscare existent în laboratorul de transfer de căldură
- evaluarea căldurii de umflare pe care o transferă lemnul o dată cu creșterea conținutului de umiditate
- colaborarea cu noi echipe de cercetare interdisciplinară și valorificarea competențelor în domeniul termic și al transferului de căldură



**Vă mulțumesc
pentru atenție!**

