



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea: INGINERIA LEMNULUI

Ing. Nicolae BĂDIN

Cercetări privind îmbunătăţirea proprietăţilor fizico-mecanice ale plăcilor de mare densitate din fibre lemnoase (HDF) utilizate ca feţe de uşi

Researches regarding the improvement of the physical and mechanical properties of high-density fibreboards (HDF) used as doorskins

REZUMAT / ABSTRACT

Conducător ştiinţific

Prof.dr.ing. Mihaela CÂMPEAN

BRAŞOV, 2019

D-lui (D-nei)

COMPONENTA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul rectorului Universității Transilvania din Brașov

Nr. din

PREȘEDINTE :

- Prof. dr. ing. Mihai ISPAS
Decan Facultatea de Ingineria Lemnului
Universitatea Transilvania din Brașov

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC: - Prof. dr. ing. Mihaela CÂMPEAN

Universitatea Transilvania din Brașov

REFERENȚI:

- Prof. dr. ing. Marius-Cătălin BARBU
Universitatea Transilvania din Brașov
- Conf. dr. ing. Csilla CSIHA
Universitatea din Sopron (Ungaria)
- Cercet. șt. gr.I ing. Dănuț CHIRA
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare
"Marin Drăcea", stațiunea Brașov

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat:

Data 25.07.2019 ora 11:00, sala LII4

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vă rugăm să le transmiteți în timp util, pe adresa: campean@unitbv.ro

Totodată vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de doctorat.

Vă mulțumim.

MULȚUMIRI

Prezenta cercetare reprezintă rodul aplicat al experienței profesionale dobândite în urma activității industriale desfășurate de-a lungul a 23 ani în producție, alături de un colectiv de colegi de excepție, în urma unei munci asidue, în ritmul și conform cerințelor sectoarelor din care am făcut parte.

În primul rând mulțumesc conducătorului de doctorat, Prof. univ. dr. ing. Mihaela Câmpăan, care de-a lungul întregii perioade doctorale a fost mentor științific de un profesionalism desăvârșit și sub a cărei îndrumare de excepție s-a realizat această teză.

Tot acum doresc să mulțumesc conducerii firmei Kastamonu România pentru posibilitatea de a efectua cercetările pe platforma industrială din Reghin, pe liniile de fabricație existente și folosind aparatura din laboratoarele firmei precum și pentru suportul material acordat în vederea realizării lucrării de cercetare. Mulțumesc mult colegilor din producție și din laboratoarele de încercări pentru ajutorul substanțial pe care mi l-au acordat în timpul efectuării testelor.

Țin să mulțumesc și colectivului Facultății de Ingineria Lemnului din Brașov pentru ajutorul profesional acordat pe toată durata stagiului de studii doctorale.

Totodată țin să îmi exprim mulțumirile familiei mele pentru suportul moral și devotamentul de care au dat dovadă, sprijinindu-mă atunci când am fost în impas, fiindu-mi parteneri morali la realizarea prezentei teze.

Brașov, martie 2019

Drd. Ing. Nicolae Bădin

CUPRINS

	Pag teză	Pag rezumat
LISTA DE NOTAȚII ȘI LISTA DE ABREVIERI	1	-
INDEX DE FIGURI	3	-
INDEX DE TABELE	8	-
INTRODUCERE	11	1
CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ȘI TENDINȚE ÎN FABRICAREA PLĂCILOR DE MARE DENSITATE DIN FIBRE DE LEMN	16	2
1.1 Stadiul actual și tendințe în industria producătoare de plăci fibrolemnoase	16	2
1.1.1 Scurt istoric	16	2
1.1.2 Clasificare și proprietăți	20	4
1.1.3 Adezivi	29	7
1.1.4 Tehnologia fabricării HDF – prezent și tendințe...	31	9
1.1.5 Concluzii privind direcții prioritare de cercetare-dezvoltare	61	13
1.2 Cercetări recente privind posibilități de îmbunătățire a unor proprietăți ale plăcilor din fibre de lemn	63	13
1.2.1 Materii prime alternative	65	-
1.2.2 Modificarea profilului de densitate și efectele asupra principalelor proprietăți fizico- mecanice	75	-
1.2.3 Îmbunătățirea proprietăților mecanice	77	-

1.2.4 Îmbunătățirea calității suprafeței	77	-
1.3 Concluzii privind stadiul actual al cercetărilor. Oportunitatea alegerii temei	79	16
CAPITOLUL 2. OBIECTIVELE TEZEI	80	17
CAPITOLUL 3. CONTRIBUȚII EXPERIMENTALE LA ÎMBUNĂȚĂȚIREA UNOR PROPRIETĂȚI ALE PLĂCILOR DE MARE DENSITATE DIN FIBRE DE LEMN UTILIZATE CA FEȚE DE UȘI	83	18
3.1 Metodă, material, aparatură	83	18
3.1.1 Determinarea densității	90	21
3.1.2 Determinarea absorbției de suprafață	92	21
3.1.3 Determinarea rezistenței și a modulului de elasticitate la încovoiere statică.....	94	21
3.1.4 Determinarea coeziunii interne.....	97	22
3.1.5 Analiza statistică a datelor	101	22
3.2 Rezultate experimentale privind efectele varierii rețetei de materii prime asupra proprietăților plăcilor	102	23
3.2.1 Influența proporției de fibre provenite din lemn de rășinoase / foioase. Discuții	105	26
3.2.2 Influența proporției de coajă. Discuții	108	27
3.2.3 Concluzii	114	27
3.3 Rezultate experimentale privind efectele tratamentului de umectare a suprafeței covorului de fibre asupra proprietăților plăcilor. Discuții	116	29

3.4 Rezultate experimentale privind efectele varierii timpului de închidere a preseii asupra proprietăților plăcilor. Discuții	123	35
3.5 Concluzii și recomandări pentru practica industrială	129	42
CAPITOLUL 4. CONSIDERAȚII ECONOMICE	143	47
CAPITOLUL 5. CONCLUZII GENERALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DISEMINAREA REZULTATELOR. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	150	54
5.1. Concluzii generale	150	54
5.2. Contribuții originale	153	58
5.3. Diseminarea rezultatelor	154	59
5.4. Direcții viitoare de cercetare	156	60
BIBLIOGRAFIE	157	61
ANEXA 1. RAPOARTE DE INCERCARE	162	-
ANEXA 2. SCURT REZUMAT	211	64
ANEXA 3. CURRICULUM VITAE	212	66
ANEXA 4. DECLARAȚIE DE AUTENTICITATE	214	-

INTRODUCERE

Un aspect semnificativ în industria de prelucrare a lemnului, cu preponderență în cea a producerii de plăci aglomerate se impune căutarea de noi soluții tehnologice pentru utilizarea de materii prime cât mai variate și folosirea acestora cu un grad de eficiență cât mai ridicat.

În acest context, se evidențiază actualitatea prezentei teze de doctorat, care abordează o temă cu aplicabilitate directă în practica industrială, aceea a oportunităților de îmbunătățire a proprietăților fizico – mecanice ale plăcilor din fibre de lemn de mare densitate utilizate ca fețe de uși, atât din perspectiva materiei prime, ca variație și dozaj, cât și sub aspect tehnologic, prin varierea anumitor parametri în procesul de fabricație.

Tematica tezei se încadrează în Planul Național de Cercetare Dezvoltare și Inovare 2014 – 2018 la domeniul: Materiale, procese și produse inovative/ Materiale avansate/ Materiale și biomateriale avansate pentru creșterea calității vieții.

Nota de originalitate a tezei este dată de faptul că cercetările au fost efectuate cu plăci realizate pe o linie industrială de producție și testate în condiții de laborator industrial. Rezultatele obținute în urma cercetărilor au o deosebită importanță atât prin natura lor economică, dată de eficientizarea procesului de producție, cât și prin flexibilitatea tehnologică dată de înțelegerea variațiilor celor mai importante caracteristici fizico – mecanice ale plăcilor fibro-lemnoase.

Cele mai importante proprietăți fizico – mecanice ale HDF utilizate ca fețe de uși, selectate pentru efectuarea prezentei cercetări, sunt: densitatea, absorbția de suprafață, rezistența la încovoiere, modulul de elasticitate și coeziunea internă. Ele influențează decisiv calitatea plăcilor și drept urmare reprezintă o temă de maxim interes pentru orice producător care tinde să-și diversifice și îmbunătățească permanent oferta de produse, pentru a avea un avantaj pe piață față de concurenții săi.

CAPITOLUL 1.

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR ȘI TENDINȚE ÎN FABRICAREA PLĂCILOR DE MARE DENSITATE DIN FIBRE DE LEMN

1.1 Stadiul actual și tendințe în industria producătoare de plăci fibrolemnoase

HDF, acronimul de la High Density Fiberboard sunt plăci obținute prin presarea la cald a amestecului de adeziv și fibre de lemn de diferite specii, în condiții controlate de durată, temperatură și presiune.

1.1.1 Scurt istoric

Deși conceptul de obținere a fibrelor de lemn are o vechime de mai multe secole, abia în anul 1844 s-a perfecționat în Germania prima metodă de fabricare a fibrelor de lemn, bazată pe prelucrarea mecanică în așa-zisele "mori". În Anglia, în anul 1851, s-a realizat un sistem chimic pentru defibrarea lemnului și obținerea fibrelor (Barbu1999).

În anul 1914, Muench a avut ideea realizării unei plăci poroase din fibre de lemn cu proprietăți izolatoare. Procesul de fabricație a rezultat din modificarea tehnologiei de producere a hârtiei și introducerea unui buncăr principal pentru depozitarea fibrelor aflate în amestec cu apa, care apoi erau "deshidratate" pe o sită înclinată aflată în continuă mișcare.

Prin uscarea covorului de fibre într-un cuptor au fost produse plăci poroase din fibre cu densități de 160-400 kg/m³. Procedul s-a îmbunătățit și s-a consacrat pentru obținerea acestor plăci fibroase pe bază de lemn sau plante, realizate cu costuri scăzute. (Barbu 1999).

Producerea pe cale mecanică sau chimică a fibrelor de lemn a fost înlocuită cu tehnica exploziei cu abur inventată de către americanul Mason (1926). Lemnul transformat în tocătură este introdus într-un recipient cu abur aflat sub

presiune la temperature ridicate. Presiunea acumulată la nivelul fibrelor lemnoase determină în momentul decompresiei "explozia" tocăturii în elemente constitutive, adică fibrele. Scopul tratamentului cu presiuni și temperaturi ridicate este de slăbire și distrugere a legăturilor create de lignină în structura lemnului (Kollmann 1982).

După mai puțin de un deceniu este valorificată tehnologia pusă la punct de suedezul Asplund (1935), de defibrare cu tratare prealabilă cu abur, al cărui utilaj de bază este defibratorul, cunoscut astăzi în limbajul internațional de specialitate ca "refiner".

Pentru îmbunătățirea comportamentului plăcii la contactul cu apa sau a rezistențelor mecanice se pot introduce suplimentar substanțe hidrofuge (parafină), respectiv adezivi (rășini fenol-formaldehidice). Tehnologia astfel realizată s-a consacrat sub denumirea de "procedeu umed" de fabricare a plăcilor fibro-lemnoase.

Noile descoperiri în domeniul materialelor compozite lignocelulozice provin din SUA, atât ca evoluție, dar și ca succes pe piața acestor materiale.

Acestea se realizează prin procedeul uscat, iar cercetări asupra înlocuirii sistemului de formare cu sită, precum și a transportului fibrelor uscate și formarea covorului de fibre în curenți de aer, datează încă din 1945.

În domeniul plăcilor ligno-celulozice aglomerate, s-a constatat începând din anii '50-'55 o evoluție foarte rapidă. Odată cu dezvoltarea industriei chimice, producătoare de adezivi din ce în ce mai variați și mai performanți precum și a industriei constructoare de mașini și utilaje specializate, dotate cu sisteme automatizate de producție și control, s-au creat premisele dezvoltării de noi și noi produse nu doar din lemn ci și din combinații de mai multe materiale, capabile să satisfacă o serie mult mai mare de cerințe pe piață.

Noile cerințe pentru emisii din ce în ce mai reduse ale plăcilor compozite pe bază de lemn au crescut competiția dintre producătorii europeni. Cerințele privind mediul înconjurător continuă să fie diferite de la o țară la alta sau chiar

în diverse regiuni ale aceleiași țări și să implice niveluri diferențiate de costuri de investiții și producție, cu impact direct asupra competitivității pe piață (Barbu 2011).

La nivelul anului 2011, existau în Thailanda 11 fabrici care produceau anual 2 mil. m³ de plăci din fibre de lemn produse atât prin procedeul umed cât și prin procedeul uscat. Materia primă constă în eucalipt, lemnul arborilor de cauciuc, Acacia mangium și reziduuri din trestie de zahăr (Barbu 2011).

La nivelul anului 2013, China prelucra anual în jur de 94,5 mil. de m³ de plăci pe bază de lemn, din care 57,7% prin procedeul uscat. Surse din industrie afirmă că plăcile pe bază de fibre și așchii reprezintă peste 60% din necesarul pentru produsele de mobilier (Barbu 2013).

Japonia, împreună cu Coreea de Sud operează mai multe linii de producție a plăcilor pe bază de lemn în Asia de Sud-Est și Oceania, în afara țărilor lor. Numărul liniilor de fabricație a plăcilor fibrolemnoase prin procedeul uscat este scăzut în comparație cu vecinii, atingând o capacitate de 635.000 m³ pe patru linii de fabricație (Barbu 2014).

În Europa, noile capacități de producție se dezvoltă acum numai în est, în special în Rusia și Turcia, țară care și-a mărit considerabil capacitățile de producție în ultimul deceniu (Barbu 2012). Principalul producător de plăci din Uniunea europeană rămâne Germania.

Principală utilizare a plăcilor produse prin procedeul uscat este în industria mobilei. O treime din această capacitate este produsă ca HDF și înnobilitată în vederea folosirii ca fețe de uși, pardoseli, lambriuri.

1.1.2 Clasificare și proprietăți

Conform EN 316/93, plăcile din fibre de lemn sunt definite ca: "materiale compozite sub formă de placă având grosimea mai mare sau egală cu 1,5 mm, realizate din fibre de natură/origine ligno-celulozică cu ajutorul presiunii și/sau

căldurii. Adeziunea între fibre se poate realiza prin împâslirea acestora și activarea substanțelor componente (lignina, în cazul procedului umed) sau prin adaos de rășini sintetice (la procedeul uscat)''.

Clasificarea plăcilor din fibre de lemn se face în mai multe categorii în funcție de: procedeul de fabricație, tipul de materie primă folosită, tipul adezivului utilizat, gradul de densificare, densitatea aparentă a plăcilor, structura secțiunii transversale, aspectul fețelor plăcilor, domeniul de utilizare etc.

Procedeul de fabricație este un criteriu decisiv în ceea ce privește aspectul, proprietățile și domeniul eligibil de utilizare a plăcilor fibrolemnoase. Realizarea plăcilor din fibre de lemn se poate face prin (Istrate 1983):

- *procedeul umed* - caracterizat de utilizarea apei ca mediu care servește la pregătirea și transportul materialului fibros, precum și la formarea covorului de fibre din care se vor produce plăcile; covorul de fibre obținut din tăierea covorului continuu se așează pe site de drenaj (pentru scurgerea excesului de apă), care imprimă o textură striată dosului plăcii; de aceea, prin acest procedeu se obțin plăci cu o singură față netedă; pentru obținerea plăcilor dure, covorul este presat la cald și apoi supus unui tratament termic timp de 5-6 ore la 150°C, în timp ce pentru obținerea plăcilor poroase, covoarele de fibre umede sunt introduse în instalații de uscare cu role (fără a mai fi presate);

- *procedeul uscat* - caracterizat prin aceea că materialul fibros folosit este uscat, pregătirea acestuia, transportul și formarea covorului făcându-se cu ajutorul aerului; fibrele uscate se amestecă cu rășini în vederea formării unui covor continuu; acesta se secționează înaintea introducerii în presa caldă, unde se execută comprimarea și înclieierea; plăcile obținute prin acest procedeu au două fețe netede.

În funcție de densitate și de utilizarea ulterioară, aceste plăci se pot clasifica în (Barbu 2002):

- plăci fibrolemnoase cu densitate ridicată, peste 800 kg/m³ (HDF= High Density Fiberboards) și cu performanțe îmbunătățite față de MDF;

- plăci fibrolemnoase cu densitate medie, cuprinsă între 650 și 800 kg/m³ (MDF= Medium Density Fiberboards);
- plăci fibrolemnoase cu densitate scăzută, sub 650 kg/m³ (L-MDF = Light MDF) ușoare, dar având proprietăți mecanice reduse;
- plăci fibrolemnoase cu densitate foarte redusă, sub 550 kg/m³ (UL-MDF = Ultra Light MDF).

O clasificare a plăcilor compozite pe bază de lemn în funcție de tipul materiei prime, densitate și tipul procedurii de realizare este prezentată și în schema din Fig. 1.1, din care reiese clar încadrarea plăcilor de tip HDF: aceste sunt plăci din fibre de lemn, realizate, ca și MDF, prin procedeul uscat, dar având densitate superioară și conductivitate termică mai mare (nu se pretează utilizării ca plăci izolatoare).

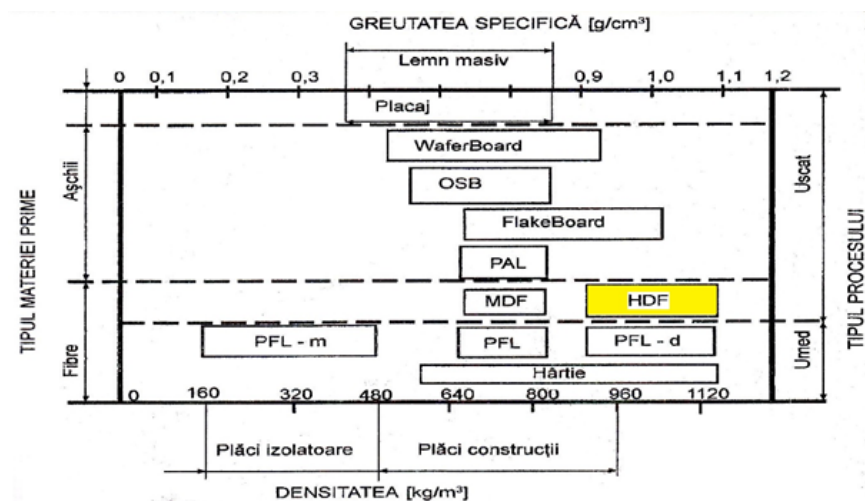


Fig. 1.1 Clasificarea plăcilor compozite pe bază de lemn (Suchsland et al. 1986, citat de Barbu 1999)

Densitatea materialului lemnos determină consumul de materie primă per unitate de produs finit, precum și densitatea acestuia. Specia lemnoasă

preferată este lemnul de rășinoase cu densitate ridicată și proporție ridicată de lemn târziu. Lemnul matur provenit de la specii lemnoase cu diametre mari este preferat, de asemenea. Aceasta nu exclude folosirea speciilor lemnoase cum ar fi: fagul, plopul, mesteacănul, salcia.

Umiditatea lemnului influențează foarte mult atât consumul de material lemnos, cât și pe cel energetic. Cu cât umiditatea lemnului este mai mică, cu atât rezultă mai mult praf de lemn (particule fine ce sunt eliminate în procesul de sortare cu site de după tocare, înainte de alimentarea refiner-ului). De asemenea, în cazul unei umidități scăzute a lemnului, tocarea materialului este mai dificilă, crescând uzura cuțitelor și consumul de energie electrică.

Un alt factor care influențează mult performanțele tehnice ale HDF este conținutul de coajă. Coaja are structură anatomică și compoziție chimică diferite de ale lemnului din aceeași specie. Coaja este, mai acidă decât lemnul și are cantități mai mari de minerale (de exemplu, Ca, K, Mg) (Fengel și Wegener 1984).

Din punct de vedere al proprietăților fizico-mecanice, coaja are coeficient mai mic de umflare, este mai puțin anizotropă și are proprietăți mecanice considerabil mai slabe decât ale lemnului (Fengel și Wegener 1984).

Din experiența proprie a autorului, procentul de 15% coajă în rețeta de compoziție este maxim admisibil la fabricarea HDF, pentru a nu compromite manevrabilitatea plăcii.

1.1.3 Adezivi

Un factor foarte important în obținerea unor plăci fibrolemnoase de calitate superioară din punctul de vedere al proprietăților fizico – mecanice îl reprezintă tipul adezivului utilizat. În mod uzual se folosesc adezivi de condensare. Aceștia se obțin în urma reacției formaldehidei (FA) cu diferiți reactanți, grupați în două categorii: compuși aminici și fenolici (Timar 2006). Ambele tipuri de adezivi sunt folosiți în industria lemnului.

Principalele componente aminice folosite la prepararea adezivilor de condensare sunt ureea și melamina. Adezivii de condensare aminici sunt: adezivii ureo-formaldehidici (UF), melamino-formaldehidici (MF) și melamino-ureo-formaldehidici (MUF).

Formarea peliculei de adeziv este, în principiu, un proces chimic de condensare reprezentat de transformarea rezolului în rezită prin reacția de condensare dintre grupele reactive. Principalele grupe reactive în structura rezolului sunt grupările metilolice ($-CH_2-OH$) rezultate prin adiția formalhidei la partenerii de reacție inițiali de natură aminică sau fenolică. Pe lângă grupările metilolice, rezolul mai conține atomi reactivi de H și/sau grupări aminice reziduale ($-NH_2$) (Timar 2006).

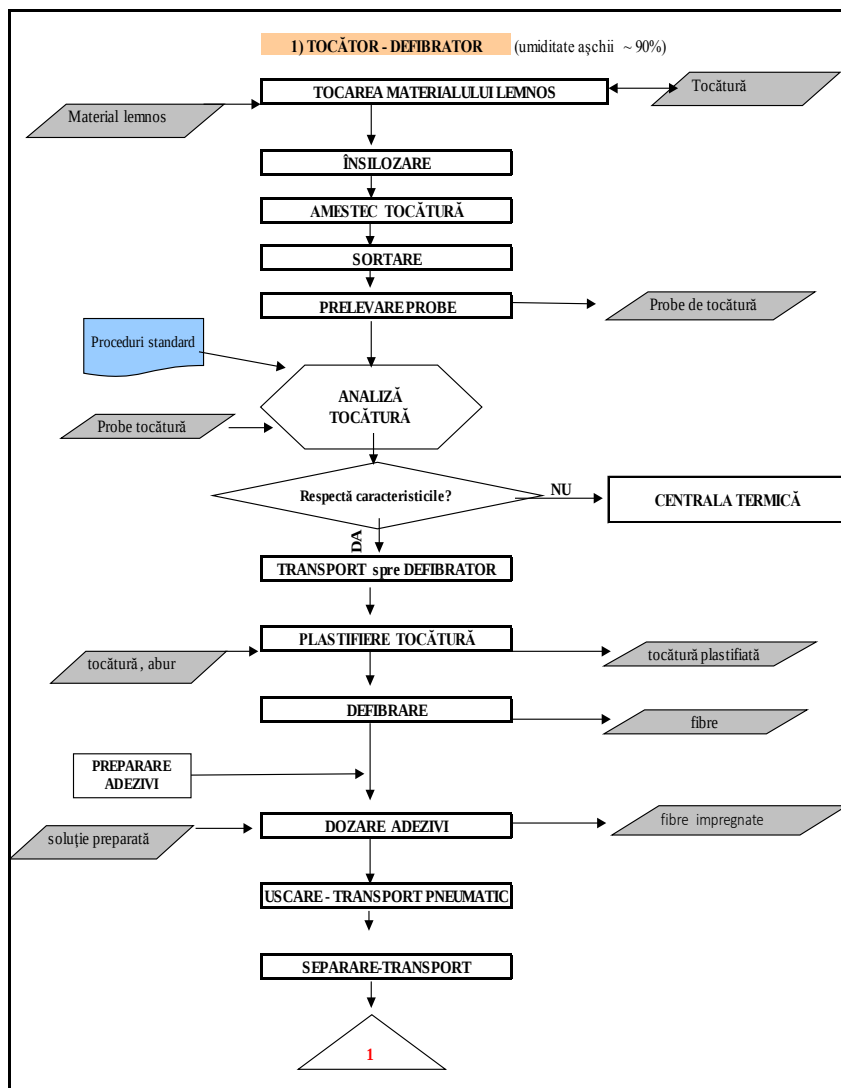
Pentru ca reacțiile să aibă loc sunt necesare anumite condiții specifice ale pH-ului și/sau temperaturii. De aceea condițiile specifice ale procesului de întărire, inclusiv adăugarea unor catalizatori sau întăritori, sunt caracteristice diferiților adezivi de policondensare. În plus, pentru a asigura un timp de presare acceptabil derivat din timpul de întărire, pregătirea amestecului de adezivi pentru încleiere și parametrii (mai ales temperatura), trebuie să fie controlați îndeaproape (Timar 2006).

Adezivul ureo-formaldehidic utilizat la presarea la cald a HDF în cadrul Kastamonu este Urelit U-96 produs de SC VIROMET SA. Acesta se prezintă sub forma unui lichid opalescent, omogen, de culoare albă-gălbuie, cu o densitate de 1.270-1.290 g/cm³ la 20°C.

Soluția de adeziv are un pH situat între 8,5-9,5 la 25°C și un conținut de substanță solidă de 63-67%. Acesta se diluează prin aport de apă la 50%. Soluția obținută are vâscozitatea inițială de 300-500 MPa·s la 20°C, dar în timpul depozitării, chiar și în condiții optime de stocare, aceasta crește datorită reactivității.

1.1.4 Tehnologia fabricării HDF – prezent și tendințe

În Fig. 1.5 este prezentat schematic fluxul tehnologic de producție a plăcilor fibrolemnoase de mare densitate (HDF), realizate prin procedeul uscat.



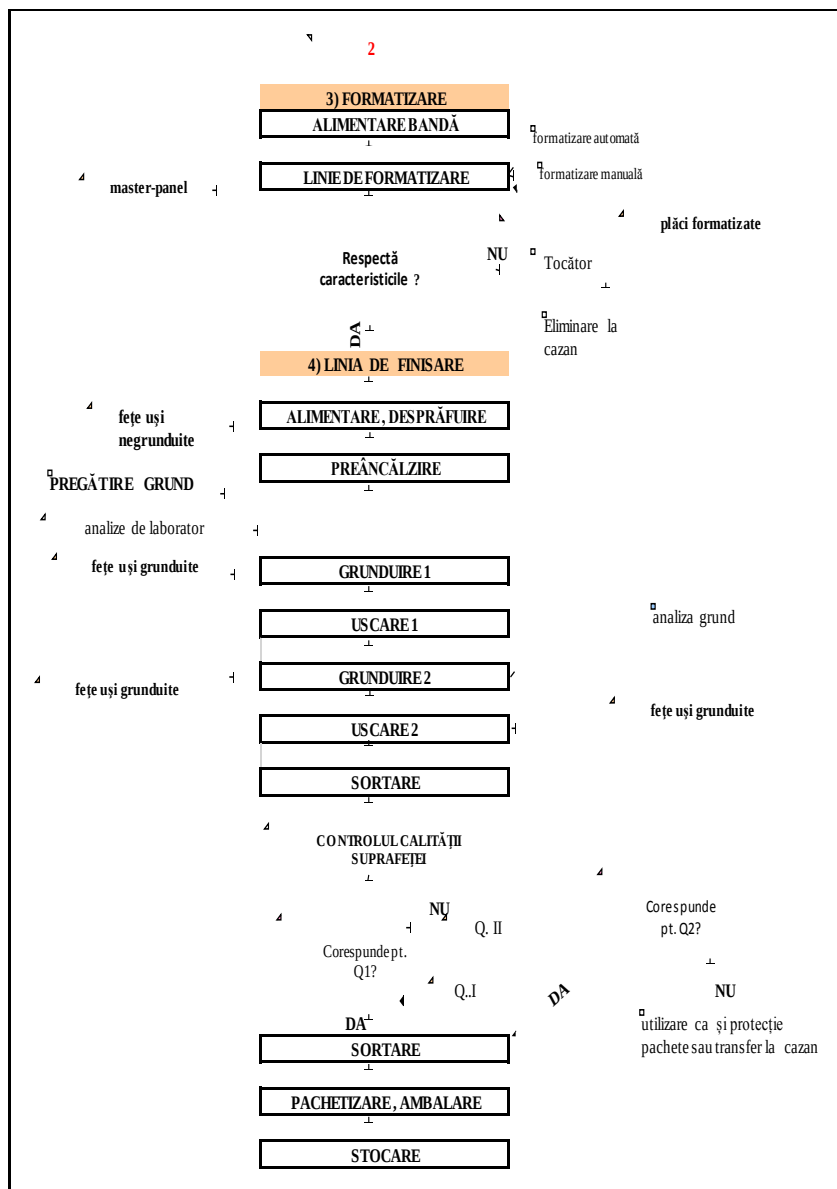


Fig.1.5. Schema fluxului tehnologic de producție a HDF

Fluxul tehnologic de producție a HDF începe încă din depozitul de materie primă, unde materialul lemnos este transportat, descărcat pe platforme betonate pentru stocare și sortat pe specii lemnoase și tipodimensiuni.

Următoarea operație tehnologică o reprezintă aducerea masei lemnoase în parametrii de lucru, fapt care se realizează prin mărunțirea materialului prin tocare.

Fracția de tocătură de dimensiunile dorite (6 – 60 mm), a cărei geometrie este conformă este preluată de un transportor cu bandă și deplasată spre coloana de fierbere. Când tocătura de lemn plastifiată, fierbinte și îmbibată cu apă ajunge la baza coloanei de fierbere, se amestecă cu o emulsie de parafină.

După realizarea amestecului, masa lemnoasă plastifiată ajunge în zona de defibrare. Defibratorul este de tip cu discuri, din care unul este fix și unul execută o mișcare de rotație în sensul acelor de ceasornic. Forța de frecare dintre material și discuri dislocă elementele anatomice (fibrelor) generând material fibros și eliberează apa absorbită la plastifiere. Materialul fibros obținut este dirijat înspre zona de impregnare cu adezivi.

Următoarea fază tehnologică, după aplicarea adezivului ureo-formaldehidic pe materialul fibros, este uscarea și transportul acestuia în separatoarele gravitaționale a fibrelor de aer, de unde masa de fibre se depozitează în buncărul de materie primă pentru presă.

Acum are loc formarea covorului de fibre, gravimetric, dozarea și uniformizarea acestuia precum, stropirea acestuia cu soluție demulantă și tăierea la formatul necesar pentru presare. Înainte de intrarea în presă acesta este verificat ca densitate, umiditate și incluziuni metalice, cel neconform fiind dirijat spre centrala termică.

Următoarea operație tehnologică este presarea la cald a covorului de fibre de lemn în condiții strict controlate de durată, temperatură și presiune, într-un ciclu de cca 30 s, cu ajutorul unei prese multietajată. După presare are loc

sortarea plăcilor pe modele, în mod automat. Acum se prelevează epruvete pentru testarea plăcilor în laborator.

După sortare plăcile sunt depozitate în vederea condiționării, apoi formatizate la dimensiunea finală și deplasate în zona de vopsire.

Aici se aplică succesiv două straturi de grund în cabine speciale, în câmp electrostatic, cu uscare în tuneluri între cele două aplicări.

Urmează controlul vizual al calității plăcilor, în urma căruia acestea sunt sortate pe calități și dirijate spre pachetizare, ambalare și depozitare finală în depozit.

1.1.5 Concluzii privind direcții prioritare de cercetare-dezvoltare

În contextul gradului avansat de automatizare a tehnologiei de fabricare la scară industrială a HDF și ținând cont de cerințele pieței, obiectivele majore actuale pentru producătorii de HDF sunt următoarele :

- diversificarea tipo-dimensională a plăcilor care să răspundă evoluției noilor produse de mobilier și amenajări interioare;
- controlul performant al procesului de fabricație, care să poată asigura baza optimizării fiecărei operații, atât din punct de vedere al productivității, cât și al calității produsului realizat;
- ameliorarea unor proprietăți specifice ale plăcilor HDF ca de exemplu: creșterea densității, a stabilității dimensionale, îmbunătățirea calității suprafețelor și a prelucrabilității acestora (frezarea canturilor, scăderea uzurii sculelor etc.), creșterea rezistenței la smulgerea șuruburilor ș.a.

1.2 Cercetări recente privind posibilități de îmbunătățire a unor proprietăți ale plăcilor din fibre de lemn

Principalele proprietăți ale plăcilor fibrolemnoase de mare densitate (HDF) sunt densitatea, absorbția de suprafață, rezistența la încovoiere, umflarea în grosime și coeziunea internă.

Densitatea plăcii, proprietate fizică foarte importantă, are influență decisivă asupra proprietăților mecanice ale plăcii și poate fi controlată prin varierea compoziției de materie primă. Densitatea influențează și financiar produsul întrucât costurile de achiziție a masei lemnoase respectiv de transport a produsului finit depind direct de aceasta.

Absorbția de suprafață, o altă proprietate fizică importantă, prezintă importanță prin faptul că influențează în mod direct calitatea încleierii pe de o parte și consumurile și calitatea finisajului pe de altă parte. În cazul fețelor de uși, de exemplu, se dorește o absorbție diferențiată pe față și respectiv pe dosul foi de HDF. Din considerentele mai sus menționate, se țintește ca aceasta să fie cât mai mare pe față și cât mai mică pe dos. În acest context trebuie menționat că, având în vedere metoda de determinare (prin determinarea lungimii de scurgere a unei urme de toluen, care este cu atât mai lungă cu cât suprafața este mai netedă), absorbția de suprafață este de fapt invers proporțională cu capacitatea de absorbție a suprafeței respective. Astfel, o absorbție de suprafață mare va însemna capacitate de udare mică și cantitate mică de grund absorbită (optimă după criteriul financiar), în timp ce o absorbție de suprafață mică va însemna o cantitate mare de adeziv/grund absorbită (optimă după criteriul realizării unei încleieri corecte).

Umflarea în grosime este una din proprietățile care ne dau informații despre stabilitatea plăcilor de HDF sub influența umidității. Reglarea gradului de umflare se poate face prin dozarea corespunzătoare a cantității de parafină din adeziv, prin utilizarea de aditivi care împiedică absorbția de apă (așa numitul HDF hidrofugat), prin creșterea densității etc.

Rezistența la încovoiere și modulul de elasticitate la încovoiere reprezintă proprietăți mecanice importante, care oferă informații despre calitatea produsului finit din punct de vedere al rezistenței la factori externi, al stabilității produsului etc. Gradul de elasticitate al plăcii este în directă concordanță cu procentul de fibre de rășinoase, cu densitatea plăcii, cu umiditatea acesteia.

Astfel, cu cât placa este mai bogată în fibre de rășinoase, cu atât gradul de elasticitate al acesteia crește.

Coeziunea internă reprezintă o proprietate mecanică ce oferă informații asupra gradului de înclieiere și uniformității proprietăților plăcii pe direcții diferite și în planuri diferite. Obținerea unei rezistențe crescute se face prin aplicarea uniformă a adezivului pe fibre, printr-un procent de coajă cât mai mic, prin formarea unui covor de fibre uniform, cu abateri minime de la densitatea medie.

Cerințele minime conform SR EN 622-5:2010 pentru aceste proprietăți sunt prezentate în Tabelul 1.6.

În cadrul SC KASTAMONU SA Reghin există și un standard intern, conform căruia doar valorile-limită impuse densității și modulului de elasticitate sunt mai severe decât cele precizate de SR EN 622-5:2010 (densitatea: 1025kg/m³ față de 800kg/m³ și modulul de elasticitate la încovoiere: 3800N/mm² față de 2700N/mm²).

Tabelul 1.6

Valorile standard (minimale) cu privire la proprietățile plăcilor fibrolemnoase de mare densitate (SR EN 622-5:2010)

Densitatea (kg/m ³)	Absorbția de suprafață (mm)	Umflarea în grosime după 24h (%)	Rezistența la încovoiere statică (N/mm ²)	Modulul de elasticitate la încovoiere statică (N/mm ²)	Coeziunea internă (N/mm ²)
800	150	35	23	2700	0,65

În prezent, putem spune că principalele priorități în ceea ce privește cercetările în domeniul tehnologiei de fabricare și a proprietăților HDF sunt:

- analizarea oportunităților privind materii prime alternative ;
- îmbunătățirea celor mai importante proprietăți fizico-mecanice, inclusiv prin controlul profilului de densitate pe grosimea și lățimea plăcii;
- îmbunătățirea calității suprafețelor (reducerea rugozității și a absorbției de suprafață) în vederea unei finisări superioare.

1.3 Concluzii privind stadiul actual al cercetărilor. Oportunitatea alegerii temei

Îmbunătățirea proprietăților plăcilor fibrolemnoase a fost și rămâne o prioritate strategică pentru orice producător. Chiar dacă actualele linii tehnologice oferă, prin gradul avansat de automatizare a procesului, o siguranță deosebită în ceea ce privește calitatea produselor fabricate, există totuși, anumite secvențe tehnologice în care se mai poate interveni cu acțiuni de optimizare, pentru:

- ameliorarea unor caracteristici fizico-mecanice ale plăcilor;
- reducerea timpilor de producție;
- prelungirea duratei de viață a utilajelor;
- reducerea costurilor de producție prin reglajul densității plăcilor și a consumurilor de materiale auxiliare;
- plierea pe cerințele clienților pentru anumite proprietăți etc.

Prin intenția de investigare a influenței proporției de materie primă lemnoasă și a calității acesteia, a tipului de agent demulant folosit pentru umectarea covorului de fibre înaintea presării, precum și prin evaluarea influenței timpului de închidere a preseii, teza răspunde trend-ului și cerințelor actuale privind obținerea unor plăci (HDF) mai dense, mai rezistente la apă, mai elastice și mai rezistente la solicitări mecanice, cu o calitate superioară a suprafeței și totodată mai ieftine, în special prin reducerea cheltuielilor de finisare.

CAPITOLUL 2

OBIECTIVELE TEZEI

Așa cum este precizat și în titlu, obiectivul general al tezei este de a aduce contribuții tehnologiei actuale de fabricare a plăcilor din fibre de lemn de densitate mare (HDF), realizate prin procedeul uscat, în vederea îmbunătățirii unor proprietăți ale acestora fără a afecta costul de producție.

Pornind de la acest obiectiv general s-au stabilit trei obiective specifice:

- îmbunătățirea unor proprietăți selectate ale HDF prin varierea rețetei de materii prime lemnoase, respectiv prin varierea proporției de fibre de fag și rășinos, în trei combinații (20/80 %; 30/70% și 40/60 %) și a proporției de coajă, în două variante (sub 5% și între 5-15%), astfel rezultând șase rețete;
- îmbunătățirea unor proprietăți selectate ale HDF prin varierea tratamentului de umectare aplicat suprafeței covorului de fibre înainte de presare, în patru combinații (fără umectare, umectare cu apă și umectare cu doi demulanți diferiți);
- îmbunătățirea unor proprietăți selectate ale HDF prin varierea timpului de închidere a presei, în trei combinații (2s, 3s și respectiv 4s), dintre care doar două (2s și 3s) s-au dovedit viabile, întrucât timpul de închidere a presei mai lung (4s) a condus la diminuarea drastică a calității plăcilor și apariția rebuturilor încă din etapa de presare.

Combinația de referință a variabilelor luate în calcul corespunde rețetei de fabricare a HDF aplicate în cadrul SC KASTAMONU SA Reghin la momentul demarării prezentei cercetări. Este vorba de plăci având în compoziția de materie primă 40% fibre de fag, 60% fibre de rășinos și în cadrul acestora, cu un procentaj mediu de cca. 10% coajă (uneori sub, alteori peste 5%), umectate cu demulant MOULEX WE07BSP, timpul de închidere a presei fiind de 3s.

Noutatea absolută pe care o oferă prezenta cercetare constă în realizarea și testarea materialului experimental pe o linie industrială de producție.

CAPITOLUL 3.

CONTRIBUȚII EXPERIMENTALE LA ÎMBUNĂȚĂȚIREA UNOR PROPRIETĂȚI ALE PLĂCILOR DE MARE DENSITATE DIN FIBRE DE LEMN UTILIZATE CA FEȚE DE UȘI

3.1 Metodă, material, aparatură

Prezenta cercetare s-a realizat pe plăci din fibre de lemn de mare densitate (HDF), cu grosimea de $3\pm 0,2$ mm grosime, presate pe linia tehnologică existentă la SC Kastamonu România SA. Obiectul cercetării a constat în studierea la scară industrială a influenței pe care o au diverși parametri asupra anumitor proprietăți ale produsului finit. Principala preocupare a fost de obținere de plăci fibro-lemnoase cu caracteristici fizico-mecanice superioare sau cel puțin la nivelul actual, fără a afecta costul de producție.

Pentru aceasta s-au utilizat rețete de fabricație diferite. Astfel, în primul rând s-a intervenit la nivelul alcătuirii amestecului de materie primă lemnoasă, prin dozarea fibrelor de fag și respectiv de rășinoase în proporții diferite (20/80; 30/70 și 40/60), respectiv prin dozarea procentajului de coajă (sub 5% și în intervalul 5...15%).

De asemenea, s-a studiat influența pe care o are umectarea suprafeței covorului de fibre pe banda de alimentare a preseii, precum și a tipului de agent de umectare folosit asupra proprietăților plăcilor. S-au fabricat plăci fără stropirea covorului, dar și plăci umectate cu apă, și respectiv cu agenți anti-adeziune: PAT® 2003 XE (produs de firma germană Würtz) și MOULEX WE07BSP (produs de firma franceză Additek). Ambii agenți au fost pulverizați asupra covorului de fibre în stare diluată în apă, până la o concentrație de 4%.

Un alt parametru tehnologic luat în considerare ca variabilă a fost timpul de închidere a preseii. S-au aplicat trei timpi: de 2s, 3s și 4s. Experimental, s-a constatat că la valori ale timpului de închidere a preseii de peste 4s, procentul de rebuturi este foarte mare, datorat faptului că adezivul începe reacția de

policondensare înainte de închiderea presei generând ruperea legăturilor deja formate. Pe acest considerent, creșterea timpului de închidere a presei peste acest prag nu are sens. Timpii de închidere inferiori, de 2s respectiv 3s, au avut efecte net superioare atât din punctul de vedere calitativ cât și al productivității utilajului.

Pentru a determina cu cât mai mare acuratețe influența fiecăruia dintre parametrii variabili enumerați mai sus asupra proprietăților fizico-mecanice ale plăcilor din fibre de lemn, s-a întocmit un plan factorial (Fig. 3.2), care să cuprindă toate variantele de producție în condițiile restrictive impuse de cercetare.

Plăcile analizate s-au produs în condițiile păstrării la valori constante a parametrilor implicați în proces cu excepția unuia. Concret, pentru rețeta de materie primă variabilă, procentul de coajă, umectarea și timpul de închidere a presei s-au menținut constante.

Parametrii de presare utilizați la producerea tuturor plăcilor au fost aceiași:

- temperatura platanelor presei: $T = 150^{\circ}\text{C}$;
- presiunea: $p = 180\text{ bar}$;
- timpul de presare: $t = 30\text{ s}$.

După presare, plăcile au fost condiționate timp de 30 minute la temperatura ambientală de circa 20°C , după care, din fiecare variantă tehnologică au fost selectate aleator 8 plăci, din care s-au debitat epruvete specifice determinării proprietăților selectate: densitatea, absorbția de suprafață pe fața și pe dosul plăcii, rezistența la încovoiere și modulul de elasticitate, coeziunea internă.

Eșantionarea și debitarea epruvetelor s-a făcut conform SR EN 326-1:1996, acestea având forma și dimensiunile specifice determinării, precizate de normativul menționat.

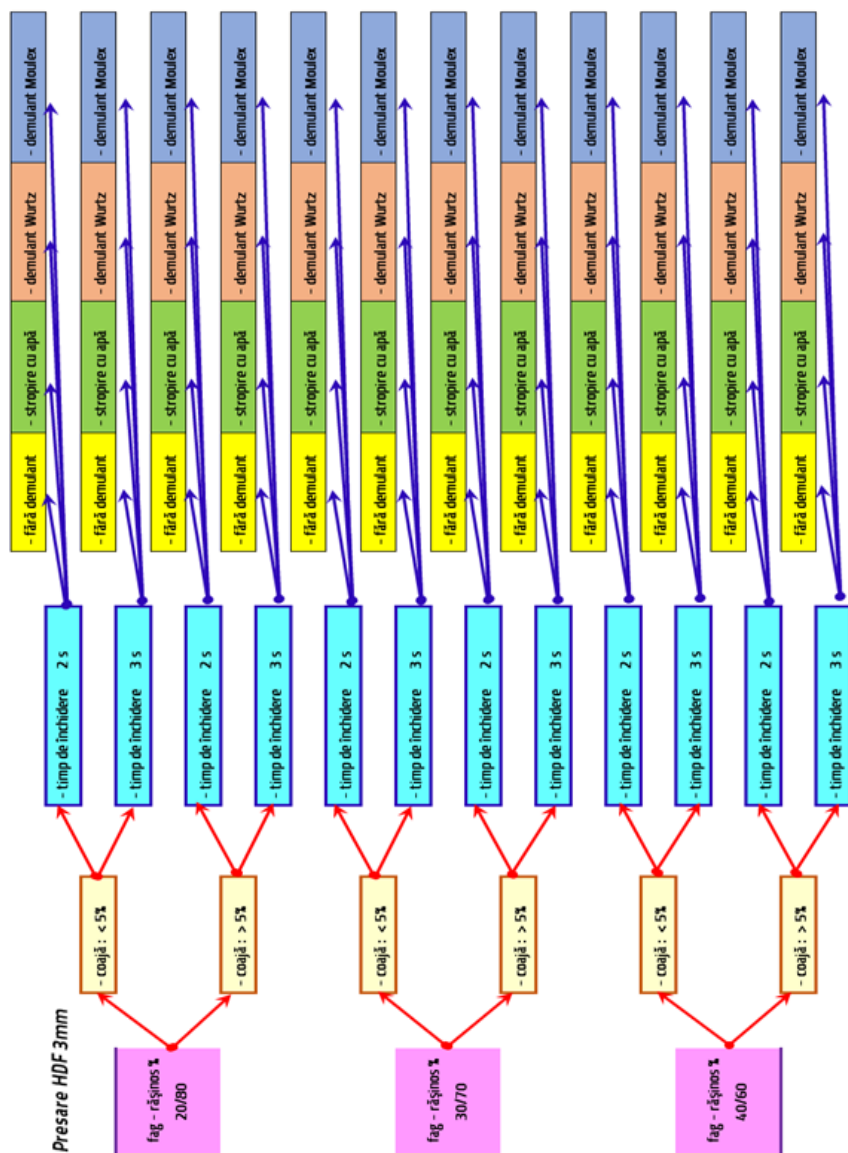


Fig. 3.2. Planul factorial al cercetării experimentale

Datele experimentale obținute cu privire la proprietățile menționate, analizate comparativ între ele în funcție de variabila considerată, dar și în raport cu valorile de minim sau maxim admisibile, prevăzute în normativele de specialitate, au condus la formularea unor concluzii argumentate privind influența pozitivă sau negativă a diversilor factori implicați în procesul de producție a HDF și a permis formularea unor soluții de optimizare / eficientizare a activității de producție.

3.1.1 Determinarea densității

Densitatea plăcilor de HDF s-a determinat conform SR EN 323:1996. Pentru fiecare combinație, s-au debitat un număr de 16 epruvete, cu formă pătrată, cu latura egală cu 100 mm și grosimea egală cu grosimea plăcii. Masele epruvetelor s-au determinat cu ajutorul unei balanțe electronice tip Sartorius BP 3100 S, cu precizie de 0,01 g.

3.1.2 Determinarea absorbției de suprafață

Absorbția de suprafață a HDF s-a determinat conform SR EN 382-1:1997. Pentru fiecare combinație, s-au debitat un număr de 3 epruvete cu formă dreptunghiulară de dimensiuni $100 \times 500 \pm 2$ mm și grosime egală cu grosimea plăcii (t). Aparatura folosită a constat în: ruletă de oțel cu precizie de 1 mm; suport înclinat (60 ± 5) °, metalic, destinat susținerii epruvetei; pipetă gradată din clasa A, 2 ml.

3.1.3 Determinarea rezistenței și a modului de elasticitate la încovoiere statică

Rezistența și modulul de elasticitate la încovoiere a HDF s-au determinat conform SR EN 310:1996. Pentru fiecare combinație, s-au debitat un număr de 6 epruvete cu formă dreptunghiulară cu lățimea egală cu 50mm, lungime egală cu 150 mm (conform standardului în vigoare, lungimea se calculează cu formula $20t+50$ mm, unde t este grosimea plăcii și nu trebuie să fie mai mică de 150 mm), iar grosimea este de 3 mm.

Pentru realizarea încercării s-a utilizat echipamentul pentru încercări mecanice tip Zwick – model Z010. Echipamentul transmite informațiile de la senzorii cu care este dotat la computerul de lucru care calculează automat modulul de elasticitate și rezistența la încovoiere.

3.1.4 Determinarea coeziunii interne

Coeziunea internă a HDF s-a determinat conform SR EN 319:1997. Pentru fiecare combinație, s-au debitat un număr de 4 epruvete de formă pătrată, cu latura egală cu 50mm și grosime egală cu grosimea plăcii. Aparatura utilizată în vederea determinării a constat în: ceas comparator, cu precizie de 0,01 mm (pentru măsurarea grosimii), șubler electronic cu precizie de 0,1mm (pentru măsurarea celorlalte dimensiuni); pistol de lipit cu baghete de adeziv; echipament de încercare ZWICK Z010, dotat cu dispozitiv special pentru această încercare.

3.1.5 Analiza statistică a datelor

Pentru interpretarea statistică a datelor experimentale s-a efectuat o analiză de varianță (ANOVA). Aceasta permite a stabili dacă valorile obținute pentru o anumită proprietate diferă sau nu semnificativ sub influența unei variabile (fie ea proporția de fibre de foios/rășinos sau proporția de coajă).

Dacă există o diferență semnificativă din punct de vedere statistic între eșantioanele analizate (respectiv dacă raportul $F > 1$ și valoarea $p < \alpha$), după analiza de varianță se pot aplica suplimentar teste POST HOC (ex. Tukey HSD).

În prezenta cercetare s-a aplicat testul Tukey HSD, care furnizează un indicator al magnitudinii efectului studiat, numit mărimea efectului (η^2) (square eta). În cazul de față el arată cât de mult influențează factorii analizați proprietățile urmărite. Aprecierea s-a bazat pe recomandările lui Cohen, care consideră că $\eta^2 = 0,01$ înseamnă efect mic; $\eta^2 = 0,06$ înseamnă efect mediu, iar $\eta^2 = 0,14$ rezintă efect mare (Pallant 2007).

3.2. Rezultate experimentale privind efectele varierii rețetei de materii prime asupra proprietăților plăcilor

Una dintre soluțiile investigate în cadrul tezei, în vederea optimizării proprietăților HDF, o constituie varierea compoziției de materie primă folosită la fabricarea plăcilor de HDF, atât sub raportul procentual de participare al fibrelor de fag și de rășinos (în trei variante: 20/80; 30/70 și 40/60 %) cât și al proporției de coajă (în două variante: sub și peste 5%).

În Tabelul 3.2 sunt prezentate rezultatele sintetice, cu precizarea valorilor medii și a abaterilor medii pătratice (valorile dintre paranteze), obținute pentru cele cinci proprietăți fizico-mecanice selectate, aferente fiecărei rețete, precum și rezultatele interpretării statistice prin analiza de varianță unifactorială (one-way ANOVA) și testul Post Hoc Tukey HSD.

Comparând valorile obținute la plăcile experimentale cu cerințele standardului (Tabelul 1.6), se observă că acestea se încadrează în limitele impuse, fiind cu mult mai mari (mai bune) decât valorile specificate în SR EN 622-5:2010 pentru fiecare (valorile-limită conform standardului fiind marcate cu linie roșie în graficele din Fig. 3.16). Totuși, se observă că densitatea plăcilor produse după rețetele 4 și 6 (cu peste 5% coajă) nu respectă valoarea impusă de standardul intern ($\rho_{\min}=1025\text{kg/m}^3$).

Notațiile folosite în Fig. 3.16 pentru cele șase rețete studiate sunt următoarele:

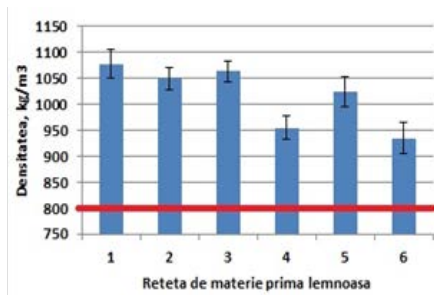
- rețeta 1 = 20% fibre de fag / 80% fibre de rășinos și <5% coajă;
- rețeta 2 = 20% fibre de fag / 80% fibre de rășinos și 5...15% coajă;
- rețeta 3 = 30% fibre de fag / 70% fibre de rășinos și <5% coajă
- rețeta 4 = 30% fibre de fag / 70% fibre de rășinos și 5...15% coajă;
- rețeta 5 = 40% fibre de fag / 60% fibre de rășinos și <5% coajă
- rețeta 6 = 40% fibre de fag / 60% fibre de rășinos și 5...15% coajă.

Tabelul 3.2

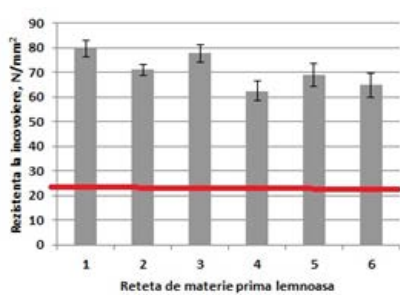
Influența procentajului de materii prime lemnoase asupra proprietăților plăcilor HDF cu grosimea de $3\pm 0,2\text{mm}$ (valori medii și abateri medii pătraticе)

Rețeta de materii prime		Densitatea kg/m ³	Absorbția de suprafață		Rezistența la încovoiere N/mm ²	Modulul de elasticitate N/mm ²	Coeziunea internă N/mm ²
Proportie fibre F / R % / %	Coajă %		pe față mm	pe dos mm			
20/80	≤5	1078 ^{abc} (26,55)	446 ^{abc} (38,62)	398 ^{abc} (34,68)	79,60 ^{ac} (3,28)	6806 (196,84)	2,52 (0,17)
	>5	1050 ^{bce} (21,70)	420 ^{abc} (37,75)	355 ^{abcf} (30,36)	71,21 ^{bcef} (2,20)	5583 ^a (82,87)	1,74 ^{abcd} (0,23)
30/70	≤5	1063 ^{abc} (20,39)	405 ^{abce} (18,02)	410 ^{abc} (18,02)	77,74 ^{abc} (3,39)	6223 (377,95)	2,04 ^{abc} (0,16)
	>5	955 ^{df} (23,19)	217 ^d (31)	263 ^{def} (6,81)	62,57 ^{def} (4,01)	5513 ^a (377,99)	1,78 ^{abcd} (0,29)
40/60	≤5	1025 ^{be} (28,63)	337 ^{cef} (17,06)	227 ^{de} (7,55)	68,96 ^{bdef} (4,66)	4896 ^b (355,85)	2,08 ^{abc} (0,08)
	>5	935 ^{df} (29,40)	229 ^{df} (14,11)	205 ^{bdf} (10,00)	64,86 ^{bdef} (4,88)	4826 ^b (170,06)	1,60 ^{ad} (0,08)
Valoarea F		88,91	37,71	36,97	18,85	41,09	12,27
Nivel de semnificație	p < 0,05						
Mărimea efectului (η^2)		0,88	0,94	0,93	0,67	0,87	0,77

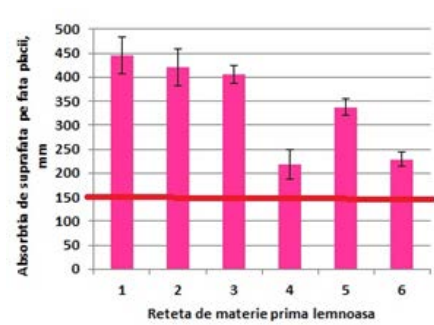
Notă: Valorile medii însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ.



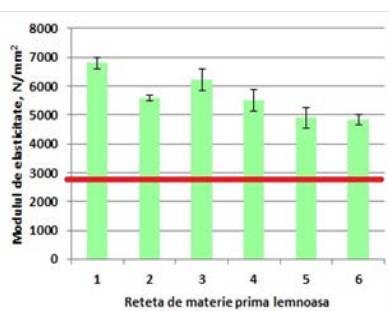
a. Densitatea



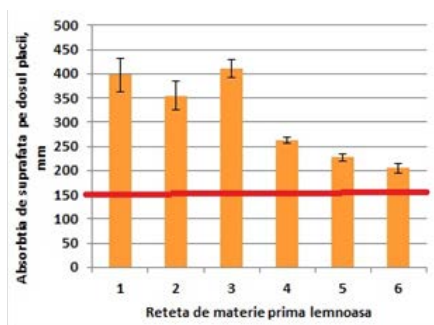
d. Rezistența la încovoiere



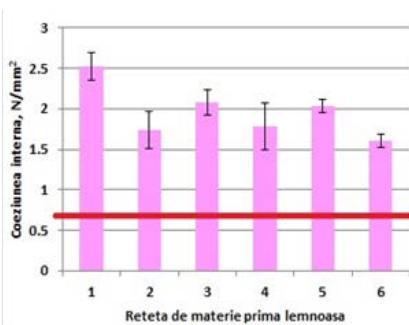
b. Absorbția de suprafață pe fața plăcii



e. Modulul de elasticitate



c. Absorbția de suprafață pe dosul plăcii



f. Coeziunea internă

Fig. 3.16. Valori obținute la plăcile HDF experimentale realizate după diferite rețete de materie primă lemnoasă.

3.2.1 Influența proporției de fibre provenite din lemn de rășinoase / foioase. Discuții

Majorarea cantității de fibre de rășinoase de la 60% la 80% în defavoarea fibrelor de fag conduce la:

- Creșterea cu 5,1% a densității plăcilor de HDF în cazul cantității de coajă de sub 5% și creșterea aceleiași proprietăți cu 12,3% când coaja depășește valoarea de 5%, ceea ce reprezintă o modificare semnificativă în ambele cazuri;
- Creșterea cu 32,3% a absorbției de suprafață pe fața panoului de HDF pentru procentul de coajă de sub 5 și cu 83,4% a aceleiași proprietăți la peste 5% coajă, ceea ce reprezintă o modificare semnificativă în cazul cu procent mare de coajă;
- Creșterea cu 75,3% a absorbției de suprafață pe dosul plăcii fibrolemnoase la sub 5% participatie coajă și cu 73,2% la peste 5% coajă în compoziție, ceea ce reprezintă o modificare semnificativă în cazul cu procent mic de coajă;
- Creșterea cu 15,4% a rezistenței la încovoiere a plăcilor de HDF pentru sub 5% coajă și cu 9,8% pentru coajă peste 5%, ceea ce reprezintă o modificare semnificativă în cazul cu procent mic de coajă;
- Creșterea cu 39,0% a modulului de elasticitate a panourilor în cazul proporției de sub 5% coajă și cu 15,7% pentru mai mult de 5% coajă în compoziție, ceea ce reprezintă o modificare semnificativă în ambele cazuri;
- Creșterea cu 21,2% a coeziunii interne a plăcilor HDF cu mai puțin de 5% coajă și cu 8,7% în cazul plăcilor cu peste 5% coajă, ceea ce reprezintă o modificare semnificativă numai în cazul cu procent mic de coajă.

Aceste rezultate indică clar faptul că majorarea proporției fibrelor de rășinos în rețetă (de la 60% (conform rețetei de referință) la 80% are efecte pozitive asupra tuturor proprietăților fizico-mecanice selectate ale plăcilor de HDF.

Analizând aceste prime rezultate în ansamblu, se poate afirma că cele mai bune rezultate s-au obținut pentru rețeta cu procent mic de fibre de fag (20%) și procent mare de fibre de rășinos (80%), în ambele cazuri ale proporției de coajă, acestea datorându-se lungimii mai mari a elementelor anatomice specifice lemnului de rășinoase (traheidele), care atrage după sine un grad mai mare de împâslire și ulterior de comprimare a fibrelor.

3.2.2. Influența proporției de coajă. Discuții

Conform valorilor prezentate în Tabelul 3.2, se constată că toate proprietățile fizico-mecanice ale plăcilor HDF sunt mai mici în cazul proporției mai mari de coajă în compoziție. Acest rezultat este în bună concordanță cu rezultatele obținute de Xing *et al* (2006). Explicația este dată de faptul că plăcile cu un conținut de coajă mai mare de 5% sunt mai puțin dense decât cele cu un conținut de coajă sub 5% și aceasta atrage după sine reducerea tuturor celorlalte proprietăți fizico-mecanice selectate.

3.2.3 Concluzii

Conform rezultatelor obținute în cadrul prezentei cercetări, rețeta de materie primă lemnoasă care conferă cele mai bune proprietăți mecanice plăcilor de HDF (rezistență la încovoiere maximă, modul de elasticitate maxim și coeziune internă maximă) este cea compusă din 20% fibre din lemn de fag și 80% fibre din lemn de rășinoase, cu un conținut procentual de coajă mai mic sau egal cu 5% (Tabelul 3.4).

De asemenea, la această rețetă, valoarea absorbției de suprafață pe fața plăcii este maximă (446mm), nu însă și pe dosul plăcii, unde este mai mică (398mm). Aceasta este una dintre puținele combinații în care absorbția de suprafață pe

dosul plăcii este mai mică decât cea pe fața acesteia (cu 10,76%), fapt ce constituie un avantaj tehnologic esențial, permițând reducerea consumului de grund / lac (prin absorbția de suprafață mare pe fața plăcii), concomitent cu îmbunătățirea adeziunii și astfel a calității încleierii pe rama ușii (datorită absorbției reduse pe dosul plăcii).

Tabelul 3.4

Varianța optimă a rețetei de materie primă din punct de vedere al influenței asupra proprietăților mecanice ale HDF

Rețeta de materie primă		Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziunea internă, N/mm ²
Proporția de fibre F/R	Proporția de coajă		față	dos			
20/80	sub 5%	1078	446	398	79,60	6806	2,52

Toate proprietățile plăcilor scad odată cu creșterea conținutului de coajă peste 3,42% din masa totală de fibre.

În cazul în care clientul nu este interesat prioritar de proprietățile mecanice ale plăcilor, ci vizează o absorbție de suprafață cât mai mică pe dos și cât mai mare pe față, rețeta recomandată este cea cu 40% fibre din lemn de fag și 60% fibre din lemn de rășinoase, cu un conținut procentual de coajă sub 5% (Tabelul 3.5).

Tabelul 3.5

Varianța optimă a rețetei de materie primă din punct de vedere al influenței asupra absorbției de suprafață a HDF

Rețeta de materie primă		Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziunea internă, N/mm ²
Proporția de fibre F/R	Proporția de coajă		față	dos			
40/60	sub 5%	1025	337	227	68,96	4896	2,08

3.3 Rezultate experimentale privind efectele tratamentului de umectare a suprafeței covorului de fibre asupra proprietăților plăcilor. Discuții

Un alt factor de influență luat în considerare în cadrul cercetării privind posibilități tehnice și tehnologice de îmbunătățire a proprietăților HDF îl reprezintă tratamentul de umectare a covorului de fibre înainte de introducerea în presă, precum și agentul de umectare folosit.

Stropirea cu apă a covorului de fibre înaintea presării a apărut ca o încercare de evitare a lipirii plăcilor de platanele preseii, aceasta fiind o soluție care implică costuri minime și nu prezintă risc de spumare sau de rebutare material, ca în cazul agenților anti-adeziune (demulanților).

Pentru a evalua influența umectării suprafeței covorului de fibre înainte de presare, precum și a tipului de agent folosit, asupra proprietăților plăcilor, în cadrul prezentei cercetări s-au testat epruvete din plăci realizate: fără umezirea suprafeței înainte de presare, umectate cu apă, umectate cu agentul demulant PAT® 2003 XE (produs de firma germană Würtz), diluat în apă până la o concentrație de 4%, umectate cu agentul demulant MOULEX WE07BSP (realizat de firma franceză Additek), diluat în apă până la o concentrație de 4%.

Întrucât în urma testelor privind rețeta optimă a materiei prime, cele mai bune rezultate s-au obținut cu rețeta 20% fibre fag / 80% fibre rășinoase, și în cadrul acestui amestec maxim 5% fibre din coajă, efectele umectării suprafeței au fost analizate în primul rând pe epruvete debitate din plăcile realizate prin această rețetă, la un timp de închidere a preseii de 2s. Tendințele constatate au fost apoi verificate cu ajutorul valorilor obținute la celelalte rețete de materie primă lemnoasă.

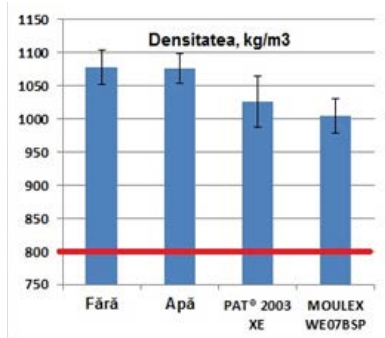
Rezultatele obținute cu privire la influența tipului de agent anti-adeziune sunt sintetizate în Tabelul 3.6 și reprezentate grafic în Fig. 3.32.

Tabelul 3.6

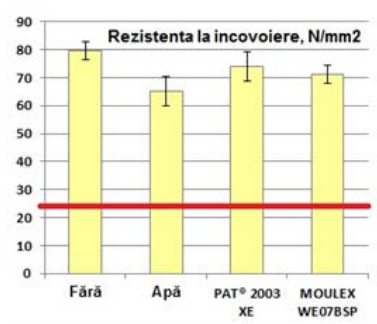
Influența agentului de umectare asupra proprietăților plăcilor HDF de $3\pm 0,2$ mm, realizate după rețeta cu 20% fibre de fag și 80% fibre de rășinos și în cadrul acestora un procentaj de maxim 5% coajă (valori medii și abateri medii pătratice)

Agentul de umectare folosit	Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziunea internă, N/mm ²
		față	dos			
Fără	1078 ^{ab} (26.55)	446 ^{ab} (38.62)	398 ^a (34.68)	79,60 ^{ab} (3,28)	6806 (196,84)	2,52 (0,18)
Apă	1076 ^{ab} (22.39)	443 ^{ab} (21.93)	380 ^a (14.00)	65,20 (2,26)	4493 (356,24)	1,5 ^a (0,30)
PAT® 2003 XE	1026 ^c (38.25)	397 ^{ab} (41.68)	350 ^a (31.43)	74,09 ^{ab} (5,14)	6233 (446,35)	1,84 ^a (0,16)
MOULEX WE07BSP	1005 ^c (25.37)	333 ^b (15.70)	246 (10.07)	71,36 ^b (3,24)	5380 (369,76)	1,40 ^a (0,15)
Valoarea F	25,59	8,41	22,35	20,74	48,87	13,99
Nivel de semnificație	p < 0.05					
Mărimea efectului (η^2)	0,56	0,75	0,89	0,75	0,87	0,77

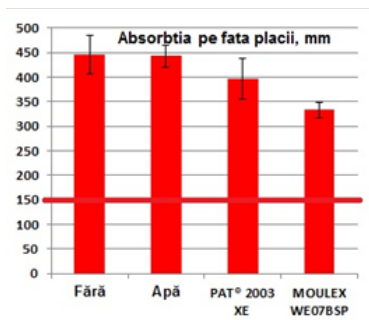
Notă: Valorile medii însoțite de aceeași literă nu diferă semnificativ.



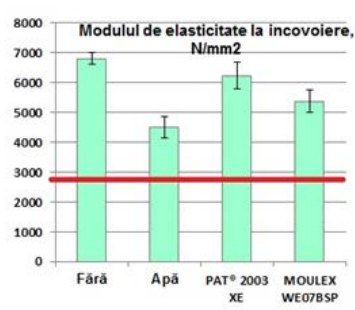
a. Densitatea



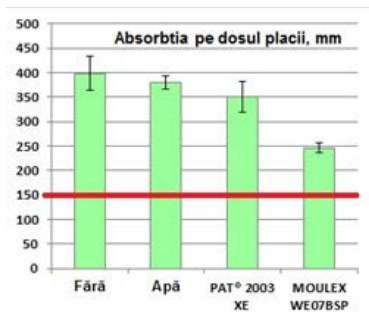
d. Rezistența la încovoiere



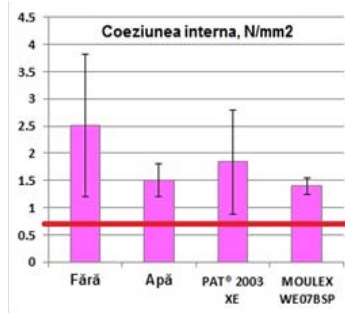
b. Absorbția de suprafață pe fața plăcii



e. Modulul de elasticitate



c. Absorbția de suprafață pe dosul plăcii



f. Coeziunea internă

Fig. 3.32. Influența agentului de umectare a suprafeței covorului de fibre asupra proprietăților selectate ale plăcilor HDF.

Comparativ cu valorile-limită admisibile conform SR EN 622-5:2010 (precizate în Tabelul 1.6 și marcate cu linie roșie în graficele din Fig. 3.32), valorile obținute experimental sunt superioare valorilor impuse de standard, unele proprietăți având valori duble sau chiar triple față de valoarea-limită impusă de standard.

Analizând datele prezentate în Tabelul 3.6 și Fig. 3.32, a, se observă că densitatea nu este afectată de tratamentul de umectare, valorile obținute pentru cele patru cazuri analizate fiind foarte apropiate.

În ceea ce privește absorbția de suprafață (Fig. 3.32, b și c), cele mai mari reduceri ale acestui parametru s-au obținut în cazul agentului MOULEX WE07BSP : valoare cu 25,3% mai mică pe față și cu 38,19% mai mică pe dos, față de absorbțiile înregistrate la plăcile fabricate conform aceleași rețete de materie primă, dar fără umectare. În plus, un dezavantaj major îl constituie faptul că, după o perioadă de folosire, agentul a început să spumeze, necesitând adăugarea unui antispumant și întreruperea procesului de fabricație în vederea curățării duzelor. Chiar și după luarea acestor măsuri, rezultatul nu a fost satisfăcător.

Și în cazul utilizării agentului PAT® 2003 XE de la firma Würtz, valorile absorbției de suprafață s-au redus: cu 11% pe fața plăcii și cu 12% pe dos. Aplicarea ușoară, fără spumare, a acestuia este totuși un punct important în favoarea acestui agent.

Referitor la influența agentului de umectare asupra proprietăților mecanice ale plăcilor HDF (Fig. 3.32, d, e și f), s-a constatat că toate proprietățile mecanice au valori mai mici în cazul utilizării unui agent de umectare. Cele mai mici valori s-au obținut în cazul stropirii cu apă și a utilizării agentului Moulex WE07BSP.

Dintre cei trei agenți utilizați, cele mai bune rezultate cu privire la proprietățile mecanice s-au obținut în cazul agentului PAT® 2003 XE, la care s-au înregistrat valori cu doar 6,9% mai mici, în medie, la rezistența la încovoiere; cu 8,4 % mai mici la modulul de elasticitate și cu 27% mai mici la coeziunea internă decât în

cazul plăcilor fabricate conform aceleași rețete de materie primă, dar fără umectare.

Tendențele constatate la rețeta cu 20% fibre de fag și 80% fibre de rășinos, cu max. 5% coajă, se confirmă și cazul celorlalte rețete de materie primă cu sub 5% coajă.

În concluzie, umectarea covorului de fibre înaintea presării este o măsură tehnologică avantajoasă din punct de vedere al creșterii productivității liniei prin evitarea lipirii plăcilor de platanele preseii, dar trebuie avut în vedere dezavantajul reducerii proprietăților mecanice față de plăcile neumectate:

- ♦ în cazul rezistenței la încovoiere: aceasta scade cu până la 18% la stropirea cu apă, cu până la 7% la utilizarea agentului PAT® 2003 XE și cu până la 14% la utilizarea agentului Moulex WE07BSP;
- ♦ în cazul modulului de elasticitate: acesta scade cu până la 34% la stropirea cu apă, cu până la 8% la utilizarea agentului PAT® 2003 XE și cu până la 21% la utilizarea agentului Moulex WE07BSP;
- ♦ în cazul coeziunii interne: aceasta scade cu până la 40% la stropirea cu apă, cu până la 27% la utilizarea agentului PAT® 2003 XE și cu până la 46% la utilizarea agentului Moulex WE07BSP.

Dar având în vedere că agentul de umectare are o influență importantă și asupra absorbției de suprafață, s-a considerat oportună și analizarea cazului evidențiat la finalul §3.2.3 ca rețetă optimă de materie primă în vederea obținerii unor plăci cu absorbție de suprafață diferențiată: cât mai mică pe dos și cât mai mare pe față. Este vorba despre rețeta cu 40% fibre de fag, 60% fibre de rășinos și sub 5% coajă.

Dacă se compară valorile absorbțiilor de suprafață înregistrate la cele două rețete care s-au evidențiat ca având avantaje, se observă clar că valorile absorbției sunt mai mari (mai bune) la rețeta cu 20% fibre de fag/80% fibre de rășinos și <5% coajă în cazul umectării cu apă și cu agentul PAT® 2003 XE

(Tabelul 3.9). Doar la utilizarea agentului Moulex WE07BSP rețeta cu 40% fibre de fag și 60% fibre de rășinos a înregistrat valori mai mari ale absorbției de suprafață.

Tabelul 3.9

Influența agentului de umectare asupra absorbției de suprafață a plăcilor HDF realizate după rețeta cu 40% fibre de fag și 60% fibre de rășinos și sub 5% coajă, comparativ cu rețeta cu 20% fibre de fag și 80% fibre de rășinos și sub 5% coajă (valori medii)

	Absorbția de suprafață, în mm					
	pe față	pe dos	pe față	pe dos	pe față	pe dos
Agent de umectare	Apă		PAT® 2003 XE		Moulex WE07BSP	
Rețeta cu 40%F/60%R, <5% coajă	287	249	380	317	354	324
Rețeta cu 20%F/80%R, <5% coajă	443	380	397	350	333	246

Este de remarcat că, în cazul rețetei cu 20% fibre de fag/80% fibre de rășinos și <5% coajă se obțin în privința absorbției de suprafață rezultate mai bune la simpla umectare cu apă decât în cazul umectării cu demulant (care presupune costuri superioare).

Deși umectarea se face numai pe fața plăcii, nu s-a putut observa o diferențiere net superioară a absorbției pe fața plăcii față de dos în cazul utilizării unui agent de umectare: dacă la plăcile neumectate raportul mediu $A_{s, față} / A_{s, dos} = 1,10$ la cele umectate cu apă a fost $A_{s, față} / A_{s, dos} = 1,11$, la cele umectate cu agent PAT® 2003 XE a fost $A_{s, față} / A_{s, dos} = 1,06$, iar cele umectate cu agent Moulex WE07BSP a fost $A_{s, față} / A_{s, dos} = 1,05$.

În concluzie, varianta cu cele mai bune rezultate privind absorbția de suprafață poate fi considerată cea cu 20% fibre de fag/80% fibre de rășinos, sub 5% coajă, umectată cu apă, iar variantele cele mai bune din punct de vedere al

proprietăților mecanice au rezultat cele umectate cu agentul anti-adeziune PAT® 2003 XE de la firma Würtz.

3.4 Rezultate experimentale privind efectele varierii timpului de închidere a presei asupra proprietăților plăcilor. Discuții

Timpul de închidere a presei este un factor foarte important în obținerea unei calități superioare a plăcilor. Ideea de bază în stabilirea metodologiei de experimentare și alegerea acestui parametru tehnologic ca variabilă a fost aceea de a determina diferențele calitative date de doi timpi diferiți de închidere a presei (2s și 3s), prin cuantificarea principalelor proprietăți fizico-mecanice ale plăcilor.

Au fost vizate atât diferențe ale proprietăților mecanice, cât și ale absorbției de suprafață, întrucât cu cât lemnul este expus timp mai îndelungat unor temperaturi ridicate, cu atât riscul de afectare (reducere) a proprietăților sale mecanice este mai mare. În plus, un timp mai mare închidere a presei înseamnă că dosul plăcii stă cu 5-6 s mai mult în contact cu platanul presei (timpul necesar descărcării și retragerii sistemului de încărcare + timpul de închidere) decât fața plăcii, ceea ce poate avea repercusiuni asupra raportului $A_{s, \text{față}} / A_{s, \text{dos}}$.

Întrucât în urma testelor privind rețeta optimă a materiei prime cele mai bune rezultate s-au obținut cu rețeta *20% fibre fag / 80% fibre rășinoase, și în cadrul acestui amestec maxim 5% fibre din coajă*, efectele timpului de închidere a presei au fost analizate în primul rând pe epruvete debitate din plăcile realizate prin aceste rețete (combinațiile nr. 1 și 8 din Tabelul 3.1). Valorile experimentale obținute sunt prezentate în Tabelul 3.10.

Tendențele constatate au fost apoi verificate cu ajutorul valorilor obținute la celelalte rețete de materie primă lemnoasă.

Tabelul 3.10

Influența varierii timpului de închidere a preseii asupra proprietăților plăcilor din fibre de lemn de mare densitate, HDF de $3\pm 0,2$ mm utilizate ca fețe de uși (valori medii și abateri medii pătratice)

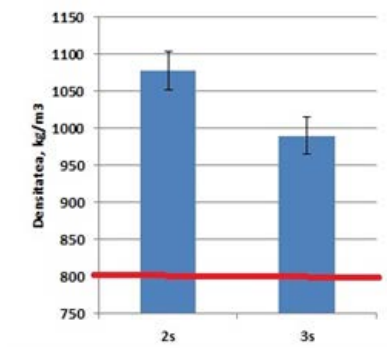
Timpul de închidere a preseii, s	Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziunea internă, N/mm ²
		față	dos			
2s	1078 (26,55)	446 (38,62)	398 (34,68)	79,60 (3,28)	6806 (196,84)	2,52 (0,17)
3s	990 (25,38)	387 (9,90)	446 (11,50)	71,39 (8,12)	6100 (317,18)	1,77 (0,15)

Notă: Valori înregistrate pentru rețeta cu 20% fibre fag / 80% fibre rășinoase, și în cadrul acestui amestec maxim 5% fibre din coajă, fără umectare.

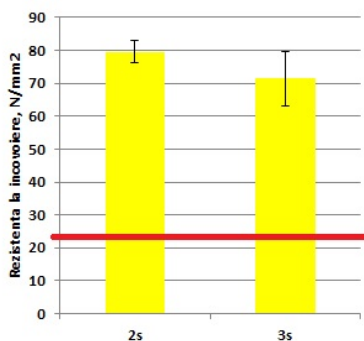
Analizând datele experimentale prezentate în tabelul de mai sus se observă că scăderea timpului de închidere a preseii de la 3s la 2s influențează proprietățile plăcilor de HDF după cum urmează:

- densitatea plăcilor crește puțin (cu 8,9%);
- absorbția de suprafață pe față crește cu 13,2%, iar pe dosul plăcii scade cu 12,0%;
- rezistența la încovoiere crește cu 10,3%, efect datorat probabil începerii policondensării înainte de ajungerea la parametrii nominali de presare;
- modulul de elasticitate crește cu 10,4%;
- coeziunea internă a plăcilor crește cu 29,8%.

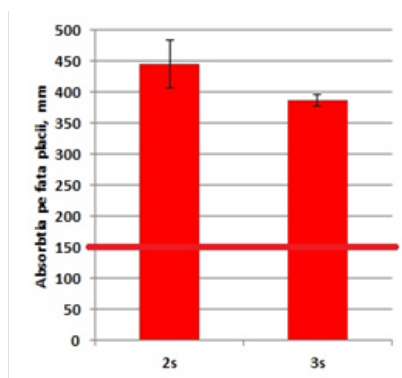
Influența timpului de închidere a presei asupra principalelor proprietăți fizico-mecanice ale plăcilor HDF este ilustrată în Fig. 3.33. Se observă că toate valorile sunt superioare limitelor impuse de standard (marcate cu linie roșie în Fig. 3.33), dar densitatea plăcilor cu timp de închidere 3s este sub valoarea minimă impusă de standardul intern ($\rho=1025\text{kg/m}^3$).



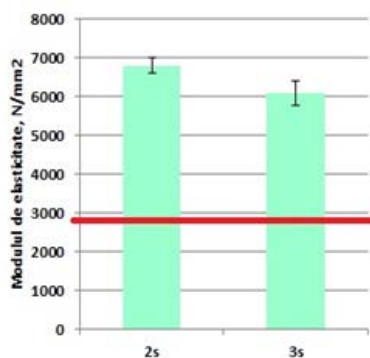
a. Densitatea



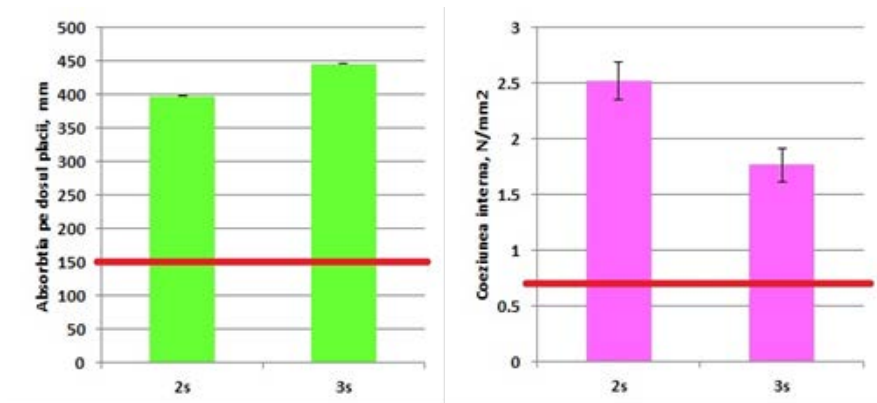
d. Rezistența la încovoiere



b. Absorbția de suprafață pe fața plăcii



e. Modulul de elasticitate



c. Absorbția de suprafață pe dosul plăcii

f. Coeziunea internă

Fig. 3.33. Influența timpului de închidere a preseii asupra proprietăților selectate ale plăcilor HDF.

Tendențele constatate la rețeta cu 20% fibre de fag / 80% fibre de rășinos și max. 5% coajă, fără umectare se confirmă și în cazul celorlalte rețete de materie primă cu un conținut de coajă sub 5% (Tabelul 3.11).

În cazul rețetelor cu un conținut de coajă peste 5%, nu s-au putut stabili tendințe clare de influență, valorile obținute pentru proprietățile selectate fiind probabil afectate de variabilitatea mare a conținutului de coajă de la o rețetă la alta.

Dacă se analizează efectul cumulat al rețetei de materii prime și al timpului de închidere a preseii, se observă că, reducerea timpului de închidere a preseii de la 3s la 2s conduce la creșterea densității plăcii, a rezistenței la încovoiere și a modului de elasticitate cu cca. 10%, iar a coeziunii interne cu peste 30% (Fig. 3.34) la toate rețetele.

Influența timpului de închidere a preseii asupra absorbției de suprafață nu respectă un trend unitar, dar în general, ea tinde să crească odată cu scăderea timpului de închidere a preseii.

Tabelul 3.11

Influența varierii timpului de închidere a preseii asupra proprietăților plăcilor din fibre de lemn de mare densitate, HDF de $3\pm 0,2$ mm, realizate după diferite rețete de materie primă, fără umectare

Rețeta de materie primă	Timpul de închidere a preseii, s	Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziunea internă, N/mm ²
			față	dos			
20%F / 80% R	2s	1078 (26,55)	446 (38,62)	398 (34,68)	79,60 (3,28)	6806 (196,84)	2,52 (0,17)
	3s	990 (25,38)	387 (9,90)	446 (11,50)	71,39 (8,12)	6100 (317,18)	1,77 (0,15)
30%F / 70% R	2s	1063 (20,39)	405 (18,02)	410 (18,02)	77,74 (3,39)	6223 (377,95)	2,04 (0,16)
	3s	952 (26,11)	370 (9,17)	335 (14,80)	68,95 (0,60)	5697 (146,11)	1,47 (0,04)
40%F / 60% R	2s	1025 (28,63)	337 (15,27)	227 (7,55)	68,96 (4,66)	4896 (355,85)	2,08 (0,08)
	3s	950 (22,40)	337 (17,06)	227 (7,55)	62,23 (2,28)	4397 (320,35)	1,60 (0,83)

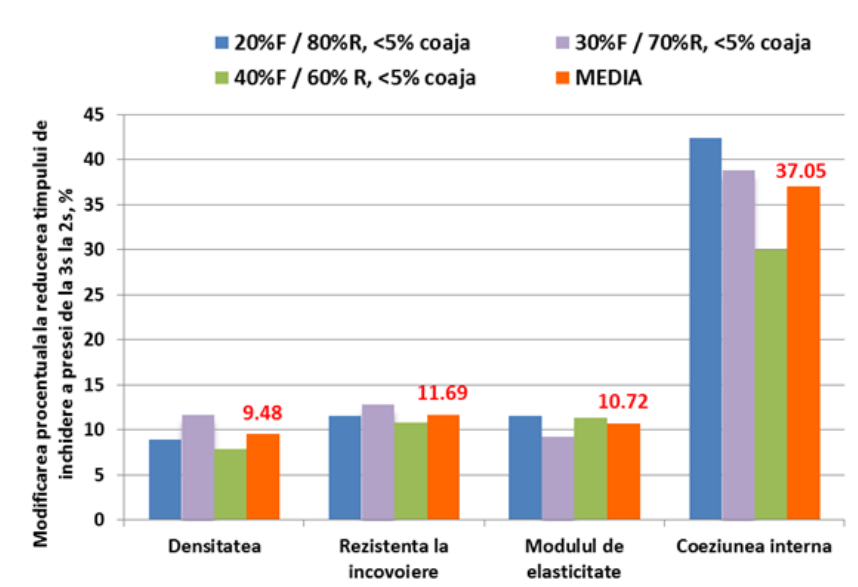


Fig. 3.34. Efectul reducerii timpului de închidere a presei de la 3s la 2s asupra densității și a proprietăților mecanice ale plăcilor de HDF realizate după diferite rețete de materie primă

Dacă se analizează efectul cumulat al agentului de umectare folosit și al timpului de închidere a presei (Tabelul 3.12 și Fig. 3.35), se observă că, în cazul stropirii cu apă toate proprietățile analizate, cu excepția coeziunii interne, cresc în cazul scăderii timpului de închidere a presei de la 3s la 2s.

În cazul folosirii agentului anti-adeziune PAT® 2003 XE, densitatea și absorbțiile de suprafață scad dar foarte puțin, rezistența la încovoiere crește cu cca. 11%, modulul de elasticitate crește și el cu cca. 6%, iar coeziunea internă scade cu cca. 6%.

În cazul folosirii agentului anti-adeziune MOULEX WE07BSP se constată că densitatea nu este afectată, absorbția de suprafață crește pe față și scade pe

dos, rezistența la încovoiere crește cu cca. 15%, modulul de elasticitate crește și el cu cca. 20%, iar coeziunea internă scade cu cca. 16%.

Tabelul 3.12

Efectul cumulat al agentului de umectare și al timpului de închidere a presei asupra proprietăților fizico-mecanice ale HDF, exprimate prin valorile medii obținute în urma prelucrării statistice a datelor experimentale

Agentul de umectare folosit	Densi-tatea, kg/m³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm²	Modulul de elasticitate, N/mm²	Coeziunea internă, N/mm²
		față	dos			
Timpul de închidere a presei 2s						
Fără	1078	446	398	79,60	6806	2,52
Apă	1076	443	380	65,20	4493	1,5
PAT® 2003 XE	1026	397	350	74,09	6233	1,84
MOULEX WE07BSP	1005	333	246	71,36	5380	1,40
Timpul de închidere a presei 3s						
Fără	990	387	446	71,39	6100	1,77
Apă	970	322	247	61,83	4427	1,62
PAT® 2003 XE	1037	413	374	66,77	5880	1,95
MOULEX WE07BSP	996	296	284	62,03	4480	1,67

Notă: Tabelul cuprinde valorile înregistrate la rețeta cu 20% fibre de fag, 80% fibre de rășinos și <5% coajă.

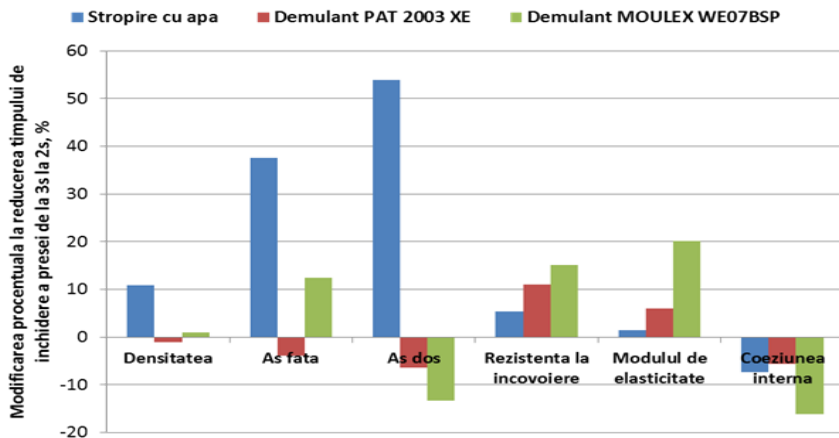


Fig. 3.35. Efectul cumulat al reducerii timpului de închidere a presei de la 3s la 2s și a umectării covorului de fibre înainte de presare, asupra proprietăților fizice și mecanice ale plăcilor de HDF realizate din 20% fibre de fag, 80% fibre de rășinos și conținut de coajă ≤5%

3.5 Concluzii și recomandări pentru practica industrială

Rezultatele cercetării au permis formularea următoarelor concluzii:

1. Toate plăcile realizate în cele 48 de combinații rezultate prin varierea rețetei de fibre, a conținutului de coajă, a tratamentului de umectare a suprafeței covorului și a timpului de închidere a presei au avut proprietăți fizico-mecanice peste limitele impuse de standardul în vigoare (SR EN 622-5:2010). Cu toate acestea, 9 rețete cu timpul de închidere de 2s și peste jumătate din variantele având timpul de închidere de 3s nu respectă condiția mai severă impusă de standardul intern densității: $\rho_{\min}=1025\text{kg/m}^3$.

2. În cazul plăcilor realizate fără umectare:

- densitatea s-a situat în intervalul $952\text{--}1078\text{kg/m}^3$ (în medie, 1018kg/m^3 la timpul de închidere a presei de 2s și cu 4,06% mai mică la închiderea presei în 3s);

- absorbția de suprafață s-a situat în intervalul 205-446mm (în medie 340mm pe fața plăcii și 317mm pe dosul acesteia);
- rezistența la încovoiere statică s-a situat în intervalul 62,23-79,6N/mm² (în medie, 70,82N/mm² la timpul de închidere a presei de 2s și cu 5% mai mică la închiderea presei în 3s);
- modulul de elasticitate la încovoiere s-a situat în intervalul 4397-6806N/mm² (în medie, 5641N/mm² la timpul de închidere a presei de 2s și cu 4,5% mai mic la închiderea presei în 3s);
- coeziunea internă s-a situat în intervalul 1,41-2,52N/mm² (în medie, 1,96N/mm² la timpul de închidere a presei de 2s și 1,54N/mm² la închiderea presei în 3s).

3. Rețeta de materie primă are un efect semnificativ asupra proprietăților fizico-mecanice ale fețelor de uși din HDF. În primul rând s-a constatat că plăcile realizate cu un conținut de coajă mai mare de 5% au avut densitate și proprietăți mecanice net inferioare celor cu conținut de coajă sub 5%, rezultat care este în deplină concordanță cu literatura de specialitate (*e.g.* Irle și Barbu 2010). Astfel, de exemplu, în cazul plăcilor realizate fără umețare, densitatea plăcilor cu un conținut de coajă $\leq 5\%$ a fost cu 2,60-10,16% mai mare decât a plăcilor cu conținut de coajă $> 5\%$; rezistența la încovoiere a fost cu 5,95-19,51% mai mare; modulul de elasticitate a fost cu 1,41-17,97% mai mare; coeziunea internă a fost cu 12,75-30,95% mai mare. S-a constatat că, de fapt, reducerea densității și a rezistențelor mecanice începe chiar la un conținut de coajă mai mic, și anume la cca. 3,4%.

4. Prin varierea raportului procentului de participare în rețetă a fibrelor de fag/rășinos de la 40/60% (rețeta de referință) la 20/80%, densitatea crește cu cca. 5%, rezistența la încovoiere crește cu 15%, modulul de elasticitate crește cu cca. 39%, iar coeziunea internă crește cu peste 10%. De aceea, din punct de vedere al performanțelor mecanice, rețeta de materie primă optimă o reprezintă cea cu 20% fibre de fag, 80% fibre de rășinos și sub 5% de coajă.

5. Creșterea proporției de fibre de rășinos în defavoarea celor de fag conduce și la creșterea absorbției de suprafață, cu cca. 32% pe fața plăcii și cu 75% pe dosul acesteia. Valorile ideale în cazul HDF sunt o absorbție cât mai mare pe fețe pentru a minimiza consumul de lac/grund și o absorbție cât mai mică pe dos, pentru realizarea unei încleieri corespunzătoare pe rama ușii. Puține rețete reușesc să producă acest efect diferențiat. Aproape toate rețetele cu un conținut $\leq 5\%$ coajă (doar două fac excepție) au determinat creșterea ambelor absorbții simultan prin modificarea proporției de fibre F/R. De aceea, din punct de vedere al efectului unei absorbții diferențiate pe fața și dosul plăcii (maximă pe față și minimă pe dos), rețeta de materie primă optimă o reprezintă cea de referință, cu 40% fibre de fag, 60% fibre de rășinos, și în cadrul acestora un procentaj mai mic de 5% de coajă.

6. Tratamentul de umectare a covorului de fibre înainte de presare are o influență negativă semnificativă asupra proprietăților mecanice analizate, provocând scăderea valorilor acestora. Astfel, la stropirea cu apă, cu o valoare medie de cca. 65N/mm^2 , rezistența la încovoiere a plăcilor de HDF este cu 3,49-7,37% mai mică decât în cazul plăcilor neumectate, modulul de elasticitate la încovoiere scade cu 27,4-34,0% și coeziunea internă scade cu 12,3-24,6% comparativ cu plăcile de HDF obținute fără umectarea covorului de fibre.

7. Dintre cei doi agenți anti-adeziune utilizați (PAT® 2003 XE de la firma Würtz și MOULEX WE07BSP de la firma Additek), primul a avut influență foarte bună asupra proprietăților mecanice, acestea rămânând aproape neschimbate sau chiar mai bune decât în cazul plăcilor fără umectare. De exemplu, rezistența la încovoiere medie în cazul plăcilor umectate cu agentul PAT® 2003 XE a fost de $70,14\text{N/mm}^2$ față de $70,82\text{N/mm}^2$ la plăcile neumectate (la timpul de închidere a presei de 2s) și respectiv $68,59\text{N/mm}^2$ față de $67,30\text{N/mm}^2$ (la timpul de închidere a presei de 3s), iar coeziunea internă medie a fost de $2,20\text{N/mm}^2$ față de $1,96\text{N/mm}^2$ la plăcile neumectate (la timpul de închidere a presei de 2s) și respectiv $1,82\text{N/mm}^2$ față de $1,54\text{N/mm}^2$ (la timpul de închidere a presei de

3s). El s-a dovedit net superior agentului anti-adeziune MOULEX WE07BSP, care are tendință de spumare, cauzând întreruperi nedorite în producție.

8. Agentul anti-adeziune are o influență demnă de luat în seamă și asupra absorbției de suprafață. Astfel, s-a observat că agentul PAT® 2003 XE determină mărirea cu 7% (în medie) a absorbției de suprafață, în timp ce agentul Moulex WE07BSP determină scăderea acesteia cu 6% pe fața plăcii și cu 3,5% pe dosul plăcii. Intrucât valoarea preferată a absorbției (cât mai mică, cât mai mare sau cât mai diferențiată – mare pe față și mică pe dos) este diferită de la client la client, nu s-a putut formula o recomandare privind "rețeta optimă", ci doar s-a evidențiat că cele mai mici valori ale ambelor absorbții s-au obținut pentru rețeta cu 40% fibre fag, 60% fibre de rășinos, >5% coajă, fără umectare, timp de închidere a preseii 2s, cele mai mari valori ale ambelor absorbții s-au obținut pentru rețeta cu 20% fibre fag, 80% fibre rășinos, ≤5% coajă, fără umectare, timp de închidere a preseii 2s, iar rețeta cu valorile cele mai diferențiate (absorbție mare pe față și mică pe dos) este cea cu 40% fibre fag, 60% fibre de rășinos, umectare cu agentul anti-adeziune PAT® 2003 XE, timp de închidere a preseii 2s ($A_{s, \text{față}} / A_{s, \text{dos}} = 1,53$).

9. Timpul de închidere a preseii are și el un efect important asupra proprietăților analizate. Rezultatele obținute arată că, timpul mai scurt de închidere a preseii (2s) permite obținerea unor plăci cu densitate și rezistențe mecanice mai mari decât cele obținute la 3s, indiferent de aplicarea sau nu a unui tratament de umectare asupra suprafeței covorului de fibre înainte de presare. La plăcile neumectate densitatea medie a plăcilor la timpul de închidere de 2s a fost cu 4,1% mai mare decât la 3s; în cazul umectării cu apă a fost cu 3,4% mai mare, în cazul agentului PAT® 2003 XE a fost doar cu 0,5% mai mare, iar în cazul agentului Moulex WE07BSP a fost cu 2,1% mai mare. Rezistența la încovoiere și modulul de elasticitate urmează același trend, păstrând proporțiile de creștere amintite mai sus, doar coeziunea internă a înregistrat creșteri mai mari, cu 21,5% la plăcile neumectate și cu 17,3% la cele umectate cu agentul PAT® 2003 XE.

10. Proprietățile variantei de referință, având în compoziția de materie primă 40% fibre de fag, 60% fibre de rășinos, cca. 10% coajă, umectate cu demulant MOULEX WE07BSP, timpul de închidere a presei fiind de 3s, pot fi îmbunătățite după cum urmează (Tabelul 3.14):

- pentru a obține densitate cât mai mare și proprietăți mecanice cât mai bune, se recomandă utilizarea rețetei de materii prime cu 20% fibre de fag, 80% fibre de rășinos, $\leq 5\%$ coajă, fără umectare sau umectare cu agentul anti-adeziune PAT® 2003 XE, timp de închidere a presei 2s;

- pentru a obține creșterea absorbției de suprafață pe față, fără ca ea să crească și pe dos, se recomandă utilizarea rețetei de materii prime cu 20% fibre de fag, 80% fibre de rășinos, $\leq 5\%$ coajă, stropire cu apă, timp de închidere a presei 2s, sau rețeta cu 40% fibre de fag, 60% fibre de rășinos, $\leq 5\%$ coajă, umectare cu agentul anti-adeziune PAT® 2003 XE, timp de închidere a presei 2s. Urmează ca rețetele evidențiate să fie analizate și din punct de vedere economic (al costurilor implicate).

Tabelul 3.14

Calcul comparativ privind oportunitățile de îmbunătățire a proprietăților plăcilor HDFcu grosime de $3\pm 0,2\text{mm}$, produse după combinația de referință față de alte variante testate

Variante	Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziunea internă, N/mm ²
		față	dos			
40%F/60%R Coajă sub 5% Demulant MOULEX t=3s	984	296	328	57,80	4097	1,09
40%F/60%R Coajă peste 5% Demulant MOULEX t=3s	995	285	360	63,11	4450	1,67
(rețeta de referință)	< 1025!	$A_{s,față} < A_{s,dos}$!		Foarte mici	Mici	Mici

20%F/80%R Coajă sub 5% Fără umectare t=2s	1078	446	398	79,60	6806	2,52
Creștere față de varianta de referință:	8,3%	56,5%	10,5%	26,1%	52,9%	50,9%
20%F/80%R Coajă sub 5% Demulant PAT t=2s	1026	397	350	74,09	6233	1,84
Creștere față de varianta de referință:	3,1%	39,3%	-	17,4%	40,1%	10,2%
20%F/80%R Coajă sub 5% Stropire cu apă t=2s	1076	443	380	65,20	4493	1,50 ↓
Creștere față de varianta de referință:		55,4%	5,5%			
		$A_{s, față}/A_{s, dos}=1,2$				
40%F/60%R Coajă peste 5% Demulant PAT t=2s	1004 ↓	352	230	59,57 ↓	4237 ↓	1,20 ↓
Creștere față de varianta de referință:		23,5%	-			
		$A_{s, față}/A_{s, dos}=1,53$				

CAPITOLUL 4

CONSIDERAȚII ECONOMICE

Pentru a evalua costurile implicate de variantele de plăci testate, s-a efectuat mai întâi un calcul comparativ al costurilor implicate de fiecare rețetă, luând în calcul contribuția materiei prime și a materialelor auxiliare care sunt folosite. Celelalte cheltuieli fiind aproximativ identice pentru toate variantele, au fost evidențiate doar la evaluarea economică orientativă dată de eficientizarea activității (manoperă, energie electrică și termică, cheltuieli generale – numite în continuare cheltuieli conexe – a căror valoare a fost aproximată ca fiind de 9,5 euro/m³ HDF).

În Tabelul 4.1 sunt prezentate costurile materiei prime lemnoase și materialelor tehnologice (adeziv ureoformaldehidic 50%, întăritor, parafină, acid stearic, soluție de amoniac 25%, demulant etc.), care intră în componența rețetei de HDF. Costurile materiei prime sunt calculate ca medii ponderate pe lunile aferente semestrului I, a anului 2018, când prețul pe piață al lemnului de rășinoase a fost mai mare decât al celui de foioase.

Tabelul 4.1

Costurile materiei prime lemnoase și ale materialelor tehnologice utilizate în cadrul rețetei de HDF

Materia primă utilizată la producerea HDF 3±0,2 mm, obținut din amestec de fibre din lemn de fag și rășinoase	Cost unitar [euro/kg]
Lemn de celuloză fag	0,046
Lemn de celuloză rășinoase	0,062
Adeziv UF 50%	0,32
Parafină	1,01
Întăritor - sulfat de amoniu	0,29
Acid stearic	1,11
Soluție de amoniac 25%	0,26
Apă industrială	0,00002
Demulant MOULEX WE07BSP	3,21
Demulant Wurtz - PAT® 2003 XE	3.18

În Tabelul 4.2 sunt prezentate cantitățile de materie primă lemnoasă aferente producerii unui m³ HDF cu grosime de 3±0,2mm după cele trei rețete diferite, iar în Tabelele 4.3-4.6 sunt prezentate costurile de producție aferente fiecărei rețete în parte, luând în considerare și tratamentul de umectare utilizat.

Tabelul 4.2

Cantitățile de materii prime aferente producerii 1 m³ HDF cu grosime de 3±0,2 mm

Cantități de materie primă utilizată la producerea 1m ³ HDF 3±0,2 mm	20 % F- 80 % R [kg/m ³]	30 % F- 70 % R [kg/m ³]	40 % F- 60 % R [kg/m ³]
Lemn de celuloză fag	416	624	832
Lemn de celuloză rășinoase	1664	1456	1248
Adeziv UF 50%	260	265	270
Parafină	3,5	3,6	3,7
Întăritor - sulfat de amoniu	3,15	3,21	3,28
Acid stearic	0,141	0,143	0,145
Apă industrială	3,425	3,425	3,425
Demulant	0,14	0,14	0,14
Soluție de amoniac 25%	0,053	0,055	0,058

Tabelul 4.3

Costurile aferente producerii 1 m³ HDF cu grosime de 3±0,2mm, fără umectarea covorului înainte de presare

Costurile aferente producerii 1m ³ HDF 3±0,2mm	20 % F- 80 % R [euro/m ³]	30 % F- 70 % R [euro/m ³]	40 % F- 60 % R [euro/m ³]
Lemn de celuloză fag	19,14	28,70	38,27
Lemn de celuloză rășinoase	103,17	90,27	77,38
Adeziv UF 50%	83,20	84,80	86,40
Parafină	3,54	3,64	3,74
Întăritor - sulfat de amoniu	0,91	0,93	0,95
Acid stearic	0,16	0,16	0,16
Soluție de amoniac 25%	0,01	0,01	0,02
Total costuri per m³ HDF	210,12	208,52	206,91

Tabelul 4.4

Costurile aferente producerii 1 m³ HDF cu grosime de 3±0,2 mm, la stropirea cu apă a covorului înainte de presare

Costurile aferente producerii 1m ³ HDF 3±0,2 mm	20 % F- 80 % R [euro/m ³]	30 % F- 70 %R [euro/m ³]	40 % F- 60 % R [euro/m ³]
Lemn de celuloză fag	19,14	28,70	38,27
Lemn de celuloză rășinoase	103,17	90,27	77,38
Adeziv UF 50%	83,20	84,80	86,40
Parafină	3,54	3,64	3,74
Întăritor - sulfat de amoniu	0,91	0,93	0,95
Acid stearic	0,16	0,16	0,16
Soluție de amoniac 25%	0,01	0,01	0,02
Apă industrială	0,0001	0,0001	0,0001
Total costuri per m³ HDF	210,12	208,52	206,91

Tabelul 4.5

Costurile aferente producerii 1 m³ HDF cu grosime de 3±0,2 mm, utilizând agentul anti-adeziune (PAT® 2003 XE)

Costurile aferente producerii 1m ³ HDF 3±0,2 mm	20 % F- 80 % R [euro/m ³]	30 % F- 70 % R [euro/m ³]	40 % F- 60 % R [euro/m ³]
Lemn de celuloză fag	19,14	28,70	38,27
Lemn de celuloză rășinoase	103,17	90,27	77,38
Adeziv UF 50%	83,20	84,80	86,40
Parafină	3,54	3,64	3,74
Întăritor - sulfat de amoniu	0,91	0,93	0,95
Acid stearic	0,16	0,16	0,16
Soluție de amoniac 25%	0,01	0,01	0,02
Demulant Wurtz - PAT® 2003 XE	0,445	0,445	0,445
Apă industrială	0,0001	0,0001	0,0001
Total costuri per m³ HDF	210,57	208,96	207,36

Tabelul 4.6

Costurile aferente producerii 1 m³ HDF cu grosime de 3±0,2 mm, utilizând agentul anti-adeziune (MOULEX WE07BSP)

Costurile aferente producerii 1m ³ HDF 3±0,2 mm	20 % F- 80 % R [euro/m ³]	30 % F- 70 % R [euro/m ³]	40 % F- 60 % R [euro/m ³]
Lemn de celuloză fag	19,14	28,70	38,27
Lemn de celuloză rășinoase	103,17	90,27	77,38
Adeziv UF 50%	83,20	84,80	86,40
Parafină	3,54	3,64	3,74
Întăritor - sulfat de amoniu	0,91	0,93	0,95
Acid stearic	0,16	0,16	0,16
Soluție de amoniac 25%	0,01	0,01	0,02
Demulant MOULEX WE07BSP	0,449	0,449	0,449
Apă industrială	0,0001	0,0001	0,0001
Total costuri per m³ HDF 3 mm	210,58	208,97	207,37

Referitor la soluția tehnologică de scădere a timpului de închidere a preseii de la 3s la 2s, implementarea pe linia industrială de la SC KASTAMONU SA România a acesteia a condus la creșterea productivității anuale cu 11340 m³ indiferent de rețeta de materie primă folosită.

Astfel, costul de producție al plăcilor HDF cu grosime de 3±0,2mm a scăzut în cazul acestei măsuri, valorile economiilor realizate prin repartizarea cheltuielilor generale pentru diferitele rețete la volumele de producție fiind prezentate în Tabelul 4.7.

Capacitatea tehnologică de producție anuală, pe presă, luată în calcul, corespunde unui număr de 295 zile lucrătoare, fără a ține cont de opririle accidentale, ci doar de opririle tehnologice datorate reviziilor periodice, schimbării matritelor respectiv reparațiilor capitale anuale. Aceasta este de 73710 m³/an la timpul de închidere a preseii de 3s și respectiv 85050 m³/an la 2s, datorită creșterii productivității.

Tabelul 4.7

Centralizator de costuri anuale ale producției de HDF cu grosime de $3\pm 0,2$ mm, în diverse variante de producție

Producția anuală HDF $3\pm 0,2$ mm - [m ³ /an]		Costuri afere nte producției	Economii date de productivitate	Cost pe m ³
Rețeta de materie primă	Cantitate	[euro]	[euro]	[euro/m ³]
20 % fag - 80 % rășinoase - 3s fără umectare	73710	15487945	0	210,12
20 % fag - 80 % rășinoase - 3s stropire cu apă	73710	15487945	0	210,12
20 % fag - 80 % rășinoase - 3s cu demulant PAT® 2003 XE	73710	15521115	0	210,57
20 % fag - 80 % rășinoase - 3 s cu demulant MOULEX WE07BSP	73710	15521852	0	210,58
20 % fag - 80 % rășinoase - 2 s fără umectare	85050	17870706	807975	200,62
20 % fag - 80 % rășinoase - 2 s stropire cu apă	85050	17870706	807975	200,62
20 % fag - 80 % rășinoase - 2s cu demulant PAT® 2003 XE*	85050	17908979	807975	201,07
20 % fag - 80 % rășinoase - 2 s cu demulant MOULEX WE07BSP	85050	17909829	807975	201,08
30 % fag - 70 % rășinoase - 3s fără umectare	73710	15370009	0	208,52
30 % fag - 70 % rășinoase - 3s stropire cu apă	73710	15370009	0	208,52
30 % fag - 70 % rășinoase - 3s cu demulant PAT® 2003 XE	73710	15402442	0	208,96
30 % fag - 70 % rășinoase - 3s cu demulant MOULEX WE07BSP	73710	15403179	0	208,97
30 % fag - 70 % rășinoase - 2s fără umectare	85050	17734626	807975	199,02

30 % fag - 70 % rășinoase - 2s stropire cu apă	85050	17734626	807975	199,02
30 % fag - 70 % rășinoase - 2s cu demulant PAT® 2003 XE	85050	17772048	807975	199,46
30 % fag - 70 % rășinoase - 2s cu demulant MOULEX WE07BSP	85050	17772899	807975	199,47
40 % fag - 60 % rășinoase - 3s fără umectare	73710	15251336	0	206,91
40 % fag - 60 % rășinoase - 3s stropire cu apă	73710	15251336	0	206,91
40 % fag - 60 % rășinoase - 3s cu demulant PAT® 2003 XE	73710	15284506	0	207,36
40 % fag - 60 % rășinoase - 3s cu demulant MOULEX WE07BSP**	73710	15285243	0	207,37
40 % fag - 60 % rășinoase - 2s fără umectare	85050	17597696	807975	197,41
40 % fag - 60 % rășinoase - 2s stropire cu apă	85050	17597696	807975	197,41
40 % fag - 60 % rășinoase - 2s cu demulant PAT® 2003 XE	85050	17635968	807975	197,86
40 % fag - 60 % rășinoase - 2s	85050	17636819	807975	197,87

*rețeta optimă din punct de vedere al proprietăților fizico-mecanice

**rețeta de referință

Se observă că din punct de vedere strict economic, cea mai ieftină variantă de producție este dată de rețeta 40 % fag – 60 % rășinoase, fără demulant sau cu umectare cu apă, la timpul de închidere a presei de 2s (197 euro/m³).

Totuși trebuie ținut cont că cele mai bune proprietăți fizico – mecanice ale HDF s-au obținut pentru rețeta cu 20% fag – 80% rășinoase, umectare cu demulant PAT® 2003 XE, timp de închidere a presei de 2s (201,07 euro/m³).

Față de rețeta de referință, se înregistrează în acest caz o economie de 6,3 euro/m³, care, la o producție anuală de 85050 m³ înseamnă o economie de 535815 euro/an, la care se adaugă multiplele avantaje calitative ale plăcilor (densitate superioară, absorbție de suprafață superioară și rezistențe mecanice mai mari).

Având în vedere diversele solicitări ale clienților, bazate atât pe calitate cât și pe costurile de finisare, de transport etc., rezultatele cercetării permit optimizarea procesului decizional în favoarea producerii uneia sau alteia dintre variantele de HDF, astfel încât să răspundă cât mai bine cerințelor pieței.

CAPITOLUL 5.

CONCLUZII GENERALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DISEMINAREA REZULTATELOR. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

5.1. Concluzii generale

Prin rezultatele obținute, obiectivul general al tezei, acela de a aduce contribuții tehnologiei actuale de fabricare a plăcilor din fibre de lemn de densitate mare (HDF), în vederea îmbunătățirii unor proprietăți ale acestora fără a majora costul de producție, a fost îndeplinit.

Au fost studiate principalele proprietăți fizico-mecanice ale plăcilor fibrolemnoase tip HDF cu grosime de $3\pm 0,2$ mm, produse pe linia industrială din cadrul SC KASTAMONU ROMANIA SA Reghin, în 48 de variante experimentale, obținute prin combinarea a patru variabile de ordin tehnologic, conform planului factorial stabilit la începutul demersului științific.

Cele patru variabile luate în considerare au fost:

- procentajul de fibre de fag / rășinos în cadrul rețetei de compoziție a plăcilor;
- procentajul de coajă în rețeta de compoziție a plăcilor;

- umectarea suprafeței covorului de fibre și agentul de umectare folosit;
- timpul de închidere a presei.

Procentajul de fibre de fag / rășinos în cadrul rețetei de compoziție a plăcilor s-a dovedit a avea o influență importantă asupra proprietăților HDF. Procentajul mai mare de fibre de rășinoase în defavoarea celor de fag (20%F/80%R) conduce la creșterea densității plăcilor cu cca. 5%, a rezistenței la încovoiere cu cca. 15%, a modului de elasticitate cu cca. 39%, iar a coeziunii interne cu cca. 21%. Aceste efecte se datorează cel mai probabil lungimii mai mari a elementelor anatomice specifice lemnului de rășinoase (traheidele), care atrage după sine un grad mai mare de împâslire și ulterior de comprimare a fibrelor.

Procentajul de coajă în rețeta de compoziție a plăcilor are o influență decisivă asupra proprietăților mecanice ale plăcilor. Rezultatele obținute la plăcile neumectate (unde s-a putut observa cel mai bine influența strictă a acestei variabile, fără ca efectul ei să fie alterat de variabile suplimentare), arată clar că valorile proprietăților mecanice înregistrate la rețetele cu conținut de coajă mai mare de 5% sunt inferioare celor obținute la rețetele cu conținut de coajă sub 5%: rezistența la încovoiere cu până la 20%, modulul de elasticitate cu până la 18%, iar coeziunea internă cu până la 31%.

Umectarea suprafeței covorului de fibre înainte de presare afectează proprietățile mecanice ale plăcilor și reduce absorbția de suprafață. Dintre cei trei agenți studiați, agentul anti-adeziune PAT® 2003 XE s-a dovedit cel mai eficient pentru că reduce cel mai puțin proprietățile mecanice ale plăcilor față de cele neumectate. În unele cazuri, la variantele cu timp de închidere a presei 3s, a reușit chiar majorarea lor. Stropirea cu apă s-a soldat cu scăderea cu până la 18% a rezistenței la încovoiere, cu până la 34% a modului de elasticitate și cu până la 40% a coeziunii interne, toate valorile rămânând însă, chiar și așa, deasupra limitelor impuse de standul în vigoare. Stropirea cu apă s-a dovedit eficientă în realizarea unei absorbții de suprafață diferențiate pe fața și dosul plăcii. Cele mai slabe rezultate au fost obținute cu agentul anti-adeziv MOULEX WE07BSP, care are și marele dezavantaj că spumează.

Timpul de închidere a presei, deși a putut fi variat într-o singură treaptă foarte fină (reducere de la 3s la 2s) s-a dovedit a avea o influență considerabilă asupra densității și proprietăților mecanice (acestea fiind cu cca. 10% mai mari la 2s) și permițând totodată economii importante prin creșterea productivității.

Analizând efectele cumulate ale celor patru variabile, rețeta considerată optimă atât din punct de vedere al performanțelor tehnice, precum și a costului de producție este cea cu 20% fibre de fag, 80% fibre de rășinos, conținut de coajă sub 5%, umectare cu agentul anti-adeziune PAT® 2003 XE, timp de închidere a presei 2s. Caracteristicile tehnico-economice aferente plăcilor produse după această rețetă sunt prezentate în Tabelul 5.1, comparativ cu cele ale rețetei de referință (produsă la SC KASTAMONU SA la momentul începerii demersului științific)(Tabelul 5.2).

Analizând comparativ rețetele caracterizate în Tabelele 5.1 și 5.2, se observă că rețeta optimă permite:

- creșterea cu 3% a densității și încadrarea ei peste limita impusă de standardul intern de calitate;
- creșterea cu 28% a absorbției de suprafață pe fața plăcii și creșterea raportului $A_{s,față}/A_{s,dos}$ de la 0,79 la 1,13;
- creșterea cu 15% a rezistenței la încovoiere;
- creșterea cu 29% a modului de elasticitate;
- creșterea cu 9% a coeziunii interne;
- scăderea cu 6,3 euro a costului de producție a unui m^3 , ceea ce, la o producție anuală de 85050 m^3 înseamnă o economie de 535815 euro/an, față de rețeta de referință.

Tabelul 5.1

Caracteristicile tehnico-economice ale plăcilor cu 20% fibre de fag, 80% fibre de rășinos, conținut de coajă sub 5%, umectare cu agentul PAT® 2003 XE timp de închidere a preseii 2s (rețeta considerată optimă în urma cercetării experimentale)

Rețeta de materie primă		Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistență a la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziune internă, N/mm ²	Cost, Euro/m ³
Proporția de fibre F/R	Proporția de coajă		față	dos				
20/80	sub 5%	1026	397	350	74,09	6233	1,84	201,07

Tabelul 5.2

Caracteristicile tehnico-economice ale plăcilor cu 40% fibre de fag, 60% fibre de rășinos, conținut de coajă peste 5%, umectare cu agentul MOULEX WE07BSP timp de închidere a preseii 3s (rețeta de referință)

Rețeta de materie primă		Densitate, kg/m ³	Absorbția de suprafață, mm		Rezistența la încovoiere, N/mm ²	Modulul de elasticitate, N/mm ²	Coeziunea internă, N/mm ²	Cost, Euro/m ³
Proporția de fibre F/R	Proporția de coajă		față	dos				
40/60	cca.10%	995	285	360	63,11	4450	1,67	207,37

5.2. Contribuții originale

Dat fiind domeniul destul de rar întâlnit de presare a plăcilor din fibre de lemn de mare densitate (HDF) foarte subțiri (cu groime de $3\pm 0,2$ mm), utilizate ca fețe de uși, plăcile fiind atât plane, cât și cu structură spațială, cu o arie de utilizare restrânsă, se poate afirma că lucrarea de cercetare are un pronunțat caracter inovativ.

Faptul că cercetările s-au făcut la scară industrială sporește noutatea cercetării, care se remarcă printr-o serie de contribuții originale, cum ar fi:

- Experimentarea la nivel industrial a diverselor rețete de materie primă care să conducă la posibilitatea derulării unui proces de producție eficient dar totodată flexibil, adaptabil unei game diversificate de cereri pe piața de profil;
- Obținerea unei baze de date care permite evaluarea unui raport preț/calitate a produsului finit în funcție de disponibilitățile pieței de materie primă;
- Eficientizarea activității logistice prin posibilitatea obținerii de plăci de densități mai mici cu parametri fizico-mecanici cu mult peste limita de admisibilitate a standardelor;
- Proiectarea și implementarea pe fluxul tehnologic a instalației de decojire a materiei prime provenită din prelucrări tehnologice primare ale lemnului (calote de la spintecarea buștenilor, margini de formatizare provenite din spintecarea/tivirea pieselor de cherestea, etc) cu efecte benefice asupra consumului de scule așchietoare și la reducerea sau chiar eliminarea stăgărilor generate de incluziuni;
- Implicație în protejarea mediului ambiant prin captarea și filtrarea gazelor degajate în zona preseii și recuperarea de căldură prin intermediul schimbătorului cu manta;

Analiza rezultatelor obținute prin cercetare și emiterea unor recomandări utile activității industriale în fabricile de profil.

5.3. Diseminarea rezultatelor

Rezultatele experimentelor efectuate în prezenta lucrare de cercetare care a făcut obiectul tezei de doctorat au fost diseminate printr-un număr de 5 articole științifice ca prim autor.

1. **Bădin, N.**, Câmpean, M., Lengyel, K., Ispas, M., Bedeleian, B (2018). Property Improvement of Thin High-Density Fiberboard Panels Used as Door Skins. *BioResources* 13(1):1042-1054. Online at: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/12/BioRes_13_1_1042_Bandin_CLIB_Property_Improvement_Thin_HDF_Panels_Door_Skins_12906.pdf
Revistă indexată ISI
2. **Bădin, N.**, Ispas, M., Bedeleian, B., Câmpean, M. (2018). Influence of the Press Closing Time Upon the Properties of HDF Panels. *PRO LIGNO* 14(3):29-35. Online at: <http://www.proligno.ro/ro/articles/2018/4/BADIN.pdf>. **Revistă indexată BDI**
3. **Bădin, N.**, Câmpean, M. (2017). Industrial Research Concerning The Improvement of Some Physical and Mechanical Properties of HDF Panels Used As Doorskins. In: *Proceedings of International Conference „Wood Science and Engineering in the Third Millennium” - ICWSE 2017*, pp. 261-270. **Conferință internațională**
4. **Bădin, N.** (2016). Instalarea de condensare gaze exhaustate de la linia de presare feie de uși (*HDF*), cu recuperator de căldură și colectare ape uzate / Condensing installation for exhausted gas from door-skin pressing line (*HDF*), with heat recovery and waste water collecting.

Revista "Creativitate și inovare" Vol. 8, pp. 037-5. **Revistă indexată BDI**

5. **Bădin, N.** (2016). Instalație pentru decojirea materiei prime pentru fețe de uși (*HDF*) cu jet de apă sub presiune / Installation for door-skin raw material debarking (*HDA*), with pressure water jet. Revista "Creativitate și inovare" Vol. 8, pp. 038-5. **Revistă indexată BDI**

Toate articolele au fost publicate cu acces liber online, ele putând fi accesate cu ușurință direct de pe site-urile revistelor.

Concluziile rezultate din analiza pertinentă a datelor din cercetarea prezentă au fost puse la dispoziția departamentului de producție și diseminate la nivelul holdingului Kastamonu Entegre spre analiză și testare în cadrul fabricilor de MDF, în prezent ele fiind implementate și valorificate în cadrul fabricii de fețe de uși din cadrul SC KASTAMONU ROMANIA SA din Reghin.

5.4. Direcții viitoare de cercetare

Privitor la direcțiile de cercetare pe viitor se dorește aprofundarea cercetărilor în zona parametrilor tehnologici utilizați la presare, în special relația temperatură de presare – presiune de lucru, fapt care ar putea aduce îmbunătățiri legate de densitatea plăcilor, de porozitatea acestora precum și optimizarea procesului tehnologic.

O altă direcție de cercetare ar putea fi utilizarea de adezivi noi, performanți, care să permită scăderea emisiei de formaldehidă și obținerea de produse cât mai aproape de mediul înconjurător.

O altă posibilă temă de cercetat ar putea fi influența presiunilor de lucru asupra profilului fețelor de uși, în special a elementelor spațiale.

BIBLIOGRAFIE (selecție)

Alpar T, Faczan T, Racs I, Katoly G (2010). MDF/HDF production from plantation wood species. *Drvna Industrija* 61(3):183-191.

Barbu MC (1999). Materiale compozite din lemn. Editura LuxLibris Brașov, ISBN 973-9240-80-1.

BarbuMC (2002)MDF - plăci din fibre de lemn. Bazele producției. Editura Universității "Transilvania" din Brașov. ISBN 973-635-027-4.

Boehme C (1992) Die Bedeutung des Rohdichteprofiles fuer MDF. *Holz als Roh- und Werkstoff* 50(1):18–24.

Coșereanu C (2015). Compozite din deșeuri agricole și industriale reciclate. Teza de abilitare, Universitatea Transilvania din Brașov. Online la: http://www.unitbv.ro/Portals/31/Abilitare/Teze/Teza/5Teza%20abilitare%20RO_Cosereanu.pdf

Domingos I, Almeida P, Esteves B, Ferreira J (2016) The influence of hot pressing on high density fibreboards, when the panels are used for overlaying. *Millennium* 50(2016):197-206. Online at: <http://www.ipv.pt/millennium/Millennium50/10.pdf>

EN 316/93 Plăci din fibre de lemn. Definiție, clasificare și notare.

EN 622-5:2009 Fibreboards - Specifications - Part 5: Requirements for dry process boards (MDF).

FAO 2019. Forest products statistics . Online at: <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/>

Fengel D, Wegener G (1984) Wood: chemistry, ultra-structure, reactions. Walter de Gruyter, Berlin.

Irlle M, Barbu MC (2010). Wood-based panels - An introduction for specialists. Brunel University Press, London.

Kollmann F (1982) Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Zweite Auflage. Springer Verlag, Berlin.

Marinescu I (1980) Tratarea termică și uscarea lemnului. Volumul II. Editura Tehnică, București.

Mason WH (1926) Process and apparatus for disintegration of wood and the like. US patent 1578609.

MDF Magazin 2017. Ein Supplement von Holz-Zentralblatt und HK.

MDF Magazin 2018. Ein Supplement von Holz-Zentralblatt und HK.

Medved S, Tudor EM, Barbu MC, Alan A (2019) Efficiency of bark for reduction of formaldehyde emission from particleboards. Wood Research 64(2):307-315.

Mitișor A, Istrate V (1982). Tehnologia furnirelor, placajelor și plăcilor din fibre de lemn. Editura tehnică, București.

Pallant J. (2007). SPSS. Survival manual. A Step-by-Step Guide To Data Analysis Using SPSS Version 15. Third Edition. McGraw Hill, Open University Press.

Porojan M (2010). Anatomia lemnului. Suport e curs. Universitatea Transilvania din Brașov.

Schulte M, Fruehwald A (1996) Some investigations concerning density profile, internal bond and relating failure position of particleboard. Holz als Roh- und Werkstoff 54(5):289–294.

SR EN 310:1996 – Plăci pe bază de lemn. Determinare a modulului de elasticitate la încovoiere și a rezistenței la încovoiere.

SR EN 319:1997 - Plăci de așchii și plăci de fibre de lemn. Determinare a rezistenței la tracțiune perpendiculară pe fețele panoului .

SR EN 323:1996 - Plăci pe bază de lemn. Determinare a masei volumice.

SR EN 326-1:1996 – Plăci pe bază de lemn. Eșantionare, debitare și verificare. Partea 1. Eșantionare și debitare a epruvetelor și exprimare a rezultatelor încercărilor.

SR EN 382-1:1997 – Plăci de fibre de lemn. Determinarea absorbției de suprafață. Partea 1. Metodă de încercare pentru plăci de fibre obținute prin procedeul uscat.

SR EN 622-5:2010 – Plăci de fibre. Condiții. Partea 5: Condiții pentru plăci obținute prin procedeul uscat (MDF).

Suchsland O, Woodson GE, McMillin CW (1986) Pressing of three-layer dry-formed MDF with binderless hardboard faces. *Forest products Journal* 36(1):33-36.

Thoemen H, Ruf C (2008). Measuring and simulating the effects of the pressing schedule on the density profile development in wood-based composites. *Wood and Fiber Science: Journal of the Society of Wood Science and Technology* 40(3):325-338.

Timar MC (2006). *Wood adhesives*. Editura Universității "Transilvania" din Brașov. ISBN (10) 973-635-760-0; ISBN (13) 978-973-635-760-2 .

Wang S, Winistorfer PM, Young TM, Helton C (2001) Step-closing pressing of medium density fiberboard. Part 1: Influence on the vertical density profile. *Holz als Roh- und Werkstoff* 59(1/2):19–26.

Wong ED, Zhang M, Han QWG, Kawai S (2000). Formation of the density profile and its effects on the properties of fibreboard. *Journal of Wood Science* 46(3), 202-209. DOI: 10.1007/BF00776450.

Xing C, Deng J, Zhang S.Y, Riedl B, Coutier A (2006). Impact of bark content on the properties of medium density fiberboard (MDF) in four species grown in eastern Canada. *Forest Products Journal* 56(3):64-69.

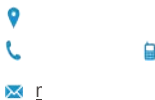
Scurt rezumat

Teza de doctorat vizează o temă de interes actual în ceea ce privește proprietățile plăcilor fibrolemnoase de mare densitate (HDF) utilizate ca fețe de uși, cu implicații practice directe în tehnologia de fabricație la scară industrială a acestora. Lucrarea de cercetare a avut drept obiectiv general îmbunătățirea unor proprietăți fizico-mecanice ale HDF cu grosime de $3\pm 0,2\text{mm}$, fără a afecta costul de producție. Pornind de la obiectului general, s-au stabilit trei obiective specifice: (1) varierea rețetei de materii prime, prin modificarea proporției de fibre de fag și rășinos, în trei combinații (20/80 %; 30/70 % și 40/60 %) și a proporției de coajă, în două variante (sub 5% și între 5-15%); (2) varierea tratamentului de umectare aplicat suprafeței covorului de fibre înainte de presare, în patru combinații (fără umectare, umectare cu apă și umectare cu doi demulanți diferiți); (3) varierea timpului de închidere a presei, în două combinații (2s, 3s). În toate cazurile, s-au determinat următoarele proprietăți ale plăcilor: densitatea, absorbția de suprafață, cu determinare distinctă pe fața și respectiv pe dosul plăcii, rezistența la încovoiere, modulul de elasticitate și coeziunea internă. Rezultatele obținute au fost analizate comparativ cu cele obținute pentru varianta de referință: plăci realizate din 40% fibre de fag / 60% fibre de rășinos, cca. 10% coajă, stropite cu demulant MOULEX WE07BSP, la un timp de închidere a presei de 3s. Elaborarea tezei a necesitat un spectru larg de cunoștințe din domeniul tehnologiei materialelor compozite pe bază de lemn, al metodelor și mijloacelor de testare a proprietăților acestora, al reglării și controlului procesului, precum și al planificării și urmăririi fabricației ș.a. Finalitatea acestui demers științific realizat în premieră pe o linie industrială de fabricare a HDF, îl reprezintă o rețetă optimizată, care permite o economie de cca. 535815 euro/an, precum și o bază de date complexă, foarte utilă în elaborarea strategiilor de lucru flexibile, în concordanță cu cerințele pieței.

Short summary

The doctoral thesis focuses on a topic of current interest regarding the properties of high-density wood fiber boards (HDF), used as door-skins, with direct practical implications in the technology of their industrial-scale manufacturing. The research had as a general objective the improvement of some physical and mechanical properties of $3\pm 0,2$ mm thick HDF door-skins, without affecting the production costs. Starting from this general objective, three specific objectives were established, as follows: (1) by varying the raw material recipe, respectively by varying the proportion of beech and resinous fibers, in three combinations (20/80%, 30/70% and 40/60%) and the proportion of bark, in two combinations (under 5% and between 5-15%); (2) by varying the wetting treatment applied to the surface of the fiber mat before pressing, in four combinations (without wetting, wetting with water and wetting with two different release agents); (3) by varying the press closing time in two combinations (2s, 3s). In all cases, the following panel properties were determined: density, surface absorption, with distinctive face and back side determinations, bending strength, modulus of elasticity and internal bond. The obtained results were comparatively related to the ones obtained for the reference variant: HDF with 40% beech fibers / 60% resinous fibers, with ca. 10% bark, wetted with MOULEX WE07BSP release agent, at a press closing time of 3s. The thesis elaboration has based on a wide range of knowledge in the field of wood composite materials technology, methods and means of testing their properties, process settings and control, production planning and tracking etc. The final results of this scientific attempt, performed for the first time on an industrial production line, are an optimized recipe which allows savings of 535815 euro/year, and also a complex database, which is very useful in developing flexible working strategies, according to the present market requirements.

INFORMAȚII PERSONALE Nicolae Bădin



Sexul masculin | Data nașter

Naționalitatea Română

STUDIILE PENTRU CARE SE CANDIDEAZĂ

Doctorat în domeniul Inginerie Forestieră

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

Iulie 2016 – prezent : Manager Mediu & Sănătate & Securitate muncă – SC Kastamonu România SA
 Iulie 2015 – Iulie 2016 : Consultant Tehnic Investiții SC Kastamonu Romania SA
 2011 – 2016 : Manager administrativ SC Kastamonu România
 2009 – 2011 : Director adjunct vânzări SC Prolemn SA – Reghin
 2003 – 2009 : Director de producție Fabrică de placaj SC Prolemn SA – Reghin
 2000 – 2003 : Director de producție Fabrică de cherestea SC Prolemn SA – Reghin
 1996 – 2000 : Director tehnic : SC Prolemn SA Reghin

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

Prezent : Student doctorand
 2012 – 2014 : Universitatea Transilvania Brașov – Facultatea de Ingineria Lemnului : Master Degree
 1991 – 1996 : Universitatea Transilvania Brașov Facultatea de Ingineria Lemnului : Diplomă de Inginer licențiat în Industrializarea Lemnului
 1986 – 1990 : Colegiul Al. I. Cuza Focșani – Vrancea : Diplomă de Bacalaureat

COMPETENȚE PERSONALE

Limba(i) maternă(e) română

Alte limbi străine cunoscute

	INTELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
	Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	
Specificați limba străină	Specificați nivelul	Specificați nivelul	Specificați nivelul	Specificați nivelul	Specificați nivelul
Limba engleză – nivel B2					

Competențe de comunicare

• bune competențe de comunicare dobândite prin experiența propriei activități de director adjunct la vânzări și prin participarea la mai multe conferințe interne și internaționale

Competențe organizaționale/manageriale

- leadership în coordonarea activității de producție în fabrici cu până la 350 de persoane prezent, sunt responsabile trei departamente distincte punzând un număr de 35 de persoane

Competențe dobândite la locul de muncă

- o bună cunoaștere a proceselor de control al calității absolvind cursul de auditor
- cunoștințe solide în domeniul securității muncii fiind inspector de securitate și inspector protecție civilă în urma absolvirii cursurilor de specialitate
- inspector cu activitatea radiologică în urma absolvirii cursului organizat de CNCAN

Competențe digitale

AUTOEVALUARE				
Procesarea informației	Comunicare	Creare de conținut	Securitate	Rezolvarea de probleme
Specificați nivelul	Specificați nivelul	Specificați nivelul	Specificați nivelul	Specificați nivelul

Niveluri: Utilizator elementar / Utilizator independent / Utilizator experimentat

Competențele digitale - Grila de auto-evaluare

Utilizarea softurilor specifice AutoCAD competențe acumulate la cursurile universitare

- o bună stăpânire a suităi de programe de birou (procesor de text, calculator software pentru prezentări) – competențe acumulate la cursurile universitare și prin studiu personal

Alte competențe

-

Permisi de conducere

B

INFORMAȚII SUPLIMENTARE

Publicații
Prezentări
Proiecte
Conferințe
Seminarii
Distincții
Afiliere
Referințe
Citări
Cursuri
Certificări

- **Bădin, N.**, Câmpean, M., Lengyel, K., Ispas, M., Bedeleian, B. (2018). Property Improvement of Thin High-Density Fiberboard Panels Used as Door Skins. BioResources 13(1):1061. Online at: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/12/BioRes_13_1_1042_Bandin_CLIB_Property_Improvement_Thin_HDF_Panels_Door_Skins_12906.pdf
- **Bădin, N.**, Ispas, M., Bedeleian, B., Câmpean, M., (2018). Influence of the Press Closing Time Up the properties of HDF Panels. PRO LIGNO 14(4):329
- **Bădin, N.**, Câmpean, M. (2017). Industrial Research Concerning The Improvement of Some Physical and Mechanical Properties of HDF Panels Used As Doorskins. In: Proceedings International Conference Wood Science and Engineering in the Third Millennium WSE 2017, pp. 261-270
- **Bădin, N.** (2016). Instalație de condensare gaze exhaustate de la linia de presare fețe (HDF) cu recuperator de căldură și colectare apă / Condensing installation for exhausted gas from doorskin pressing line (HDF), with heat recovery and waste water collection. Revista "Creativitate și inovare" Vol. 8, pp. 03-5.
- **Bădin, N.** (2016). Instalație pentru decojirea materiei prime pentru dețuși (HDF) cu jet de apă sub presiune / Installation for doorskin raw material debarking (HDF), with pressure water jet. Revista "Creativitate și inovare" Vol. 8, pp. 03-5.